

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Abteilung & Poliklinik für Sportorthopädie
und Klinik & Poliklinik für Unfallchirurgie
des Klinikums rechts der Isar München

Distale Bicepssehnenruptur: Retrospektive Untersuchung nach Refixation mittels Fadenanker

Stephanie Carolina Fischer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Peter U. Brucker

2. Univ.-Prof. Dr. Andreas Imhoff

Die Dissertation wurde am 21.11.2012 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 18.09.2013 angenommen.

Meiner Familie

I Inhaltsverzeichnis

<u>1. Einleitung</u>	7
Epidemiologie	8
<u>2. Grundlagen</u>	
2.1 Funktionelle Anatomie und Biomechanik	9
2.1.1 Anatomie der Bicepssehne	9
2.1.2 Lacertus fibrosus	10
2.1.3 Musculus biceps brachii	10
2.1.3.1 Synergisten	12
2.1.3.2 Antagonisten	12
2.1.4 Relevante Gefäß- und Nervenstrukturen	13
2.2 Ätiologie und Pathomechanismus	14
2.3 Diagnostik der distalen Bicepssehnenruptur	15
2.3.1 Anamnese	15
2.3.2 Klinische Untersuchung	16
2.3.3 Bildgebende Verfahren	18
2.4 Operationstechniken	19
2.4.1 Extraanatomische Refixation	19
2.4.2 Anatomische Rekonstruktion – Zugangswege	20
2.4.3 Anatomische Rekonstruktion – Refixationstechniken	21
2.4.3.1 Transossäre Refixation	21
2.4.3.2 Extrakortikale Refixation	21
2.4.3.3 Interferenzschraube	22
2.4.3.4 Fadenanker	22
2.5 Postoperatives Management	24
2.6 Fragestellung	26
<u>3. Material und Methoden</u>	27
3.1 Patientengut	27
3.1.1 Auswahl der Patienten	27
3.1.2 Demographische Patientendaten	28
3.1.3 Partialruptur	29
3.1.4 Body Mass Index	29
3.1.5 Berufsgruppen der Patienten	30

3.1.6	Von Patienten ausgeübte Sportarten	31
3.2	Auswertung der Krankenakten	32
3.2.1	Durchschnittlicher Zeitraum zwischen Unfall und OP	33
3.2.2	Durchschnittliches Follow-up	33
3.2.3	Verwendete Implantate und Fadenmaterial	33
3.2.4	Nebenerkrankungen und Voroperationen der Patienten	34
3.3	Klinischer Teil	35
3.3.1	Anamnese und klinische Untersuchung	35
3.3.2	Klinische Scores	36
3.3.2.1	Visuelle Analogskala	36
3.3.2.2	Score nach Morrey	36
3.3.2.3	Quick Dash	37
3.3.2.4	Subjektive Patientenzufriedenheit	38
3.3.3	Röntgendiagnostik	38
3.3.4	Isometrische Kraftmessungen mittels IsoForce Control [®] Kraftmessgerät	38
3.3.4.1	Grundlagen der Messtechnik des Gerätes	38
3.3.4.2	Messung der isometrischen Flexionskraft in 90° und 45° Flexion und Supinationsstellung	39
3.3.4.3	Messung der isometrischen Supinationskraft in 90° Flexion	40
3.4	Gesunde Kontrollgruppe	41
3.4.1	Allgemeine Daten	41
3.4.2	Body Mass Index	41
3.4.3	Berufsgruppen und Sportarten der Probanden	42
3.5	Statistik	43
<u>4.</u>	<u>Ergebnisse</u>	44
4.1	Ergebnisse der Auswertung der Krankenakten	44
4.1.1	Unfallhergang	44
4.1.2	Klinische Daten	44
4.1.3	Ossifikationen und Ossifikationsprophylaxe	45
4.1.4	Durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit	45
4.1.5	Postoperativ aufgetretene Komplikationen	46
4.2	Auswertung der klinischen Untersuchung	46
4.2.1	Narbenstatus	46
4.2.2	Allgemeiner Schmerzcharakter und allgemeine Funktionsfähigkeit	47
4.2.3	Sensibilität	48
4.2.4	Laxizität bei Valgus- und Varusstress	48
4.2.5	Umfangsmessung	49
4.2.6	Bewegungsausmaß	49
4.2.7	Kraftgrade	50

4.3 Auswertung klinischer Scores	51
4.3.1 Visuelle Analogskala	51
4.3.2 Morrey-Score	51
4.3.3 Quick-Dash	52
4.3.4 Subjektive und objektive Patientenzufriedenheit	53
4.4 Auswertung des postoperativen Röntgens zum Nachuntersuchungszeitpunkt	54
4.5 Kraftmessung	55
4.5.1 Ergebnisse der isometrischen Flexionskraftmessung in 45° Flexion und Supination	56
4.5.2 Ergebnisse der isometrischen Flexionskraftmessung in 90° Flexion und Supination	56
4.5.3 Ergebnisse der isometrischen Supinationskraftmessung in 90° Flexion	56
4.5.4 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 45° Flexion mit der kontralateralen Seite	60
4.5.5 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 90° Flexion mit der kontralateralen Seite	61
4.5.6 Vergleich der Supinationskraft der operierten Seite mit der Kontralateralen Seite	62
4.5.7 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von distalen Bicepssehnenruptur der dominanten Seite vs. der nicht-dominanten Seite	63
4.5.8 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit heterotopen Ossifikation vs. Patienten ohne diesen Befund	67
4.5.9 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten, bei denen ein Anker zur Refixation verwendet wurde, vs. Patienten, bei denen zwei oder mehr Anker verwendet wurden	68
4.5.10 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ und $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$ vs. Patienten, mit BMI unter 25 kg/m^2	69
4.5.11 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten in den Gruppen Zeitraum zwischen Unfall und OP 1 bis 3 Wochen, 3 bis 6 Wochen und mehr als 6 Wochen	70
4.5.12 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten in den Gruppen Follow-up-Zeitraum 1 bis 2 Jahre, 2 bis 5 Jahre und mehr als 5 Jahre	73
4.5.13 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von BG-Fällen mit gesetzlich bzw. privat Versicherten	76
4.5.14 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit Partialruptur vs. Patienten mit Komplettruptur	78
4.4.15 Vergleich der ROM, der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten, die mittels „Double-Incision“ operiert wurden, vs. Patienten, die über „Single Incision“ und mit Fadenanker refixiert wurden	80
4.6 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 45°/90° Flexion und Supination mit der durchschnittlichen Kraft der Kontrollgruppe	82

<u>5. Diskussion</u>	86
5.1 Subjektives und objektives Resultat	87
5.2 Bewegungsausmaß und IsoForce-Control [®] Kraftmessung	88
5.3 Komplikationen	94
5.4 Statistische Vergleiche in den einzelnen Untergruppen	97
5.5 Stärken und Schwächen der Studie	101
<u>6. Zusammenfassung</u>	104
<i><u>II Anhang</u></i>	107
<i><u>III Literaturverzeichnis</u></i>	119
<i><u>IV Danksagung</u></i>	131

1. Einleitung

In der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurden Rupturen der distalen Bicepssehne am Ellenbogen überwiegend konservativ therapiert. [30] Klinische Studien konnten jedoch bessere funktionelle Ergebnisse nach operativer Therapie zeigen. [7, 20, 57] Die operative Behandlung gewann daher im Laufe der letzten Jahrzehnte zunehmend an Bedeutung. Die konservative Therapie distaler Bicepssehnenrupturen ist heutzutage nur noch bei immobilisierten Patienten und Patienten mit zu hohem operativen Risiko indiziert. [8, 67, 80, 107] Bereits in der wissenschaftlichen Literatur des 19. Jahrhunderts wurden Rupturen der distalen Bicepssehne und deren erfolgreiche operative Refixation beschrieben. [3] Auf Grund von detaillierten anatomischen und biomechanischen Untersuchungen sowie überwiegend exzellenten klinischen Ergebnissen wird die Refixation der distalen Bicepssehne an ihrem anatomischen Ansatzpunkt seit Anfang des 21. Jahrhunderts als Therapie der ersten Wahl propagiert. [6, 9, 80, 94, 113, 115] Dennoch werden die verschiedenen operativen Techniken nach wie vor in der aktuellen Literatur kontrovers diskutiert. Allein in den letzten drei Jahren sind mehr als 40 Publikationen [1, 5, 14, 17, 18, 21-24, 28, 29, 31-33, 35, 36, 39-42, 45, 46, 52, 54, 56, 57, 61, 64, 65, 74, 75, 78, 91, 97, 99, 103, 106, 111, 112, 116, 119, 123, 124, 129, 132, 135, 137, 139] erschienen, die sich sowohl mit Ätiologie und Pathologie dieser Verletzung auseinandersetzen als auch operative Techniken aus biomechanischer und klinischer Sicht untersuchten.

In den letzten Jahren hat sich die Refixation der distalen Bicepssehne mittels Fadenankern, vor allem durch die Verbesserung der Implantatsysteme und deren bessere kommerzielle Verfügbarkeit, weltweit als Standardverfahren etabliert.

In der Abteilung für Sportorthopädie und in der Abteilung für Unfallchirurgie wurden zwischen 1998 und 2008 insgesamt 63 Patienten mit einer Ruptur der distalen Bicepssehne am Ellenbogen mittels Fadenankersystemen operativ versorgt.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es zum Einen, das funktionelle Outcome dieser Operationstechnik im mittel- und langfristigen Follow-up zu evaluieren und zum Anderen beeinflussende Faktoren für das operative Ergebnis zu ermitteln.

Epidemiologie

Die Ruptur der distalen Bicepssehne ist nach wie vor eine seltene Verletzung, mit deren Therapie man sich jedoch heutzutage vermehrt wissenschaftlich auseinandersetzt. So sind vor 1941 lediglich 65 Fälle in der Literatur beschrieben. [30, 67] Neuere Daten beziffern die Inzidenz von distalen Bicepssehnenrupturen mit 1.2 pro 100.000 pro Jahr. [117] An der Gesamtheit aller den Musculus biceps brachii und seiner Sehnenanteile betreffenden Verletzungen nimmt die Ruptur am distalen Ende der Bicepssehne nur rund 3 % ein.

[7, 25, 30] Überwiegend betroffen sind körperlich aktive Männer zwischen 30 und 60 Jahren. In circa 80% der Fälle betrifft die distale Bicepssehnenruptur den dominanten Arm. [70]

In der Regel ist die Ursache eine einmalige forcierte, exzentrische Kraft, die auf den gebeugten und supinierten Ellenbogen ausgeübt wird, jedoch spielen auch prädisponierende Faktoren, wie Nikotinabusus, der Gebrauch von Anabolika, körperliche Arbeit oder kraft- und arbeitsbetonte Sportarten, wie zum Beispiel Gewichtheben, eine Rolle. [7, 25, 104, 117]

Wissenschaftliche Daten belegen, dass bei konservativer Therapie von einem Kraftverlust der Flexion im Ellenbogengelenk von bis zu 36% und für die Supination von bis zu 55% ausgegangen werden kann. [7, 104] Daher ist bei der Ruptur der distalen Bicepssehne, sofern keine Kontraindikationen bestehen, generell als Operationsindikation zu sehen.

[7, 8, 37, 72, 80, 85, 86, 104, 107]

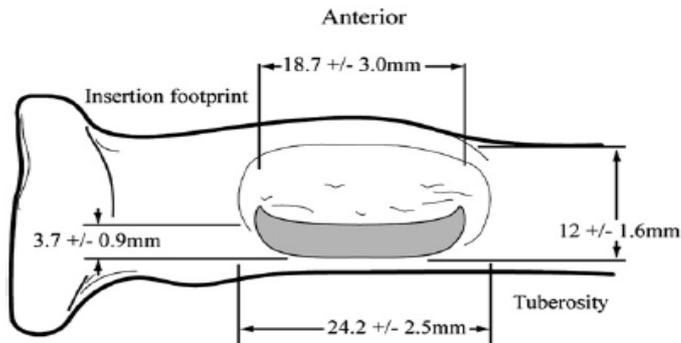
2. Grundlagen

2.1 Funktionelle Anatomie und Biomechanik

2.1.1 Anatomie der Bicepssehne

Der Musculus biceps brachii als zweiköpfiger Muskel weist einen langen und einen kurzen Anteil auf, der bezüglich seines Ursprungs und Ansatzes unterschieden werden muss. Das Caput longum entspringt am Tuberculum supraglenoidale und durchzieht mit seiner Sehne die Cavitas articularis des Schultergelenks. Das Caput breve entspringt gemeinsam mit dem Musculus coracobrachialis am Processus coracoideus. Beide Sehnen gehen auf gleicher Höhe in einen gemeinsamen Muskelbauch über, der auf dem Musculus brachialis gleitet. In der Ellenbeuge werden aus dem Bauch wiederum zwei Sehnen entlassen, die an unterschiedlichen Stellen inserieren. Die Hauptsehne zieht radialwärts und setzt überwiegend halbmondförmig, in wenigen Fällen auch in einem größeren, ovalen Insertionspunkt an der Tuberositas radii an. [10, 108] Nach einer Studie von Hutchinson et al. [61] (Abbildung 1) an 20 Radiusknochen misst der Ansatzpunkt der Bicepssehne durchschnittlich nur 3,7 mm auf 24,2 mm bei einer Gesamtfläche der Tuberositas von 18,7 mm x 24,2 mm. Somit nimmt der Ansatz der Bicepssehne 63% der Länge und 13% der Breite der Tuberositasfläche ein. Weiter postulierte er eine Insertion am posterioren/ulnaren Rand der Tuberositas mit einem nach anterior geneigtem Insertionswinkel von 30° zur lateralen/coronaren Ebene. Die exakte Kenntnis der Insertion der distalen Bicepssehne ist vor allem für eine genaue anatomische Rekonstruktion von Bedeutung. [61, 98]

a)



b)

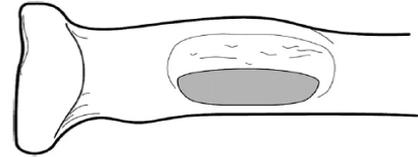


Abb. 1a-b

a)

Typ I: semilunarer Ansatz und Maße der Tuberositas.

Abbildung aus Hutchinson, H. L., Gloystein, D., Gillespie, M.

Distal biceps tendon insertion: an anatomic study. J Shoulder Elbow Surg. 17 (2008) 342-346 [61]

b)

Typ II: größerer, ovaler Ansatz.

2.1.2 Lacertus fibrosus

Die Nebensehne zieht als Aponeurosis musculus bicipitis brachii ulnarwärts und strahlt als Lacertus fibrosus dorsomedial in die Unterarmfaszie ein. Dadurch wird die Kraftübertragung auf den Unterarm während der Flexion unterstützt. Durch den Zug nach medial bei der Kontraktion der Unterarmmuskulatur begünstigt der Lacertus fibrosus einen Riss der Bicepssehne an ihrem distalen Ansatzpunkt. Ist bei einer Ruptur der Lacertus fibrosus mit betroffen, kommt es in der Regel zu einer kompletten Retraktion des Muskelbauches nach kranial, was klinisch als sogenanntes „Popeye-Zeichen“ imponiert. [55]

2.1.3 Musculus biceps brachii

Prinzipiell besteht eine direkte Abhängigkeit der Muskelkraft vom physiologischen Querschnitt des Muskels. So bringt beispielsweise ein Bicepsmuskel mit einem Querschnitt von 10 cm^2 eine maximale Kraft von 400 N auf. [11] Im Falle des Musculus biceps brachii ist die Zugrichtung von Sehne und Muskel identisch, so dass sie eine gemeinsame Hauptlinie bilden und die gesamte Muskelkraft auf die Sehne übertragen wird.

Bezüglich ihrer Reißfestigkeit unterscheiden sich Muskel und Sehne jedoch erheblich. Die Reißfestigkeit des Muskels beträgt circa 100 N/cm^2 , wohingegen die der Sehne etwa 100-fach größer ist und somit im Bereich von 100000 N/cm^2 liegt. [11] Deshalb ist es möglich, dass die anatomische Querschnittsfläche der Sehne nur 2 bis 3% der Querschnittsfläche des Muskels beträgt. [10, 11] Betrachtet man nun die Muskelwirkung an Gelenken, so bedarf es immer der Berücksichtigung des Hebelarms, dessen Länge als der Abstand zwischen Drehachse des Gelenks und Ansatz des Muskels definiert ist. Im Falle des Biceps brachii handelt es sich um einen einarmigen Hebel, so dass die Skelettelemente in Zugrichtung des Muskels bewegt werden. (Abbildung 2) [11]

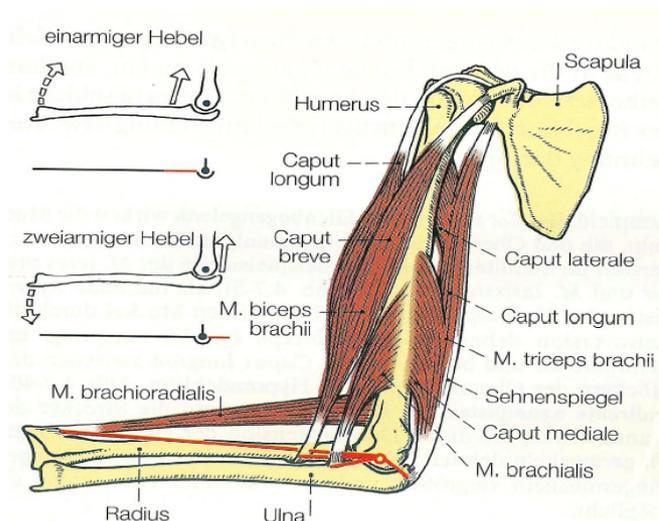


Abb. 2

Hauptmuskeln des Ellengelenks und ihre anatomischen (realen) Hebelarme (Linie).

Abbildung aus

Mazzocca, A. D., Cohen, M., Berkson, E., Nicholson, G., Carofino, B. C., Arciero, R., Romeo, A. A.
The anatomy of the bicipital tuberosity and distal biceps tendon. J Shoulder Elbow Surg. 16 (2007)
122-127 [96]

Durch seine Zweiköpfigkeit ermöglicht der Musculus biceps brachii zwei wesentliche Funktionen:

Als ein das Schultergelenk überspannender Muskel bewirkt er auf der einen Seite die Innenrotation und Anteversion des Oberarms. Der lange Kopf ist zudem bei außenrotiertem und supiniertem Arm ein Abduktor. Der kurze Kopf bewirkt eine geringfügige Adduktion.

Zudem wirkt der Muskel im Ellenbogengelenk als Flexor und als stärkster Supinator. Die Supinationswirkung wird durch das passive „Aufwickeln“ der Sehne um den Radius während der Pronation ermöglicht und stellt somit eine aktive Rückdrehung aus dieser Position dar. Jeweils die größte Kraft erzielt der Muskel in Flexion bei supiniertem Unterarm und retrovertiertem Oberarm. In Supination erreicht er sein Maximum bei 90° gebeugtem Ellenbogen. [58, 120]

2.1.3.1 Synergisten

Durch Humerus, Muskelsepten und Fascia brachii werden zwei Muskellogen abgegrenzt: Die Flexorenloge, in der neben dem Musculus biceps brachii auch sein Synergist, der Musculus brachialis, liegt, und die Extensorenloge (siehe Kapitel 2.1.3.2). Der Musculus brachialis ist im Gegensatz zum schnell beugenden Musculus biceps brachii jedoch vor allem ein kräftiger Flexor im Ellenbogengelenk. [90]

Als weitere Flexoren im Ellenbogengelenk und Synergisten des Bicepsmuskels finden sich der Musculus brachioradialis, der Musculus extensor carpi radialis longus, der Musculus pronator teres und der Musculus flexor carpi radialis.

Der Musculus biceps brachii stellt den stärksten Supinator im Ellenbogengelenk dar. Zum Musculus biceps brachii synergistisch agierende Muskeln sind der Musculus supinator und der Musculus brachioradialis. [90]

2.1.3.2 Antagonisten

Da Bewegung stets durch das Spiel von Agonisten und Antagonisten entsteht, werden im Folgenden nun noch die Muskeln erwähnt, deren Bewegungen der des Musculus biceps brachii entgegenwirken. Die Extension betreffend ist der in der Extensorenloge liegende Musculus triceps brachii und der Musculus anconaeus zu nennen, deren nervale Versorgung vom Nervus radialis ausgeht. Die entgegengesetzte Kraft der Supination ist die Pronation, an deren Umsetzung die Muskeln Musculus pronator teres, Musculus pronator quadratus und der Musculus flexor carpi radialis beteiligt sind, auch wenn die Pronatoren insgesamt schwächer als die Supinatoren wirken. [90]

2.1.4 Relevante Gefäß- und Nervenstrukturen

Eine Übersicht der relevanten Gefäß- und Nervenstrukturen ist in Abbildung 3 dargestellt:

Der arterielle Zufluss zur Ellenbeuge wird durch die Arteria brachialis gewährleistet. Der venöse Abfluss erfolgt über die oberflächlichen Hautvenen, die Vena cephalica, die im Sulcus bicipitalis lateralis verläuft und in die Vena axillaris mündet, sowie die Vena basilica im Sulcus bicipitalis medialis gelegen mit Mündung in die Vena brachialis. [90, 120]

Aus klinischer und vor allem operationstechnischer Sicht erscheint jedoch der Verlauf der Nerven in der Fossa cubiti von größerer Wichtigkeit. Mit dem Nervus radialis, als unmittelbare Fortsetzung des Fasciculus posterior, verläuft die Arteria profunda brachii begleitend spiralförmig um den Humerus. Den Eintritt in die Ellenbeuge findet der Nervus radialis zwischen Musculus brachialis und brachioradialis. Von hier aus zieht er weiter nach distal, wo er sich unmittelbar proximal des Musculus supinator in seine beiden Äste Ramus profundus (Endast Nervus interosseus posterior) und Ramus superficialis aufspaltet. [90, 120]

Der Nervus interosseus posterior verläuft schliesslich durch den Musculus supinator. Um den Nervus radialis bzw den Nervens interosseus posterior während der Operation bestmöglichst zu schonen, sollte daher der Unterarm stets in maximaler Supination gehalten werden, um durch den Muskelzug die Nervenstrukturen zu lateralisieren und damit das Operationsgebiet besser einzusehbar zu machen. [90, 120]

Auch im Sulcus bicipitalis medialis verlaufend findet man den Nervus medianus, der oberhalb der Arteria brachialis in die Fossa cubiti gelangt und unter dem Lacertus fibrosus und zwischen den beiden Köpfen des Musculus pronator teres zum Unterarm zieht. Die Bicepssehne verläuft in diesem Bereich lateral des Nervus medianus, bevor sie an der Tuberositas radii ansetzt. [90, 120]

Des Weiteren verläuft der Nervus musculocutaneus (C6-C4), der die Innervation des gesamten Musculus biceps brachii gewährleistet, und sein sensibler Endast, der Nervus cutaneus antebrachii lateralis, in unmittelbarer Nähe parallel zum Bicepsmuskel und dem musculus brachialis. Den Nervus antebrachii gilt es vor allem bei der oberflächlichen Präparation nach Hautinzision im Rahmen eines anterioren Zuganges zu schonen. [90, 120]

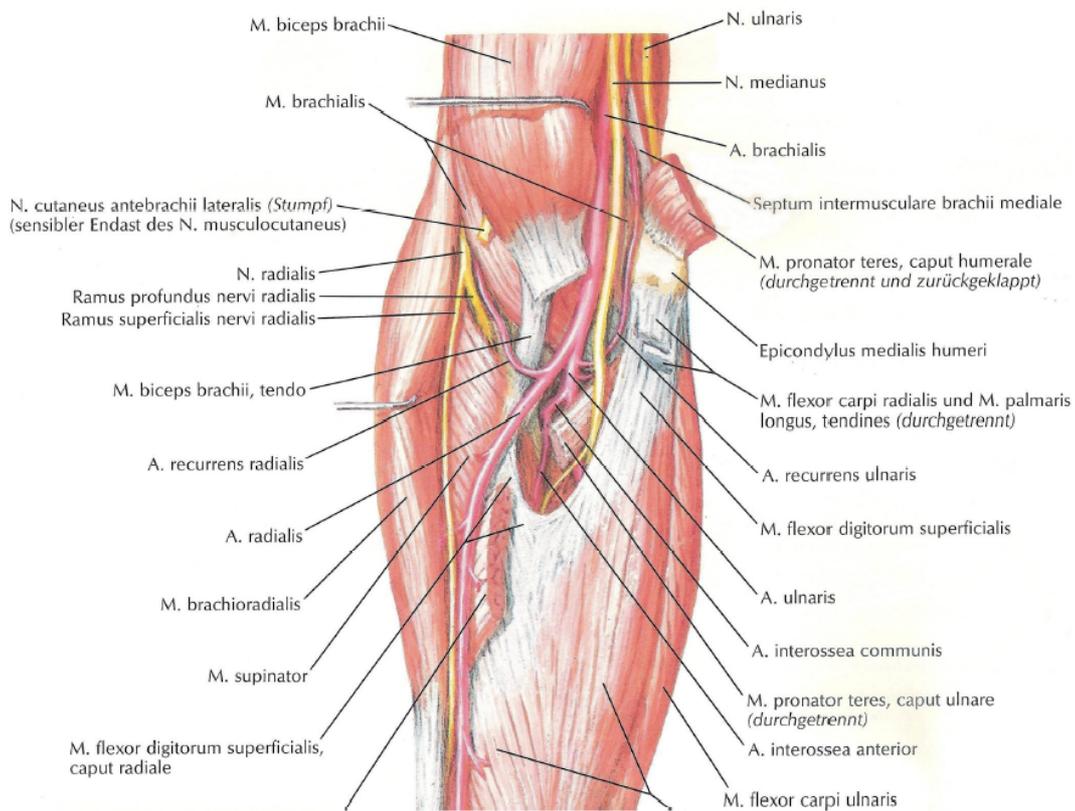


Abb. 3

Übersicht der Gefäße und Nerven in der Ellenbeuge.

Abbildung aus

Netter, F. H. Atlas der Anatomie des Menschen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1997 [108]

2.2 Ätiologie und Pathomechanismus

Im Gegensatz zur proximalen Ruptur der langen Bicepssehne, die überwiegend durch degenerative Vorschäden bedingt ist, ist die Ruptur der distalen Bicepssehne in den allermeisten Fällen durch ein akutes, adäquates Trauma bedingt.

Der Unfallsmechanismus stellt eine exzentrische Krafteinwirkung auf den flektierten und supinierten Unterarm dar. [14, 55] Morrey et al. [104] beschrieb eine auslösende Kraft von 40 kg. Dabei kann es sich um indirekte Kräfte, die durch Zug oder Druck entstehen, oder direkt Kräfte wie einen Schlag auf die Sehne handeln. Weitere Ursachen können das Abfangen des eigenen Körpergewichts bei einem Sturz oder das Heben von schweren Gegenständen sein. In einer Studie von Grégory et al. [52] wird in einer Kohorte von 23 Patienten die Verletzung bei 8% während des Ziehens eines schweren Gegenstandes beschrieben, 28% wiesen einen

Sportunfall auf und bei 44% war Gewichtheben der ursächliche Faktor. Der Rest der Patienten dieser Kohorte zeigte ein heterogenes Bild bezüglich des Verletzungsmusters.

Auch Sportarten wie Volleyball, Baseball, Softball, Schwimmen, Golf, Radfahren, Fußball und Bogenschießen sind als Ursache von distalen Bicepssehnenverletzungen beschrieben. [119] In einer Fallstudie von Safran et al. [117] waren von 13 unilateralen Bicepssehnenrupturen 21% mit einem Unfall am Arbeitsplatz assoziiert.

Darüber hinaus können chronische Veränderungen oder Vorschäden der distalen Bicepssehne als Ursache einer Ruptur der distalen Bicepssehne in Betracht gezogen werden. Prädisponierende Faktoren hierfür sind, wie aus zahlreichen Studien hervorgeht, Krebserkrankungen, Übergewicht, Spondylarthropathien, Gicht, Entzündungen, Nierenschäden oder Hyperparathyreoidismus. [27, 68, 83] Des Weiteren zählen der Gebrauch von Anabolika, der Missbrauch verschreibungspflichtiger Rezepte und Nikotinabusus zu den Risikofaktoren einer distalen Bicepssehnenruptur. [112] Anabole Steroide zum Beispiel verursachen Kollagendysplasien und senken so die Schwelle für Sehnenverletzungen unter Belastung. [52, 70, 102, 134] Die vasokonstriktiven und desoxygenierenden Effekte des Nikotins konnten auch mit Degenerationen der distalen Bicepssehne in Verbindung gebracht werden. [52, 117, 121] Eine vorausgegangene Degeneration der distalen Bicepssehne betreffend berichten Hutchinson et al. [61] in ihrer anatomischen Studie von einer 2 mm hohen Kante und 2 bis 3 mm großen Osteophyten lateral des Sehnenansatzpunktes an der Tuberositas radii. Folglich fanden sie Degenerationen der Sehne an den Stellen, bei der die Sehne mit den Osteophyten während der Pronation in Kontakt kommt. [96]

2.3 Diagnostik der distalen Bicepssehnenruptur

2.3.1 Anamnese

Die genaue Anamnese des Unfallmechanismus ist häufig wegweisend für eine Verletzung der distalen Bicepssehne. So berichten Patienten oft über ein „schnalzendes“ Geräusch, ähnlich der Ruptur der Achillessehne, sowie heftigen, plötzlich einsetzenden Schmerzen. In der Folge tritt eine deutliche Kraftminderung für die Flexion und vor allem für die Supination auf. Oft ist auch ein vorausgegangenes „reißendes“ Gefühl in der Ellenbeuge erinnerlich.

[14, 55, 107]

2.3.2 Klinische Untersuchung

Inspektorisch können bei der klinischen Untersuchung insbesondere bei einem frischen Ereignis eine Schwellung und ein Hämatom unterschiedlicher Ausprägungsformen auftreten, bei zeitlich länger zurückliegenden Ereignissen jedoch sind diese nicht obligat nachzuweisen. [63, 125] Bei Beteiligung des Lacertus fibrosus kommt es zur Retraktion und Kranialisierung des Muskelbauches. In der Literatur wird dieses Phänomen auch als „Popeye-Zeichen“ beschrieben. [55] Im Seitenvergleich wird es vor allem bei der Beugung gegen Widerstand im Übergangsbereich vom mittleren zum distalen Drittel des Oberarms deutlich. (Abbildung 4) Bei einer vollständigen distalen Bicepssehnenruptur ist der distale Sehnenanteil in der Fossa cubiti nicht mehr tastbar. Hier wird von einer „schmerzhaften Delle“ gesprochen. [12, 63, 125]



Abb. 4a-b

„Popeye-Zeichen“.

a) Sichtbare „Delle“ in der Fossa cubiti.

b) Im Seitenvergleich zeigt sich linksseitig, bei aktiver Flexion und Supination, eine deutliche Kranialisierung des Muskelbauches des Musculus biceps brachii (roter Pfeil).

Abbildung aus

Siebenlist, S., Schmidt-Horlohe, K., Hoffmann, R., Stockle, U., Elser, F. [Surgical therapy of distal biceps tendon ruptures]. Z Orthop Unfall. 148 (477-486); quiz 487-478 [122]

Klinische Hinweise bezüglich einer distalen Bicepssehnenruptur können der „Squeeze“- und der „Hook-Test“ liefern. Beim „Squeeze-Test“ wird, vergleichbar zum Thompson-Test der

Achillessehne, der Muskelbauch im 90° flektierten Ellenbogen komprimiert, um so bei intakter Bicepssehne eine Supinationsbewegung des Unterarms zu provozieren. Der „Hook-Test“ (Abbildung 5) dient dem direkten Nachweis der intakten Sehne, indem der Untersucher versucht, sich von lateral, bei 90° flektierten Ellbogen, mit dem Zeigefinger unter den distalen Bicepssehnenstrang und zwischen dem Musculus brachialis einzuhaken. Wichtig ist zudem, den Test von lateral durchzuführen, da der Lacertus fibrosus von medial als falsch-normale, intakte Bicepssehne gewertet werden kann. O’Driscoll et al. [109] konnten für den „Hook-Test“ sogar eine höhere Sensitivität und Spezivität nachweisen als für die MRT-Untersuchung. Bei 33 Patienten mit positivem „Hook-Test“ bestätigte sich intraoperativ zu 100% die Ruptur der distalen Bicepssehne.

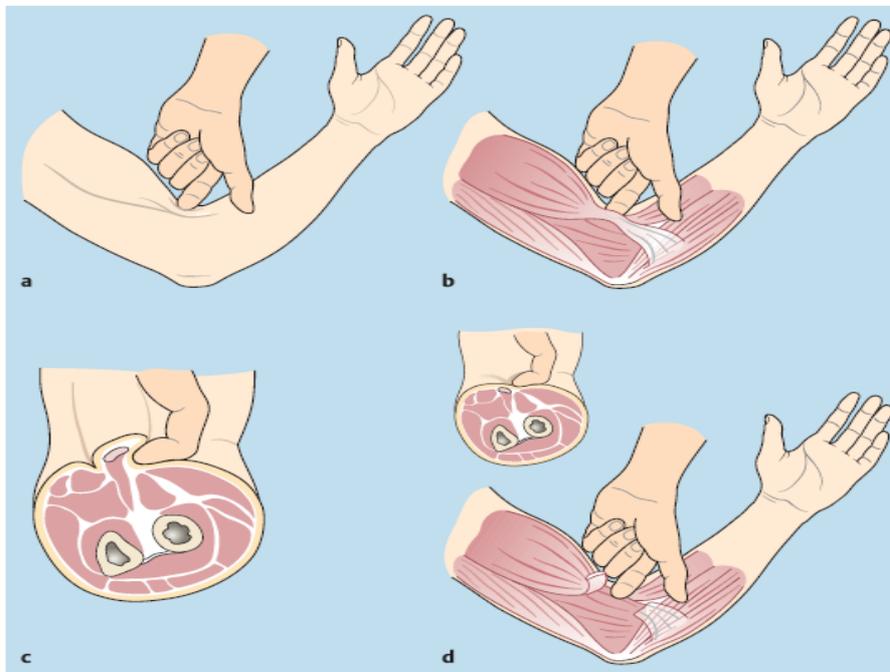


Abb. 5a-d

„Hook-Test“ nach O’Driscoll. [109]

a-c) Intakte Bicepssehne: Hook-Test positiv; Einhaken unter die distale Bicepssehne möglich.

d) Rupturierte distale Bicepssehne: „Hook-Test“ negativ.

Abbildung aus

Siebenlist, S., Schmidt-Horlohe, K., Hoffmann, R., Stockle, U., Elser, F. [Surgical therapy of distal biceps tendon ruptures]. Z Orthop Unfall. 148 (477-486); quiz 487-478 [122]

Differentialdiagnostisch abzugrenzen ist die Retraktion des Muskelbauches nach distal, was ein Zeichen der proximalen Bicepssehnenruptur darstellt. Da der Musculus biceps brachii als

zweiköpfiger Muskel entspringt, ist bei einer Ruptur der langen Bicepssehne proximal bei der Prüfung der groben Kraft die Flexion und die Supination nur minimal eingeschränkt, wohingegen bei einer distalen Ruptur der Sehne eine deutliche Kraftminderung imponiert. [63]

2.3.3 Bildgebende Verfahren

Zur Ausschlussdiagnostik eines knöchernen Sehnenaustrisses wird in der Regel primär ein konventionelles Röntgenbild des Ellenbogens in zwei Ebenen angefertigt. Die Bicepssehne kann auch mittels Ultraschall beurteilt werden, der Nachweis eines knöchernen Austrisses gelingt hierbei aber nur selten. [122] Bei ausreichender Erfahrung in der Sonographie kann mittels Ultraschall auf der verletzten Seite neben dem Hämatom ein leerer Synovialschlauch dargestellt werden. Mehrere Studien ergaben, dass dies eine kostengünstige und verlässliche Methode ist, um die Diagnose einer distalen Bicepssehnenruptur zu stellen. [9, 136]

Bei nicht eindeutiger klinischer Symptomatik, Anomalien der Bicepssehne oder länger zurückliegenden Ereignissen ist die Magnetresonanztomographie (MRT)-Untersuchung das Diagnostikum der ersten Wahl. (Abbildung 6)

Zudem bietet eine MRT die Möglichkeit der Lokalisation der retrahierten Sehne mit einem hohen Grad an Genauigkeit (Spezifität 100%, Sensitivität 92,4%). [12, 36, 38, 40, 85]

Zur optimalen Darstellung der Sehne sollte die Aufnahme in 180° abduziertem Schultergelenk, 90° flektiertem Ellenbogen und voll supiniertem Unterarm erfolgen. [50]

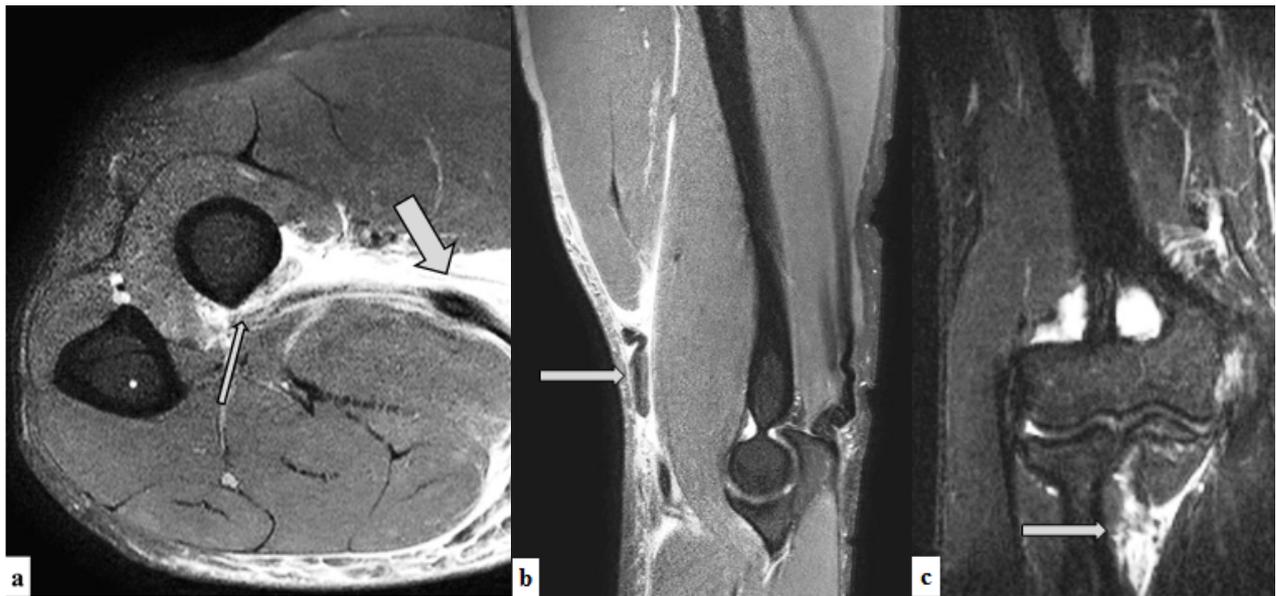


Abb. 6 a-c

Ruptur der distalen Bicepssehne.

a) MRT axiale Schicht: Posteriore, ulnare Kante der Tuberositas radii (dünner Pfeil), leere Sehnenscheide mit deutlichem Umgebungsödem/Einblutung (dicker Pfeil).

b) MRT sagittale Schicht: Der Sehnenstumpf ist durch den Muskel nach oben gezogen (Pfeil).

c) MRT koronare Schicht.: Reaktives Ödem am Ausrisspunkt der distalen Bicepssehne (Pfeil).

