

Aus der Vulpius Klinik Bad Rappenau
Akademische Lehrpraxis der medizinischen Fakultät Mannheim der Universität
Heidelberg
Handchirurgie
(Chefarzt: Prof. Dr. med. Frank Unglaub)

Langfristige funktionelle und subjektive Ergebnisse nach
arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer Diskusläsionen
(Palmer Klassifikation: 2C)

Inauguraldissertation
zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades
der
Medizinischen Fakultät Mannheim
der Ruprecht-Karls-Universität
zu
Heidelberg

vorgelegt von
Marc Jürgen Filbert

aus
Mannheim, Deutschland
2020

Dekan: Herr Prof. Dr. med. Sergij Goerd
Referent: Herr Prof. Dr. med. Frank Unglaub

Für meine Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|--|-----------|
| ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS..... | 1 |
| 1 EINLEITUNG..... | 2 |
| 1.1 Anatomie und Biomechanik des TFCC..... | 2 |
| 1.1.1 Funktionelle Anatomie..... | 2 |
| 1.1.2 Histologie des TFCC..... | 6 |
| 1.1.3 Biomechanik..... | 7 |
| 1.1.4 Vaskuläre Versorgung des TFCC..... | 9 |
| 1.1.5 Innervation des TFCC..... | 10 |
| 1.2 Läsion am Diskus ulnocarpalis..... | 11 |
| 1.2.1 Traumatische Läsionen..... | 11 |
| 1.2.2 Degenerative Läsionen..... | 11 |
| 1.3 Diagnostik..... | 12 |
| 1.3.1 Klinische Untersuchung..... | 12 |
| 1.3.2 Radiologische Untersuchung..... | 14 |
| 1.3.3 Arthroskopische Untersuchung..... | 16 |
| 1.4 Therapie..... | 20 |
| 1.4.1 Konservative Therapie..... | 20 |
| 1.4.2 Operative Therapie..... | 20 |
| 1.5 Ziel der Studie..... | 22 |
| 1.6 Hypothese..... | 22 |
| 2 MATERIAL UND METHODEN..... | 23 |
| 2.1 Patienten..... | 23 |
| 2.1.1 Demographie..... | 25 |
| 2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien..... | 25 |
| 2.2 Operationstechnik..... | 26 |
| 2.2.1 Arthroskopisches Debridement..... | 26 |
| 2.2.2 Ulnaverkürzungsosteotomie..... | 27 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.3 | Objektive Verlaufsbeobachtung | 28 |
| 2.3.1 | Radiologische Befundanalyse | 28 |
| 2.3.2 | Messung der BewegungsausmaÙe | 29 |
| 2.3.3 | Kraftmessung | 30 |
| 2.3.4 | Modified Mayo Wrist Score (MMWS) | 31 |
| 2.4 | Subjektive Verlaufsuntersuchung..... | 31 |
| 2.4.1 | Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand-Fragebogen (DASH-Score) 31 | |
| 2.4.2 | Subjektive Schmerzempfindung | 32 |
| 2.4.3 | Subjektive Beurteilung..... | 32 |
| 2.5 | Komplikationen..... | 32 |
| 2.6 | Statistische Analyse | 33 |
| 3 | ERGEBNISSE | 34 |
| 3.1 | Objektive Verlaufsergebnisse | 34 |
| 3.1.1 | Radiologische Ergebnisse | 34 |
| 3.1.2 | BewegungsausmaÙe..... | 34 |
| 3.1.3 | Kraft..... | 35 |
| 3.1.4 | Modified Mayo Wrist Score | 36 |
| 3.2 | Subjektive Verlaufsergebnisse | 37 |
| 3.2.1 | DASH-Score | 37 |
| 3.2.2 | Schmerzbeurteilung | 37 |
| 3.2.3 | Subjektive Beurteilung..... | 37 |
| 3.3 | Komplikationen..... | 38 |
| 3.4 | Vergleich mittelfristige Ergebnisse und langfristige Ergebnisse..... | 39 |
| 4 | DISKUSSION | 41 |
| 4.1 | Objektive Ergebnisse | 41 |
| 4.1.1 | Radiologische Ergebnisse | 41 |
| 4.1.2 | Ergebnisse der BewegungsausmaÙe | 42 |
| 4.1.3 | Ergebnisse der Kraftmessung | 44 |
| 4.1.4 | Ergebnisse des Modified Mayo Wrist Score..... | 45 |
| 4.2 | Subjektive Ergebnisse..... | 46 |
| 4.2.1 | Ergebnisse der Schmerzbeurteilung | 46 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.2 | Ergebnisse des DASH-Score | 47 |
| 4.2.3 | Ergebnisse der subjektiven Beurteilung | 48 |
| 5 | ZUSAMMENFASSUNG | 51 |
| 6 | LITERATURVERZEICHNIS | 52 |
| 7 | PUBLIKATION | 64 |
| 8 | TABELLARISCHER ANHANG | 73 |
| 9 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | 74 |
| 10 | ANHANG | 77 |
| 11 | LEBENS LAUF | 88 |
| 12 | DANKSAGUNG | 90 |

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

| | |
|------|---|
| AD | Arthroskopisches Debridement |
| DASH | Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand |
| MMWS | Modified Mayo Wrist Score |
| MRT | Magnetresonanztomographie |
| ROM | Range of motion |
| TFC | Triangular fibrocartilage |
| TFCC | Triangular fibrocartilage complex |
| UVO | Ulnarverkürzungsosteotomie |
| VAS | Visuelle Analogskala |

1 EINLEITUNG

1.1 Anatomie und Biomechanik des TFCC

1.1.1 Funktionelle Anatomie

Radius und Ulna sind über das proximale Radioulnargelenk und das distale Radioulnargelenk sowie die Membrana interossea miteinander verbunden. Sie bilden eine funktionelle Einheit (Spies et al., 2018). Das proximale Radioulnargelenk ermöglicht in Zusammenspiel mit dem distalen Radioulnargelenk die Pronation und Supination. Radiuskopf und Incisura radialis bilden das proximale Radioulnargelenk. Es kann als Teilgelenk des Ellenbogengelenkes gesehen werden. Funktionell ist es ein Drehgelenk bzw. Zapfengelenk. Die Circumferentia articularis radii artikuliert mit der Incisura radialis ulnae und dem an der Innenseite überknorpelten Ligamentum anulare radii. Das proximale Radioulnargelenk wird durch das Ligamentum collaterale laterale, das Ligamentum anulare sowie die proximalen Fasern der Membrana interossea stabilisiert (Oppermann et al., 2018). Ellenkopf und Incisura ulnaris bilden das distale Radioulnargelenk. Die Circumferentia articularis des Caput ulnae artikuliert mit der Incisura ulnaris („sigmoid notch“) des Radius. Die Facetten des distalen Radioulnargelenkes bilden ein nicht kongruentes Radgelenk (Gabl and Arora, 2014). Dabei variiert die Konfiguration der Gelenkpartner. Die Incisura ulnaris ist in 42% plan, in 14% schräg, in 30% halbzylindrisch und in 14% s-förmig (Tolat et al., 1996). In Abhängigkeit der relativen Längenverhältnisse der Gelenkpartner ist der Ellenkopf zylindrisch, kugelförmig oder kegelförmig (Abbildung 1).

