

Diplomarbeit

**Distaler Bizepssehnen-Repair: Klinische und
radiologische Langzeitergebnisse**

eingereicht von

Nikolas Steiner

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

AUVA – Unfallkrankenhaus (UKH) Steiermark | Standort Graz

sowie der

Univ.-Klinik für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

Dr.ⁱⁿ Angelika Schwarz

PD Dr.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Gloria Hohenberger

Prim. MR Dr. Michael Plecko

Graz, am 05.09.2022

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 05.09.2022

Nikolas Steiner eh

Vorwort

Die distale Bizepssehnenruptur ist eine seltene Verletzung. Die wissenschaftliche Aufarbeitung der Thematik ist verglichen mit den „klassischen Volkskrankheiten“ schmeichelhaft dünn. Der Mangel an wissenschaftlichen Daten führt immer noch zu Diskussionen hinsichtlich der idealen operativen Behandlungsstrategie. Ein optimales Langzeitergebnis muss der Anspruch der therapeutischen Maßnahmen sein.

Obwohl sich die operative Refixation der Sehne als Standardverfahren etabliert hat, ist noch kein eindeutiger Konsens über die optimale Operationstechnik erkennbar. Sowohl der Single-incision Zugang als auch der Double-incision Zugang liefern ausgezeichnete Ergebnisse. Die vorhandenen Daten beider Techniken berufen sich generell auf die Vorteile der einzelnen Methoden hinsichtlich funktionellen Outcomes und Komplikationsraten.

Entscheidend für die Beurteilbarkeit eines guten Ergebnisses nach einer operativen Versorgung der distalen Bizepssehnenruptur ist das Wiedererlangen der vollen Funktionalität bei Beschwerdefreiheit. Diese Parameter sind durch eine engmaschige Nachbehandlung objektivierbar. Langfristige Follow-up Studien beleuchten den weiterführenden Verlauf und können positive wie auch negative Tendenzen verdeutlichen.

Daher definierten wir als Ziel, PatientInnen nach distalem Bizepssehnen-Repair anhand festgelegter klinischer Endpunkte im Langzeit Follow-up zu evaluieren. Fokus lag auf der Überprüfung der Hypothese eines überlegenen funktionellen Ergebnisses bei anatomischer Refixation. Eine nicht-anatomische Refixation nahm negativen Einfluss auf das Ergebnis im funktionellen Kraftbogen. Bei insgesamt sehr guten klinischen Gesamtergebnissen spiegelte sich dies überraschend nicht in der PatientInnenzufriedenheit wider.

Danksagungen

Ich bedanke mich an dieser Stelle bei allen Personen, die Anteil an der Erstellung dieser Arbeit nahmen.

Zunächst möchte ich mich besonders bei Frau Dr. Angelika Schwarz für Ihre professionelle Betreuung bedanken. Sowohl die Datenerhebung als auch der Schreibprozess hätten ohne ihre Hilfe nicht in dieser Form erfolgen können. Dem offenen Diskurs über das Vorgehen, der Einstimmigkeit und natürlich auch Unstimmigkeit, bin ich zu Dank verpflichtet, da es meine wissenschaftlichen Kompetenzen in positiver Weise beeinflusst hat.

Meinem Vater, Dr. Stefan Steiner, der mich jederzeit mit fachlicher Expertise unterstützt hat, will ich großen Dank aussprechen. Die fachärztliche Erklärung mir nicht zugänglicher Inhalte war mir eine große Stütze und ich kann behaupten, dass nicht jeder Diplomand das Privileg genießt, zuhause am Esstisch über medizinische Sachverhalte zu diskutieren.

Großer Dank gilt jedem einzelnen Patienten, der sich für diese Studie zur Verfügung gestellt hat. Die Bereitschaft einen Beitrag zur Verbesserung der therapeutischen Versorgung des distalen Bizepssehnenrisses zu leisten war bemerkenswert. Die Zeit, die sich die Patienten für die Kontrolluntersuchung genommen haben, stellt eine Säule dieser Arbeit dar.

Ich möchte mich auch beim Unfallkrankenhaus Graz, in personam Prim. MR. Dr. med. Michael Plecko für die Unterstützung bedanken. Die Strukturen im UKH Graz haben das wissenschaftliche Arbeiten leicht gemacht. Der organisatorische Aufwand Räumlichkeiten für 65 Follow-up Untersuchungen zu stellen sowie klinische und röntgenologische Kontrollen durchzuführen ist fraglos ein großer. Dennoch gab es keine Komplikationen.

Lucia Winkler und Dr. Stefan Steiner gebührt Dank für das Korrekturlesen der Arbeit, das Hinweisen auf unverständliche Passagen und Mitwirken an der Endfassung.

Abschließend möchte ich mich noch bei all jenen bedanken, die auf andere Art und Weise einen Beitrag zur Vollendung dieser Arbeit geleistet haben und deren explizite Erwähnung den Rahmen sprengen würde.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	III
DANKSAGUNGEN	IV
GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN	VIII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IX
TABELLENVERZEICHNIS	X
ZUSAMMENFASSUNG	XII
ABSTRACT	XIV
1 EINLEITUNG	1
1.1 EPIDEMIOLOGIE	1
1.2 ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE	2
1.2.1 MAKROSKOPISCHE ANATOMIE.....	2
1.2.2 AUFBAU DER DISTALEN BIZEPSSEHNE	4
1.3 VERLETZUNGSMECHANISMEN	4
1.3.1 HYPOTHESE DER ARTERIELLEN MINDERVERSORGUNG	5
1.3.2 HYPOTHESE DES MECHANISCHEN IMPINGEMENTS	6
1.4 DIAGNOSTIK	7
1.4.1 ANAMNESE UND KLINIK.....	7
1.4.2 HOOK TEST	8
1.4.3 BICEPS SQUEEZE TEST	11
1.4.4 BILDGEBUNG	11
1.5 VERSORGUNGSMÖGLICHKEITEN	13
1.5.1 KONSERVATIVE THERAPIE	13
1.5.2 OPERATIVE VERFAHREN.....	14
1.5.3 POSTOPERATIVE REHABILITATION.....	15

1.6	KOMPLIKATIONEN	16
1.6.1	NERVENLÄSIONEN	16
1.6.2	RERUPTUREN.....	17
1.6.3	HETEROTOPE OSSIFIKATION (HO)	17
1.6.4	OSTEOLYSE.....	18
2	<u>MATERIAL UND METHODEN.....</u>	19
2.1	STUDIENAUFBAU.....	19
2.2	ZIELGRÖßEN	19
2.3	FUNKTIONALITÄTSPRÜFUNG	20
2.3.1	RANGE OF MOTION	20
2.3.2	KRAFTPARAMETER.....	23
2.3.3	HOOK TEST	26
2.4	KOMPLIKATIONEN	26
2.5	KLINISCHE SCORES.....	26
2.5.1	MAYO ELBOW PERFORMANCE SCORE (MEPS)	26
2.5.2	OXFORD ELBOW SCORE (OES)	27
2.5.3	DASH SCORE	27
2.5.4	SINGLE ASSESSMENT NUMERIC EVALUATION SCORE (SANE).....	27
2.6	RADIOLOGISCHE AUFFÄLLIGKEITEN	28
2.6.1	ANATOMISCHER/NICHT-ANATOMISCHER REPAIR.....	28
2.6.2	OSTEOLYSE.....	28
2.6.3	HETEROTOPE OSSIFIKATION	29
2.6.4	IMPLANTATVERSAGEN	30
2.7	STATISTISCHE ERHEBUNG	31
3	<u>ERGEBNISSE.....</u>	32
3.1	DESKRIPTIVE STATISTIK.....	32
3.2	FUNKTIONALITÄTSPRÜFUNG	33
3.2.1	RANGE OF MOTION	33
3.2.2	KRAFTPARAMETER.....	34
3.2.3	HOOK TEST	35
3.3	KOMPLIKATIONEN	35

3.4	KLINISCHE SCORES.....	37
3.5	RADIOLOGISCHE AUFFÄLLIGKEITEN	38
3.6	SPEZIELLE FRAGESTELLUNGEN.....	39
4	<u>DISKUSSION.....</u>	<u>53</u>
4.1	DESKRIPTIVE STATISTIK.....	53
4.2	FUNKTIONALITÄTSPRÜFUNG	55
4.2.1	RANGE OF MOTION	55
4.2.2	KRAFTPARAMETER.....	56
4.3	KOMPLIKATIONEN	56
4.4	RADIOLOGISCHE AUFFÄLLIGKEITEN	58
4.5	KLINISCHE SCORES.....	60
4.6	BEANTWORTUNG DER FORSCHUNGSFRAGEN.....	60
4.6.1	ANATOMISCHE VS. NICHT ANATOMISCHE REFIXATION	60
4.6.2	SINGLE-INCISION VS. DOUBLE-INCISION	61
4.7	PRAKTISCHE IMPLIKATIONEN.....	62
4.8	AUSBlick.....	63
4.9	STÄRKEN DER ARBEIT	63
4.10	LIMITATIONEN.....	64
4.11	RESÜMEE	65
5	<u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u>	<u>67</u>
6	<u>ANHANG</u>	<u>77</u>
6.1	MAYO ELBOW PERFORMANCE SCORE (MEPS)	77
6.1.1	FRAGEBOGEN	77
6.1.2	INTERPRETATION DES MAYO ELBOW PERFORMANCE SCORES (MEPS)	78
6.2	OXFORD ELBOW SCORE (OES)	79
6.2.1	FRAGEBOGEN	79
6.2.2	INTERPRETATION DES OXFORD ELBOW SCORES (OES).....	82
6.3	DASH SCORE.....	83
6.3.1	FRAGEBOGEN	83

Glossar und Abkürzungen

A.....	<i>Arteria</i>
a.p.	<i>anterior-posterior</i>
ADL	<i>Activity of Daily Living</i>
AUVA	<i>Allgemeine Unfallversicherungsanstalt</i>
DASH	<i>Disabilities of arm, shoulder and hand</i>
FABS.....	<i>flexed abducted supinated view</i>
FROM.....	<i>Free Range Of Motion</i>
HO.....	<i>Heterotope Ossifikation</i>
LACN.....	<i>Nervus cutaneus antebrachii lateralis</i>
M.....	<i>Musculus</i>
MEPS	<i>Mayo Elbow Performance Score</i>
MRT	<i>Magnetresonanztomografie</i>
N.....	<i>Nervus</i>
OES.....	<i>Oxford Elbow Score</i>
PIN	<i>Nervus interosseus posterior</i>
PROM	<i>Patient Reported Outcome Measure</i>
ROM.....	<i>Range Of Motion</i>
Rr.....	<i>Rami</i>
SANE	<i>Single assessment numeric evaluation score</i>
SD	<i>Standardabweichung</i>
SRN.....	<i>Ramus superficialis nervi radialis</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung I: Arterielle Versorgung der distalen Bizepssehne	6
Abbildung II: Hook Test - Ansicht von medial	9
Abbildung III: Negativer Hook Test – Sehne intakt	9
Abbildung IV: Negativer Hook Test – Querschnittsdarstellung	10
Abbildung V: Positiver Hook Test - Sehne durchtrennt	10
Abbildung VI: Positiver Hook Test - Querschnittsdarstellung	11
Abbildung VII: 130° Flexion	21
Abbildung VIII: 0° Extension	21
Abbildung IX: 90° Pronation bei 90° flektiertem Unterarm	22
Abbildung X: Neutralstellung bei 90° flektiertem Unterarm	22
Abbildung XI: 90° Supination bei 90° flektiertem Unterarm	23
Abbildung XII: Messung der Flexionskraft (I)	24
Abbildung XIII: Messung der Flexionskraft (II)	24
Abbildung XIV: Messung der Supinationskraft (I)	25
Abbildung XV: Messung der Supinationskraft (II)	25
Abbildung XVI: Röntgen seitlich - Osteolysezone mit zusätzlicher Ossifikation der distalen Bizepssehne	29
Abbildung XVII: Röntgen a.p. - Osteolysezone	29
Abbildung XVIII: Röntgen seitlich - Ossifikation im Bereich des Radius	30
Abbildung XIX: Röntgen a.p. - Ossifikation im Bereich des Radius	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle I: Radioulnarer Abstand auf unterschiedlichen Höhen der Tuberositas radii	7
Tabelle VII: Range of Motion (ROM)	34
Tabelle VIII: Flexions- und Supinationskraft	35
Tabelle IX: Klinisch erhebbare Komplikationen	36
Tabelle X: Prozentueller Anteil der einzelnen klinisch erhebbaren Komplikationen	37
Tabelle XI: Patient Reported Outcome Measures (PROM)	38
Tabelle XII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation"	39
Tabelle XIII: Range of Motion der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation" in Grad (°).....	40
Tabelle XIV: Kraftparameter der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation" in Newton {N}	41
Tabelle XV: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision "	41
Tabelle XVI: Range of Motion der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision" in Grad (°)	42
Tabelle XVII: Kraftparameter der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision" in Newton {N}	43
Tabelle XVIII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung"	43
Tabelle XIX: Range of Motion der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung " in Grad (°)	44
Tabelle XX: Kraftparameter der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung " in Newton {N}.....	44
Tabelle XXI: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich"	45

Tabelle XXII: Range of Motion der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich" in Grad (°)	46
Tabelle XXIII: Kraftparameter der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich" in Newton {N}	46
Tabelle XXIV: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links"	47
Tabelle XXV: Range of Motion der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links" in Grad (°)	47
Tabelle XXVI: Kraftparameter der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links" in Newton {N}	48
Tabelle XXVII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen"	49
Tabelle XXVIII: Range of Motion der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen" in Grad (°)	49
Tabelle XXIX: Kraftparameter der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen" in Newton {N}	50
Tabelle XXX: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport"	51
Tabelle XXXI: Range of Motion der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport" in Grad (°)	51
Tabelle XXXII: Kraftparameter der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport" in Newton {N}	52

Zusammenfassung

Einleitung. Die operative Refixation der distalen Bizepssehne wird als Goldstandard angesehen. Die konservative Therapie stellt lediglich für Ausnahmen eine therapeutische Option dar. Der Vorteil einer chirurgischen Refixation liegt vor allem im bestmöglichen Wiedererlangen der Flexions- und Supinationskraft. Eine anatomisch korrekte Reinsertion der Sehne am Footprint ist aufgrund der komplexen Zugrichtung der Sehne essenziell. Es wird die Hypothese überprüft, dass ein anatomischer Repair ein optimales Ergebnis gewährleistet. Ziel der Studie war eine Erhebung des funktionellen Outcomes, der Zufriedenheit der PatientInnen und eine Komplikationsanalyse im Langzeitverlauf.

Methoden. In der retrospektiven Single Center Studie wurden PatientInnen des AUVA – Unfallkrankenhaus (UKH) Steiermark | Standort Graz, die innerhalb des Zeitraumes von 2001 – 2016 eine operative Refixation der distalen Bizepssehne erhielten, einer Studienuntersuchung unterzogen. Es konnten n=65 PatientInnen eingeschlossen werden. Als Einschlusskriterien wurden eine bikortikale Technik und ein Follow-up von mindestens 4 Jahren festgelegt. Bei sämtlichen PatientInnen wurden funktionelle (ROM, Flexions- und Supinationskraft) sowie radiologische und klinische (MEPS, OES, qDASH, SANE) Parameter erhoben und statistisch interpretiert {deskriptiv, zweiseitiger ungepaarter Student's t-Test (Levine Test) Levine Test, $p=0.05$ }. Es erfolgte ein Subgruppen-Vergleich mit Fokus auf den Zielgrößen anatomisch vs. nicht anatomisch und Single-Incision vs. Double-Incision.

Ergebnisse. Bei einem durchschnittlichen Follow-up von 7,5 Jahren wurden ausschließlich gute bis ausgezeichnete klinische Ergebnisse erzielt (MEPS: 97,6, OES: 45,6, qDASH: 0,9, SANE: 94,8). Bei anatomischem Repair wurden signifikant bessere Werte für die Flexions- ($p=0,017$) und Supinationskraft ($p=0,001$) gemessen. Die ROM präsentierte sich im Vergleich statistisch ohne Signifikanz. Die Gesamtkomplikationsrate betrug 18,5%. Osteolysen wurden bei Verwendung einer Interferenzschraube deutlich häufiger detektiert.

Diskussion. Die distale Bizepssehnenrefixation liefert gute klinische wie funktionelle Ergebnisse bei hoher PatientInnenzufriedenheit. Ein überlegener Outcome bei anatomischem Repair konnte dokumentiert werden. Auf die

Verwendung einer Interferenzschraube sollte möglicherweise aufgrund eines vermehrten Aufkommens von Osteolysen verzichtet werden.

Abstract

Introduction. Distal biceps tendon repair is the gold standard for the treatment of distal biceps tendon rupture and has mostly replaced conservative treatment. The benefit of the surgical procedure is the optimal regain of flexion- and supination strength. However, a precise reinsertion on the anatomic footprint is essential. The objective of this study is to verify the importance of anatomical correct tendon repair for an ideal postoperative outcome. This follow-up study analysed arising complications, functional outcomes and patients' contentment after undergoing surgery using a bicortical refixation technique over a fifteen-year assessment period.

Methods. This retrospective single center study collected data from patients who underwent surgery in the AUVA – Trauma Hospital (UKH) Styria | Graz in the period from 2001 to 2016. We included 65 patients (64 men and 1 woman). Inclusion criteria were a bicortical refixation technique and a follow-up of at least 4 years. Objective criteria were functional parameters (ROM, flexion- and supination strength) as well as radiological and clinical parameters (MEPS, OES, qDASH, SANE). Statistical analysis {descriptive, two tailed unpaired student's t-test (Levine Test), $p=0.05$ } forms the basis for data interpretation of the research issue. An additional subgroup analysis with focus on anatomic vs. non-anatomic as well as single-incision vs. double-incision repair was implemented.

Results. The average follow-up period was 7,5 years. Anatomic repair showed significant performance advantages in flexion- ($p=0,017$) and supination strength ($p=0,001$) compared with non-anatomic refixation of the tendon. The localization of insertion had no effect on range of motion. There were only good to excellent results in patient reported outcome measures (MEPS: 97,6, OES: 45,6, qDASH: 0,9, SANE: 94,8). We found a total complication rate of 18,5%. An increased accumulation of screw associated osteolysis was observed when using interference screws.

Discussion. This study confirms the excellent outcome of distal biceps tendon repair. Surgical procedure provides optimal functional performance as well as high patient satisfaction. The importance of correct anatomic refixation must be considered thus there is a clear advantage in flexion- and supination strength. Use of an interference screw is questionable due to a higher accumulation of osteolysis.

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie

Die Ruptur der distalen Bizepssehne ist eine seltene Verletzung, die funktionelle Einschränkungen nach sich ziehen kann (1).

Gilcreest beschrieb, dass sich der Riss in 96% der Fälle im Bereich des langen Kopfes der proximalen Bizepssehne befindet. In 3% ist die distale Bizepssehne betroffen. Lediglich 1% machen Risse im Bereich des kurzen proximalen Kopfes aus (2).

Lange Zeit wurde die Inzidenz der distalen Bizepssehnenruptur mit 1,2/100.000 PatientInnen pro Jahr angegeben (3). Mittlerweile geht man von einer höheren Inzidenz von 2,55/100.000 PatientInnen pro Jahr aus. Der Anstieg ist einerseits durch Fortschritte in der Diagnostik zu erklären, durch die Bizepssehnenrisse besser identifiziert werden. Zusätzlich spielt der (Alters-)Anstieg der Bevölkerung und der damit verbundene längere Verbleib im Arbeitsprozess eine Rolle. Die Verletzung ist mit verstärkter körperlicher Aktivität assoziiert (4).

Die Annahme, dass ein Zusammenhang zwischen Armdominanz und Ruptur der Sehne vorliegt, kann anhand der Daten nicht bestätigt werden. Tatsächlich ist nur in 52% der Fälle der dominante Arm betroffen (4).

Gelegentlich treten in zeitlichen Abständen bilaterale Rupturen der Bizepssehne auf. Es wird von einem Risiko von 8% ausgegangen, dass der kontralaterale Bizeps im Anschluss an die primäre Verletzung ebenfalls betroffen ist. Im Schnitt liegen zwischen erster und zweiter Ruptur 4,1 Jahre (5).

95% der PatientInnen sind männlich. Das mittlere Alter beträgt 46,3 Jahre (4). Während die Ursache bei Männern typischerweise eine plötzliche Belastung auf den flektierten, supinierten Unterarm ist (6,7), ist bei Frauen oft ein schleichender Prozess zu beobachten. Die Symptome nehmen über einen längeren Zeitraum zu. Häufig liegt nur eine Teilruptur vor, was die Diagnosestellung erschweren und/oder verzögern kann. Bei Frauen beträgt das Durchschnittsalter bei Verifizierung der Diagnose 63 Jahre, was einer Altersdiskrepanz von knapp 17 Jahren vergleichend zu Männern entspricht (8).

