

Aus der Abteilung für Hand-, Plastische und Ästhetische Chirurgie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Univ-Prof. Dr. med. Riccardo Giunta

**Retrospektiver Vergleich der Ergebnisse nach
Ulnaverkürzungsosteotomie vs. arthroskopischer *Wafer procedure*
im Rahmen der Implementierung eines neuen Algorithmus zur
Behandlung des Ulna-Impaktions-Syndroms**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanmedizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

**vorgelegt von Sara Imam
aus
Speyer
2022**

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. Elias Volkmer

Mitberichterstatter: PD Dr. med. Viktoria Bogner-Flatz

Prof. Dr. med. Peter Biberthaler

Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter: PD Dr. med. Elias Volkmer

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.04.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis	5
2	Hintergrund und Ziele	7
3	Einleitung	9
3.1	Die Anatomie des proximalen Handgelenks	9
3.1.1	Knöcherne Strukturen	9
3.1.2	Bandapparat	11
3.1.2.1	Der ulnokarpale Komplex (TFCC)	11
3.2	Das Ulna-Impaktions-Syndrom	12
3.2.1	Definition	12
3.2.2	Pathogenese	12
3.3	Diagnostik des UIS	15
3.3.1	Klinische Untersuchung	15
3.3.2	Bildgebende Untersuchungen	15
3.3.2.1	Röntgen	16
3.3.2.1.1	Ulnavarianz	16
3.3.2.2	Magnetresonanztomographie (MRT)	18
3.3.2.3	Handgelenksarthroskopie	19
3.3.2.3.1	Einteilung der TFCC-Läsionen nach Palmer	19
3.4	Die Therapie des Ulna-Impaktions-Syndroms	22
3.4.1	Konservative Therapie	22
3.4.2	Operative Therapie	22
3.4.2.1	Arthroskopische Verfahren	22
3.4.2.1.1	<i>Wafer procedure</i>	23
3.4.2.2	Ulnaverkürzungsosteotomie	24

3.4.2.3	Radiuskorrekturosteotomie	27
4	Patienten und Methoden	28
4.1	Patienten	28
4.1.1	Einschlusskriterien	28
4.1.2	Alter und Geschlecht	29
4.1.3	Erfassung der Daten	29
4.2	Methoden	29
4.2.1	Präoperative Vorbereitung und Therapieauswahl	29
4.2.2	Operationstechnik	32
4.2.2.1	Ulnaverkürzungsosteotomie	32
4.2.2.2	<i>Wafer procedure</i>	35
4.2.3	Postoperative Nachuntersuchung	35
4.2.4	Statistische Auswertung	36
5	Ergebnisse	37
5.1	Anzahl der durchgeführten Operationen	37
5.2	Alters- und Geschlechterverteilung	37
5.3	Rückkehr in den Beruf	38
5.4	Klinische Ergebnisse	39
5.4.1	<i>Disabilities of Arm, Shoulder and Hand Questionnaire</i> (DASH-Fragebogen)	39
5.4.2	Visuelle Analogskala für Schmerz	40
5.4.2.1	VAS in Ruhe	40
5.4.2.2	VAS in Bewegung	41
5.4.3	Greif- und Druckkraft	42
5.4.3.1	<i>Power Grip</i> (JAMAR)	42
5.4.3.2	Kraftmessung im Schlüsselgriff (<i>key pinch</i>)	43
5.5	Radiologische und arthroskopische Ergebnisse	44
5.5.1	Prä- und postoperative Ulnavarianz	44
5.5.2	Geplante und erzielte Ulnaverkürzung	45
5.5.3	Arthroskopische Einteilung der degenerativen Veränderung des TFCC nach Palmer	46

Inhaltsverzeichnis

5.6	Komplikationen	47
6	Diskussion	48
7	Zusammenfassung	53
8	Literaturverzeichnis	54
9	Abbildungsverzeichnis	59
10	Anhang	61
10.1	DASH-Fragebogen	61
10.2	klinischer Untersuchungsbogen	65
11	Eidesstattliche Erklärung	67
12	Danksagung	68

1 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DASH	Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
DC	dynamic compression
DRUG	distales Radioulnargelenk
et al.	et alii (lateinisch: und andere)
kg	Kilogramm
LCDC	limited contact dynamic compression
Lig.	Ligamentum
LT	lunotriquetral
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
p.a.	posterior-anterior
Proc.	Processus
p-Wert	Signifikanzniveau
ROM	range of motion
SD	Standardabweichung

Kapitel 1. Abkürzungsverzeichnis

sog.	sogenannt
TFCC	triangular fibrocartilage complex
UIS	Ulna-Impaktions-Syndrom
UVO	Ulnaverkürzungsosteotomie
VAS	visual analogue scale
vs.	versus

2 Hintergrund und Ziele

Das Ulna-Impaktions-Syndrom (UIS) ist eine degenerative Veränderung des ulnarseitigen Handgelenks aufgrund positiver Ulnavarianz. Diese kann erworben oder angeboren sein. Typischerweise bestehen ulnarseitige, belastungsabhängige Schmerzen, die mit einer zunehmenden Degeneration des Diskus triangularis und der angrenzenden Gelenkflächen der Elle, des Mondbeins und des Dreieckbeins einhergehen. [1]

Die kausale Behandlung eines Ulna-Impaktions-Syndroms besteht in der operativen Kürzung der Elle. Diese kann extraartikulär durch Verkürzungsosteotomie der Elle im Schaftbereich erfolgen. Alternativ kommt eine arthroskopische intraartikuläre Behandlung in Betracht, bei der die Elle von distal her abgeschliffen wird (sog. *Wafer procedure*). [2–4]

Biomechanische Studien haben gezeigt, dass beide operative Verfahren zu einer Reduktion der Belastung des ulnocarpalen Handgelenks führen [5]. In der Vergangenheit zeigte die Ulnaverkürzungsosteotomie bei hoher Komplikationsrate nur selten ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die meistbeschriebenen Komplikationen waren Pseudarthrosen und Implantatreaktionen, welche nicht selten eine erneute Operation erforderlich machten [6]. Mit der Entwicklung von neuen Osteosynthesematerialien ist die Ulnaverkürzungsosteotomie, heute eine sehr präzise und hochwertige Therapieoption.

Kapitel 2. Hintergrund und Ziele

Ziel dieser Arbeit war es die Ergebnisse der beiden Verfahren, im Rahmen der Implementierung eines neuen Algorithmus zur Therapie des Ulna-Impaktions-Syndroms, miteinander zu vergleichen.

3 Einleitung

3.1 Die Anatomie des proximalen Handgelenks

3.1.1 Knöcherne Strukturen

Wie in Abb. 3.1 dargestellt setzt sich das proximale Handgelenk aus den beiden Unterarmknochen Radius (2) und Ulna (1), sowie aus der proximalen Reihe der Handwurzelknochen (a-d) zusammen. In Neutralnullstellung liegt die Ulna medial und der Radius lateral.



Abbildung 3.1: Die knöchernen Strukturen des proximalen Handgelenks

Kapitel 3. Einleitung

Das proximale Handgelenk, das sogenannte *Articulatio radiocarpalis*, besteht neben der *Facies articularis carpi* des Radius und dem *Discus ulnocarpalis* aus den vier Handwurzelknochen, welche eine ellipsoide Gelenkfläche bilden. Zu den vier Handwurzelknochen gehören von radial nach ulnar das *Os scaphoideum* (d), das *Os lunatum* (c), das *Os triquetrum* (b) und das *Os pisiforme* (a).

Es handelt sich um ein Ellipsoidgelenk mit zwei Freiheitsgraden, der Radial- und Ulnar- duktion, sowie der Dorsalextension und Palmarflexion. Hierbei kommuniziert die *Fovea scaphoidea*, die den radialen Anteil des Radius bildet, mit dem *Os scaphoideum* und die *Fovea lunata*, die den ulnaren Anteil bildet, mit dem *Os lunatum*. Der *Discus ulnocarpalis* befindet sich zwischen den kommunizierenden Strukturen und überträgt Druck und Kraft auf den Unterarm. [7]

Der Ulnakopf bildet mit seiner *Circumferentia articularis* und der *Incisura ulnaris* des Radius das distale Radioulnargelenk (DRUG). Dieses wird durch die *Incisura ulnaris radii* und der *Circumferentia articularis ulnae* gebildet. Die Form der Gelenkkörper ist abhängig vom Längenverhältnis zwischen Radius und Ulna. Bei der Ulna-Null-Stellung sind die Gelenkflächen zylindrisch. [8]

3.1.2 Bandapparat

Die Bänder des Handgelenks sind für Führung und Beschränkung der Bewegung benachbarter Knochen verantwortlich. Hierbei verstärken die palmaren und dorsalen Bänder, sowie Kollateralbänder die Gelenkkapsel. [7]

3.1.2.1 Der ulnokarpale Komplex (TFCC)

Der *triangular fibrocartilage complex* (TFCC) bildet den ulnokarpalen Bestandteil des Bandsystems der Hand. Die Bestandteile des TFCC sind: Discus articularis, die Ligamenta radioulnare palmare und dorsale, Ligamentum ulnotriquetrum, Ligamenta ulnocarpale palmare et dorsale, Ligamentum collaterale carpi ulnare, die Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris und der Meniscus ulnocarpalis. Zusammen mit der Membrana interossea fixiert der ulnokarpale Komplex den Radius an die Ulna und diese an den Karpus. [9]

Der TFCC ist im Durchschnitt ca. 4 bis 5 mm dick und dünnt nach zentral weiter aus. Im Bereich des Meniscus ulnocarpalis befindet sich der Recessus ulnaris. Bei diesem handelt es sich um eine konstante Perforation. [7]

Der Discus articularis ulnocarpalis liegt distal der Ulna und bildet die Gelenkfläche zum Os lunatum und Os triquetrum. Er liegt zwischen Ligamentum radioulnare dorsale und dem Ligamentum radioulnare palmare und ist mit diesen verwachsen. [10]

Bei angeborener Ulna-minus-Variante ist der Discus articularis kompensatorisch verdickt. Bei angeborener Ulna-plus-Variante ist der Discus ausgedünnt und zentral bisweilen perforiert. Eine positive Ulnavarianz kann zu einer Lockerung des TFCC führen. Nicht selten kommt es sukzessive zu einer dorsal Translation der Elle. [11]

3.2 Das Ulna-Impaktions-Syndrom

3.2.1 Definition

Das Ulna-Impaktions-Syndrom (UIS) ist eine degenerative Veränderung des ulnaren Handgelenks bei Patienten mit positiver Ulnavarianz. Hierbei kommt es zu einer chronischen Druckbelastung auf den TFCC durch Einklemmung zwischen dem Ulnakopf und den ulnar gelegenen Handwurzelknochen. Patienten, die an einem Ulna-Impaktions-Syndrom leiden, weisen typischerweise Symptome wie ulnarseitigen Handgelenkschmerz, besonders bei Ulnadeviation mit lokaler Schwellung auf. [1, 11, 12]

3.2.2 Pathogenese

Ursächlich für das klinische Bild des Ulna-Impaktions-Syndroms ist eine Veränderung der Druckverhältnisse im ulnokarpalen Handgelenk durch Änderung des Längenverhältnisses zwischen Ulna und Radius [13]. Die einwirkenden Kräfte bei einer Ulna-Null-Variante verteilen sich zu 82% über das radiokarpale und zu 18% über das ulnokarpale Handgelenk. Friedman und Palmer beschrieben bei einer Ulna-plus-Variante von 2,5 mm eine Steigerung der Krafteinwirkung auf 42% im ulnokarpalen Handgelenk. Bei einer Ulna-minus-Variante von 2,5 mm sinkt die Krafteinwirkung auf 4%. Zusätzlich nimmt die Stellung der Gelenkflächen Einfluss auf die Kraftübertragung am Handgelenk. Eine Dorsalkippung um 40 Grad am distalen Radius führt zu einer Zunahme der Kraftübertragung um ca. 60% am ulnokarpalen Komplex [1].

Die Ulna-plus-Variante führt zu einer zunehmenden Kraftübertragung im ulnokarpalen Handgelenk, welche zu degenerativen Veränderungen im TFCC führt. Dieser Prozess beginnt mit dem mukoiden Degenerationsstadium. Hier kommt es durch Kompression zur Perforation im Bereich des zentralen Discus articularis. Diese frühzeitige Veränderung geht oft mit einer Läsion des Ligamentum lunotriquetrum einher. Im weiteren

Kapitel 3. Einleitung

Verlauf kommt es meist am radialseitigen Ulnakopf, sowie an der ulnarseitigen Zirkumferenz des Os lunatum, zum Abrieb und Höhenverlust des Gelenkknorpels. Durch die mechanische Reizung kann es hier zur Bildung von Knochenmarksödemen, Zysten und Sklerose kommen. Zusätzlich können eine lokale Synovialitis und ein ulnarseitiger Gelenkerguss beobachtet werden. [14]

Eine positive Ulnavarianz ist oft angeboren, zeigt sich jedoch auch im Rahmen einer Deformität oder posttraumatisch, zum Beispiel nach einer distalen Radiusfraktur mit Längenverlust.