2.4 Operationstechniken

2.4.1 Extraanatomische Refixation

Bei nicht-anatomischer Refixation wird die distale Bicepssehne auf die tiefer gelegene Muskelplatte des Musculus brachialis und brachioradialis aufgenäht. Funktionell zeigt diese Refixationsmethode schlechtere Ergebnisse im Vergleich zu anatomischen Refixationstechniken. [15, 105] Daher wurde dieses Verfahren in den letzten Jahren weitestgehend verlassen. [115] Die Kombination der anatomischen Rekonstruktion mit zusätzlicher Aufnahme auf den Musculus brachialis stellt jedoch eine Alternative mit guten postoperativen Ergebnissen dar. [130]

2.4.2 Anatomische Rekonstruktion - Zugangswege

In den letzten Jahren wurden verschiedene Operationsmethoden kontrovers diskutiert. Prinzipiell lassen sich zwei Zugangswege unterscheiden:
Die „Double-Incision“-Technik und die „Single-Incision“-Technik.

- „Double-Incision“-Technik

Im Jahr 1961 wurde diese Technik erstmals von Boyd und Anderson [16] beschrieben und später von verschiedenen Autoren modifiziert. [25, 37] Im Wesentlichen wird über einen anterioren Zugang der Sehnenstumpf aufgesucht und armiert. In einem zweiten Schritt wird über einen zweiten posterioren Zugang der Sehnenstumpf durch die Membrana interossea zwischen Radius und Ulna auf die Streckseite gezogen und mit transossären Nähten an der Tuberositas radii fixiert. Als Komplikationen dieser Technik werden vor allem Nervenläsionen mit sensomotorischen Einschränkungen beschrieben. [17, 69] Besonders betroffen ist dabei der Nervus radialis mit seinen oberflächlichen und tiefen Ästen. Er verläuft zwar nicht in unmittelbarer Nähe zur distalen Bicepssehne, kann aber bei der Gegeninzision, falls die Schnittführung zu weit distal und ventral gewählt wird, verletzt werden.

Als weitere Komplikationen dieser Methode gelten heterotope Ossifikationen bis hin zur radioulnaren Synostose. [17, 69]

- „Single-Incision“-Technik

Durch die Neuentwicklung und Verbesserung verschiedener Refixationssysteme gewann die „Single-Incision“-Technik zur Refixation der distalen Bicepssehne zunehmend an Bedeutung. Der Zugang erfolgt in der Regel über einen s-förmigen Hautschnitt, etwas lateral der Ellenbeuge. Der Sehnenstumpf wird proximal aufgesucht und dann schichtweise bis zur Tuberositas radii frei präpariert. Manchmal kann ein zweiter transversaler Zugang proximal der Ellenbeuge nötig sein, um die Sehne aus vernarbtem Weichteilgewebe zu lösen. Anschließend wird die Sehne getunnelt und über den distalen Zugang zur Tuberositas radii geführt. [66, 122] Durch mechanische Irritation der sich in der Ellenbeuge befindlichen Nerven, z.B. durch Hakenzug oder direkte Kompression, können temporäre, aber auch

bleibende Parästhesien entstehen, deren Regeneration bis zu einem Jahr möglich ist, sofern die Nerven nicht gänzlich durchtrennt wurden. [30, 34, 101] Klinisch imponieren diese intraoperativen Komplikationen bei z.B. Verletzung des Nervus radialis, in sensiblen Ausfällen bei Beteiligung seines Ramus superficialis, oder als Fallhand bei Durchtrennung seines motorischen Ramus profundus. [120]

2.4.3 Anatomische Rekonstruktion - Refixationstechniken

2.4.3.1 Transossäre Refixation

Hierbei werden durch die Tuberositas radii nicht-resorbierbare Fäden geführt, welche dann am distalen Bicepsstumpf vernäht werden. Als Alternative kann die Sehne auch über angelegte Knochenkanäle gezogen und anschließend mit einer Durchflechtungsnaht fixiert werden. [87, 128] Lange Jahre galt diese Methode als Goldstandard, jedoch liegt der Nachteil dieses Verfahrens vor allem in der Verkürzung der Sehne durch das Einziehen in den Knochentunnel und der daraus resultierenden eingeschränkten Pronation. [87, 128]

Heterotope Ossifikationen finden sich entweder als Verkalkungen im Verlauf der Sehne oder an ihrem Ansatz an der Tuberositas radii. Sie können jedoch auch direkt am knöchernen Ursprung der Tuberositas lokalisiert sein. Klönz et al. 2003 [80] beschreiben diese Art der heterotopen Ossifikation mit einer Häufigkeit von 20 bis 60%.

Unter Verwendung der „Double-Incision“-Technik erwähnten Bisson et al. [14] des Weiteren spezifische Nervenläsionen in ihrem Patientenkollektiv. Diese zeigten sich in sensorischen Ausfällen des Nervus ulnaris und des Nervus interosseus anterior.

2.4.3.2 Extrakortikale Refixation

Erstmals wurde die extracortikale Technik von Bain et al. [6] im Jahr 2000 beschrieben. Dabei wird ein Titan-Plättchen (EndButton[®], Smith&Nephew, London, UK) verwendet, das den Sehnenstumpf nach Durchzug durch einen angelegten Bohrkanal am posterioren Kortex des proximalen Radius fixiert. Dieses Verfahren soll eine bessere Einheilung des Sehnenstumpfes gewährleisten, da er bis in den intramedullären Kanal hineingezogen und

somit die Kontaktfläche zwischen Sehne und Knochen vergrößert wird. Wichtig ist hierbei vor allem, die 90° Supinationsstellung des Armes beizubehalten, um eine Verletzung des Nervus interosseus posterior beim Durchbohren der posterioren Kortikalis zu vermeiden. Die Positionierung des EndoButtons® sollte unter Bildwandlerkontrolle stattfinden. Als Komplikationen wurden bisher heterotope Ossifikationen und fehlplatzierte EndoButtons® beschrieben. [112] Auch die Supination sowie die Pronation können bei dieser Refixationstechnik postoperativ leicht eingeschränkt sein. [6]

2.4.3.3 Interferenzschraube

Ist dieses Verfahren in der Knie- und Schulterchirurgie schon erfolgreich etabliert, so stellt es für die Fixation der distalen Bicepssehne eine eher neue Alternative dar. Verwendet werden hierbei bioresorbierbare Interferenzschrauben. [24, 56, 77] Dabei wird die Tuberositas radii unikortikal eröffnet. Der Bohrkanal sollte bis zur Gegenkortikalis reichen, um eine sichere Fixation der Sehne zu gewährleisten. Wenn auch klinisch noch nicht beschrieben, so muss bei diesem Verfahren auf die Komplikation des Schraubenbruchs hingewiesen werden. In einer biomechanischen Studie zeigte sich an 20% der Testpräparate ein Ermüdungsbruch, was gegebenenfalls auch in vivo zu Problemen führen könnte. [95]

2.4.3.4 Fadenanker

Das in den letzten Jahren zunehmend verbreitete Verfahren, das erstmals 1996 von Lintner [89] beschrieben wurde, ist die Refixation der distalen Bicepssehne mittels Fadenanker. Der Zugang erfolgt über eine s-förmige „Single-Incision“. Danach wird die Sehne an ihrem distalen Ende armiert und mit einem oder mehreren Ankern an ihrer ursprünglichen anatomischen Lokalisation reinseriert. Einige Autoren empfehlen die intraossäre Lage des Sehnenstumpfes nach Auffräsen der Tuberositaskortikalis. [66, 75, 100] Zur Sicherung der regelrechten Ankerlage erfolgt intraoperativ die Durchleuchtung zur Kontrolle der platzierten Führungsdrähte. (Abbildungen 7 und 8)

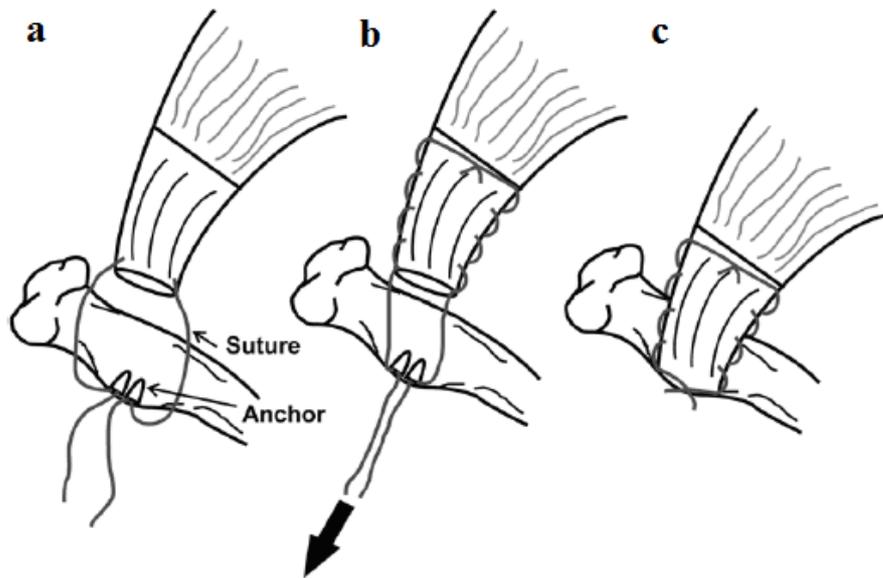


Abb. 7a-c

a) Anbringen der Anker.

b) Durchflechten und anatomisches Heranziehen der Sehne durch „Flaschenzug-Prinzip“.

c) Refixation an der Tuberositas radii.

Abbildung aus Krushinski, E. M., Brown, J. A., Murthi, A. M.

Distal biceps tendon rupture: biomechanical analysis of repair strength of the Bio-Tenodesis screw versus suture anchors. J Shoulder Elbow Surg. 16 (2007) 218-223 [84]

Als postoperative Komplikationen sind Nervenläsionen, heterotope Ossifikationen und in seltenen Fällen auch Ankerdislokationen beschrieben. [23, 71] Betrachtet man das Risiko eines intraoperativen Nervenschadens, so lässt sich auf Grund ihrer anatomischen Nähe vor allem der Nervus radialis, aber auch der Nervus cutaneus antebrachii lateralis, anführen.

Eine Weiterentwicklung der minimal-invasiven Technik stellt die endoskopisch assistierte Refixation dar. [31, 52, 88] Unter endoskopischer Sicht kann der Synovialschlauch der Bicepssehne aufgesucht und exploriert werden. Danach erfolgt nach entsprechendem Debridement die Refixation. In der Regel kommen hierbei Fadenanker zum Einsatz.

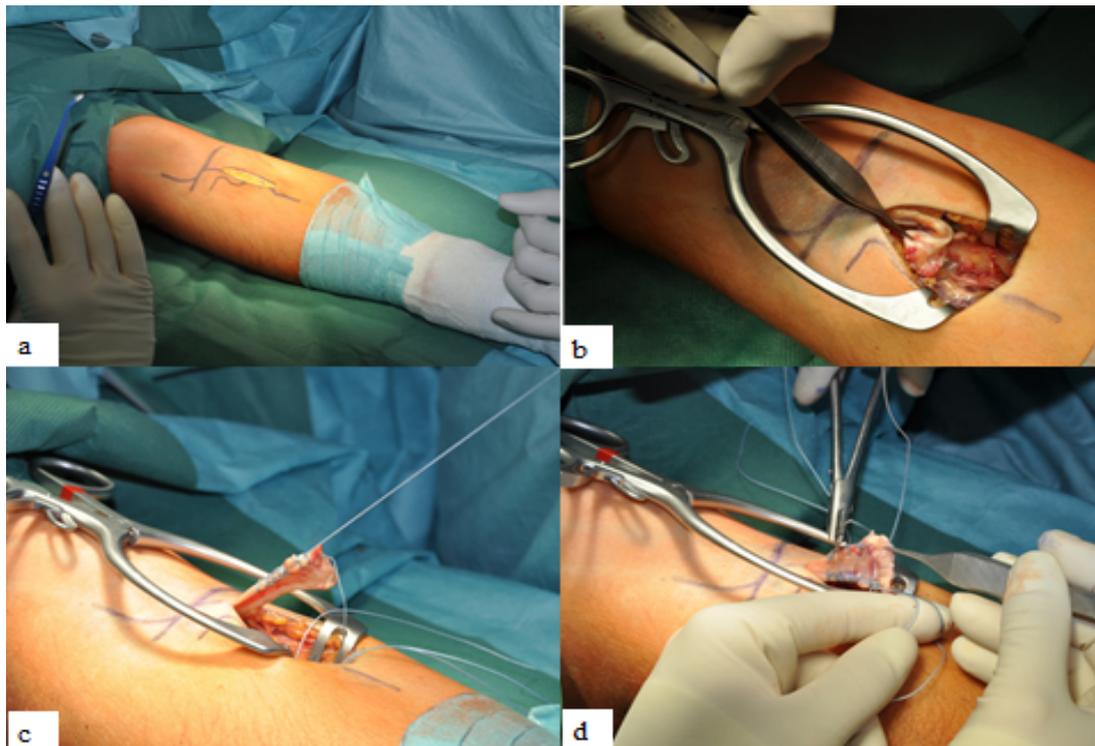


Abb. 8a-d

a) Schnittführung des operativen Zugangs.

b) Distaler Bicepssehnenstumpf.

c-d) Durchschlingen und Durchflechten der distalen Bicepssehne.

2.5 Postoperatives Management

Allgemein finden sich in der Literatur verschiedene Angaben bezüglich des postoperativen Managements nach operativer Versorgung einer distalen Bicepssehnenruptur. Einige Autoren empfehlen eine anfängliche strikte Ruhigstellung des operierten Armes von zwei bis zu sechs Wochen. [52, 66, 75, 100] Anschließend folgt eine funktionell aktiv-assistierte Nachbehandlung, die meist nach sechs bis acht Wochen in aktive Beübung des betroffenen Arms übergeht. Die Ruhigstellung des operierten Armes erfolgte bei unseren Patienten überwiegend mittels einer Armschlinge. Alternativ besteht auch die Möglichkeit der Anpassung einer Bewegungsorthese mit der Möglichkeit einer Supinationslimitierung (Abbildung 9). Somit kann eine versehentliche Flexionsbelastung vermieden werden. Die Extensionslimitierung von anfangs 90° wird alle zwei Wochen um 30° erweitert. [122]



Abb. 9

Nachbehandlung mittels Bewegungsothese zum Beispiel Epico ROM[®] S von der Firma medi (Bayreuth, Deutschland). [165]

Weitgehender Konsens hingegen besteht bezüglich der uneingeschränkten Belastungs- und Sportfähigkeit, die im Allgemeinen nach drei bis vier Monaten postoperativ begonnen werden kann. Biomechanische Studien haben ergeben, dass hinsichtlich der Versagenskräfte von refixierten Bicepssehnen eine frühe funktionelle Beübung ohne Belastung denkbar wäre. [62, 73, 95, 126] In dem untersuchten Patientengut wurde hinsichtlich einer funktionellen Beübung ein eher aggressives Nachbehandlungsschema gewählt.

Ein weiterer in der Literatur kontrovers diskutierter Aspekt des Nachbehandlungsschemas stellt die Ossifikationsprophylaxe mittels nicht-steroidaler antiinflammatorischer Medikation dar. [52, 101, 119]

2.6 Fragestellung

Das primäre Ziel der operativen Versorgung distaler Bicepssehnenrupturen am Ellenbogen ist die Wiederherstellung der Funktion des Musculus biceps brachii, d.h. die Wiederherstellung der Supinationskraft im Unterarm und der Flexionskraft im Ellenbogen.

In der aktuellen Literatur werden für die Refixationstechnik mit Fadenankern über einen anterioren Zugang überwiegend gute funktionelle Ergebnisse beschrieben. [66, 75, 100] Dennoch berichten die Autoren verschiedener Studien [66, 76, 100] über teilweise deutliche Defizite der Supinations- und Flexionskraft im Vergleich zur gesunden Gegenseite.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit soll zunächst das klinische Ergebnis dieser Operationstechnik anhand subjektiver und objektiv-messbarer Parameter evaluiert werden. Folgende Primärhypothese wurde hierbei aufgestellt:

Operativ versorgte distale Bicepssehnenrupturen in anteriorer Fadenanker-Technik erreichen gute subjektive Ergebnisse, in der quantitativen Kraftmessung wird allerdings die Kraft der kontralateralen Seite nicht erreicht.

Als zusätzliche Kontrollgruppe wurde ein gesundes Normalkollektiv herangezogen, um die gemessenen Kraftwerte mit Nicht-Betroffenen vergleichen zu können.

Als Sekundärhypothese wurde aufgestellt:

In der quantitativen Kraftmessung für Supination und Flexion distaler Bicepssehnenrekonstruktion mittels Fadenanker werden keine vergleichbaren Werte mit einer repräsentativen gesunden Normalpopulation erreicht.

Im zweiten Teil der Arbeit sollen potenzielle Einflussfaktoren ermittelt werden, die das operative Ergebnis relevant beeinflussen können. Als zu untersuchende Einflussfaktoren wurden festgelegt:

- dominanter Arm
- heterotope Ossifikationen
- Ankerzahl
- Body Mass Index (BMI)
- OP-Zeitpunkt
- Follow-up-Zeitpunkt
- Versicherungsstatus
- Komplet- bzw. Partialruptur

3. Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit umfasst die retrospektive Analyse der vorhandenen klinischen Daten, die klinische Nachuntersuchung und Befragung der Patienten, sowie eine isometrische Kraftmessung im Ellenbogengelenk für Flexion und Supination an dem operierten und nicht-operierten Arm. Zudem wurden diese quantitativen Messungen an einem gesunden Normalkollektiv durchgeführt. Bei unseren Nachuntersuchungen konnten wir des Weiteren sieben Patienten, die über eine „Double-Incision“ transossär refixiert wurden, klinisch nachuntersuchen und die IsoForce-Control® -Kraftmessung durchführen.

3.1 Patientengut

3.1.1 Auswahl der Patienten

Im Klinikum rechts der Isar wurden in der sportorthopädischen und unfallchirurgischen Abteilung in einem Zehnjahres-Zeitraum (1998 bis einschließlich 2008) 63 Patienten operativ mittels Fadenanker nach distaler Bicepssehnenruptur versorgt. Neun Patienten mit einer transossären Refixationstechnik wurden auf Grund einer abweichenden Operationsmethode ad primam ausgeschlossen. Für die Teilnahme an unserer Studie galten folgende Ein- bzw. Ausschlusskriterien:

Eingeschlossen wurden:

- Patienten mit traumatischer Ruptur der distalen Bicepssehne (Komplett- und Partialrupturen)
- Uni - und bilaterale Verletzungen
- Primäre operative Versorgung
- Geschlecht männlich & weiblich
- Alter < 70. Lebensjahr

Ausgeschlossen wurden Patienten mit:

- Begleitenden Frakturen / vorangegangener osteosynthetischer Versorgung
- Fortgeschrittener Arthrose des Ellenbogengelenkes

- Vorliegen einer pathologischen Fraktur oder Pseudarthrose
- Bestehender Erkrankung des rheumatischen Formenkreises
- Begleitenden oder bestehenden Läsionen / Verletzungen der Gefäße
- Begleitenden oder bestehenden Nerven- bzw. Plexusschäden
- Entzündlichen Grunderkrankungen wie Sepsis, Meningitis, HIV, Hepatitiden etc.
- Neurologisch-psychiatrischen Grunderkrankungen
- Begleitender Immunsuppressions- bzw. Strahlentherapie

Nach diesen Kriterien konnten weiterhin alle 63 Patienten als potentielle Teilnehmer an der Studie eingeschlossen werden. Die Patienten wurden telefonisch sowie in einzelnen Fällen postalisch zu der Nachuntersuchung eingeladen. Hierdurch konnten schlussendlich 49 Patienten (78%) als Gesamtkollektiv in die Studie aufgenommen werden. Alle Patienten gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Ein positives Votum der Ethikkommission der Technischen Universität München lag vor. Von den 14 nicht untersuchten Patienten waren sechs Patienten unbekannt verzogen und konnten nicht mehr ermittelt werden. Acht Patienten lehnten die Teilnahme an einer klinischen Studie aus zeitlichen Gründen ab. Allgemein gaben die letztgenannten acht Patienten jedoch ein subjektiv zufriedenstellendes klinisches Ergebnis an und verneinten sekundäre Folgeoperationen bzw. relevante postoperative Komplikationen. Klinische Scores wurden hier jedoch nicht erhoben. Alle erhobenen Daten wurden pseudonymisiert behandelt.

3.1.2 Demographische Patientendaten

Die allgemein erhobenen Patientendaten sind in der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 1) aufgelistet. In unserem Patientenkollektiv lag das durchschnittliche Alter weitgehend in der alterstypischen Spanne für distale Bicepssehnenrupturen, nämlich zwischen 30 und 60 Jahren. Auch unser Patientenkollektiv beinhaltete vor allem männliche Patienten. Die Seitenverteilung des betroffenen Armes war zwischen dominanter und nicht-dominanter Seite nahezu ausgeglichen.

Tab. 1

Demographische Patientendaten.	Zum Zeitpunkt des Unfalls	Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung
Durchschnittliches Alter der Patienten [J]	47,3 ± 9,5	51,0 ± 9,9
Geschlechterverteilung [n]	Männer 48 Frauen 1	
Seitenverteilung [n]	dominante Seite betroffen 25	
	Nicht-dominante Seite betroffen 24	
	Rechtshänder 45	
	Linkshänder 4	

3.1.3 Partialruptur

Ein weiterer Betrachtungspunkt unserer Studie waren die Unterschiede bezüglich des Outcomes zwischen Partial- bzw. Komplett rupturen. Diese Gruppe bestand aus sieben Patienten, deren Partialruptur durch ein präoperatives MRT gesichert wurde und sich intraoperativ bestätigte.

3.1.4 Body Mass Index

Der Body Mass Index (BMI) ist ein Maß zur Beurteilung des Körpergewichts in Bezug auf die Größe. Er berechnet sich wie folgt:

$$\text{BMI} = \text{kg Körpergewicht} / \text{Körpergröße in m}^2$$

Werte von normalgewichtigen Personen liegen gemäß der Adipositas-Klassifikation der WHO [59] zwischen $18,5 \text{ kg/m}^2$ und $24,9 \text{ kg/m}^2$. Ab 25 kg/m^2 spricht man von Übergewicht und ab 30 kg/m^2 von einer behandlungsbedürftigen Adipositas. In unserem Patientenkollektiv wies die Mehrheit (90%) der Patienten einen BMI über 25 kg/m^2 (Abbildung 10) auf. Lediglich 10% lagen im normalgewichtigen Bereich. Die Berechnung des durchschnittlichen BMI ergab einen Wert von $28,5 \pm 3,4 \text{ kg/m}^2$ und einen Median von $28,0 \text{ kg/m}^2$.

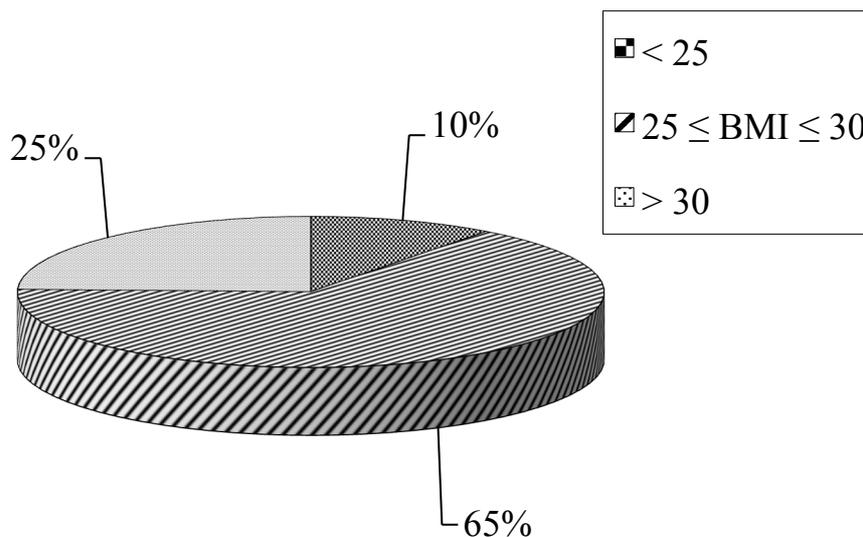


Abb. 10

Verteilung des berechneten BMI in unserem Patientenkollektiv. Angaben in kg/m^2 .

Um einen Bezugspunkt für den zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung errechneten BMI zu erhalten, wurde anhand der Daten aus den Patientenakten das präoperative Gewicht unserer Patienten ermittelt. Durchschnittlich lag das Gewicht präoperativ bei $88,9 \pm 11,4 \text{ kg}$, was nahezu dem Gewicht zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung entsprach ($89,7 \pm 11,2 \text{ kg}$).

3.1.5 Berufsgruppen der Patienten

Hinsichtlich der beruflichen Aktivität wurde bei unseren Patienten prinzipiell zwischen handwerklichen und nicht-handwerklichen Berufen unterschieden. 13 unserer Patienten gingen handwerklichen Berufen nach (Abbildung 11). Dabei handelte es sich um typische handwerkliche Berufe wie Schreiner, Bodenleger, Maler, Schlosser, jedoch auch kraftbeanspruchende Berufe wie Industriekletterer, Kraftfahrer oder Sportlehrer.

Weitere Berufsgruppen im nicht-handwerklichen Bereich in unserem Patientenkollektiv waren technische oder Ingenieurberufe, Angestellte, Manager und Polizeibeamte. Acht der Patienten waren bereits berentet.

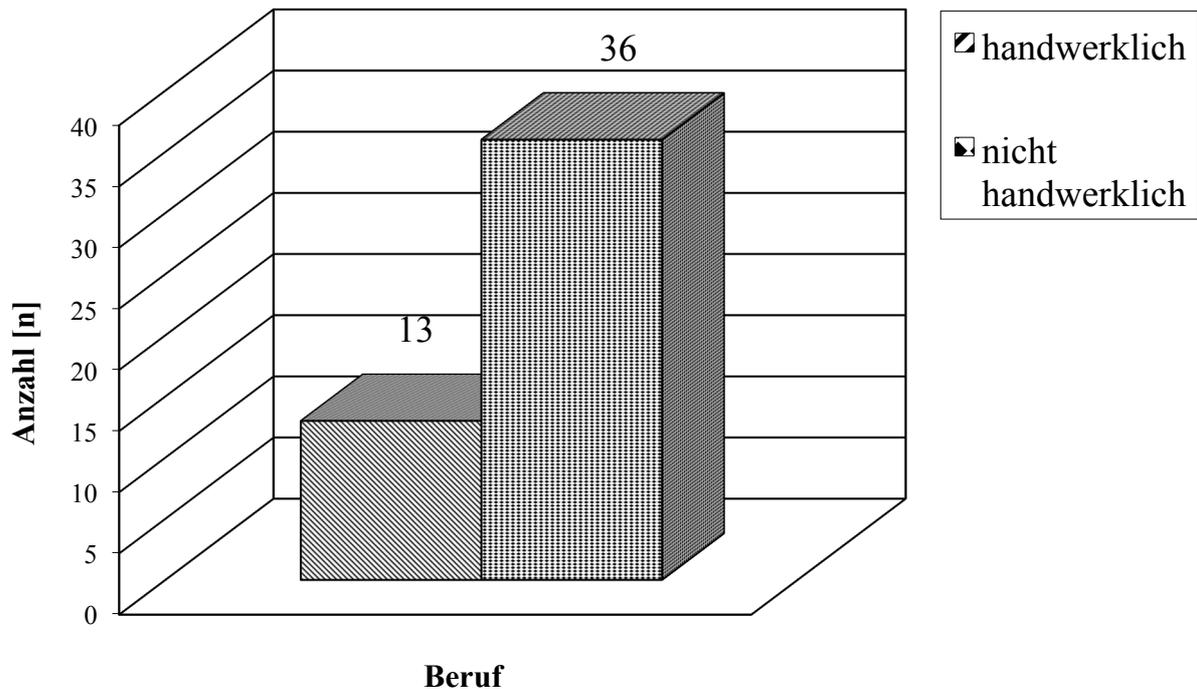


Abb. 11

Berufsgruppen der Patienten.

3.1.6 Von Patienten ausgeübte Sportarten

Der sportliche Hintergrund unserer Patienten wurde evaluiert, um die körperliche Beanspruchung abschätzen zu können und ist in Abbildung 12 graphisch dargestellt.

In unserem Patientenkollektiv befanden sich sechs (12%) ehemalige Leistungssportler:

- 1 Bodybuilder
- 1 Handballer
- 1 Turner
- 1 Skirennfahrer

- 1 Fußballer
- 1 Speerwerfer

Des Weiteren übten fünf (10%) Patienten aus diesem Kollektiv Kraftsport im Sinne von Gewichtheben aus. 13 Patienten betrieben Sport, der vor allem die obere Extremität beanspruchte wie Segeln, Rudern, Wasserski, Schwimmen, Tennis, Volleyball, Kampfsport und Akrobatik.

Sieben (15%) Patienten betrieben gar keinen Sport und die restlichen Patienten (38%) des Kollektivs übten Breitensport wie Radfahren, Laufen oder Skifahren aus.

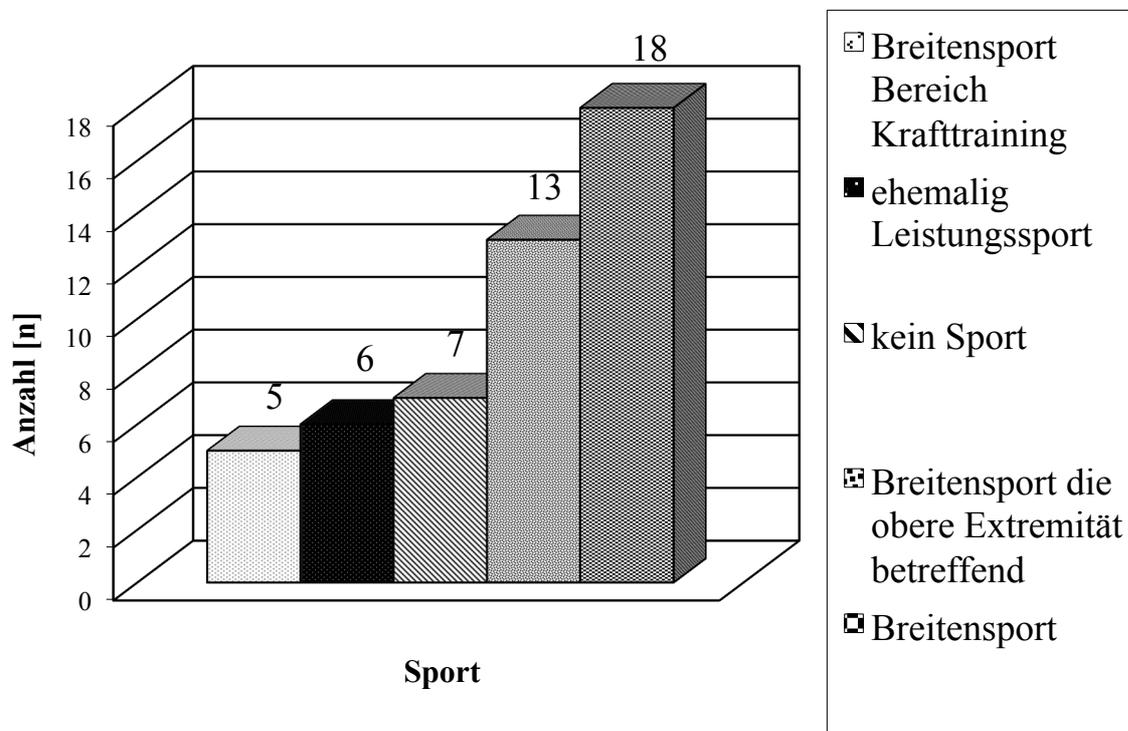


Abb. 12

Darstellung der einzelnen Sportarten unseres Patientenkollektivs.

3.2 Auswertung der Krankenakten

Anhand der Krankenakten wurden Personen- und Unfalldaten, die Operationszeit, intraoperativ entnommene histologische Gewebeproben der Bicepssehne, die

Krankenhausliegezeit, Ossifikationsprophylaxe, die Dauer der Arbeitsunfähigkeit und mögliche Komplikationen des postoperativen Verlaufs ermittelt und bewertet.

3.2.1 Durchschnittlicher Zeitraum zwischen Unfall und OP

Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Unfall und OP betrug $21,7 \pm 31,4$ Tage, der Median lag hier bei zehn Tagen. Der relativ lange durchschnittliche Zeitraum bis zur OP erklärte sich durch drei veraltete distale Bicepssehnenrupturen, die erst nach knapp 100 Tagen diagnostiziert und operiert wurden. Bei zehn Patienten konnte innerhalb der ersten drei Tage operiert werden.

3.2.2 Durchschnittliches Follow-up

Der Betrachtungszeitraum unserer Studie erstreckte sich von 1998 bis 2008 und das durchschnittliche Follow-up lag bei $44,2 \pm 32,1$ Monaten. Der Median betrug hierbei 32,7 Monate. In den einzelnen Untergruppen betrug das mittlere Follow-up $1,3 \pm 0,3$ Jahre für die Untergruppe ein bis zwei Jahre Follow-up, $3,4 \pm 0,9$ Jahre für die Untergruppe zwei bis fünf Jahre Follow-up und $7,9 \pm 2,2$ Jahre für die Untergruppe >mehr als 5 Jahre Follow-up.

3.2.3 Verwendete Implantate und Fadenmaterial

Die verwendeten Anker mit deren Fadenmaterial sind in folgender Tabelle (Tabelle 2) dargestellt. Bezüglich partieller, veralteter oder kompletter Ruptur lassen sich keine Regelmäßigkeiten in der Wahl der Anker erkennen. Allerdings scheint die Verwendung von Mitek-Ankern (Depuy, Warsaw, USA) vor allem vor 2002 üblich gewesen zu sein.

Tab. 2

Verwendetes Anker- und Fadenmaterial.

Firma (Name,Ort)	Ankerimplantat	Patientenanzahl [n]
Arthrex, Karlsfeld/Deutschland	1 Korkscrew Titan mit Fiber-/Tigerwire	10
	2 Korkscrews Titan mit Fiber-/Tigerwire	24
	3 Korkscrews Titan mit Fiber-/Tigerwire	1
	2 Titan-Fastak Anker	2
	1 Biokorkscrew mit Fiberwire	5
Depuy, Warsaw, USA	2 Super-Mitek Anker mit Ethibond	6
	3 Super-Mitek Anker mit Ethibond	1

3.2.4 Nebenerkrankungen und Voroperationen der Patienten

Bezüglich der Voroperationen, Nebenerkrankungen und Medikamenteneinnahme lassen sich folgende Aussagen treffen:

Verletzungen an weiteren Sehnen ereigneten sich bei 19 unserer Patienten, teilweise auch mehrfach. Hierbei waren viermal die Achillessehne, viermal die Außenbänder am Sprunggelenk, dreimal Sehnen am Daumen, einmal die Patellarsehne und einmal eine Strecksehne am Unterarm betroffen. Des Weiteren ereignete sich bei acht Patienten ein Leistenbruch. Auf Grund von Bandscheibenbeschwerden wurden fünf unserer Patienten behandelt. Probleme bezüglich der Schulter gaben drei Patienten an, wobei sowohl bei einem ehemaligen Turner als auch bei einem ehemaligen Speerwerfer die Rotatorenmanschette betroffen war. Zusätzliche Knieoperationen hatten drei unserer Patienten.