Häufig liegen degenerative Sehnenveränderungen vor, die schließlich zu einer Ruptur führen. Die Genese ist multiätiologisch. Neben genetischen und umweltbedingten Ursachen spielen soziale Faktoren, Überanspruchung und strukturelle Anomalien eine Rolle (9). Zahlreiche zusätzliche Risikofaktoren stehen zur Debatte. Rauchen steigert das Risiko signifikant. Auch ein erhöhter Bodymassindex ist prädisponierend (4). Steroideinnahme zählt ebenfalls zu den Risikofaktoren (10,11).

1.2 Anatomie und Physiologie

Ein umfassendes Verständnis der exakten Lageverhältnisse und des Ansatzes der distalen Sehne ist essentiell für chirurgische Interventionen (12). Dabei wird besonderer Wert auf die Anatomie all jener Strukturen gelegt, deren Kenntnis bei operativen Eingriffen im Bereich der distalen Bizepssehne über gute und schlechte Ergebnisse entscheiden kann.

1.2.1 Makroskopische Anatomie

Der Musculus (M.) biceps brachii ist ein zweiköpfiger Muskel, der gemeinsam mit dem M. coracobrachialis und dem M. brachialis in der Beugerloge des Oberarmes liegt (13).

Der Ursprung ist zweigeteilt. Man unterscheidet zwischen einem Caput longum, das im Bereich des Tuberculum supraglenoidale und dem Labrum glenoidale entspringt, und einem Caput breve, welches seinen Ursprung vom Processus coracoideus nimmt. Das Caput breve ist in seinem Ursprung mit dem M. coracobrachialis verwachsen. Diese werden als Conjoint Tendon bezeichnet (13).

Als oberflächlichster Muskel der Beugerloge zieht der M. biceps brachii zuerst in zwei separaten Muskelsträngen nach distal. Auf Höhe der Tuberositas deltoidea vereinigen sich diese zu einem gemeinsamen Muskelbauch (14). Vom Ursprung bis zum Ansatz an der Tuberositas radii dreht sich die muskulotendinöse Einheit um 90° nach außen (15). Die distale Bizepssehne verläuft von anterior um den Radius und setzt an dessen Hinterseite an der Tuberositas radii an. Die Tuberositas fungiert als Hypomochlion. Sie dient der Erhöhung des Supinationsdrehmoments (16).

Auch im Bereich der distalen Sehne wird zwischen einem langen und einem kurzen Sehnenzug unterschieden, die am posterioren ulnaren Rand der Tuberositas radii

ansetzen (15). Beide geben auf Höhe des muskulotendinösen Übergangs Fasern ab. Diese strahlen als Aponeurosis m. bicipitis brachii (= Lacertus Fibrosus) in die Fascia antebrachii ein und dienen der Stabilisierung der distalen Bizepssehne (14). Während der kurze Kopf der Sehne an der distalen ulnaren Seite der Tuberositas radii inseriert, setzt der lange Kopf am proximalen ulnaren Aspekt an. Die distale Sehne ist im Verlauf bandförmig, um dann als verdickte Struktur, dem sogenannten „Footprint“, an der Tuberositas radii anzusetzen (15). Die Tuberositas nimmt im Schnitt eine Fläche von 24,2 x 12,0mm ein (17). Beim Footprint werden zwei Typen unterschieden: der häufigere Typ I (80%) ist halbmondförmig, während Typ II (20%) größer und oval geformt ist (18). Mazzocca et al. (19) definieren die Morphologie der Tuberositas radii hinsichtlich der Form eines am Rand der Tuberositas liegenden knöchernen Kamms. Es wird ein Zusammenhang zwischen der Form des Kamms mit erosiven Prozessen der distalen Bizepssehne bei Pronation vermutet. Eine Unterteilung in glatt (Kamm nicht vorhanden), Tuberculum mit einem einzelnen Kamm (klein, mittel, groß) und bifidem Kamm (Kamm gespalten mit Einkerbung) wurde vorgenommen. Am häufigsten wurde ein einzelner Kamm nachgewiesen.

Der Nervus (N.) musculocutaneus (Segmente C5,C6) innerviert den M. biceps brachii (13). Weitere Nerven, die in erster Linie bei chirurgischen Eingriffen in der Cubita eine Rolle spielen, sind der N. interosseus posterior (PIN) und der N. cutaneus anterbrachii lateralis (LACN). Die anatomische Nähe der Nerven zur Insertionsstelle der Bizepssehne birgt das Risiko einer Nervenläsion bei Operationen (14).

Die arterielle Versorgung des M. biceps brachii wird durch Rami (Rr.) musculares der Arteria (A.) axillaris und Rr. bicipitales der A. brachialis sichergestellt (13). Im Bereich der distalen Bizepssehne gewährleisten die A. brachialis für den proximalen Anteil und die A. interossea recurrens für den distalen Sehnenanteil die Blutversorgung (20).

Am Sehnenansatz am Radius befindet sich zusätzlich die Bursa bicipitoradialis, welche die distale Bizepssehne tropfenförmig umgibt. Je nach Stellung der Extremität liegt der Schleimbeutel in Streckstellung zwischen M. brachialis und distaler Bizepssehne und in Pronationsstellung zwischen proximalem Radius und distaler Bizepssehne (21).

Der M. biceps brachii ist ein zweigelenkiger Muskel mit Wirkung auf das Schulter- und Ellbogengelenk.

Im Schultergelenk bewirkt das Caput longum eine Abduktion und Innenrotation des Humerus. Das Caput breve sorgt für eine Adduktion und Innenrotation. Beide Köpfe sind an der Anteversion der oberen Extremität (bis 90°) beteiligt.

Im Ellbogengelenk führt der M. biceps brachii eine Flexion durch. Diese Funktion wird bei Retroversion im Schultergelenk voll ausgeschöpft. In Flexionsstellung ist er durch seinen charakteristischen Ansatz wesentlich an der Supination beteiligt. Zusätzlich spannt der Muskel über den Lacertus fibrosus die Unterarmfaszie (13).

1.2.2 Aufbau der distalen Bizepssehne

Die unterschiedlichen Insertionsstellen des langen und kurzen Kopfes der distalen Bizepssehne haben eine Auswirkung auf die Effizienz der Kraftübertragung. Auf Basis dieser Erkenntnis werden den Faseranteilen unterschiedliche Rollen bei Bewegungen des Ellbogens und Unterarmes zugeordnet: In Neutralstellung und Pronation des Unterarms ist die vom kurzen Kopf ausgehende Supination stärker (8% bzw. 13% größerer Kraftvektor). Im supinierten Unterarm nimmt die Effizienz des langen Kopfes bei Supination zu (9% größerer Kraftvektor) (22).

Die korrekte Position des Footprint an der Tuberositas radii gilt daher für eine optimale Kraftübertragung als essenziell. Sie spielt eine große Rolle in der Biomechanik der Supination.

1.3 Verletzungsmechanismen

Ein Riss der distalen Bizepssehne ist typischerweise Folge einer exzentrischen Belastung auf den flektierten Arm (3,6,7). Die Ursache ist in der Regel ein Hebe- oder Auffangtrauma. Dabei wirkt eine Kraftspitze auf den gebeugten und supinierten Ellbogen. Wenn im Zuge des Anhebens eines Gegenstandes die auf die Sehne wirkende Kraft zu groß wird, kann es zu einer traumatischen Ruptur kommen. Einem Auffangtrauma liegt der gleiche Mechanismus zugrunde. Darüber hinaus kann es bei stumpfer Gewalteinwirkung auf die gespannte Sehne zu einer traumatischen Ruptur kommen (23).

Dem gegenüber steht ein Mechanismus einer sukzessiven Degeneration der Bizepssehne mit partieller Ruptur, ohne adäquates Trauma. Dies betrifft ältere PatientInnen, insbesondere Frauen (24,8).

In der Literatur werden vier Ruptur-Lokalisationen unterschieden: die häufigste Rupturstelle ist direkt am Ansatz der Sehne an der Tuberositas radii. Auch Risse im Bereich der freien Sehnenanteile und knöcherne Sehnenaustrisse können vereinzelt vorkommen. Sehr selten betroffen ist der Muskel-Sehnenübergang. (25).

Die Pathogenese der distalen Bizepssehnenruptur wirft auch heute noch Fragen auf. Man geht von einem multifaktoriellen Prozess aus, der zu einer sukzessiven Schädigung der Sehne führt. Bei einer vorgeschädigten Sehne muss unter Umständen keine oder eine inadäquate traumatische Ursache vorliegen, damit die Sehne rupturiert.

Seiler et al. liefern in einer anatomischen Studie eine mögliche Erklärung, der zufolge die pathologischen Veränderungen auf einer arteriellen Minderversorgung und mechanischem Impingement basieren (20).

1.3.1 Hypothese der arteriellen Minderversorgung

Die distale Bizepssehne liegt extrasynovial und ist in ihrer gesamten Länge von einer bindegewebigen Schicht, dem sogenannten Paratendineum (=Paratenon) umgeben. Dieses grenzt die Sehne gegen die Sehnenscheide ab und führt Gefäße und Nerven.

Man unterscheidet drei arterielle Versorgungsgebiete der Sehne: Das proximale Drittel wird über 2-4 Gefäßäste aus der A. brachialis versorgt. Im distalen Bereich gewährleisten 1-3 Äste der A. recurrens interossea die Blutzufuhr. Zwischen diesen Stromgebieten liegt ein hypovaskularisierter Bereich von durchschnittlich 2 cm, der über einen im Paratendineum verlaufenden Gefäßplexus indirekt an die arterielle Versorgung angeschlossen ist. In diesem schlechter durchbluteten Bereich ist das ansonsten dicke, gefäßreiche Paratendineum wesentlich dünner. Zusätzlich sind die Arteriolen, die im Paratendineum verlaufen, verglichen zu den Gefäßen der angrenzenden Versorgungsgebiete teilweise kleinkalibriger und weisen vermehrt hyaline Rückstände auf. Es wird angenommen, dass die arterielle Minderversorgung eingeschränkte Reparaturmechanismen zur Folge haben könnte und sich eine Prädilektionsstelle für distale Bizepssehnenrisse ausbildet (20).

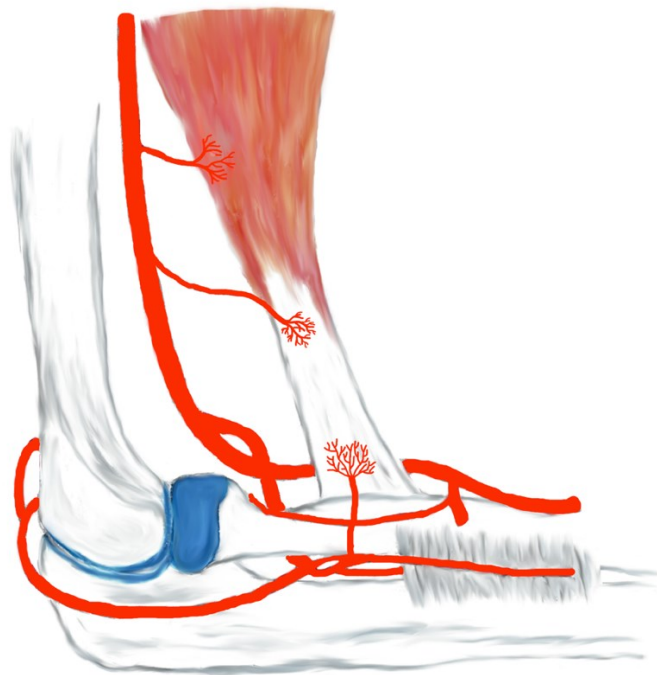


Abbildung I: Arterielle Versorgung der distalen Bizepssehne

1.3.2 Hypothese des mechanischen Impingements

Die distale Bizepssehne zieht in ihrem Verlauf durch den freien Bereich der Membrana interossea zwischen Radius und Ulna. In vollständiger Pronation nimmt die Sehne 85% dieses Raumes ein. Der Anteil verringert sich von Pronation zu Supination um 48%. Diese dynamischen Raumverhältnisse sind Folge der Drehung von Radius um die Ulna und der „ulnaren Abduktion“ - einer Lateralverschiebung der Ulna. Durch entzündliche Veränderungen und knöcherne Irregularitäten kann der radioulnare Bereich noch enger werden. In Folge dieses Impingements durch die Umwendbewegung kann es zu mechanischem Abrieb und Vorschädigung der Sehne kommen (20).

Diese Erkenntnis wird durch neuere Studien über die radioulnaren Abstände abhängig von der Position des Unterarms gestützt (24,26).

Radioulnare Distanz	Mittlerer Abstand Neutralrotation (SD)	Pronation mittlere Distanz (SD)	P-Wert
Mittlerer Abstand (mm)	8,8 ± 4,0mm (range: 0,1 - 24,0mm)	7,8 ± 3,9mm (range: 0,0 – 25,0mm)	<0,0001
Proximale Zone (mm)	8,3 ± 3,6mm (range: 0,5 – 20,9mm)	7,6 ± 3,5mm (range: 0,0 – 21,6mm)	<0,0001
Mittelzone (mm)	8,6 ± 4,2mm (range: 0,1 – 22,6mm)	7,5 ± 4,0mm (range: 0,0 – 25,0mm)	<0,0001
Distale Zone (mm)	9,7 ± 4,0mm (range: 0,5 – 24,0mm)	8,4 ± 4,2mm (range: 0,0 – 22,8mm)	<0,0001

Tabelle I: Radioulnarer Abstand auf unterschiedlichen Höhen der Tuberositas radii

Die Werte in der Tabelle sind anhand dreier Zonen als Mittelwerte zusammengefasst. Es finden sich allseits statistisch signifikante Unterschiede (24,26).

Bei chirurgischer Refixation der Bizepssehne wird der radioulnare Raum kleiner. Mechanisches Impingement sollte als mögliche Komplikation berücksichtigt und gegebenenfalls miteinbezogen werden (27).

1.4 Diagnostik

In der Regel kann die Diagnose klinisch gestellt werden. Eine frühzeitige Diagnosestellung beeinflusst den Outcome positiv. Diagnostische Verzögerungen können das Risiko für postoperative Komplikationen erhöhen (28).

1.4.1 Anamnese und Klinik

Die Anamnese mit Unfallhergang und Symptomatik liefert ein erstes Verdachtsmoment einer distalen Bizepssehnenruptur. Typischerweise wird ein akutes Ereignis geschildert. PatientInnen berichten oft von einem schnalzenden

Geräusch (oft auch als Knall beschrieben) während des Unfallhergangs, auf das ein abrupter Schmerz im Ellbogengelenk folgt (6,25). Ein weiterer Aspekt der Anamnese ist die Erhebung des Raucherstatus, Anabolikaabusus, Schmerzen, die der aktuellen Verletzung voraus gegangen sind und eine Selbsteinschätzung der körperlichen Belastung des PatientInnen (29).

Die klassischen Symptome umfassen akute Schmerzen und einen Kraftverlust. Wenn neben der distalen Sehne auch der Lacertus fibrosus rupturiert ist, verlagert sich der Muskelbauch bei Kontraktion nach proximal. Dieses Phänomen wird als „Reverse Popeye Sign“ bezeichnet (6). Der retrahierte M. biceps brachii erscheint unförmig. Das lose Sehnenende kann eine Delle im Bereich des Oberarms erzeugen. Als Begleiterscheinungen können Schwellung und ein kubitales Hämatom auftreten (25). Ein weiteres klinisches Kriterium bei der Untersuchung ist das Fehlen der distalen Bizepssehne im Ansatzbereich bei Beugung im Ellbogengelenk gegen Widerstand im Seitenvergleich.

Die distale Bizepssehnenruptur manifestiert sich in Form eines Kraftdefizits der Supination und Flexion. Die Supination erfolgt hauptsächlich durch den M. biceps brachii und ist stärker eingeschränkt. Die Flexion ist weniger gravierend betroffen. Der M. coracobrachialis und der M. brachialis übernehmen die Flexion zu großen Teilen (25).

Während vollständige distale Bizepssehnenrisse eine prominente Symptomatik aufweisen, präsentieren sich Rupturen ohne retrahierte Sehne mit intaktem Lacertus fibrosus und Teilrupturen oft subtiler (30).

1.4.2 Hook Test

Pathognomonisch für die distale Bizepssehnenruptur ist ein positiver Hook Test. Dieser hat eine Spezifität von 81% und Sensitivität von 100% für die vollständige distale Bizepssehnenruptur und ermöglicht eine Unterscheidung zur Teilruptur. Dabei wird von lateral mit dem Zeigefinger der kontralateralen Hand bei der Bizepssehne eingehakt. Ist dies möglich, so ist der Hook Test negativ und die distale Sehne intakt. Kann nicht zwischen der distalen Sehne des M. biceps brachii und der Sehne des M. brachialis eingehakt werden, ist der Hook Test positiv. Es kann von einer Ruptur ausgegangen werden. Kann die Sehne nur unter Schmerzen abgespannt werden, so ist das ein Hinweis auf eine Teilruptur. Zusätzlich wird

analog zur Überprüfung von lateral, der Lacertus fibrosus von medial untersucht. Der Arm befindet sich während der Untersuchung in 90°-Flexionsstellung und der Unterarm ist vollständig supiniert (31).