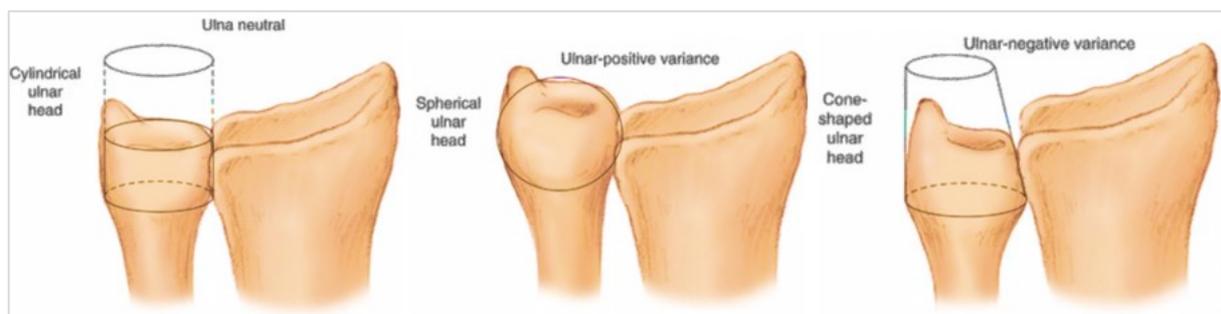


Abbildung 1: Verhältnis zwischen Form des Ulnakopfes und Ulnavarianz (Sauerbier and Unglaub, 2009).

Bei der Ulna-Null-Variante zylinderförmig, bei der Ulna-Plus-Variante kugelförmig und bei der Ulna-Minus-Variante kegelförmig (Förstner, 1987). Durch die unterschiedlichen Krümmungsradien der Gelenkflächen ist die Kontaktfläche zwischen beiden

Gelenkpartnern verhältnismäßig gering. Der größte Kontakt zwischen beiden Gelenkpartnern besteht zwischen 30° und 60° Supination (Shaaban et al., 2007). In maximaler Pronation und Supination besteht hingegen nur geringer Kontakt zwischen Ellenkopf und der radialen Gelenkfläche (Olerud et al., 1988). Um die Stabilität der Umwendbewegungen optimal zu unterstützen, ist eine ausreichende Sicherung dieser Extremauslenkungen notwendig (Beyermann et al., 1999). Diese Stabilität wird durch sowohl durch knöcherne Strukturen als auch durch passive und aktive Stabilisatoren gewährleistet (Gabl and Arora, 2014) (Oppermann et al., 2018). In Abhängigkeit der Gelenkgeometrie tragen die knöchernen Strukturen maximal 30% zur Stabilität im distalen Radioulnargelenk bei (Spies et al., 2018).

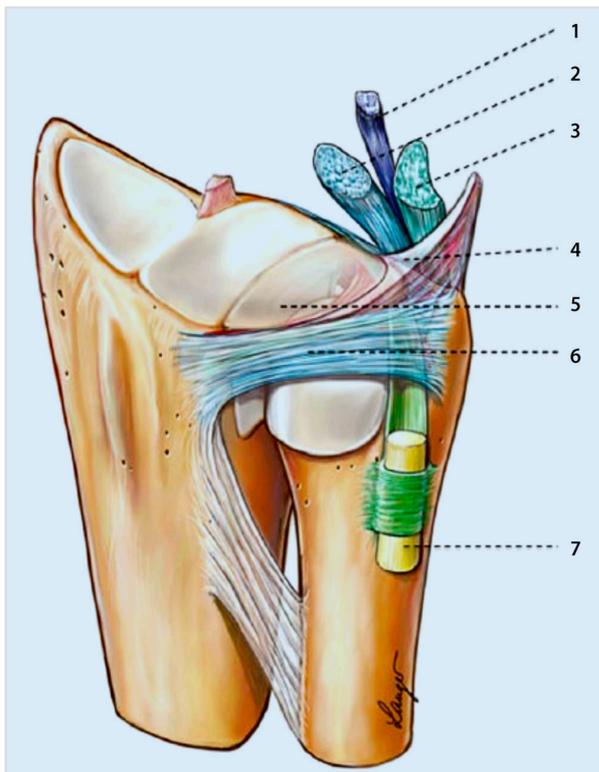


Abbildung 2a: Aufbau des triangulären fibrocartilaginären Komplexes: 1 Ligamentum ulnocapitatum; 2 Ligamentum ulnolunatum; 3 Ligamentum ulnotriquetrum; 4 Meniscus ulnocarpalis; 5 Discus ulnocarpalis; 6 Ligamentum radioulnaris dorsalis; 7 Extensor-carpi-ulnaris-Sehne (Spies et al., 2018).

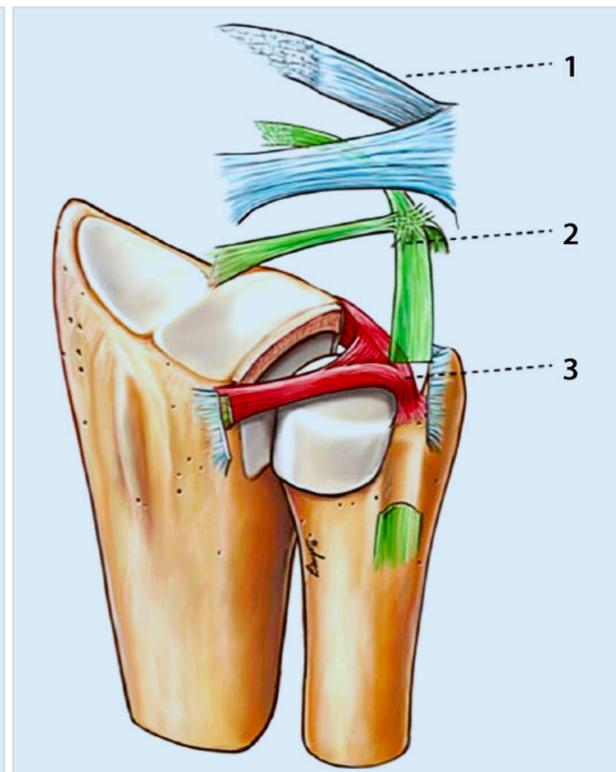


Abbildung 2b: Aufbau der radioulnaren Ligamente: 1 palmare und dorsale Zügel der radioulnaren Ligamente; 2 kreuzende Fasern von radiopalmar nach ulnodorsal mit Einstrahlung in das Periost und in den Boden des sechsten Strecksehnenfachs und von radiodorsal nach ulnopalmar mit Einstrahlung in die prästyloide Region; 3 tiefe Zügel der radioulnaren Ligamente mit Insertion in der Fovea ulnaris (Ligamentumsubcruentum) (Spies et al., 2018).