Erkrankungen des kardiovaskulären Systems beklagten 16 Patienten, wobei hier vor allem die essentielle Hypertonie die hauptsächliche Erkrankung darstellte. Weitere systemische Erkrankungen wie Hyper- bzw. Hypothyreose, Diabetes Typ 2, und Hypercholesterinämie berichteten 13 unserer Patienten. Der allgemein hohe Wert für systemische Stoffwechselerkrankungen und kardiovaskuläre Pathologien lässt sich als Co-Morbiditäten bei hohem Durchschnitts-BMI erklären.

3.3 Klinischer Teil

3.3.1 Anamnese und klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung beinhaltete Inspektion und Palpation. Dabei wurde die Narbe bzw. der Hautstatus des Patienten untersucht. Schwellung, Überwärmung, Rötung, Krepitation und Blockierung wurden gegebenenfalls in einer Skala von 0 bis 3+ eingestuft. Durch Palpation des Ellenbogengelenks und des Narbenverlaufs wurde die Lokalisation von Druckschmerzen evaluiert. Schmerzangaben und Funktionsfähigkeit wurden in sechs Kategorien eingeteilt: keine Schmerzen, gelegentliche Schmerzen, Belastungsschmerzen, Dauerschmerzen, Blockierung und Gebrauchsstörung.

Zudem wurden im Seitenvergleich erfasst:

- Sensibilität
- Laxität bei Valgus- und Varusstress
- Umfangsmessung (5 cm proximal und distal des Gelenkspalts bzw. auf Höhe des Gelenkspalts)
- Bewegungsausmaß in Flexion/Extension sowie Pronation/Supination nach der Neutral-Null-Methode
- Kraftgrade für Flexion/Extension sowie Pronation/Supination (Einteilung nach in Tabelle 3 folgendem Schema)

Tab. 3

Kraftgrade. [63]

Kraftgrad	Beurteilung	Prüfung
5/5	Normal	volles Bewegungsausmaß gegen starken Widerstand
4/5	Gut	volles Bewegungsausmaß gegen leichten Widerstand
3/5	Schwach	volles Bewegungsausmaß gegen die Schwerkraft
2/5	Sehr schwach	volles Bewegungsausmaß ohne Einwirkung der Schwerkraft
1/5	Fast keine	sicht- oder tastbare Aktivität, unvollständiges Bewegungsausmaß
0/5	Null	komplette Lähmung, keine Kontraktion

3.3.2 Klinische Scores

Im Folgenden angeführte Scores wurden in unserer Studie verwendet:

3.3.2.1 Visuelle Analogskala

Die Visuelle Analogskala (VAS) (Abbildung 13) ist eine Skala zur Evaluierung subjektiven Schmerzempfindens, die erstmals 1921 von Hayes & Patterson veröffentlicht wurde.

[43, 114] Dabei soll das Schmerzempfinden des Patienten zum Untersuchungszeitpunkt zwischen 0 (kein Schmerz) und 10 (der stärkste vorstellbare Schmerz) durch einen vertikalen Strich gekennzeichnet werden und kann so später vom Untersucher quantifiziert werden.

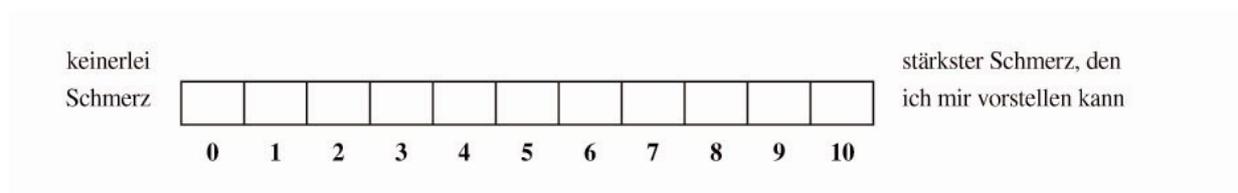


Abb. 13

Visuelle Analogskala zur Beurteilung des subjektiven Schmerzempfindens des Patienten.

3.3.2.2 Score nach Morrey

Um die Funktion des Ellenbogengelenks zu beurteilen, wurde der Ellenbogen-Score nach Morrey et al. [104] verwendet. Dieser klinische Score setzt sich sowohl aus objektiven Faktoren, wie Bewegungsausmaß, Kraft und Stabilität, als auch aus subjektiven Parametern wie Schmerzsymptomatik und Funktion in Alltagssituationen zusammen. Es kann hierbei eine Gesamtpunktzahl von maximal 100 Punkten erreicht werden, die sich in Schmerz 30 Punkte, Bewegungsumfang 37 Punkte, Kraft 15 Punkte, Instabilität sechs Punkte und Funktion zwölf Punkte gliedern.

Die Gewichtung liegt somit bei 58% objektiven im Vergleich zu 42% subjektiven Kriterien.

Die Ergebnisse sind in vier Intervalle gegliedert:

- 96-100 Punkte „excellent“ entspricht „sehr gut“
- 81-95 Punkte „good“ entspricht „gut“
- 51-80 Punkte „fair“ entspricht „mäßig“
- ≤ 50 Punkte „poor“ entspricht „schlecht“ [82]

3.3.2.3 Quick-DASH

Zur Bearbeitung des Quick-DASH Scores wurden die Patienten aufgefordert, elf Fragen gemäß des Zustands der vergangenen Woche zu beantworten (Quick-Dash Score Fragen siehe Untersuchungsbogen im Anhang). Falls die Patienten in der vorangegangenen Woche keine Gelegenheit hatten, eine aufgeführte Tätigkeit durchzuführen, so sollen sie die Antwort auswählen, welche am ehesten zutreffen würde. Es war hierbei nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand diese Tätigkeiten ausgeübt wurden. Der Quick-DASH gliedert sich inhaltlich in drei Teile:

1. Funktion der angeführten Tätigkeiten
2. Symptomatik der Beschwerden
3. Spezielle Aktivitäten: optional können das Arbeits- und das Sport/Musik-Modul ausgefüllt werden.

Allgemein bedeutet ein hoher Rohwert eine schlechtere Funktion bzw. einen Hinweis auf Beschwerden bei den angeführten Tätigkeiten. [47, 48] Der Rohwert wird wie folgt in den Quick-DASH-Funktionswert umgerechnet (Abbildung 14):

$$\frac{(\text{Rohwert} - 4)}{0.16} = \begin{cases} \text{DASH-Sport (0-100)} \\ \text{DASH-Arbeit (0-100)} \end{cases}$$

$$\left[\frac{\text{Rohwert}}{\text{Anzahl der beantwort. Fragen}} - 1 \right] \times 25 = \text{Quick-DASH-Wert (0-100)}$$

Abb. 14

Berechnung des Quick-DASH Scores. [138]

3.3.2.4 Subjektive Patientenzufriedenheit

Die subjektive Patientenzufriedenheit wurde durch Befragung der Patienten ermittelt. Zur Objektivierung wurden vom Patienten Noten (1=sehr gut, 2=gut, 3=mäßig, 4=schlecht, 5=sehr schlecht) für das postoperative klinische Ergebnis vergeben. Darüber hinaus evaluierte der Untersucher das Ergebnis aus ärztlich-medizinischer Seite mit einem identischen Notensystem.

3.3.3 Röntgendiagnostik

Bei keinem der Patienten wurde präoperativ ein knöcherner Ausriss oder freier röntgendichter Gelenkkörper festgestellt. Bei 46 der Patienten wurden Röntgenbilder der betroffenen Seite zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angefertigt, um Restbeschwerden wie Verkalkungen und Ossifikationen bildgebend zu erfassen. Hier wurde bei röntgendichten Verkalkungen bzw. Ossifikation deren Lokalisation und Ausmaß bestimmt. In drei Fällen wurde die Sehne mittels Ultraschall beurteilt. Alle Patienten unterschrieben eine Einverständniserklärung für die bildgebende Nachuntersuchung.

3.3.4 Isometrische Kraftmessung mittels IsoForce Control[®]-Kraftmessgerät

3.3.4.1 Grundlagen der Messtechnik des Gerätes

Das IsoForce Control[®]-Kraftmessgerät (MDS AG Medical Device Solutions, Odenburg, Schweiz) maß während der Durchführung der Kraftmessung zehn Einzelwerte und ermittelte hieraus den Durchschnittswert des jeweiligen Versuches. Dadurch konnte gewährleistet werden, dass sich Kraftspitzen nicht auf das Resultat auswirkten. Zudem gab das Gerät Anfangs- und Endwert (arithmetischer Mittelwert aus den ersten bzw. letzten Sekunden) der Kraft sowie den Maximalwert an. Vor jeder Messung führte das Gerät einen Selbsttest zur Kalibrierung durch. Die Messung begann mit dem Applizieren einer Kraft größer 10 N (= Startschwelle des Messzyklus). Die maximale Messrate des Analysegeräts, das einen Mikroprozessor AT mega 128 enthält, betrug 16 Messungen pro Sekunde. Gemessen wurde aus Sicherheitsgründen in einem Bereich von 10 N bis 400 N. Die Genauigkeit lag bei < 3% FS (FS = Full Scale der Ausgangsspanne. Die Ausgangsspanne entspricht der Differenz

zwischen dem Ausgangssignal bei Nulllast und dem Ausgangssignal bei Nennlast.)

In unserer Studie wurde jede Messung dreimal durchgeführt und stets Maximal- und Durchschnittswert (arithmetischer Mittelwert der gesamten Messdauer) notiert. Aus den jeweiligen drei Messungen wurde dann der Mittelwert gebildet.

3.3.4.2 Messung der isometrischen Flexionskraft in 90° und 45° Flexion und Supinationsstellung

Sowohl bei der Messung der isometrischen Flexionskraft in 90° als auch in 45° Ellenbogenflexion in Supinationsstellung mussten die Patienten drei Messrunden durchlaufen. Gemessen wurde im Sitzen, wobei der jeweilige Arm in der entsprechenden Flexionsstellung (90° bzw. 45°) auf einem nebenstehenden Tisch abgelegt wurde. Der Zuggurt, als Verbindungselement zum Messgerät, sollte vom Patienten im rechten Winkel zur Messvorrichtung ausgerichtet gehalten werden. Es wurden jeweils die operierte und die gesunde Seite zum Vergleich gemessen. In identischer Weise wurde die Kontrollgruppe untersucht (Versuchsaufbau siehe Abbildung 15).

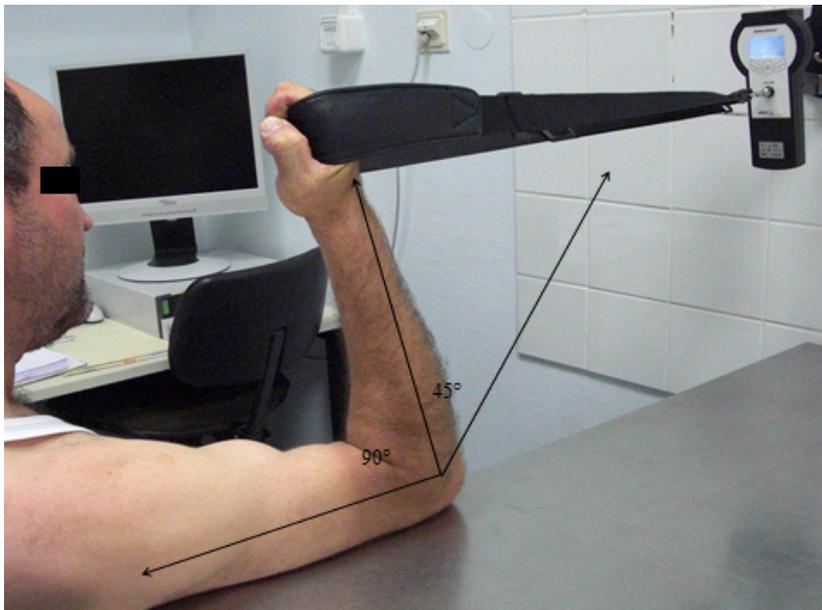


Abb. 15

Isometrische Messung in 90° und 45° Flexion.

3.3.4.3 Messung der isometrischen Supinationskraft in 90° Flexion

Zur Messung der isometrischen Supinationskraft wurde eine eigene Haltevorrichtung angefertigt, um die Ausgangsposition und die Supinationsbewegung bei den Patienten und in der Kontrollgruppe zu standardisieren. Der Patient sollte hierbei frontal vor der Haltevorrichtung stehen und den Hebel, der parallel zum Messgerät ausgerichtet und durch ein Zugseil mit dem Messgerät verbunden war, zwischen Mittel- und Ringfinger greifen. Nun wurde der Patient angehalten, mit 90° gebeugtem Ellenbogengelenk im aufrechten Stand eine isometrische Supinationsbewegung auszuführen, die über den gesamten Messzyklus gehalten werden musste. (Versuchsaufbau siehe Abbildung 16)

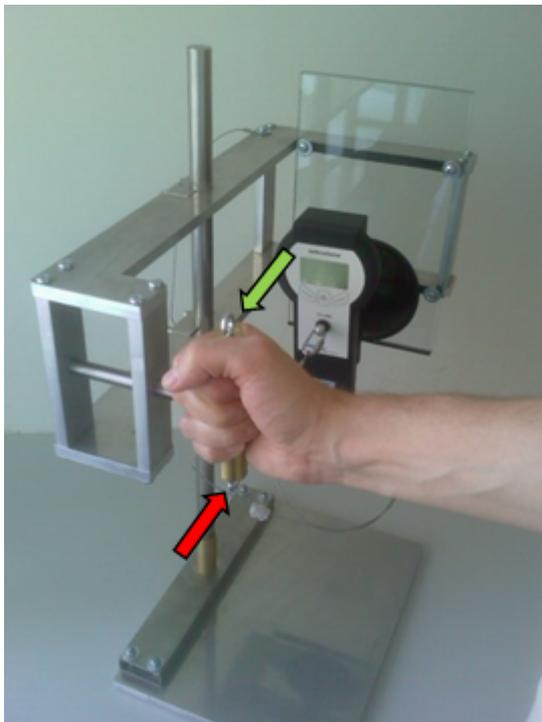


Abb. 16

Haltevorrichtung Supination.

3.4 Gesunde Kontrollgruppe

3.4.1 Allgemeine Angaben

Tab. 4 Allgemeine Angaben der Kontrollgruppe.	zum Zeitpunkt der Kraftmessung
Durchschnittliche Alter der Patienten [J]	50,2 ± 13,5
Durchschnittliche Größe [cm]	178,3 ± 7,6
Durchschnittliches Gewicht [kg]	79,4 ± 10,8
Geschlechterverteilung [n]	Männer 49 Frauen 1
Seitenverteilung [n]	Rechtshänder 45 Linkshänder 5

Unsere Kontrollgruppe bestand aus 50 Personen, die wir nach den Kriterien Alter und Geschlecht an unser Patientenkollektiv angeglichen haben (Tabelle 4).

3.4.2 Body Mass Index

Der durchschnittliche BMI unserer Kontrollgruppe lag bei $25,0 \pm 3,1 \text{ kg/m}^2$. Der Median betrug $23,4 \text{ kg/m}^2$. Nachstehende Grafik (Abbildung 17) gibt die genaue Verteilung des BMI in unserer Kontrollgruppe wieder.

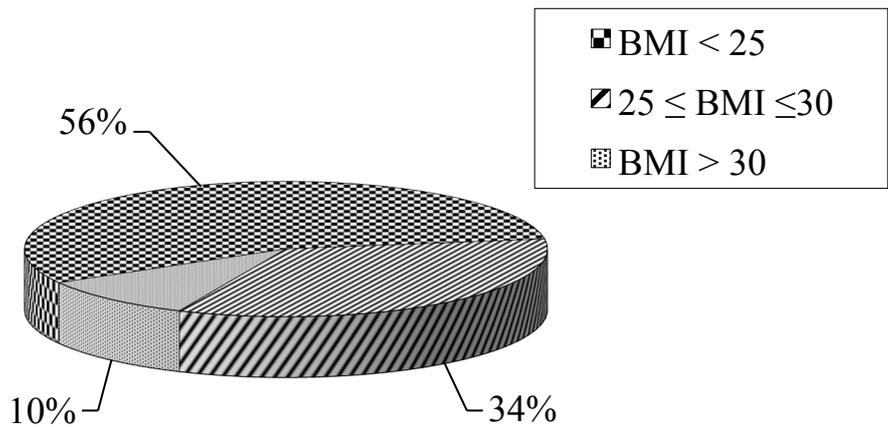


Abb. 17

Verteilung des berechneten BMI in unserer Kontrollgruppe. Angaben in kg/m^2 .

3.4.3 Berufsgruppen und Sportarten der Probanden

In unserer Kontrollgruppe waren 44% Probanden handwerklich tätig. Die restlichen Probanden 56% hatten keinen handwerklichen oder kraftbeanspruchenden Beruf.

(Abbildung 18)

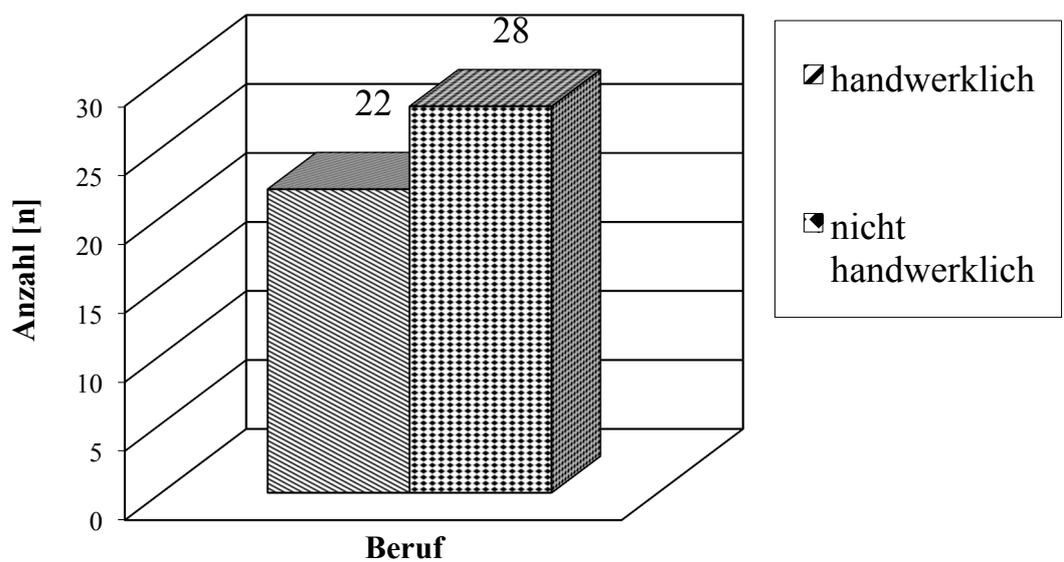


Abb. 18

Berufsgruppen in der Kontrollgruppe.

In unserer Kontrollgruppe betrieben 37 Probanden Sport, worunter sich vier Leistungssportler befanden. 13 Probanden übten keinen Sport aus (Siehe Abbildung 19).

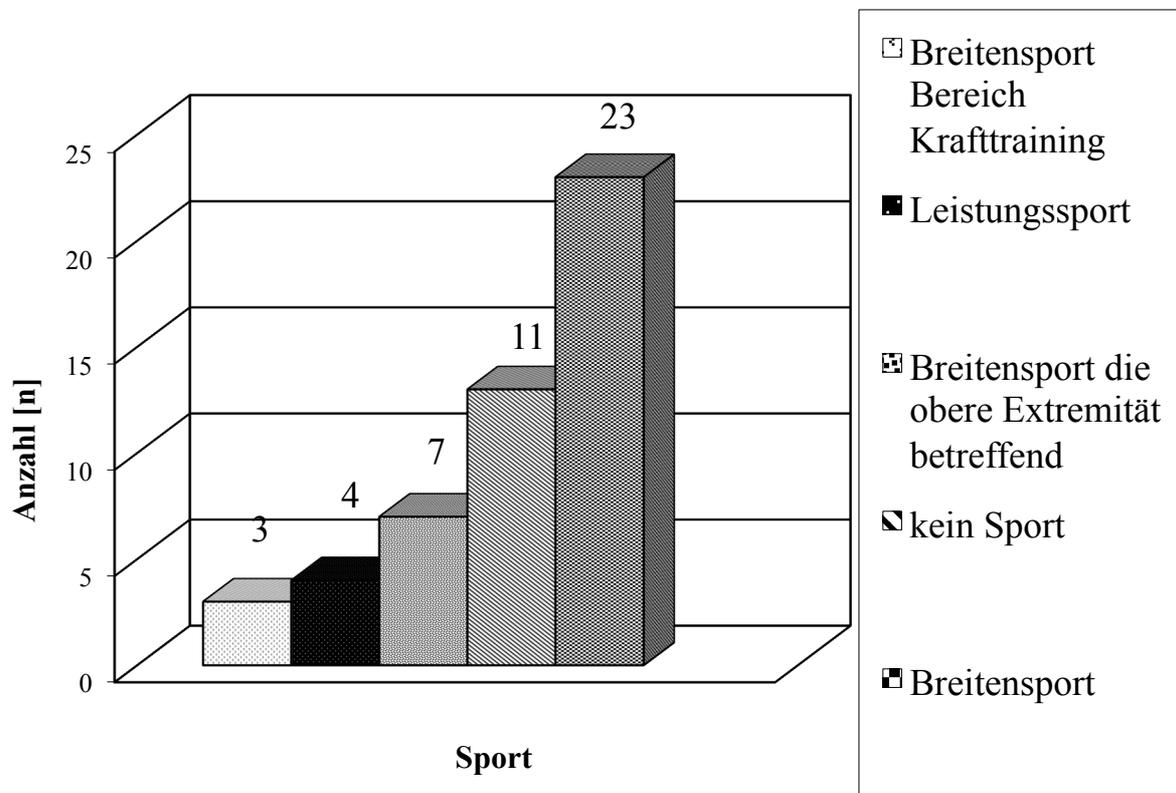


Abb. 19
Darstellung der einzelnen Sportarten unserer Kontrollgruppe.

3.5 Statistik

Die statistische Auswertung wurde unter Verwendung von Microsoft Excel 2003 und SPSS 15.0 erstellt. Alle Messergebnisse wurden als arithmetisches Mittel und Standardabweichung aus den drei Einzelmessungen angegeben. Als statistischer Test zur Prüfung unabhängiger normal verteilter Zufallsvariablen wurde der T-Test nach Student verwendet. Als nicht-parametrische Tests wurden für den Vergleich zweier Gruppen der Mann-Whitney-Test und der Wilcoxon-Test verwendet. Zum Vergleich von mehr als zwei Gruppen wurde der Kruskal-Wallis-Test eingesetzt. Ein P-Wert <0,05 wurde dabei als statistisch signifikant angenommen.

4. Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Auswertung der Krankenakten

4.1.1 Unfallhergang

Bezüglich des Unfallhergangs lassen sich verschiedene Kategorien unterscheiden (Abbildung 20). So ereignete sich bei 24 Patienten die Verletzung beim Anheben eines schweren Gegenstandes. Weitere zwölf Patienten zogen sich die Verletzung bei einem Sturz und dem damit verbundenen Hyperextensionstrauma des Armes beim Abfangen des eigenen Körpergewichts zu. Während der Ausübung verschiedener Sportarten (Segeln, Bowlen, Fußball, Skifahren, Handball, Dehnübungen, Basketball, Turnen) verletzten sich elf Patienten. Ein weiterer Patient erlitt eine distale Bicepssehnenruptur beim Schieben eines schweren Gegenstandes, ein anderer beim Werfen einer Sicherungskette über den LKW.

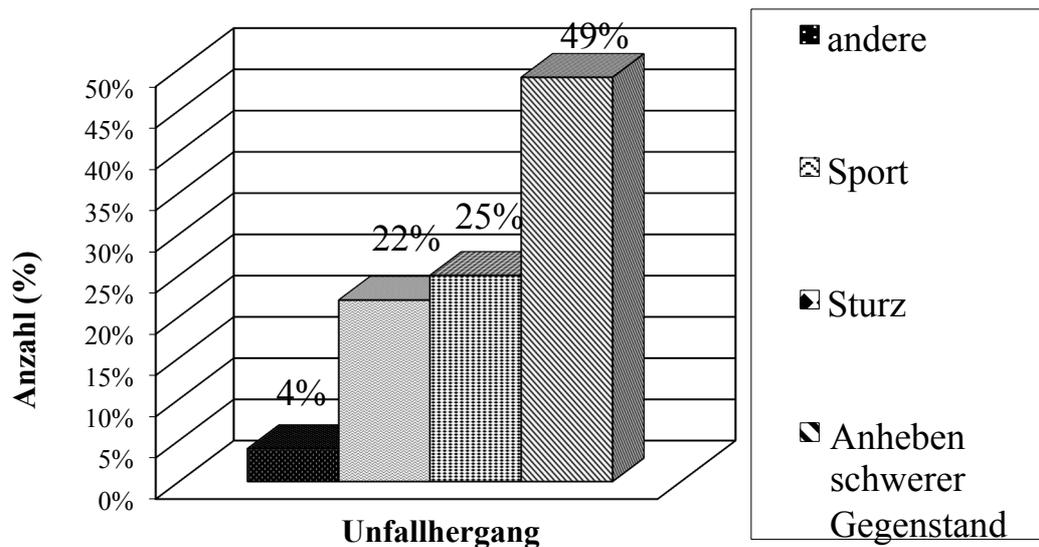


Abb. 20

Unfallhergang.

4.1.2 Klinische Daten

Weitere klinische Daten, die aus den Krankenakten erhoben werden konnten, waren die Operationszeit, die Krankenhausliegezeit und die eventuelle Entnahme einer histologischen

Probe aus der distalen Bicepssehne. Die durchschnittliche Operationszeit lag bei $90,2 \pm 34,5$ Minuten. Der daraus ermittelte Median ergab 81 Minuten. Als Mittelwert des Krankenhausaufenthaltes errechnete sich ein Zeitraum von $6,3 \pm 2,6$ Tagen. Histologische Proben wurden 16-mal entnommen, wobei sich hier bei fünf Proben degenerative Veränderungen zeigten.

4.1.3 Ossifikationen und Ossifikationsprophylaxe

Retrospektiv wurde die postoperative Einnahme einer Ossifikationsprophylaxe durch nichtsteroidale Antirheumatika untersucht. Diese wurde bei 17 Patienten (35,4%) während des stationären Aufenthaltes mit einer mittleren Einnahmedauer von $7,0 \pm 4,3$ Tagen durchgeführt. Bei jedoch nur knapp der Hälfte (47%) dieser Patienten ($n=8$) zeigte diese Maßnahme eine Wirkung. Hier wurden bei der radiologischen Kontrolle weder Verkalkungen noch heterotope Ossifikationen sichtbar. Bei den restlichen Patienten fanden sich trotz Einnahme einer Ossifikationsprophylaxe Verkalkungen der Sehne und heterotope Ossifikationen im Röntgenbild. Allerdings muss einschränkend angefügt werden, dass aus den Unterlagen nicht ersichtlich ist, wie lange die Patienten nach Entlassung aus der stationären Behandlung noch die medikamentöse Ossifikationsprophylaxe durchgeführt haben. Von den Patienten, die postoperativ keine Ossifikationsprophylaxe erhielten (32 Patienten), zeigten sich bei knapp der Hälfte der Patienten (14 Patienten=43,8%) in der radiologischen Kontrolle sichtbare Ossifikationen oder Verkalkungen der Sehne. 18 Patienten wiesen, obwohl sie postoperativ keine Ossifikationsprophylaxe einnahmen, keine heterotopen Ossifikationen auf (56,2%).

4.1.4 Durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit

Da einige unserer nachuntersuchten Patienten einem körperlich anspruchsvollen Beruf nachgingen, lag die durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit bei $7,3 \pm 7,3$ Wochen (Median 6 Wochen). Bei den berufsgenossenschaftlich versicherten Patienten lag der Mittelwert der Arbeitsunfähigkeit sogar bei $8,8 \pm 8,4$ Wochen (Median 6,5 Wochen).

4.1.5 Postoperativ aufgetretene Komplikationen

Bei 39 Patienten des Patientenkollektivs (80%) verlief der postoperative Verlauf komplikationslos. Vier Patienten jedoch wiesen Probleme bei der Wundheilung auf, wobei das Spektrum von leichten Entzündungen bis zur Infektion mit nachfolgend mehrmaliger Revision reichte. Bei fünf Patienten kam es zu einer temporären Läsion des Nervus radialis. Das klinische Bild dieser Radialispareesen regenerierte sich jedoch innerhalb von vier bis acht Monaten. Lediglich ein Patient klagte weiterhin über bestehende Sensitivitätsausfälle radialeseitig. Eine operative Revision musste bei einem Patienten am zweiten postoperativen Tag auf Grund einer radiologisch festgestellten Lockerung eines Ankers durchgeführt werden.

4.2 Auswertung der klinischen Untersuchung

4.2.1 Narbenstatus

Bei 79% aller nachuntersuchten Patienten fand sich eine blande, reizlose und flache Narbe, deren Größe je nach Schnittführung variierte. Nur ein Patient wies eine wulstige Narbe auf (2%). Bei 14 % der Patienten verlief die Narbe eher breit, was auf eine nicht ideale Adaptation der Wundränder in der frühen postoperativen Phase oder auf eine Keloidbildung zurückzuführen war. Persistierend sichtbare Retraktion der Narbe mit Bildung einer Hautfalte konnte man bei zwei Patienten (5%) beobachten (Abbildung 21).



Abb. 21a-c

a) Blande Narbe.

b) Verbreiterte Narbe.

c) Bildung einer Hautfalte.

Weitere Auffälligkeiten waren bei einem Patienten ein harter, druckschmerzhafter Knoten proximal des Ankers. Rötung, Überwärmung oder Blockaden waren bei keinem der Patienten nachweisbar. Lediglich ein Patient berichtete von subjektiv störendem leichtem Krepitieren im ipsilateralen Ellenbogengelenk.

4.2.2 Allgemeiner Schmerzcharakter und allgemeine Funktionsfähigkeit

Bezüglich der Schmerzangaben und Funktionsfähigkeit unserer Patienten wurden, wie bereits in Material und Methoden erwähnt, sechs Kategorien unterschieden. 32 Patienten gaben an, keine Schmerzen zu haben bzw. fünf nur gelegentliche Schmerzen. Elf berichteten über Belastungsschmerzen, vor allem bei lang andauernder Arbeit und beim Tragen schwerer Gegenstände (Abbildung 22).

Ein Patient mit kompliziertem postoperativen Verlauf und mehrmaligen Wundrevisionen gab an, dass er seinen Ellenbogen nur unzureichend gebrauchen könne. Dauerschmerzen oder Blockierungen wurden nicht beklagt. Eine regelmäßige Schmerzmedikation war bei keinem der Patienten nötig.

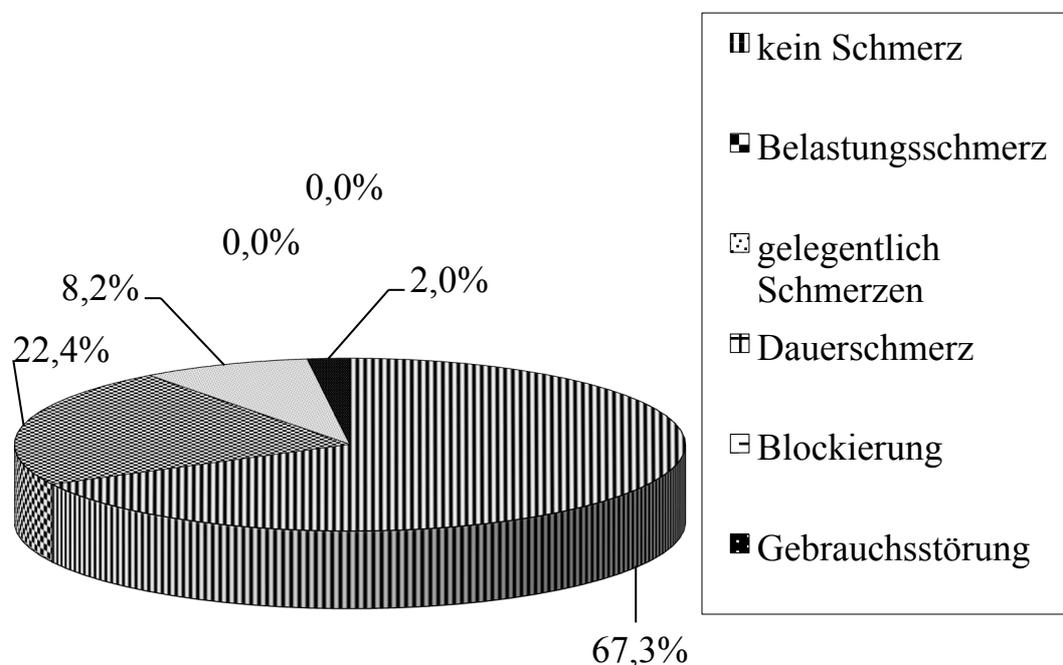


Abb. 22

Allgemeiner Schmerzcharakter und allgemeine Funktionsfähigkeit.

Druckschmerzen waren bei 69,4% der Patienten nicht provozierbar. 14 (28,6%) Patienten empfanden bei Palpation einen Druckschmerz proximal der Anker, wohingegen bei einem Patienten (2,0 %) ein Druckschmerz im Muskelbauch des Biceps lokalisiert wurde.

4.2.3 Sensibilität

Bei dem Patienten, der bereits eine Gebrauchsstörung des operierten Arms angegeben hatte, war auch die Sensibilität beeinträchtigt. Zwei weitere Patienten berichteten von Dysästhesien entlang der Narbe (Abbildung 23).

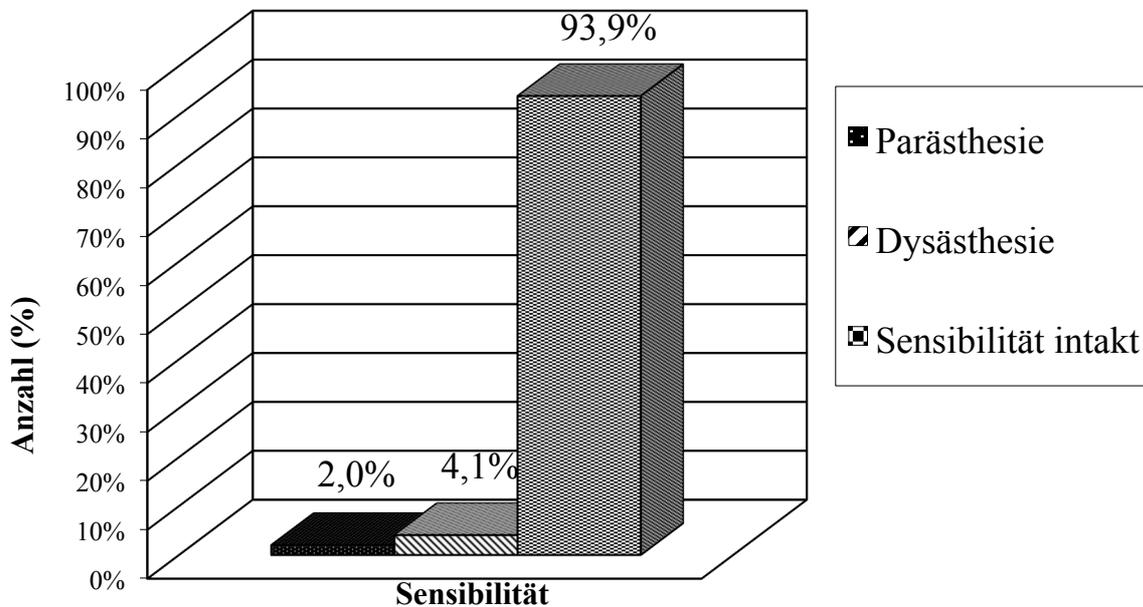


Abb .23

Status der lokalen Sensibilität.

4.2.4 Laxität bei Varus- und Valgusstress

Bei keinem der Patienten konnte eine Aufklappbarkeit des Ellenbogengelenks bei appliziertem Valgus- oder Varusstress provoziert werden.