Abbildung II: Hook Test - Ansicht von medial

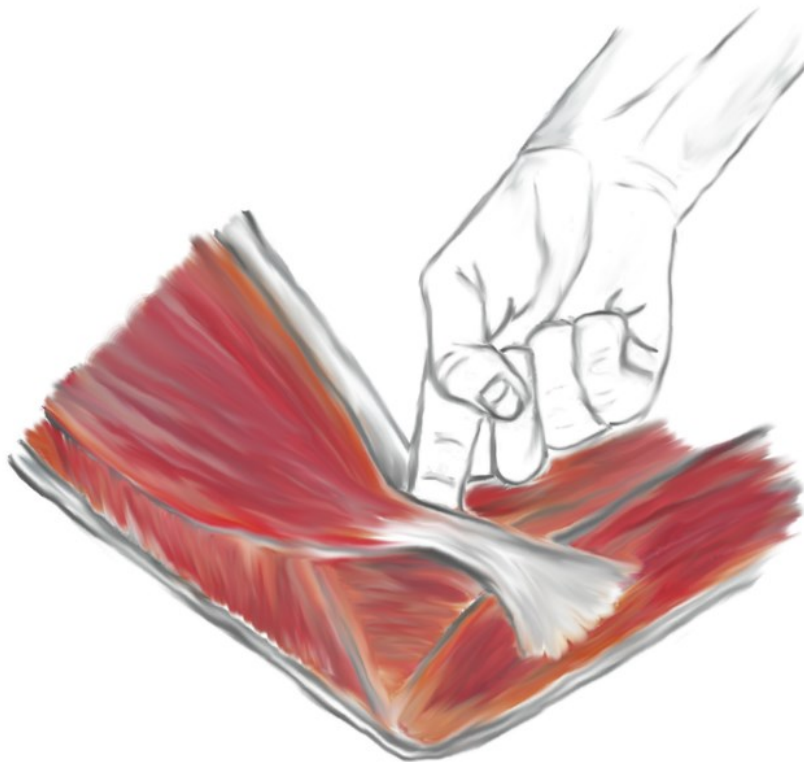


Abbildung III: Negativer Hook Test – Sehne intakt

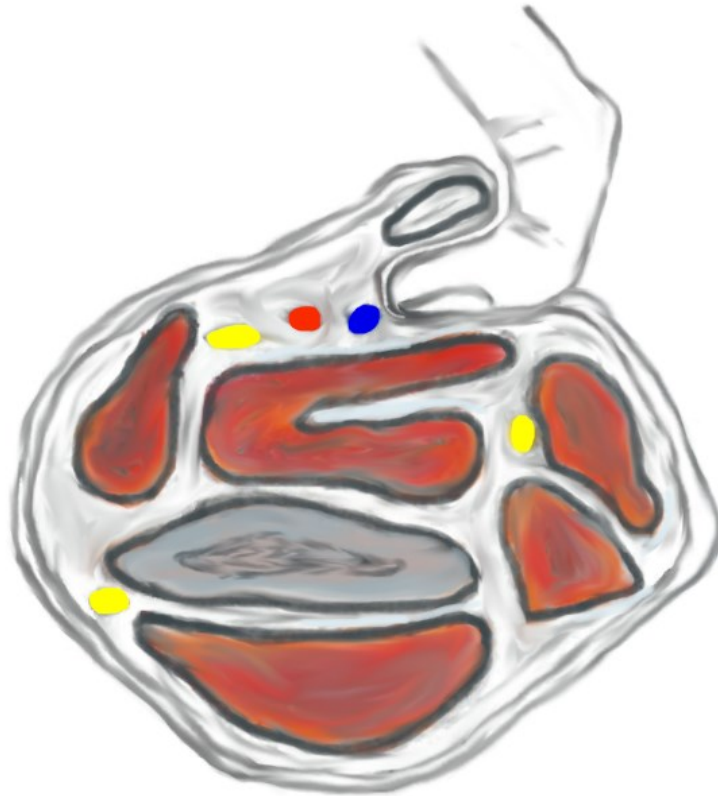


Abbildung IV: Negativer Hook Test – Querschnittsdarstellung

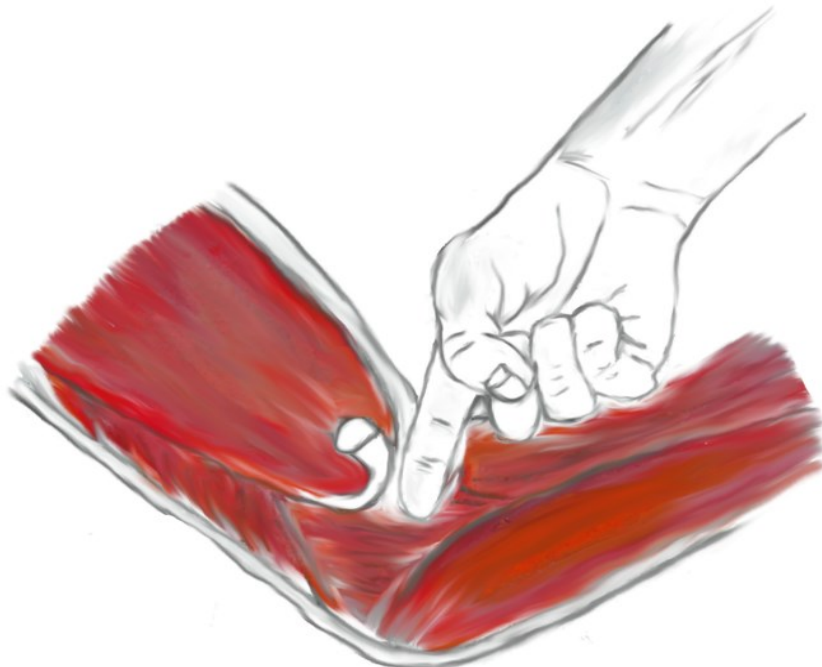


Abbildung V: Positiver Hook Test - Sehne durchtrennt

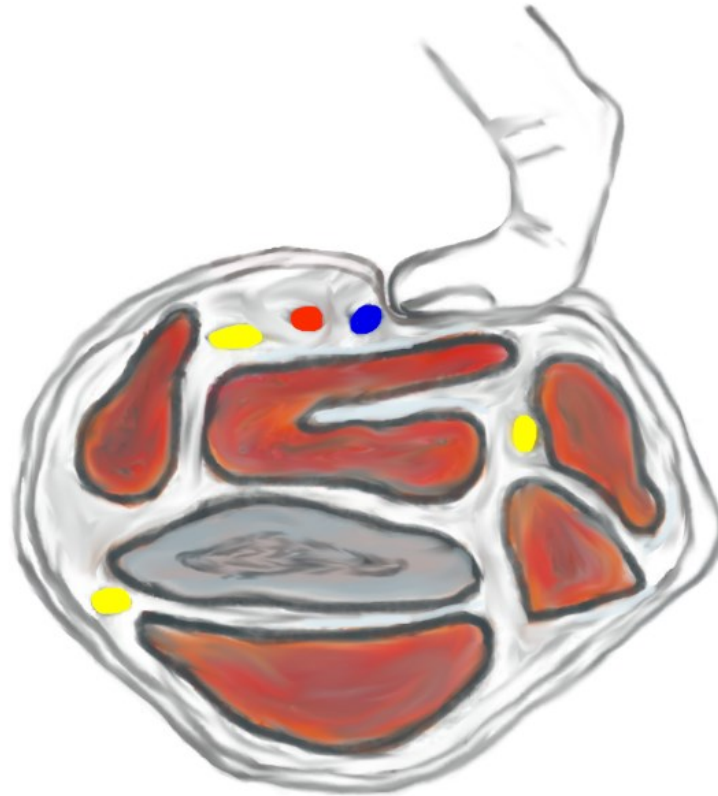


Abbildung VI: Positiver Hook Test - Querschnittsdarstellung

1.4.3 Biceps Squeeze Test

Ein weiterer zuverlässiger diagnostischer Test ist der Biceps Squeeze Test. Dabei sitzen die PatientInnen in aufrechter Position. Beide Arme liegen in leichter Pronation im Schoß. Der M. biceps brachii wird mit beiden Händen komprimiert. Eine Hand wird über dem Muskelbauch platziert, die andere am muskulotendinösen Übergang. Bei intakter Sehne erfolgt durch die Kompression eine Supination im Unterarm. Der Test ist negativ. Eine Ruptur liegt vor, wenn keine Bewegung zu sehen ist. In diesem Fall ist der Test positiv (32).

Sowohl der Hook Test als auch der Biceps Squeeze Test sollten im Seitenvergleich durchgeführt werden.

1.4.4 Bildgebung

Um einen knöchernen Sehnenaustriss auszuschließen, ist eine röntgenologische Abklärung des Ellbogens in zwei Ebenen obligat (25).

Da das klinische Bild einer Ruptur ohne retrahierte Sehne bzw. einer Teilruptur nicht immer eindeutig ist, kommen weitere bildgebende Verfahren zur definitiven Diagnosesicherung zum Einsatz. Die weiterführende Diagnostik erfolgt durch Magnetresonanztomografie (MRT) und Sonografie (6). Während die MRT die exaktere Bildgebungsmodalität darstellt, ist die Sonografie das kosteneffizientere Verfahren (33).

Goldstandard in der Untersuchung der Weichteile im Ellbogen ist die MRT. Sie dient der Beurteilung der Integrität der Sehnenstrukturen und ermöglicht die Erfassung degenerativer Prozesse (34). Sie liefert eine optimale Darstellung des Muskels und der Sehne und lässt eine Beurteilung von Teilrupturen zu (35). Spezielle T2 gewichtete Sequenzen eignen sich für die Detektion von Rupturen (6).

Die optimale Positionierung für die MRT ist wichtig, um die distale Bizepssehne korrekt beurteilen zu können. Gängige Praxis ist der „flexed abducted supinated view“ (FABS). Bei dieser Technik liegen die PatientInnen auf dem Bauch, die Schulter ist 180° abduziert. Der Ellbogen ist 90° flektiert und über den Kopf geschlagen. Der Unterarm ist bis in Endstellung supiniert, sodass der Daumen nach oben zeigt. Im FABS ist die gesamte distale Bizepssehne dargestellt (36).

Ein weiteres probates Mittel, um Bizepssehnenrisse zu bestätigen, stellt die Sonografie dar. Auch wenn sie der Magnetresonanztomografie in diagnostischer Treffsicherheit und Beurteilung des Ausmaßes der Ruptur unterlegen ist, werden Bizepssehnenrisse mit einer Sensitivität von 97% und Spezifität von 100% zuverlässig erkannt. Die breite Verfügbarkeit von Ultraschallgeräten, die Möglichkeit einer dynamischen Untersuchung des Ellbogens und ein Seitenvergleich zwischen „gesunder und kranker“ Seite sind Vorteile gegenüber der Magnetresonanztomografie (37). Der komplizierte Verlauf der distalen Sehne setzt Erfahrung im Umgang mit dem Ultraschallgerät voraus (38,39). Sonografische Kriterien einer vollständigen distalen Bizepssehnenruptur sind ein fehlender Ansatz der Sehne an der Tuberositas radii, eine in der Fossa antecubitalis liegende Raumforderung sowie eine Flüssigkeitsansammlung im Bereich des Bizepssehnenansatzes. Eine inkomplette Ruptur weist eine intratendinöse Hypoechogenität als Zeichen der Ausdünnung der Sehne auf (38).

Belli et al. empfehlen 2001, die Magnetresonanztomografie erst einzusetzen, wenn die sonografische Beurteilung nicht eindeutig oder nicht durchführbar ist (38).

1.5 Versorgungsmöglichkeiten

Generell steht die konservative Behandlung der operativen gegenüber. In der Regel wird eine operative Therapiestrategie verfolgt. Die konservative Versorgung wird nur unter bestimmten Voraussetzungen gewählt. Das Anforderungsprofil der PatientInnen bestimmt die Vorgehensweise. Relevante Gesichtspunkte, anhand derer der Therapieerfolg gemessen wird, sind unter anderem Maximalkraft, Bewegungsausmaß und Ausdauer (25). Im Zuge der chirurgischen Refixation kann das Kraftdefizit im Idealfall vollständig behoben werden. Klar ist jedoch auch, dass jeder operative Eingriff, das Risiko von Komplikationen birgt. Der große Nachteil der konservativen Strategie ist indes die bleibende Kraftminderung mit den damit einhergehenden Alltagseinschränkungen. Dies wurde anhand zahlreicher Studien im Vergleich operativer und nicht-operativer Therapieverfahren ausreichend dokumentiert (40–42).

1.5.1 Konservative Therapie

Eine konservative Vorgehensweise sollte nur gewählt werden, wenn die primär operative Behandlung nicht oder nur unter erhöhtem Risiko erfolgen kann. Die Ursache dafür ist meist eine Einschränkung der Operationstauglichkeit in Folge höheren Lebensalters und der damit einhergehenden Komorbiditäten. Zusätzlich haben ältere PatientInnen oft geringere funktionelle Anforderungen. Der Alltag ist im Wesentlichen nicht eingeschränkt. Bei jüngeren PatientInnen ist häufig das Vorhandensein chronischer Erkrankungen für die Wahl der konservativen Behandlung verantwortlich. Ein weiterer Grund für eine nicht-operative Vorgehensweise kann außerdem das Vorliegen einer Teilruptur, die weniger als 50% der Sehne betrifft, sein (43).

Das Ziel der Behandlung ist das Wiedererlangen der vollen Beweglichkeit im Ellbogengelenk und die bestmögliche Kompensation des Kraftdefizites. Sobald es die Schmerzen nach dem Akutereignis zulassen, erhalten die PatientInnen physiotherapeutische Begleitung (25). Man strebt eine frühzeitige Mobilisation, möglichst innerhalb von 4 Wochen nach der Verletzung, an (26).

Während eine operative Behandlung generell zum vollständigen Wiedererlangen der Flexions- und Supinationskraft verhelfen soll, wird bei der konservativen Therapie eine deutliche Kraftminderung in Kauf genommen. Ein Riss der distalen Bizepssehne kann im Ellbogengelenk einen variablen Kraftverlust der Flexion von 30% und der Supination von bis zu 40% zur Folge haben (46). Freeman et al. (47) untersuchten 2009 retrospektiv 18 männliche Patienten nach konservativer Versorgung eines distalen Bizepssehnenrisses. Verglichen mit der nicht verletzten Seite betrug die Supinationskraft 63%. Die Flexionskraft belief sich auf 93%. Bei 8 Patienten wurde eine subjektive Hebeschwäche dokumentiert. 6 Patienten klagten über ein signifikantes Supinationsdefizit (47).

1.5.2 Operative Verfahren

Die Fixierung der rupturierten Sehne sollte möglichst zeitnahe erfolgen, da der Sehnenstumpf retrahiert und eine Refixation erschwert. Bei Verzögerung um über drei Wochen nach dem Akutereignis besteht ein Längendefizit, das eine Befestigung der Sehne an der Tuberositas radii oft nicht mehr oder deutlich erschwert möglich macht (46). Bei der operativen Versorgung des anatomischen Repairs werden zwei Zugangsmöglichkeiten unterschieden: Zunächst gibt es eine Single-Incision Technik, die eine Refixation durch einen einzelnen volaren Zugang ermöglicht. Die zweite Möglichkeit besteht in einer Double-incision Technik, bei der neben dem volaren zusätzlich ein dorsaler Zugang für die Refixation präpariert wird (48). Die Fixationstechniken, mit denen der Sehnenstumpf positioniert wird, sind zahlreich und reichen von monokortikalen Ankerfixierungen bis hin zu bikortikalen Techniken mit Fadenankersystemen (49–53).

1.5.2.1 Single-Incision Technik

Bei der Single-Incision Technik wird durch einen s-förmigen oder Längsschnitt (Henry-Approach) in die Cubita eingegangen. Der Arm der PatientInnen ist gestreckt und maximal supiniert. Die retrahierte Bizepssehne wird proximal aufgesucht und mobilisiert. Es kann notwendig sein, die Sehne von Narbengewebe und Adhäsionen zu befreien. Das lose Sehnenende wird angefrischt und durch nicht resorbierbare Nähte armiert (54). Um die Tuberositas radii ausreichend einsehen zu können, muss die Region übersichtlich dargestellt werden. Dabei wird mit dem Finger oder stumpfen Instrumenten gearbeitet (55). Die intraoperative Schonung

der umliegenden neurovaskulären Strukturen ist notwendig, um Komplikationen vorzubeugen. Sobald die Tuberositas radii ausreichend dargestellt ist, wird die Sehne mit der gewählten Fixationstechnik reinseriert (56).

1.5.2.2 Double-Incision Technik

Die Double-Incision Technik wurde entwickelt, um neurovaskuläre Komplikationen, die bei der Single-Incision Technik entstanden, zu vermeiden (57).

Der volare Zugang wird gleich wie bei der Single-Incision Technik angelegt. Ein Unterschied liegt in der sparsamen Weichteilpräparation, wodurch neurovaskuläre Schäden seltener sein können. Ausgehend vom volaren Zugang wird eine gebogene Klemme bis zur dorsolateralen Haut vorgeschoben. Durch Pronation des Armes rotiert die Tuberositas aus der Führungslinie der Klemme. Diese kann nun durch Radius und Ulna auf die dorsale Seite des Ellbogens geführt werden und ist, nachdem sie den M. supinator und den M. extensor carpi ulnaris durchwandert, durch den Weichteilmantel spürbar. Hier erfolgt die zweite Inzision. Nach Spaltung der Streckmuskulatur ist die Tuberositas radii optimal dargestellt (54).

Periostale Schäden der Ulna müssen vermieden werden. Diese können heterotope Ossifikationen und radioulnare Synostosen zur Folge haben (55).

Zahlreiche Studien attestieren der Double-Incision Technik bessere Ergebnisse hinsichtlich der anatomischen Refixation. Die korrekte Positionierung der Sehne am Footprint scheint beim Double-Incision Zugang häufiger gewährleistet zu sein als bei Single-Incision Zugängen (57,58).

1.5.3 Postoperative Rehabilitation

Die ersten zwei Wochen nach der operativen Versorgung stellen die heikelste Phase der postoperativen Rehabilitation dar. In dieser Zeit besteht das größte Risiko für ein Implantatversagen mit Dislokation der Sehne aus der Refixationsstelle. Eine Ruhigstellung des betroffenen Arms ist generell zur initialen Schmerztherapie und Protektion erforderlich. Im Zuge der Ruhigstellung wird der betroffene Arm in 90° Flexion bei Neutralrotation des Unterarms fixiert. Wenn erforderlich, kann eine passive Limitierung von im Regelfall initial 30° Streckdefizit eingeleitet werden. Generell sollte jedoch eine direkte passive Beübung ohne Bewegungslimit angestrebt werden.

In der Literatur sind viele postoperative Behandlungsprofile beschrieben, die auch Orthesenbehandlungen inkludieren. Im Zuge eines konkreten Prozederes wird der Extensionswinkel im Ellbogengelenk wöchentlich um 10° erweitert, bis nach 6 Wochen eine vollständige Streckung möglich ist. In diesem Zeitraum ist schweres Heben und Supination bis zum Anschlag untersagt. Mit der sechsten Woche der Rehabilitation wird die Belastung der Sehne kontinuierlich gesteigert. Abhängig von der operativen Versorgung ist eine normale Belastung nach 3 – 6 Monaten wieder möglich (59).

Eine 2019 erschienene Studie wies darauf hin, dass eine frühzeitige Mobilisation von Vorteil sein dürfte. In einer prospektiv randomisierten Studie wurden PatientInnen, die mittels Double-Incision Technik operiert wurden, bereits am ersten postoperativen Tag mobilisiert. Eine frühzeitige Belastung der refixierten Bizepssehne soll sich positiv auf das Auftreten von Ossifikationen und Synostosen auswirken, Bewegungseinschränkungen im Zuge der Ruhigstellung reduzieren und Rerupturen entgegen aller Erwartung nicht begünstigen (60). Ein Umdenken in der postoperativen Rehabilitation hinsichtlich einer Frühmobilisation wird angesichts der Studienergebnisse diskutiert.

1.6 Komplikationen

Die Overall-Komplikationsrate nach distaler Bizepssehnenrefixation liegt bei knapp 25% (61). Die für PatientInnen anschauliche Darstellung von Beks et al. (62) besagt, dass bei jeder fünften betroffenen Person leichte Komplikationen und bei jeder zwanzigsten schwerwiegende Komplikationen auftreten.

Nervenläsionen, die von einer reversiblen Irritation bis zu dauerhaftem Ausfall reichen, Rerupturen, heterotope Ossifikationen sowie Osteolysen zählen zu den häufigsten Komplikationen (63). Während der funktionelle Outcome der Single- und Double-Incision Technik vergleichbar ist, wird bei der Single-Incision Technik insgesamt eine höhere Komplikationsrate beobachtet (64).

1.6.1 Nervenläsionen

Bei chirurgischer Intervention ist ein schonender Umgang mit den durch die Cubita laufenden Nerven erforderlich. Hier wird auf zwei relevante Nerven eingegangen: den Nervus cutaneus antebrachii lateralis (LACN) und den Nervus interosseus

posterior (PIN). Neben diesen können auch der N. radialis superficialis, der N. medianus und der N. ulnaris betroffen sein (44).

1.6.1.1 Nervus cutaneus antebrachii lateralis (LACN)

Läsionen des LACN treten wesentlich häufiger bei der Single-Incision Technik (24,4%) als bei der Double-Incision Technik (4,1%) auf (65). Die häufigste Form ist eine vorübergehende Neurapraxie. Die Dehnung des Nervs während des Eingriffs führt zu einer Parästhesie, die in der Regel nach wenigen Wochen abklingt. Neurotmesis und ein potenziell resultierendes Neurom sind selten. Dabei kann es zu permanenten Schmerzen und Dysästhesie kommen (44).

1.6.1.2 Nervus interosseus posterior (PIN)

Der PIN wird eher bei der Double-Incision Technik (3,4%) als bei Single-Incision Technik (0,8%) verletzt (65). Die Schädigung ist Resultat einer mechanischen Nervenkompression oder einer intraoperativen Neurotmesis (66). Eine Lähmung dieses Nervs ist eine schwerwiegende Komplikation, bei der es zu einem Ausfall der Handgelenks-, Langfinger- und Daumengrundgelenks-Extension kommt. Der funktionellen Einschränkung wird mit dynamischer Extensionsschiene und Ergotherapie entgegengewirkt. In der Regel heilt die Nervenläsion innerhalb von 3 Monaten aus. Permanente Schäden sind selten (67).

1.6.2 Rerupturen

Die Inzidenz der Reruptur nach primärer Refixation der distalen Bizepssehne liegt zwischen 1% und 6% (63–65,68,69). Sie tritt meist in der frühen postoperativen Phase auf. Der Verletzungsmechanismus ähnelt jenem, der primären Ruptur (44). Die Symptomatik kann milde sein. Eine Reruptur wird von einem Teil der PatientInnen nicht als Ausrissereignis wahrgenommen. Nahtversagen, Implantatversagen und Probleme durch die Fixationstechnik zählen zu den Ursachen (70). Bevor abermals eine Fixierung der Sehne erfolgt, sollte die tatsächliche Ursache geklärt werden (44).

1.6.3 Heterotope Ossifikation (HO)

Die heterotope Ossifikation tritt mit einer Gesamthäufigkeit von 3,6% auf. Bei der Double-Incision Technik (7,6%) ist die Rate signifikant höher als bei der Single-

Incision Technik (2,7%) (65). Sie entsteht im Zuge der Präparation der knöchernen Strukturen. Dabei entsteht Knochenmehl, welches die Knochenneubildung an atypischer Stelle induzieren kann. Eine ausgeprägte Form ist die radioulnare Synostose. Eine asymptomatische HO kann als Zufallsbefund in der Bildgebung diagnostiziert werden und bedarf nur einer Observanz. Symptomatische HO führt zu einem Bewegungsdefizit. Der Bewegungsspielraum ist durch die Knochenneubildung eingeschränkt. Bei Synostosen ist das angrenzende Gelenk fixiert und die Bewegung blockiert. Bei schweren Ausprägungen ist eine operative Entfernung notwendig (44).