Der wichtigste passive Stabilisator des distalen Radioulnargelenkes ist der trianguläre fibrocartilaginäre Komplex (Spies et al., 2018). Der trianguläre fibrocartilaginäre Komplex stellt ein System von Strukturen zur Bewegungsführung, Stabilisierung und

Druckübertragung im Bereich des ulnokarpalen Handgelenks dar (Beyermann et al., 1999) (Schmidt, 2004). Gemeinsam mit den distal querverlaufenden Fasern der Membrana interossea verleiht der trianguläre fibrocartilaginäre Komplex dem distalen Radioulnargelenk die notwendige Stabilität (Hagert, 1992) (Oppermann et al., 2018). Der ulnokarpale Komplex setzt sich anatomisch aus verschiedenen Komponenten zusammen (Abbildung 2a und 2b). Er besteht aus: Discus ulnocarpalis, Ligamentum radioulnare palmare und Ligamentum radioulnare dorsale, Ligamentum ulnolunatum und Ligamentum ulnotriquetrum, Meniskus ulnocarpalis, Recessus ulnaris, Ligamentum collaterale carpi ulnare, Sehnenscheide des Musculus extensor carpi ulnaris. Der Discus ulnocarpalis stellt den zentralen Anteil des ulnokarpalen Komplexes dar. Er erweitert die Fläche der Kraftübertragung vom Unterarm auf den Karpus (Löw et al., 2018a). Begrenzt wird der Discus ulnocarpalis vom Ligamentum radioulnare palmare und Ligamentum radioulnare dorsale (Abbildung 3). Beide Bandstrukturen sichern das distale Radioulnargelenk in Supination und Pronation. Dabei spannt sich das Ligamentum radioulnare palmare stärker während der Supination und das Ligamentum radioulnare dorsale stärker während Pronation an. Sie verhindern somit ein Auseinanderweichen von Radius und Ulna. Zusätzlich schränken sie die axiale Verschieblichkeit ein (Schmidt, 2004).

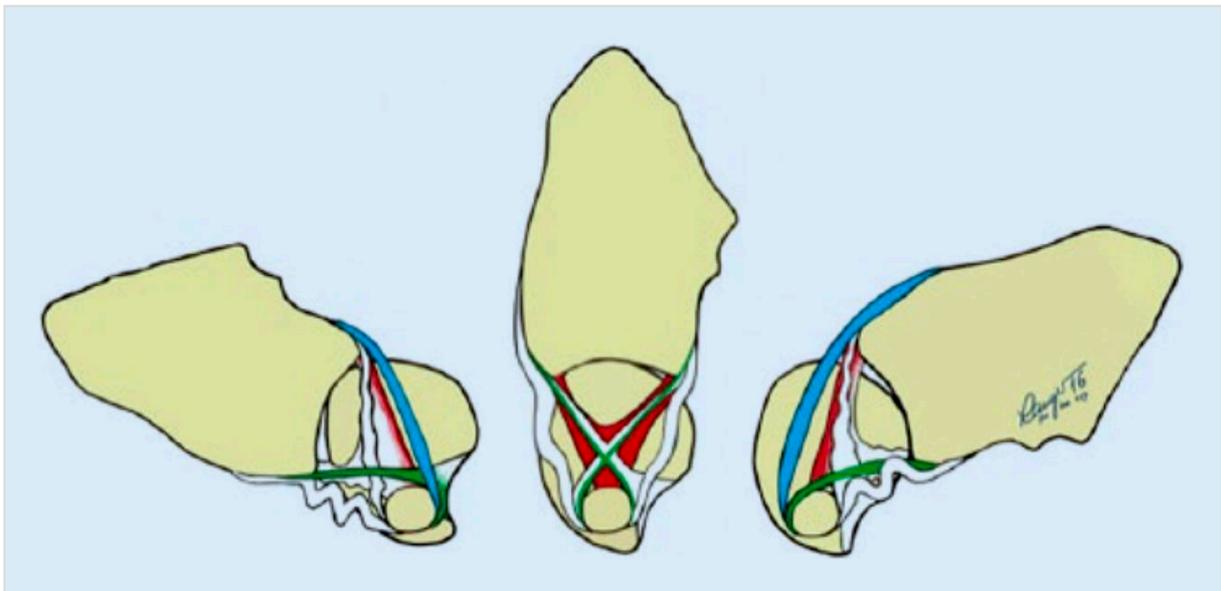


Abbildung 3: Illustration der wechselnden und komplementären Spannungszustände der radioulnaren Ligamente während der Unterarmdrehung. *Blau* oberflächliche radioulnare Zügel; *grün* kreuzende oberflächliche Zügel; *rot* tiefe Zügel (Spies et al., 2018).

Ligamentum ulnolunatum und Ligamentum ulnotriquetrum entspringen von den oberflächlichen Fasern der Ligamentum radioulnare palmare und treten zwischen den

beiden Faserplatten des Discus ulnaris hervor (Schmidt, 2004). Gemeinsam mit den oberflächlichen radioulnaren Bändern und dem Meniskus sind sie für die Aufhängung bzw. Dämpfung der ulnaren Handwurzel und Kraftübertragung verantwortlich (Atzei and Luchetti, 2011). Zusätzlich sichern sie die Stabilität in palmarer Richtung (Beyermann et al., 1999). Von den dorsalen und ulnaren Kanten des Discus ulnocarpalis und des Processus styloideus ulnae entwickelt sich der Meniscus ulnocarpalis (Lewis, 1970). Vom Processus styloideus ulnae nach distal konvergierend verlaufen die Fasern des Meniscus ulnocarpalis und setzen an der palmaren Fläche des Os triquetrum an. Ulnarseitig liegen die Fasern des Ligamentum collaterale carpi ulnare an (Schmidt, 2004). In seinem Mittelteil befindet sich der Eingang für den Recessus ulnaris (prestyloid recess). Dieser stellt eine synoviale Aussackung des ulnocarpalen Komplexes dar (Schmidt, 2004). Sein arthroskopisch darstellbarer Eingang befindet sich genau zwischen Discus ulnocarpalis und Meniscus ulnocarpalis (Beyermann et al., 1999) (Schmidt, 2004). Im Rahmen einer TFCC-Läsion weist der Recessus ulnaris häufig einen synovialen Reizzustand auf (Hahn and Schmitt, 2000).