Abbildung 3.2: Angeborenes UIS

Kapitel 3. Einleitung

Abb. 3.2 zeigt eine Form des angeborenen Ulna-Impaktions-Syndrom mit einer positiven Ulnavarianz von ca. 2 mm. Eine im Wachstumsalter zugezogene Epiphysenfugenverletzung kann auch zu einer Ulna-Plus-Variante führen. In Abb. 3.3 ist eine ausgeprägte positive Ulnavarianz von ca. 10 mm nach Radiusfraktur im Kindesalter dargestellt. [15, 16]



Abbildung 3.3: Erworbenes UIS nach Radiusfraktur im Kindesalter

Mit zunehmendem Alter steigt das Auftreten von Ulna-plus-Varianten und Diskusdefekten. Bei den über 60-Jährigen zeigt sich eine Zunahme von 64%. Grund dafür könnte eine Verschiebung der Lage der Ulna zur Ulna-plus-Variante hin sein. Denkbar ist auch, dass eine angeborene Überlänge der Elle erst später symptomatisch wird und deshalb erst in der zweiten Lebenshälfte erkannt wird. Mit Sicherheit führen auch stattgehabte Radiusfrakturen, welche fast immer mit einem Längenverlust der Speiche einhergehen, zu dieser Zunahme. [17]

3.3 Diagnostik des UIS

3.3.1 Klinische Untersuchung

Bei der klinischen Untersuchung weisen die betroffenen Patienten typischerweise einen ulnarseitigen Handgelenksschmerz auf. Während der Inspektion sollten auf Narben an der gesamten oberen Extremität geachtet werden. Eine nach dorsal gerichtete Ulna kann auf eine Verletzung des distalen Radioulnargelenks oder eine chronische Destabilisierung im Rahmen der positiven Ulnavarianz deuten [15]. Der TFCC kann zwischen dem Processus styloideus ulnae, dem Ligamentum flexor carpi ulnaris und der palmaren Seite des Ulnakopfes palpirt werden. Schmerzen in diesem Bereich werden von Tay et al. als positives *ulna fovea sign* beschrieben [18]. Zur weiteren Beurteilung des TFCC kann der ulnokarpale Stresstest durchgeführt werden. Hierbei wird durch axialen Druck auf das Handgelenk in Kombination mit passiven Pro- und Supinationsbewegungen im Unterarm, bei einer TFCC-Läsion, ulnarer Handgelenksschmerz ausgelöst [19]. Hinweisend kann zusätzlich der Shucktest sein. Dieser Test ist positiv zu werten, wenn bei Pronation und plötzlicher Ulnadeviation Schmerzen im Handgelenk ausgelöst werden [1]. Eine Verletzung des Ligamentum lunotriquetrum kann durch den *Shear-Test* nach Kleinman untersucht werden. Hier wird durch dorsale Stabilisierung des Os lunatum Druck auf das Os pisiforme nach dorsal ausgeübt. Bei Auslösen von Schmerzen ist der Test positiv [15]. Vermutet man eine Instabilität im DRUG, kann man bei Pro- und Supination im Unterarm ein Hervorspringen des Ulnakopfes beobachten („Klavertastenphänomen“) [15]. Eine vermehrte dorso-palmare Instabilität des DRUG kann im Rahmen des sogenannten Ballotement-Test überprüft werden [19].

3.3.2 Bildgebende Untersuchungen

Zur weiteren Diagnostik des UIS gehören bildgebende Untersuchungen. Neben einer positiven Ulnavarianz, können typische Befunde wie ein Lunatumödem in der MRT-

Kapitel 3. Einleitung

Untersuchung oder ein fortgeschrittener TFCC Schaden in der diagnostischen Arthro-skopie gefunden werden.

3.3.2.1 Röntgen

Bei klinischem Verdacht eines UIS werden standardisierte Röntgenbilder in posterior-anterior und lateraler Projektion angefertigt, der Oberarm ist in 90 Grad Abduktions-stellung, der Ellenbogen in 90 Grad Flexion und der Unterarm in Neutralstellung po-sitioniert. Um eine Ulna- oder Radialdeviation auszuschließen, sollten in der posterior-anterioren Aufnahme die Längsnachse des Radius und der dritte Metakarpalknochen auf einer Geraden liegen [20, 21]. Zusätzlich können, um eine karpale Instabilität oder Rupturen zu detektieren, bzw. zu dokumentieren, Stressaufnahmen angefertigt werden. In fortgeschrittenen Stadien zeigen die Röntgenaufnahmen nicht selten Zysten und be-ginnende Sklerosierungsvorgänge im Bereich des ulnokarpalen Handgelenks [14].

3.3.2.1.1 Ulnavarianz

Die Ulnavarianz beschreibt das Längenverhältnis der Ulna zum Radius. Der Normwert liegt bei ≤ 2 mm Längendifferenz. Bei einer Ulna-plus-Variante ist die Ulna > 2 mm länger als der Radius, bei einer Ulna-minus-Variante ist sie < 2 mm. [22, 23]

Die Berechnung der Ulnavarianz nach Gelbermann ist die gängigste Methode. Die Ul-navarianz ist als der Abstand zwischen 2 Senkrechten auf der Longitudinalachse des Radius definiert. Die erste Senkrechte wird zur Radiusachse gelegt, bei dieser handelt es sich um eine Tangente auf der Höhe der ulnaren Radiuskante. Die zweite Senkrechte wird parallel zur ersten gelegt. Sie ist eine Tangente auf Höhe der distalen Gelenkfläche der Ulna. [14, 22, 23]

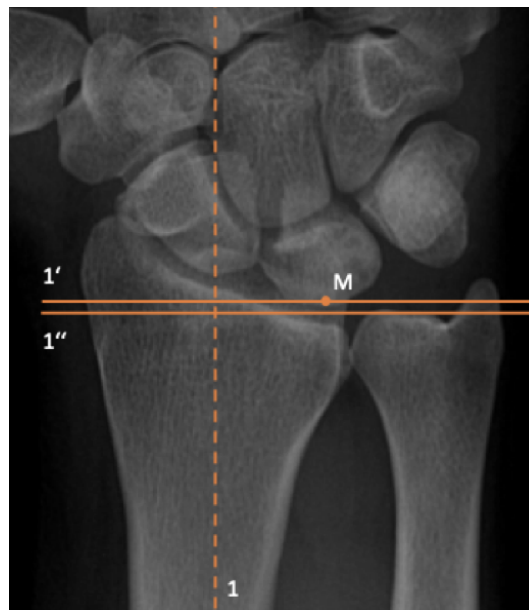


Abbildung 3.4: **Berechnung der Ulnarvarianz nach Gelbermann:** [23]

1 = Radiuslängsachse

1' = Senkrechte zu 1 durch M

1'' = Senkrechte zu 1 als Tangente an die distale Gelenkfläche der Ulna

M = Mittelpunkt zwischen dorsaler und palmarer Begrenzung der ulnaren Radiusbegrenzung

3.3.2.2 Magnetresonanztomographie (MRT)

Eine MRT-Untersuchung kann ergänzend zur Diagnosesicherung eingesetzt werden. Hilfreich kann diese Untersuchung besonders bei Patienten mit hochgradigem klinischen Verdacht auf ein UIS mit unauffälligen Röntgenbefunden sein. In frühen Stadien eines UIS weist der Knorpel des ulnokarpalen Handgelenks typischerweise Fibrillationen auf. Auch kann ein Ödem des Os lunatum, welches nicht mit einer Mondbein-Nekrose verwechselt werden darf, wegweisend sein. Im weiteren Verlauf kommt es zur Hyperämie. Diese zeigt eine hohe Signalintensität in den T2-gewichteten Bildern und eine niedrige in den T1-gewichteten Bildern. In fortgeschrittenen Stadien sind die sklerosierenden Umbauvorgänge mit niedriger Signalintensität in der T1- und T2-Gewichtung zu sehen [1,24]. Nach Schmidt und Lanz sind die MRT-typischen Befunde eines UIS eine Ulna-plus-Variante, eine zentrale Perforation des Discus articularis und eine Läsion des LT-Bandes mit oder ohne karpale Instabilität [14]. Veränderungen am Os lunatum und selten am Os triquetrum, können eine Höhenminderung am Gelenkknorpel, Knochenmarksödem und subchondrales Kontrastmittel-Enhancement sein. Im Endstadium des UIS zeigt sich eine Arthrosis deformans [14].

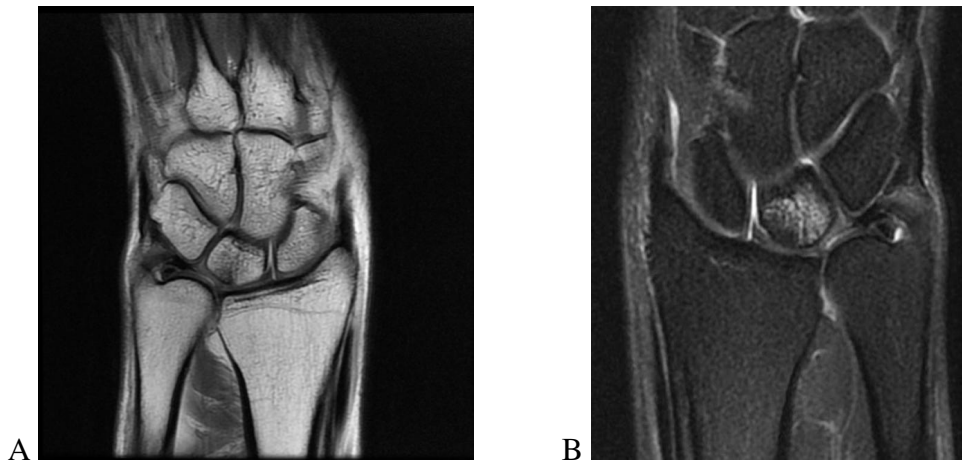


Abbildung 3.5: **MRT-Untersuchung mit Kontrastmittel:**
A zentrale TFCC-Läsion (T1-Gewichtung)
B Lunatumödem (T2-Gewichtung)

3.3.2.3 Handgelenksarthroskopie

Die Handgelenksarthroskopie ist die Methode mit der höchsten diagnostischen Genauigkeit [25]. Mit hoher Präzision können die Stabilität des LT-Bandes und Läsionen des Gelenkknorpels oder des TFCC beurteilt werden [26]. Beyermann et al. empfehlen bei Verdacht auf eine TFCC-Läsion eine Handgelenksarthroskopie durchzuführen, da hier neben der Sicherung der Diagnose, gleichzeitig arthroskopische Therapiemöglichkeiten bestehen [27].

3.3.2.3.1 Einteilung der TFCC-Läsionen nach Palmer

Die TFCC-Läsionen werden nach Palmer eingeteilt. Es werden zwei Klassen unterschieden: Klasse 1 beschreibt die traumatischen Läsionen und Klasse 2 beschreibt die degenerativen Läsionen. Bei Klasse 1 erfolgt die Einteilung nach der Lokalisation der Verletzung. [28]

Klasse 1 Traumatisch

- A** Perforation oder Riss radiusnah/zentral
- B** Abriss am Processus styloideus ulnae oder der proximalen Insertion in der Fovea der Elle oder dorsal-kapsulär
 - mit Fraktur (knöcherner Absprengung des Processus styloideus ulnae)
 - ohne Fraktur
- C** Abriss am Os lunatum oder Os triquetrum (Ruptur des Lig. ulnotriquetrum oder Lig. ulnolunatum, in schweren Fällen auch des Lig. lunotriquetrum)
- D** Abriss am Radius
 - mit Fraktur (distale Radiusfraktur)
 - ohne Fraktur

Klasse 2 Degenerativ

- A** Höhenminderung des ulnokarpalen Komplexes
- B** Höhenminderung des ulnokarpalen Komplexes und Chondromalazie des Os lunatum/Ulnakopfes
- C** Perforation des Discus triangularis, Chondromalazie des Os lunatum/Ulnakopfes
- D** Perforation des Discus triangularis, Chondromalazie des Os lunatum/Ulnakopfes und Perforation des Ligamentum lunotriquetrum
- E** Perforation des Discus triangularis, Chondromalazie des Os lunatum/Ulnakopfes und Perforation des Ligamentum lunotriquetrum mit ulnokarpaler Arthrose

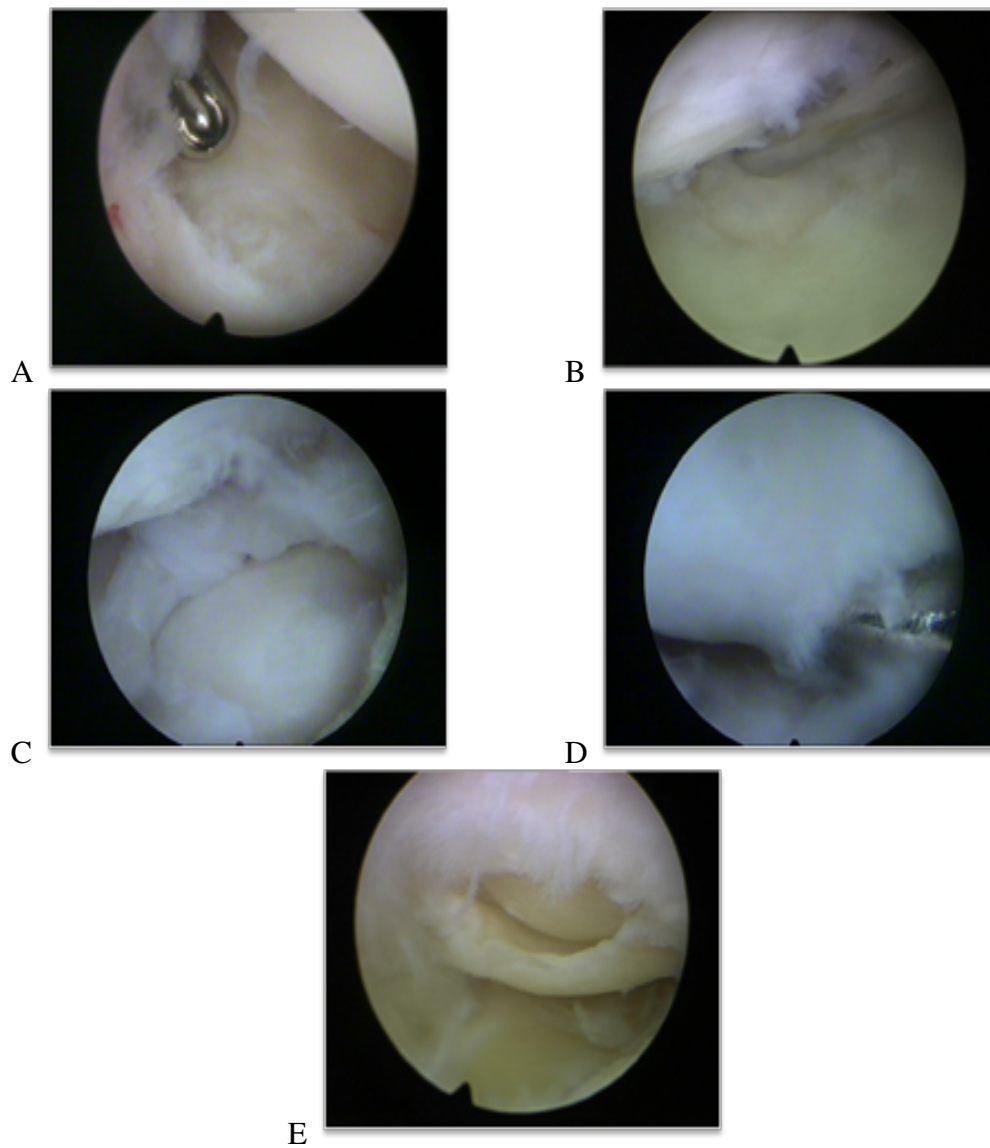


Abbildung 3.6: **Arthroskopie-Befunde:**

- A Höhenminderung des ulnokarpalen Komplexes (Palmer 2A)
- B Chondromalazie des Lunatum und des Ulnakopfes (Palmer 2B)
- C Perforation des Discus triangularis (Palmer 2C)
- D Perforation des Ligamentum lunotriquetrum (Palmer 2D)
- E Lunokarpale Arthrose (Palmer 2E)

3.4 Die Therapie des Ulna-Impaktions-Syndroms

3.4.1 Konservative Therapie

Vor einer operativen Therapie ist ein konservativer Behandlungsversuch sinnvoll. Durch Ruhigstellung in einer Schiene, Einnahme von nichtsteroidalen Antirheumatika, Kortikoidinjektionen oder der Vermeidung schmerzauslösender Aktivitäten, ist eine Besserung der Symptomatik möglich. Nach Grechenig können besonders Patienten mit nur leicht positiver Ulnavarianz von einer konservativen Behandlung profitieren. [15, 29]

3.4.2 Operative Therapie

Bei den operativen Therapiemöglichkeiten wird zwischen intraartikulären und extraartikulären Therapien unterschieden. Beide Vorgehen haben zum Ziel, den Druck des ulnokarpalen Handgelenks zu vermindern.