1.6.4 Osteolyse

Im Zuge der operativen Versorgung des distalen Bizepssehnenrisses kann es zum Verlust der Knochenintegrität kommen. Punktuelle Substanzdefekte des Knochens im Operationsgebiet können sich je nach Fixationsmethode unterschiedlich stark ausbilden. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Verwendung der Interferenzschraube (=Tenodeseschraube). Röntgenologisch kann ein Verlust der Knochensubstanz nachvollzogen werden. Resultat ist ein erhöhtes Frakturrisiko bei Belastung des Knochens. Eine kritische Betrachtung dieser potentiellen Komplikation ist notwendig, weshalb zunehmend die Verwendung der Interferenzschraube diskutiert wird (71).

2 Material und Methoden

2.1 Studienaufbau

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine retrospektive Single Center Studie des AUVA – Unfallkrankenhause (UKH) Steiermark | Standort Graz. Nach Durchsicht des hausinternen Datenregisters {ASTRA} wurden 65 PatientInnen mit operativer Therapie eines vollständigen distalen Bizepssehnenrisses in die Studie aufgenommen. Der Studienzeitraum hinsichtlich des Zeitpunktes der operativen Versorgung wurde von 2001 – 2016 anberaumt. Als Einschlusskriterien wurden eine operative Versorgung mittels bikortikaler Technik und ein postoperatives Follow-up von mindestens 4 Jahren festgelegt.

Die PatientInnen wurden im Zeitraum von 01.12.2019 – 23.02.2020 einer Studienuntersuchung unterzogen. Dabei wurden eine Funktionalitätsprüfung (Range of Motion, Kraftparameter, Hook Test) durchgeführt, klinische Scores erhoben und ein Nativröntgen in zwei Ebenen (a.p./seitlich) angefertigt. Sämtliche unerwünschte Ereignisse wurden dokumentiert und hinsichtlich des Operationsverfahrens miteinander verglichen.

2.2 Zielgrößen

Die deskriptiven Parameter wurden aus den OP-Berichten und dem hausinternen Datenregister {ASTRA} entnommen sowie im Anamnesegespräch erhoben.

Geschlecht, Alter und die Dauer des Follow-up's wurden dokumentiert. Die Seitendominanz und betroffene Seite wurden erhoben und ein Zusammenhang überprüft. Berücksichtigung fand zudem, ob die PatientInnen einen Bezug zu Kraftsport hatten.

Hinsichtlich des Verletzungsmechanismus wurde eine Unterscheidung zwischen Hebetrauma, indirektem Trauma und Sturzgeschehen getroffen. Unter indirektem Trauma ist in diesem Zusammenhang eine Ruptur zu verstehen, die nicht aus dem herkömmlichen, in Kapitel 1.3 beschriebenen, Unfallhergang resultierte. So wurde hier beispielhaft eine plötzliche unerwartete Überdehnung bei maximaler

Vorspannung des Muskels als indirektes Trauma gewertet. Die Operationsdauer wurde der OP-Dokumentation entnommen. Zudem wurde berücksichtigt, ob die OperateurInnen zum Zeitpunkt der Operation FachärztInnen oder ÄrztInnen in Ausbildung waren. Das Anästhesieverfahren (Allgemeinnarkose, Plexusanästhesie, Regionalanästhesie) wurde ebenfalls dokumentiert. Die in den OP-Berichten festgehaltene Schnittführung in der Cubita (längs, quer, bogenförmig, s-förmig) wurde in der Studienuntersuchung begutachtet. Hinsichtlich der Fixationsmethoden fand eine Unterteilung in je ein spezielles bikortikales Armierungs-System statt. Der Repair erfolgte entweder mittels transossärer Refixation mit einem nichtresorbierbaren Nahtmaterial {Ethibond, Ethicon, Johnson & Johnson, USA} oder der Fixierung mittels Endobutton und fakultativ Interferenzschraube {Arthrex Biceps Repair Kit, Arthrex, USA}.

Wesentlich für die weiterführende statistische Auswertung war die Operationstechnik (Single- oder Double-Incision) und die Fragestellung, ob eine exakte anatomische Refixation erzielt werden konnte. Neben der postoperativen Ruhigstellung der PatientInnen in Wochen, wurde die Dauer der Arbeitsunfähigkeit ebenfalls in Wochen aufgezeichnet. Eine Revisions-OP wurde, sofern erfolgt, dokumentiert.

2.3 Funktionalitätsprüfung

2.3.1 Range of Motion

Das Bewegungsausmaß ergibt sich aus Flexion und Extension sowie Pronation und Supination. Eine freie Beweglichkeit im Ellbogengelenk (FROM) liegt vor, wenn die Flexion bis 130° möglich ist und die Extension bis 0°. Für Pro- und Supination müssen jeweils 90° erreicht werden. Die Überprüfung erfolgte im Seitenvergleich.



Abbildung VII: 130° Flexion



Abbildung VIII: 0° Extension



Abbildung IX: 90° Pronation bei 90° flektiertem Unterarm



Abbildung X: Neutralstellung bei 90° flektiertem Unterarm



Abbildung XI: 90° Supination bei 90° flektiertem Unterarm

2.3.2 Kraftparameter

Zur Einschätzung der Kraftminderung nach operativer Refixation der distalen Bizepssehne wurde eine Kraftmessung mittels Dynamometer {IsoForceControlEVO2, Herkules Kunststoff Oberburg AG, Oberburg, Switzerland} durchgeführt. Überprüft wurden Flexion und Supination. Beide Bewegungen wurden im Seitenvergleich getestet.

Die Messung erfolgte im Sitzen. Die Durchführung wurde erklärt und vorgezeigt. Zu Beginn wurde die Flexionskraft gemessen. Das Dynamometer wurde auf Brusthöhe an der Wand fixiert und eine Schlaufe, welche die PatientInnen im Zuge der Flexion des Unterarms zu sich ziehen sollten, von innen gegriffen. Die Blickrichtung sollte dabei zur Wand zeigen. Die PatientInnen wurden angewiesen unter isometrischer Kontraktion an der Messvorrichtung zu ziehen, bis ein Signal ertönte, welches die Kraftmessung beendete. Das Ergebnis, gemessen in Newton, wurde vom Display des Dynamometers abgelesen. Bei unförmigen Bewegungsmustern, ungewöhnlich hohen und niedrigen Werten sowie bei außergewöhnlicher Seitendifferenz wurde der Test wiederholt.



Abbildung XII: Messung der Flexionskraft (I)



Abbildung XIII: Messung der Flexionskraft (II)

Für die Messung der Supinationskraft des linken und rechten Armes wurde der Sessel jeweils um 90° im bzw. gegen den Uhrzeigersinn gedreht, sodass die Supinationsbewegung von der Wand weggerichtet war. Die Ausgangsposition für die Überprüfung der Umwendbewegung war ein 90° flektierter Unterarm. Der Unterarm befand sich in Semipronations-Neutralstellung. Während der Durchführung wurde der Oberarm am Brustkorb angelegt und im Zuge der Supinationsbewegung das Handgelenk in Position gehalten, um das Messergebnis nicht durch Zuhilfenahme anderer Muskelgruppen zu verfälschen. Die Schlaufe des Dynamometers war von außen zu greifen. Durch die Supination spannte sich die

Schleife. Es kam zu einer isometrischen Kontraktion. Da diese Bewegung schwieriger zu messen war, musste die Durchführung hier besonders gewissenhaft erfolgen und vom Untersucher eine klare Anweisung gegeben werden.



Abbildung XIV: Messung der Supinationskraft (I)



Abbildung XV: Messung der Supinationskraft (II)

2.3.3 Hook Test

Der Hook Test wurde nach geltenden Standards, entsprechend der Beschreibung in Abschnitt 1.4.2, durchgeführt.

2.4 Komplikationen

Eine Unterteilung der Folgeerscheinungen in Major-Komplikationen und Minor-Komplikationen ist üblich und wurde auch in vorliegender Studie gewählt. Eine Revisionsoperation wurde als Major-Komplikation definiert. Sämtliche Komplikationen wurden im Follow-up erhoben und bei klinischer Relevanz weiter abgeklärt.

2.5 Klinische Scores

In vorliegender Studie fanden „Patient Reported Outcome Measures“ (PROM`s) als klinische Scores Verwendung. Das Ziel der patientenorientierten Evaluierung der Krankheitsaspekte ist allgemein die effizientere Gestaltung der medizinischen Versorgung, wie auch die Datenerhebung zu Forschungszwecken und die Optimierung wirtschaftlicher Faktoren orthopädischer Krankheitsbilder (72). Für unterschiedliche Gelenke wurden spezifische Fragebögen entwickelt. In dieser Studie lag der Fokus auf den für das Ellbogengelenk konzipierten Tests. Die Langfassung der einzelnen PROMs und die dazugehörige Interpretation der Scores ist dem Anhang (Abschnitt 6) zu entnehmen.

2.5.1 Mayo Elbow Performance Score (MEPS)

Der MEPS (73) ist ein klinischer Score, anhand dessen funktionelle Einschränkungen des Ellbogengelenks bezugnehmend auf die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) ermittelt werden (siehe Abschnitt 6.1.1).

Der Score berücksichtigt vier Domänen/Subskalen: Schmerzintensität, Bewegung, Stabilität und Funktion. Für die Fragen jeder der vier Teilbereiche werden Punkte vergeben, die am Ende der Erhebung zusammengezählt werden. Die klinische Interpretation erfolgt anhand einer 100-Punkte-Skala (74) (siehe Abschnitt 6.1.2). Der MEPS wurde für sämtliche PatientInnen ermittelt.

2.5.2 Oxford Elbow Score (OES)

Auch der OES fand in vorliegender Studie Berücksichtigung. Der OES (75) ist ein Score zur Bewertung des Outcomes von Ellbogenoperationen. Er besteht aus 12 Fragen, eingeteilt in drei Domänen: Funktion, Schmerz und sozialpsychologische Aspekte. Zu jeder Domäne werden vier Fragen gestellt. Pro Frage werden 0 – 4 Punkte vergeben, wobei 0 Punkte jeweils den schwersten Grad der Einschränkung darstellen (siehe Abschnitt 6.2.1). Die Zuordnung des Ergebnisses erfolgt nach erreichter Punktezahl (75) (siehe Abschnitt 6.2.2).

2.5.3 DASH Score

Ein weiterer klinischer Score, der in dieser Studie Verwendung fand, ist der „Disabilities of arm, shoulder and hand“ Score (DASH) (76). Dieser Fragebogen liefert Aussagen über Einschränkungen und Symptome im Bereich der Arme, Schultern und Hände. Erfragt wird die Fähigkeit, bestimmte Handlungen auszuführen. Der Score errechnet sich aus dem Ergebnis aus 30 Fragen, bei denen jeweils fünf Antwortmöglichkeiten bestehen. Werden mindestens 27 der 30 Fragen beantwortet kann der Score auf einer Skala von 0 (keine Einschränkung) bis 100 (schwere Einschränkung) errechnet werden.

Der auf 30 Elementen basierende Score kann in verkürzter Form abgefragt werden. Die Zuverlässigkeit und Wertigkeit des Quick-DASH, der aus 11 Elementen besteht, wurde belegt (77). In dieser Studie wurde der Quick-DASH ermittelt (siehe Abschnitt 6.3.1).

Bei der Interpretation des Quick-DASH können die Werte keinem konkreten Grad der Einschränkung zugeordnet werden. Ebenso ist es nicht möglich, durch die Ergebnisse des Quick-DASH objektiv die Arbeitsfähigkeit von PatientInnen zu beurteilen. Die Interpretation und Einordnung des numerischen Scores bedarf ausreichender Erfahrung mit diesem Tool (78).

2.5.4 Single Assessment Numeric Evaluation Score (SANE)

Der SANE Score stellt eine Variante eines PROMs dar. Das Ziel ist es, wie bei den zuvor beschriebenen Tests eine subjektive Einschätzung des Krankheitserlebens von Seiten der PatientInnen zu gewinnen. Herkömmliche patientenbezogene Fragebögen zur Quantifizierung von Symptomen sind wesentlich ausführlicher und

benötigen eine Vielzahl von Fragen, während der SANE Score in Form eines numerischen Wertes abgefragt wird. Auf einer Skala von 0 – 100 soll von PatientInnen angegeben werden wie sie ihre Krankheit verglichen zum gesunden Ausgangszustand wahrnehmen (79). Dieser Score wurde in vorliegender Studie berücksichtigt.

2.6 Radiologische Auffälligkeiten

Im Zuge der Studienuntersuchung wurde ein finales Röntgen in zwei Ebenen (a.p./seitlich) angefertigt.

2.6.1 Anatomischer/Nicht-anatomischer Repair

Beurteilt wurde die korrekte Lage der Reinsertion der distalen Bizepssehne indirekt über die Ausrichtung der Bohrkanäle zu ihrem Bezugspunkt, der Tuberositas radii. Im Zuge eines Eingriffs mittels Single-Incision ist es wesentlich schwieriger, eine anatomische Repositionierung zu erzielen, da über den Zugang von ventral auch unter maximaler Supination der anatomische Footprint nur schwer erreicht werden kann. Bei Double-Incision ist durch den streckseitigen Zugang die erwünschte Reinsertionsstelle direkt einsehbar und ein optimaler anatomischer Repair wahrscheinlicher. Die korrekte Lage der Bohrkanäle wurde bei Verwendung des Bizeps Repair Kits über die Positionierung des Sackloches und indirekt des Endobuttons beurteilt. Bei transossärer Refixation wurde durch die hypodense Aussparung, die die Bohrkanäle hinterlassen, auf die richtige Ausrichtung geschlossen.

2.6.2 Osteolyse

Ebenfalls von Bedeutung war das Auftreten von umschriebenen Osteolysen. In den Röntgenaufnahmen präsentiert sich die Osteolysezone als hypodenses Areal. Pathophysiologisch ist dies durch einen Abbau der Knochensubstanz zu erklären, der zu einer Erhöhung der Strahlentransparenz in diesem Bereich führt. Von Interesse ist die Ursache, die eine Auflösung des Knochengewebes induziert. Vermutet wird eine Korrelation zur Implantation der bioresorbierbaren Interferenzschraube.



Abbildung XVI: Röntgen seitlich - Osteolysezone mit zusätzlicher Ossifikation der distalen Bizepssehne



Abbildung XVII: Röntgen a.p. - Osteolysezone

2.6.3 Heterotopie Ossifikation

Ein weiteres Kriterium der röntgenologischen Abklärung war das Auftreten heterotoper Ossifikationen. Auf die klinische Relevanz wurde bereits in Abschnitt 1.6.3 eingegangen. Im finalen Röntgen wurde das Vorliegen sowie die Lokalisation der heterotopen Ossifikation beschrieben. Die möglichen Ausprägungen waren: Keine Ossifikation, Ossifikation an der distalen Bizepssehne, Ossifikation im Bereich des Radius, Ossifikation im Bereich der Ulna und Ossifikation sowohl im Bereich des Radius als auch der Ulna. Das Auftreten von heterotopen Ossifikationen wurde mit dem operativen Zugang (Single-, Double-Incision) verglichen, um die Komplikationshäufigkeit des jeweiligen operativen Verfahrens abschätzen zu können.



**Abbildung XVIII: Röntgen seitlich - Ossifikation
im Bereich des Radius**



**Abbildung XIX: Röntgen a.p. -
Ossifikation im Bereich des Radius**

2.6.4 Implantatversagen

Das Follow-up berücksichtigte das Vorkommen von Implantatversagen. Nach der Versorgung des distalen Bizepssehnenrisses mittels Endobutton kann es zur radiologisch verifizierbaren Dislokation des Implantates kommen. Im Röntgen erscheint der Button von der Insertionsstelle in das umliegende Weichteilgewebe verlagert. Die Richtung wird durch den Bohrkanal vorgegeben. Der Endobutton wird mittels eines Setzinstrumentariums im rechten Winkel zur Knochenoberfläche durch ein Bohrloch vorgeschoben und an der Rückseite geflippt. Die Position wird durch eine intraoperative Bildwandlernaufnahme kontrolliert. Um die korrekte Lage im Zuge der Kontrolluntersuchung zu überprüfen, wurde bei sämtlichen PatientInnen in der Röntgenaufnahme auf eine Dislokation im Vergleich zu Vorröntgen geachtet.

Im Zuge der Einbringung des Bizepssehnenstumpfes in das Bohrloch müssen die Fiberwire Fäden nach der Umlenkung über den Endobutton durch das gleiche Bohrloch ausgeleitet werden. Dabei wirken hohe Zugkräfte auf die Fiberwire Fäden, was unter Umständen zum Riss derselben führen kann.

2.7 Statistische Erhebung

Die Ergebnismaße und die Auswahl des Evaluierungszeitpunktes wurden basierend auf Daten einer systematischen Literaturrecherche und der retrospektiven Datenbankanalyse des AUVA – Unfallkrankenhause (UKH) Steiermark | Standort Graz definiert. Die erhobenen Daten wurden unter einer pseudonymisierten Studiennummer abgespeichert. Die demografischen Daten wurden durch direkte Befragung des Patientenkollektives erhoben und entsprechend den oben genannten Fragestellungen objektiviert.

Die Häufigkeit des Auftretens von binären Variablen wurde in Prozent ausgedrückt. Die Art des unerwünschten Ereignisses wurde in Häufigkeitstabellen aufgelistet und detailliert beschrieben. Kontinuierliche Variablen (z. B. Flexion in Grad) wurden als Mittelwert (\pm SD) dokumentiert. Die Variationsbreite (englisch „range“) wurde zudem dokumentiert. Hier wurden die Werte hinsichtlich der minimalen und maximalen Verteilung aufgelistet.

Die statistischen Analysen der Kontrollgruppen wurden unter Verwendung von zweiseitigen ungepaarten Student t-Tests (inklusive Levine Test) mit einem Signifikanzniveau von 5% ($\alpha = 0,05$, $\beta = .90$) verglichen.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte unter Tabellenerstellung mittels EXCEL {Version 16.59, Microsoft Corporation, Redmond, Washington; USA} und mittels SPSS {IBM SPSS Statistics 28, Armonk, New York; USA} Auswertung.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Es wurden 64 (98,5%, n=64/65) männliche Patienten in die Studie eingeschlossen. Lediglich eine Frau (1,5%, n=1/65) war im Patientenkollektiv zu dokumentieren. Das mittlere PatientInnenalter lag bei 47,0 Jahren (SD: 7,2; Range: 29,3 – 73,8). Das postoperative Follow-up erstreckte sich im Schnitt über 7,5 Jahre (SD: 3,1; Range: 4,1-13,9).

Unter den 65 PatientInnen befanden sich 56 RechtshänderInnen (86,2%, n=56/65) und 9 LinkshänderInnen (13,8%, n=9/65). 32 PatientInnen (49,2%, n=32/65) erlitten einen Riss der distalen Bizepssehne des rechten Armes, 33 PatientInnen (50,8%, n=33/65) einen Riss der linken distalen Bizepssehne. Bei 31 PatientInnen (47,7%, n=31/65) stimmten Seitendominanz und Bizepssehnenriss überein. Von 65 PatientInnen gaben 37 (56,9%, n=37/65) an, Kraftsport betrieben zu haben.

Bei 46 PatientInnen (70,8%, n=46/65) handelte es sich beim Verletzungsmechanismus um ein direktes Hebetauma. Ein indirektes Trauma war bei 14 PatientInnen (21,6%, n=14/65) die Unfallursache. 5 PatientInnen (7,7%, n=5/65) schilderten ein Sturzgeschehen.

Die durchschnittliche OP-Dauer betrug 69 Minuten (SD: 22; Range: 32 – 119). 55 operative Eingriffe (84,6%, n=55/65) wurden von FachärztInnen durchgeführt. 10 Operationen (15,4%, n=10/65) von ÄrztInnen in Ausbildung.

45 PatientInnen (69,2%, n=45/65) wurden mittels Allgemeinnarkose, 19 PatientInnen (29,2%, n=19/65) wurden unter Plexusanästhesie operiert. Eine Regionalanästhesie wurde nur bei einer betroffenen Person (1,5%, n=1/65) gewählt.

Ein s-förmiger Hautschnitt wurde bei 35 PatientInnen (53,8%, n=35/65) gewählt. 17 Operationen (26,2%, n=17/65) erfolgten durch einen queren, 4 (6,2%, n=4/65) durch einen längs gerichteten Schnitt. 9 Zugänge (13,8%, n=9/65) wurden bogenförmig angelegt.

31 PatientInnen (47,7%, n=31/65) wurden mittels Biceps Repair Kit mit Tenodeseschraube versorgt. 8 PatientInnen (12,3%, n=8/65) erhielten eine Fixierung mittels Biceps Repair Kit ohne Tenodeseschraube. Bei 25 PatientInnen (38,5%, n=25/65) erfolgte eine transossäre Refixation.

Bei 39 PatientInnen (60,0%, n=39/65) wurde die Single-Incision Technik angewandt. Bei 26 PatientInnen (40,0%, n=26/65) entschied man sich für die Double-Incision Technik.