4.2.5 Umfangsmessung

Tab. 5 Messung des Armumfangs.	5 cm proximal des Gelenkspalts [cm]	auf Höhe des Gelenkspalts [cm]	5cm distal des Gelenkspalts [cm]
Operierte Seite	29,3 ± 1,8	28,7 ± 1,5	29,9 ± 1,8
Gegenseite	29,4 ± 1,8	28,9 ± 1,6	29,9 ± 1,6
Seitendifferenz	0,1 ± 0,9	0,2 ± 0,8	0,0 ± 1,1

Die Werte Umfangsmessung sind aus oben stehender Tabelle zu entnehmen (Tabelle 5). Für 5 cm proximal des Gelenkspalts gemessen ergab sich zudem ein Median von 29 cm. Bei 24 Patienten war keine messbare Seitendifferenz festzustellen. Bei zehn Patienten war die betroffene Seite 1 bis 2cm kräftiger. Dies waren ausschließlich Patienten, deren dominanter Arm betroffen war. Auf Höhe des Gelenkspalts lag der Median sowohl auf der betroffenen Seite, als auch auf der Gegenseite bei 29 cm. Die durchschnittliche Seitendifferenz lag bei $0,2 \pm 0,8$ cm mit annähernd ähnlicher Verteilung wie 5 cm proximal gemessen. Bei der Messung 5 cm distal lag der Median auf beiden Seiten bei 30 cm.

4.2.6 Bewegungsausmaß

Das aktive sowie das passive Bewegungsausmaß waren sowohl in Flexion, als auch in Extension auf keiner Seite relevant eingeschränkt und lagen bei einem durchschnittlichen Bewegungsumfang von 0/0/133° im Normbereich. (Tabelle 6).

Die statistische Auswertung ergab keine signifikanten Unterschiede im Seitenvergleich hinsichtlich Extension ($p=0,44$) und Flexion ($p=0,09$). Auch die Pronation mit durchschnittlich 90° war praktisch seitengleich ($p=0,63$). Lediglich bei der Supination war der normale Bewegungsumfang von 87° der gesunden Gegenseite auf durchschnittlich 84° (6%) reduziert und stellte einen signifikanten Unterschied zur Gegenseite dar ($p<0,001$). Die nachstehende Tabelle (Tabelle 6) gibt eine genaue Übersicht über Mittelwert, Standardabweichung, Median, maximalen und minimalen Wert des Bewegungsausmaßes.

Tab.6

Bewegungsausmaß.

Betroffene Seite	Extension [°]	Flexion [°]	Pronation [°]	Supination [°]
Mittelwert ± Standardabweichung	0 ± 3	133 ± 6	90 ± 2	84 ± 6
Median	0,	130	90	85
Maximalwert	10,	140	90	90
Minimalwert	-5	120	80	70
Gegenseite	Extension [°]	Flexion [°]	Pronation [°]	Supination [°]
Mittelwert ± Standardabweichung	0 ± 2	134 ± 6	90 ± 2	87 ± 5
Median	0	135	90	90
Maximalwert	10	140	90	90
Minimalwert	-5	120	80	75

4.2.7 Kraftgrade

Die Testung der groben Kraft ergab bei 37 Patienten 5/5. Hier war es intermittierend schwierig, das Ergebnis von 4/5 abzugrenzen. Bei dem Patienten mit der vorher bereits angegebenen Gebrauchsstörung war die Supination der betroffenen Seite mit 3/5 bzw. die Flexion mit 4/5 zu beurteilen. Ein weiterer Patient, der bereits über Belastungs- und Druckschmerzen klagte, gab ebenfalls Einschränkungen der groben Kraft bei Supination (4/5) an.

4.3 Auswertung klinischer Scores

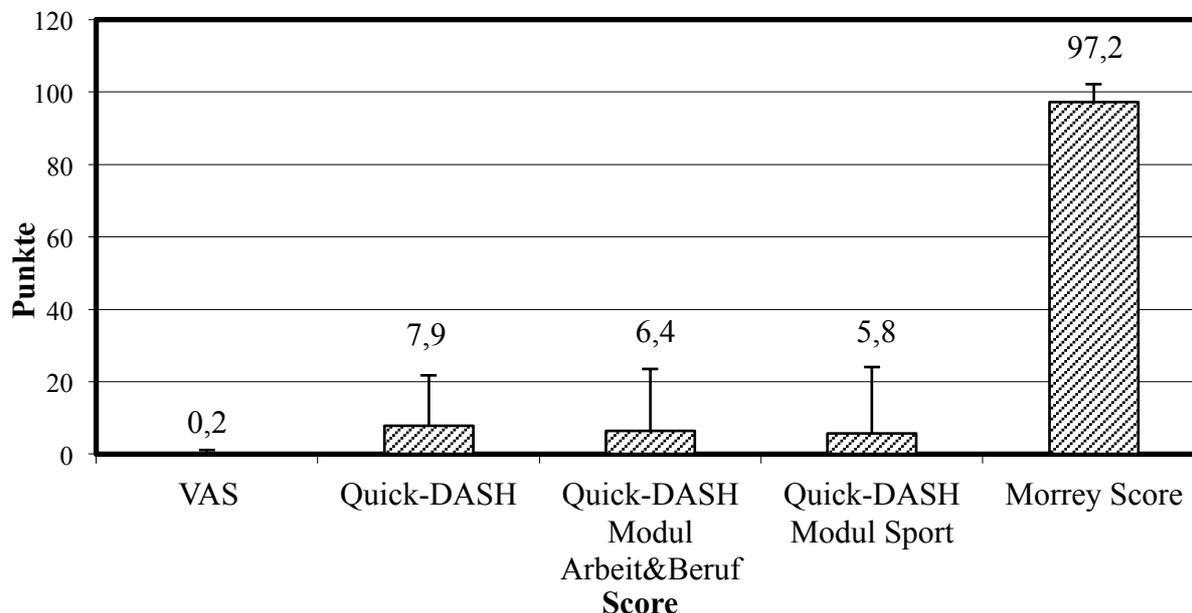


Abb. 24

Übersicht der Mittelwerte mit Standardabweichung der einzelnen Score-Ergebnisse

4.3.1 VAS

Die Auswertung der visuellen Analogskala ergab einen Mittelwert von $0,2 \pm 0,9$ und ein Median von 0. Bei den Patienten bestand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung überwiegend Schmerzfreiheit (Abbildung 24).

4.3.2 Morrey-Score

Ein hoher Punktwert im Morrey-Score spricht für ein gutes Outcome der Patienten.

Ein durchschnittlicher Wert von $97,2 \pm 4,9$ und ein Median von 100 ist daher auch in unserem Patientenkollektiv als sehr gutes Ergebnis zu werten (Abbildung 24).

80% unserer Patienten lagen im Punktebereich „excellent“= sehr gut. 18 weitere Prozent schnitten mit „good“=gut ab. Lediglich ein Patient lag mit 76,5 Punkten im Bereich „fair“=mäßig (Abbildung 25).

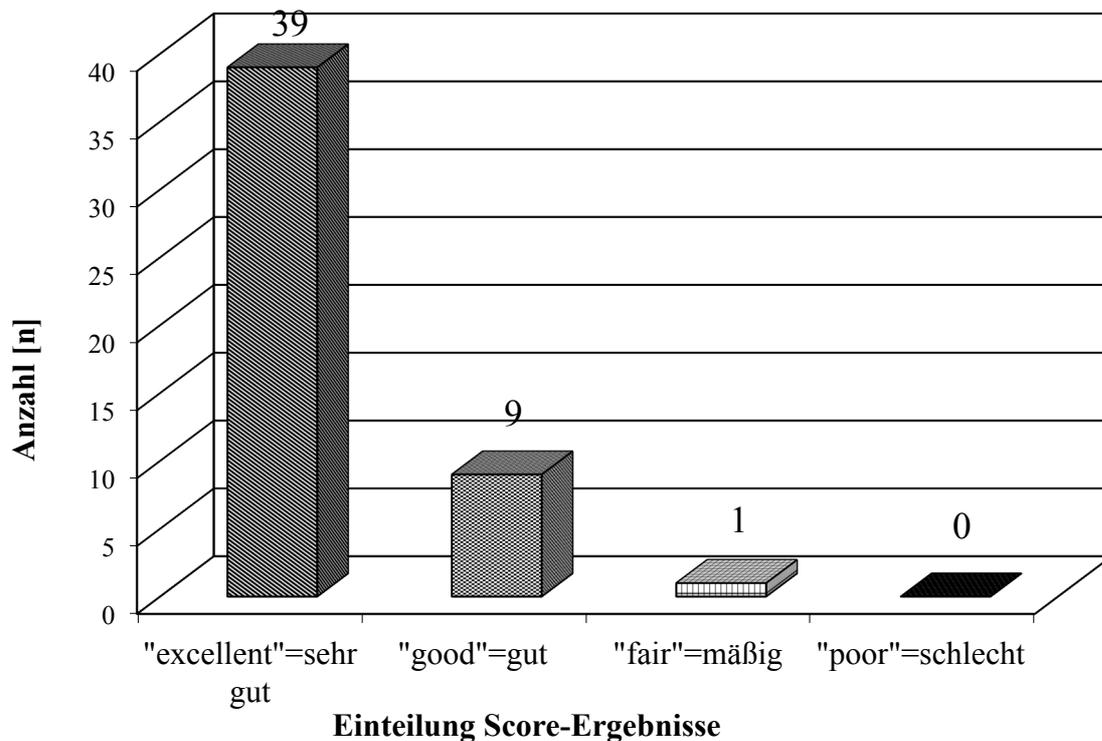


Abb. 25

Verteilung des Morrey Scores in den einzelnen Untergruppen.

4.3.3 Quick-DASH

Ein niedriges Punktergebnis beim Quick-DASH spricht im Gegensatz zum Morrey-Score für ein gutes Resultat. Unsere Patienten lagen hier bei einem Mittelwert von $7,9 \pm 13,9$ und einem Median bei 2,3 Punkten (Abbildung 24).

Fakultativ konnten unsere Patienten noch das Arbeits- und Berufsmodul und gegebenenfalls das Sport- bzw. Musikmodul ausfüllen. Dies war für das Arbeits- und Berufsmodul 39-mal der Fall und ergab Werte von $5,8 \pm 18,7$ Punkten (Median 0 Punkte). Das Sport- und Musikmodul wurde 38-mal absolviert und lieferte Werte von $6,4 \pm 17,1$ Punkten (Median 0 Punkte). Zusammenfassend betrachtet ergaben sich in unserm Patientenkollektiv auch bei diesem Test zufriedenstellende Resultate.

4.3.4 Subjektive Patientenzufriedenheit

Hier erfolgte die Bewertung nach Noten. Nach subjektiver Patienteneinschätzung lag der Notendurchschnitt bei $1,8 \pm 0,7$. Hier waren vor allem postoperative Beschwerden und andauernde Kraftminderung ausschlaggebend.

Im Gegensatz zur subjektiven Einschätzung durch die Patienten lag von ärztlicher Seite der Notendurchschnitt bei $2,0 \pm 0,6$. Diese Ergebnisse orientierten sich vor allem an verminderter Kraft zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Genaue Notenverteilung siehe Abbildung 26).

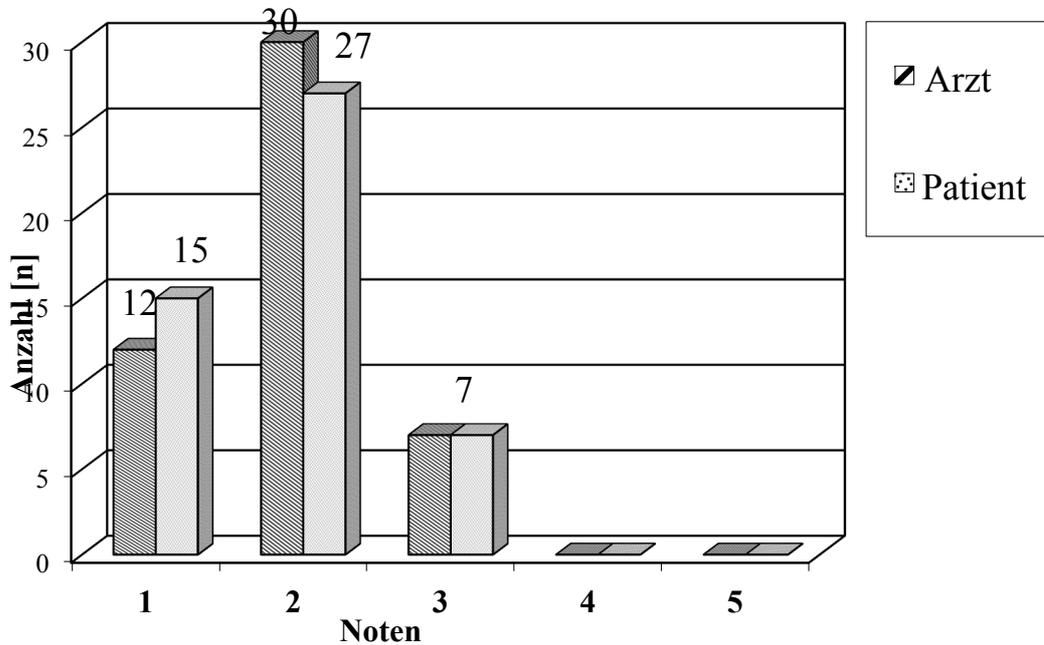


Abb. 26

Subjektive Patientenzufriedenheit; Einteilung nach Noten aus Sicht des Arztes und des Patienten.

Befragt nach der subjektiven Zufriedenheit bezüglich der postoperativen Sportfähigkeit gaben $95 \pm 11\%$ an, sich sportlich wieder fit zu fühlen. Ein nahezu gleiches Ergebnis wurde für den Aspekt „Beruf“ erzielt. Hier waren $96 \pm 11\%$ mit dem Ergebnis zufrieden. Ein Patient, von Beruf selbständiger Schreiner, leidet seit seinem Unfall an deutlichen Einschränkungen in seinem handwerklichen Beruf und gab daher nur eine 50%ige Zufriedenheit an.

4.4 Auswertung des postoperativen Röntgens zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Zur Auswertung der Röntgenbilder haben wir wie bereits erwähnt die Lokalisation des radiologischen Befundes in zwei Kategorien eingeteilt (Abbildung 27):

- Verkalkung zentral in der Bicepssehne
- Heterotope Ossifikationen an bzw. perifokal der Tuberositas radii

Bei acht Patienten (16,3%) war eine Verkalkung zentral in der Sehne zu finden. Drei (6,1%) Patienten zeigten Ossifikationen an der Tuberositas radii. 26 Patienten (53,1%) zeigten weder Verkalkungen noch Ossifikationen. Bei acht (16,3%) weiteren Patienten traten schließlich Kombinationsformen von Verkalkungen der Sehne und Ossifikationen an der Tuberositas radii auf, in einem Fall sogar tastbar ausgeprägt.

Bei zwei Patienten war eine Lockerung bzw. Dislokation eines Ankers und bei ebenfalls zwei Patienten die Lockerung bzw. Dislokation zweier Anker festzustellen (8,2%). Keiner dieser Patienten klagte vor der radiologischen Kontrolle über eine für den Patienten relevante Kraftminderung, so dass dieser radiologische Befund als Zufallsbefund gewertet werden konnte.

Bei den drei Patienten, die sonographisch nachuntersucht wurden, da sie ein erneutes Röntgen ablehnten, zeigten sich in der Sonographie-Kontrolle keinerlei Auffälligkeiten.

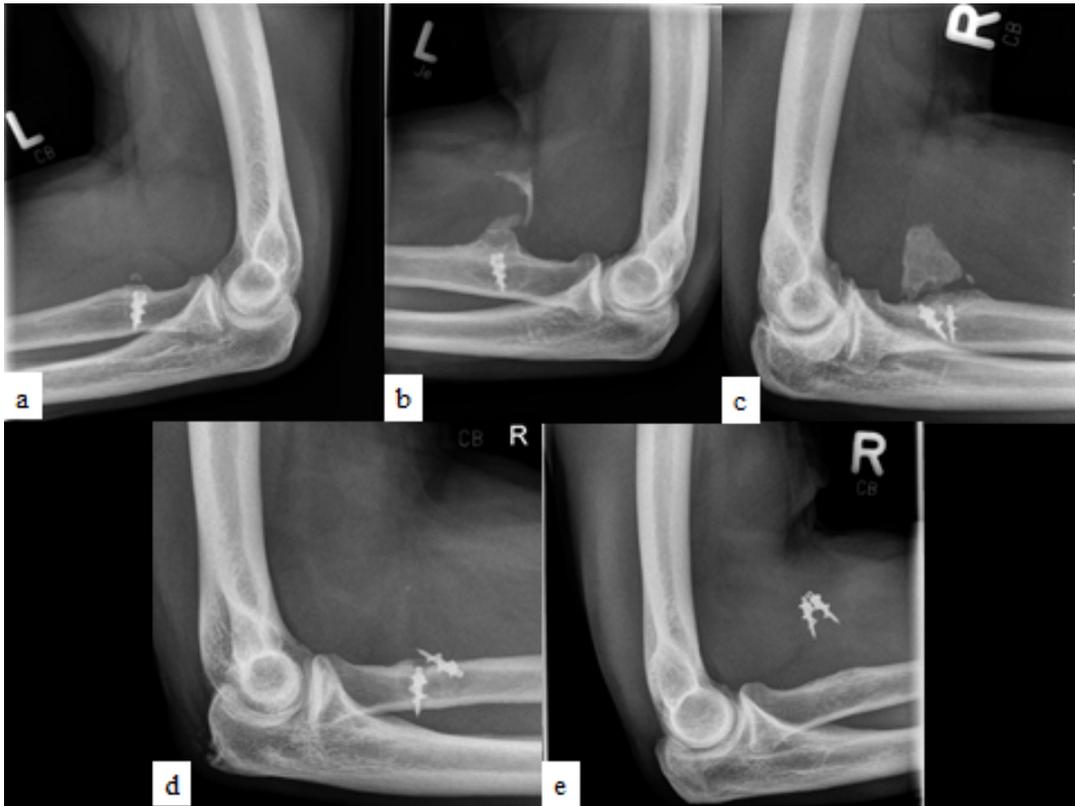


Abb. 27a-e

- a) Geringgradige Verkalkungen an der Tuberositas radii.
- b) Kombinationsform: Verkalkungen der distalen Bicepssehne sowie heterotope Ossifikationen an der Tuberositas radii.
- c) Starke Verkalkung der distalen Bicepssehne.
- d) Lockerung eines Ankers.
- e) Dislokation zweier Anker.

4.5 Kraftmessung

Bei der statistischen Auswertung der Kraftmessung wurde stets die operierte Seite mit der Kraft der nicht-operierten Seite verglichen. Zur Errechnung des Defizits wurde vom Wert der operierten Seite, der Wert der nicht-operierten Seite abgezogen. Positive Werte bedeuten demnach, dass die operierte Seite stärker ist, negative Ergebnisse hingegen zeigen eine Kraftdominanz der nicht-operierten Seite (Übersicht siehe Tabelle 7 und Abbildungen 28-29).

4.5.1 Ergebnisse der isometrischen Flexionskraftmessung in 45° Flexion und Supinationsstellung

Die genauen Berechnungen des Mittelwertes, der Standardabweichung, des Medians sowie des Maximums und des Minimums der Messwerte in 45° Flexion und Supinationsstellung ist aus Tabelle 7 sowie den Abbildungen 28 und 29 zu entnehmen.

4.5.2 Ergebnisse der isometrischen Flexionskraftmessung in 90° Flexion und Supinationsstellung

Allgemein sind die Werte für die Flexion in 90° physiologischerweise geringer als für die Werte in 45°. So ergaben sich bei den Maximalwerten und den Durchschnittswerten bei Messung in 90° Flexion und Supinationsstellung die in Tabelle 7, Abbildung 28 und 29 aufgeführten Werte.

4.5.3 Ergebnisse der isometrischen Supinationskraftmessung in 90° Flexion

Die Messungsergebnisse der Supinationskraft sind ebenfalls aus Tabelle 7 sowie den Abbildungen 28 und 29 zu entnehmen.

Tab. 7

Werte der isometrischen Kraftmessungen des Patientenkollektivs.

	Patientenkollektiv (n=49)	Mittel- wert [N]	Stanard- abweichung [N]	Median [N]	MAX [N]	MIN [N]
Operierte Seite	Flexion 45° Maximalwerte	206,3	62,4	191,0	383,0	66,0
	Flexion 45° Durchschnittswerte	165,7	51,0	160,0	305,0	52,0
Gegenseite	Flexion 45° Maximalwerte	226,3	54,7	226,0	337,0	81,0
	Flexion 45° Durchschnittswerte	181,3	44,4	174,0	262,0	68,0
Operierte Seite	Flexion 90° Maximalwerte	169,0	52,5	160,0	280,0	34,0
	Flexion 90° Durchschnittswerte	138,4	45,6	138,0	232,0	30,0
Gegenseite	Flexion 90° Maximalwerte	192,6	47,6	196,0	293,0	50,0
	Flexion 90° Durchschnittswerte	159,3	42,4	162,0	255,0	45,0
Operierte Seite	Supination Maximalwerte	76,3	25,2	77,0	132,0	18,0
	Supination Durchschnittswerte	63,8	23,2	63,0	112,0	15,0
Gegenseite	Supination Maxmalwerte	104,1	28,1	101,0	177,0	38,0
	Supination Durchschnittswerte	86,2	25,6	84,0	154,0	30,0

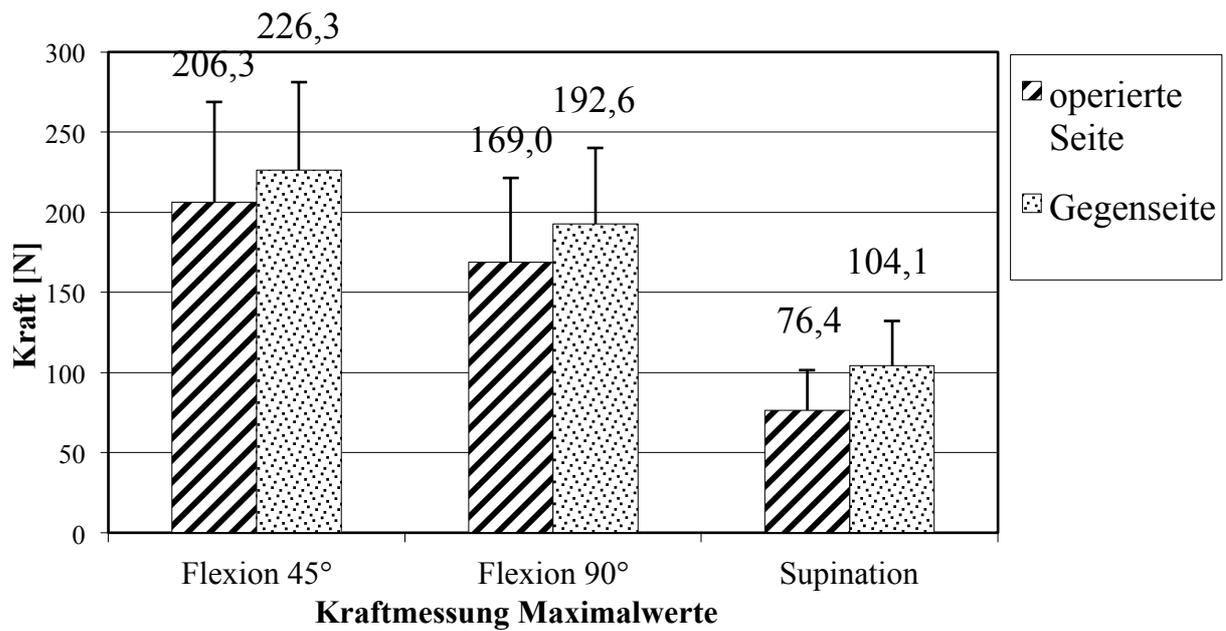


Abb. 28

Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Maximalwerte für die isometrische Flexions- und Supinationskraftmessung.

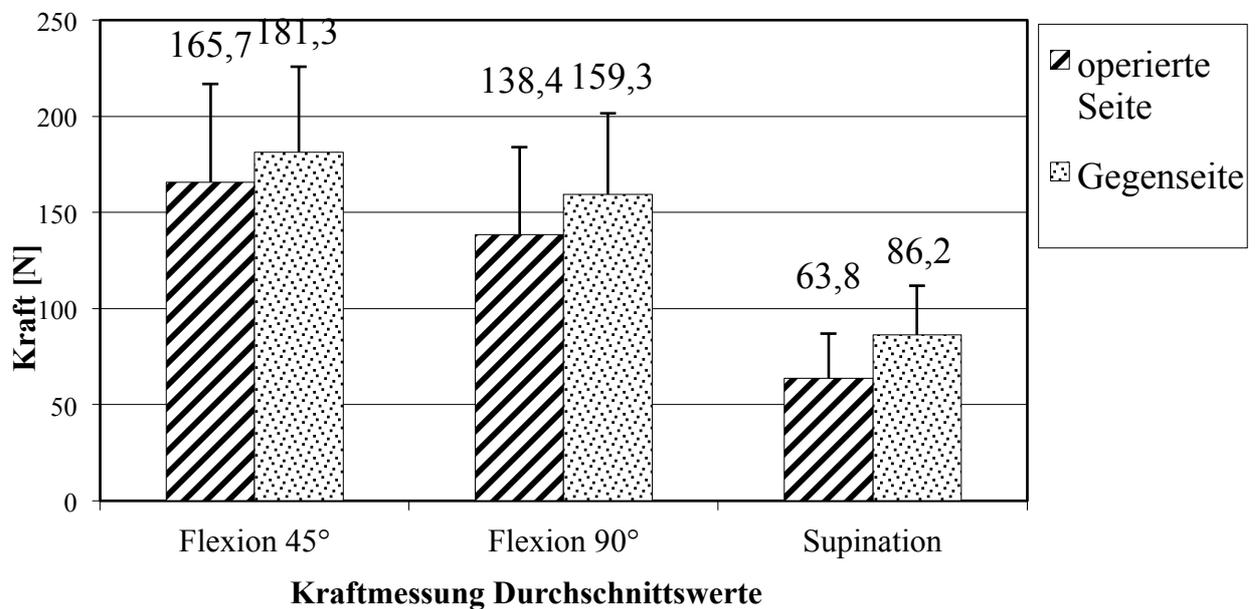


Abb. 29

Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der Durchschnittswerte für die isometrische Flexions- und Supinationskraftmessung.

In folgender Tabelle finden sich die Werte der gesunden Kontrollgruppe (Tabelle 8).

Diese werden später in Relation zu den Werten unserer Patienten gesetzt und dienen an dieser Stelle nur zur Übersicht.

Tab. 8

Werte der isometrischen Kraftmessungen der Kontrollgruppe.

	Kontrollgruppe (n=50)	Mittelwert [N]	Stanard- abweichung [N]	Median [N]	MAX [N]	MIN [N]
Rechts	Flexion 45° Maximalwerte	205,9	64,9	205,0	378,0	93,0
	Flexion 45° Durchschnittswerte	169,0	55,4	162,0	288,0	71,0
Links	Flexion 45° Maximalwerte	194,7	60,2	196,0	332,0	89,0
	Flexion 45° Durchschnittswerte	159,6	52,1	152,0	255,0	77,0
Rechts	Flexion 90° Maximalwerte	177,2	65,9	164,0	348,0	65,0
	Flexion 90° Durchschnittswerte	146,8	55,1	132,0	307,0	59,0
Links	Flexion 90° Maximalwerte	170,3	64,4	173,0	304,0	67,0
	Flexion 90° Durchschnittswerte	142,7	54,0	132,0	251,0	57,0
Rechts	Supination Maximalwerte	130,6	45,0	125,0	254,0	53,0
	Supination Durchschnittswerte	108,6	35,1	109,0	210,0	44,0
Links	Supination Maximalwerte	121,0	44,9	113,0	246,0	45,0
	Supination Durchschnittswerte	102,0	36,0	98,0	225,0	38,0

4.5.4 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 45° Flexion mit der kontralateralen Seite

Bei den ausgewerteten Daten der Flexionskraft in 45° ergaben sich folgende Werte (Abbildung 30):

Bei 35 Patienten war die maximale Kraft der nicht-operierten Seite (davon war bei 18 Patienten die nicht-dominante Seite betroffen) größer, als die der operierten Seite. Die restlichen 14 Patienten erzielten eine höhere maximale Kraft auf der operierten Seite. Hier war in neun Fällen die dominante Seite betroffen. Bei einem durchschnittlichen Kraftdefizit von 20,0 N errechnete sich eine mittlere Kraftminderung von $-9,7 \pm 20,3\%$ für den operierten Arm. Der Median lag hier bei $-11,6\%$. Mit einem p-Wert von 0,002 konnte der Unterschied der beiden Seiten bezüglich der Kraft in 45° Flexion als signifikant angesehen werden. Das 95%-Konfidenzintervall lag zwischen -32,1 und -8,0 N (Abbildung 33).

Ein ähnliches Bild zeigte sich beim Vergleich der Durchschnittswerte in 45° Flexion und auch hier war der Unterschied mit $p=0,001$ signifikant.

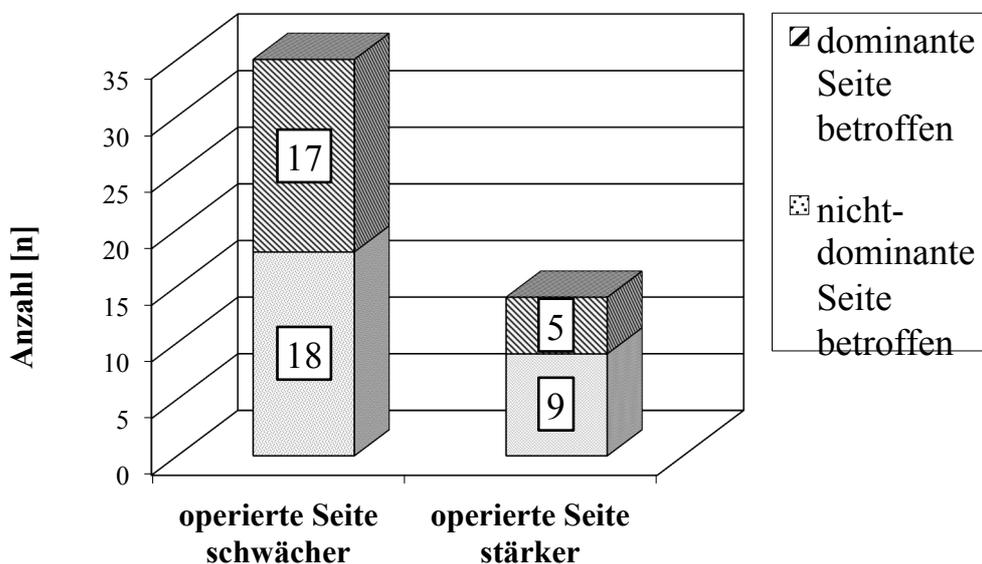


Abb. 30

Darstellung der Seitendifferenz:

Isometrische Kraftmessung der Flexionskraft in 45° Flexion und Supinationsstellung.

4.5.5 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 90° Flexion mit der kontralateralen Seite

Hier war bei 40 Patienten (19-mal nicht-dominante Seite betroffen) die nicht-operierte Seite stärker als die operierte. Neun Patienten erzielten mit ihrem operierten Arm höhere Messwerte als mit ihrem nicht-operierten Arm. Dabei war fünfmal der dominante Arm betroffen (Abbildung 31). Die Auswertung der Maximalwerte in 90° Flexion ergaben eine durchschnittliche Seitendifferenz von -23,6 N. Dies bedeutete eine mittlere Kraftminderung von $-13,7 \pm 16,5\%$ im operierten Arm. Mit einem Median bei -11,0% und einem 95%-Konfidenzintervall zwischen -31,8 N und -15,4 N waren die Werte mit denen in 45° Flexion vergleichbar. Der T-Test ergab für den Seitenvergleich einen signifikanten Kraftunterschied ($p < 0,0001$). Die Ergebnisse der Durchschnittswerte waren bezüglich Mittelwert, Standardabweichung und Median mit denen der Maximalkraft nahezu identisch. Auch hier war der p-Wert signifikant mit $< 0,0001$.

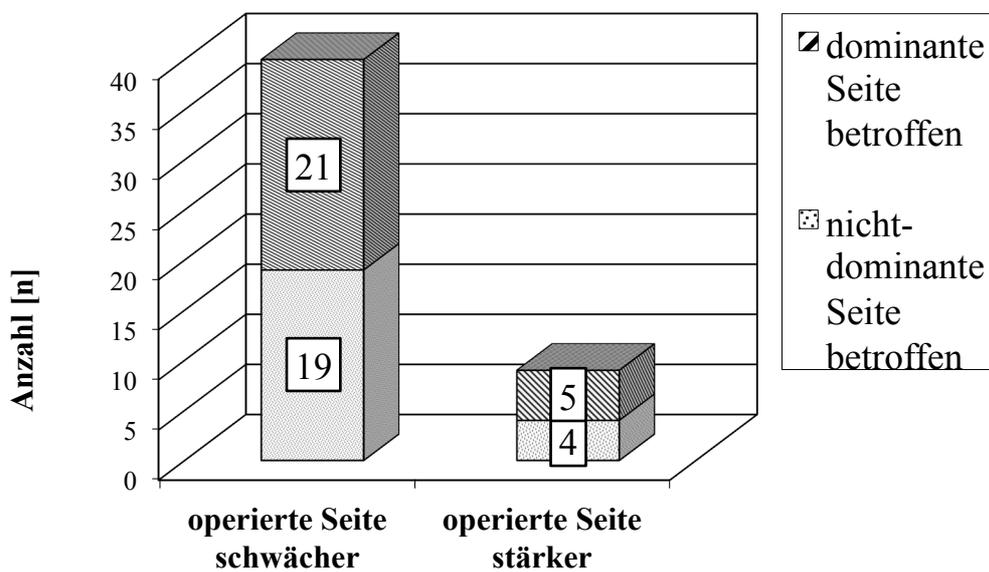


Abb. 31

Darstellung der Seitendifferenz:

Isometrische Kraftmessung der Flexionskraft in 90° Flexion und Supinationsstellung.

4.5.6 Vergleich der Supinationskraft der operierten Seite mit der kontralateralen Seite

Die größten Unterschiede bezüglich der Kraftseitendifferenz, errechnet aus den Maximalkraftmesswerten, ließen sich bei Supination beobachten. Hier erreichten nur fünf Patienten höhere Kraftergebnisse mit dem operierten Arm, wobei bei vier von diesen Patienten der dominante Arm betroffen war. 43 Patienten erreichten mit der operierten Seite nicht die Kraft der Gegenseite (hier war 22-mal die nicht-dominante Seite betroffen). Bei einem Patienten war die Kraft der operierten zur nicht-operierten Seite identisch (Abbildung 32). Der Mittelwert der Seitendifferenz ergab $-27,8$ N Unterschied. Dies entsprach einem mittleren Kraftdefizit von $-36,4 \pm 35,6\%$ und einem Median von $-31,4\%$. 95% der Werte lagen zwischen $-35,6$ und $-20,0$ N (Abbildung 33). Auch hier glichen die Ergebnisse der Kraftseitendifferenz errechnet aus den Durchschnittsmesswerten annähernd denen der Maximalmesswerte. Sowohl der Kraftseitenunterschied bei der Betrachtung der Maximalwerte als auch bei Betrachtung der Durchschnittswerte im Vergleich operierte vs. nicht-operierte Seite war mit einem $p < 0,0001$ statistisch signifikant.

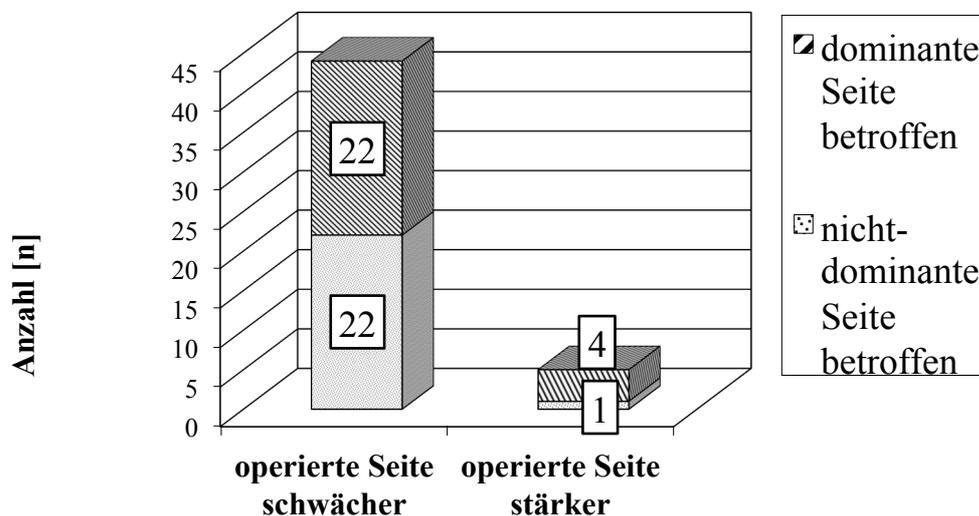


Abb. 32

Darstellung der Seitendifferenz:

Isometrische Kraftmessung der Supinationskraft in 90° Flexion.