3.4.2.1 Arthroskopische Verfahren

Die Handgelenksarthroskopie bietet die Möglichkeit, Diagnostik und Therapie in einem Eingriff durchzuführen. Zu den verschiedenen arthroskopischen Behandlungsmöglichkeiten gehören: Das arthroskopische Debridement eines perforierten TFCC, die Fensterung des noch nicht perforierten TFCC zur Generation von Platz und Entlastung des ulnaren Kompartiments und die distale Resektion der Elle mittels Fräse (sog. *Wafer procedure*). [17]

Die Beurteilung des TFCC ist essenziell für die Therapieentscheidung, da er für die Stabilität und Integrität des ulnokarpalen Handgelenks verantwortlich ist. Je nach Befund sollten, wenn möglich, die Strukturen des TFCC erhalten werden [27]. Für das Ulna-Impaktions-Syndrom empfehlen Fulcher and Poehling eine arthroskopische Therapie ab einer TFCC-Läsion im Stadium Palmer 2C [30].

Kapitel 3. Einleitung

Neben dem Zustand des TFCC, ist die Ulnavarianz entscheidend für die Wahl der richtigen Therapie. Kyle und Bickel sehen bei Patienten mit einer positiven Ulnavarianz von mehr als 5 mm von einem arthroskopischen Eingriff ab und empfehlen ein extraartikuläres Vorgehen [31]. Tränkle et al. beschrieben bei Patienten mit einer Ulnavarianz über 2 mm, die arthroskopisch behandelt wurden, keine ausreichende Entlastung im ulnokarpalen Kompartiment [13].

Es gibt allerdings auch bildgebungstechnisch wenig apparente Formen des UIS, welche zum Beispiel nur in forcierter Pronation oder durch ein Os lunatum Ödem im MRT auffallen. Sind diese Patienten klinisch auffällig, bedürfen sie ebenfalls einer Therapie. Hierzu gibt es jedoch kaum Empfehlungen aus der Literatur.

3.4.2.1.1 *Wafer procedure*

Die *Wafer procedure* wurde erstmals 1992 von Feldon et al. zunächst als offenes Verfahren beschrieben. Es handelt sich um eine Verkürzung von ca. 2 bis 4 mm des distalen Ulnakopfes [3]. Heutzutage wird der Eingriff meist im Rahmen der Handgelenksarthroskopie durchgeführt und kann gute postoperative Ergebnisse vorweisen [33–35]. Limitierend für das arthroskopische Vorgehen ist die Resektionslänge der Ulna. Um die Integrität des DRUG nicht zu stören, sollten maximal 3 bis 4 mm der Ulna arthroskopisch reseziert werden [3].

Colantoni et al. empfehlen die Methode Patienten, bei denen durch konservatives Vorgehen keine Besserung der Symptomatik erzielt werden konnte und die eine positive Ulnavarianz von maximal 3 mm mit begleitender TFCC-Läsionen aufweisen [34].

Vorteile der *Wafer procedure* sind, im Vergleich zu extraartikulären Vorgehen, das fehlende Risiko von Pseudarthrosen und Implantatkomplikationen. Zudem kann neben der optimalen Beurteilung der Strukturen, im gleichen Eingriff die Behandlung erfolgen, ohne eine weitere Operation mit größerer Narbe am Unterarm durchführen

Kapitel 3. Einleitung

zu müssen. Wichtig ist hier, bereits intraoperativ Röntgenaufnahmen anzufertigen um das Ausmaß der Kürzung zu dokumentieren sowie darauf zu achten, die proximale Insertion des TFCC nicht zu zerstören. [35].



Abbildung 3.7: postoperatives Röntgenbild nach arthroskopischer *Wafer procedure*

3.4.2.2 Ulnaverkürzungsosteotomie

Bei der Ulnaverkürzungsosteotomie handelt es sich um ein extraartikuläres Verfahren, bei dem meist im distalen Schaftbereich der Ulna eine Knochenscheibe entfernt wird. Die Dicke der Scheibe wird zuvor anhand der Ulnavarianz festgelegt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass das DRUG unberührt bleibt und die Integrität nicht gestört wird [13].

Indikation zur Ulnaverkürzungsosteotomie besteht bei ausgeprägter positiver Ulnavari-

Kapitel 3. Einleitung

anz von über 2 mm, nach posttraumatischer Radiusverkürzung, bei der Madelungdeformität oder bei persistierenden Beschwerden nach arthroskopischer Versorgung [36].

Es können aber auch Fälle geringerer Varianz operationspflichtig sein, wenn zum Beispiel die Elle dynamisch impaktiert (sog. *Ulna-pistonage-syndrome*) [11].

Die Ulnaverkürzungsosteotomie wurde 1941 erstmals von Milch beschrieben. Dieser führte die Ulnaverkürzungsosteotomie mittels Drahtfixation durch. Milch setzte die Methode bei Patienten, die eine Radiusverkürzung mit ulnokarpalen Handgelenksschmerz nach durchgemachter Radiusfraktur aufwiesen, ein [37]. Im Laufe der Zeit entwickelte sich das Vorgehen weiter, Darrow et al. führte das Verfahren statt mit einer Drahtfixation mit einer dynamischen Kompressionsplatte durch [38]. 1993 führten Chun and Palmer die Ulnaverkürzung mit einer Schrägosteotomie mit Fixation durch eine Zugschraube und einer Platte durch. Obwohl in dieser Studie sehr gute postoperative Ergebnisse erreicht werden konnten [2], zeigten andere Studien oftmals Komplikationen, wie Pseudarthrosen oder mechanische Implantatirritationen mit darauffolgenden Sekundäreingriffen [4,6,39]. Um diese typischen Komplikationen zu vermeiden, wurde einerseits die Operationstechnik als auch das Osteosynthesematerial weiterentwickelt.

Der richtige Zugangsweg für die Osteotomie ist umstritten. Es kann ein ulnodorsaler oder ein palmarer Zugang gewählt werden. Bei einem ulnodorsalen Zugang erfolgt die Präparation zwischen dem M. extensor carpi ulnaris und den M. flexor carpi ulnaris. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass der Ramus dorsalis des Nervus ulnaris nicht verletzt wird [40]. 2014 beschrieben Lautenbach et al. bei 19 von 81 Patienten mechanische Irritationen ohne neurologische Auffälligkeiten [40]. Tränkle et al. bevorzugt den palmaren Zugang, als Grund dafür nennt er die bessere Weichteildeckung des Osteosynthesematerials [13].

Um kürzere Konsolidierungszeiten zu erreichen, kann die Wahl zwischen Schräg- und Querosteotomie bedeutend sein. Der Vorteil einer Schrägosteotomie wurde in einer Stu-

Kapitel 3. Einleitung

die von Rayhack et al. untersucht. Durch die größere Kontaktfläche am Osteotomiespalt, konnten kürzere Konsolidierungszeiten erreicht werden [41].

In der Literatur lassen sich zahlreiche, unterschiedliche Platten für die Osteosynthese finden. Am meisten verwendet werden 6- bis 8-Lochplatten [2, 13, 39, 40, 42]. Man verspricht sich von einer langen Platte eine erhöhte Stabilität der Osteotomie und damit die Verminderung des Risikos einer Pseudarthrose [13]. Bei den meist verwendeten Platten für die Ulnaverkürzungsosteotomie handelt es sich um Gleitlochplatten, DC- (dynamic compression) und LCDC-Platten (limited contact dynamic compression) [4, 27, 36, 39, 40, 42].



Abbildung 3.8: postoperative Röntgenbilder nach Ulnaverkürzungsosteotomie mit einer 7-Loch LCDC-Platte (Recos KLS Martin)

Ziel ist es, mit der jeweiligen Platte eine möglichst akurate Osteotomie mit Kompression und ohne Rotationsfehler zu erreichen. Hierzu wurden auch winkelstabile Platten entwickelt, die die Primärstabilität der Osteosynthese weiter verbesserten. Weitere wichtige

Kapitel 3. Einleitung

Verbesserungen waren die Fixierung der Sägelehre auf der Platte und ein Fixieren der Platte auf dem Knochen vor der Osteotomie. Dadurch wurde eine wesentlich präzisere Osteotomie möglich. Die Kompression erfolgt dann, nach Lockern der proximalen Schrauben, gegebenenfalls mit einem hierfür geeigneten Instrumentarium, wodurch regelhaft eine perfekte Reposition erreicht werden kann. Die Pseudarthrose, eine früher häufige Komplikation ist somit zur Rarität geworden. Ebenso quasi eliminiert wurden dadurch fehlerhafte Resektionen bezüglich Länge und Winkel [40, 42].

3.4.2.3 Radiuskorrekturosteotomie

Bei Patienten mit Fehlstellung nach verheilter Radiusfraktur, kann es zur Entwicklung eines Ulna-Impaktions-Syndrom kommen. Die Beschwerden werden durch ein Sintern des Radius mit oder ohne dorsale Abkipfung der Radiusgelenkfläche und dem hieraus resultierenden Ulna-Plus ausgelöst. Bei diesen Patienten ist eine Korrektur der Radiuslänge und gegebenenfalls auch Achse nötig. Ziel ist es, die Radiuslänge wiederherzustellen, um so das Längenverhältnis zur Ulna zu korrigieren. [43]

Für den Eingriff wird meist ein palmarer Zugang gewählt. Nach Ausmessung des Korrekturwinkels erfolgt die Osteotomie im Frakturbereich. Der Osteotomiespalt entspricht dem Korrekturwinkel und wird mit einer palmaren Platte fixiert. Der Osteotomiespalt kann mit Beckenkammspongiosa gefüllt werden. [44]

4 Patienten und Methoden

Für die retrospektive Untersuchung wurden Patienten inkludiert, welche in einem Zeitraum von 2012 bis 2016 mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie oder einer arthroskopischen *Wafer procedure* behandelt wurden. Alle Patienten wurden in der Abteilung für Hand-, Plastische und Ästhetische Chirurgie am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München operiert. Es wurden 30 Ulnaverkürzungsosteotomien und 20 arthroskopische *Wafer procedures* in die Studie eingeschlossen. Die Nachuntersuchung erfolgte nach durchschnittlich einem Jahr postoperativ. Alle Operationen wurden von einem Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie mit Zusatzbezeichnung Handchirurgie, welcher seit 2007 vorwiegend handchirurgisch tätig ist, durchgeführt.

4.1 Patienten

4.1.1 Einschlusskriterien

Alle Patienten wiesen ulnarseitigen Handgelenksschmerz mit einer radiologisch gesicherten positiven Ulnavarianz auf. In der Osteotomiegruppe befanden sich zwei Patienten mit einer Madelungdeformität, fünf Patienten wiesen in der Vergangenheit eine distale Radiusfraktur auf und ein Patient erlitt eine Fraktur des Radius, sowie der Ulna. Bei 21 Fällen handelte es sich um ein idiopathisches Ulna-Impaktions-Syndrom. In der Arthroskopiegruppe wiesen vier Patienten eine distale Radiusfraktur in der Vergangenheit auf und 15 eine angeborene positive Ulnavarianz.

4.1.2 Alter und Geschlecht

In der Osteotomiegruppe waren 23 weibliche und 3 männliche Patienten. Das Durchschnittsalter betrug 39 Jahre. In 13 Fällen war die linke Hand betroffen, in 9 die rechte und in 4 Fällen beide Hände. Bei 10 Patienten handelte es sich um die dominante Seite. In der Athroskopiegruppe waren 9 weibliche und 10 männliche Patienten. Hier betrug das durchschnittliche Alter 52. In 11 Fällen war die linke und in 7 die rechte Hand betroffen. In einem Fall beide. Die dominante Seite war bei 10 Patienten betroffen.

4.1.3 Erfassung der Daten

Die Auswahl und die Erfassung der Daten der Patienten erfolgte nach Durchsicht der Operationsbücher und mit Hilfe des klinischen Arbeitsplatzsystems (KAS). Die Röntgenbilder der Patienten wurden aus dem digitalen Archiv der Klinik entliehen. Hier wurden entsprechende Messungen, beispielsweise zur Ermittlung der Ulnavarianz, durchgeführt. Die ermittelten Patienten wurden telefonisch kontaktiert und für die Untersuchungen einbestellt.