Eine anatomische Refixation wurde bei 23 PatientInnen (35,4%, n=23/65) erreicht. Eine nicht an anatomisch korrekter Stelle erfolgte Positionierung wurde bei 42 PatientInnen (64,6%, n=42/65) evaluiert.

Die postoperative Ruhigstellung erfolgte im Schnitt für 5 Wochen (SD: 1,4; Range: 0,0 – 6,0). Die Arbeitsunfähigkeit nach operativer Versorgung betrug durchschnittlich 11 Wochen (SD: 10,2; Range: 0,0 - 68,0). Ein Patient (1,5%, n=1/65) wurde nicht berücksichtigt, da er zum Zeitpunkt der Verletzung bereits pensioniert war. Ein weiterer Patient (1,5%, n=1/65) kehrte nach der Operation nicht mehr in den ursprünglichen Beruf zurück.

3.2 Funktionalitätsprüfung

3.2.1 Range of Motion

Im Zuge der Funktionalitätsprüfung wurde das Bewegungsausmaß für Flexion und Extension sowie Pronation und Supination erhoben. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Übersicht zu sehen:

TARGET	RANGE OF MOTION (ROM)			
	Mittelwert	SD	MINIMUM	MAXIMUM
FLEXION	129,5	3,7	100,0	130,0
EXTENSION (DEFIZIT)	0,4	1,8	0	10

PRONATION	88,3	4,4	60,0	90,0
SUPINATION	86,5	5,4	70,0	90,0

Tabelle II: Range of Motion (ROM)

(SD=Standardabweichung)

Eine Flexion von annähernd 130° im Durchschnitt konnte sichergestellt werden. Das Extensionsdefizit war durchschnittlich 0,4°. Auch die Pronation und Supination zeigten sehr gute Bewegungsausmaße.

3.2.2 Kraftparameter

Gemessen wurden die maximale Flexions- und Supinationskraft in Newton {N} im Seitenvergleich. Die Differenz zwischen nicht operiertem und operiertem Arm gab Aufschluss über die Kraftminderung.

TARGET	Kraft {N}			
	Mittelwert	SD	MINIMUM	MAXIMUM
FLEXION KEINE OP	205,0	68,1	49,3	371,3
FLEXION OP	195,1	64,7	56,0	371,5
SUPINATION KEINE OP	67,0	35,0	24,7	225,0
SUPINATION OP	57,1	33,1	17,5	218,0

FLEXION DIFFERENZ	23,8	26,4	0,2	143,5
SUPINATION DIFFERENZ	13,3	10,5	0,3	60,5

Tabelle III: Flexions- und Supinationskraft

(SD=Standardabweichung)

Die durchschnittliche Flexionsdifferenz zwischen operiertem und nicht operiertem Arm betrug 23,8 Newton. Die durchschnittliche Supinationsdifferenz belief sich auf 13,3 Newton.

3.2.3 Hook Test

Bei allen PatientInnen (100%, n=65/65) wurde im Follow-up ein negativer Hook Test erhoben. Es zeigte sich kein klinischer Hinweis auf eine Reruptur.

3.3 Komplikationen

Die Gesamtkomplikationsrate belief sich auf 18,5% (n=12/65). Eine Revision war bei einer betroffenen Person (1,5%, n=1/65) aufgrund einer fehlplatzierten Insertionsstelle notwendig (Major-Komplikation). Nervenläsionen traten bei 11 PatientInnen (16,9%, n=11/65) auf. 54 PatientInnen (83,1%, n=54/65) entwickelten keine Nervenläsionen.

Eine Wetterfühligkeit wurde von 21 PatientInnen (32,3%, n=21/65) angegeben. 44 PatientInnen (67,7%, n=44/65) wiesen keine wetterassoziierte Überempfindlichkeit auf.

	EVENT	RESTITUTIO	INTERVENTION	KLASSIFIKATION
1	LACN	JA	konservativ	minor
2	LACN	JA	konservativ	minor
3	LACN	JA	konservativ	minor
4	PIN	JA	konservativ	minor
5	LACN	JA	konservativ	minor
6	LACN	JA	konservativ	minor
7	LACN	JA	konservativ	minor
8	LACN	JA	konservativ	minor
9	LACN	JA	konservativ	minor
10	SRN	JA	konservativ	minor
11	PIN	JA	konservativ	minor
12	FEHLPLAZIERUNG	JA	operativ	major

Tabelle IV: Klinisch erhebbare Komplikationen

(Restitutio=Restitutio ad integrum, LACN=Nervus cutaneus antebrachia lateralis, PIN=Nervus interosseus posterior, SRN=Ramus superficialis nervi radialis)

Tabelle IX listet alle Major- und Minor-Komplikationen auf, die im PatientInnenkollektiv identifiziert werden konnten. Die beschriebenen Nervenläsionen wurden konservativ behandelt. Die angeführte Fehlplazierung, als einzige Major-Komplikation, wurde durch eine Revisionsoperation korrigiert. Sämtliche Komplikationen konnten wieder in eine Restitutio ad integrum überführt werden.

	EVENT	ANZAHL	PROZENT	KLASSIFIKATION
1	LACN	8	66,7	minor
2	PIN	2	16,7	minor
3	SRN	1	8,3	minor
4	FEHLPLA ZIERUNG	1	8,3	major

Tabelle V: Prozentueller Anteil der einzelnen klinisch erhebaren Komplikationen

(LACN=Nervus cutaneus antebrachia lateralis, PIN=Nervus interosseus posterior, SRN=Ramus superficialis nervi radialis)

Die häufigste Komplikation war eine Schädigung des LACN. Sie machte 66,7% (n=8/12) aller klinisch erhebaren Komplikationen aus. Die übrigen Komplikationen (PIN 16,7%, n=2/12; SRN 8,3%, n=1/12; Fehlplatzierung 8,3%, n=1/12) traten nur vereinzelt auf.

3.4 Klinische Scores

TARGET	Patient Reported Outcome Measures (PROM)			
	Mittelwert	SD	MINIMUM	MAXIMUM
MEPS	97,6	6,6	70,0	100,0
OES	45,6	5,6	17,0	48,0
SANE	94,8	10,6	40,0	100,0

QD	0,9	2,7	0	13,9
-----------	-----	-----	---	------

Tabelle VI: Patient Reported Outcome Measures (PROM)

(SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-DASH)

Die durchschnittlichen PROM-Scores zeigen, dass die operative Versorgung der distalen Bizepssehne gute bis ausgezeichnete Ergebnisse lieferte und mit hoher PatientInnenzufriedenheit einherging.

3.5 Radiologische Auffälligkeiten

Im finalen Röntgen konnten bei 32 PatientInnen (49,2%, n=32/65) keine heterotopen Ossifikationen festgestellt werden. Knochenneubildung im Bereich der distalen Bizepssehne war in 31 Fällen (47,7%, n=31/65) nachweisbar. Lediglich in 2 Röntgenaufnahmen (3,1%, n=2/65) lagen relevante Ossifikationen im Bereich des Radius vor. Von 39 PatientInnen, die mittels Single-Incision operiert wurden, entwickelten 20 PatientInnen heterotope Ossifikation (51,3%, n=20/39). Eine Double-Incision wurde bei 26 PatientInnen gewählt, von denen 13 PatientInnen (50%, n=13/26) im Follow-up eine HO aufwiesen. Im postoperativen Verlauf entwickelten keine PatientInnen (0%, n=0/65) eine höhergradige Ossifikation oder radioulnare Synostose.

Die finalen Röntgen von 37 PatientInnen (56,9%, n=37/65) waren hinsichtlich Osteolysen unauffällig. Bei 28 PatientInnen (43,1%, n=28/65) traten Osteolysen in unterschiedlicher Ausprägung auf. Eine Interferenzschraube wurde bei 31 PatientInnen (47,7%, n=31/65) verwendet, von denen 24 (77,4%, n=24/31) eine radiologisch nachweisbare Osteolyse entwickelten. 7 PatientInnen (22,6%, n=7/31) mit Interferenzschraube zeigten keine Osteolysezeichen. Von 34 PatientInnen mit Refixation ohne zusätzliche Einbringung einer Interferenzschraube (52,3%, n=34/65) zeigten 4 PatientInnen (11,8%, n=4/34) Osteolysezeichen. 30 PatientInnen (88,2%, n=30/34) entwickelten keine Osteolysen.

3.6 Spezielle Fragestellungen

Im folgenden Abschnitt wurden Unterschiede in den Ergebnissen der klinischen Scores, Range of Motion (in Grad) und der Kraftparameter (in Newton) in systematischen Stichproben untersucht. Der Vergleich unterschiedlicher Stichproben orientierte sich an den relevanten Fragestellungen dieser Arbeit: Anatomische vs. Nicht anatomische Refixation, Single- vs. Double-Incision, FachärztIn vs. AssistenzärztIn, Männlich vs. Weiblich, Rechts vs. Links, Dominanter Arm vs. Nicht dominanter Arm, Kraftsport vs. Kein Kraftsport.

	TARGET	ANATOMISCH		NICHT ANATOMISCH		P-WERT
		n=23		n=42		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	99,1	2,9	96,8	7,8	0,170
2	OES	47,4	1,8	44,6	6,8	0,057
3	SANE	97,6	4,3	93,2	12,6	0,115
4	QD	0,2	0,9	1,3	3,3	0,135

Tabelle VII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede in der patientenorientierten Outcome-Bewertung zwischen PatientInnen mit anatomischer Refixation verglichen mit PatientInnen ohne anatomisch korrekte Refixation der distalen Bizepssehne.

	TARGET	ANATOMISCH		NICHT ANATOMISCH		P-WERT
		n=23		n=42		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	130,0	0	129,2	4,6	0,397
2	Extension (Def)	0	0	0,6	2,3	0,214
3	Pronation	89,1	0	87,9	5,2	0,273
4	Supination	87,8	3,6	85,7	6,0	0,130

Tabelle VIII: Range of Motion der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Das Bewegungsausmaß unterschied sich bei anatomischer und nicht anatomischer Refixation nicht signifikant.

	TARGET	ANATOMISCH		NICHT ANATOMISCH		P-WERT
		n=23		n=42		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	207,4	69,4	188,3	61,8	0,765
2	Supination (OPERIERT)	64,6	43,5	52,9	25,5	0,189
3	Flexion (DIFFERENZ)	13,4	11,6	29,5	30,3	0,017
4	Supination (DIFFERENZ)	7,5	6,2	16,5	11,1	0,001

Tabelle IX: Kraftparameter der Fragestellung "anatomische vs. nicht anatomische Refixation" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Ein statistisch signifikantes Ergebnis lieferte die Flexions- und Supinationsdifferenz zwischen nicht operiertem und operiertem Arm: Sowohl die Flexionsdifferenz (p=0,017) als auch die Supinationsdifferenz (p=0,001) zeigen, dass bei nicht korrekter anatomischer Positionierung der Sehne der Kraftwiedererlang verglichen mit der korrekten anatomischen Refixation reduziert bleibt.

	TARGET	SINGLE-INCISION		DOUBLE-INCISION		P-WERT
		n=39		n=26		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	96,5	8,1	99,2	2,3	0,106
2	OES	45,1	6,7	46,4	3,5	0,358
3	SANE	93,7	13,0	96,3	5,4	0,340
4	QD	1,1	3,3	0,5	1,3	0,392

Tabelle X: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision "

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die Messwerte der PROMs zeigten keine statistische Signifikanz in den Vergleichsgruppen. Sowohl Single-, als auch Double-Incision erzielten gute bis ausgezeichnete Ergebnisse.

	TARGET	SINGLE-INCISION	DOUBLE-INCISION	P-WERT
--	--------	-----------------	-----------------	--------

		n=39		n=26		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	129,1	4,8	130,0	0	0,350
2	Extension (Def)	0,4	1,8	0,4	1,9	1,0
3	Pronation	87,8	5,4	89,0	2,5	0,282
4	Supination	86,3	5,8	86,7	4,7	0,744

Tabelle XI: Range of Motion der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Das postoperative Bewegungsausmaß unterschied sich bei Single- und Double-Incision nicht signifikant. Das Extensionsdefizit war in beiden Stichproben vergleichbar.

	TARGET	SINGLE-INCISION		DOUBLE-INCISION		P-WERT
		n=39		n=26		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	194,7	68,4	195,7	60,2	0,951
2	Supination (OPERIERT)	62,5	37,6	49,0	23,3	0,109
3	Flexion (DIFFERENZ)	23,8	25,4	23,8	28,3	0,995
4	Supination (DIFFERENZ)	12,0	9,2	15,3	12,1	0,210

Tabelle XII: Kraftparameter der Fragestellung "Single-Incision vs. Double-Incision" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Bei Single- und Double-Incision fanden sich keine signifikanten Kraftunterschiede.

	TARGET	FACHÄRZTIN		IN AUSBILDUNG		P-WERT
		n=55		n=10		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	97,8	6,0	96,5	9,4	0,563
2	OES	45,8	4,7	44,7	9,7	0,596
3	SANE	95,0	11,3	93,5	6,3	0,688
4	QD	0,7	2,3	1,8	4,5	0,228

Tabelle XIII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die Durchführung der Operation von FachärztInnen oder ÄrztInnen in Ausbildung führte zu keinem signifikanten Unterschied in den PROMs.

	TARGET	FACHÄRZTIN		IN AUSBILDUNG		P-WERT
		n=55		n=10		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	129,9	0,7	127	9,5	0,121

2	Extension (Def)	0,2	1,3	1,5	3,8	0,085
3	Pronation	88,9	2,4	85,0	9,4	0,060
4	Supination	86,7	8,2	85,0	8,2	0,530

Tabelle XIV: Range of Motion der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung " in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Die postoperative Range of Motion der PatientInnen unterschied sich nicht signifikant bei Operationsleitung durch FachärztIn bzw. ÄrztIn in Ausbildung.

	TARGET	FACHÄRZTIN		IN AUSBILDUNG		P-WERT
		n=		n=		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	194,8	63,4	196,9	75,4	0,927
2	Supination (OPERIERT)	58,4	34,6	49,8	23,3	0,455
3	Flexion (DIFFERENZ)	22,8	24,4	29,5	36,8	0,465
4	Supination (DIFFERENZ)	12,6	10,7	17,0	8,9	0,233

Tabelle XV: Kraftparameter der Fragestellung "OP durchgeführt durch FachärztIn vs. ÄrztIn in Ausbildung " in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Es waren keine signifikanten Kraftunterschiede in den beiden Vergleichsgruppen zu sehen.

	TARGET	MÄNNLICH		WEIBLICH		P-WERT
		n=64		n=1		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	97,6	6,6	100,0	-	0,717
2	OES	45,6	5,7	48,0	-	0,671
3	SANE	94,8	10,7	95,0	-	0,982
4	QD	0,894	2,7	0	-	0,747

Tabelle XVI: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die PROMs zeigten keine signifikanten geschlechterspezifischen Unterschiede.

	TARGET	MÄNNLICH		WEIBLICH		P-WERT
		n=64		n=1		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	129,5	3,8	130	-	0,887
2	Extension (Def)	0,4	1,9	0	-	0,835
3	Pronation	88,3	4,5	90,0	-	0,704
4	Supination	86,6	3,9	80,0	-	0,227

Tabelle XVII: Range of Motion der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Hinsichtlich der Range of Motion verglichen zwischen Männern und Frauen, zeigte sich keine statistische Signifikanz hinsichtlich der Flexion, Pronation, Supination und des Extensionsdefizites.

	TARGET	MÄNNLICH		WEIBLICH		P-WERT
		n=64		n=1		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	197,2	62,9	58,4	-	0,032
2	Supination (OPERIERT)	57,6	33,1	21,7	-	0,034
3	Flexion (DIFFERENZ)	23,8	26,6	22,7	-	0,966
4	Supination (DIFFERENZ)	13,3	10,6	14,4	-	0,918

Tabelle XVIII: Kraftparameter der Fragestellung "Männlich vs. Weiblich" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Die Flexion der operierten Seite der weiblichen Patientin war signifikant schwächer (p=0,032) als jene der männlichen Vergleichsgruppe. Ebenso wurde eine deutlich schwächere Supinationskraft (p=0,034) der operierten Seite der weiblichen Patientin erhoben.

	TARGET	RECHTS	LINKS	P-WERT
--	--------	--------	-------	--------

		n=32		n=33		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	98,0	6,3	97,3	6,8	0,672
2	OES	45,8	5,0	45,4	6,4	0,753
3	SANE	95,1	11,2	94,4	10,2	0,784
4	QD	0,6	2,5	1,2	2,9	0,382

Tabelle XIX: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die erhobenen Werte für die PROMs zeigten keine signifikanten Unterschiede für PatientInnen mit Rupturen am rechten bzw. linken Arm.

	TARGET	RECHTS		LINKS		P-WERT
		n=32		n=33		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	130	0	128,9	5,3	0,259
2	Extension (Def)	0	0	0,8	2,5	0,096
3	Pronation	88,9	2,5	87,7	5,7	0,288
4	Supination	86,3	5,8	86,7	4,9	0,757

Tabelle XX: Range of Motion der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Die postoperative Range of Motion war nicht signifikant unterschiedlich bei Verletzung des rechten bzw. linken Arms.

	TARGET	RECHTS		LINKS		P-WERT
		n=32		n=33		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	208,0	64,0	182,6	63,9	0,113
2	Supination (OPERIERT)	64,1	39,5	50,3	24,2	0,094
3	Flexion (DIFFERENZ)	19,7	25,7	27,8	26,9	0,218
4	Supination (DIFFERENZ)	13,1	12,3	13,5	8,6	0,877

Tabelle XXI: Kraftparameter der Fragestellung "Betroffene Seite: Rechts vs. Links" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Die Kraftmessungen fielen nicht signifikant unterschiedlich bei Verletzung im rechten bzw. linken Arm aus.

	TARGET	DOMINANT		NICHT DOMINANT		P-WERT
		n=31		n=34		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	97,6	6,6	97,7	6,7	0,968
2	OES	45,6	5,0	45,6	6,2	0,961

3	SANE	95,3	11,3	94,2	10,1	0,684
4	QD	0,7	2,6	1,0	2,8	0,699

Tabelle XXII: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Hinsichtlich Seitendominanz war kein signifikanter Unterschied in den PROMs zu sehen.

	TARGET	DOMINANT		NICHT DOMINANT		P-WERT
		n=31		n=34		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	130	0	129	5,1	0,274
2	Extension (Def)	0	0	0,7	2,5	0,107
3	Pronation	88,7	2,6	87,9	5,6	0,491
4	Supination	86,3	5,0	86,3	5,8	0,808

Tabelle XXIII: Range of Motion der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Die Range of Motion zeigte bei der Fragestellung „Dominanter vs. Nicht dominanter Arm betroffen“ keine signifikanten Unterschiede.

	TARGET	DOMINANT	NICHT DOMINANT	P-WERT
--	--------	----------	----------------	--------

		n=31		n=34		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion (OPERIERT)	208,8	66,8	182,6	61,0	0,104
2	Supination (OPERIERT)	64,9	40,5	50,0	22,9	0,069
3	Flexion (DIFFERENZ)	22,2	26,6	25,3	26,6	0,644
4	Supination (DIFFERENZ)	13,6	12,3	13,1	8,8	0,836

Tabelle XXIV: Kraftparameter der Fragestellung "Dominanter Arm betroffen vs. Nicht dominanter Arm betroffen" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Vergleicht man die Kraftparameter bei PatientInnen mit distaler Bizepssehnenruptur des dominanten Armes mit jenen des nicht dominanten Armes waren keine signifikanten Unterschiede zu sehen.

	TARGET	KRAFTSPORT		KEIN KRAFTSPORT		P-WERT
		n=37		n=28		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	MEPS	97,6	5,5	97,7	7,9	0,363
2	OES	45,8	4,3	45,3	7,2	0,947
3	SANE	95,7	8,7	93,6	12,8	0,440
4	QD	0,6	1,7	1,2	3,7	0,363

Tabelle XXV: Patient Reported Outcome Measures der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport"

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, MEPS=Mayo Elbow Performance Score, OES=Oxford Elbow Score, SANE=SANE Score, QD=Quick-Dash)

Die PROMs der PatientInnen, die Kraftsport betrieben hatten, unterschieden sich nicht signifikant von jenen, ohne Kraftsport in der Historie.

	TARGET	KRAFTSPORT		KEIN KRAFTSPORT		P-WERT
		n=37		n=28		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	
1	Flexion	129,9	0,8	128,9	5,7	0,324
2	Extension (Def)	0,5	2,3	0,2	0,9	0,435
3	Pronation	88,8	2,5	87,7	6,2	0,325
4	Supination	86,6	4,9	86,3	6,0	0,784

Tabelle XXVI: Range of Motion der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport" in Grad (°)

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung, Def=Defizit)

Die Range of Motion der Vergleichsgruppen „Kraftsport vs. Kein Kraftsport“ zeigte keine signifikanten Unterschiede.