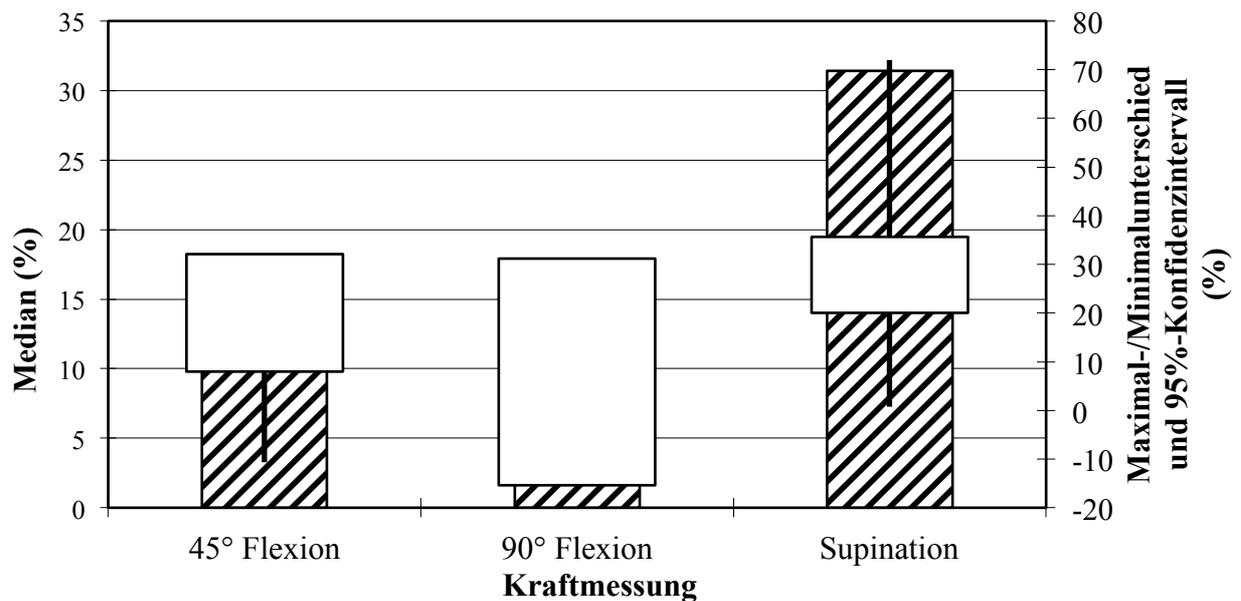


Abb. 33

Ergebnisse der isometrischen Kraftmessung:

Darstellung der Seitendifferenz (in %) zwischen operierter Seite und Gegenseite.

95% Konfidenzintervall (weißer Kasten).

Median (Oberkante der schraffierten Fläche).

Maximal- und Minimalwerte (Linie).

4.5.7 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von distalen Bicepssehnenruptur der dominanten Seite vs. der nicht-dominanten Seite

Betrachtet man die Kraft bezüglich des Aspekts, ob die dominante Seite (25-mal betroffen) bzw. die nicht-dominante Seite (24-mal betroffen) des Patienten betroffen war, so ergaben sich folgende Werte (Abbildungen 34-35):

In 45° Flexion war für Patienten, deren nicht dominanter Arm betroffen war, die durchschnittliche Maximalkraft $209,9 \pm 61,5$ N und die mittlere Durchschnittskraft $167,5 \pm 46,3$ N. Patienten mit Verletzung des dominanten Arms erreichten durchschnittlich $202,9 \pm 64,4$ N als Maximalkraft und $163,9 \pm 56,1$ N als mittlere Durchschnittskraft. Der Unterschied war in beiden Fällen statistisch nicht signifikant ($p=0,70$ und $p=0,81$).

Auch in 90° Flexion waren weder der Unterschied bezüglich der Maximalkraft noch bezüglich der Durchschnittskraft im Vergleich Verletzung der dominanten Seite vs. der nicht-dominanten Seite signifikant ($p=0,50$ und $p=0,60$). Die Mittelwerte lagen hier in der Gruppe der am nicht-dominanten Arm Verletzten bei $174,2 \pm 54,0$ N Maximalkraft und $141,9 \pm 45,6$ N Durchschnittskraft. In der Gruppe der Patienten mit Verletzung des dominanten Arms errechnete sich ein Mittelwert von $163,9 \pm 51,6$ N an Maximalkraft und $135,0 \pm 45,2$ N an Durchschnittskraft.

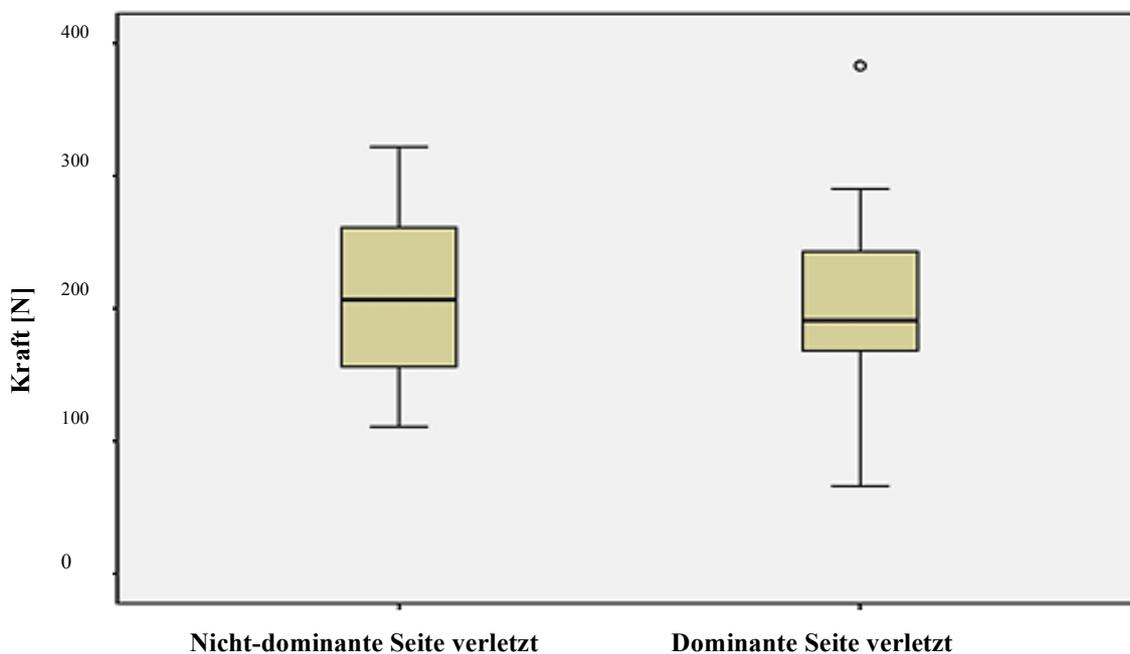


Abb. 34

Isometrische Flexionskraftmessung in 45° Flexion und Supinationsstellung:

Maximalkraftwerte

Darstellung des Kraftvergleichs von Verletzten der dominanten Seite mit Patienten, bei denen die nicht-dominante Seite verletzt wurde.

Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

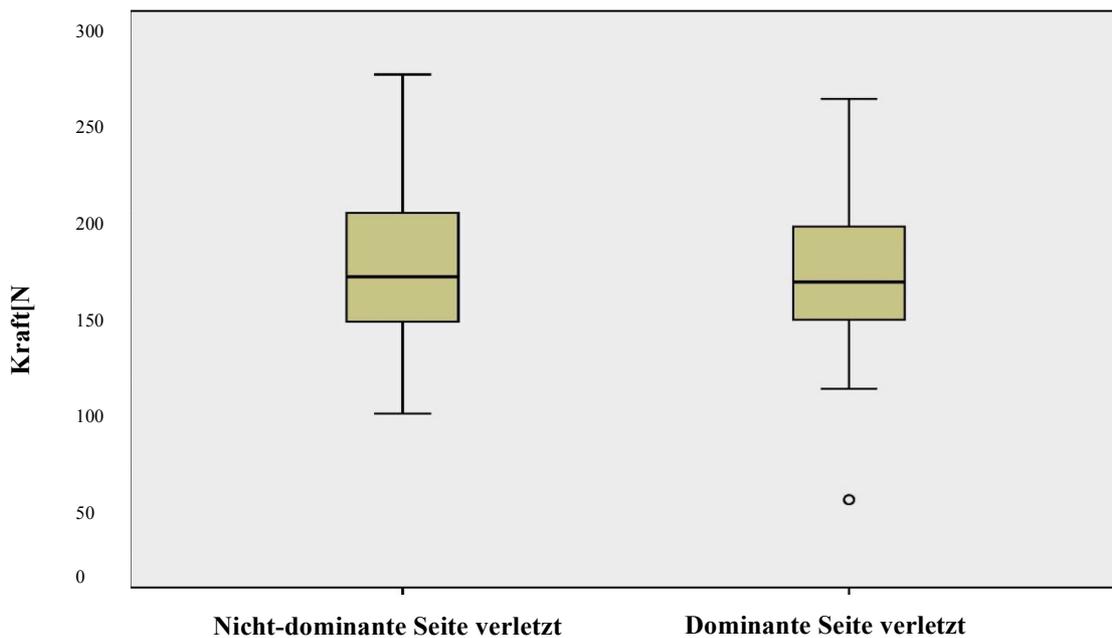


Abb. 35

Isometrische Flexionskraftmessung in 90° Flexion und Supinationsstellung:

Maximalkraftwerte

Darstellung des Kraftvergleichs von Verletzten der dominanten Seite mit Patienten, bei denen die nicht-dominante Seite verletzt wurde.

Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

Des Weiteren fanden sich keine statistisch signifikanten Unterschiede der Maximal- und Durchschnittskraft bei Supination ($p=0,84$ und $p=0,97$) (Abbildung 36).

Mittelwerte waren $77,1 \pm 25,7$ N Maximalkraft und $63,6 \pm 24,2$ N Durchschnittskraft bei Verletzung der nicht-dominanten Seite und $75,6 \pm 25,3$ N Maximalkraft und $63,9 \pm 22,6$ N Durchschnittskraft bei Verletzung der dominanten Seite.

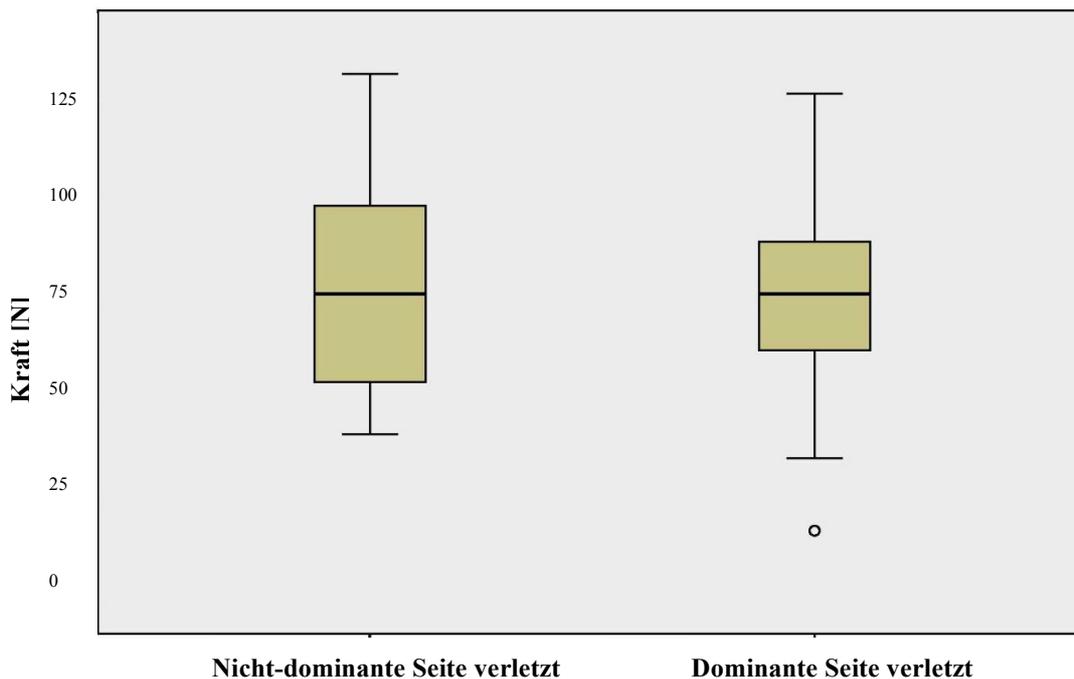


Abb. 36

Isometrische Supinationskraftmessung in 90° Flexion:

Maximalkraftwerte

Darstellung des Kraftvergleichs von Verletzten der dominanten Seite mit Patienten, bei denen die nicht-dominante Seite verletzt wurde.

Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

Die Auswertung der Score-Ergebnisse ergab weder für den Morrey-Score ($p=0,36$), noch für den Quick-DASH Score ($p=0,438$) noch für den DASH Score Modul Arbeit und Beruf ($p=0,74$) signifikante Unterschiede beim Vergleich der oben genannten Gruppen. Lediglich der DASH Score Modul Sport und Musik lieferte mit einem p-Wert von 0,03 ein signifikant besseres Vergleichsergebnis für die Gruppe der Patienten, deren nicht-dominante Seite verletzt war.

4.5.8 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit heterotopen Ossifikationen vs. Patienten ohne heterotope Ossifikationen

Unterschieden wurde hier in zwei Gruppen: Einerseits Patienten, deren radiologischer Befund Ossifikationen der Tuberositas radii oder Verkalkungen der Bicepssehne aufwies (19 Patienten=38,8%), andererseits Patienten, deren radiologische Kontrolle unauffällig war (30 Patienten=61,2%). Zur besseren Betrachtung wurde jeweils die Differenz der Armkraft in 45° Flexion, in 90° Flexion und in Supination zwischen operiertem und nicht-operiertem Arm gebildet (Genaue Werte siehe Tabelle 9).

Es stellte sich für keinen Messparameter ein statistisch signifikanter Unterschied heraus. In 45° Flexion und Supination war jedoch die Seitendifferenz für die Patienten mit radiologisch auffälligem Befund größer. Genaue Daten sind aus nachstehender Tabelle (Tabelle 9) zu entnehmen:

Tab. 9

Kraftdifferenz im Vergleich der Gruppen Patienten mit heterotopen Ossifikationen und Patienten ohne heterotope Ossifikationen im Röntgenbild.

Kraftdifferenz [N]	Patienten mit radiologisch auffälligem Befund	Patienten ohne radiologisch auffälligen Befund	p-Wert
45° Flexion Maximalkraft	29,3 ± 46,6	14,2 ± 38,4	0,22
45° Flexion Durchschnittskraft	21,1 ± 34,1	12,2 ± 30,5	0,35
90° Flexion Maximalkraft	21,2 ± 29,9	25,1 ± 28,0	0,65
90° Flexion Durchschnittskraft	19,1 ± 27,2	22,0 ± 24,2	0,69
Supination Maximalkraft	30,1 ± 27,2	26,3 ± 27,5	0,65
Supination Durchschnittskraft	24,0 ± 23,1	21,4 ± 24,6	0,72

Auch die Scoreergebnisse ergaben bei Betrachtung dieser beiden Untergruppen keine signifikanten Abweichungen. Für den Quick-DASH Score errechnete sich ein p-Wert von 0,64, im Modul Arbeit/Beruf von 0,75 und im Modul Sport/Musik von 0,23. Der p-Wert des Vergleiches bezüglich Morrey-Scores betrug 0,64.

4.5.9 Vergleich der Kraft und der Scoreergebnisse von Patienten, bei denen ein Anker zur Refixation verwendet wurde, vs. Patienten bei denen zwei oder mehr Anker verwendet wurden

Des Weiteren wurde bei den Patienten unterschieden, ob die Bicepssehne mit einem oder zwei bis drei Ankern refixiert wurde. Dabei konnten wir bezüglich des Vergleichs Kraft des operierten Armes und des Vergleichs der Kraftseitendifferenz keinen signifikanten Unterschied feststellen. Statistisch ermittelte p-Werte gehen aus folgender Tabelle hervor (Tabelle 10). Die Annahme, dass überwiegend Partialrupturen mit nur einem Anker befestigt werden, bestätigte sich in unserem Patientengut nicht, da von 14 Patienten, die nur einen Anker erhielten, lediglich zwei Patienten eine Partialruptur vorwiesen. Die restlichen 35 Patienten wurden alle mit zwei oder mehr Ankern refixiert.

Tab. 10

Betrachtung der p-Werte unter Berücksichtigung des verwendeten Ankeranzahl (1 vs. 2-3).

p-Wert für:	Vergleich der Kraft der operierten Seite	Vergleich der Kraftseitendifferenz
45° Flexion Maximalkraft	0,41	0,31
45° Flexion Durchschnittskraft	0,23	0,11
90° Flexion Maximalkraft	0,57	0,52
90° Flexion Durchschnittskraft	0,66	0,99
Supination Maximalkraft	0,53	0,76
Supination Durchschnittskraft	0,57	0,60

Auch hier lieferte die Betrachtung der Score-Ergebnisse keinen signifikanten Unterschied ($p=0,69$ für den Quick-DASH Score; $p=0,38$ für DASH Score Modul Arbeit/Beruf; $p=0,52$ für DASH Score Modul Sport/Musik und $p=0,89$ für den Morrey-Score).

4.5.10 Vergleiche der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ und $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$ vs. Patienten mit $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$

Wie aus Punkt 3.1.4 zu entnehmen ist, litten mehr als die Hälfte unserer Patienten an Übergewicht und weitere 25% litten gemäß WHO Richtlinien (ab 30 kg/m^2) [59] an einer behandlungsbedürftigen Adipositas. Daher haben wir einen erhöhte BMI als eventuellen neuen Risikofaktor betrachtet und auch hier die Kraftseitendifferenz in den Untergruppen $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$, $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$ und $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ statistisch verglichen. (Tabelle 11)

Dabei konnten wir einen signifikanten Unterschied ($p=0,05$) bei der maximalen Supinationskraft im Vergleich von Patienten mit einem $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$, vs. Patienten von einem $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$ feststellen. Zur genaueren Betrachtung der einzelnen Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte dient folgende Tabelle (Tabelle 11):

Tab. 11

Kraftdifferenz im Vergleich der BMI-Gruppen.

Kraftseitendifferenz in:	BMI < 25 kg/m² [N]	BMI > 25 kg/m² [N]	BMI < 30 kg/m² [N]	BMI > 30 kg/m² [N]
	n=6	n=43	n=36	N=13
45° Flexion Maximalkraft	14,3 ± 18,0	20,8 ± 44,3	20,3 ± 46,1	19,2 ± 28,7
p-Wert	0,73		0,93	
45° Flexion Durchschnittskraft	10,0 ± 13,7	16,4 ± 33,7	14,9 ± 34,4	17,5 ± 24,6
p-Wert	0,65		0,80	

90° Flexion Maximalkraft	16,2 ± 19,5	24,7 ± 29,5	25,9 ± 29,1	17,4 ± 26,9
p-Wert	0,50		0,36	
90° Flexion Durchschnittskraft	8,7 ± 16,7	22,6 ± 25,9	22,3 ± 24,1	16,9 ± 28,6
p-Wert	0,21		0,52	
Supination Maximalkraft	24,0 ± 26,7	28,3 ± 27,6	32,4 ± 28,2	15,0 ± 19,8
p-Wert	0,72		0,047 *	
Supination Durchschnittskraft	17,3 ± 23,6	23,1 ± 24,1	25,5 ± 25,7	13,9 ± 15,5
p-Wert	0,58		0,13	

Bezüglich der Auswertung der Score-Ergebnisse waren beim Morrey-Score ($p=0,67$), beim DASH Score Modul Arbeit/Beruf ($p=0,34$ und beim Modul Sport/Musik ($p=0,50$) keine signifikanten Unterschiede unter den einzelnen Gruppen zu vermerken. Beim Quick-DASH selbst unterschied sich die Gruppe $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$ mit einem p-Wert von 0,03 signifikant von der Gruppe $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$. Auch zur Gruppe $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ war das Ergebnis signifikant ($p=0,02$) abweichend.

Im Vergleich der Gruppen $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$ zur Gruppe $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ergaben sich dagegen keine statistisch signifikanten Unterschiede im Quick-DASH Score ($p=0,51$).

4.5.11 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten in den Gruppen Zeitraum zwischen Unfall und OP 1 bis 3 Wochen, 3 bis 6 Wochen und mehr als 6 Wochen

Da nicht in allen Fällen bei unseren Patienten sofort operiert wurde, ist eine Betrachtung hinsichtlich Zeitpunkt der OP zu Unfallereignis sinnvoll: Daher wurden die Messergebnisse bezüglich Zeitraum zwischen Unfall und OP „1 bis 3 Wochen“ (Gruppe 1; $n=37$ Patienten), „3 bis 6 Wochen“ (Gruppe 2; $n=7$ Patienten) und „mehr als 6 Wochen“ (Gruppe 3; $n=5$ Patienten) unterteilt und geprüft. Die durchschnittliche Maximalkraft der einzelnen Gruppen ist aus folgenden Boxplots zu entnehmen (Abbildungen 37-39):

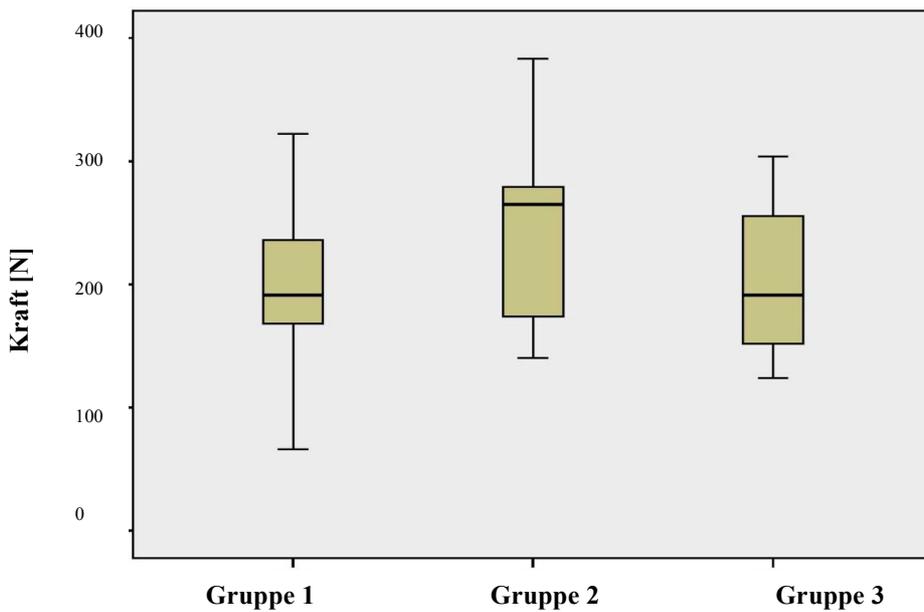


Abb. 37

Isometrische Flexionskraftmessung in 45° Flexion und Supinationsstellung: Darstellung der Maximalkraftwerte unterteilt in Zeitraum Unfall bis OP „1- 3 Wochen“ (Gruppe 1), „3-6 Wochen“ (Gruppe 2) und „>6 Wochen“ (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

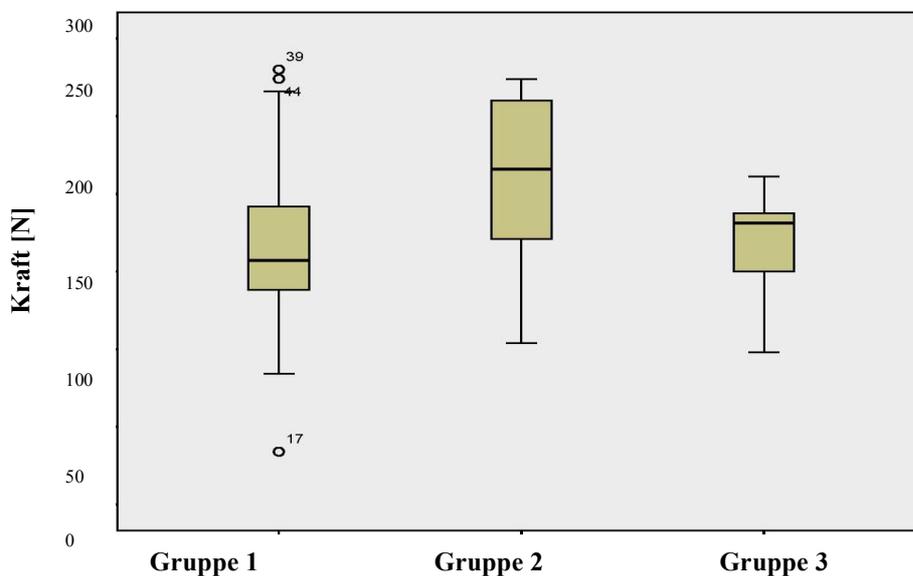


Abb. 38

Isometrische Flexionskraftmessung in 90° Flexion und Supinationsstellung: Darstellung der Maximalkraftwerte unterteilt in Zeitraum Unfall bis OP „1- 3 Wochen“ (Gruppe 1), „3-6 Wochen“ (Gruppe 2) und „>6 Wochen“ (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

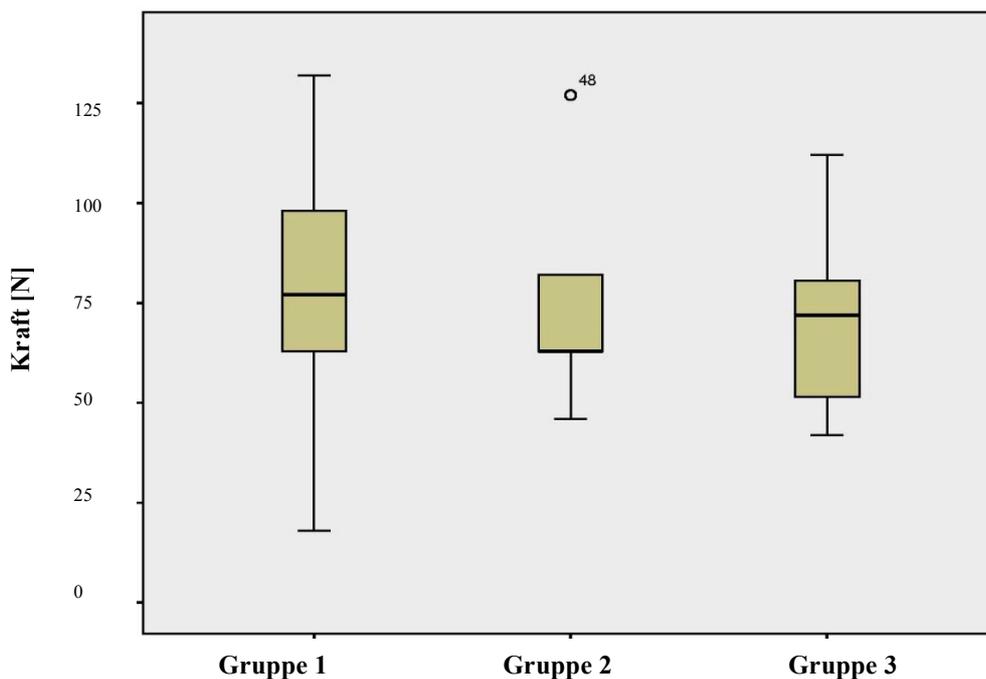


Abb. 39

Isometrische Supinationskraftmessung in 90° Flexion:

Darstellung der Maximalkraftwerte unterteilt in Zeitraum Unfall bis OP „1- 3 Wochen“ (Gruppe 1), „3-6 Wochen“ (Gruppe 2) und „>6 Wochen“ (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

Statistisch signifikante Kraftunterschiede zwischen den einzelnen Gruppen konnten weder für den direkten Kraftvergleich, noch für den Vergleich der Kraftseitendifferenzen nachgewiesen werden. Zur Übersicht der einzelnen p-Werte siehe Tabelle 12:

Tab. 12

Betrachtung der p-Werte unter Berücksichtigung des Zeitraumes zwischen Unfall und OP.

	direkter Kraftvergleich der operierten Seiten zwischen den einzelnen Gruppen	Vergleich der Kraftseitendifferenz zwischen den einzelnen Gruppen
45° Flexion Maximalkraft	p=0,64	p=0,80
45° Flexion Durchschnittskraft	p=0,47	p=0,37

90° Flexion Maximalkraft	p=0,36	p=0,24
90° Flexion Durchschnittskraft	p=0,41	p=0,27
Supination Maximalkraft	p=0,71	p=0,74
Supination Durchschnittskraft	p=0,55	p=0,97

Der Vergleich der Score-Ergebnisse zeigte auch hier keine signifikanten Unterschiede (Quick-DASH Score p=0,38; DASH Modul Arbeit/Beruf p=0,74; DASH Modul Sport/Musik p=0,42; Morrey-Score p=0,76).

4.5.12 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten in den Gruppen Follow-up-Zeitraum 1 bis 2 Jahre, 2 bis 5 Jahre und mehr als 5 Jahre

Auf Grund des relativ langen Untersuchungszeitraumes unserer Studie (seit 1998 bis 2008) haben wir erneut Untergruppen, sowohl zum Vergleich der Kraft der operierten Seiten untereinander, als auch der Kraftseitendifferenz und der Scores gebildet. Gruppe 1 umfasste den Follow-up-Zeitraum von ein bis zwei Jahren nach OP (n=19 Patienten), Gruppe 2 von zwei bis fünf Jahren (n=19 Patienten) und Gruppe 3 von mehr als fünf Jahren (n=11 Patienten).

Einen Überblick bezüglich der durchschnittlichen Maximalkraft der einzelnen Gruppen in 45° Flexion, in 90° Flexion und in Supination liefern folgende Boxplots (Abbildungen 40-42).

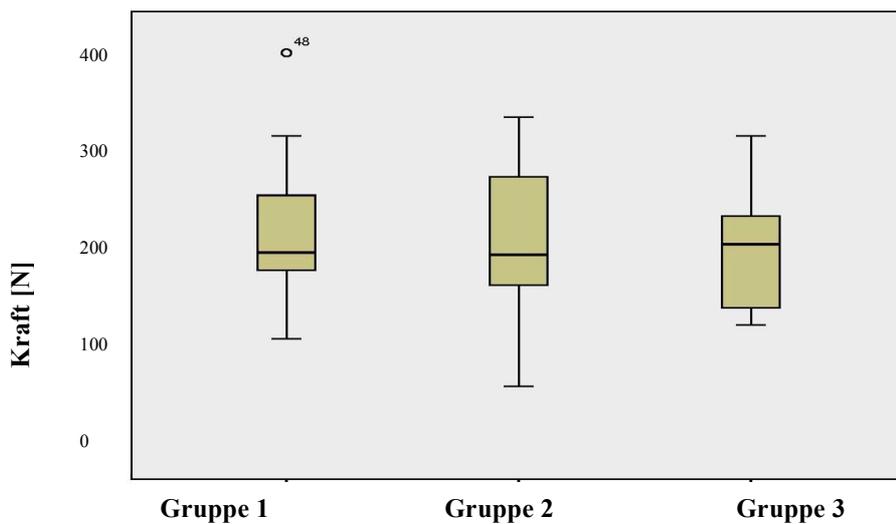


Abb. 40

Isometrische Flexionskraftmessung in 45° Flexion und Supinationsstellung:

Darstellung der Maximalkraftmesswerte in den Gruppen Follow-up-Zeitraum von ein bis zwei Jahren nach OP (Gruppe 1), von zwei bis fünf Jahren (Gruppe 2) und von mehr als fünf Jahren (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

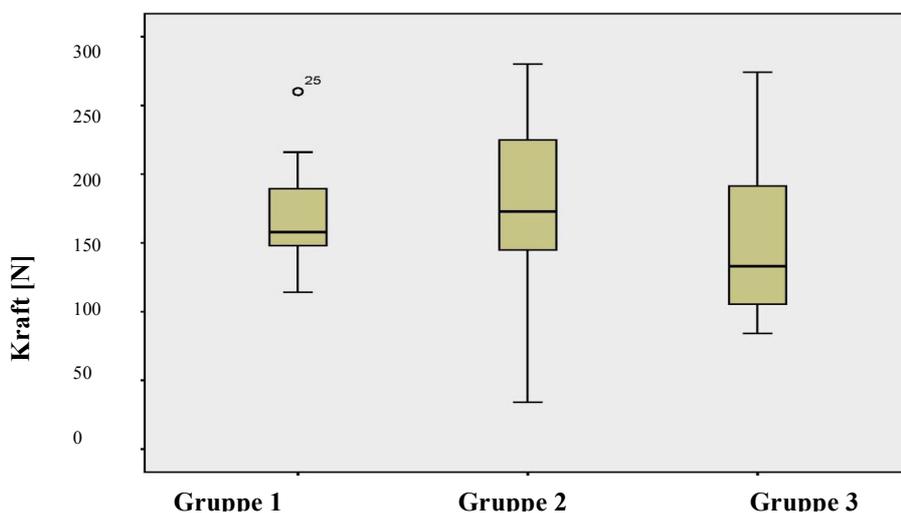


Abb. 41

Isometrische Flexionskraftmessung in 90° Flexion und Supinationsstellung:

Darstellung der Maximalkraftmesswerte in den Gruppen Follow-up-Zeitraum von ein bis zwei Jahren nach OP (Gruppe 1), von zwei bis fünf Jahren (Gruppe 2) und von mehr als fünf Jahren (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

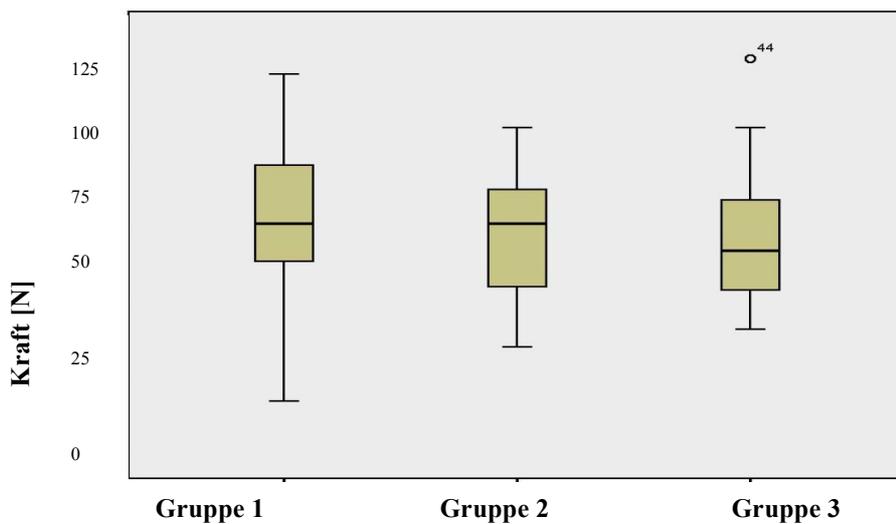


Abb. 42

Isometrische Supinationskraftmessung in 90° Flexion:

Darstellung der Maximalkraftmesswerte in den Gruppen Follow-up-Zeitraum von ein bis zwei Jahren nach OP (Gruppe 1), von zwei bis fünf Jahren (Gruppe 2) und von mehr als fünf Jahren (Gruppe 3). Mittlere 50% der Werte (Box), Median (waagerechte Linie in der Box), Maximum und Minimum (Antennen), Ausreißer (Kreis).

Die statistische Auswertung ergab beim direkten Vergleich der Kraft der operierten Arme untereinander für keinen Messparameter einen signifikanten Unterschied (Tabellen 13-14).

Tab. 13

Betrachtung der p-Werte im direkten Vergleich der Kraft unter Berücksichtigung des Follow-up-Zeitraums.

45° Flexion Maximalkraft	p=0,69
45° Flexion Durchschnittskraft	p=0,86
90° Flexion Maximalkraft	p=0,19
90° Flexion Durchschnittskraft	p=0,25
Supination Maximalkraft	p=0,55
Supination Durchschnittskraft	p=0,54

Beim Vergleich der einzelnen Gruppen bezüglich der Kraftseitendifferenz hingegen zeichnete sich eine signifikante Erhöhung sowohl der Maximal-, als auch der

Durchschnittskraftseitendifferenz in 90° Flexion ab ($p=0,02$ und $p=0,04$), was einer Verschlechterung der Armkraft der operierten Seite entspricht.

Tab. 14

Betrachtung der p-Werte der Kraftseitendifferenz unter Berücksichtigung des Follow-up-Zeitraums.

45° Flexion Maximalkraft	$p=0,35$
45° Flexion Durchschnittskraft	$p=0,86$
90° Flexion Maximalkraft	$p=0,02$
90° Flexion Durchschnittskraft	$p=0,04$
Supination Maximalkraft	$p=0,06$
Supination Durchschnittskraft	$p=0,06$

Der Vergleich der Score-Ergebnisse erbrachte keine signifikanten Unterschiede (Morrey-Score $p=0,38$; Quick-DASH Score $p=0,62$; DASH Arbeit/Beruf $p=0,90$; DASH Musik/Sport $p=0,89$).

4.4.13 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von BG-Fällen mit gesetzlich bzw. privat Versicherten

Ein weiterer Punkt unseres Studienprotokolls sieht die Betrachtung des Outcomes von Patienten, die als berufsgenossenschaftliche (BG) Fälle anerkannt wurden (sechs Patienten) vor. Die Ermittlung der durchschnittlichen Kraft ergab, wie aus nachstehender Tabelle (Tabelle 15) zu entnehmen ist, dass diese sechs Patienten sowohl in Flexion als auch in Supination geringere Messwerte erreichten als die restlichen 43 Patienten, die privat oder gesetzlich versichert waren. Ein statistisch signifikanter Unterschied lag allerdings nicht vor. Die Score-Ergebnisse der BG-Versicherten hingegen waren für den DASH Score Modul Arbeit/Beruf ($p=0,04$) und für Modul Sport/Musik ($p=0,02$) signifikant schlechter. Der

Morrey-Score ($p=0,23$) und der Quick-DASH ($p=0,38$) unterschieden sich aber nicht signifikant. Dies ließ darauf schließen, dass die BG-lich versicherten Patienten im Alltag zwar gut zu Recht kamen, im Beruf und Sport jedoch noch eingeschränkt waren.