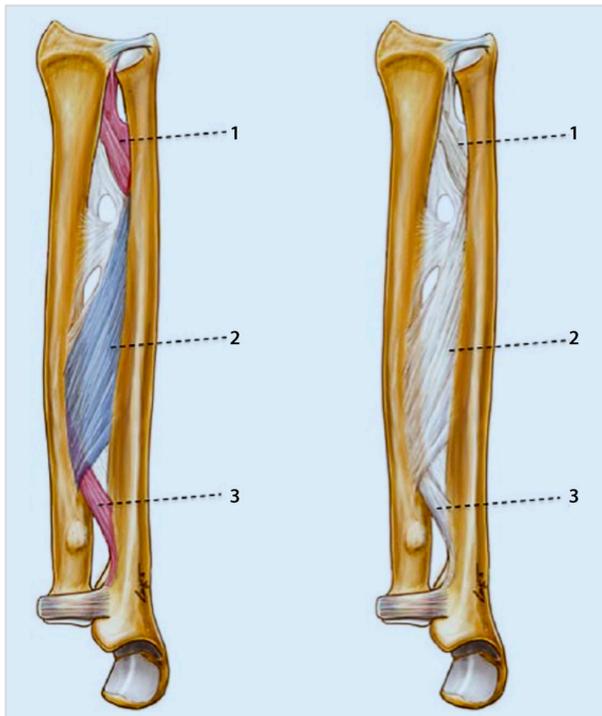


Abbildung 4a: Darstellung der einzelnen Bestandteile der Membrana interossea: 1 distales schräges Band; 2 zentraler Abschnitt; 3 proximales schräges Band (Spies et al., 2018).

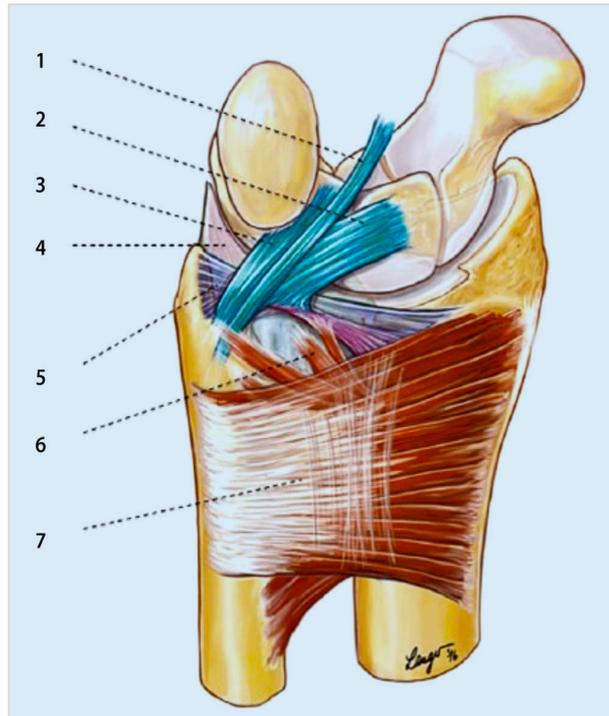


Abbildung 4b: Palmare Ansicht: 1 Ligamentum ulnocapitatum; 2 Ligamentum ulnolunatum; 3 Ligamentum ulnotriquetrum; 4 Meniscus ulnocarpalis; 5 palmares radioulnares Ligament; 6 tiefer Kopf des Musculus pronator quadratus; 7 oberflächlicher Kopf des Musculus pronator quadratus (Spies et al., 2018).

Die Sehnenscheide des Musculus extensor carpi ulnaris als stabilisierender Bestandteil des ulnocarpalen Komplexes und des distalen Radioulnargelenkes zügelt den Ulnakopf in seiner Verbindung zum Radius (Schmidt, 2004). Die Membrana interossea ist der zweite wesentliche Stabilisator des distalen Radioulnargelenkes (Abbildung 4a und 4b) (Spies et al., 2018). Morphologisch ist sie eng mit dem ulnokarpalen Komplex verbunden. Sie verbindet Radius und Ulna auf annähernd der ganzen Länge. Sie stabilisiert die radioulnaren Gelenke bei der axialen Kraftübertragung (Rabinowitz et al., 1994). Vor allem der distale Anteil trägt wesentlich zur Stabilität des distalen Radioulnargelenkes bei. Zu erwähnen sei hier ein schräger Faserzug welcher am Ellenschaft proximal des distalen Radioulnargelenkes entspringt und am dorsalen Rand der Incisura ulnaris ansetzt (Kitamura et al., 2011). Dieser Faserzug ist in Pronation gespannt und in Supination entspannt. Der Musculus pronator quadratus stabilisiert als aktivier Stabilisator das distale Radioulnargelenk dynamisch, indem er während der Umwendbewegung ein Auseinanderweichen von Radius und Ulna verhindert (Spies et al., 2018).

1.1.2 Histologie des TFCC

Der Hauptbestandteil des TFCC ist der Discus ulnocarpalis (Abbildung 5). Dieser entspringt am distalen Rand der Incisura ulnaris radii und zieht zum Processus styloideus ulnae. Der zentral gelegene Discus articularis ist halbkreisförmig und schwach bikonkav und besteht aus Faserknorpel. (Nakamura and Yabe, 2000) (Kirchberger et al., 2015a). Seine zentrale Dicke variiert zwischen 0,5 und 2 mm und steht in direktem Zusammenhang zum Längenverhältnis von Ulna und Radius (Mikić, 1989) (Weiglein et al., 2002). Bei negativer Ulnavarianz ist der Diskus stärker, bei positiver Ulnavarianz dünner angelegt (Weiglein et al., 2002) (Schmidt, 2004). Umgeben wird der Discus articularis von den Ligg. radioulnaria palmare und dorsale. Diese teilen sich in einen proximalen und einen distalen Faserstrang auf. Der tiefe bzw. proximale Faserstrang zieht zur Basis des Processus styloides ulnae und setzt an der Fovea ulnaris an, der oberflächliche bzw. distale Faserstrang zieht zur Spitze des Processus styloides ulnae und strahlt in die Sehnenscheide des Musculus extensor carpi radialis ein (Benjamin et al., 1990) (Schmidt, 2004) (Kleinman, 2007). Zwischen den beiden Fasersträngen liegt ein gefäßreiches, lockeres Bindegewebe, das Ligamentum subcruentum (Schmidt, 2004) (Hempfling, 2016) (Kleinman, 2007). Am Ursprung der radioulnaren Bändern an der Incisura ulnaris radii inserieren diese über Zonen kalzifizierten und nicht kalzifizierten Faserkorpels. Am Ansatz dem Processus

styloideus ulnae und dem Ulnakopf verbinden sich die Faserstränge aus kalzifiziertem und nicht kalzifiziertem Faserknorpel mit dem Gelenkknorpel. Seiner Histologie entsprechend lassen sich dem Discus ulnocarpalis Eigenschaften zur Druckübertragung und Stabilisierung im Bereich des ulnokarpalen Handgelenks zuschreiben (Benjamin et al., 1990) (Beyermann et al., 1999) (Nakamura and Yabe, 2000). Der Meniscus ulnocarpalis besteht vornehmlich aus faserigem Bindegewebe. Entsprechend seiner Histologie hat er vornehmlich dämpfende Eigenschaften (Spies et al., 2018).