	TARGET	KRAFTSPORT		KEIN KRAFTSPORT		P-WERT
		n=37		n=28		
		Mittelwert	SD	Mittelwert	SD	

1	Flexion (OPERIERT)	207,2	62,1	179,1	65,8	0,083
2	Supination (OPERIERT)	57,9	30,2	56,0	37,2	0,823
3	Flexion (DIFFERENZ)	23,8	21,6	23,9	32,1	0,985
4	Supination (DIFFERENZ)	14,2	9,2	12,2	12,1	0,454

Tabelle XXVII: Kraftparameter der Fragestellung "Kraftsport vs. Kein Kraftsport" in Newton {N}

(n=PatientInnenanzahl, SD=Standardabweichung)

Die Kraftmessungen zeigten keine signifikanten Unterschiede bei PatientInnen mit bzw. ohne Kraftsport in der Anamnese.

4 Diskussion

„Distaler Bizepssehnen-Repair: Klinische und radiologische Langzeitergebnisse“ ist eine retrospektive Single Center Studie, in der Daten von 65 PatientInnen mit operativer Versorgung der distalen Bizepssehne erhoben wurden. Ziel dieser Studie war es, den Langzeit-Outcome und etwaige Unterschiede zweier bikortikaler Refixationstechniken zu dokumentieren. Dabei wurden die PatientInnen einer Studienuntersuchung unterzogen, die sowohl die subjektiv von PatientInnen geschilderte Zufriedenheit als auch objektiv messbare klinische wie radiologische Parameter berücksichtigte. Wir nahmen an, dass eine anatomische Refixation das optimale funktionelle Ergebnis für die PatientInnen bietet.

Zusätzlich gingen wir der Frage nach, wie komplikationsbehaftet die unterschiedlichen Methoden sind. Bestätigt werden konnte eine signifikant gesteigerte Supinations- und Flexionskraft bei anatomischer Refixation, die sich aus den komplexen Lageverhältnissen der Sehne zur Tuberositas radii herleiten lässt. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Komplikationsraten der unterschiedlichen Refixationstechniken. Es stellte sich jedoch heraus, dass die Verwendung einer Interferenzschraube zur Fixierung der Sehne im Bohrkanal eine Häufung radiologisch fassbarer Osteolysen zeigte. Hinsichtlich der Patient Reported Outcome Measures (MEPS, OES, QUICK-DASH) wurden lediglich gute bis ausgezeichnete Ergebnisse für die unterschiedlichen Refixationsmethoden erhoben.

4.1 Deskriptive Statistik

Unsere Angaben zur Inzidenz der distalen Bizepssehnenruptur stützen sich auf die Veröffentlichung aktualisierter Daten jüngster Publikationen. Eine aktuelle binationale Studie analysierte den Anstieg der Inzidenzen bei Männern in Finnland und Schweden zwischen 1997 und 2016. Die Fallzahlen stiegen in beiden Ländern im Verlauf an und erreichten zuletzt ein Plateau. Bemerkenswert war trotz der stabilen Inzidenz der letzten Jahre ein Anstieg der operativen Versorgung. Die Autoren der Studie machten eine verbesserte Bildgebung mit Verkürzung der Latenz zwischen Verletzung und Diagnosestellung dafür verantwortlich. Fortschrittlichere Operationstechniken galten als weiterer Grund für den Anstieg der

Operationsraten (80). Das Vorgehen im AUVA – Unfallkrankenhaus (UKH) Steiermark | Standort Graz bestätigte die Annahme, dass der operative Ansatz den Goldstandard darstellt und nur in begründeten Ausnahmefällen von einer operativen Refixation der Bizepssehne abgesehen werden sollte.

Die Häufung der distalen Bizepssehnenruptur bei Männern konnte bestätigt werden. Es wurde nur eine weibliche Patientin (1,5%, n=1/65) in der Studie verzeichnet. Der prozentuelle Anteil männlicher Patienten belief sich auf 98,5% (n=64/65). Unsere Daten entsprechen dem Geschlechterverhältnis früherer Studien (3,4).

Das durchschnittliche Alter unseres PatientInnenkollektivs entsprach mit 47,0 Jahren dem Durchschnittsalter bei Verletzung anderer Studien (3,4,81).

Die Annahme, die Verletzung würde den dominanten Arm bevorzugt betreffen, konnte in unserem Studienkollektiv nicht bestätigt werden. Die Verletzung war annähernd ausgewogen im dominanten und nicht dominanten Arm (47,7%, n=31/65 vs. 52,3%, n=34/65) zu beobachten. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Beobachtungen anderer Autoren (4,5), die ebenfalls ein ausgeglichenes Verhältnis ermittelten. Das postoperative klinische Ergebnis korrelierte nicht mit der Armdominanz. Refixationen der distalen Bizepssehne des dominanten bzw. des nicht dominanten Armes waren hinsichtlich der Zufriedenheit mit dem Ergebnis, Range of Motion und funktioneller Parameter vergleichbar.

Es besteht allgemeiner Konsens darüber, dass eine Ruptur der distalen Bizepssehne regelhaft einem Hebe- oder Auffangtrauma nachfolgt. Dies konnte auch in dieser Studie beobachtet werden. Der Verletzungsmechanismus war in allen Fällen (100%, n=65/65) auf ein Akutereignis zurückzuführen. Eine latente Schädigung der Sehne, die bei Überschreitung der Bruchlast rupturiert, kann Folge unterschiedlicher pathophysiologischer Prozesse sein. Eine aktuelle Studie beschrieb den Zusammenhang zwischen Größe der Tuberositas radii und distalem Bizepssehnenriss. Volumen und maximale Höhe der Tuberositas radii hatten Einfluss auf eine verstärkte Hypertrophie der distalen Bizepssehne (82). Luukkala et al. beschrieben erstmals, dass 10% der in die Studie eingeschlossenen PatientInnen vor Eintreten des akuten Traumas prodromale Symptome wie Schmerzen oder unangenehme Sensationen schilderten (83). Diese Erkenntnis dürfte unserer Meinung nach, nicht zur Früherkennung von distalen

Bizepssehnenrissen beitragen, da derart unspezifische Symptome einen Rückschluss auf diese seltene Verletzung nicht oder nur eingeschränkt ermöglichen.

Eine Häufung bei aktiven oder ehemaligen Kraftsportlern konnte beobachtet werden. Von 65 PatientInnen gaben 37 (56,9%, n=37/65) an, Kraftsport betrieben zu haben. Die Ergebnisse lassen eine Korrelation vermuten. Ob zum Zeitpunkt der Ruptur aktiv Kraftsport betrieben wurde oder zu einem anderen Zeitpunkt Ihres Lebens wurde in der Datenauswertung nicht berücksichtigt.

Die Verzerrung der Darstellung durch eine potentielle Anabolikaeinnahme, die selbst einen Risikofaktor darstellt, kann jedoch auch anhand der Literaturdaten nicht ausgeschlossen werden (84–86). Da Kraftsport in unserer Gesellschaft zunimmt, wird es notwendig sein, der angedeuteten Korrelation in kommenden Studien nachzugehen. Bereits 2018 wies eine Publikation auf Bewegungsmuster mit erhöhtem Risiko für distale Bizepssehnenrupturen hin: Bizepscurls sowie Ruderbewegungen stellten kritische Trainingsreize dar (87), vor allem ab einem Trainingsgewicht von 68 Kilogramm und mehr (88). Ob PatientInnen Kraftsport betrieben haben, wirkte sich nicht statistisch signifikant auf den postoperativen Outcome aus.

4.2 Funktionalitätsprüfung

Wir widmeten uns in vorliegender Studie der Frage, wie die klinischen Ergebnisse im Langzeitverlauf aussehen würden und ob bzw. wie potenzielle funktionelle Defizite nach operativer Refixation der distalen Bizepssehne aufzuzeigen wären.

4.2.1 Range of Motion

Deklariertes Ziel für das postoperative Bewegungsausmaß ist allgemein das Erreichen der Full Range of Motion (FROM). Davon abweichende Werte sind als reduzierter Outcome zu werten. Diese Studie lieferte erwartete gute funktionelle Ergebnisse: Sowohl Pro- und Supination als auch Flexion und Extension wurden generell vollständig erreicht. Das durchschnittliche Extensionsdefizit war mit $0,4^\circ$ vernachlässigbar gering. Eine anatomisch korrekte Refixation der Sehne schien keinen Einfluss auf das postoperative Bewegungsausmaß zu haben. Auch PatientInnen mit suboptimaler Positionierung erzielten ausgezeichnete Ergebnisse.

Eine Gegenüberstellung von Single- und Double-Incision zeigte ebenso gute Ergebnisse hinsichtlich der Range of Motion. Eine vergleichend schlechtere Supination wurde nur bei einer einzigen betroffenen Person festgestellt. Der Wert wurde als statistischer Ausreißer betrachtet.

4.2.2 Kraftparameter

Der wesentliche Nachteil einer konservativen Versorgung liegt im bleibenden Kraftverlust, während die operative distale Bizepssehnenrefixation das Defizit im Idealfall vollständig beheben kann. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die guten Resultate des operativen Vorgehens. Es wurden keine signifikanten Flexions- und Supinationsdefizite der betroffenen Seite festgestellt.

Im Gegensatz zur Range of Motion spielt für die Entfaltung der Grobkraft die korrekte anatomische Refixation der Sehne an der Tuberositas radii eine wesentliche Rolle. Unsere Daten zeigten, dass die Supination bei Fehlplatzierung an den Footprint defizitär ($p=0,001$) blieb. Der Anteil an der Kraftentfaltung bei der Flexion war verhältnismäßig geringer. Dennoch beobachteten wir eine statistisch signifikant schlechtere Flexion ($p=0,017$) bei anatomisch inkorrekt Refixation der Sehne.

Die Flexionskraft der operierten Seite der weiblichen Patientin war signifikant schlechter ($p=0,032$) als jene der männlichen Vergleichsgruppe. Bei der Patientin wurde ebenso eine signifikant schlechtere Supination eruiert ($p=0,034$). Dies konnte jedoch aufgrund der fehlenden Diversifikation des Studienkollektivs nicht verwertet werden. Es bestand kein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis aufgrund der epidemiologischen Gegebenheiten. Eine größere Anzahl an Studienteilnehmerinnen wäre notwendig gewesen, um eine suffiziente Aussage treffen zu können.

4.3 Komplikationen

Amarasooriya et al. (61) ermittelten eine Gesamtkomplikationsrate von knapp 25%. Analysen weiterer Autoren bewegen sich ebenfalls im Bereich von 20-28% (89–91). Die Komplikationsraten unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Single- und Double-Incision, wie eine Übersichtsarbeit von Watson et al. zeigte (91). Wir erhoben eine Gesamtkomplikationsrate von 18,5% ($n=12/65$). Eine zu klärende

Frage wird sein, weshalb trotz Weiterentwicklung der Operationstechniken die Zahl der Komplikationen im Wesentlichen unverändert bleibt.

In unserem PatientInnenkollektiv wurde überwiegend die Refixationstechnik mit dem Arthrex Biceps Repair Kit mittels Endobutton und fakultativ Interferenzschraube verwendet. Die korrekte Einbringung des Endobuttons kann aufgrund der anatomisch bedingten mangelnden Übersicht am Insertionspunkt am proximalen Radius schwierig sein. In vorliegender Studie wurde eine Revisionsoperation (1,5%, n=1/65) erfasst, die eine neuerliche Refixation erforderte. Ursächlich für den Revisionseingriff war eine deutliche Dislokation des Endobuttons als Folge einer primären Fehlplatzierung. Nach der Revision traten keine weiteren Komplikationen auf. Prokuski et al. (70) identifizierten mögliche Ursachen für ein Implantatversagen: Verlust der Allograft- oder Nahtverankerung, Nahtversagen und technische Mängel der Refixation. Fehlverhalten in der Frührehabilitation und erneute Sturzgeschehen wären ebenfalls als potenzielle Ursache zu berücksichtigen (92). In Summe war die in dieser Studie ermittelte Rate an Revisionsoperationen mit 1,5% (n=1/65) sehr zufriedenstellend. Es wurde keine Reruptur bei einem insgesamt sehr stabilen operativen Versorgungssystem verzeichnet. Andere Autoren berichteten von Reruptur-Raten beziehungsweise Implantatversagen zwischen 1-6% (28,92–94).

Von weiterem Interesse war das Auftreten von Nervenläsionen. Eine kürzlich durchgeführte Studie ermittelte eine Gesamtrate relevanter Nervenschäden von 18% (83). Im Vergleich trat in vorliegender Studie bei 16,9% (n=11/65) der PatientInnen eine Nervenschädigung auf. Alle Läsionen wurden als Minor-Komplikationen eingestuft, da in allen Fällen ein konservatives Vorgehen möglich war. Eine Restitutio ad integrum stellte sich bei sämtlichen Läsionen ein. Temporäre LACN-Läsionen waren mit 12,3% (n=8/65) die häufigste Nervenschädigung. Dass der prozentuelle Anteil an sensiblen Nervenläsionen (LACN, SRN) bei Single-Incision signifikant höher sei als bei Double-Incision wird seit längerem vermutet (61,89,91). Die erhobenen Daten dieser Studie bestätigen diese Annahme (LACN: Single-Incision 75%, n=6/8; SRN: Single-Incision 100%, n=1/1). Von Interesse ist die Erkenntnis von Amarasooriya et al. (61), die erstmals beschrieben, dass die Größe des volaren Zuganges mit der Häufigkeit von LACN-Läsionen korreliert: je sparsamer der Zugang gewählt wurde, desto wahrscheinlicher kam es zu einer

temporären Irritation des LACN. Diese Erkenntnisse unterstreichen den Stellenwert einer gewissenhaften Weichteilpräparation, durch die temporäre Nervenirritationen vermieden werden können. In dieser Studie wurde ein erwähnenswerter Anteil an PIN-Läsionen (3,1%, n=2/65) dokumentiert. Die Zahlen bestehender Studien bewegen sich zwischen 0-3,2% (61,67,95,96). Amin et al. (89) verglichen die PIN-Komplikationsraten von Single- und Double-Incision, wo sich ein überlegenes Ergebnis zugunsten der Methode mit zwei Zugängen (0,2% vs. 2,7%) herausstellte. SRN-Läsionen traten mit 1,5% am seltensten auf. Daten zeigten, dass ein erweiterter Single-Incision Approach verglichen mit einem sparsamen Single-Incision Zugang signifikant häufiger zur SRN-Schäden führt (erweitert, 6.0%; sparsam, 2,1%) (61).

Die Wetterfühligkeit wurde dokumentiert. Diese stellte jedoch per definitionem keine Komplikation dar. Dies wurde so festgelegt, da einerseits eine eventuelle Rückbildung innerhalb einer gewissen Zeitspanne erfolgen kann, andererseits aufgrund des fehlenden Handlungsbedarfes/-option bei insgesamt geringem Leidensdruck ohne klinische Relevanz. Da bei 32,3% (n=21/65) aller operierten Bizepssehnen wetterassoziierte Überempfindlichkeit auftrat, sollten die PatientInnen über das Risiko vorab aufgeklärt werden.

4.4 Radiologische Auffälligkeiten

Als radiologische Komplikation wurde heterotope Ossifikation bei 50,8% (n=33/65) der PatientInnen festgestellt, wobei keine vollständige radioulnare Synostose auftrat. Autoren früherer Studien berichteten von höheren Raten heterotoper Ossifikation bei Double-Incision (61,89). In vorliegender Studie war der Unterschied marginal (51,3%, n=20/39 bei Single-Incision zu 50%, n=13/26 bei Double-Incision). Die Hypothese, dass aufgrund der Anlage eines zweiten Bohrkanals vermehrt Knochenmehl anfallt, wodurch heterotope Ossifikation begünstigt würde, ist durch die Resultate dieser Studie zu hinterfragen.

In unserer Studie wurde nach einem Follow-up von durchschnittlich 7,5 Jahren trotz der hohen Gesamtrate an heterotoper Ossifikation keine relevante Bewegungseinschränkung ermittelt. Funktionelle Einschränkungen konnten in unserem langfristigen Beobachtungszeitraum somit nicht assoziiert werden. Es

muss auch festgehalten werden, dass ausschließlich leichtgradige Ossifikationen im Bereich des Radius nachgewiesen werden konnten.

Die Ossifikationen wurden im finalen Röntgen identifiziert. Ein radiologischer Verlauf ist aufgrund des retrospektiven Studiencharakters nicht möglich gewesen. In der vorliegenden radiologischen Dokumentation war generell nur ein direkt postoperatives Röntgen als Vergleichsparameter vorhanden. Über den Zeitpunkt des Auftretens der Ossifikationen konnte somit keine Aussage getroffen werden. Um Tendenzen aufzeigen zu können, müssten prospektive Studien durchgeführt werden, die diese Fragestellung gezielt beantworten.

Als weitere radiologische Komplikation fanden sich bei 43,1% (n=28/65) der PatientInnen Osteolysen unterschiedlichen Ausmaßes. In dieser Studie wurde ein Zusammenhang zwischen der Verwendung einer Interferenzschraube und der Ausbildung von Osteolysen deutlich. Eine radiologisch verifizierbare Inhomogenität der Knochensubstanz im Bereich des Bohrkanals trat bei Verwendung der Interferenzschraube signifikant häufiger auf als bei Verzicht auf diese (77,4%, n=24/31 zu 11,8%, n=4/34). Bestätigt wurde damit das Ergebnis von Potapov et al. (97), die ihrerseits signifikante Osteolysen nach Einbringung bioresorbierbarer Schrauben nachwiesen. Beschrieben wurde eine deutliche Zunahme des Bohrkanalvolumens bis 22 Monate nach dem operativen Eingriff. Ein erhoffter vollständiger knöcherner Umbau der Schraube konnte nur in einem Fall dokumentiert werden (97). Obwohl es keine Hinweise für klinische Einschränkungen bei vorhandenen Osteolysezonen gibt, ist die Verwendung von bioresorbierbaren Schrauben beim distalen Bizepssehnen-Repair durch die hier dargestellten Ergebnisse in Frage zu stellen. Ein erhöhtes Frakturrisiko bei Verwendung einer Interferenzschraube muss aufgrund der fehlenden Knochensubstanz miteinbezogen werden, postoperative Frakturen traten in unserem Kollektiv jedoch nicht auf. In den erforderlichen 8mm messenden monokortikalen Bohrkanal wird je nach Notwendigkeit eine 7x10mm Tenodeseschraube platziert, welche einerseits das Sehnengewebe irritieren und die Durchblutung stressen kann sowie andererseits durch die Bioresorbierbarkeit ossäre Umbauprozesse generieren kann. Potapov et al. zogen unter anderem die Verwendung kürzerer Interferenzschrauben als mögliche Alternative in Erwägung (97). Weitere etwaige Komplikationen des Knochendefekts, wie Lockerungen und

in weiterer Folge Dislokationen des Implantats, wurden in unserem Langzeit Follow-up ebenso nicht beobachtet.

4.5 Klinische Scores

Das subjektive Empfinden der PatientInnen ist ein wesentlicher, jedoch schwer zu objektivierender Parameter eines Heilungsverlaufes. Dies wurde anhand des SANE Score's evaluiert. Weiterführend erhoben wir ellbogenspezifische objektive Scores (MEPS, OES, Quick-DASH) zur Beurteilung alltäglicher Einschränkungen der PatientInnen. Die Auswertung von Patient Reported Outcome Measures (PROMs) zählt zunehmend zu den internationalen Standardverfahren zur Einschätzung des Gesundheitszustandes nach einer medizinischen Intervention. Eine Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2018 identifizierte den MEPS und Quick-DASH als am stärksten verbreitete Varianten der patientInnenorientierten Bewertungssysteme in der Ellbogenforschung (98). Um diese Domäne vollständiger zu evaluieren, bedienten wir uns zusätzlich des OES.

Tatsächlich wurden von den PatientInnen ausschließlich gute bis ausgezeichnete Ergebnisse dokumentiert, obwohl ein Teil der PatientInnen Komplikationen in der postoperativen Phase entwickelte. Wir schließen daraus, dass aus dem Eingriff resultierende Beschwerden für die PatientInnen subjektiv langfristig keine wesentliche Belastung darstellen. Es konnte bestätigt werden, dass die operative Refixation der distalen Bizepssehne mit einer hohen PatientInnenzufriedenheit und ausgezeichneten funktionellen Ergebnissen verbunden ist.

4.6 Beantwortung der Forschungsfragen

4.6.1 Anatomische vs. Nicht anatomische Refixation

Diese Studie konnte zeigen, dass die anatomisch korrekte Refixation der distalen Bizepssehne an der Tuberositas radii essenziell für eine Wiederherstellung der Grobkraft ist. Sowohl die Supinations- ($p=0,001$) als auch die Flexionskraft ($p=0,017$) waren bei Fehlplatzierung signifikant verringert. Auf das Bewegungsausmaß schien eine unpräzise Platzierung keinen Einfluss zu nehmen. Ein Bewegungsdefizit konnte bei nicht anatomischer Refixation verglichen mit korrekter anatomischer Lage nicht objektiviert werden. Obwohl PatientInnen bei

einer nicht anatomischen Refixation der Sehne potenziell eine bleibende Kraftminderung aufwies, war die Zufriedenheit mit dem Langzeitergebnis unverändert hoch. Wir schließen daraus, dass die Reduktion der Grobkraft durch die muskuläre Kompensation und Anpassung der PatientInnen gut kompensiert werden kann.