Tab. 15

Werte der Kraftmessung und Vergleich der Kraftseitendifferenz unter Berücksichtigung der Versicherungsart (BG = Berufsgenossenschaft; KK = Krankenkasse)

IsoForce-Control[®] - Kraftmessung	Versicherung	Mittelwert [N]	Standardabweichung [N]	p-Wert
Flexion 45° Maximalkraft	KK	208,5	59,3	0,30
	BG	180,0	82,3	
Flexion 45° Durchschnittskraft	KK	167,4	47,4	0,25
	BG	141,7	69,9	
Flexion 90° Maximalkraft	KK	169,9	48,5	0,65
	BG	159,2	83,5	
Flexion 90° Durchschnittskraft	KK	139,0	42,0	0,64
	BG	129,7	69,2	
Supination Maximalkraft	KK	76,9	23,8	0,23
	BG	64,0	27,8	
Supination Durchschnittskraft	KK	64,1	21,9	0,31
	BG	54,0	26,6	
Kraftseitendifferenz in:	Versicherung	Mittelwert [N]	Standardabweichung [N]	p-Wert
Flexion 45° Maximalkraft	KK	17,6	42,8	0,54
	BG	39,3	36,5	
Flexion 45° Durchschnittskraft	KK	14,7	30,9	0,24
	BG	23,5	42,8	
Flexion 90° Maximalkraft	KK	23,5	27,0	0,93

	BG	24,7	42,7	
Flexion 90° Durchschnittskraft	KK	20,3	24,5	0,94
	BG	21,2	33,8	
Supination Maximalkraft	KK	26,1	25,8	0,33
	BG	37,8	38,1	
Supination Durchschnittskraft	KK	21,5	22,7	0,63
	BG	26,7	34,4	

4.5.14 Vergleich der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten mit Partialruptur vs. Patienten mit Komplettruptur

Da sich die Partialruptur vom Unfallmechanismus, der operativen Versorgung und der Nachbehandlung nicht von der Komplettruptur unterscheidet, lag ein Augenmerk auf eventuellen Differenzen im Outcome. Statistische Tests zeigten jedoch weder bezüglich der Kraft, noch der Score-Ergebnisse signifikante Unterschiede der sieben Patienten mit Partialruptur im Vergleich zu den 42 Patienten mit Komplettruptur. Genaue Auflistungen der durchschnittlich erreichten Kraft und der p-Werte liefert folgende Tabelle (Tabelle 16):

Tab.16

Werte der Kraftmessung und Vergleich der Kraftseitendifferenz unter Berücksichtigung des Rupturausmaßes.

IsoForce-Control[®] - Kraftmessung	Ruptur	Mittelwert [N]	Standard- abweichung [N]	p-Wert
Flexion 45° Maximalkraft	Komplettruptur	204,0	54,8	0,69
	Partialruptur	220,0	101,9	
Flexion 45° Durchschnittskraft	Komplettruptur	163,7	44,3	0,69
	Partialruptur	177,4	85,1	
Flexion 90° Maximalkraft	Komplettruptur	170,1	49,3	0,72
	Partialruptur	162,3	73,2	
Flexion 90° Durchschnittskraft	Komplettruptur	139,3	42,7	0,73
	Partialruptur	132,9	61,2	
Supination Maximalkraft	Komplettruptur	76,3	22,8	0,98
	Partialruptur	76,6	39,2	
Supination Durchschnittskraft	Komplettruptur	63,8	21,4	0,9
	Partialruptur	63,9	34,3	
Kraftseitendifferenz in: [N]	Ruptur	Mittelwert [N]	Standard- abweichung [N]	p-Wert
Flexion 45° Maximalkraft	Komplettruptur	24,1	40,2	0,09
	Partialruptur	4,4	47,2	
Flexion 45° Durchschnittskraft	Komplettruptur	18,2	31,1	0,17
	Partialruptur	0,1	34,3	
Flexion 90° Maximalkraft	Komplettruptur	23,4	27,4	0,89
	Partialruptur	25,0	37,4	
Flexion 90° Durchschnittskraft	Komplettruptur	20,6	25,1	0,86
	Partialruptur	18,9	27,6	

Supination Maximalkraft	Komplettruptur	28,7	24,9	0,56
	Partialruptur	22,4	40,1	
Supination Durchschnittskraft	Komplettruptur	23,8	21,9	0,32
	Partialruptur	14,0	34,4	
Scores				p-Wert
Quick-DASH				1,00
DASH Arbeit/Beruf				1,00
DASH Sport/Musik				0,63
Morrey				0,66

4.4.15 Vergleich der ROM, der Kraft und der Score-Ergebnisse von Patienten, die mittels „Double-Incision“ operiert wurden vs. Patienten, die über „Single-Incision“ und mit Fadenanker refixiert wurden

Bei unseren Nachuntersuchungen konnten wir des Weiteren sieben Patienten, die über eine „Double-Incision“ transossär refixiert wurden, klinisch nachuntersuchen und die IsoForce-Control® -Kraftmessung durchführen.

Im Vergleich zu unseren 49 Patienten der „Single-Incision“-Technik war das Bewegungsausmaß nicht signifikant verändert. Durchschnittlich erreichten sie eine normale Extension ($p=0,95$) und Flexion ($p=0,13$) (durchschnittlich $0/0/129^\circ$), sowie Pronation (90° ; $p=0,74$). Lediglich die Supination war von 90° auf durchschnittlich 85° reduziert, vergleichbar dem Defizit der „Single-Incision“ Gruppe ($p=0,60$) (Siehe Tabelle 17).

Tab. 17

Bewegungsausmaß der Patienten mit „Double-Incision“-Refixation.

Betroffene Seite	Extension [°]	Flexion [°]	Pronation [°]	Supination [°]
Mittelwert ± Standardabweichung	$0 \pm 2,$	129 ± 6	90 ± 0	85 ± 5
Median	0	130	90	85

Maximalwert	5	140	90	90
Minimalwert	-2	120	90	80
Gegenseite	Extension [°]	Flexion [°]	Pronation [°]	Supination [°]
Mittelwert ± Standardabweichung	0 ± 1	133 ± 7	90 ± 0	86 ± 4
Median	0	130	90	85
Maximalwert	0	140	90	90
Minimalwert	-2	125	90	80

Zudem ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zu unseren Patienten der „Single-Incision“-Fadenankertechnik im Vergleich der Maximalkraft und der Durchschnittskraft, gemessen mit dem IsoForce-Control®-Kraftmessgerät in 45° Flexion, 90° Flexion und Supination. Die einzelnen Mittelwerte, Standardabweichungen und statistisch ermittelten p-Werte gehen aus folgender Tabelle (Tabelle 18) detailliert hervor:

Tab. 18

Werte der Kraftmessung und Vergleich der Kraftseitendifferenz unter Berücksichtigung der „Single“- vs. „Double-incision“-Technik

IsoForce-Contol® Kraftmessung	Mittelwert [N]	Standardabweichung [N]	p- Wert
Flexion 45° Maximalkraft	208,1	63,1	0,94
Flexion 45° Durchschnittskraft	162,9	38,2	0,89
Flexio 45° Maximalkraft Gegenseite	220,7	42,3	0,79
Flexion 45° Durchschnittskraft Gegenseite	178,6	26,6	0,86
Flexion 90° Maximalkraft	173,3	62,5	0,84
Flexion 90° Durchschnittskraft	145,1	44,5	0,79
Flexion 90° Maximalkraft Gegenseite	188,3	36,1	0,82

Flexion 90° Durchschnittskraft Gegenseite	153,7	29,9	0,76
Supination Maximalkraft	60,1	18,8	0,12
Supination Durchschnittskraft	51,1	17,4	0,17
Supination Maximalkraft Gegenseite	92,0	33,7	0,30
Supination Durchschnittskraft Gegenseite	73,0	22,1	0,20
Kraftseitendifferenz	Mittelwert [N]	Standardabweichung [N]	p- Wert
Flexion 45° Maximalkraft	12,6	57,5	0,68
Flexion 45° Durchschnittskraft	15,7	42,9	0,99
Flexion Max 90° Maximalkraft	15,0	53,3	0,51
Flexion 90° Durchschnittskraft	8,6	35,2	0,85
Supination Maximalkraft	31,9	44,9	0,74
Supination Durchschnittskraft	21,9	34,8	0,96

Auch die Score-Ergebnisse lieferten keine signifikanten Abweichungen zwischen den einzelnen Gruppen (Quick-DASH $p=0,17$; DASH Score Modul Arbeit/Beruf $p=1,00$; Modul Sport/Musik $p=0,74$; Morrey-Score $p=0,15$), sodass die Unterschiede der verschiedenen Techniken wohl eher in ihren Risiken und im Komplikationspotential zu suchen sind.

4.6 Vergleich der Kraft der operierten Seite in 45°/90° Flexion und Supination mit der durchschnittlichen Kraft der Normalpopulation

Um die Daten der Kraftmessung unserer Patienten besser beurteilen zu können, haben wir ein Vergleichskollektiv von 50 ellenbogengesunden Testpersonen erstellt. Betrachtet wurde jeweils die Kraft der dominanten Seite unserer Patienten mit der der Kontrollgruppe. Dasselbe erfolgte für die nicht-dominante Seite. Zudem wurde eine statistische Auswertung der Kraftseitendifferenz erhoben, um zu berücksichtigen, dass in unserem Patientenkollektiv 25

Patienten bereits an der dominante bzw 24 an der nicht-dominante Extremität operiert wurden (siehe Abbildungen 43-46).

Dabei ergab sich eine leichte Kraftdominanz unserer Patienten von durchschnittlich 9,0 N in 45° und 90° Flexion ($p>0,10$). Der Vergleich der Supinationskraft hingegen ergab auch bei Betrachtung der Kontrollgruppe statistisch signifikante Unterschiede ($p<0,0001$). So war die Kraft bei Supination im Durchschnitt um 28,5% gegenüber der Kontrollgruppe gemindert.

Die Kraftseitendifferenz der Supinationswerte war in beiden Gruppen ausgewogen und ergab auch bei statistischer Betrachtung keine signifikanten Unterschiede ($p>0,30$).

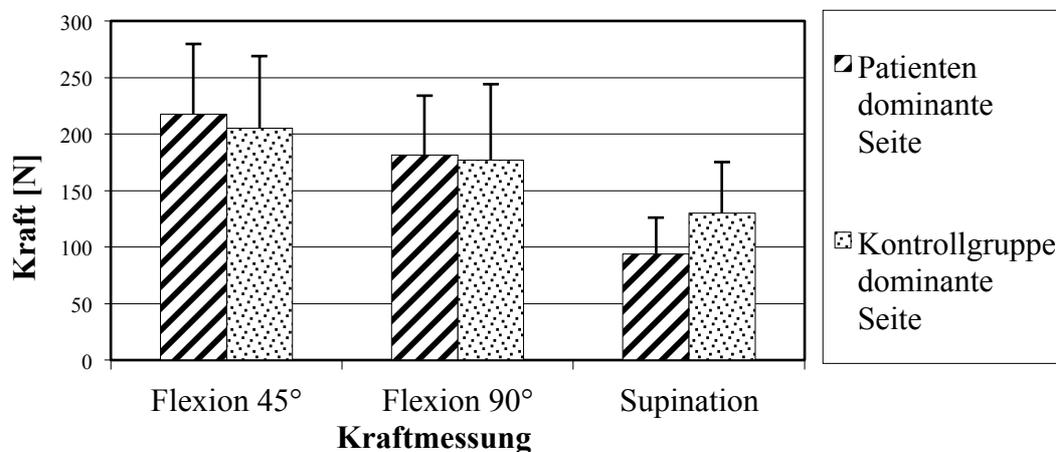


Abb. 43

Vergleich der dominanten Seite des Patientenkollektivs mit der dominanten Seite der Kontrollgruppe bezüglich der Maximalwerte der isometrischen Kraftmessung in 45° Flexion, 90° Flexion und Supination.

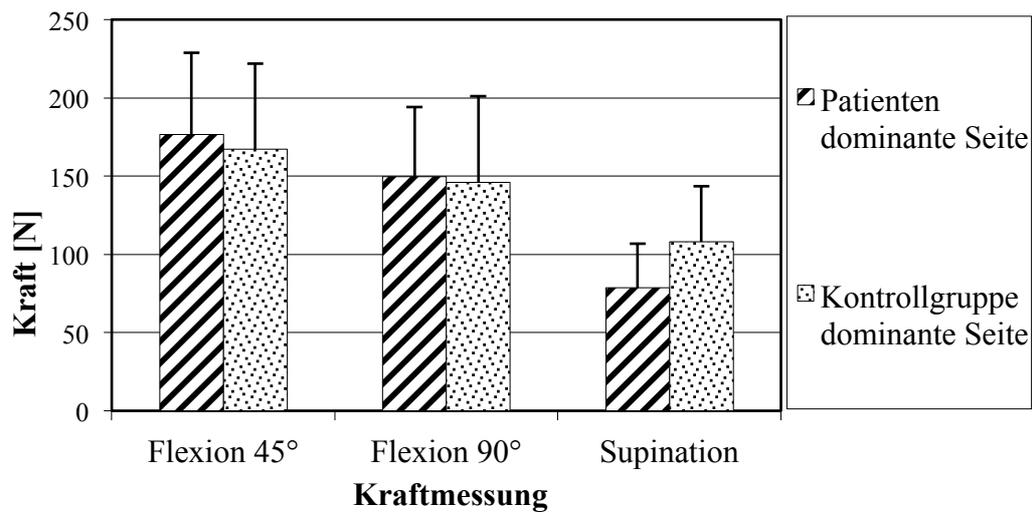


Abb. 44

Vergleich der dominanten Seite des Patientenkollektivs mit der dominanten Seite der Kontrollgruppe bezüglich der Durchschnittswerte der isometrischen Kraftmessung in 45° Flexion, 90° Flexion und Supination.

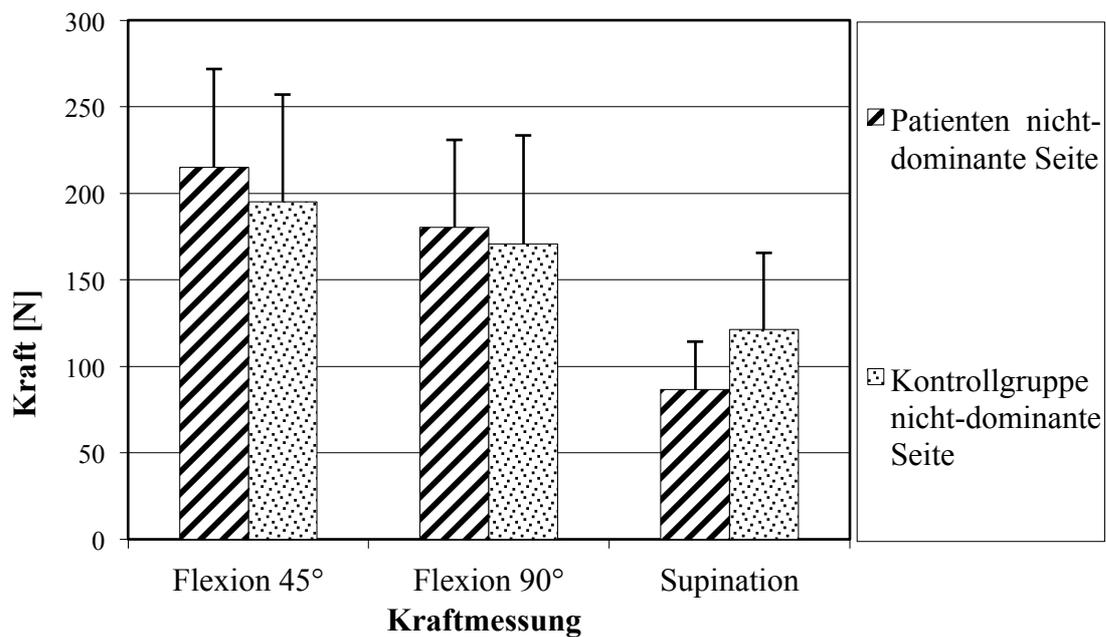


Abb. 45

Vergleich der nicht-dominanten Seite des Patientenkollektivs mit der nicht-dominanten Seite der Kontrollgruppe bezüglich der Maximalwerte der isometrischen Kraftmessung in 45° Flexion, 90° Flexion und Supination.

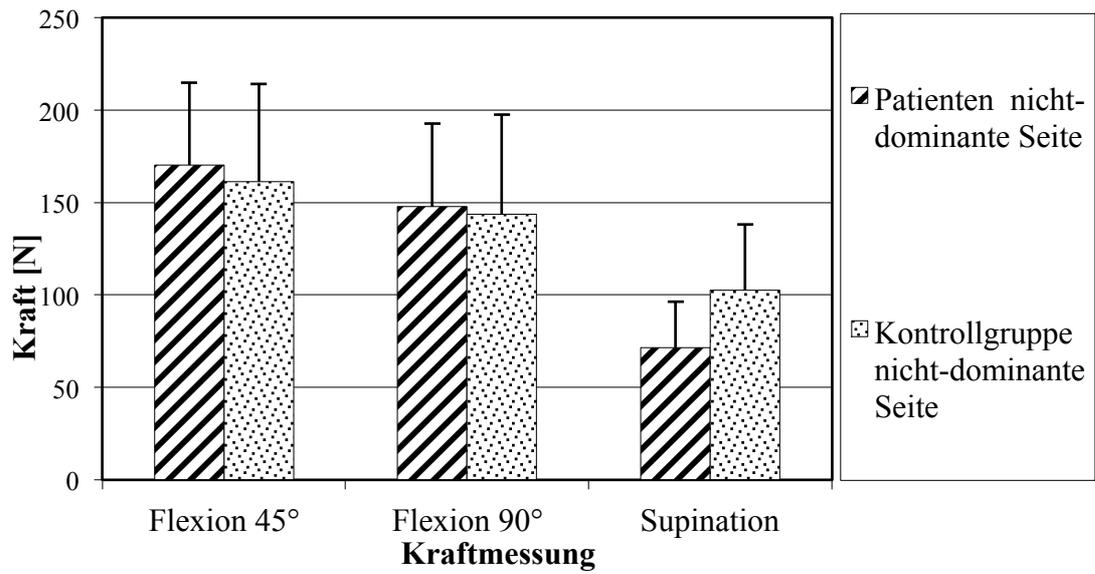


Abb. 46

Vergleich der nicht-dominanten Seite des Patientenkollektivs mit der nicht-dominanten Seite der Kontrollgruppe bezüglich der Durchschnittswerte der isometrischen Kraftmessung in 45° Flexion, 90° Flexion und Supination.

5. Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurde retrospektiv das subjektive und objektive Outcome von 49 Patienten, die in den Jahren 1998 bis einschließlich 2008 im Klinikum rechts der Isar in der Abteilung für Sportorthopädie und der Abteilung für Unfallchirurgie auf Grund einer distalen Bicepssehnenruptur am Ellenbogengelenk operiert wurden, erfasst. Die Refixation erfolgte mittels Fadenanker über eine anteriore „Single-Incision“-Technik. Historisch gesehen wurde die erste distale Bicepssehnenruptur 1843 von Starks in der Literatur beschrieben. [98] Da diese Verletzung nahezu immer eine Operationsindikation darstellt, wird die Ruptur der distalen Bicepssehne seit mittlerweile 100 Jahren operativ versorgt. [7, 67] Anfangs geschah dies über einen anterioren Zugang, dessen extreme Weichteildissektion oft das Risiko neurovaskulärer Schäden mit sich brachte. [101] Daher beschrieben Boyd & Anderson [16] 1961 erstmals ihre klassische „Double-Incision“-Technik, die ihrerseits zwar das Risiko der Nervenverletzung verringerte, jedoch andere Probleme wie heterotope Ossifikation und radioulnare Synostosen verursachte. Diese Technik wurde in Folge durch ein sogenanntes „Muscle-Splitting“ modifiziert, um einen besseren Zugang zur Läsion zu erhalten. [72, 104] Später versuchte man durch die Einführung der Fadenankerrefixation, die Inzidenz der Komplikationen, welche mit der „Double-Incision“-Technik assoziiert waren, weiter zu verringern. Dies wurde erstmals von Lintner & Fischer [89] beschrieben und ist seither als Standard in der Refixation der distalen Bicepssehnenruptur angesehen. [89, 127] Diese Technik kam auch bei unserem Patientengut zur Anwendung.

Bezüglich der Refixationsmethoden und der dafür verwendeten Materialien finden sich auch heute noch diverse Varianten, wie zum Beispiel die Biotenodesenschraube, die Interferenzschraube [39, 76, 84, 94, 95] oder der EndoButton[®]. [6]

Da sich die Gesamtheit aller den Biceps brachii-betreffenden Verletzungen mit 96% im Caput longum (proximal), mit 1% im Caput breve (proximal) [49] und nur mit 3% an der distalen Ansatzstelle der Bicepssehne verteilt [25], stellt unsere Studie mit 49 nachuntersuchten Patienten ein ausreichend großes, repräsentatives Patientenkollektiv dar. Die Nachuntersuchung der Patienten fand zwischen März 2009 und Januar 2010 statt. In Übereinstimmung mit der Literatur lag unser durchschnittliches Patientenalter in den mittleren Lebensjahrzehnten bei $51,0 \pm 9,9$ Jahren und es betraf überwiegend Männer (nur eine Frau in unserem Kollektiv). [7, 25, 104, 117]

5.1 Subjektives und objektives Resultat

Mit einem Notendurchschnitt von $1,8 \pm 0,7$ aus subjektiver Sicht der Patienten und von $2,0 \pm 0,6$ aus ärztlicher Sicht wurde das postoperative Ergebnis durchweg gut beurteilt. Keiner unserer Patienten war gänzlich unzufrieden. Lediglich ein Patient gab auf Grund einer Wundinfektion, die mehrmalige Revisionsoperationen nötig machte, bei der subjektiven Zufriedenheit „fair“ an, was einem mäßigen Ergebnis entspricht.

In der Studie von McKee et al [100] hingegen waren 81% (43/53) der „Single-Incision“-Technik subjektiv sehr zufrieden, 15% waren zufrieden und zwei Patienten waren unzufrieden, da sie Probleme bei starker mechanischer Beanspruchung hatten.

Subjektiv beurteilt fühlten sich $94,6 \pm 10,9\%$ unserer Patienten sportlich wieder fit und auch beruflich gaben $94,6 \pm 10,9\%$ an, wieder voll leistungsfähig zu sein. Das Defizit von knapp 6% könnte durch das Wissen um die Gefahr einer erneuten Bicepssehnenruptur und der daraus resultierenden Vorsicht bei der Ausübung des Sports liegen. Alle Kraftsportler unserer Studie (n=5) hingegen erreichten wieder das volle Ausmaß ihrer sportlichen Leistung. Ähnliches berichteten auch D'Alessandro et al [25] über ihre postoperativen Resultate nach Refixation der distalen Bicepssehne, bei welchen acht Athleten wieder die volle Ausübung des Kraftsports erreichten.

Die Beurteilung des Outcomes umfasst auch die Ermittlung der durchschnittlichen Arbeitsunfähigkeit. Dies gestaltete sich auf Grund der lückenhaften Aktenlage schwierig, da viele Patienten die Fortsetzung der Krankschreibung über den nachbehandelnden niedergelassenen (Haus-)Arzt bezogen. Da nur 27% unserer Patienten einem handwerklichen Beruf nachgingen, scheint dies eine realistische Zahl zu sein, deren relativ große Standardabweichung durch die Tatsache begründet ist, dass im Büro Tätige oder Selbständige früher zur Arbeit zurückkehren können als handwerklich tätige Patienten.

Ähnliche Ergebnisse finden sich auch in der Literatur. So gaben Cil et al [21] für die modifizierte „Double-Incision“-Technik durchschnittlich sieben Wochen bis zur vollen Funktionsfähigkeit des operierten Arms in ihrer Studie über 21 Patienten mit distaler Bicepssehnenruptur an. Für die Refixation mittels Biotenodesenschraube fand sich durchschnittlich ein Zeitraum der Arbeitsunfähigkeit von 6,5 bis 11 Wochen. [39, 56]

Hallam & Bain [53] berichteten bei neun Patienten, die mittels der EndoButton®-Refixationstechnik versorgt wurden, ebenfalls von einer kompletten Wiederaufnahme ihrer beruflichen Tätigkeit. In einer weiteren Studie ließ sich nach operativer Versorgung mittels Fadenanker ebenso das volle berufliche und sportliche Leistungsausmaß wiederherstellen. [75]

Betrachtet man nun die Score-Ergebnisse unserer Patienten, so spiegelt auch dies ein positives Outcome und eine insgesamt hohe Zufriedenheit der Patienten wieder. Da in den meisten Studien vorwiegend der Quick-DASH und weniger der Morrey-Score verwendet wird, eignen sich vor allem die in unserer Studie erzielten Quick-DASH-Ergebnisse der Patientengruppe ($7,9 \pm 13,9$ Punkte) zum Vergleich mit anderen Studien:

Für die „Single-Incision“-Technik berichten Kahn et al [75] von einem durchschnittlichen DASH-Score-Ergebnis von $14,5 \pm 4,8$ Punkten und McKee et al [100] von $8,2 \pm 11,4$ Punkten, was jeweils mit unseren Ergebnissen ähnlich bzw. vergleichbar ist. Auch zu dem DASH-Score-Ergebnis der Normalpopulation, das in einer Studie von Hudak et al [60] mit 6,2 ermittelt wurde, zeigte sich in unserem Patientenkollektiv nur eine geringe Differenz. Bezüglich der Refixation in „Double-Incision“-Technik finden sich in der Literatur eher inkonsistente DASH-Score Werte von $3,6 \pm 3,6$ [21] über $4,0 \pm 7,0$ [135] bis hin zu $42,8 \pm 3,5$ Punkten. [19]

5.2 Bewegungsausmaß und IsoForce-Control® Kraftmessung

Ein Kritikpunkt der „Double-Incision“-Technik ist das auf Grund des erweiterten Zugangs entstehende Auftreten von heterotopen Ossifikationen und radioulnaren Synostosen. [37, 72] Diese Knochenneubildungen können zu Bewegungseinschränkungen im Ellenbogengelenk führen. [37, 72] Daher legten wir ein besonderes Augenmerk auf die Erfassung des postoperativen Bewegungsausmaßes unserer Patienten, um derartigen Bewegungseinschränkungen bei der von uns durchgeführten „Single-Incision“-Technik zu erfassen.

Bei keinem unserer Patienten gab es nennenswerte Einschränkungen in Flexion, Extension oder Pronation. Lediglich das Ausmaß der Supination war durchschnittlich um knapp 4° im Gegensatz zur nicht-operierten Seite gemindert. 16 unserer Patienten erreichen nur Werte von 75° bis 80° . Betrachtet man in diesen Fällen dazu die Röntgenbilder, so findet man jedoch nur

bei 50% dieser supinationseingeschränkten Patienten eine potentielle, radiologisch detektierbare Ursache. Somit liegt die Vermutung nahe, dass heterotope Ossifikationen oder Verkalkungen der Sehne nicht allein ursächlich für Einschränkungen der Beweglichkeit angesehen werden können. Von den vier Patienten mit Ankerlockerung /-dislokation zeigten des Weiteren nur zwei Patienten eine Einschränkungen in der Beweglichkeit von 15°, die anderen beiden Patienten wiesen jedoch keine Defizite im Bewegungsausmaß auf. Bei dem Patienten mit der mehrmaligen Wundrevision nach Infektverlauf war die Supination mit einem Bewegungsausmaß von 15° nahezu aufgehoben. Erstaunlicherweise zeigte sein Röntgenbild jedoch keinerlei Auffälligkeiten hinsichtlich röntgendichter Verkalkungen bzw. Ossifikationen.

Grégory et al [52] ermittelten in einer Studie von 25, mittels Fadenankern versorgten, distalen Bicepssehnenrupturen ein durchschnittlich größeres Extensions- und Flexionsdefizit von 2,9°. Auch die Pronation war mit 8,6° eingeschränkt. Für die Supination errechneten sie nahezu vergleichbar zu unseren Werten eine Einschränkung von 5°. Ebenso fanden Khan et al [75] ein Extensionsdefizit von 5,3°, ein Flexionsdefizit von 6,2° und ein Pronationsdefizit von 11°. Das Supinationsbewegungsausmaß war bei ihren 18, mittels Fadenanker refixierten Patienten vergleichbar zu unserem Kollektiv mit 6,4° vermindert. In einer großen Studie von 53 Patienten fanden John et al [66] in vergleichbarer Weise keinerlei Defizite hinsichtlich Flexion und Extension. Die Unterarm-Rotation war in deren Studie nur bei zwei Patienten eingeschränkt. [66] Bei diesen Fällen fanden sich im Röntgenbild heterotope Ossifikationen. [66] Auch die Patienten der Studie von McKee et al [100] hatten keine Defizite in Extension, Flexion und Pronation. Bei der Supination erreichten sie durchschnittlich 83°.

Zum Vergleich findet man in der Studie von Darlis & Sotereanos [26] bei der Rekonstruktion chronischer distaler Bicepssehnenrupturen erstaunlicherweise keine relevanten Unterschiede zu akut versorgten Bicepssehnenrupturen. Auch hier war die Supination um durchschnittlich 4° vermindert, jedoch umfasste das Studienkollektiv nur sieben Patienten.

Bei der „Double-Incision“-Technik ergaben sich in den Studien von D’Alessandro et al [25], Bisson et al [14] und Weinstein et al [135] mit Patientenzahlen von zehn bis 45 Patienten überwiegend normale Werte des Bewegungsausmaßes mit lediglich einzelnen Ausreißern. Auch unter Verwendung der Biotenodesenschraube in der Studie von Fenton et al [39] zeigte sich ein unauffälliges postoperatives Bewegungsausmaß. Andere Studien, die eine „Double-Incision“-Technik durchgeführt haben, fanden jedoch bei dieser Technik vor allem

Pronationsdefizite von 3,5° [19] bis 11° [21, 55] und ein um 8,1° [19] bis 15° verringertes Supinationsausmaß. [21, 55] Schlechtere Ergebnisse im Vergleich zu unseren Patienten zeigten sich in den Studien von Greenberg et al [51] und Peeters et al. [112] Hier erreichten die Patienten nach Versorgung mit der EndoButton®-Operationstechnik nur rund 73° bis 77° in Pronation und 74° bis 77° in Supination. Die Extension und Flexion waren bei dieser Studie ebenfalls unauffällig. Ebenso zeigte die frühere, nicht-anatomische Refixation des Biceps brachii vor allem Supinationsdefizite. [28]

Ist bei der konservativen Behandlung der distalen Bicepssehnenruptur vor allem die Kraft beeinträchtigt [115], so zeigen sich teilweise gute Ergebnisse bezüglich des Bewegungsausmaßes. Baker & Bierwagen [7] zum Beispiel konnten bei zwölf von 13 behandelten Patienten ein volles Bewegungsausmaß beobachten. Allerdings können auch Defizite von 17° Pronation und 11° Supination aus konservativer Behandlung resultieren. [57] Analysiert man insgesamt die entsprechenden Vergleiche der Literatur, so lässt sich zusammenfassend sagen, dass das Bewegungsausmaß in Extension und Flexion überwiegend nicht beeinträchtigt ist. Vielmehr scheint das Defizit vorwiegend in der Supinationsrichtung zu liegen, was sich vermutlich aus der Tatsache ergibt, dass der Musculus biceps brachii als stärkster Supinator im Ellenbogengelenk wirkt. [58, 120] Jedoch auch andere Gründe wie eine inkorrekte anatomische Reinsertion der Sehne, Verwachsungen und Kontrakturen oder eine zu lange postoperative Immobilisation können eine Ursache hierfür sein.

Einer der wichtigsten Parameter in unserer Nachuntersuchung war die Flexionskraftmessung in 45° und 90° Flexion in Supinationsstellung sowie die Supinationskraftmessung in 90° Flexion mittels des IsoForce-Control® Kraftmessgeräts. In einer Studie von Askew et al [4] zeigte sich bereits, dass der Vergleich der Messergebnisse der operierten Seite mit denen der nicht-operierten Seite ein gutes Mittel zur Evaluation operationsbedingter Krafteinbußen darstellt. Daher wurden auch in unserer Studie die Werte der operierten Seite mit denen der nicht-operierten Seite verglichen und die Werte der nicht-operierten Seite folglich als Anhaltspunkt für das jeweilige Kraftausmaß der Patienten vor der Operation gesehen. In ihrer Studie mit gesunden Probanden von 1987 fanden Askew et al [4] eine Seitendifferenz von durchschnittlich 3% heraus und sahen daher auch den Kraftvergleich zwischen verletzter und nicht-verletzter Seite als verlässliche Methode an. Ähnliche Ergebnisse erzielten Gallagher et al. [44] In ihrer Studie ergab sich bei der isokinetischen Kraftmessung an gesunden

Probanden ein durchschnittlicher Unterschied von 7,4% im Vergleich dominante vs. nicht-dominante Seite.

35 unserer Patienten erreichten in 45° Flexion bessere Ergebnisse mit ihrer nicht-operierten Seite, obwohl dies bei 18 Patienten gleichzeitig die nicht-dominante Seite darstellte. Kritisch zu betrachten ist daher auch, ob bei den restlichen 17 Patienten der nicht-operierte Arm nur stärker war, da es sich um den dominanten Arm handelte.

Bei 14 Patienten war die Kraft der operierten Seite in 45° Flexion stärker, wobei in 50% der Fälle die dominante Seite betroffen war, so dass der Arm eventuell schon vor der OP der stärkere Arm gewesen ist. Dass der Unterschied im Kraftseitenvergleich jedoch mit $p=0,002$ statistisch signifikant ist, lässt folgendes Erklärungsmodell nur vage zu. In 90° Flexion war in 82% der Fälle der nicht-operierte Arm stärker und der Unterschied der Kraft im Vergleich der beiden Seiten war mit $p<0,0001$ ebenfalls statistisch signifikant. Die Patienten erreichten zwar die Kraft der kontralateralen, nicht operierten Seite nicht, jedoch belief sich die Kraftminderung der Flexion durchschnittlich nur auf ca.10%.

Die Supinationskraft hingegen ist mit einem durchschnittlichen Defizit von -36% nicht nur signifikant vermindert zur Gegenseite, sondern erreicht auch nur fünfmal bessere Ergebnisse auf der operierten Seite. So scheint die Supination nicht nur im Bewegungsausmaß, sondern auch bezüglich der Kraft, der hauptlimitierende Faktor für ein zufriedenstellendes postoperatives Ergebnis zu sein.

Unsere Primärhypothese, dass „operativ versorgte distale Bicepssehnenrupturen in anteriorer Fadenanker-Technik gute subjektive Ergebnisse erreichen, in der quantitativen Kraftmessung allerdings die Kraft der kontralateralen Seite nicht erreicht wird“ zeigt sich somit als bestätigt.

Betrachtet man Verletzungen der dominanten Seite noch einmal gesondert von den Verletzungen der nicht-dominanten Seite, so schneiden zwar Verletzungen der nicht-dominanten Seite bezüglich der Kraft durchschnittlich besser ab, der Unterschied ist aber statistisch nicht signifikant. Das in der Literatur beschriebene Verteilungsmuster mit überwiegend distalen Bicepssehnenrupturen im dominanten Arm, trifft in unserem Patientenkollektiv nicht zu. [25, 28, 52, 55, 100, 117] Hier ist nahezu ebenso oft die dominante Seite betroffen, wie die nicht-dominante Seite.

Leighton et al [86] betrachteten speziell die Kraftverhältnisse in dominantem und nicht-dominantem Arm nach einer Operation mittels „Double-Incision“-Technik. Sie ermittelten ein

Defizit von 14% Flexionskraft und Supinationskraft bei Verletzung des nicht-dominanten Arms und volle Wiederherstellung der Kraft, wenn der dominante Arm betroffen war. Bell et al [8] hingegen konnten beim Vergleich der Kraft bezüglich der Dominanz keine Unterschiede feststellen. Ihre Patienten erreichten nach 43 Monaten Follow-up Zeit wieder volle Kraft in beiden Armen. In der Arbeit von Lynch et al [92] wurde statt der transossären Refixation eine Refixation mittels Fadenankern gewählt. Die Auswertung der Ergebnisse ergab ein gutes Kraftverhältnis bei Patienten, deren dominanter Arm betroffen war, bei Ruptur im nicht-dominanten Arm hingegen erwies sich ein Defizit sowohl in Flexion als auch in Supination.

Allgemein sind Vergleiche mit der Literatur diesbezüglich schwierig, da oft keine Kraftmessung durchgeführt wurde oder die Ermittlung der Ausdauerleistung und der Drehmomentmaxima im Vordergrund stand. In unserer Studie hingegen wurde sowohl die Maximalkraft als auch die Durchschnittskraft ermittelt.