4.2 Methoden

4.2.1 Präoperative Vorbereitung und Therapieauswahl

Zur Diagnostik und Behandlung eines Ulna-Impaktions-Syndroms wurde der zuvor neu eingeführte abteilungsinterne Algorithmus verwendet (siehe Abb. 4.1). Alle Patienten durchliefen diesen Algorithmus. Der präoperative diagnostische Teil bestand aus der klinischen und radiologischen Untersuchung. Bei dem Großteil der Patienten war neben dem ulnarseitigen Handgelenksschmerz, auch eine lokale Schwellung zu beobachten. Bei klinischem Verdacht auf ein Ulna-Impaktions-Syndrom wurde zunächst ein Röntgenbild posterior-anterior und lateraler Projektion angefertigt, der Arm war hier-

Kapitel 4. Patienten und Methoden

bei in 90 Grad Abduktionsstellung gelagert. Die Röntgenuntersuchung diente zur Messung der Ulnavarianz. Zur Beurteilung des intraartikulären Schadens erfolgte eine MRT-Untersuchung, hier zeigten sich Befunde wie Zysten oder ein Lunatumödem. Um den TFCC nach Palmer zu bewerten, erfolgte zur abschließenden Diagnostik eine Handgelenksarthroskopie.

Diese diagnostischen Schritte führten zur Entscheidung, ob eine arthroskopische *Wafer procedure*, eine Ulnaverkürzungsosteotomie oder eine Korrektur der Radiusstellung indiziert war. Zeigte die diagnostische Arthroskopie ein Palmer Stadium unter 2C, mit oder ohne einer Ulnavarianz kleiner gleich 4 mm, wurde eine Wafer Procedure in gleicher Sitzung durchgeführt. Patienten mit einem Palmer Stadium kleiner gleich 2C, mit oder ohne einer Ulnavarianz über 4 mm, wurden mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie behandelt.

Vor dem operativen Eingriff füllten die Patienten den DASH Fragebogen (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*) aus. Außerdem wurde ihr Schmerzempfinden auf der *Visual analogue scale* (VAS) für Schmerz dokumentiert und die Bewegungsfreiheiten (ROM) und die Griffstärke im Vergleich zur Gegenseite untersucht.

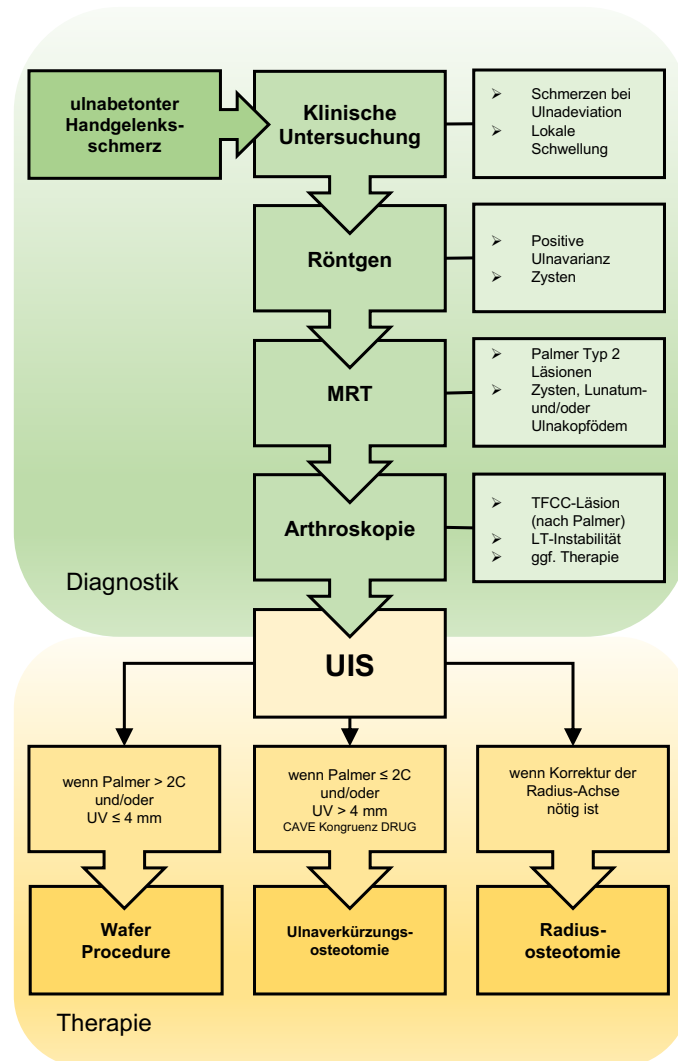


Abbildung 4.1: Behandlungsalgorithmus

4.2.2 Operationstechnik

4.2.2.1 Ulnaverkürzungsosteotomie

Alle Ulnaverkürzungsosteotomien wurden durch einen Handchirurgen durchgeführt. Hierbei wurde die KLS Martin Recos Platte verwendet.

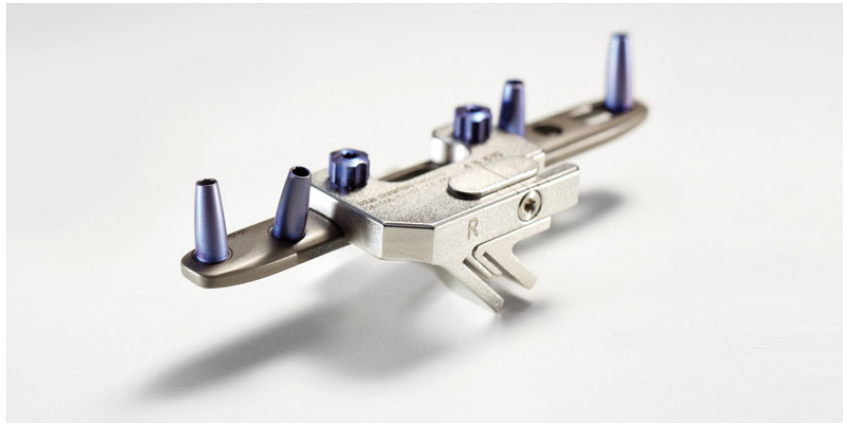


Abbildung 4.2: Ulnaverkürzungsosteotomieplatte Recos von KLS Martin mit Sägelehre: Brückenplatte mit Freischnitt im Osteotomiebereich

In Blutleere und nach Gabe einer Single-Shot-Antibiose erfolgte der Hautschnitt im Bereich des distalen Unterarms. Es wurde ein ulnopalmarer Zugang gewählt. Bei der schichtweisen Präparation durch die Muskelfaszie und den M. pronator quadratus, wurde auf die Schonung des Periosteum geachtet.

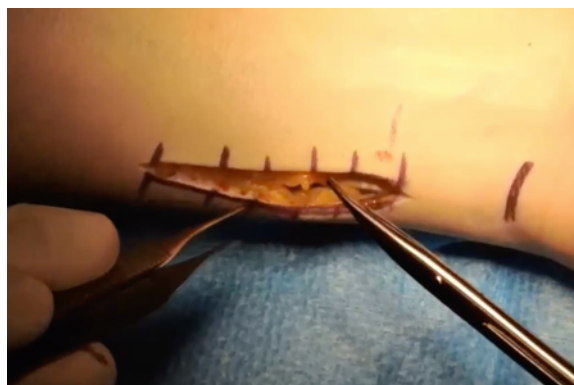


Abbildung 4.3: ulnopalmarer Zugang im Bereich des distalen Unterarms

Kapitel 4. Patienten und Methoden

Die 7-Loch-Platte wurde 2-3 cm proximal des Ulnaköpfchens platziert und anschließend nach individueller Längenbestimmung mit den 4 vorbereiteten Bohrhülsen fixiert.



Abbildung 4.4: Platzieren der Platte

Daraufhin wurde die exakte Breite der vorzunehmenden Verkürzung in der Sägelehre eingestellt. Diese wurde montiert und es erfolgte die Osteotomie mit der Säge unter stetiger Kühlung.

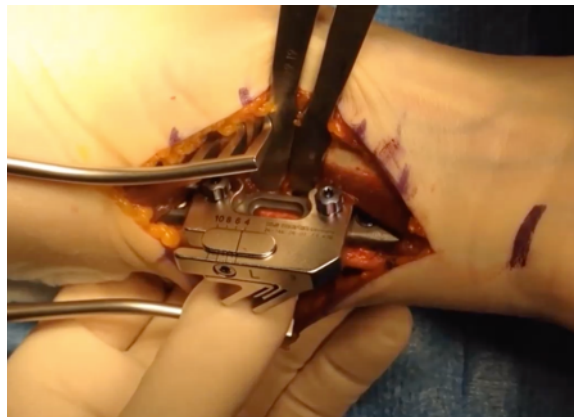


Abbildung 4.5: Platzieren der Sägelehre und Einstellen der Verkürzungsbreite

Nachdem die Knochenscheibe entfernt wurde, erfolgte nach Eröffnung der proximalen Schrauben die Kompression des Knochenspaltes durch die Kompressionszange.

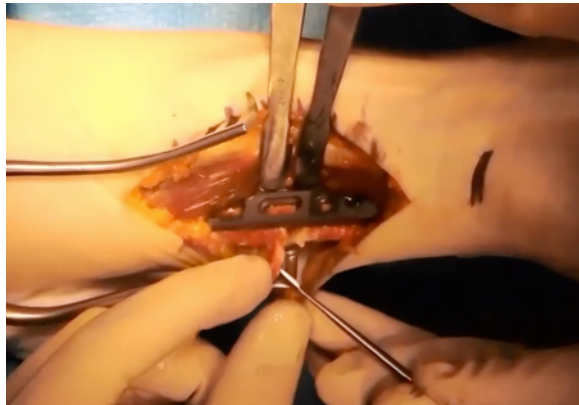


Abbildung 4.6: Entfernen des Knochenspans und Kompression mit der Zange

Eine Zugschraube fixierte die vorgenommene Verkürzung und wurde durch 2 weitere Schrauben ergänzt, alle Schrauben wurden endgültig fixiert.

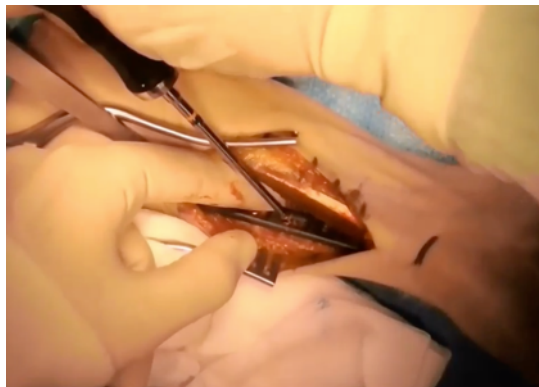


Abbildung 4.7: Fixierung der Verkürzung durch eine Zugschraube

Die korrekte Implantatlage wurde durch ein Röntgenbild kontrolliert. Postoperativ wurde das Handgelenk mit einer Unterarmschiene für 4 Wochen immobilisiert. Nach 2 Wochen wurde mit der Beübung des Handgelenks ohne Gewicht begonnen, nach 6 Wochen mit Gewicht.

4.2.2.2 *Wafer procedure*

Die arthroskopische *Wafer procedure* wurde durch den gleichen Handchirurg durchgeführt. Der Eingriff erfolgte in axillärer Plexus-Brachialis-Blockade oder Vollnarkose. Nach Anlage einer Blutsperrung wurde der betroffene Arm abduziert und ca. 90 Grad flektiert im Aushang durch einen Mädchenfänger gelagert. Zusätzlich wurde ein Extensionsgewicht am Oberarm angebracht.

Das 3-4 Portal, welches sich zwischen 3. und 4. Strecksehnenfach befindet, und das 6R Portal, zwischen M. extensor digiti minimi und M. extensor carpi ulnaris, wurden präpariert. Begonnen wurde mit der Inspektion von radial nach ulnar. Nach der Inspektion wurde dorsal die Synovitis geshaved und es erfolgte die Arthrolyse des ulnaren Kompartiments des Handgelenks. Nach der Untersuchung und der Klassifikation des TFCC nach Palmer wurde der Knorpel debridiert. Die finale Resektion des Ulnaköpfchens erfolgte mittels Shaver während Pronation und Supination des Handgelenks. Abschließend erfolgte die radiologische Kontrolle des Operationsergebnis.

Die Arthroskopieportale wurden durch Einzelknopfnähte verschlossen und ein elastischer Verband angelegt. Alle Befunde wurden digital in einer internen Datenbank dokumentiert.

Postoperativ erfolgte die sofortige Mobilisation und schmerzbedingte Beübung des Handgelenks.

4.2.3 Postoperative Nachuntersuchung

Die postoperative Nachuntersuchung wurde im Durchschnitt nach einem Jahr durchgeführt. Ein postoperatives Röntgenbild wurde angefertigt, sowie, wenn klinisch indiziert, eine MRT-Untersuchung mit Kontrastmittel. Die Patienten wurden erneut gebeten den DASH Fragebogen (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand*) und die *Visual ana-*

Kapitel 4. Patienten und Methoden

logue scale (VAS) für Schmerz auszufüllen. Zusätzlich wurden die Bewegungsfreiheiten (ROM, *Range of motion*) und die Griffstärke im Vergleich zur Gegenseite gemessen.

4.2.4 Statistische Auswertung

Für die Datenerfassung erfolgte die Anfertigung einer Tabelle mit dem Programm Microsoft Office Excel 2010 (Firma Microsoft, Seattle, USA). Mittelwerte und Standardabweichungen wurden mit Hilfe der Excel-Tabelle ermittelt. Für die Auswertung der Ergebnisse innerhalb der Kohorten wurde der nichtparametrische Wilcoxon Rangsummentest für verbundene Stichproben verwendet. Um die beiden Gruppen miteinander zu vergleichen wurde der exakte Test nach Fisher verwendet.

5 Ergebnisse

5.1 Anzahl der durchgeführten Operationen

In einem Zeitraum von 2009 bis 2016 wurden 30 Ulnaverkürzungsosteotomien durchgeführt. Von 2012 bis 2016 wurden 20 arthroskopische *Wafer procedures* durchgeführt.