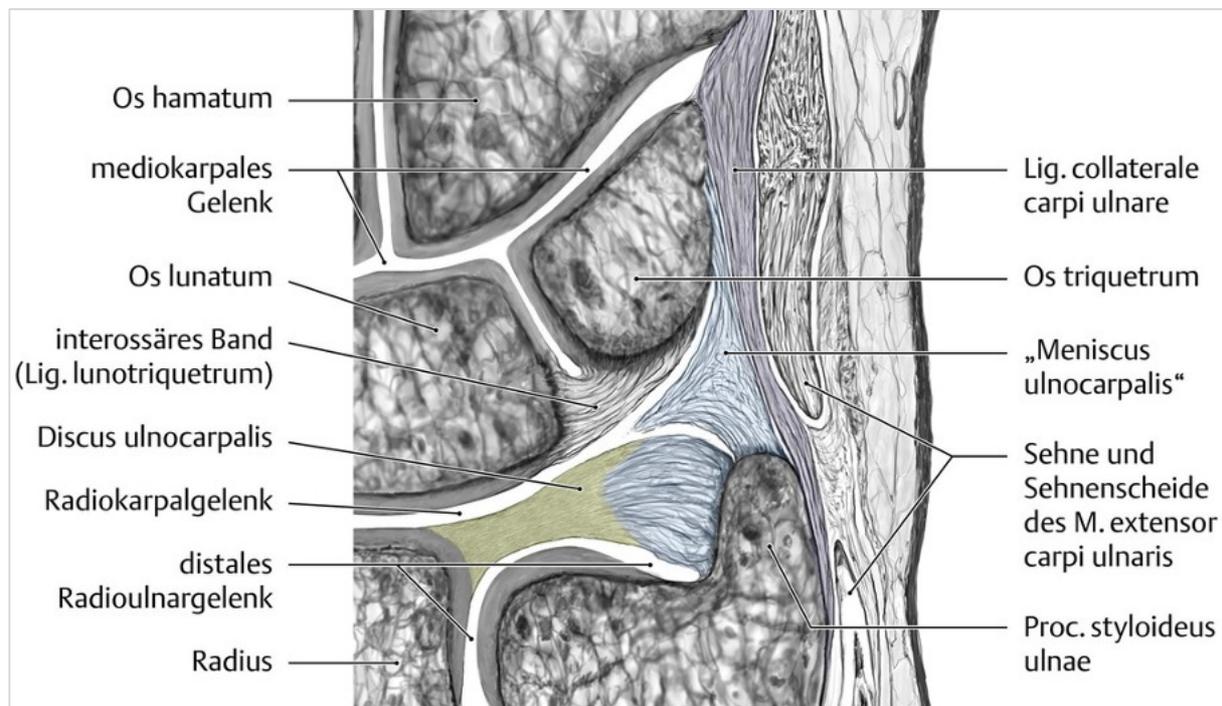


Abbildung 5: Schema eines histologischen Präparates des ulnokarpalen Komplexes (Schmidt and Lanz, 2013).

1.1.3 Biomechanik

Aus der Flossenanlage früher Fische entwickelten sich die Handgelenke zum tragenden Bauteil der Vierfüßer und schließlich zum frei beweglichen Gelenkkomplex der Primaten. In diesen Entwicklungsvorgängen zog sich die Ulna aus ihrer primitiven gelenkigen Verbindung mit dem Os pisiforme und Os triquetrum immer mehr zurück. Als neues Gelenk entstand das distale Radioulnargelenk (Schmidt, 2004). Die differenzierte Gebrauchsfähigkeit der oberen Extremität basiert entscheidend auf der Drehbewegung des Unterarms um die Längsachse (Pronation und Supination). Pronation und Supination sind nur durch das Zusammenspiel zwischen dem

proximalen Radioulnargelenk und dem distalen Radioulnargelenk möglich (Spies et al., 2018). Beide Gelenke werden funktionell als *Articulatio bicondylaris* zusammengefasst (Hagert, 1992). Die Drehachse von Pronation und Supination verläuft dabei schräg durch den Unterarm von der Mitte des Radiuskopfes nach distal zum Ulnakopf (Abbildung 6) (Kleinman, 2007). Der Radiuskopf als proximale „Rolle“ führt während der Umwendbewegung eine axiale Rotation in der *Incisura radialis* durch. Dem steht eine Art „Schwingbewegung“ des distalen Radius mit seiner *Incisura ulnaris* um die Zirkumferenz des Ulnakopfes als distaler „Rolle“ gegenüber.

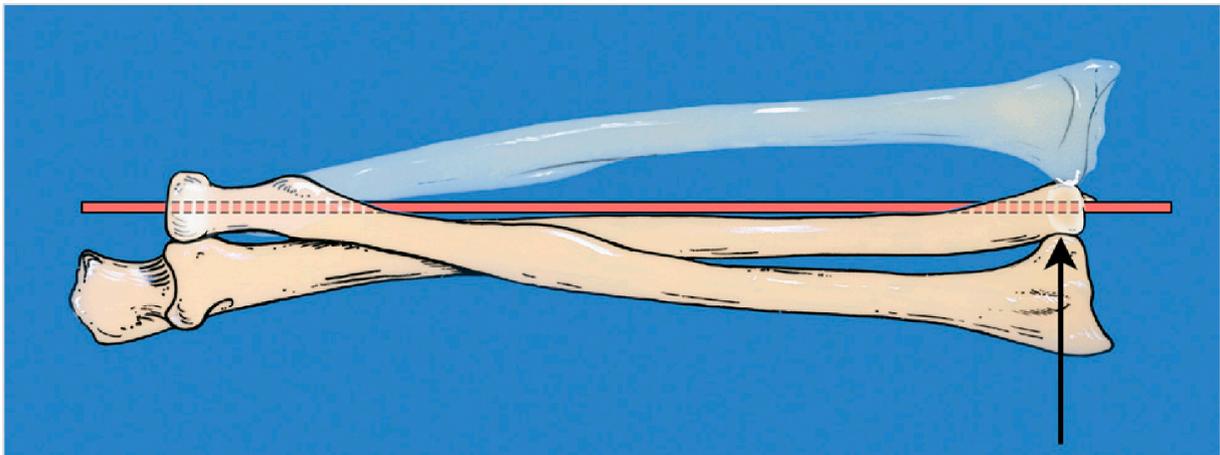


Abbildung 6: Die Drehachse von Pronation und Supination verläuft schräg durch den Unterarm von der Mitte des Radiuskopfes nach distal zum Ulnakopf (Kleinman, 2007).