Studien wie die von McKee et al [100] über Patientenkollektive, die mittels „Single-Incision“-Technik und Fadenanker refixiert wurden, fand sich eine Flexionskraft (22 Monate postoperativ) von 96% und eine Supinationskraft von 93% . Leider wurden in dieser Studie nur 22 von 53 der nachuntersuchten Patienten der Kraftmessung unterzogen. Khan et al [75] gaben für Flexion und Supination durchschnittlich 82,1% an. In der Studie von Darlis & Sotereanos [26] wurde lediglich die Supinationskraft mit 87% ermittelt.

Betreffend der „Double-Incision“-Technik fanden sich in der Literatur zum Beispiel bei Weinstein et al [135] Werte von 95% sowohl für Flexion als auch für Supination und bei Cheung et al [19] von 91,4% Flexion und 89,4% Supination. In der Studie von D’Alessandro et al [25] ergab sich ein Defizit von 29% bei Verletzung der nicht-dominanten Seite, ein Flexionskraftdefizit bestand jedoch nicht. War der dominante Arm in diesem Kollektiv, betroffen zeigte sich eine 18%ige Kraftverminderung zur erhobenen Kontrollgruppe (bestehend aus zehn Bodybuildern, da die Patienten allesamt auch Kraftsportler waren). Morrey et al [104] fanden ein Jahr postoperativ eine Flexionskraft von 97% und eine Supinationskraft von 95% in ihrem Patientengut.

Ähnliche Ergebnisse lieferten auch Studien zur EndoButton[®] Methode. Bei Greenberg et al [51] war die Flexionskraft mit durchschnittlich 97% nahezu unverändert. Für die Supinationskraft ermittelten sie jedoch ebenso nur 82%. Peeters et al [112] hingegen fanden

eine annähernd unveränderte Supinationskraft (91%), wohingegen die Flexionskraft um 20% zur Gegenseite verringert war.

In Anbetracht dessen, dass eine nicht-operative Versorgung der distalen Bicepssehnenruptur eine Verminderung von bis zu 36% der Flexionskraft und bis zu 62 % der Flexionsausdauer bzw. bis zu 55% der Supinationskraft und bis zu 86% der Supinationsausdauer bedeuten kann [7, 30, 34, 85, 104, 107] und die postoperativen Resultate auch aus unserer Studie relevant besser sind untermauern sie die Wahl operativer Behandlungsstrategien.

Um die Messergebnisse unserer Patienten besser zueinander in Bezug setzen zu können und um zu beurteilen, ob sich die durchschnittlich errechnete Kraft in Flexion und Supination im Normalbereich befand, haben wir zudem Kraftmessungen an 50 gesunden Probanden durchgeführt. Nach unseren Kenntnissen ist dies die erste Studie mit einem derart großen und an Alter und Geschlecht der Patienten angeglichenen Vergleichskollektiv. Insbesondere wurde das durchschnittliche Alter der Probanden mit $50,2 \pm 13,5$ Jahren an das durchschnittliche Alter unserer Patienten mit $51,0 \pm 9,9$ Jahren angeglichen. D'Alessandro et al [25] haben zwar ebenfalls ein Normalkollektiv erstellt, doch waren es dort nur zehn Probanden. Baker & Bierwagen [7] erhoben ebenso ein Vergleichskollektiv von zehn Probanden, doch stand hier die Betrachtung von operativer Versorgung oder konservativer Behandlung der distalen Bicepssehnenruptur im Vordergrund.

Es zeigte sich, dass unsere Patienten sowohl in 45° als auch in 90° Flexion am supinierten Arm im Durchschnitt etwas stärker sind als das Kontrollkollektiv. Runtergerechnet auf das Körpergewicht jedoch ergaben sich keine relevanten Unterschiede und auch statistische Tests zeigten keine Signifikanz ($p > 0,10$). Deutliche Differenzen hingegen ergaben sich bei Betrachtung der Supinationskraft. Hier war die Kraft unseres Patientenkollektivs signifikant verringert verglichen mit der Kontrollgruppe, was es zudem erschwerte, Ergebnisse der Supinationskraft in Kontext zu setzen. Unsere Sekundärhypothese „In der quantitativen Kraftmessung für Supination und Flexion distaler Bizepssehnenrekonstruktion mittels Fadenanker werden keine vergleichbaren Werte mit einer repräsentativen gesunden Normalpopulation erreicht“ kann somit nur teilweise bestätigt werden, nämlich für die Supinationskraft.

5.3 Komplikationen

Da Schmerz einer der limitierenden postoperativen Faktoren ist, aus dem oft schmerzadaptierte Schonhaltungen hervorgehen, ist es äußerst zufriedenstellend, dass unsere Patienten das momentane Schmerzausmaß zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in der VAS durchschnittlich mit $0,2 \pm 0,9$ angaben. Gelegentliche Schmerzereignisse, vor allem bei extremer Belastung, wurden jedoch von 30% der Patienten berichtet. Relevante beeinträchtigt durch Schmerz war lediglich ein Patient, der auch schon bei anderen Testparametern der Nachuntersuchung schlecht abschnitt. Im Patientenkollektiv von John et al [66] litten zwei von 53 Patienten an leichten Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. In der Studie von Weinstein et al [135] konnten zwei Patienten auf Grund von Schmerzen bei Pronation und Supination nicht an der funktionellen Testung teilnehmen. Dies war bei keinem unserer Patienten der Fall. Des Weiteren wird in der Literatur weitgehend ebenfalls von Schmerzfreiheit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung berichtet. [26, 55, 100]

Ein weiteres Problem der Operationstechniken der distalen Bicepssehnenruptur stellt die postoperative Sensibilitätsstörung dar. Zwei unserer Patienten gaben diesbezüglich ein Pelzigkeitsgefühl entlang der Narbe an, was auf die Verletzung kleinster Hautnerven bei der Schnittführung des Zugangs zurückzuführen ist. Die Komplikation der Sensibilitätsstörung nach distaler Bicepssehnenrefixation ist ein in der Literatur oft diskutiertes Ereignis, auch wenn Klonz et al [81] nach einer Überprüfung von 277 Fällen aus der Literatur mit anatomischer Rekonstruktion der distalen Bicepssehnenruptur zu dem Schluss kamen, dass Nervenläsionen mit 3-4% eher zu den seltenen Komplikationen dieser OP zählen. Im Patientengut von Lynch et al [92], Lintner & Fischer [89] und John et al [66], jeweils Studien mit Verwendung der Fadenankertechnik, gab es keine Komplikationen bezüglich persistierender oder transienter Sensibilitätsstörungen. Das Patientengut von McKee et al [100] wies in 5,7% der Fälle Parethesien entweder im Bereich des Nervus cutaneus antebrachii lateralis oder im Bereich des Nervus interosseus posterior auf, welche sich innerhalb von sechs Wochen bis hin zu neun Monaten zurückbildeten. El-Hawary et al [34] hingegen berichteten von transienten Parästhesien im Bereich des Nervus cutaneus lateralis in 33% der Fälle, jedoch resultierte auch hier keine persistierende Sensibilitätsstörung.

Unter Verwendung der „Double-Incision“-Technik fanden Bisson et al [14] zwei Patienten mit einer für fünf Monate bestehenden Nervus cutaneus antebrachi lateralis-Läsion und drei weitere mit einer persistierenden Läsion dieses Nervs. Ein Patient hatte zudem eine Lähmung des Nervus interosseus anterior und musste deswegen in einer weiteren OP dekomprimiert werden. Ebenso trat in der Studie eine milde, inkomplette sensorische Lähmung des Nervus ulnaris auf. Die Patienten der Studie von Hartman et al [55] zeigten keine Sensibilitätsstörungen nach Refixation mittels „Double-Incision“-Technik. Kelly et al [72] berichteten in der größten Studie zur modifizierten „Double-Incision“-Technik (74 Patienten) von einer 31%igen Komplikationsrate, die neben vier heterotopen Ossifikationen auch fünf sensorische Parästhesien und eine transiente Nervenlähmungen des Nervus interosseus posterior enthielt.

Auch für die EndoButton[®] Methode sind sowohl komplikationsfreie Studien [53, 112] als auch Sensibilitätsstörungen vor allem im Bereich des Nervus cutaneus antebrachii lateralis zu finden. [51]

Weitere Komplikationen unserer Patienten war in vier Fällen eine transiente Radialisparese, die sich innerhalb von vier bis acht Monaten wieder regenerierte. Lediglich bei einem Patienten bestand zum Follow-up Zeitpunkt dadurch noch eine leichte Sensibilitätsstörung radialseitig vom Handgelenk nach proximal ziehend. Eben diese Komplikation ereignete sich auch bei je einem Patienten in den Studien von Khan et al [75] und John et al [66], führte aber zu keiner bleibenden Beeinträchtigung.

Als ursächlich für die transienten Lähmungen wird am ehesten die intraoperative Kompression des Nervs durch Operationsinstrumente, wie zum Beispiel durch Hakenzug oder das Anlegen einer Blutsperre, betrachtet.

Drei unserer Patienten hatten leichte Wundheilungsstörungen, wie sie auch in der Literatur im Patientengut von Weinstein et al [135] und Greenberg et al [51] auftraten.

Leider benötigte ein Patient auf Grund einer postoperativen Wundinfektion mehrere Wundrevisionsoperationen, was in diesem Falle zur Gebrauchsstörung, Bewegungseinbuße, Kraftminderung in Supination und Sensibilitätsstörung führte.

Rerupturen werden in der Literatur selten bis nie beschrieben und sind daher eher als Non-Compliance des Patienten bezüglich des postoperativen Protokolls zu sehen. [14, 19]

In unserem Patientenkollektiv gab es ebenfalls keine Reruptur. Eine durch ein postoperatives Röntgen entdeckte Ankerlockerung erforderte jedoch am ersten postoperativen Tag eine erneute operative Refixierung. Des Weiteren ereignete sich in vier Fällen eine Dislokation der eingebrachten Anker. Dieses Ereignis brachten die Patienten mit keinem erneuten Trauma in Verbindung. Daher ist es eher als Zufallsbefund zu werten, zumal die Lockerung der Anker weder mit Kraft- noch Bewegungseinbußen einherging. Die Bicepssehne war hierbei regelrecht und gut tastbar und die Patienten gaben keine Schmerzen an.

Heterotope Ossifikationen sind eine der häufig in der Literatur beschriebenen Komplikationen nach Refixation der distalen Bicepssehne. [4, 34, 80, 81] Dabei werden unterschiedliche Lokalisationen beschrieben. So findet man Verkalkungen sowohl an der Tuberositas radii als auch im Sehnenverlauf. Dieses Verteilungsmuster trifft auch auf unsere Patienten zu. Die in 39% der Fälle radiologisch festgestellten Ossifikationen waren in 6,1% der Fälle an der Tuberositas radii und in 16,3% im Sehnenverlauf festzustellen. In 16,3% fand sich eine Mischform aus beiden Lokalisationen. Laut Literatur zählt der Befund der heterotopen Ossifikation an der Tuberositas radii zu den häufigsten. [4, 34, 80, 81] Klonz et al [80] beschrieben die Lokalisation an der Tuberositas radii sogar mit 20-60%. Dies trifft jedoch für unsere Studie nicht zu, da eindeutig die Verkalkungen im Sehnenverlauf dominieren.

Neunmal traten in unserem Patientenkollektiv Verkalkungen der Sehne und heterotope Ossifikationen auf, obwohl diese Patienten im Durchschnitt sieben Tage Ossifikationsprophylaxe eingenommen hatten. Da die Verabreichung solcher Medikamente jedoch nicht standardmäßig an allen Patienten (nur 17 Patienten erhielten eine korrekte Ossifikationsprophylaxe) durchgeführt wurde, lässt sich über die Wirksamkeit keine definitive Aussage treffen. Auch in der Literatur wird die Evidenz von Nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAID) zur Ossifikationsprophylaxe noch kontrovers diskutiert. [52, 66]

Zwischen dem Auftreten von Bewegungseinschränkungen und dem radiologischen Befund von heterotopen Ossifikationen lässt sich insgesamt kein eindeutiger Zusammenhang erkennen, denn von 16 Patienten mit vermindertem Bewegungsausmaß, wiesen nur acht heterotope Ossifikationen auf. Ebenso ergab die statistische Auswertung von Patienten mit radiologisch auffälligem Befund keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Kraft im Vergleich zu Patienten ohne heterotope Ossifikationen. Unsere Hypothese, dass heterotope

Ossifikationen nicht mit dem klinischen Ergebnis korrelieren, ist somit zumindest für das Kraftausmaß belegt.

Für die Reinsertion mittels Fadenanker finden sich in der Literatur folgende Berichte über heterotope Ossifikationen: Eine heterotope Ossifikation in einem Patientenkollektiv von 17 Patienten fanden sowohl Khan et al [75], als auch Darlis & Sotereanos [26] in einem Patientenkollektiv von sieben Patienten. Lintner & Fischer [89] hingegen beobachteten in ihrem Studienkollektiv von fünf Patienten keinerlei heterotope Ossifikationen nach der Versorgung mittels Fadenanker. Dies ist zwar nur ein kleines Studienkollektiv, zeigt aber auch, dass eine Refixation mittels Fadenanker nicht zwangsläufig mit heterotopen Ossifikationen oder Verkalkungen der Sehne einhergehen muss. Dies stimmt mit unserem Patientengut überein, denn hier sind 61% frei von dieser Komplikation.

Belege heterotoper Ossifikationen bei anderen OP-Methoden finden sich einerseits zum Beispiel in der Studie von D'Alessandro et al [25] (zwei Fälle heterotoper Ossifikation in einem Patientenkollektiv von acht Athleten), andererseits aber auch in größeren Studie wie von Cil et al [74] mit einem Patientengut von 43 Patienten, in dem bei zwei Patienten die Komplikation einer heterotopen Ossifikation auftrat. In beiden Studien wurde die „Double-Incision“-Technik angewandt. Bei einer Studie von Greenberg et al [51] fanden sich unter Verwendung des EndoButtons® in 36% der Fälle heterotope Ossifikationen.

Radioulnäre Synostosen, wie sie eigentlich auch eher als Komplikation der „Double-Incision“-Technik von Boyd & Anderson beschrieben wurde, fanden sich bei keinem unserer Patienten. [14, 16, 86, 104]

Zusammenfassend lässt sich nun unter Einbeziehung der Literatur sagen, dass wie Klonz et al [80] es beschrieben, das Vorkommen von heterotopen Ossifikationen sowohl völlig asymptomatisch verlaufen, als auch Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen verursachen kann.

5.4 Statistische Vergleiche in den einzelnen Untergruppen

Wie bereits in 4.5.9 erwähnt, wurde die Kraft unserer Patienten gesondert nach dem Aspekt betrachtet, ob nur ein Anker oder mehr als ein Anker zur Refixation der Bicepssehne verwendet wurde. Dabei ergaben sich weder für die Betrachtung der Kraft in der operierten Seite noch für die Kraftseitendifferenz noch für die Score-Ergebnisse signifikante

Unterschiede. In der Literatur jedoch finden sich hierzu keine Studien, die diesen Aspekt in klinischer Hinsicht untersucht haben und daher zum Vergleich mit unseren Ergebnissen herangezogen werden könnten. Biomechanische Studien hingegen wurden bereits von diversen Autoren durchgeführt und bieten eventuell eine Hilfestellung bei der Wahl des geeigneten Ankermaterials und der Ankeranzahl. So waren Berlet et al [13] die erste Arbeitsgruppe, die Fadenanker (Mitek G II und Statak 5,2 mm) biomechanisch testeten. Sie bezogen aber weder Knochendichte mit ein noch stellten sie einen direkten Vergleich zwischen Verwendung eines oder mehrerer Anker an.

Für die Verwendung eines Mitek G II-Ankers ermittelten Pereira et al [113] eine Versagenskraft von 45,83 N in alten osteoporotischen Knochen und 56,67 N in jungen Knochen mit normaler Knochendichte. Wurden zwei Anker (3,5 mm) verwendet, so ergab sich in der Studie von Krushinski et al [84] eine durchschnittliche Versagenskraft von 147 N. In einem Review von Chavan et al [17] fanden die Autoren unter Einbezug von 50 Artikeln heraus, dass ein Anker im Vergleich zur transossären Refixation weniger Zugkraft aushält [113], wenn jedoch zwei Anker verwendet werden, die Ankerrefixation stärker ist. [87] Generell scheint es jedoch, dass in den meisten Studien zwei Anker verwendet wurden. [66, 135]

Wie bereits erwähnt, litt mehr als die Hälfte unserer Patienten an Übergewicht. Weitere 24% waren adipös. Wir konnten daher bei statistischer Betrachtung einen signifikanten Unterschied ($p=0,047$) bezüglich der maximalen Supinationskraft im Vergleich von Patienten mit einem $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ zu Patienten mit einem $BMI < 30 \text{ kg/m}^2$ feststellen. Auch die Score-Ergebnisse wichen beim Quick-DASH in den Gruppen $BMI < 25 \text{ kg/m}^2$ mit einem p-Wert von 0,03 signifikant von der Gruppe $25 \text{ kg/m}^2 \leq BMI \leq 30 \text{ kg/m}^2$ ab. Zur Gruppe $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ war das Ergebnis ebenfalls signifikant ($p=0,02$) abweichend. Die Schlussfolgerung, dass der BMI nun als weiterer Risikofaktor für die distale Bicepssehnenruptur betrachtet werden kann, ist insofern retrospektiv schwer nachzuvollziehen, da eventuelle Blutuntersuchungen zur Bestimmung des Cholesterins als schädigender Faktor nicht standardmäßig in den Patientenakten zu finden sind, beziehungsweise die präoperativen Blutwerte nicht mehr einzusehen waren. Auch histologische Probeentnahmen wurden intraoperativ nur 16-mal durchgeführt und zeigten nur bei fünf Patienten degenerative Vorschäden. Um zu überprüfen, ob der BMI ursächlich für diese Degenerationen gemacht

werden kann, müsste man dies an einem größeren Patientenkollektiv mit erhöhtem BMI prüfen.

Da man vier bis sechs Wochen nach dem Trauma von einer chronischen Ruptur spricht [53, 118], wurde in unserer Studie auch gesondert auf den Aspekt des Zeitraums zwischen Unfall und OP eingegangen. Operativ besteht bei chronischen Rupturen, wenn eine Mobilisation der Sehne und anschließende Versorgung zum Beispiel mittels Fadenankern nicht mehr möglich ist, noch die Möglichkeit der nicht-anatomischen Rekonstruktion oder die Verwendung von Allografts. [8, 80, 104] In unserem Patientenkollektiv lag der durchschnittliche Zeitraum von Unfall zur OP bei $21,7 \pm 31,5$ Tagen und war nur in fünf Fällen später als sechs Wochen. Es ergaben sich hierbei keine statistischen Unterschiede weder für den Kraft-, noch für den Score-Vergleich. In anderen Studien zur „Single-Incision“-Technik waren Zeiträume von durchschnittlich zwei bis drei Wochen bis zur OP angegeben. Es fanden sich aber auch hier Patienten, die erst nach 12 Wochen operiert wurden. Diese Patienten wurden jedoch keiner gesonderten Betrachtung unterzogen. [52, 66, 100]

Bisson et al [14] fanden in ihrem Patientengut eine Korrelation zwischen dem Auftreten von Komplikationen (funktionelle radioulnare Dysfunktion, Reruptur, nervale Dysfunktion, Bewegungseinschränkungen, heterotope Ossifikationen) und dem Zeitraum bis zur Operation. War der Zeitraum größer als 14 Tage, so verdoppelte sich das Auftreten von Komplikationen signifikant auf 40%. Aufgründessen sollte immer eine schnellstmögliche Diagnose und anschließend eine operative Versorgung angestrebt werden.

Bezüglich der gesondert betrachteten Follow-up Zeiträume ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Kraft- oder der Score-Ergebnisse. In der Literatur belaufen sich die Studien zur Fadenanker Technik mit ihrem Follow-up zwischen 29 Monaten bei McKee et al [100], bis zu 38 Monaten bei John et al [66] und bis zu 45 Monaten bei Khan et al. [76] Keine dieser Studien betrachtet jedoch ihre Patienten in Untergruppen bezüglich des Follow-up-Zeitpunkts.

Für unsere sechs Patienten mit von der Berufsgenossenschaft anerkannten distalen Bicepssehnenrupturen fanden wir durchschnittlich geringere Werte für die Flexion und Supination, jedoch ohne statistische Signifikanz. Bei den Ergebnissen der Score-Werte

hingegen war die Auswertung des DASH-Scores Modul Arbeit/Beruf und des Moduls Sport/Musik signifikant schlechter als bei den restlichen Patienten. Ähnliches berichten McKee et al [100] in ihrer Studie mit 53 Patienten, von denen zwölf „workmen’s compensation benefits“ erhielten. Hier war das durchschnittliche DASH-Score Ergebnis ebenfalls signifikant erhöht ($p=0,01$). Des Weiteren wurde in einer Studie von Viola et al [133] dokumentiert, dass BG-Fälle nach verschiedenen Operationen, die die obere Extremität betreffen, ein schlechteres Outcome und höhere DASH-Score Ergebnisse haben.

Unsere Hypothese, dass BG-lich versicherte Bicepssehnenrupturen schlechtere Ergebnisse erzielen, konnte somit bestätigt werden, auch wenn die Aussagekraft auf Grund der nur geringen Fallzahl BG-lich Versicherter in unserem Patientenkollektiv eingeschränkt ist.

Die Betrachtung der sieben Partialrupturen ergab keine signifikanten Unterschiede im Kraft- und Score-Vergleich und auch in der Literatur finden sich nach unserem Wissen keine Angaben von Partialrupturen mit anschließender Fadenankerversorgung. Oft werden Partialrupturen auch erst intraoperativ entdeckt. In der Studie von Peeters et al [112] wurden die vier intraoperativ entdeckten Partialrupturen schließlich mit EndoButton[®] refixiert. Da Partialrupturen von mehr als 50% operativ versorgt werden, indem der Rest der noch bestehenden Sehne erst gelöst und dann die Sehne im Ganzen refixiert wird [5], sind grundsätzlich auch keine Unterschiede zu Komplettrupturen zu erwarten. Unsere Hypothese, es bestünde ein Unterschied zwischen Partial- und Komplettrupturen, wurde somit widerlegt. Aber auch hier beschränkt die geringe Fallzahl die Aussagekraft dieses Teilaspektes.

Die Ruptur der distalen Bicepssehne betrifft Frauen nur sehr selten und wurde erstmals 1999 in der Literatur beschrieben. [115] Im weiteren Verlauf wurde von weiteren Einzelfällen bei Frauen berichtet. [117] So zum Beispiel findet sich ein Fallbericht von Toczyłowski et al [131] über zwei Frauen mit distaler Bicepssehnenruptur, in dem die Autoren davon ausgehen, dass auf Grund von steigender athletischer Betätigung bei Frauen auch das Ereignis der distalen Bicepssehnenruptur in diesem Geschlecht ansteigen wird.

5.5 Stärken und Schwächen der Studie

In der Vergangenheit wurden die Ergebnisse der distalen Bicepssehnenruptur und die anschließende Refixation mittels Fadenanker über einen anterioren singulären Zugang in der Literatur bereits mehrfach publiziert, jedoch wurden immer nur einzelne Outcome-Parameter berücksichtigt. So hatten zum Beispiel John et al [66] in ihrer Studie “Single-incision repair of acute distal biceps ruptures by use of suture anchors“ von 2007 mit 53 Patienten und einem durchschnittlichen Follow-up von 38 Monaten (mindestens 24 Monate) ein großes Patientenkollektiv und ein gutes mittleres Follow-up, jedoch wurden weder Aktivitätsscores noch Kraftmessungen durchgeführt. Diese Kriterien wurden dagegen in der Studie “Patient-oriented functional outcome after repair of distal biceps tendon ruptures using a single-incision technique“ von McKee et al [100] 2005 berücksichtigt (Follow-up von durchschnittlich 29 Monate bei mindestens sechs Monaten Nachuntersuchungszeit, Verwendung des DASH-Score, Erhebung des Bewegungsausmaßes), dagegen wurde aber die Kraftmessung nur bei 22 von 53 Patienten durchgeführt.

Daher liegen die Stärken unserer Studie nicht nur in dem großen Patientenkollektiv (49 von 63 entsprechend einem Lost-to-Follow-up von lediglich 22%) und dem längeren mittleren Follow-up (durchschnittlich 44,2 Monate, mindestens zwölf Monate Nachuntersuchungszeitraum), sondern auch in der Erhebung mehrerer funktioneller Outcome-Parameter (Bewegungsausmaß, grobe Kraft, Umfangsmessung), der Erfassung von Komplikationen wie heterotoper Ossifikation durch Bildgebung und die dreimalige Kraftmessung aller Patienten in 45° bzw. 90° Flexion in Supinationsstellung sowie in Supination und 90° Flexion für beide Armseiten. Zudem wurden der Morrey-Score und der Quick-DASH Score für alle Patienten ausgewertet. Die Patienten, die an der Studie teilnahmen, wurden alle im Klinikum rechts der Isar zwischen 1998 bis 2008 operiert und wiesen keine Voroperationen am Bewegungsapparat der oberen Extremitäten auf.

Unsere Studie untersuchte des Weiteren mehrere Subgruppen innerhalb unseres Patientenkollektivs, um mögliche Ursachen für Unterschiede in den klinischen Outcome-Parametern zu evaluieren. So wurden die Kraft- und Score-Ergebnisse der Patienten hinsichtlich Verletzungen der dominanten Seite, heterotoper Ossifikationen, Ankerzahl, BMI, Zeitraum zwischen Trauma und OP, Follow-up-Zeitraum, Versicherungsstatus und Partialruptur unterschieden und statistisch aufgearbeitet. Nach unserer Kenntnis ist diese

Studie zudem die Einzige mit einem Vergleichskollektiv von 50 Patienten, deren Alter und Geschlecht dem Alter und Geschlecht der Patienten angeglichen wurden und die ebenso keine Voroperationen der oberen Extremitäten aufwiesen. Hierbei kristallisierte sich als zusätzlicher Risikofaktor ein erhöhter BMI unserer Patienten heraus. Da ein erhöhter BMI-Wert in der Regel mit einer Hyperlipidämie verbunden ist und diese bereits als Risikofaktor für Sehnenverletzungen in diversen Studien beschrieben wurde, [2, 93, 110] ist auch in unserem Patientenkollektiv von einem negativen Einfluss des erhöhten Körpergewichts hinsichtlich des Outcomes des postoperativen Bewegungsausmaßes und der Kraftergebnisse sowie der damit verbundenen Patientenzufriedenheit auszugehen. Um jedoch eine definitive Aussage treffen zu können, ob es sich um einen neuen Risikofaktor speziell für Rupturen der distalen Bicepssehne handelt, muss in weiteren Studien untersucht werden.

Limitationen unserer Studie ergeben sich überwiegend aus dem Charakter einer retrospektiven Studie. So fand keine Vergleichskraftmessung vor der OP der verletzten Seite statt, so dass man als Anhaltspunkt lediglich die Kraft der kontralateralen Seite betrachten kann. Es wurden weiterhin nicht bei allen Patienten standardmäßig histologische Proben entnommen, so dass wir keine einheitliche Aussage über Vorschäden oder Degenerationen der distalen Bicepssehne treffen können. Auf Grund des relativ langen Betrachtungszeitraum und der verschiedenen Operateure (Patientengut aus zwei unterschiedlichen chirurgisch tätigen Abteilungen) ist das verwendete Faden- und Ankermaterial nicht einheitlich und die Untergruppen sind zu klein, als dass sich hier eventuelle Unterschiede durch unterschiedliches Refixationsmaterial evaluieren ließen. Ob eine standardmäßige Ossifikationsprophylaxe mit nichtsteroidalen antiinflammatorischen Medikamenten sinnvoll ist und der Bildung heterotoper Ossifikationen relevant vorbeugt, müssen spätere Studien zeigen, da die Verabreichung dieser Medikamente in der Vergangenheit in unserem Hause nicht standardmäßig stattfand bzw. sich manche Patienten diesbezüglich als nicht compliant zeigten oder die entsprechende Aufklärung über eventuelle Vorteile einer Einnahme nichtsteroidaler Antiphlogistika als Ossifikationsprophylaxe nicht ausreichend von Seiten der Ärzte mit dem Patienten diskutiert wurde. Mit der Umstellung auf digitale Krankenakten ist es zwar für die kürzlich erfassten Patienten gelungen, den stationären Verlauf lückenlos nachzuvollziehen, für Patienten aus früheren Jahren hingegen bestanden hier jedoch zum Teil Dokumentationslücken, zumal in den Krankenakten keine Informationen über den

tatsächlichen Verlauf bzw. Gebrauch an nichtsteroidalen Antirheumatika nach dem stationären Aufenthalt zu finden sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das klinische und funktionelle Outcome unserer Patienten sowohl aus unserer Sicht als auch der Sicht des Patienten als überwiegend gut bis sehr gut zu bewerten ist. Das postoperative Ergebnis zeigte sich weitestgehend komplikationslos, dennoch gilt es weiterhin, den Patienten über mögliche Risiken und alternative OP-Verfahren aufzuklären. Unsere Patienten zeigten insgesamt ein gutes Ergebnis in den Kraftwerten, auch wenn die Kraft der kontralateralen Seite nicht immer erreicht wurde, was insbesondere für die Supinationskraft zutrif. Es ergaben sich keine relevanten Unterschiede innerhalb des Patientenkollektivs bei Analyse von Subgruppen hinsichtlich Partialrupturen, heterotopen Ossifikationen oder der Anzahl der verwendeten Anker.

6. Zusammenfassung

An der Gesamtheit aller, den Musculus biceps brachii und seiner Sehnen betreffenden Verletzungen, nehmen die Rupturen am distalen Ende der Bicepssehne nur rund 3 % ein. Trotz des eher seltenen Ereignisses der distalen Bicepssehnenruptur wurden in der Vergangenheit bereits diverse operative Verfahren der Refixation bzw. Reinsertionstechniken mit ihren Vorteilen und Risiken beschrieben. Ziel der vorliegenden Arbeit war die Evaluation des klinischen Outcomes operativ versorgter, distaler Bicepssehnenrupturen durch Refixation mittels Fadenanker in der sogenannten „Single-Incision“-Technik anhand subjektiver und objektiver Bewertungskriterien.

Von 1998 bis einschließlich 2008 wurden 72 Patienten operativ nach distaler Bicepssehnenruptur versorgt (1 Frau/71Männer). Das Kollektiv umfasste 63 Patienten, die mittels Fadenanker und neun Vergleichs-Patienten, die transossär refixiert wurden. Neun Patienten, die in einer transossären Technik versorgt wurden, wurden ad primam ausgeschlossen. Von den 63 Patienten konnten 49 Patienten (\bar{x} Alter $51,4 \pm 9,9$ Jahre) bei einem mittleren Follow-up von $44,2 \pm 32,1$ Monaten (mind. 12 Mon.) persönlich nachuntersucht und somit in die Studie eingeschlossen werden (78%). Als subjektive Bewertungskriterien wurden die globale Patientenzufriedenheit, der Morrey-Score, der Quick-DASH und dessen fakultative Module Arbeit/Beruf bzw. Sport/Musik herangezogen. Als objektive Kriterien dienten das Bewegungsausmaß, Umfangsmessung, grobe Kraft und die quantitativ bestimmte isometrische Kraftmessung (maximale und durchschnittliche Flexionskraft in 45° und 90° in Supinationsstellung sowie Supinationskraft in 90° Flexion mittels des IsoForceControl[®] Kraftmessgerätes) im Seitenvergleich. Zur Bestimmung des postoperativen Schmerzausmaßes fand die Visuelle Analogskala (VAS) Verwendung. Komplikationen, radiologisch-bildgebende Veränderungen der Sehne im zeitlichen Verlauf bzw. heterotope Ossifikationen der Tuberositas radii wurden radiologisch erfasst. Zum besseren Vergleich der Kraftmessung wurde zudem eine gesunde Kontrollgruppe von 50 Personen (\bar{x} Alter $50,2 \pm 13,5$ Jahre) messtechnisch evaluiert. Zur statistischen Auswertung wurden der gepaarte T-Test, der Wilcoxon-Test, der Kruskal-Wallis Test und der Mann-Whitney Test (Signifikanzniveau $p < 0,05$) verwendet.

Die globale subjektive Zufriedenheit bewerteten die Patienten insgesamt mit der Note $1,8 \pm 0,7$. Der Morrey-Score lag im Ø bei $97,2 \pm 5,0$ Punkte (100 max.), der Quick-DASH bei $8,0 \pm 14,0$ (0 max.). Die VAS lieferte durchschnittliche Werte von $0,2 \pm 0,9$ Punkte. Die aktive Flexion bzw. Extension ($133 \pm 6^\circ$ bzw. $0 \pm 3^\circ$) und die Pronation (Ø $89 \pm 2^\circ$) war im Vergleich zur gesunden Gegenseite nicht, die Supination jedoch signifikant im Durchschnitt um 6° eingeschränkt ($p < 0,001$). Die Umfangsmessung und Ermittlung der groben Kraft ergaben keine relevanten Auffälligkeiten bzw. Defizite. Die isometrische maximale Flexionskraft in 45° bzw. 90° Flexion war im Mittel um $9,7\%$ bzw. $13,7\%$ signifikant geringer ($p < 0,001$) zur gesunden Gegenseite, ebenso wie die Supinationskraft (in 90° gebeugtem Ellenbogengelenk) mit $36,4\%$ ($p < 0,0001$). Der Vergleich zwischen operierter dominanter ($n=25$) und nicht-dominanter ($n=24$) Armseite zeigte sowohl für die erhobenen Scores als auch für die Kraftmessungen keine Signifikanz. Weder der Operationszeitpunkt [1-3 Wochen ($n=37$) vs. 3-6 Wochen ($n=7$) vs. > 6 Wochen ($n=5$)] noch der Follow-Up-Zeitpunkt [1-2 J. ($n=19$) vs. 2-5 J. ($n=19$) vs. > 5 J. ($n=11$)] hatten einen signifikanten Einfluss auf die resultierende Kraft oder die Ergebnisse in den Scores. Auch durch die Anzahl der verwendeten Fadenanker [1 Anker ($n=14$) vs. ≥ 2 Anker ($n=35$)] zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Kraft bzw. in den Score-Ergebnissen. Heterotope Ossifikationen bzw. intratendinöse Verkalkungen fanden sich in 39% ($n=19$) der Fälle. Eine signifikante Kraftdifferenz bzw. ein Unterschied in den erhobenen Scores konnte im Vergleich zu Patienten ohne radiologische Veränderungen jedoch überraschenderweise nicht festgestellt werden. Bei 90% ($n=45$) der Patienten lag der BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$. Dabei konnten wir einen signifikanten Unterschied ($p=0,047$) bei der maximalen Supinationskraft im Vergleich von Patienten mit einem BMI $< 25 \text{ kg/m}^2$ feststellen. Beim Quick-DASH unterschieden sich Patienten mit BMI $< 25 \text{ kg/m}^2$ signifikant von der Gruppe $25 \text{ kg/m}^2 \leq \text{BMI} \leq 30 \text{ kg/m}^2$ ($p=0,028$) und von der Gruppe BMI $> 30 \text{ kg/m}^2$ ($p=0,023$). Gesonderte Betrachtungen der Gruppen mit Partialruptur, „Double-Incision“-Technik und BG-lich versicherte Patienten ergaben keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Kraft. Die Score-Ergebnisse waren nur bei den BG-lich versicherten Patienten im DASH-Score Modul Arbeit/Beruf ($p=0,042$) und im Modul Sport/Musik ($p=0,019$) signifikant abweichend.

Die Versorgung der distalen Bicepssehnenruptur in „Single-Incision-Fadenanker“-Technik zeigt im kurz- und mittelfristigen Verlauf insgesamt gute bis sehr gute subjektive wie objektive Ergebnisse, obwohl die Kraft der gesunden Gegenseite nicht erreicht wurde.

Dauerhafte Komplikationen konnten wir in unserem Patientenkollektiv mit Ausnahme eines Patienten, der eine postoperative Wundinfektion hatte und mehrfach revidiert werden musste, bei dieser Operationstechnik nicht feststellen. Die Betroffenheit des dominanten Armes, der Operationszeitpunkt, das Follow-up und radiologische Veränderungen haben ebenso wenig Einfluss auf das funktionelle Ergebnis wie die Zahl der verwendeten Fadenanker. Als bisher noch nicht beschriebener Co-Risikofaktor fand sich ein BMI > 25 kg/m².

Im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe (Nullkohorte) fiel eine schwächere Supinationskraft sowohl an der dominanten als auch an der nicht-dominanten Seite der Patienten auf, wobei zu berücksichtigen ist, dass in ca 50% der Fälle die jeweilige Seite bereits operiert war.

II Anhang

Untersuchungsbogen

Retrospektive Untersuchung
nach Refixation mittels Fadenanker
bei distaler Bicepssehnenruptur

Patientennummer:

Patientenaufkleber:

A - Allgemeiner Teil

PATIENTENDATEN

Patient

geb. am

Telefon

Email

Adresse

Alter..... Größe..... Gewicht..... BMI.....

A.1 DIAGNOSE

.....

A.2 ANAMNESE

Unfalltag ____ / ____ / ____

Unfall privat im Beruf (BG-Versicherungsfall)

Unfallhergang

.....

Voroperationen/ Nebenerkrankungen/ Sonstiges (offene Verletzung, Begleitverletzungen, Medikamente, ...)

.....