5.2 Alters- und Geschlechterverteilung

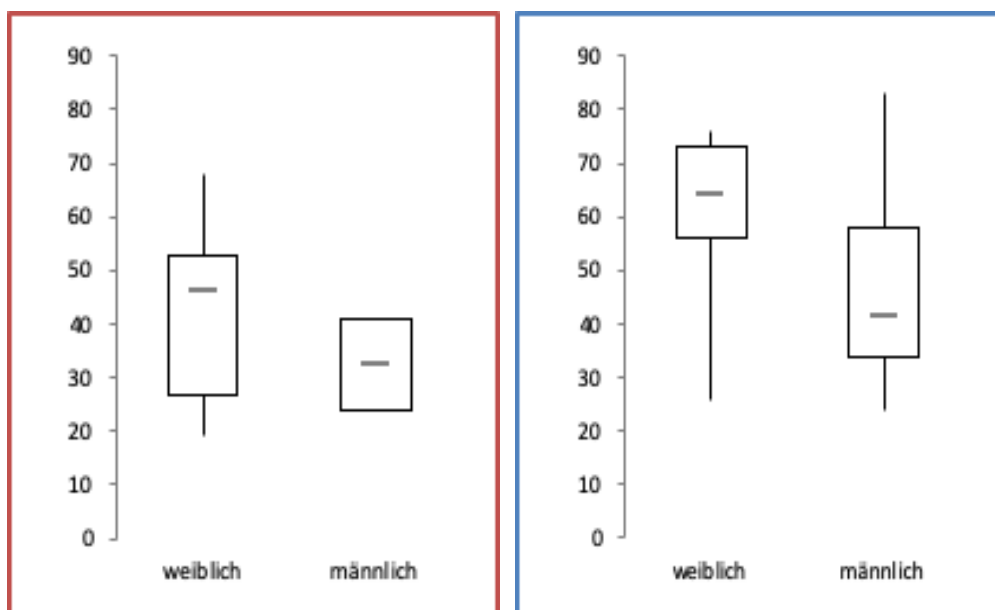


Abbildung 5.1: Geschlechter- und Altersverteilung bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

Kapitel 5. Ergebnisse

In der Gruppe der Ulnaverkürzungsosteotomien befanden sich 23 Frauen und 3 Männer. Das Durchschnittsalter bei den Frauen betrug 37 Jahre und bei den Männern 33 Jahre (rot). In der Gruppe der arthroskopischen *Wafer procedure* befanden sich 9 Frauen und 10 Männer. Hier betrug das Durchschnittsalter der Frauen 60 und das der Männer 46 Jahre (blau).

5.3 Rückkehr in den Beruf

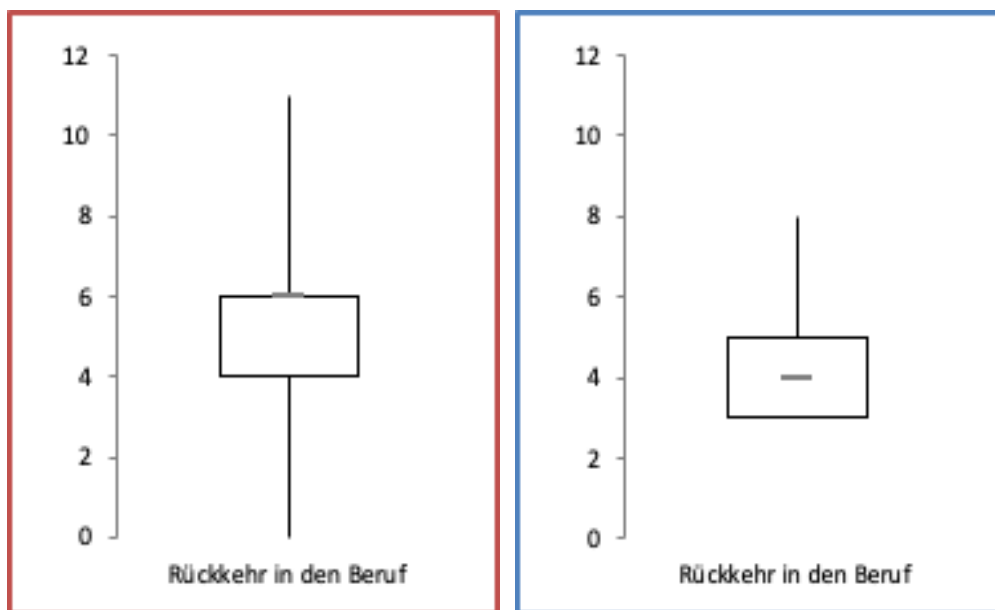


Abbildung 5.2: Anzahl der Wochen bis zur Rückkehr in den Beruf bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

Nach durchschnittlich 6.4 Wochen konnten die Patienten in der Ulnaverkürzungsgruppe wieder zurück in ihren Beruf. In der Arthroskopiegruppe lag der Durchschnittswert bei 4.3 Wochen.

5.4 Klinische Ergebnisse

5.4.1 *Disabilities of Arm, Shoulder and Hand Questionnaire* (DASH-Fragebogen)

Alle Patienten füllten den DASH-Fragebogen prä- und postoperativ aus. Der Bogen umfasst 30 Fragen, welche sich auf die Funktionsfähigkeit und die Symptomatik der vergangenen Woche des Patienten beziehen. Die Bewertung erfolgte anhand einer Fünfer-Skala (von 1 = keine Schwierigkeiten bis 5 = nicht möglich bzw. von 1 = Keine Symptome bis 5 = extreme Beschwerden). [45]

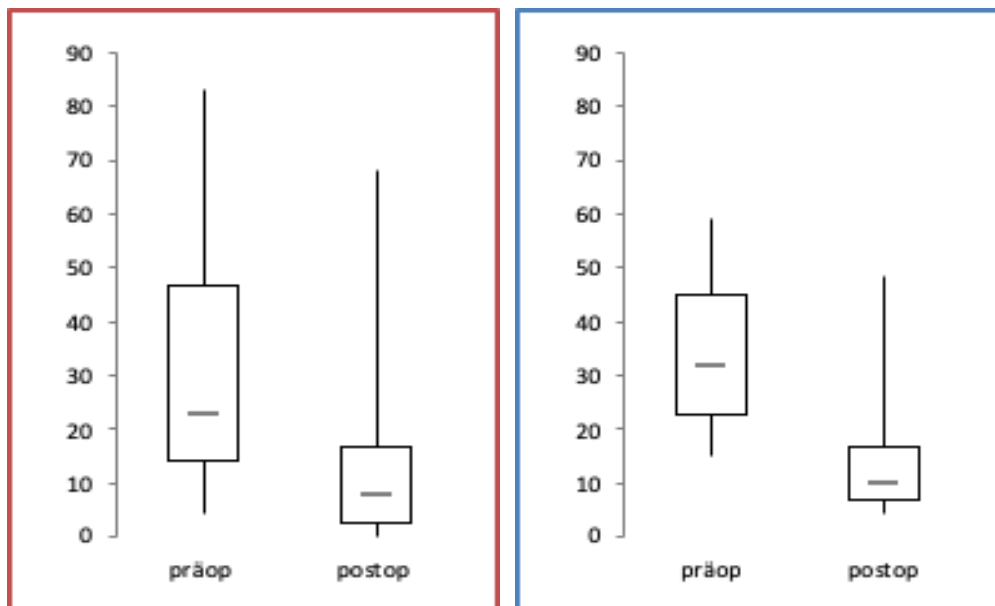


Abbildung 5.3: Prä- und postoperative Ergebnisse des DASH-Fragebogens bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

In der Osteotomiekohorte zeigte sich präoperativ ein DASH-Score von durchschnittlich 30.67 (SD 21.47), postoperativ lag der Wert bei durchschnittlich 36.1 (SD 18.31). In der Arthroskopiegruppe lag der Wert präoperativ durchschnittlich bei 12.47 (SD 15.03) und sank postoperativ auf einen Durchschnittswert von 13.25 (SD 10.12). Innerhalb der Kohorten zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Werte ($p < 0.01$), der Unterschied

zwischen den beiden Gruppen war nicht signifikant.

5.4.2 Visuelle Analogskala für Schmerz

Die visuelle Analogskala ist eine Skala zur Messung von subjektiven Eindrücken. In den meisten Fällen wird sie zur Einschätzung von Schmerz eingesetzt. [46]

Alle Patienten gaben vor und nach dem jeweiligen Eingriff ihr Schmerzempfinden der betroffenen Hand in Ruhe und in Bewegung an, wobei der Wert 0 keinem Schmerz und der Wert 10 dem am schlimmsten vorstellbaren Schmerz entsprach.

5.4.2.1 VAS in Ruhe

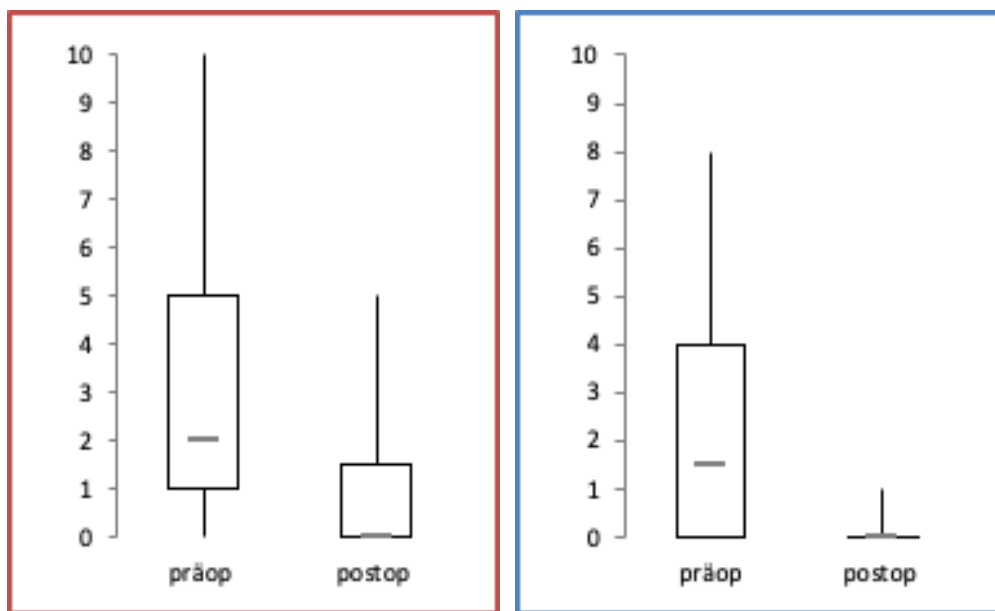


Abbildung 5.4: Prä- und postoperative Ergebnisse der Visuellen Analogskala für Schmerz in Ruhe bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

In der Osteotomiegruppe ergab der VAS in Ruhe prä- und postoperativ durchschnittliche Werte von 3.46 (SD 2.97), beziehungsweise 0.7 (SD 1.19). Der VAS in Ruhe in der

Kapitel 5. Ergebnisse

Arthroskopiegruppe ergab präoperativ einen Durchschnittswert von 2.3 (SD 2.6) und postoperativ 0.25 (SD 0.44).

5.4.2.2 VAS in Bewegung

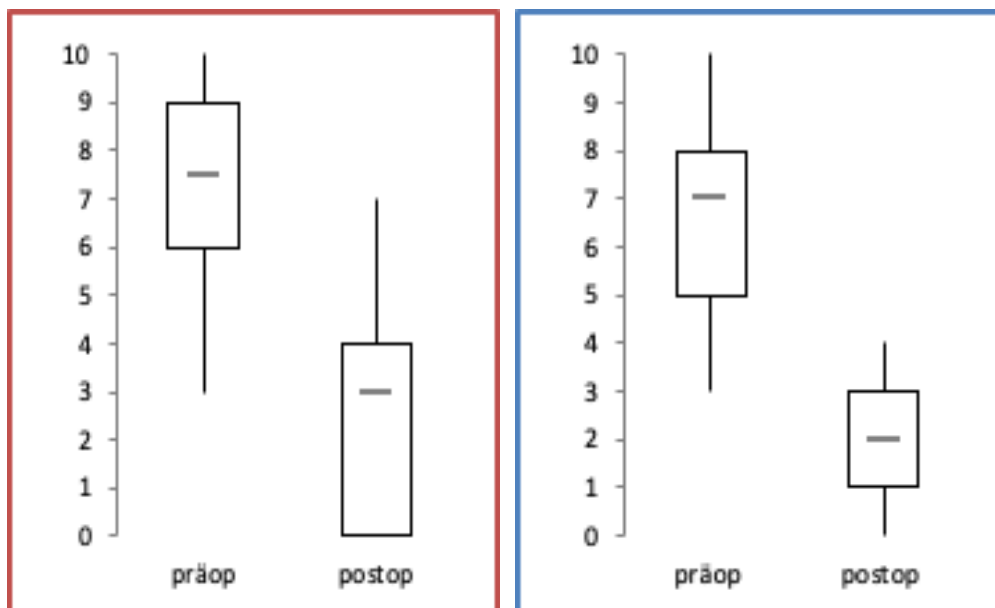


Abbildung 5.5: Prä- und postoperative Ergebnisse der Visuellen Analogskala für Schmerz in Bewegung bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

In der Osteotomiegruppe ergab der VAS in Bewegung prä- und postoperativ durchschnittliche Werte von 6.6 (SD 2.04), beziehungsweise 2.04 (SD 2.07; $p < 0.01$). Der VAS in Bewegung in der Arthroskopiegruppe ergab präoperativ einen Durchschnittswert von 6.65 (SD 1.81) und postoperativ 2.1 (SD 1.12; $p < 0.01$).

Bei der Untersuchung des Schmerzes zeigten sich zwischen den beiden Vorgehen kein signifikanter Unterschied.

5.4.3 Greif- und Druckkraft

5.4.3.1 *Power Grip* (JAMAR)

Zur Messung der Griffstärke wurde ein JAMAR Dynamometer benutzt. Die Werte wurden in Kilogramm (kg) dokumentiert. Der Patient führte den Versuch drei mal pro Hand mit Maximalkraft aus. Der Mittelwert der drei Werte wurde dokumentiert und ausgewertet.