Es erscheint logisch, dass im Sinne eines optimalen Heilungsverlaufes eine anatomisch korrekte Positionierung der distalen Bizepssehne angestrebt werden muss. Der technische Anspruch des distalen Bizepssehnen-Repair's wird deutlich, betrachtet man die Statistik erfolgreicher anatomischer Refixationen: Nur bei 35,4% (n=23/65) der PatientInnen konnte im Follow-up eine anatomisch korrekte Lage nachgewiesen werden. Bei 64,6% (n=42/65) der PatientInnen wurde eine optimale Positionierung nicht oder nur ansatzweise erreicht.

Bei Single-Incision ist eine anatomische Refixation wegen der schlechten Sicht auf den Footprint allgemein schwieriger. Die Ergebnisse dieser Studie verdeutlichen diesen Umstand (25,6% anatomisch, n=10/39 vs. 74,4% nicht anatomisch n=29/39). Der zusätzliche streckseitige Zugang bei Double-Incision erleichtert die Reinsertion der distalen Bizepssehne, was ebenfalls aus der Statistik dieser Studie abzulesen ist (50% anatomisch, n=13/26 vs. 50% nicht anatomisch, n=13/26). Die Erkenntnisse dieser Studie verdeutlichen die Vorzüge der Double-Incision hinsichtlich einer optimalen anatomischen Refixation. Weiters sollte die Double-Incision Technik in Erwägung gezogen werden, sobald aufgrund der anatomischen Gegebenheiten eine anatomische Refixation durch einen Single-Incision Zugang nicht möglich ist.

4.6.2 Single-Incision vs. Double-Incision

Obwohl sich die klinischen Parameter im direkten Vergleich der beiden Verfahren nicht signifikant unterschieden, muss berücksichtigt werden, dass bei Double-Incision die Rate anatomisch korrekter Refixationen höher war. Wie in Kapitel 4.5.1 bereits ausführlich dargestellt, hat ein anatomischer Repair wesentlichen Einfluss auf das volle Wiedererlangen der Supinations- und Flexionskraft. Daraus kann geschlossen werden, dass die Double-Incision indirekt Vorteile hinsichtlich des optimalen Kraftwiedererlangens birgt. Grewal et al. dokumentierten eine bessere endgültige Flexionskraft bei der Zwei-Kanal Methode in der Größenordnung von

knapp 10% (92). Unsere Ergebnisse konnten diesbezüglich keinen wesentlichen Unterschied der beiden Verfahren aufzeigen. Unabhängig davon, ob eine Single- oder Double-Incision gewählt wurde, konnte in annähernd allen Fällen die FROM wiedererlangt werden. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der beiden Methoden. Auch Di Stefano et al. erhoben vergleichbar gute ROM-Ergebnisse bei beiden Verfahren (99). Weitere Autoren dokumentierten bessere Ergebnisse bei Single-Incision hinsichtlich Flexion (100) bzw. Flexion und Pronation (101). Die Zufriedenheit mit dem postoperativen Ergebnis war bei beiden Operationsmethoden hoch. Sowohl Single- als auch Double-Incision erzielten gute bis ausgezeichnete Ergebnisse. Ähnlich gute Erfahrung machten abermals Di Stefano et al. (99), wobei sich deren Analyse auf den DASH und MEPS beschränkte. In der von Shields et al. (100) durchgeführten Studie konnten bei beiden Techniken alltägliche Funktionsniveaus, vergleichbar mit jenen, durchschnittlicher amerikanischer Bürger, erzielt werden.

4.7 Praktische Implikationen

Wenngleich noch nicht geklärt ist, welche die überlegene chirurgische Refixationsmethode ist, so zeigen die Literaturdaten, dass sich die operative Versorgung als Goldstandard gegen die konservative Therapie durchgesetzt hat. Vorteile der operativen Versorgung zeigen sich vor allem im Erhalt der FROM und dem Wiedererlang der Kraft (45,56), wobei eine anatomisch korrekte Refixation der distalen Bizepssehne an der Tuberositas radii für die vollständige Wiederherstellung der Grobkraft wichtig ist. Gerade weil sich die Komplikationsraten zwischen Single- und Double-Incision kaum unterscheiden und die Anlage eines zweiten dorsalen Zuganges eine direkte Sicht auf die Tuberositas radii ermöglicht, sollte die Durchführung der Zweikanal-Methode in Erwägung gezogen werden. Obwohl die Single-Incision anatomische Repair's gewährleisten kann, werden diese häufiger bei der Double-Incision erzielt. Eine Entscheidung zugunsten einer der beiden Operationsmethoden sollte unter Berücksichtigung der genannten Faktoren getroffen werden, wobei die Qualität der Refixation auch von der Erfahrung der Chirurgen mit dem Verfahren abhängig ist. Auf die Verwendung einer Interferenzschraube sollte möglicherweise verzichtet werden, da diese verstärkt Osteolysen induzieren könnte. Verstärkt wird dieser Umstand durch die Anlage des

breiten monokortikalen Bohrlochs, welches für die Einbringung der Schraube notwendig ist. Zusätzlich wird von einem erhöhten Frakturrisiko im Bereich des Bohrkanals in Folge von Schraubenmobilisation berichtet (102).

4.8 Ausblick

Die vorliegende Arbeit zeigt einerseits auf, wie erfolgreich eine operative Refixation der distalen Bizepssehne ist, weist jedoch andererseits darauf hin, dass eine gänzliche Komplikationsvermeidung – wenn auch meist temporärerer Genese - oft nicht erreicht werden kann. Ziel zukünftiger Studien sollte es sein, die Erkenntnisse dieser Arbeit, um prospektive Beobachtungen zu erweitern. Ein direkter Vergleich unterschiedlicher Behandlungsmaßnahmen könnte dabei helfen, einen operativen Goldstandard zu entwickeln, der ein optimales funktionelles Ergebnis liefert und dabei ein minimales Komplikationsrisiko birgt.

Ein definitives Standardverfahren zu etablieren, erscheint aus mehreren Gründen sinnvoll: Die Medizintechnik könnte sich darauf konzentrieren, ein zur Gänze auf das Verfahren abgestimmtes Instrumentarium zu entwickeln. Zusätzlich hätte ein Standardprozedere potenzielle Vorteile bei der chirurgischen Ausbildung und Learning curve.

4.9 Stärken der Arbeit

Eine wesentliche Stärke dieser Arbeit ist der große PatientInnenumfang. Obwohl die distale Bizepssehnenruptur eine seltene Verletzung mit geringen Fallzahlen ist, gelang es mit 65 PatientInnen ein vergleichsweise großes PatientInnenkollektiv in die Studie einzuschließen.

Zusätzlich ist der langfristige Beobachtungszeitraum als Stärke zu nennen. Als Einschlusskriterium wurde eine Mindestdauer von 4 Jahren postoperativ festgelegt, wodurch Langzeitfolgen weitreichend dokumentiert werden konnten.

Die umfangreiche Literaturrecherche mit Einbringung der Erkenntnisse von über 100 nationalen und internationalen AutorInnen verhilft dieser Arbeit zu einer breiten Diversifikation.

4.10 Limitationen

Eine relevante Limitation sämtlicher Studien über die distale Bizepssehnenruptur ist die Unmöglichkeit, eine degenerative Vorschädigung der Sehne zu screenen. Die Seltenheit der Verletzung rechtfertigt den diagnostischen Aufwand, der notwendig wäre, um vorab eine Aussage über den Zustand der Sehne treffen zu können, nicht. Es bleibt alleine die Annahme, dass eine Vorschädigung, durch die im Kapitel 1.3 beschriebenen Mechanismen, eine Rolle spielen kann. Die aufgestellten Hypothesen können auch in dieser Studie nicht bestätigt werden. Es sei dennoch darauf hingewiesen, dass bestehende Theorien unterstützt werden (20,24,26).

Eine umfassende Erhebung der Risikofaktoren fand nicht statt. Raucherstatus, Bodymaßindex sowie eine Steroideinnahme wurden nicht erfragt. Wir konzentrierten uns in dieser Studie auf den Einfluss von Kraftsport auf die distale Bizepssehnenruptur. Die Zahlen sind signifikant und sprechen dafür, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Kraftsport und Ruptur besteht. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass eine Verletzung nicht in Bezug zu einem konkreten Trainingsreiz gesetzt wurde. Ob die PatientInnen zum Zeitpunkt der Ruptur im Training standen und damit eine akute Schädigung der Sehne vorlag, oder zeitlich versetzt eine latente Schädigung im Sinne einer Degeneration auftrat, ist durch die Analyse in dieser Studie nicht eindeutig. Welchen Anteil Kraftsport an der Verletzung hat, bleibt offen und wird Gegenstand zukünftigen Studien sein.

Die Komplexität einer korrekten Durchführung der Kraftmessungen ist ein weiterer limitierender Faktor. Eine gewissenhafte Vorbereitung der Messungen ist erforderlich, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Höhe und Position des Messgerätes sowie des Sessels haben Einfluss auf die Hebelwirkung und die isolierte Beurteilung des Muskels. Eine ausführliche Anleitung der PatientInnen ist notwendig und erfolgt. Zur Absicherung verwertbarer Kraftparameter wurden sämtliche Messungen zweifach durchgeführt. Auffällig hohe wie niedrige Kraftwerte wurden verworfen. Zusätzlich ist man auf die gewissenhafte Durchführung der PatientInnen angewiesen und kann diese nur eingeschränkt überprüfen. Die erhobenen Standardabweichungen der Kraftparameter verdeutlichen die Limitation der Ergebnisse.

Jedoch untermauern wir, dass die erhobenen Daten valide sind und aufgrund dieser Standards sowie Sicherheitsmechanismen im Versuchsaufbau einen Vergleich der Werte zulassen. Die Bias, welche konsekutiv bei muskulären Messungen auftreten, wurden mit den oben angegebenen Vorgaben an die StudienteilnehmerInnen möglichst suffizient minimiert.

Wir weisen darauf hin, dass zur direkten Gegenüberstellung von konservativen und operativen Therapieansätzen eine konservativ behandelte Kontrollgruppe notwendig wäre. In dieser Studie wurden ausschließlich operativ versorgte PatientInnen nachuntersucht. Die Daten zur konservativen Behandlung beziehen sich zur Gänze auf Ergebnisse aus der Literatur. Ebenso verhält es sich mit geschlechtsspezifischen Unterschieden der distalen Bizepssehnenruptur. Da sich in unserem PatientInnenkollektiv nur eine Frau befand, sind die Ergebnisse nicht frei von „selection bias“ und können nur vage verglichen werden.

4.11 Resümee

In der Versorgung der distalen Bizepssehnenruptur hat sich die operative Refixation als Standardverfahren etabliert. Die Single-Incision mit einem einzelnen volaren Zugang steht der Double-Incision mit einem zweiten dorsalen Zugang gegenüber. Eine klare Überlegenheit einer der beiden Methoden ist nach wie vor nicht eindeutig.

Sowohl bei Single-Incision als auch bei Double-Incision ist der Outcome sehr zufriedenstellend. Exzellente Resultate der PROMs bestätigen die guten funktionelle Ergebnisse. Dennoch sind Aspekte der Refixation zu berücksichtigen, die über einen guten oder ausgezeichneten Outcome entscheiden. Es konnte gezeigt werden, dass die anatomisch korrekte Refixation der Sehne am Footprint der Tuberositas radii signifikant bessere Resultate bei der Entfaltung der Flexions- und Supinationskraft erzielt als die nicht-anatomische Positionierung. Die Annahme, dass ein anatomischer Repair das optimale funktionelle Ergebnis für die betroffenen Personen darstellt, konnte somit bestätigt werden. Häufiger konnte eine korrekte Lokalisation des Repairs bei der Double-Incision aufgrund der besseren Zugänglichkeit beobachtet werden.

Die Komplikationsraten von Single- und Double-Incision waren vergleichbar. Temporäre Nervenschäden bildeten sich folgenlos zurück. Rerupturen oder

Implantatversagen wurden nicht detektiert. Knochenumbauprozesse traten radiologisch, jedoch nicht klinisch in Erscheinung. Von der Verwendung einer Interferenzschraube zur Fixierung der distalen Bizepssehne im Sackloch sollte abgesehen werden, da Osteolysen bei Verwendung des bioresorbierbaren Materials deutlich häufiger auftraten.

Die Erkenntnisse dieser Studie können einen Beitrag zur Optimierung der operativen Versorgung distaler Bizepssehnenrupturen leisten. Sowohl die Notwendigkeit einer anatomisch korrekten Refixation als auch das Wissen um das potenzielle Auftreten von Osteolysen bei Verwendung von Tenodeseschrauben geben Aufschluss zur optimalen operativen Strategie.

5 Literaturverzeichnis

1. Miyamoto RG, Elser F, Millett PJ. Distal Biceps Tendon Injuries: The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume. September 2010;92(11):2128–38.
2. Gilcreest EL. DISLOCATION AND ELONGATION OF THE LONG HEAD OF THE BICEPS BRACHII: Annals of Surgery. Juli 1936;104(1):118–38.
3. Safran MR, Graham SM. Distal Biceps Tendon Ruptures: Incidence, Demographics, and the Effect of Smoking. A Publication of The Association of Bone and Joint Surgeons® | CORR®. November 2002;404:275.
4. Kelly MP, Perkinson SG, Ablove RH, Tuetting JL. Distal Biceps Tendon Ruptures: An Epidemiological Analysis Using a Large Population Database. Am J Sports Med. August 2015;43(8):2012–7.
5. Green JB, Skaife TL, Leslie BM. Bilateral Distal Biceps Tendon Ruptures. The Journal of Hand Surgery. Januar 2012;37(1):120–3.
6. Völk C, Siebenlist S, Kirchhoff C, Biberthaler P, Buchholz A. Rupturen der distalen Bizepssehne. Unfallchirurg. Oktober 2019;122(10):799–811.
7. Sutton KM, Dodds SD, Ahmad CS, Sethi PM. Surgical Treatment of Distal Biceps Rupture: American Academy of Orthopaedic Surgeon. März 2010;18(3):139–48.
8. Jockel CR, Mulieri PJ, Belsky MR, Leslie BM. Distal biceps tendon tears in women. Journal of Shoulder and Elbow Surgery. Juli 2010;19(5):645–50.
9. Kannus P, Natri A. Etiology and pathophysiology of tendon ruptures in sports. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 30. Januar 2007;7(2):107–12.
10. Morgenthaler M, Weber M. Eine pathologische Ruptur der distalen Bizepssehne nach langjähriger Androgen-Substitution. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 18. März 2008;137(04):368–70.
11. Kanayama G, DeLuca J, Meehan WP, Hudson JI, Isaacs S, Baggish A, u. a. Ruptured Tendons in Anabolic-Androgenic Steroid Users: A Cross-Sectional Cohort Study. Am J Sports Med. November 2015;43(11):2638–44.
12. Alentorn-Geli E, Assenmacher AT, Sánchez-Sotelo J. Distal biceps tendon injuries: A clinically relevant current concepts review. EFORT Open Rev. September 2016;1(9):316–24.

13. Waldeyer A, Anderhuber F, Herausgeber. Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band ; [44 Tabellen]. 19., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin: de Gruyter; 2012. 1176 S. (De Gruyter Studium).
14. van den Bekerom MPJ, Kodde IF, Aster A, Bleys RLAW, Eygendaal D. Clinical relevance of distal biceps insertional and footprint anatomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Juli 2016;24(7):2300–7.
15. Athwal GS, Steinmann SP, Rispoli DM. The Distal Biceps Tendon: Footprint and Relevant Clinical Anatomy. *The Journal of Hand Surgery.* Oktober 2007;32(8):1225–9.
16. Henry J, Feinblatt J, Kaeding CC, Latshaw J, Litsky A, Sibel R, u. a. Biomechanical Analysis of Distal Biceps Tendon Repair Methods. *Am J Sports Med.* November 2007;35(11):1950–4.
17. Kulshreshtha R, Singh R, Sinha J, Hall S. Anatomy of the Distal Biceps Brachii Tendon and Its Clinical Relevance: Clinical Orthopaedics and Related Research. *März 2007;456:117–20.*
18. Hutchinson HL, Gloystein D, Gillespie M. Distal biceps tendon insertion: An anatomic study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* März 2008;17(2):342–6.
19. Mazzocca AD, Cohen M, Berkson E, Nicholson G, Carofino BC, Arciero R, u. a. The anatomy of the bicipital tuberosity and distal biceps tendon. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* Januar 2007;16(1):122–7.
20. Seiler JG, Parker LM, Chamberland PDC, Sherbourne GM, Carpenter WA. The distal biceps tendon: Two potential mechanisms involved in its rupture: Arterial supply and mechanical impingement. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 1. Mai 1995;4(3):149–56.
21. Eames MHA, Bain GI, Fogg QA, van Riet RP. Distal Biceps Tendon Anatomy: A Cadaveric Study. *The Journal of Bone & Joint Surgery.* Mai 2007;89(5):1044–9.
22. Jarrett CD, Weir DM, Stuffmann ES, Jain S, Miller MC, Schmidt CC. Anatomic and biomechanical analysis of the short and long head components of the distal biceps tendon. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* Juli 2012;21(7):942–8.
23. Gay B. Muskel- und Sehnenrupturen an der oberen Extremität. *Der Chirurg* 55: 1-6. 1984.

24. Rausch V, Krieter JP, Leschinger T, Hackl M, Scaal M, Müller LP, u. a. The Radioulnar Distance at the Level of the Radial Tuberosity. *Clin Anat.* 10. Oktober 2019;ca.23483.
25. Müller P. Retrospektive Studie über die Behandlung der distalen Bizepssehnenruptur mit der Refixation an der Tuberositas radii mittels Fadenanker über einen ventralen Zugang. :105.
26. Bhatia DN, Kandhari V, DasGupta B. Cadaveric Study of Insertional Anatomy of Distal Biceps Tendon and its Relationship to the Dynamic Proximal Radioulnar Space. *The Journal of Hand Surgery.* Januar 2017;42(1):e15–23.
27. Krueger CA, Aden JK, Broughton K, Rispoli DM. Radioulnar space available at the level of the biceps tuberosity for repaired biceps tendon: a comparison of 4 techniques. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* November 2014;23(11):1717–23.
28. Kelly EW, Morrey BF, O’Driscoll SW. Complications of Repair of the Distal Biceps Tendon with the Modified Two-Incision Technique*†: *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume.* November 2000;82(11):1575–81.
29. Savin DD, Watson J, Youderian AR, Lee S, Hammarstedt JE, Hutchinson MR, u. a. Surgical Management of Acute Distal Biceps Tendon Ruptures: *The Journal of Bone and Joint Surgery.* Mai 2017;99(9):785–96.
30. Hsu D, Anand P, Chang KV. Biceps Tendon Rupture. In: *StatPearls [Internet].* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [zitiert 12. April 2020]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513235/>
31. O’Driscoll SW, Goncalves LBJ, Dietz P. The Hook Test for Distal Biceps Tendon Avulsion. *Am J Sports Med.* November 2007;35(11):1865–9.
32. Ruland CRT, Dunbar C (Sel) RP, Bowen CJD. The Biceps Squeeze Test for Diagnosis of Distal Biceps Tendon Ruptures: *Clinical Orthopaedics and Related Research.* August 2005;NA;(437):128–31.
33. Lynch J, Yu CC, Chen C, Muh S. Magnetic resonance imaging versus ultrasound in diagnosis of distal biceps tendon avulsion. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research.* September 2019;105(5):861–6.
34. Thiele K, Scheibel M, Gerhardt C. Abwägung oder doch harte Kriterien in der Begutachtung von Läsionen der distalen Bizepssehne: *Klinik – Bildgebung – Histologie.*

Trauma Berufskrankh. Februar 2016;18(S1):48–53.

35. Gerhardt C, Thiele K, Scheibel M. Distale Bizepssehnenruptur: Überblick und eigenes Vorgehen. *Orthopäde*. Oktober 2016;45(10):878–86.

36. Giuffrè BM, Moss MJ. Optimal Positioning for MRI of the Distal Biceps Brachii Tendon: Flexed Abducted Supinated View. *American Journal of Roentgenology*. April 2004;182(4):944–6.

37. Lobo LDG, Fessell DP, Miller BS, Kelly A, Lee JY, Brandon C, u. a. The Role of Sonography in Differentiating Full Versus Partial Distal Biceps Tendon Tears: Correlation With Surgical Findings. *American Journal of Roentgenology*. Januar 2013;200(1):158–62.