Die Umwendbewegungen der Hand entspricht dabei einer Kombination aus Dreh- und Gleitbewegung im distalen Radioulnargelenk (Schmidt, 2004). Der Radius dreht sich hierbei um die fixe Ulna (Hagert, 1992). Die Ulna steht in Supination mehr palmar und in Pronation mehr dorsal (Beyermann et al., 1999) (Schmidt, 2004). Die Supination führt zu einer relativen Ulna-Minus-Variante und die Pronation zu einer relativen Ulna-Plus-Variante (Abbildung 7) (Palmer, 1989) (Kleinman, 2007). Diese Änderungen der Ulna-Variante führen zu einer signifikanten Veränderung der Kraftübertragung, die auf unterschiedliche Teile des TFCC wirkt. Palmer et al. 1981 konnten nachweisen, dass die Kraftübertragung bei Ulna-Null-Variante zu 82% über das Radiokarpalgelenk und zu 18% über das Ulnokarpalgelenk erfolgt. Im Fall einer Ulna-Plus-Variante von 2,5 mm erhöht sich dieser Anteil auf 42%. Bei einer Ulna-Minus-Variante von 2,5 mm werden lediglich 4,3% der Kraft über den ulnokarpalen Gelenkabschnitt übertragen (Palmer and Werner, 1981) (Palmer et al., 1988). So führt eine Ulna-Plus-Variante zur

chronischen Drucküberlastung mit der Folge von degenerativen Veränderungen im Bereich des TFCC mit zentralen Diskusläsionen (Grechenig et al., 2002).

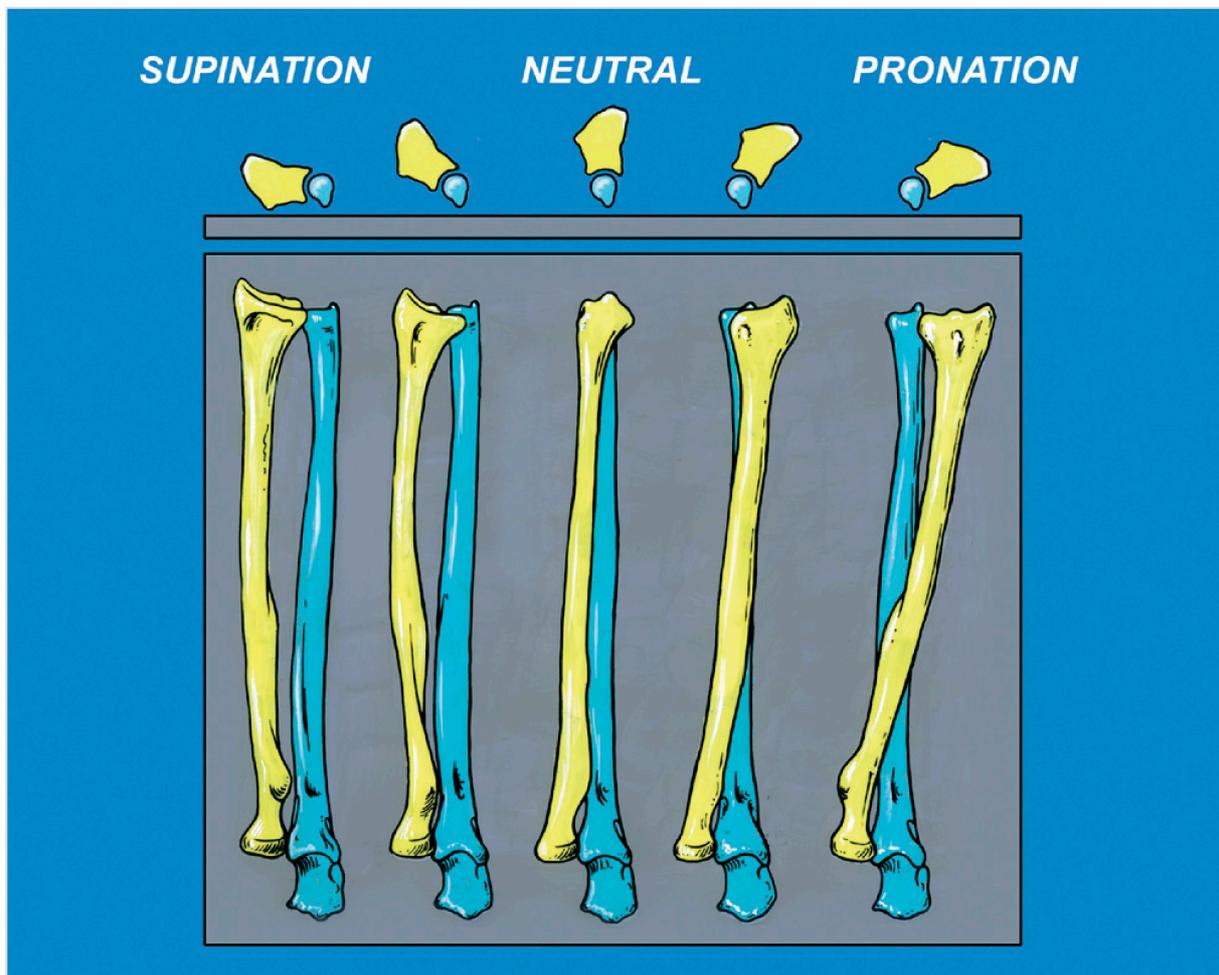


Abbildung 7: Wenn sich der Radius aus der vollständigen Supination in die vollständigen Pronation um die fixierte Ulna dreht, verkürzt sich die Radiokarpaleinheit relativ zur Ulna, was zu einer relativen positiven Ulnavarianz führt (Kleinman, 2007).

1.1.4 Vaskuläre Versorgung des TFCC

Der gesamte Bereich des ulnokarpalen Komplexes wird von einem arteriellen Gefäßbogen umgriffen (Mikić, 1992). Die Hauptversorgung erfolgt durch einen Ast der Arteria ulnaris, sowie aus den palmaren und dorsalen Ästen der Arteria interossea anterior (Abbildung 8). Die periphere Randzone ist mit 10-40% gut vaskularisiert wohingegen der zentrale Bereich avaskulär erscheint (Mikić, 1992). Unglaub et al. konnte eine hohe Anzahl an apoptotischen Knorpelzellen im zentralen Diskus nach traumatischer Läsion nachweisen (Unglaub et al., 2009). Der Ansatz des Diskus am distalen Rand der Incisura ulnaris radii ist ebenfalls ohne Blutgefäße. Entsprechend ist eine Heilung im zentralen Bereich und am radialen Ansatz fraglich möglich (Bednar et

al., 1991). Die Kenntnis der Vaskularisierung des TFCC ist somit relevant für das Auftreten von degenerativen Läsionen und deren Therapie (Unglaub et al., 2007). So ist eine Naht des Diskus lediglich im Randbereich erfolgversprechend.