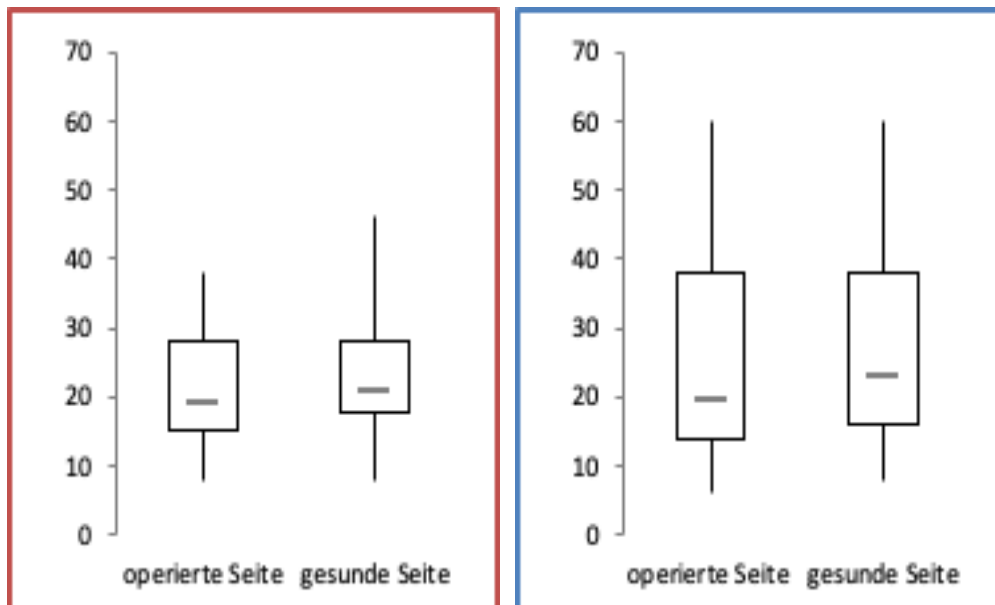


Abbildung 5.6: *Power Grip* der operierten Seite im Vergleich zur der gesunden Seite bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

In der Osteotomiegruppe zeigte sich 1 Jahr postoperativ ein Wert von 21.16 kg (SD 8.58) auf der operierten Seite und 23.35 kg (SD 8.62) auf der gesunden Seite. In der Arthroskopiegruppe zeigte die operierte Seite einen durchschnittlichen Wert von 26.85 kg (SD 15.66) und die gesunde Seite einen Wert von 28.95 kg (SD 15.6).

5.4.3.2 Kraftmessung im Schlüsselgriff (*key pinch*)

Zur Beurteilung der Kraft im Schlüsselgriff wurde ein *key pinch*-Messgerät benutzt. Die Werte wurden in Kilogramm (kg) dokumentiert. Der Patient führte den Versuch drei mal pro Hand mit Maximalkraft aus. Der Mittelwert der drei Werte wurde dokumentiert und ausgewertet.

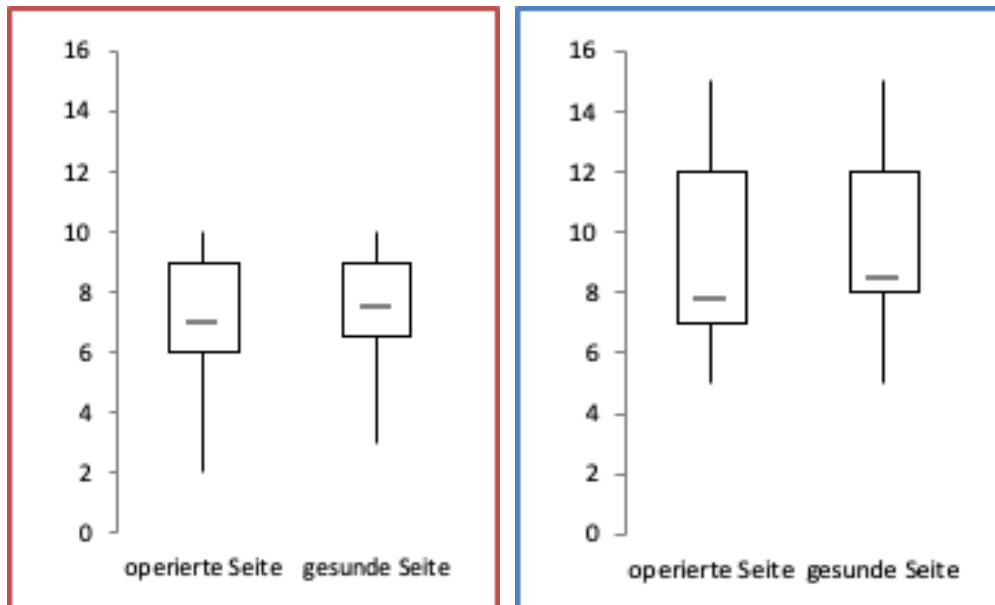


Abbildung 5.7: *Key pinch* der operierten Seite im Vergleich zu der gesunden Seite bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

In der Osteotomiegruppe zeigte sich ein postoperativer Wert von 7.02 kg (SD 2.25) auf der operierten Seite und 7.56 kg (SD 1.79) auf der gesunden Seite. In der Arthroskopiegruppe zeigte die operierte Seite einen durchschnittlichen Wert von 9.65 kg (SD 3.28) und die gesunde Seite einen Wert von 10.2 (SD 3.15).

5.5 Radiologische und arthroskopische Ergebnisse

5.5.1 Prä- und postoperative Ulnavarianz

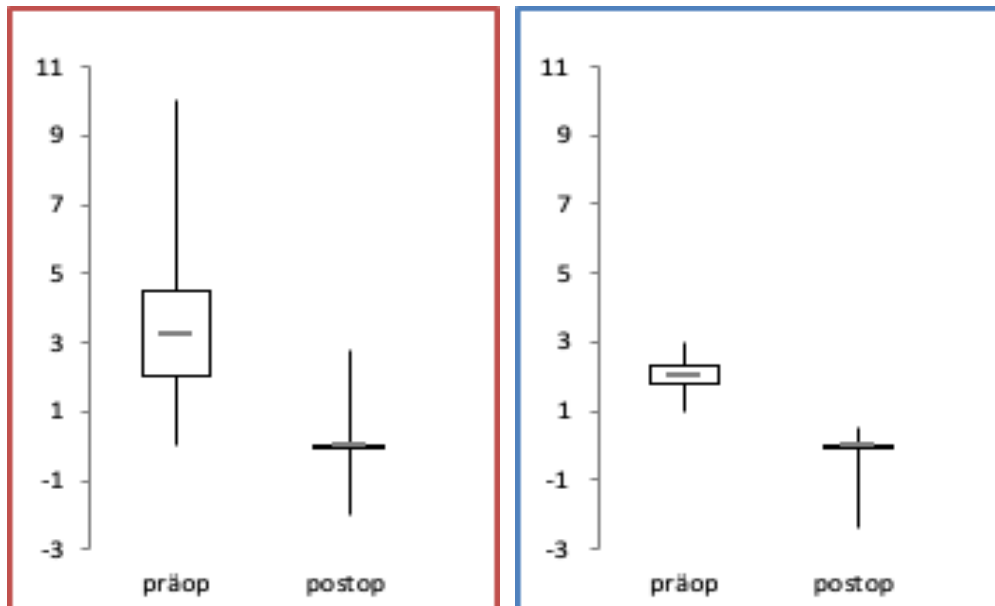


Abbildung 5.8: Prä- und postoperative Ulnavarianz bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

Die prä- und postoperative Ulnavarianz wurde anhand von Röntgenbildern in posterior-anteriorer und lateraler Projektion, mit dem Arm in 90 Grad Abduktion, ausgemessen. Die Ulnaverkürzungsgruppe zeigte eine höhere durchschnittliche präoperative Ulnavarianz mit 3.3 mm (SD 2.09), als die Arthroskopiegruppe mit durchschnittlichen Werten von 2.1 mm (SD 0.55). Postoperativ zeigten beide die gleiche durchschnittliche Ulnavarianz von - 0.2 mm (UVO: SD 0.97, Wafer: SD 0.59).

5.5.2 Geplante und erzielte Ulnaverkürzung

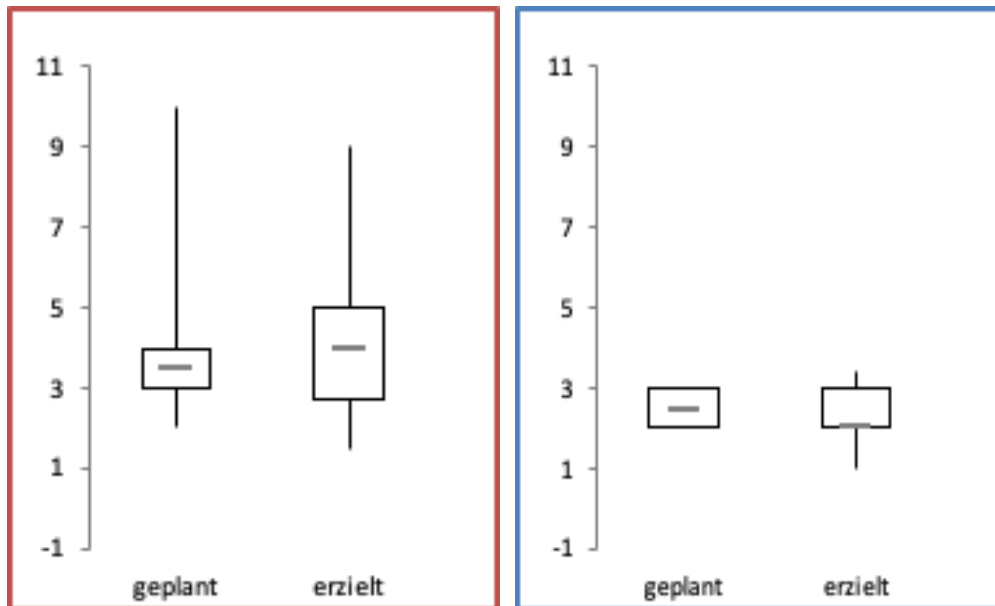


Abbildung 5.9: Geplante und erzielte Ulnaverkürzung bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

Die durchschnittlich geplante Verkürzung in der UVO-Gruppe betrug 3.7 mm, postoperativ wurden im Durchschnitt 4 mm erzielt. In der *Wafer procedure*-Gruppe waren durchschnittlich 2.45 mm geplant und es wurden 2.26 mm Verkürzung erzielt. Im Vergleich zum arthroskopischen Vorgehen wurde durchschnittlich eine größere Knochenscheibe bei der Osteotomie entfernt.

5.5.3 Arthroskopische Einteilung der degenerativen Veränderung des TFCC nach Palmer

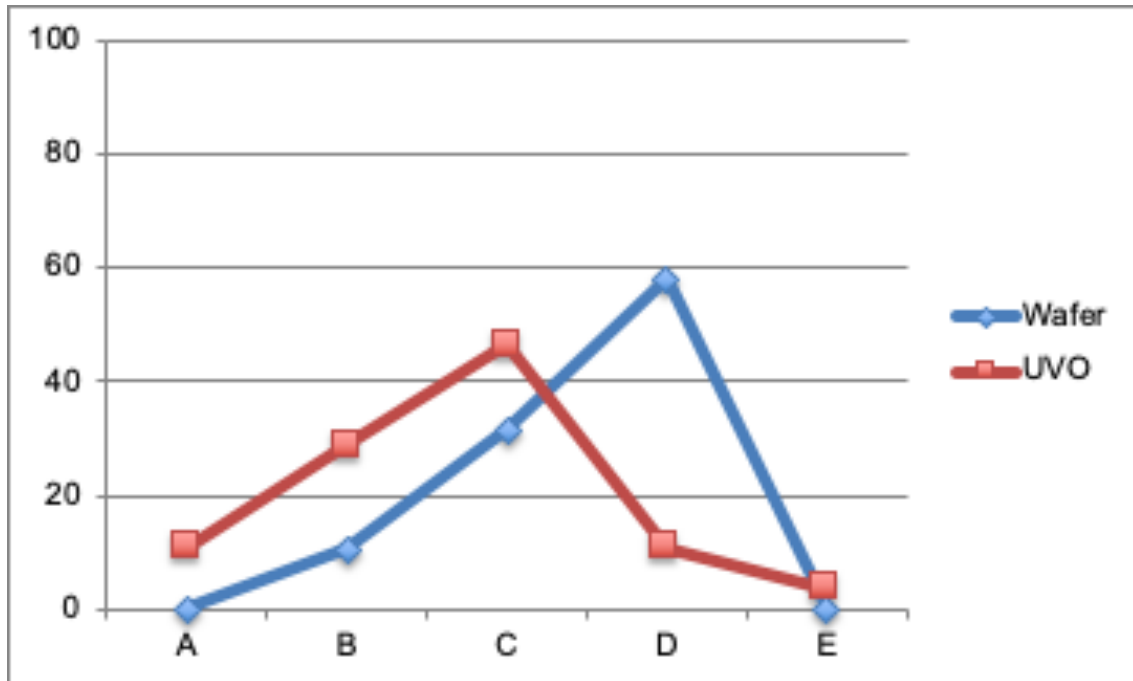


Abbildung 5.10: Präoperative Einteilung der TFCC-Läsion durch Arthroscopie bei der UVO-Gruppe (rot) und der *Wafer*-Gruppe (blau)

Präoperativ wurden die TFCC-Läsionen, welche in der Arthroscopie gesehen wurden, nach Palmer 2A-E klassifiziert. Die Ulnaverkürzungsgruppe zeigte den größten Anteil mit 46.4% bei Palmer Typ 2C, wohingegen die Arthroscopiegruppe mit 57.9% den größten Anteil bei Palmer Typ 2D aufzeigte.

5.6 Komplikationen

In unserer Studie zeigten sich keine Pseudarthrosen oder Knochenheilungsstörungen in der Gruppe der Ulnaverkürzungsosteotomie. Bei 12 Patienten wurde, aufgrund von mechanischer Irritation oder Unbehagen, die Platte in einem Sekundäreingriff entfernt. In der Kohorte der *Wafer procedure* wurde bei einem Patienten eine erneute Arthroskopie bei persistierenden Schmerzen durchgeführt. Hier zeigte sich ein störender, vorstehender Processus styloideus ulnae. Nach dem zweiten Eingriff zeigte sich der Patient beschwerdefrei.

6 Diskussion

Die Ulnaverkürzungsosteotomie und die arthroskopische *Wafer procedure* sind effektive Behandlungsmethoden, um ulnarseitigen Handgelenksschmerz bei Ulna-Impaktions-Syndrom zu therapieren.

Die Nachuntersuchung zeigt, dass durch beide Therapiemöglichkeiten reproduzierbar gute Ergebnisse erreicht werden können.

Da es sich bei den Patienten, die an einem Ulna-Impaktions-Syndrom leiden, um ein heterogenes Patientengut handelt, ist die Auswahl der richtigen Therapie entscheidend. Durch die Erarbeitung eines Algorithmus ist es möglich, die optimale Therapie für den Patienten, anhand klinischer, radiologischer und arthroskopischer Befunde auszuwählen.