A.3 RISIKOFAKTOREN

Sport (Wurfsportarten/ Leistungssport)

.....

Beruf handwerklich nicht handwerklich

Händigkeit Rechtshänder Linkshänder

A.4 BILDGEBUNG

Röntgen

MRT ja nein

Befund(Lokalisation der Ruptur, Sehnenqualität, vorbestehende Degeneration, ...)

A.5 OPERATION

Operationsdatum ____ / ____ / ____ (Unfalltag _____)

Operation (Zugangsart, Ruhigstellung, ...)

Implantate und Fadenmaterial

Operationszeit _____

Ossifikationsprophylaxe (Ibuprofen, Voltaren oder Indomet ?)

A.6 KOMPLIKATIONEN (Infekt, Thrombose, Implantatversagen, Nervenschaden...)

A.7 RE-OPERATION

Anzahl : 1 2 3 4

Datum ____ / ____ / ____

A. 8 DAUER DER AU (Rückkehr zur Arbeitsfähigkeit, Wiedereingliederungsverfahren)

B - Klinische Untersuchung

Vom Untersucher auszufüllen:

Patientennummer/Aufkleber

OP-Datum ____ / ____ / ____

Untersuchungsdatum ____ / ____ / ____ (Follow-Up mind. 12 Monate)

Betroffene Seite rechts links

Verlauf/ Komplikationen

.....

B.1 INSPEKTION UND PALPATION

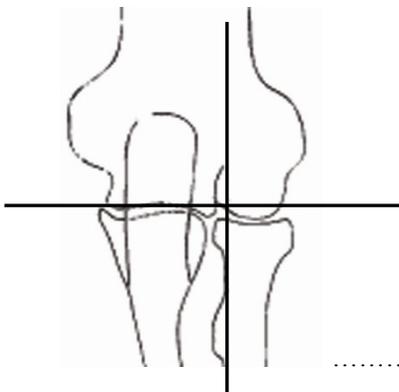
1.1. Narben/ Hautstatus

.....

Schwellung	Ø	+	++	+++
Überwärmung	Ø	+	++	+++
Rötung	Ø	+	++	+++
Krepitation	Ø	+	++	+++
Blockierung	Ø	+	++	+++

1.2. Druckschmerzpunkte

(entsprechende Markierungen in das Schema einzeichnen)



B.4 ISOFORCE-CONTROL® Kraftmessung

FLEX (45°)

Max _____
Durchschnitt _____

Gegenseite

Max _____
Durchschnitt _____

FLEX (90°)

Max _____
Durchschnitt _____

Max _____
Durchschnitt _____

SUPINATION

Max _____
Durchschnitt _____

Gegenseite

Max _____
Durchschnitt _____

B.5 UMFANGSMESSUNG

5 cm proximal der Ellenbeuge _____ cm _____ cm Gegenseite (gesund)
auf Höhe der Ellenbeuge _____ cm _____ cm Gegenseite (gesund)
5 cm distal der Ellenbeuge _____ cm _____ cm Gegenseite (gesund)

Atrophiezeichen - inspektorisch ja nein

Sonstiges

.....

B.6 BELASTUNGSMASS („was können sie mit dem Ellenbogen, was nicht ?“)

Sport

Beruf

B.7 PATIENTENZUFRIEDENHEIT

GLOBALURTEIL ARZT UND PATIENT

Zur Wirksamkeit

Arzt:	Patient:
<input type="checkbox"/> sehr gut	<input type="checkbox"/> sehr gut
<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> gut
<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> mäßig
<input type="checkbox"/> schlecht	<input type="checkbox"/> schlecht
<input type="checkbox"/> sehr schlecht	<input type="checkbox"/> sehr schlecht

B.8 Scores

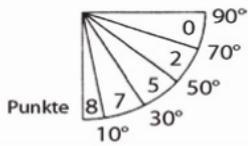
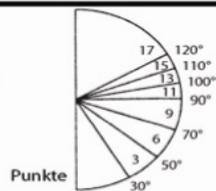
VAS - visuell analog scale (vom Untersucher auszufüllen)

Wie beurteilen sie den Schmerz in Ihrem Ellenbogengelenk heute? (bitte nur 1 Kästchen ankreuzen)

keinerlei Schmerz	<input type="checkbox"/>	stärkster Schmerz, den ich mir vorstellen kann										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Morrey Elbow Score

(vom Untersucher auszufüllen)

Ellenbogenscore					
Schmerz (30 Punkte)					
Keiner				(Punkte)	30
Leicht, bei andauernder Aktivität, keine Schmerzmittel				(Punkte)	25
Mittelmäßig, bei gelegentlicher Aktivität, wenig Schmerzmittel				(Punkte)	15
Stärker, viel Schmerzen, häufig Schmerzmittel				(Punkte)	10
Stark, ständig Schmerzen, Aktivität eingeschränkt				(Punkte)	5
Gebrauchsunfähig				(Punkte)	0
Bewegungsumfang (37 Punkte)					
Extension 	Flexion 				
Pronation	0,1 Punkte pro ° (maximal 6 Punkte)				
Supination	0,1 Punkte pro ° (maximal 6 Punkte)				
Kraft (15 Punkte)					
		Flex.	Ext.	Pron.	Sup.
Normal 100%	(Punkte)	5	4	3	3
Gut 75-99%	(Punkte)	4	3	2	2
Ausreichend 50-74%	(Punkte)	3	2	1	1
Schlecht 25-49%	(Punkte)	2	1	0	0
Angedeutet 10-24%	(Punkte)	1	0	0	0
Null 0-9%	(Punkte)	0	0	0	0
Instabilität (6 Punkte)					
		Ant./Post.	Med./Lat.		
Keine	(Punkte)	3	3		
Leicht <5mm, <5°	(Punkte)	2	2		
Mäßig <10mm, <10°	(Punkte)	1	1		
Schwer >10mm, >10°	(Punkte)	0	0		
Funktion (12 Punkte)					
1. Schürzengriff					Punkte
2. Aufstehen vom Stuhl				Normal	1
3. Analhygiene				Leichte Beeinträchtigung	0,75
4. Waschen der gegenseitigen Achselhöhle				Schwierig	0,5
5. Essen mit Besteck				Mit Hilfe	0,25
6. Haare kämmen				Unmöglich	0
7. 5-7 kg Tragen					
8. Anziehen					
9. Ziehen					
10. Werfen					
11. Normale Arbeit verrichten					
12. Normalen Sport ausüben					

Gesamtpunktzahl _____

B.9 BILDGEBUNG

Röntgen (Arthrosezeichen, heterotope Ossifikationen, ...)

.....

Arthrostadium

- | | | |
|-----------|--------------------------|--|
| Stufe 0 | <input type="checkbox"/> | keine Veränderungen |
| Stufe I | <input type="checkbox"/> | Sklerosierung der Gelenkflächen |
| | <input type="checkbox"/> | unverschmälerter Gelenkspalt |
| | <input type="checkbox"/> | keine/ geringe Ausziehungen humeroradial |
| | <input type="checkbox"/> | keine Zysten |
| Stufe II | <input type="checkbox"/> | verschmälerter Gelenkspalt |
| | <input type="checkbox"/> | Zysten/ Anbauten |
| | <input type="checkbox"/> | unregelmäßige Gelenkflächen |
| Stufe III | <input type="checkbox"/> | starke Veränderungen bis zur Ankylose |

C - Patientenfragebogen

C.1 Quick-DASH

(vom Patienten auszufüllen)

	keine Schwierigkeiten	geringe Schwierigkeiten	mäßige Schwierigkeiten	erhebliche Schwierigkeiten	nicht möglich
1. Ein neues oder fest verschlossenes Glas öffnen					
2. Schwere Hausarbeit (z. B Wände abwaschen, Boden putzen)					
3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen					
4. Ihren Rücken waschen					
5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden					
6. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)					
	überhaupt nicht	ein wenig	mäßig	ziemlich	sehr
7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm-/Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn während der vergangenen Woche beeinträchtigt?					

	überhaupt nicht eingeschränkt	ein wenig eingeschränkt	mäßig eingeschränkt	sehr eingeschränkt	nicht möglich
8. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?					
	keine	Leichte	Mäßig	Starke	sehr starke
9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand					
10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand					
	keine Schwierig- keiten	Geringe Schwierig- keiten	mäßige Schwierig- keiten	erhebliche Schwierig- keiten	nicht möglich
11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche auf Grund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich?					

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf Ihre Arbeit (einschließlich Haushaltsführung, falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist).

Bitte geben Sie Ihre/n Arbeit/Beruf hier an: _____

Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	keine Schwierig- keiten	Geringe Schwierig- keiten	mäßige Schwierig- keiten	erhebliche Schwierig- keiten	nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?					
2. Auf Grund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?					
3. So gut zu arbeiten, wie Sie es möchten?					
4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?					

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides. Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist. Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an: _____

Ich treibe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	keine Schwierigkeiten	geringe Schwierigkeiten	mäßige Schwierigkeiten	erhebliche Schwierigkeiten	nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?					
2. Auf Grund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?					
3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?					
4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?					

DASH-Gesamt _____

III Literaturverzeichnis

- [1] Abalo, A., Tomta, K., James, N., Walla, A., Agounke, W., Dossim, A. [Results of transosseous reattachment for distal rupture of the biceps tendon. Evaluation of results]. *Chir Main.* 30, 35-39
- [2] Abboud, J. A., Kim, J. S. The effect of hypercholesterolemia on rotator cuff disease. *Clin Orthop Relat Res.* 468, 1493-1497
- [3] Aquaviva. Rupture du tendon inferieur du biceps brachii droit a son insertion sur la tuberosite bicipitale: Tenosuture success operatoire. *Marseilles Med.* 35 (1898) 570
- [4] Askew, L. J., An, K. N., Morrey, B. F., Chao, E. Y. Isometric elbow strength in normal individuals. *Clin Orthop Relat Res.* (1987) 261-266
- [5] Bain, G. I., Johnson, L. J., Turner, P. C. Treatment of partial distal biceps tendon tears. *Sports Med Arthrosc.* 16 (2008) 154-161
- [6] Bain, G. I., Prem, H., Heptinstall, R. J., Verhellen, R., Paix, D. Repair of distal biceps tendon rupture: a new technique using the Endobutton. *J Shoulder Elbow Surg.* 9 (2000) 120-126
- [7] Baker, B. E., Bierwagen, D. Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. Operative versus non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 67 (1985) 414-417
- [8] Bell, R. H., Wiley, W. B., Noble, J. S., Kuczynski, D. J. Repair of distal biceps brachii tendon ruptures. *J Shoulder Elbow Surg.* 9 (2000) 223-226
- [9] Belli, P., Costantini, M., Mirk, P., Leone, A., Pastore, G., Marano, P. Sonographic diagnosis of distal biceps tendon rupture: a prospective study of 25 cases. *J Ultrasound Med.* 20 (2001) 587-595
- [10] Benninghoff, A., Drenckhahn, D. *Anatomie, Band 1.* Urban und Fischer Verlag, München-Jena, (2003) 304-308
- [11] Benninghoff, A., Drenckhahn, D. *Anatomie Band 1.* Urban und Fischer Verlag, München-Jena, (2003) 249-252
- [12] Berchthold, R. *Chirurgie.* Urban und Fischer Verlag, München-Jena, (2001) 42-54
- [13] Berlet, G. C., Johnson, J. A., Milne, A. D., Patterson, S. D., King, G. J. Distal biceps brachii tendon repair. An in vitro biomechanical study of tendon reattachment. *Am J Sports Med.* 26 (1998) 428-432

- [14] Bisson, L., Moyer, M., Lanighan, K., Marzo, J. Complications associated with repair of a distal biceps rupture using the modified two-incision technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 17 (2008) 67-71
- [15] Boucher, P. R., Morton, K. S. Rupture of the distal biceps brachii tendon. *J Trauma.* 7 (1967) 626-632
- [16] Boyd, H. B., Anderson, L.D. A method for reinseration of the distal biceps brachi tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 43 (1961) 1041-1043
- [17] Chavan, P. R., Duquin, T. R., Bisson, L. J. Repair of the ruptured distal biceps tendon: a systematic review. *Am J Sports Med.* 36 (2008) 1618-1624
- [18] Checo, F. J., Rodner, C. M. Bone tunnel and suture anchor fixation of distal biceps tendon ruptures. *Sports Med Arthrosc.* 16 (2008) 124-129
- [19] Cheung, E. V., Lazarus, M., Taranta, M. Immediate range of motion after distal biceps tendon repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 14 (2005) 516-518
- [20] Chillemi, C., Marinelli, M., De Cupis, V. Rupture of the distal biceps brachii tendon: conservative treatment versus anatomic reinsertion--clinical and radiological evaluation after 2 years. *Arch Orthop Trauma Surg.* 127 (2007) 705-708
- [21] Cil, A., Merten, S., Steinmann, S. P. Immediate active range of motion after modified 2-incision repair in acute distal biceps tendon rupture. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 130-135
- [22] Clifford, P. D., Hulen, R. B. Distal biceps brachii tendon tear. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 37 (2008) 218-219
- [23] Cohen, M. S. Complications of distal biceps tendon repairs. *Sports Med Arthrosc.* 16 (2008) 148-153
- [24] Colvin, A., Sharma, C., Parides, M., Glashow, J. What is the best femoral fixation of hamstring autografts in anterior cruciate ligament reconstruction?: a meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 469, 1075-1081
- [25] D'Alessandro, D. F., Shields, C. L., Jr., Tibone, J. E., Chandler, R. W. Repair of distal biceps tendon ruptures in athletes. *Am J Sports Med.* 21 (1993) 114-119
- [26] Darlis, N. A., Sotereanos, D. G. Distal biceps tendon reconstruction in chronic ruptures. *J Shoulder Elbow Surg.* 15 (2006) 614-619
- [27] Davis, W. M., Yassine, Z. An etiological factor in tear of the distal tendon of the biceps brachii; report of two cases. *J Bone Joint Surg Am.* 38-A (1956) 1365-1368

- [28] De Carli, A., Zanzotto, E., Vadala, A. P., Luzon, D., Di Salvo, M., Ferretti, A. Surgical repair of the distal biceps brachii tendon: clinical and isokinetic long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 17 (2009) 850-856
- [29] Dirim, B., Brouha, S. S., Pretterklieber, M. L., Wolff, K. S., Frank, A., Pathria, M. N., Chung, C. B. Terminal bifurcation of the biceps brachii muscle and tendon: anatomic considerations and clinical implications. *AJR Am J Roentgenol.* 191 (2008) 248-255
- [30] Dobbie, R. P. Avulsion of the lower biceps brachii tendon. Analysis of 51 previously unreported cases. *Am J Surg.* 51 (1941) 662-663
- [31] Duffiet, P., Fontes, D. [Endoscopic repair of distal biceps brachii tendon avulsion: a new technique. Report of 25 cases]. *Chir Main.* 28 (2009) 146-152
- [32] Duquin, T. R., Chavan, P. R., Bisson, L. J. Innervation of the supinator muscle and its relationship to two-incision distal biceps tendon repair: an anatomic study. *Clin Anat.* 23, 413-419
- [33] Eck, J. C., Baublitz, S. D. Endobutton-assisted repair of complete distal biceps tendon rupture in a woman. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 38 (2009) 626-628
- [34] El-Hawary, R., Macdermid, J. C., Faber, K. J., Patterson, S. D., King, G. J. Distal biceps tendon repair: comparison of surgical techniques. *J Hand Surg Am.* 28 (2003) 496-502
- [35] ElMaraghy, A., Devereaux, M., Tsoi, K. The biceps crease interval for diagnosing complete distal biceps tendon ruptures. *Clin Orthop Relat Res.* 466 (2008) 2255-2262
- [36] Elser, F. Distale Bizepsehnenrupturen. In: Stöckle, U., editor. *Ellenbogenchirurgie-Standardverfahren, Tipps und Tricks*, München: Elsevier (2009)
- [37] Failla, J. M., Amadio, P. C., Morrey, B. F., Beckenbaugh, R. D. Proximal radioulnar synostosis after repair of distal biceps brachii rupture by the two-incision technique. Report of four cases. *Clin Orthop Relat Res.* (1990) 133-136
- [38] Falchok, F. S., Zlatkin, M. B., Erbacher, G. E., Moulton, J. S., Bisset, G. S., Murphy, B. J. Rupture of the distal biceps tendon: evaluation with MR imaging. *Radiology.* 190 (1994) 659-663
- [39] Fenton, P., Qureshi, F., Ali, A., Potter, D. Distal biceps tendon rupture: a new repair technique in 14 patients using the biotenodesis screw. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 2009-2015

- [40] Festa, A., Mulieri, P. J., Newman, J. S., Spitz, D. J., Leslie, B. M. Effectiveness of magnetic resonance imaging in detecting partial and complete distal biceps tendon rupture. *J Hand Surg Am.* 35, 77-83
- [41] Fogg, Q. A., Hess, B. R., Rodgers, K. G., Ashwood, N. Distal biceps brachii tendon anatomy revisited from a surgical perspective. *Clin Anat.* 22 (2009) 346-351
- [42] Frazier, M. S., Boardman, M. J., Westland, M., Imbriglia, J. E. Surgical treatment of partial distal biceps tendon ruptures. *J Hand Surg Am.* 35, 1111-1114
- [43] Funke, F. Internet-based measurement with visual analogue scales: An experimental investigation (Internetbasierte Messungen mit visuellen Analogskalen: Eine experimentelle Untersuchung) 2010.
- [44] Gallagher, M. A., Cuomo, F., Polonsky, L., Berliner, K., Zuckerman, J. D. Effects of age, testing speed, and arm dominance on isokinetic strength of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 6 (1997) 340-346
- [45] Gallinet, D., Dietsch, E., Barbier-Brion, B., Lerais, J. M., Obert, L. Suture anchor reinsertion of distal biceps rupture: clinical results and radiological assessment of tendon healing. *Orthop Traumatol Surg Res.* 97, 252-259
- [46] Geaney, L. E., Brenneman, D. J., Cote, M. P., Arciero, R. A., Mazzocca, A. D. Outcomes and practical information for patients choosing nonoperative treatment for distal biceps ruptures. *Orthopedics.* 33, 391
- [47] Germann, G., Harth, A., Wind, G., Demir, E. [Standardisation and validation of the German version 2.0 of the Disability of Arm, Shoulder, Hand (DASH) questionnaire]. *Unfallchirurg.* 106 (2003) 13-19
- [48] Germann, G., Wind, G., Harth, A. [The DASH (Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire--a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome]. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 31 (1999) 149-152
- [49] Gilcreest, E. L., Albi, P. Unusual lesions of muscles and tendons of the shoulder girdle and upper arm. *Surg Gynecol Obstet.* 68 (1939) 903-917
- [50] Giuffre, B. M., Moss, M. J. Optimal positioning for MRI of the distal biceps brachii tendon: flexed abducted supinated view. *AJR Am J Roentgenol.* 182 (2004) 944-946
- [51] Greenberg, J. A., Fernandez, J. J., Wang, T., Turner, C. EndoButton-assisted repair of distal biceps tendon ruptures. *J Shoulder Elbow Surg.* 12 (2003) 484-490

- [52] Gregory, T., Roure, P., Fontes, D. Repair of distal biceps tendon rupture using a suture anchor: description of a new endoscopic procedure. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 506-511
- [53] Hallam, P., Bain, G. I. Repair of chronic distal biceps tendon ruptures using autologous hamstring graft and the Endobutton. *J Shoulder Elbow Surg.* 13 (2004) 648-651
- [54] Hamer, M. J., Caputo, A. E. Operative treatment of chronic distal biceps tendon ruptures. *Sports Med Arthrosc.* 16 (2008) 143-147
- [55] Hartman, M. W., Merten, S. M., Steinmann, S. P. Mini-open 2-incision technique for repair of distal biceps tendon ruptures. *J Shoulder Elbow Surg.* 16 (2007) 616-620
- [56] Heinzlmann, A. D., Savoie, F. H., 3rd, Ramsey, J. R., Field, L. D., Mazzocca, A. D. A combined technique for distal biceps repair using a soft tissue button and biotenodesis interference screw. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 989-994
- [57] Hetsroni, I., Pilz-Burstein, R., Nyska, M., Back, Z., Barchilon, V., Mann, G. Avulsion of the distal biceps brachii tendon in middle-aged population: is surgical repair advisable? A comparative study of 22 patients treated with either nonoperative management or early anatomical repair. *Injury.* 39 (2008) 753-760
- [58] Hochschild, J. Strukturen und Funktionen begreifen-funktionelle Anatomie/therapierelevante Details. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1997/1998, 133-160
- [59] http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/.
- [60] Hudak, P. L., Amadio, P. C., 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.* 29 (1996) 602-608
- [61] Hutchinson, H. L., Gloystein, D., Gillespie, M. Distal biceps tendon insertion: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 17 (2008) 342-346
- [62] Idler, C. S., Montgomery, W. H., 3rd, Lindsey, D. P., Badua, P. A., Wynne, G. F., Yerby, S. A. Distal biceps tendon repair: a biomechanical comparison of intact tendon and 2 repair techniques. *Am J Sports Med.* 34 (2006) 968-974
- [63] Imhoff, A. B., Baumgartner, R., Linke, R.D. Checkliste Orthopädie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, (2006) 339-340

- [64] Iwamoto, A., Kearney, J. P., Goyal, G., Viegas, S. F. The incidence of subsequent contralateral distal biceps tendon rupture following unilateral rupture. *Orthopedics*. 31 (2008) 356-358
- [65] Jockel, C. R., Mulieri, P. J., Belsky, M. R., Leslie, B. M. Distal biceps tendon tears in women. *J Shoulder Elbow Surg*. 19, 645-650
- [66] John, C. K., Field, L. D., Weiss, K. S., Savoie, F. H., 3rd. Single-incision repair of acute distal biceps ruptures by use of suture anchors. *J Shoulder Elbow Surg*. 16 (2007) 78-83
- [67] Johnson, S. Avulsion of biceps tendon from the radius. *N Y Med J*. 66 (1897) 26 21-22
- [68] Jozsa, L., Kannus, P. Histopathological findings in spontaneous tendon ruptures. *Scand J Med Sci Sports*. 7 (1997) 113-118
- [69] Jupiter, J. B., Ring, D. Operative treatment of post-traumatic proximal radioulnar synostosis. *J Bone Joint Surg Am*. 80 (1998) 248-257
- [70] Kannus, P., Jozsa, L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *J Bone Joint Surg Am*. 73 (1991) 1507-1525
- [71] Katolik, L. I., Fernandez, J., Cohen, M. S. Acute failure of distal biceps reconstruction: a case report. *J Shoulder Elbow Surg*. 16 (2007) 10-12
- [72] Kelly, E. W., Morrey, B. F., O'Driscoll, S. W. Complications of repair of the distal biceps tendon with the modified two-incision technique. *J Bone Joint Surg Am*. 82-A (2000) 1575-1581
- [73] Kettler, M., Lunger, J., Kuhn, V., Mutschler, W., Tingart, M. J. Failure strengths in distal biceps tendon repair. *Am J Sports Med*. 35 (2007) 1544-1548
- [74] Kettler, M., Tingart, M. J., Lunger, J., Kuhn, V. Reattachment of the distal tendon of biceps: factors affecting the failure strength of the repair. *J Bone Joint Surg Br*. 90 (2008) 103-106
- [75] Khan, A. D., Penna, S., Yin, Q., Sinopidis, C., Brownson, P., Frostick, S. P. Repair of distal biceps tendon ruptures using suture anchors through a single anterior incision. *Arthroscopy*. 24 (2008) 39-45
- [76] Khan, W., Agarwal, M., Funk, L. Repair of distal biceps tendon rupture with the Biotenodesis screw. *Arch Orthop Trauma Surg*. 124 (2004) 206-208

- [77] Kim, S. H., Yoo, J. C. Arthroscopic biceps tenodesis using interference screw: end-tunnel technique. *Arthroscopy*. 21 (2005) 1405
- [78] King, J., Bollier, M. Repair of distal biceps tendon ruptures using the EndoButton. *J Am Acad Orthop Surg*. 16 (2008) 490-494
- [79] Klein, D. M., Ghany, N., Urban, W., Caruso, S. A. Distal biceps tendon repair: anchor versus transosseous suture fixation. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 36 (2007) 34-37
- [80] Klonz, A., Loitz, D., Wohler, P., Reilmann, H. Rupture of the distal biceps brachii tendon: isokinetic power analysis and complications after anatomic reinsertion compared with fixation to the brachialis muscle. *J Shoulder Elbow Surg*. 12 (2003) 607-611
- [81] Klonz, A., Reilmann, H. [Biceps tendon: diagnosis, therapy and results after proximal and distal rupture]. *Orthopade*. 29 (2000) 209-215
- [82] Krämer, K. L., Maichl, F.P. Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1993, 57-58
- [83] Kron, S. D., Satinsky, V. P. Avulsion of the distal biceps brachii tendon. *Am J Surg*. 88 (1954) 657-659
- [84] Krushinski, E. M., Brown, J. A., Murthi, A. M. Distal biceps tendon rupture: biomechanical analysis of repair strength of the Bio-Tenodesis screw versus suture anchors. *J Shoulder Elbow Surg*. 16 (2007) 218-223
- [85] Le Huec, J. C., Moineard, M., Liquois, F., Zipoli, B., Chauveaux, D., Le Rebeller, A. Distal rupture of the tendon of biceps brachii. Evaluation by MRI and the results of repair. *J Bone Joint Surg Br*. 78 (1996) 767-770
- [86] Leighton, M. M., Bush-Joseph, C. A., Bach, B. R., Jr. Distal biceps brachii repair. Results in dominant and nondominant extremities. *Clin Orthop Relat Res*. (1995) 114-121
- [87] Lemos, S. E., Ebrahimzadeh, E., Kvitne, R. S. A new technique: in vitro suture anchor fixation has superior yield strength to bone tunnel fixation for distal biceps tendon repair. *Am J Sports Med*. 32 (2004) 406-410
- [88] Lenoble, E. [Extra-articular elbow arthroscopy]. *Chir Main*. 25 Suppl 1 (2006) 121-130

- [89] Lintner, S., Fischer, T. Repair of the distal biceps tendon using suture anchors and an anterior approach. *Clin Orthop Relat Res.* (1996) 116-119
- [90] Lippert, H. *Lehrbuch Anatomie.* Urban und Fischer Verlag, München-Jena, (2006) 727-737
- [91] Lorbach, O., Kieb, M., Grim, C., Engelhardt, M. [Proximal and distal rupture of the m. biceps brachii]. *Orthopade.* 39, 1117-1122
- [92] Lynch, S. A., Beard, D. M., Renstrom, P. A. Repair of distal biceps tendon rupture with suture anchors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 7 (1999) 125-131
- [93] Mathiak, G., Wening, J. V., Mathiak, M., Neville, L. F., Jungbluth, K. Serum cholesterol is elevated in patients with Achilles tendon ruptures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 119 (1999) 280-284
- [94] Mazzocca, A. D., Alberta, F.G., Elattrache, N.S., Romeo A.A. Single incision technique using an interference screw for the repair of distal biceps tendon ruptures. *Oper Tech Spits Med.* 11 (2003) 36-41
- [95] Mazzocca, A. D., Burton, K. J., Romeo, A. A., Santangelo, S., Adams, D. A., Arciero, R. A. Biomechanical evaluation of 4 techniques of distal biceps brachii tendon repair. *Am J Sports Med.* 35 (2007) 252-258
- [96] Mazzocca, A. D., Cohen, M., Berkson, E., Nicholson, G., Carofino, B. C., Arciero, R., Romeo, A. A. The anatomy of the bicipital tuberosity and distal biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* 16 (2007) 122-127
- [97] Mazzocca, A. D., Spang, J. T., Arciero, R. A. Distal biceps rupture. *Orthop Clin North Am.* 39 (2008) 237-249
- [98] Mc Reynolds, I. S. Avulsion of the insertion of the biceps brachii tendon and its treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 99 (1963) 1780-1781
- [99] McCarty, L. P., 3rd, Alpert, J. M., Bush-Joseph, C. Reconstruction of a chronic distal biceps tendon rupture 4 years after initial injury. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 37 (2008) 579-582
- [100] McKee, M. D., Hirji, R., Schemitsch, E. H., Wild, L. M., Waddell, J. P. Patient-oriented functional outcome after repair of distal biceps tendon ruptures using a single-incision technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 14 (2005) 302-306
- [101] Meherin, J., Kilgore, E. The treatment of ruptures of the distal biceps brachii tendon. *Am J Surg.* 99 (1960) 636-640

- [102] Michna, H. Tendon injuries induced by exercise and anabolic steroids in experimental mice. *Int Orthop.* 11 (1987) 157-162
- [103] Miyamoto, R. G., Elser, F., Millett, P. J. Distal biceps tendon injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 92, 2128-2138
- [104] Morrey, B. F., Askew, L. J., An, K. N., Dobyns, J. H. Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 67 (1985) 418-421
- [105] Morrison, K. D., Hunt, T. R., 3rd. Comparing and contrasting methods for tenodesis of the ruptured distal biceps tendon. *Hand Clin.* 18 (2002) 169-178
- [106] Naidu, S. H. Interference screw failure in distal biceps endobutton repair: case report. *J Hand Surg Am.* 35, 1510-1512
- [107] Nesterenko, S., Domire, Z. J., Morrey, B. F., Sanchez-Sotelo, J. Elbow strength and endurance in patients with a ruptured distal biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* 19, 184-189
- [108] Netter, F. H. *Atlas der Anatomie des Menschen.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (1997)
- [109] O'Driscoll, S. W., Goncalves, L. B., Dietz, P. The hook test for distal biceps tendon avulsion. *Am J Sports Med.* 35 (2007) 1865-1869
- [110] Ozgurtas, T., Yildiz, C., Serdar, M., Atesalp, S., Kutluay, T. Is high concentration of serum lipids a risk factor for Achilles tendon rupture? *Clin Chim Acta.* 331 (2003) 25-28
- [111] Pagonis, T., Givissis, P., Ditsios, K., Pagonis, A., Petsatodis, G., Christodoulou, A. The effect of steroid-abuse on anatomic reinsertion of ruptured distal biceps brachii tendon. *Injury.* 42, 1307-1312
- [112] Peeters, T., Ching-Soon, N. G., Jansen, N., Sneyers, C., Declercq, G., Verstreken, F. Functional outcome after repair of distal biceps tendon ruptures using the endobutton technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 18 (2009) 283-287
- [113] Pereira, D. S., Kvitne, R. S., Liang, M., Giacobetti, F. B., Ebramzadeh, E. Surgical repair of distal biceps tendon ruptures: a biomechanical comparison of two techniques. *Am J Sports Med.* 30 (2002) 432-436
- [114] Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A., Buckingham, B. The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain.* 17 (1983) 45-56

- [115] Rantanen, J., Orava, S. Rupture of the distal biceps tendon. A report of 19 patients treated with anatomic reinsertion, and a meta-analysis of 147 cases found in the literature. *Am J Sports Med.* 27 (1999) 128-132
- [116] Ring, D. Effectiveness of magnetic resonance imaging in detecting partial and complete distal biceps tendon rupture. *J Hand Surg Am.* 35, 865-866
- [117] Safran, M. R., Graham, S. M. Distal biceps tendon ruptures: incidence, demographics, and the effect of smoking. *Clin Orthop Relat Res.* (2002) 275-283
- [118] Sanchez-Sotelo, J., Morrey, B. F., Adams, R. A., O'Driscoll, S. W. Reconstruction of chronic ruptures of the distal biceps tendon with use of an achilles tendon allograft. *J Bone Joint Surg Am.* 84-A (2002) 999-1005
- [119] Schneider, A., Bennett, J. M., O'Connor, D. P., Mehlhoff, T., Bennett, J. B. Bilateral ruptures of the distal biceps brachii tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* 18 (2009) 804-807
- [120] Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., Wesker, K. *Prometheus Lernatlas der Anatomie.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, (2005) 322-347
- [121] Seiler, J. G., 3rd, Parker, L. M., Chamberland, P. D., Sherbourne, G. M., Carpenter, W. A. The distal biceps tendon. Two potential mechanisms involved in its rupture: arterial supply and mechanical impingement. *J Shoulder Elbow Surg.* 4 (1995) 149-156
- [122] Siebenlist, S., Schmidt-Horlohe, K., Hoffmann, R., Stöckle, U., Elser, F. [Surgical therapy of distal biceps tendon ruptures]. *Z Orthop Unfall.* 148, 477-486
- [123] Sigmundsson, F. G., Olafsson, A. H., Ingvarsson, T. [Repair of distal biceps brachii tendon ruptures: long term retrospective follow-up for two-incision technique]. *Laeknabladid.* 95 (2009) 19-24
- [124] Silva, J., Eskander, M. S., Lareau, C., DeAngelis, N. A. Treatment of distal biceps tendon ruptures using a single-incision technique and a Bio-Tenodesis screw. *Orthopedics.* 33, 477
- [125] Siwert, J. R. *Chirurgie.* Springer Medizin Verlag, Berlin Heidelberg New York, (2006) 816-819
- [126] Spang, J. T., Weinhold, P. S., Karas, S. G. A biomechanical comparison of EndoButton versus suture anchor repair of distal biceps tendon injuries. *J Shoulder Elbow Surg.* 15 (2006) 509-514

- [127] Strauch, R. J., Michelson, H., Rosenwasser, M. P. Repair of rupture of the distal tendon of the biceps brachii. Review of the literature and report of three cases treated with a single anterior incision and suture anchors. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 26 (1997) 151-156
- [128] Stuby, F. M., Langenbeck, J. E., Eingartner, C., Weise, K., Rolauffs, B. [Bone tunnel fixation versus suture anchor: mid- and long-term results after distal biceps tendon rupture]. *Sportverletz Sportschaden*. 21 (2007) 88-92
- [129] Sutton, K. M., Dodds, S. D., Ahmad, C. S., Sethi, P. M. Surgical treatment of distal biceps rupture. *J Am Acad Orthop Surg*. 18 , 139-148
- [130] Taylor, C. J., Bansal, R., Pimpalnerkar, A. Acute distal biceps tendon rupture--a new surgical technique using a de-tensioning suture to brachialis. *Injury*. 37 (2006) 838-842
- [131] Toczylowski, H. M., Balint, C. R., Steiner, M. E., Boardman, M., Scheller, A. D., Jr. Complete rupture of the distal biceps brachii tendon in female patients: a report of 2 cases. *J Shoulder Elbow Surg*. 11 (2002) 516-518
- [132] Vastamaki, M., Vastamaki, H. A simple grafting method to repair irreparable distal biceps tendon. *Clin Orthop Relat Res*. 466 (2008) 2475-2481
- [133] Viola, R. W., Boatright, K. C., Smith, K. L., Sidles, J. A., Matsen, F. A., 3rd. Do shoulder patients insured by workers' compensation present with worse self-assessed function and health status? *J Shoulder Elbow Surg*. 9 (2000) 368-372
- [134] Visuri, T., Lindholm, H. Bilateral distal biceps tendon avulsions with use of anabolic steroids. *Med Sci Sports Exerc*. 26 (1994) 941-944
- [135] Weinstein, D. M., Ciccone, W. J., 2nd, Buckler, M. C., Balthrop, P. M., Busey, T. D., Elias, J. J. Elbow function after repair of the distal biceps brachii tendon with a two-incision approach. *J Shoulder Elbow Surg*. 17 (2008) 82S-86S
- [136] Weiss, C., Mittelmeier, M., Gruber, G. Do we need MR images for diagnosing tendon ruptures of the distal biceps brachii? The value of ultrasonographic imaging. *Ultraschall Med*. 21 (2000) 284-286
- [137] Widmer, B. J., Tashjian, R. Z. Treatment of distal biceps tendon ruptures. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 39, 288-296
- [138] www.dash.iwh.on.ca/assets/images/pdfs/German_scoring.pdf.

- [139] Yeager, A. F., Faillace, J. J. Dynamic supination-flexion splinting for the postoperative management of distal biceps injuries. *J Hand Ther.* 21 (2008) 204-208

IV Danksagung

Hiermit danke ich allen, die diese Arbeit ermöglicht und durch ihre Unterstützung zum Gelingen beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt:

Herrn Prof. Dr. med A.B. Imhoff und Herrn Prof. Dr. med U. Stöckle für die freundliche Überlassung des Themas.

Dr.med Sebastian Siebenlist für die sehr gute Betreuung, die allzeitige Hilfe, die vielen guten Anregungen bei der Durchführung, Auswertung und Diskussion dieser Arbeit und die Übernahme der Erstkorrektur.

PD Dr. med. Dipl.-Sportl. Peter U. Brucker für seine wegweisende Unterstützung, seine konstruktive Kritik, die Übernahme der Zweitkorrektur und die intensive Betreuung und Begleitung bis zum Abschluss.

Dr. med P. Ahrens und Dr. med. G. Sandmann für die gute Vorbereitung der Studie.

Den Mitarbeiterinnen der sportorthopädischen Poliklinik des rechts der Isars für ihre Hilfsbereitschaft und ihre organisatorische Unterstützung.

Allen Patienten, die sich bereit erklärt haben, an der Nachuntersuchung teilzunehmen und allen Probanden, die mir zur Messung der Kontrollgruppe bereitwillig zur Verfügung standen.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, meinem Freund und meiner Familie, die mir jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite standen und durch deren Unterstützung mir mein Studium erst ermöglicht wurde.