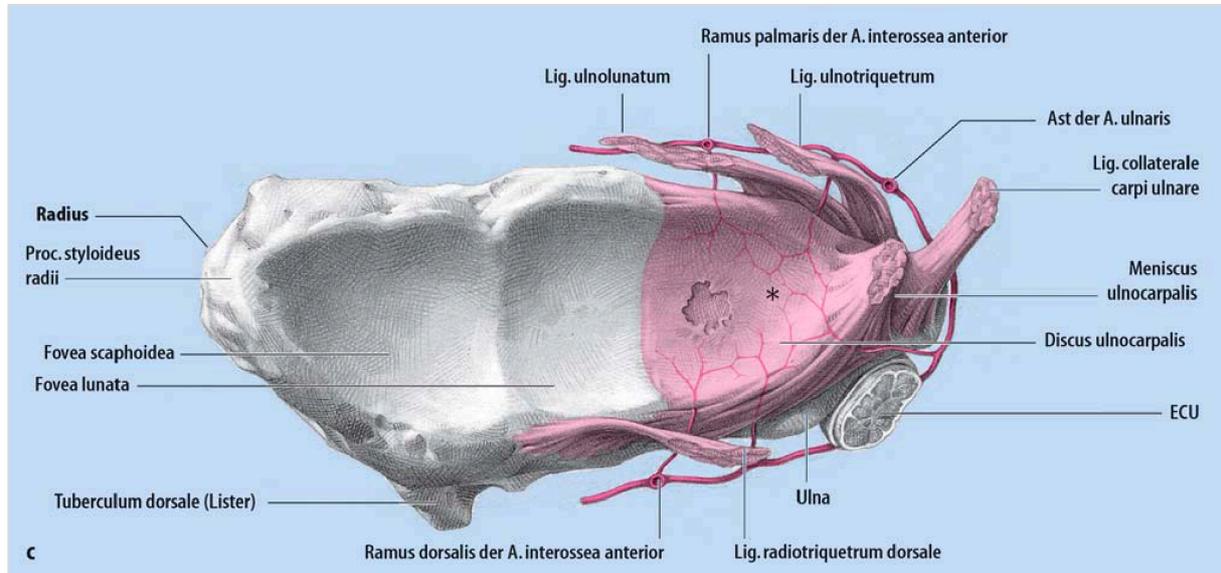


Abbildung 8: ulnokarpaler Komplex von distal mit arterieller Versorgung und Perforation des Discus ulnocarpalis * (Schmidt, 2004).

1.1.5 Innervation des TFCC

Der TFCC wird innerviert durch die Äste des Nervus interosseus posterior, des Nervus ulnaris und des Nervus cutaneus antebrachii posterior (Gupta et al., 2001). Freie Nervenendigungen finden sich vor allem im Bereich der ulnaren Außenfläche des Diskus ulnocarpalis, des Ligamentum collaterale ulnare und des Meniscus ulnocarpalis (Ohmori and Azuma, 1998). Diese werden als Rezeptoren für die Schmerzentstehung im Handgelenk angesehen (Schmidt, 2004). Der radiale und zentrale Diskusteil ist neural nicht versorgt (Gupta et al., 2001). Unglaub et al. konnten weder bei traumatischen noch bei degenerativen Diskusläsionen ein Einwachsen von Nervenfasern in den Diskus, welche ursächlich für ulnarseitige Handgelenksschmerzen sein könnten, nachweisen (Unglaub et al., 2011). Aus der fehlenden Innervation lässt sich der ulnarseitige Schmerz bei radialen oder zentralen Diskusläsionen fraglich erklären (Gupta et al., 2001).

1.2 Läsion am Diskus ulnocarpalis

1.2.1 Traumatische Läsionen

Unfallmechanismus bei traumatischen Läsionen ist meist ein Sturz auf das dorsal extendierte oder pronierte Handgelenk (Palmer, 1987). Weitere Mechanismen für eine Diskusläsion sind eine unphysiologische Zug- oder Druckbelastung des Diskus bei Fehlstellungen am distalen Unterarm, ein forciertes Hypersupinationstrauma oder eine Läsion im Rahmen von Frakturen im Handgelenksbereich (Graham et al., 1985) (Hempfling, 2016). Coleman beschreibt extreme Extensionstraumata als geeigneten Mechanismus für eine Diskusläsion (Coleman, 1960). Etabliert zur Einteilung der Diskusläsion hat sich die Klassifikation nach Palmer sowie die therapieorientierte Klassifikation nach Atzei (Palmer, 1989) (Atzei, 2009). Unterschieden wird in der Klassifikation nach Palmer anhand der Lokalisation der Läsionen (Palmer, 1989). Abhängig von der Art der Läsion kann eine Instabilität des distalen Radioulnargelenkes, ein Abriss des Processus styloideus ulnae oder eine ulnokarpale Instabilität vorliegen (Palmer, 1989). Die Klassifikation nach Atzei stellt eine Unterklassifikation der Palmer 1B Läsion dar.

1.2.2 Degenerative Läsionen

Beim Ulna-Impaction-Syndrom wird der zentrale Anteil des TFCC, insbesondere bei Pronation und Ulnarabduktion, zwischen Ellenkopf und proximaler Handwurzelreihe eingeklemmt (Palmer and Werner, 1981). Hieraus resultierende repetitive Druckbelastungen im ulnokarpalen Gelenkabschnitt führen so zu degenerativen Veränderungen am Discus ulnocarpalis sowie an den angrenzenden Knorpelflächen des Os lunatum, Os triquetrum und des Ulnakopfes (Mikić, 1978) (Möldner et al., 2015) (Löw et al., 2018a). Es entsteht zunächst eine Ausdünnung des Discus ulnocarpalis ohne oder mit Läsion des Knorpels am Ulnakopf. Anhaltende Impaktionen führen schließlich zu einer zentralen Diskusläsion und ggf. zu einem Riss des Ligamentum ulnotriquetrum. Schließlich kann hieraus eine ulnokarpale Arthrose resultieren (Mikić, 1978). Nativradiologisch zeigen sich entsprechend arthritische und/ oder zystische Veränderungen im Os lunatum, Os triquetrum oder Ulnakopf. Die häufigste Ursache eines Ulna-Impaction-Syndroms ist die idiopathische Ulna-Plus-Variante. Beim Embryo findet sich quasi keine Ulna-Plus-Variante (Kim et al., 1996). Mit zunehmendem Alter lassen sich jedoch vermehrt Ulna-Plus-Varianten beobachten (Hulten, 1928). Im Falle einer Ulna-Plus-Variante erhöht sich die ulnokarpale