Der von uns erstellte Algorithmus (Abb 4.1) war der Leitfaden für unsere Diagnose- und Therapiefindung und wurde von beiden Patientengruppen durchlaufen.

Grundsätzlich werden bei ulnokarpalen Handgelenksschmerz und klinischem Verdacht auf ein Ulna-Impaktions-Syndrom bei allen Patienten Röntgenaufnahmen beider Handgelenke in 2 Ebenen angefertigt [19, 35, 42].

Eine MRT-Untersuchung des betroffenen Handgelenks mit Kontrastmittel wurde präoperativ in unserer Studie bei allen Patienten durchgeführt, um den TFCC, das Os lunatum und das LT-Band, sowie anderweitige mögliche Pathologien zu beurteilen. In der

Kapitel 6. Diskussion

Literatur gehört eine MRT-Untersuchung nicht zum präoperativen Standard [42]. Umstritten ist hierbei, welchen Vorteil eine MRT-Untersuchung für die weitere Behandlung hat. Laut Sachar sind subchondrale Knochenmarksödeme frühe Veränderungen eines UIS, welche in MRT-Bildern früher als in Röntgenbildern erfasst werden können [15].

Auch die diagnostische Arthroskopie wird in der Literatur nicht standardmäßig durchgeführt. Traenkle et al. verzichten auf eine Arthroskopie, bei klinisch und radiologisch gesichertem UIS und einer Ulnavarianz von mehr als zwei Millimetern und stellen die Indikation zur Ulnaverkürzungsosteotomie [13].

Aus unserer Sicht hat die Arthroskopie den Vorteil, dass hier die Diagnose sicher bestätigt oder verworfen werden kann. Bei schweren TFCC-Zerstörungen mit arthrotischen Veränderungen des Ellenkopfes (Palmer Stadium 2D und 2E), kann in gleicher Sitzung die arthroskopische *Wafer procedure* durchgeführt werden. Zeigt sich das ulnocarpale Gelenk weitgehend erhalten, kann eine offene Ulnaverkürzungsosteotomie durchgeführt werden.

Welche Therapie für welchen Patienten die richtige ist, ist umstritten. In vielen Studien ist für die Therapieentscheidung eine Kombination aus Klinik und Ausprägung der Ulna-plus-Variante entscheidend [13].

Die Ulnaverkürzungsosteotomie bietet die Möglichkeit der umfangreicheren Verkürzung im Vergleich zur arthroskopischen Methode. Betrachtet man in unserer Studie die prä- und postoperative Ulnavarianz, zeigte sich in der Gruppe der Ulnaverkürzungsosteotomie durchschnittlich eine höhere Ulnavarianz. Postoperativ lag in beiden Gruppen die Ulnavarianz bei - 0.2 mm.

Vergleicht man in der Literatur die durchgeführten Verkürzungen, wird auch hier deutlich, dass bei der Ulnaverkürzungsosteotomie deutlich größere Teile des Knochens entfernt werden, beispielsweise liegt bei Traenkle et al. die durchschnittliche Verkürzung

Kapitel 6. Diskussion

bei 4.5 mm [13]. Bei Constantine et al. liegt die durchschnittliche Verkürzung bei der Ulnaverkürzungsosteotomie bei durchschnittlich 3.0 mm und bei der *Wafer procedure* bei 2.0 mm [35]. Eine ausgeprägte Resektion am Ulnakopf bei der arthroskopischen *Wafer procedure* wäre technisch zwar möglich, sollte jedoch vermieden werden, da sie zu einer Störung des DRUG führen könnte [31]. Entscheidend für Loftus ist hingegen nicht die Menge des zu resezierenden Knochenanteils, sondern der Zustand des TFCC. Er empfiehlt Patienten mit einer TFCC-Läsion im Stadium 2A und 2B eine Ulnaverkürzungsosteotomie [33].

In unserer Studie war einerseits die Ulnavarianz, als auch der Zustand des TFCC maßgebend für die Auswahl der richtigen Therapie. Bei Patienten mit einer Ulnavarianz von mehr als 2 mm und einem milden Palmer Stadium wurde eine Ulnaverkürzungsosteotomie durchgeführt. So wies die Gesamtheit der Patienten klinisch einen ulnocarpalen Handgelenksschmerz auf, zeigten aber in der weiterführenden Diagnostik verschiedene Befunde. Folglich lässt sich in dieser Studie die Austauschbarkeit der beiden Behandlungsmethoden nicht beurteilen. Vereinfacht lässt sich sagen, dass der genutzte Algorithmus bei stark degenerativen Situationen und mäßiger Ulnavarianz eine arthroskopische Therapie empfiehlt. Diese Situation fanden wir häufiger bei älteren Patienten. Bei geringerer Degeneration und bei ausgeprägter Varianz wird eine Osteotomie bevorzugt. Diese Befunde waren eher bei jüngeren Patienten zu finden.

Vielbeschriebene Komplikationen der Ulnaverkürzungsosteotomie sind Knochenheilungsstörungen und Irritationen durch die Platte mit anschließenden Sekundäreingriffen [4, 6, 39].

In unserer Studie zeigten sich keine Pseudarthrosen in der Gruppe der Ulnaverkürzungsosteotomie. Bei 12 Patienten wurde, aufgrund von mechanischer Irritation oder Unbehagen, die Platte in einem zweiten Eingriff entfernt. Chen et al. erzielte mit einer Kompressionshilfe ähnliche Ergebnisse. Bei insgesamt 18 Patienten wurde keine

Kapitel 6. Diskussion

ausbleibende Knochenheilung oder Infektion beschrieben. Jedoch war bei 8 Patienten eine Entfernung der Platte bei Irritation nötig [42]. In einer Studie mit 29 Patienten von Tränkle et al. zeigten sich postoperativ bei 3 Patienten Pseudarthrosen. Bei allen Patienten wurde eine Ulnaverkürzungsosteotomie mittels Schrägosteotomie mit 7-Lochplatte und Zugschraube durchgeführt [13].

Komplikationen bei der arthroskopischen *Wafer procedure* werden nur selten beschrieben. De Smet et al. beschrieb in einer Studie mit 129 Handgelenksarthroskopien 2 Fälle mit oberflächlichen Infektionen oder Sehnenruptur durch Kirschnerdrähte [32]. In unserer Kohorte war bei einem Patienten eine zweite Arthroskopie aufgrund eines störenden, vorstehenden Processus styloideus ulnae nötig. Loftus beschrieb die unzureichende Resektion des Ulnakopfes, welche einen Zweiteingriff erforderlich macht, wenn auch nicht als „echte“ Komplikation, als Nachteil des arthroskopischen Vorgehens [33].

Trotz der im Vergleich höheren Komplikationsrate mit möglichen Sekundäreingriffen bietet die Ulnaverkürzungsosteotomie eine zufriedenstellende und wichtige Therapiemöglichkeit für das Ulna-Impaktions-Syndrom [4, 36, 42].

Die untersuchten Patientengruppen zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen Ulnaverkürzungsosteotomie und arthroskopischer *Wafer procedure* in Bezug auf das klinische Outcome. Innerhalb beider Patientengruppen konnten signifikante Verbesserungen in Bezug auf Funktionsfähigkeit (DASH-Fragebogen) und Schmerz erzielt werden.

Bei der Literaturrecherche konnten nur wenige Studien gefunden werden, die die beiden Eingriffsmöglichkeiten gegenüberstellen.

2000 verglichen Constantine et al. 22 Patienten über einen Zeitraum von 6 Jahren, wobei bei jeweils 11 Patienten eine Ulnaverkürzungsosteotomie oder eine offene *Wafer procedure* durchgeführt wurde. Die Operationen wurden von insgesamt 3 Operateuren

Kapitel 6. Diskussion

durchgeführt. Die postoperativen Ergebnisse zeigten insgesamt ein gutes Outcome für beide Methoden. Zwei Patienten in jeder Gruppe zeigten ein ausreichendes Ergebnis, eine Patientin in der arthroskopischen *Wafer procedure*-Gruppe zeigte ein schlechtes Ergebnis. Jeweils zwei Patienten zeigten ein exzellentes Ergebnis und ein gutes Ergebnis konnte in der UVO-Gruppe bei 7 Patienten und bei 6 Patienten in der Arthroskopiegruppe erzielt werden. [35]

Vandenberghe et al. untersuchten in einer retrospektiven Studie 32 Patienten, von denen 25 Patienten mit einer Ulnaverkürzungsosteotomie und 7 Patienten mit einer arthroskopischen *Wafer procedure* behandelt wurden. In der UVO-Gruppe verbesserte sich der durchschnittliche DASH-Score von 40 auf 25.78 (SD 18.3) und in der *Wafer procedure*-Gruppe von 46 auf 36 (SD 22). Der durchschnittliche Wert auf der VAS für Schmerz lag in der Osteotomiegruppe bei 4.4 (SD1.99) und in der Arthroskopiegruppe bei 4.6 (SD 2.8). [47]

Beide Studien führen an, dass sowohl die Ulnaverkürzungsosteotomie, als auch die *Wafer procedure* (arthroskopisch oder offen) effektive Behandlungsverfahren bei der Therapie eines Ulna-Impaktions-Syndroms sind. In beiden Studien wird die niedrige Patientenzahl nachteilig angegeben. [35,47]

Die Ergebnisse decken sich weitestgehend mit den von uns erhobenen Daten. Im Vergleich ist die Patientenzahl in unserer Studie mit 50 Patienten höher und besonders in der Gruppe der *Wafer procedure* mit 20 Patienten sind die Ergebnisse im Vergleich aussagekräftiger.

In Zukunft sind Studien mit höheren Patientenzahlen nötig, um eine höhere statistische Wertigkeit zu erzielen. Nachdem beide Behandlungsmethoden nachweislich gute Ergebnisse erzielen, sollten, um die Austauschbarkeit der beiden Eingriffe zu beurteilen, Studien erfolgen, bei denen Patienten mit ähnlicher Ulnavarianz verglichen werden.

7 Zusammenfassung

Das Ulna-Impaktions-Syndrom ist eine degenerative Veränderung des ulnarseitigen Anteils des Handgelenks, welche mit einer positiven Ulnavarianz einhergeht.

Diese Studie vergleicht das Outcome der Ulnaverkürzungsosteotomie mit der arthroskopischen *Wafer procedure*.

Wir untersuchten 30 Ulnaverkürzungsosteotomien und 20 arthroskopische *Wafer procedure* über einen Zeitraum von 7 Jahren. Der diagnostische Teil bestand aus klinischer und radiologischer Untersuchung. Röntgen- und MRT-Aufnahmen wurde angefertigt um die Ulnavarianz und den intraartikulären Schaden zu bestimmen. Die Beurteilung des TFCC durch eine Handgelenksarthroskopie komplettierte die Diagnostik.

Innerhalb der Kohorten wurden Verbesserungen in Bezug auf den DASH-Score und auf die VAS für Schmerz erreicht. Nach durchschnittlich 6.4 Wochen konnten die Patienten der Osteotomiegruppe ihrem Beruf nachgehen, in der Gruppe der Arthroskopie lag der Wert bei 4.3 Wochen. Die Unterschiede zwischen den beiden Kohorten war statistisch nicht signifikant.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass sowohl die Ulnaverkürzungsosteotomie, als auch die arthroskopische *Wafer procedure* beide zufriedenstellende Ergebnisse erzielen in der Behandlung von Patienten mit einem Ulna-Impaktions-Syndrom. Wichtig wäre es in weiteren Studien mit größeren Patientenkollektiven die beiden Vorgehen weiter zu untersuchen und deren mögliche Austauschbarkeit zu eruieren.

8 Literaturverzeichnis

- [1] S.L. Friedmann, A.K. Palmer, and W.H. Short et al. The ulnar impaction syndrome. *Hand Clin*, 7(2):p. 295–310, 1991.
- [2] S. Chun and A.K. Palmer. The ulnar impaction syndrome: follow-up of ulnar shortening osteotomy. *J Hand Surg Am*, 18(1):p. 46–53, 1993.
- [3] P. Feldon, A.L. Terrono, and M.R. Belsky. Wafer distal ulna resection for triangular fibrocartilage tears and/or ulna impaction syndrome. *J Hand Surg Am*, 17(4):p. 731–7, 1992.
- [4] A. Moermans, I. Degreef, and L. De Smet. Ulnar shortening osteotomy for ulnar ideopathic impaction syndrome. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 41(6):p. 310–4, 2007.
- [5] F.W. Werner et al. Force transmission through the distal radioulnar carpal joint: effect of ulnar lengthening and shortening. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 18(5):p. 304–8, 1986.
- [6] S. Luria, A.J. Lauder, and T.E. Trumble. Comparison of ulnar-shortening osteotomy with a new Trimed dynamic compression system versus the Synthes dynamic compression system: clinical study. *J Hand Surg Am*, 33(9):1493–7, 2008.
- [7] T.H. Schiebler, W. Schmidt, and K. Zilles. *Anatomie. Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges. Allgemeine Anatomie des Bewegungsapparates; Schultergürtel und obere Extremität*. Springer Verlag, 1997, 7. Auflage.
- [8] H. Schmidt and U. Lanz. *Chirurgische Anatomie der Hand. Übergang Unterarm-Hohlhand*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1992, 2. Auflage.