38. 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. *Journal of Ultrasound in Medicine*. Juni 2001;20(6):587–95.

39. Brasseur JL. The biceps tendons: From the top and from the bottom. *J Ultrasound*. Februar 2012;15(1):29–38.

40. Baker BE, Bierwagen D. Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. Operative versus non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Am*. März 1985;67(3):414–7.

41. Legg AJ, Stevens R, Oakes NO, Shahane SA. A comparison of nonoperative vs. Endobutton repair of distal biceps ruptures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. März 2016;25(3):341–8.

42. 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*. Oktober 2007;127(8):705–8.

43. Dürr HR, Stäbler A, Pfahler M, Matzko M, Refior HJ. Partial Rupture of the Distal Biceps Tendon: Clinical Orthopaedics and Related Research. *Mai* 2000;374:195–200.

44. Garon MT, Greenberg JA. Complications of Distal Biceps Repair. *Orthopedic Clinics of North America*. April 2016;47(2):435–44.

45. Morrey BF, Askew LJ, An KN, Dobyns JH. Rupture of the distal tendon of the biceps brachii. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am*. März 1985;67(3):418–21.

46. Freeman CR, McCormick KR, Mahoney D, Baratz M, Lubahn JD. Nonoperative Treatment of Distal Biceps Tendon Ruptures Compared with a Historical Control Group:

The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume. Oktober 2009;91(10):2329–34.

47. Klonz A, Loitz D, Wöhler 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. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. November 2003;12(6):607–11.

48. Sochacki KR, Lawson ZT, Jack RA, Dong D, Robbins AB, Moreno MR, u. a. Distal Biceps Tendon Repair Using a Double Tension Slide Technique. *Arthroscopy Techniques*. Mai 2020;9(5):e683–9.

49. Cross AG, Jildeh TR, Guo EW, Hessburg LT, Okorooha KR. Mini-Open Distal Biceps Tendon Repair Using All-Suture Anchors. *Arthroscopy Techniques*. Oktober 2020;9(10):e1597–600.

50. Bain GI, Prem H, Heptinstall RJ, Verhellen R, Paix D. Repair of distal biceps tendon rupture: A new technique using the endobutton. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. März 2000;9(2):120–6.

51. Citak M, Backhaus M, Seybold D, Suero EM, Schildhauer TA, Roetman B. Surgical repair of the distal biceps brachii tendon: a comparative study of three surgical fixation techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. November 2011;19(11):1936–41.

52. Lang NW, Bukaty A, Sturz GD, Platzer P, Joestl J. Treatment of primary total distal biceps tendon rupture using cortical button, transosseus fixation and suture anchor: A single center experience. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. Oktober 2018;104(6):859–63.

53. Bohnsack M, Wirth CJ. Distale Bizepssehnenruptur und Refixation der Sehne über zwei Zugänge. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 1. Dezember 2003;15(4):415–27.

54. Cerciello S, Visonà E, Corona K, Ribeiro Filho PR, Carbone S. The Treatment of Distal Biceps Ruptures: An Overview. *Joints*. Dezember 2018;06(04):228–31.

55. Völk C, Siebenlist S, Kirchhoff C, Biberthaler P, Buchholz A. Intramedulläre Button-Refixation der distalen Bizepssehne in „Single-incision“-Technik: Operationstechnik (Vorgehen der Autoren). *Unfallchirurg*. Oktober 2019;122(10):812–3.

56. Boyd HB, Anderson LD. A Method for Reinsertion of the Distal Biceps Brachii Tendon: *The Journal of Bone & Joint Surgery*. Oktober 1961;43(7):1041–3.

57. Hansen G, Smith A, Pollock JW, Werier J, Nairn R, Rakhra KS, u. a. Anatomic repair of the distal biceps tendon cannot be consistently performed through a classic single-incision suture anchor technique. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Dezember 2014;23(12):1898–904.
58. Hasan SA, Cordell CL, Rauls RB, Bailey MS, Sahu D, Suva LJ. Two-incision versus one-incision repair for distal biceps tendon rupture: a cadaveric study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Juli 2012;21(7):935–41.
59. Srinivasan RC, Pederson WC, Morrey BF. Distal Biceps Tendon Repair and Reconstruction. *The Journal of Hand Surgery*. Januar 2020;45(1):48–56.
60. Barret H, Winter M, Gastaud O, Saliken DJ, Gauci MO, Bronsard N. Double incision repair technique with immediate mobilization for acute distal biceps tendon ruptures provides good results after 2 years in active patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. April 2019;105(2):323–8.
61. Amarasooriya M, Bain GI, Roper T, Bryant K, Iqbal K, Phadnis J. Complications After Distal Biceps Tendon Repair: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. Oktober 2020;48(12):3103–11.
62. Beks RB, Claessen FMAP, Oh LS, Ring D, Chen NC. Factors associated with adverse events after distal biceps tendon repair or reconstruction. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. August 2016;25(8):1229–34.
63. Ford SE, Andersen JS, Macknet DM, Connor PM, Loeffler BJ, Gaston RG. Major complications after distal biceps tendon repairs: retrospective cohort analysis of 970 cases. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Oktober 2018;27(10):1898–906.
64. Matzon JL, Graham JG, Penna S, Ciccotti MG, Abboud JA, Lutsky KF, u. a. A Prospective Evaluation of Early Postoperative Complications After Distal Biceps Tendon Repairs. *The Journal of Hand Surgery*. Mai 2019;44(5):382–6.
65. Dunphy TR, Hudson J, Batech M, Acevedo DC, Mirzayan R. Surgical Treatment of Distal Biceps Tendon Ruptures: An Analysis of Complications in 784 Surgical Repairs. *Am J Sports Med*. November 2017;45(13):3020–9.
66. Reichert P, Królikowska A, Witkowski J, Szuba Ł, Czamara A. Surgical Management of Distal Biceps Tendon Anatomical Reinsertion Complications: Iatrogenic Posterior Interosseous Nerve Palsy. *Med Sci Monit*. 7. Februar 2018;24:782–90.

67. Nigro PT, Cain R, Mighell MA. Prognosis for recovery of posterior interosseous nerve palsy after distal biceps repair. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Januar 2013;22(1):70–3.
68. Waterman BR, Navarro-Figueroa L, Owens BD. Primary Repair of Traumatic Distal Biceps Ruptures in a Military Population: Clinical Outcomes of Single- Versus 2-Incision Technique. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. September 2017;33(9):1672–8.
69. Cain RA, Nydick JA, Stein MI, Williams BD, Polikandriotis JA, Hess AV. Complications Following Distal Biceps Repair. *The Journal of Hand Surgery*. Oktober 2012;37(10):2112–7.
70. Prokuski V, Leung NL, Leslie BM. Diagnosis, Etiology and Outcomes of Revision Distal Biceps Tendon Reattachment. *J Hand Surg Am*. Februar 2020;45(2):156.e1-156.e9.
71. Mellano CR, Frank RM, Shin JJ, Jain A, Zuke WA, Mascarenhas R, u. a. Subpectoral Biceps Tenodesis With PEEK Interference Screw: A Biomechanical Analysis of Humeral Fracture Risk. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. März 2018;34(3):806–13.
72. Brodke DJ, Saltzman CL, Brodke DS. PROMIS for Orthopaedic Outcomes Measurement: *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. November 2016;24(11):744–9.
73. Dawson J, Fitzpatrick R, Carr A, Murray D. Questionnaire on the perceptions of patients about total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. März 1996;78(2):185–90.
74. Longo UG, Franceschi F, Loppini M, Maffulli N, Denaro V. Rating systems for evaluation of the elbow. *British Medical Bulletin*. 1. August 2008;87(1):131–61.
75. Dawson J, Doll H, Boller I, Fitzpatrick R, Little C, Rees J, u. a. The development and validation of a patient-reported questionnaire to assess outcomes of elbow surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery British volume*. April 2008;90-B(4):466–73.
76. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. *The Upper Extremity Collaborative Group (UECG)*. *Am J Ind Med*. Juni 1996;29(6):602–8.
77. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (QuickDASH): validity and reliability based on responses within the

full-length DASH. *BMC Musculoskelet Disord.* 18. Mai 2006;7:44.

78. Williams N. DASH. *Occupational Medicine.* 1. Januar 2014;64(1):67–8.

79. O'Connor CM, Ring D. Correlation of Single Assessment Numeric Evaluation (SANE) with other Patient Reported Outcome Measures (PROMs). *Arch Bone Jt Surg.* Juli 2019;7(4):303–6.

80. Launonen AP, Huttunen TT, Lepola V, Niemi ST, Kannus P, Felländer-Tsai L, u. a. Distal Biceps Tendon Rupture Surgery: Changing Incidence in Finnish and Swedish Men Between 1997 and 2016. *The Journal of Hand Surgery.* November 2020;45(11):1022–8.

81. Srinivasan RC, Pederson WC, Morrey BF. Distal Biceps Tendon Repair and Reconstruction. *The Journal of Hand Surgery.* Januar 2020;45(1):48–56.

82. Hilgersom NFJ, Nagel M, Janssen SJ, Kodde IF, The B, Eygendaal D. Greater radial tuberosity size is associated with distal biceps tendon rupture: a quantitative 3-D CT case–control study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* Dezember 2021;29(12):4075–81.

83. Luukkala T, Sidharthan SK, Karjalainen TV, Paloneva J, Watts AC. Distal biceps tendon repairs and reconstructions-an analysis of demographics, prodromal symptoms and complications. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 23. Januar 2021 [zitiert 2. Februar 2022]; Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-021-03750-1>

84. Halpern AA, Horowitz BG, Nagel DA. Tendon ruptures associated with corticosteroid therapy. *West J Med.* November 1977;127(5):378–82.

85. Ding DY, LaMartina JA, Zhang AL, Pandya NK. Acute distal biceps rupture in an adolescent weightlifter on chronic steroid suppression: a case report. *Journal of Pediatric Orthopaedics B.* September 2016;25(5):447–9.

86. Miles JW, Grana WA, Egle D, Min KW, Chitwood J. The effect of anabolic steroids on the biomechanical and histological properties of rat tendon. *J Bone Joint Surg Am.* März 1992;74(3):411–22.

87. Golshani K, Cinque ME, O'Halloran P, Softness K, Keeling L, Macdonell JR. Upper extremity weightlifting injuries: Diagnosis and management. *Journal of Orthopaedics.* März 2018;15(1):24–7.

88. Yu JS, Habib PA. Common Injuries Related to Weightlifting: MR Imaging Perspective. *Semin Musculoskelet Radiol.* November 2005;09(04):289–301.

89. Amin NH, Volpi A, Lynch TS, Patel RM, Cerynik DL, Schickendantz MS, u. a. Complications of Distal Biceps Tendon Repair: A Meta-analysis of Single-Incision Versus Double-Incision Surgical Technique. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 1. Oktober 2016;4(10):232596711666813.
90. Chavan PR, Duquin TR, Bisson LJ. Repair of the Ruptured Distal Biceps Tendon: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. August 2008;36(8):1618–24.
91. Watson JN, Moretti VM, Schwindel L, Hutchinson MR. Repair Techniques for Acute Distal Biceps Tendon Ruptures: A Systematic Review. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. Dezember 2014;96(24):2086–90.
92. Grewal R, Athwal GS, MacDermid JC, Faber KJ, Drosdoweck DS, El-Hawary R, u. a. Single Versus Double-Incision Technique for the Repair of Acute Distal Biceps Tendon Ruptures: A Randomized Clinical Trial. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. Juli 2012;94(13):1166–74.
93. Cusick MC, Cottrell BJ, Cain RA, Mighell MA. Low incidence of tendon rerupture after distal biceps repair by cortical button and interference screw. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Oktober 2014;23(10):1532–6.
94. Hinchey JW, Aronowitz JG, Sanchez-Sotelo J, Morrey BF. Re-rupture rate of primarily repaired distal biceps tendon injuries. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Juni 2014;23(6):850–4.
95. Louis DS, Hankin FM, Eckenrode JF, Smith PA, Wojtys EM. Distal biceps brachii tendon avulsion: A simplified method of operative repair. *Am J Sports Med*. Mai 1986;14(3):234–6.
96. McKee MD, Hirji R, Schemitsch EH, Wild LM, Waddell JP. Patient-oriented functional outcome after repair of distal biceps tendon ruptures using a single-incision technique. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Mai 2005;14(3):302–6.
97. Potapov A, Laflamme YG, Gagnon S, Canet F, Rouleau DM. Progressive osteolysis of the radius after distal biceps tendon repair with the bioabsorbable screw. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. Juli 2011;20(5):819–26.
98. Evans JP, Smith CD, Fine NF, Porter I, Gangannagaripalli J, Goodwin VA, u. a. Clinical rating systems in elbow research—a systematic review exploring trends and distributions of use. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. April 2018;27(4):e98–106.

99. Di Stefano M, Sensi L, di Bella L, Tucci R, Bazzucchi E, Zanna L. Acute distal biceps tendon rupture: retrospective analysis of two different approaches and fixation techniques. *Eur J Orthop Surg Traumatol* [Internet]. 1. Oktober 2021 [zitiert 11. März 2022]; Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/s00590-021-03132-8>
100. Shields E, Olsen JR, Williams RB, Rouse L, Maloney M, Voloshin I. Distal Biceps Brachii Tendon Repairs: A Single-Incision Technique Using a Cortical Button With Interference Screw Versus a Double-Incision Technique Using Suture Fixation Through Bone Tunnels. *Am J Sports Med*. Mai 2015;43(5):1072–6.
101. Castioni D, Mercurio M, Fanelli D, Cosentino O, Gasparini G, Galasso O. Single-versus double-incision technique for the treatment of distal biceps tendon rupture: a systematic review and meta-analysis of comparative studies. *The Bone & Joint Journal*. 1. Dezember 2020;102-B(12):1608–17.
102. Sethi P, Cunningham J, Miller S, Sutton K, Mazzocca A. Anatomical Repair of the Distal Biceps Tendon Using the Tension-Slide Technique. *Techniques in Shoulder & Elbow Surgery*. Dezember 2008;9(4):182–7.

6 Anhang

6.1 Mayo Elbow Performance Score (MEPS)

6.1.1 Fragebogen

Teilbereich 1 – Schmerzintensität

- Kein Schmerz (45)
- Leichter Schmerz (30)
- Mäßiger Schmerz (15)
- Starker Schmerz (0)

Teilbereich 2 – Bewegung

- Bewegungsumfang größer als 100° (20)
- Bewegungsumfang zwischen 50° und 100° (15)
- Bewegungsumfang kleiner als 50° (5)

Teilbereich 3 – Stabilität

- Stabil (10)
- Mäßige Instabilität (5)
- Grob instabil (0)

Teilbereich 4 – Funktion (zutreffendes ankreuzen)

- Haare kämmen möglich (5)
- Essen möglich (5)
- Hygieneerhaltung möglich (5)
- Hemd anziehen möglich (5)
- Schuh anziehen möglich (5)

6.1.2 Interpretation des Mayo Elbow Performance Scores (MEPS)

Punkte	Interpretation des MEPS
0 – 59	Schlechtes Ergebnis
60 – 74	Mäßig gutes Ergebnis
75 – 89	Gutes Ergebnis
90 – 100	Exzellentes Ergebnis

6.2 Oxford Elbow Score (OES)

6.2.1 Fragebogen

In den letzten 4 Wochen...

1. Hatten Sie aufgrund Ihrer Ellbogenproblematik Schwierigkeiten Dinge in Ihrem Haus zu heben, z.B. den Müll zu entsorgen?

- Keine Schwierigkeiten
- Kaum Schwierigkeiten
- Mäßige Schwierigkeiten
- Extreme Schwierigkeiten
- Durchführung unmöglich

2. Hatten Sie aufgrund Ihrer Ellbogenproblematik Schwierigkeiten Einkaufstaschen zu tragen?

- Keine Schwierigkeiten
- Kaum Schwierigkeiten
- Mäßige Schwierigkeiten
- Extreme Schwierigkeiten
- Durchführung unmöglich

3. Hatten Sie aufgrund Ihrer Ellbogenproblematik Schwierigkeiten sich an sämtlichen Körperstellen zu waschen?

- Keine Schwierigkeiten
- Kaum Schwierigkeiten
- Mäßige Schwierigkeiten
- Extreme Schwierigkeiten
- Durchführung unmöglich

4. Hatten Sie aufgrund Ihrer Ellbogenproblematik Schwierigkeiten sich anzuziehen?

- Keine Schwierigkeiten

- Kaum Schwierigkeiten
- Mäßige Schwierigkeiten
- Extreme Schwierigkeiten
- Durchführung unmöglich

5. Hatten Sie das Gefühl, dass Ihre Ellbogenproblematik „Ihr Leben bestimmt?“

- Überhaupt nicht
- Gelegentlich
- An manchen Tagen
- An den meisten Tagen
- Jeden Tag

6. Wie sehr hat Sie Ihre Ellbogenproblematik beschäftigt?

- Überhaupt nicht
- Einen geringen Teil der Zeit
- Manchmal
- Einen Großteil der Zeit
- Die ganze Zeit

7. Wurden Sie nachts von Ellbogenschmerzen geplagt?

- Überhaupt nicht
- 1 oder 2 Nächte
- In manchen Nächten
- In den meisten Nächten
- Jede Nacht

8. Wie oft hat Ihre Ellbogenproblematik Ihren Schlaf beeinträchtigt?

- Überhaupt nicht
- Gelegentlich
- An manchen Tagen
- An den meisten Tagen

- Jeden Tag

9. Inwieweit hat Ihre Ellbogenproblematik Ihre übliche Arbeit oder Ihre täglichen Aktivitäten beeinträchtigt?

- Überhaupt nicht
- Ein wenig
- Mäßig
- Erheblich
- Gänzlich

10. Hat Ihre Ellbogenproblematik Ihre Fähigkeit eingeschränkt, an Freizeitaktivitäten teilzunehmen, die Sie gerne betreiben?

- Überhaupt nicht
- Gelegentlich
- An manchen Tagen
- An den meisten Tagen
- Durchgehend

11. Wie würden Sie die schlimmsten Schmerzen beschreiben, die Sie durch Ihre Ellbogenproblematik hatten?

- Keine Schmerzen
- Milde Schmerzen
- Moderate Schmerzen
- Starke Schmerzen
- Unerträgliche Schmerzen

12. Wie würden Sie die Schmerzen beschreiben, die Sie für gewöhnlich durch Ihren Ellbogen hatten?

- Keine Schmerzen
- Milde Schmerzen

- Moderate Schmerzen
- Starke Schmerzen
- Unerträgliche Schmerzen

6.2.2 Interpretation des Oxford Elbow Scores (OES)

Punkte	Interpretation des OES
0 – 19	Verdacht auf schwere Ellbogenarthrose
20 – 29	Verdacht auf mittelschwere bis schwere Ellbogenarthrose
30 – 39	Verdacht auf leichte bis mittelschwere Ellbogenarthrose
40 – 48	Zufriedenstellende Gelenksfunktion

6.3 DASH Score

6.3.1 Fragebogen

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen

1. Keine Schwierigkeiten
2. Geringe Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Erhebliche Schwierigkeiten
5. Nicht möglich

2. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)

1. Keine Schwierigkeiten
2. Geringe Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Erhebliche Schwierigkeiten
5. Nicht möglich

3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen

1. Keine Schwierigkeiten
2. Geringe Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Erhebliche Schwierigkeiten
5. Nicht möglich

4. Ihren Rücken waschen

1. Keine Schwierigkeiten
2. Geringe Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Erhebliche Schwierigkeiten

5. Nicht möglich

5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden

1. Keine Schwierigkeiten
2. Leichte Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Große Schwierigkeiten
5. Unfähig

6. Freizeitaktivitäten, bei denen Druck oder Stoß auf Ihren Arm, Schulter oder Hand ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)

1. Keine Schwierigkeiten
2. Leichte Schwierigkeiten
3. Mäßige Schwierigkeiten
4. Große Schwierigkeiten
5. Unfähig

7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt?

1. Überhaupt nicht
2. Ein wenig
3. Mäßig
4. Ziemlich
5. Sehr

8. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?

1. Überhaupt nicht eingeschränkt
2. Ein wenig eingeschränkt
3. Mäßig eingeschränkt
4. Sehr eingeschränkt

5. Nicht möglich

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein.

9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand

1. Keine Schmerzen
2. Leichte Schmerzen
3. Mäßige Schmerzen
4. Starke Schmerzen
5. Sehr starke Schmerzen

10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand

1. Kein Kribbeln
2. Leichtes Kribbeln
3. Mäßiges Kribbeln
4. Starkes Kribbeln
5. Sehr starkes Kribbeln

11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm oder Handbereich?

1. Keine Schlafstörungen
2. Leichte Schlafstörungen
3. Mäßige Schlafstörungen
4. Starke Schlafstörungen
5. Sehr starke Schlafstörungen