8 Literaturverzeichnis

- [9] R. Rabinowitz, T. Light, and R. Havey et al. The role of the interosseus membrane and the triangular fibrocartilage complex in forearm stability. *J Hand Surg*, 19-A:385–393, 1994.
- [10] Schünke, Schulte, and Schumacher et al. *Prometheus*. Thieme, 2014, 4. Auflage.
- [11] S.L. Friedmann, A.K. Palmer, W.H. Short, and et al. The change in ulnar variance with grip. *The Journal of Hand Surgery*, 18A:713–1, 1993.
- [12] R. McBeath, L.I. Katolik, and E.K. Shin. Ulnar shortening osteotomy for ulnar impaction syndrome. *J Hand Surg Am*, 38(2):379–81, 2013.
- [13] M. Tränkle, J. van Schoonhoven, and H. Krimmer et al. Indikation und Ergebnisse der Ulnaverkürzungsosteotomie bei ulnokarpalem Handgelenkschmerz. *Unfallchirurg*, 103:197–202, 2000.
- [14] R. Schmitt and U. Lanz. *Bildgebende Diagnostik an der Hand*. Georg Thieme Verlag, 2004, 2. Auflage.
- [15] K. Sachar. Ulnar-sided wrist pain: Evaluation and treatment of triangular fibrocartilage complex tears, ulnocarpal impaction syndrome, and lunotriquetral ligament tears. *The Journal of Hand Surgery*, 37:1480–500, 07 2012.
- [16] L. De Smet. Ulnar variance: facts and fiction review article. *Acta Orthop Belg.*, 60(1):1–9, 1994.
- [17] H. Hempfling. Die Läsionen des Handgelenksdiskus. Pathologie, Diagnostik und Therapie, volume = 33, year = 2004. *Orthopäde*, pages 657–675.
- [18] S.C. Tay, K. Tomita, and R.A. Berger. The „ulnar fovea sign“ for defining ulnar wrist pain: an analysis of sensitivity and specificity. *J Hand Surg Am*, 32(4):438–44, 2007.
- [19] R Nakamura. Diagnosis of ulnar wrist pain. *Nagoya journal of medical science*, 64:81–91, Dec 2001.
- [20] A.K. Palmer, R.R. Glisson, and F.W. Werner. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Am*, 7(4):376–9, 1982.

8 Literaturverzeichnis

- [21] M. Schuurmann, A. and Maas, P. Dijkstra, and J.M.G Kauer. Ulnar variance and the shape of the lunate bone. A radiological investigation. *Acta orthopaedica Belgica*, 67:464–7, 01 2002.
- [22] S.S. Kristensen, E. Thomassen, and Christensen F. Ulnar variance determination. *J Hand Surg Br*, 11:255–7, 2 1986.
- [23] S. Waldt et al. *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. Thieme, 2011, 1. Auflage.
- [24] T. Imaeda, R. Nakamura, K. Shionoya, and N. Makino. Ulnar impaction syndrome: MR imaging findings. *Radiology*, (201):495–500, 1996.
- [25] M.R. Ritter, D.S. Chand, and Ruch D.S. The role of arthroscopy in the treatment of lunotriquetral ligament injuries. *Hand Clin*, 15(3):445–54, Aug 1999.
- [26] Pillukat T., J. van Schoonhoven, and U. Lanz. Die ulnare Instabilität des Karpus. *Orthopäde*, (33):676–684, 2004.
- [27] K. Beyermann, H. Krimmer, and U. Lanz. TFCC-Läsionen Diagnostik und Therapie. *Orthopäde*, (28):891–898, 1999.
- [28] A.K. Palmer. Triangular fibrocartilage complex lesions: a classification. *J Hand Surg Am*, 14(4):594–606, 1989.
- [29] W. Grechening, N.P. Tesch, and G. Peicha et al. Ulnar-impaction-syndrome. *Eur Surg*, 34(184):46–50, 2002.
- [30] S.M. Fulcher and G.G. Poehling. The role of operative arthroscopy for the diagnosis and treatment of lesions about the distal ulna. *Hand Clin*, 14(2):285.96, May 1998.
- [31] D. Kyle and M.D. Bickel. Arthroscopic treatment of ulnar impaction syndrome. *The Journal of Hand Surgery*, 33(8):1420–1423, October 2008.
- [32] L. De Smet and et al. The value of wrist arthroscopy. an evaluation of 129 cases. *J Hand Surg Br*, 21(2):210–2, 1996.

8 Literaturverzeichnis

- [33] J.B. Loftus. Arthroscopic wafer for ulnar impaction syndrome. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery*, 4(3):182–188, 2000.
- [34] J. Colantoni, C. Chadderdon, and R.G. Gaston. Arthroscopic wafer procedure for ulnar impaction syndrome. *Arthrosc Tech*, 3(1):123–5, Jan 2014.
- [35] K.J. Constantine and et al. Comparison of ulnar shortening osteotomy and the wafer resection procedure as treatment for ulnar impaction syndrome. *J Hand Surg Am*, 25(1):55–60, 2000.
- [36] H.B. Kitzinger, S. Löw, and H. Krimmer. Ulnar shortening osteotomy with a new sliding-hole plate. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery*, 7(3):93–7, Sep 2003.
- [37] H. Milch. Cuff resection of the ulna for malunited Colles' fracture. *J Bone Joint Surg.1941;23:311-313*, 23:311–313, 1941.
- [38] J.C.Jr. Darrow, R.L. Linscheid, and J.H. Dobyns et al. Distal ulnar recession for disorders of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg*, 10:482–491, 1985.
- [39] H.J. Boulas and M.A. Milek. Ulnar shortening for tears of the triangular fibrocartilaginous complex. *J Hand Surg Am*, 15(3):415–20, 1990.
- [40] M. Lautenbach et al. Ulnocarpal impaction syndrome: treatment with a transverse ulnar shortening osteotomy from an ulnodorsal approach. *Arch Orthop Trauma Surg*, 134(6):881–5, 2014.
- [41] J.M. Rayhack et al. Precision oblique osteotomy for shortening of the ulna. *J Hand Surg Am*, 18(5):908–18, 1993.
- [42] N.C. Chen and S.W. Wolfe. Ulna shortening osteotomy using a compression device. *The Journal of Hand Surgery*, 28(1):88–93, Jan 2003.
- [43] K.-J Prommersberger, K. Kalb, and J. Schoonhoven. Die fehlverheilte distale Radiusfraktur - Biomechanik und operative Behandlungsmöglichkeiten. *Handchirurgie Mikrochirurgie Plastische Chirurgie*, 39:9–18, 02 2007.

8 Literaturverzeichnis

- [44] H. Haferkamp. The painful restricted forearm rotation by disorder of the distal radioulnar joint after radial fracture. reconstruction or salvage procedure? *OUP*, 5:244–255, 2014.
- [45] P.L. Hudak, P.C. Amadio, and C. Bombardier. 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*, 30(3):372, Sep 1996.
- [46] D. Delgado, B. Lambert, and P. McCulloch et al. Validation of digital visual analog scale pain scoring with a traditional paper-based visual analog scale in adults. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Global Research and Reviews*, 2, 2018.
- [47] L. Vandenberghe, I. Degreef, K. Didden, A. Moermans, P. Koorneef, and L. Smet. Ulnar shortening or arthroscopic wafer resection for ulnar impaction syndrome. *Acta orthopaedica Belgica*, 78:323–6, 2012.

9 Abbildungsverzeichnis

3.1	Die knöchernen Strukturen des proximalen Handgelenks	9
3.2	Angeborenes Ulna-Impaktions-Syndrom	13
3.3	Erworbenes Ulna-Impaktions-Syndrom	14
3.4	Berechnung der Ulnavarianz nach Gelbermann	17
3.5	MRT-Untersuchung mit Kontrastmittel	18
3.6	Arthroskopie-Befunde	21
3.7	postoperatives Röntgenbild nach arthroskopischer <i>Wafer procedure</i> . . .	24
3.8	postoperative Röntgenbilder nach Ulnaverkürzungsosteotomie mit einer 7-Loch LCDC-Platte (Recos KLS Martin)	26
4.1	Behandlungsalgorithmus	31
4.2	Ulnaverkürzungsplatte Recos mit Sägelehre von KLS Martin	32
4.3	ulnopalmarer Zugang	32
4.4	Platzieren der Platte	33
4.5	Platzieren der Sägelehre und Einstellen der Verkürzungsbreite	33
4.6	Entfernen des Knochenspanns und Kompression mit der Zange	34
4.7	Fixierung der Verkürzung durch eine Zugschraube	34
5.1	Geschlechter- und Altersverteilung bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	37
5.2	Anzahl der Wochen bis zur Rückkehr in den Beruf bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	38
5.3	Prä- und postoperative Ergebniss des DASH-Fragebogens bei der UVO- Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	39
5.4	Prä- und postoperative Ergebnisse der Visuellen Analogskala für Schmerz in Ruhe bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	40

Kapitel 9. Abbildungsverzeichnis

5.5	Prä- und postoperative Ergebnisse der Visuellen Analogskala für Schmerz in Bewegung bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	41
5.6	<i>Power Grip</i> der operierten Seite im Vergleich zur der gesunden Seite bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	42
5.7	<i>Key pinch</i> der operierten Seite im Vergleich zu der gesunden Seite bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	43
5.8	Prä- und postoperative Ulnavarianz bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	44
5.9	Geplante und erzielte Ulnaverkürzung bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	45
5.10	Präoperative Einteilung der TFCC-Läsion durch Arthroskopie bei der UVO-Gruppe (rot) und der <i>Wafer</i> -Gruppe (blau)	46

10 Anhang

10.1 DASH-Fragebogen

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

DER **DASH-Fragebogen**

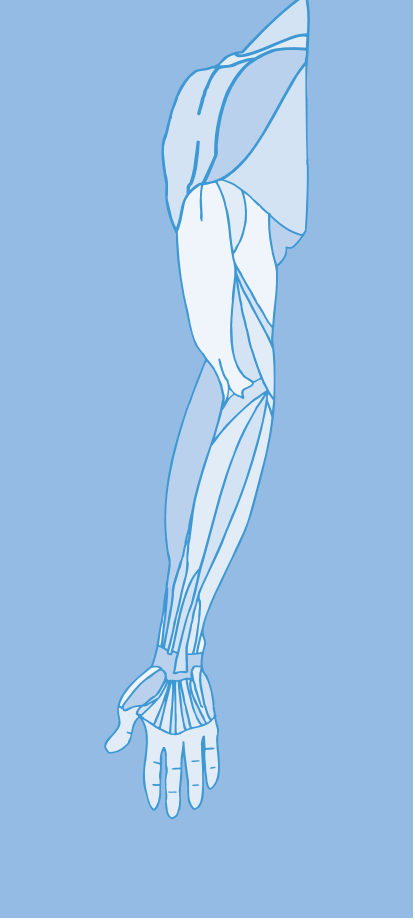
ANLEITUNG

Dieser Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Beschwerden als auch mit Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten Sie *alle Fragen* gemäß Ihrem Zustand in der vergangenen Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl ankreuzen.

Wenn Sie in der vergangenen Woche keine Gelegenheit gehabt haben, eine der unten aufgeführten Tätigkeiten durchzuführen, so wählen Sie die Antwort aus, die Ihrer Meinung nach *am ehesten* zutreffen würde.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie diese Tätigkeiten ausüben. Antworten Sie Ihrer Fähigkeit entsprechend, ungeachtet, wie Sie die Aufgaben durchführen konnten.



DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

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

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Ihrem Kopf austauschen	1	2	3	4	5
13. Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z. B. Karten spielen, Stricken, usw.)	1	2	3	4	5
18. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.) ¹	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
20. Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. 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? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

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

23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
24. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

29. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

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

30. Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
1	2	3	4	5

DASH Wert für Behinderung/Symptome = $\frac{[(\text{Summe der } n \text{ Antwortpunkte}) - 1]}{n} \times 25$,

wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Wurden mehr als 3 Fragen nicht beantwortet, so darf ein DASH Wert nicht berechnet werden.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist.

Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an:

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

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

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

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

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

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

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

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?	1	2	3	4	5
3. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?	1	2	3	4	5

Auswertung der optionalen Module: Die Antwortpunkte der Fragen werden summiert; durch 4 (Anzahl der Fragen) dividiert; 1 wird subtrahiert und danach mit 25 multipliziert. Für die Auswertung eines optionalen Moduls dürfen keine Antworten fehlen.



**Institute
for Work &
Health**

Research Excellence
Advancing Employee
Health

10.2 klinischer Untersuchungsbogen

Nachname:

Name:

Geburtsdatum:

betroffene Seite: rechts/links

dominante Seite: rechts/links

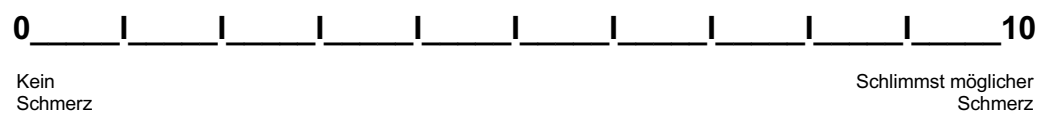
Trauma: ja/nein → wenn, ja: Ulna/Radius

Raucher: ja/nein

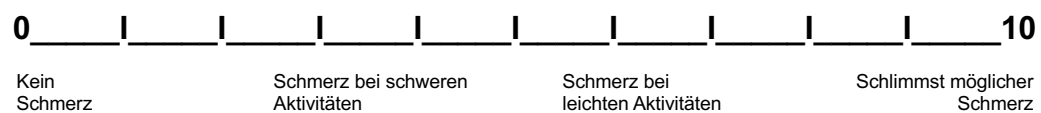
Beruf:

1. Schmerz: (VAS)

in Ruhe:



in Bewegung:



2. Zufriedenheit:

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Sehr zufrieden | Mäßig zufrieden | Nicht zufrieden arbeitsfähig | Nicht zufrieden arbeitsunfähig |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

3. Beweglichkeit: betroffene Seite (ROM)


Extension	Flexion	Supination	Pronation	Ulnardeviation	Radialdeviation

Beweglichkeit: Gegenseite (ROM)

Extension	Flexion	Supination	Pronation	Ulnardeviation	Radialdeviation

4. Griffstärke (Grobgriff):

JAMAR						
	Betroffene Seite			Gegenseite		
Griffstärke						

Key pinch						
	Betroffene Seite			Gegenseite		
Key pinch 						

11 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Sara Imam, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine außer der angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, sind als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation an keiner anderen Fakultät und nicht in gleicher oder in ähnlicher Form eingereicht wurde.

München, den 02.05.2022

Sara Imam

12 Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei allen bedanken, die mich bei der Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben.

Bei Herrn Prof. Dr. Giunta möchte ich mich für die Bereitstellung dieses Themas und sein Vertrauen bedanken.

Besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. Volkmer für die Betreuung dieser Arbeit. Ohne seine Kompetenz, Geduld und fachlichen Anregungen wäre diese Dissertation nicht zustande gekommen.

Ebenfalls möchte ich mich bei dem gesamten Team der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie für die uneingeschränkte Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit bedanken.

Abschließend möchte ich mich bei Martin, meiner Familie und Freunden bedanken für die ständige Motivation und bedingungslose Unterstützung.