Kraftübertragung deutlich (Palmer and Werner, 1981) (Palmer et al., 1988). Aufgrund dieser erhöhten Druckbelastung kommt es in Abhängigkeit des Alters auch zur Häufung von Diskusläsionen. Auch eine Ulna-Minus-Variante kann degenerative Veränderungen am Discus ulnocarpalis begünstigen. Palmer et al. konnte unterschiedliche Dicken des Diskus in Abhängigkeit des jeweiligen Längenverhältnisses zwischen Radius und Ulna nachweisen (Palmer and Werner, 1984). Der Diskus ist bei der Ulna-Minus-Variante dicker angelegt, dagegen bei der Ulna-Plus-Variante dünner (Palmer and Werner, 1984). Entsprechend erhöht sich bei der Ulna-Minus-Variante die Druckbelastung auf den ulnokruralen Gelenkabschnitt und führt zu degenerativen Veränderungen am Discus ulnocarpalis (Palmer and Werner, 1984). Die zweithäufigste Ursache eines Ulna-Impaction-Syndroms ist die posttraumatische Ulna-Plus-Variante im Rahmen einer fehlerheilten distalen Radiusfraktur. So führt eine Dorsalkippung am distalen Radius von 40° zu einer Zunahme der ulnaren Kraftübertragung von rund 60% (Friedman and Palmer, 1991). Als seltenere Ursache ist eine axiale Instabilität der Ulna nach Essex-Lopresti-Verletzung zu nennen (Essex-Lopresti, 1951). Mikić konnte in einer Studie an 180 Kadaverhandgelenken altersabhängige Veränderungen des Discus ulnocarpalis nachweisen. Mit zunehmendem Alter nahm die Dicke des Diskus ab. So wiesen Patienten unter dem 20. Lebensjahr keine Veränderungen des Diskus auf. Ab dem 50. Lebensjahr hingegen zeigten alle Patienten Anzeichen einer Degeneration (Mikić, 1978). Mit zunehmendem Alter ist eine abnehmende Zellularität zu beobachten, weiter verändern die Zellen ihren Charakter. Im jungen Alter besteht das Gewebe vornehmlich aus Fibroblasten im Alter dann aus Chondrozyten. Zusätzlich ist ein Verlust an elastischen Fasern zu beobachten (Mikić, 1978). Im fortgeschrittenen Stadium können Erosionen und Ulzerationen sowie eine abnorme Ausdünnung bis hin zur Perforation bestehen (Mikić, 1978).

1.3 Diagnostik

1.3.1 Klinische Untersuchung

Eine genaue Erhebung der Anamnese stellt in Verbindung mit einer symptomorientierten klinischen Untersuchung die Basis der Diagnostik dar (Spies et al., 2016). Eine exakte Anamnese kann bereits wertvolle Hinweise auf die Erkrankung liefern. Die Rekonstruktion und Erfassung des Unfallhergangs und Unfallmechanismus ist wegweisend für die folgende klinische Untersuchung. Zu erfragen sind die genaue

Lokalisation und Dauer der Beschwerden (Quadlbauer et al., 2018). Grundvoraussetzung für eine exakte klinische Untersuchung ist die Kenntnis von anatomischen Landmarken (Spies et al., 2016). Die klinischen Untersuchungstechniken sollten im Seitenvergleich vorgenommen werden (Spies et al., 2016). Ulnarseitige Schmerzen mit Schwellung, Kraftminderung und Bewegungseinschränkung sind die Leitsymptome bei Schädigung des TFCC (Beyermann et al., 1999). Schmerzen bestehen beim Öffnen großer Schraubverschlüsse oder beim Betätigen eines schweren Türgriffs (Kirchberger et al., 2015a). Klick- oder Schnappphänomene sind verdächtig auf eine Instabilität oder Einklemmung. Gelegentlich resultiert durch den abgerissenen und umgeschlagenen TFCC auch eine Gelenkblockade (Beyermann et al., 1999). In der Literatur sind zahlreiche klinische Untersuchungstechniken, um Verletzungen und Pathologien des TFCC festzustellen, beschrieben, die aber in Bezug auf Sensitivität und Spezifität unterschiedlich evaluiert sind. Die am besten evaluierten klinischen Tests sind das „*ulnar fovea sign*“, der *dorsopalmar Stresstest* und der *Presstest* (Quadlbauer et al., 2018). Beim „*ulnar fovea sign*“ (Tay et al., 2007) tritt ein Druckschmerz in der ulnaren Tabatiere auf. Er ist geeignet, um Verletzungen des ulnotriquetralen Bandes oder foveale Rupturen des distalen radioulnaren Bandes nachzuweisen (Quadlbauer et al., 2018). Das Ellenbogengelenk des Patienten ist um 90° gebeugt, der Unterarm steht in Neutralstellung. Der Untersucher drückt mit dem Daumen auf den „soft spot“ zwischen Flexor carpi ulnaris, Porcessus styloideus ulnae, Ellenkopf und Os pisiforme (Abbildung 9a) (Kirchberger et al., 2015b). Tritt ein Schmerz auf ist der Test positiv. Er zeigt eine Sensitivität von 95% und eine Spezifität von 87% zur Handgelenksarthroskopie (Tay et al., 2007). Durch den dorsopalmaren Stresstest kann eine Translation der Elle festgestellt werden (Quadlbauer et al., 2018). Der Unterarm wird in Neutralstellung gehalten. Der Untersucher umfasst mit einer Hand die Speiche und fixiert mit der anderen Hand den Ellenkopf. Dabei wird eine abwechselnde Kraftausübung von dorsal und palmar ausgeübt. Das translatorische Bewegungsausmaß wird dabei in 4 Grade eingeteilt:

Grad 0: physiologische Artikulation, Grad 1: Bandlaxizität ohne Funktionsverlust mit festem Anschlag, Grad 3: dynamische Instabilität mit Funktionsverlust und fehlendem Anschlag, Grad 4: spontane Subluxation mit Reposition unter aktiver Unterarmrotation. Er zeigt eine Sensitivität von 59% und eine Spezifität von 96% zur Handgelenksarthroskopie (Lindau et al., 2000). Der Presstest kann ebenfalls bei

Verdacht auf eine TFCC-Läsion angewendet werden. Der Patient drückt sich beim Aufstehen mit beiden Händen von der Armlehne eines Stuhles ab (Abbildung 9b). Führt dies zu ulnokarpalen Schmerzen ist der Test positiv (Kirchberger et al., 2015b) (Spies et al., 2016). In einer Studie von Lester et al. konnte eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 100% dokumentiert werden (Lester et al., 1995). Das Ergebnis der Untersuchung von Lester et al. ist aufgrund des gewählten Studiendesigns jedoch kritisch zu sehen (Quadlbauer et al., 2018).



Abbildung 9a: Ulnar-Fovea-Zeichen (Spies et al., 2016). Abbildung 9b: Press test (Spies et al., 2016).

1.3.2 Radiologische Untersuchung

1.3.2.1 Röntgenologische Untersuchung

Die röntgenologische Untersuchung stellt die Basisdiagnostik bei ulnarseitigen Handgelenksschmerzen dar. Es werden standardisierte Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in dorsopalmarer und lateraler Aufnahmetechnik angefertigt (Frahm, 2004). Zur dorsopalmareren Aufnahme sitzt der Patient tief und seitlich zum Tisch, das Schultergelenk ist 90° abduziert, das Ellbogengelenk 90° gebeugt, die Handfläche liegt auf der Filmkassette (Frahm, 2004). Zur lateralen Aufnahme sitzt der Patient seitlich zum Tisch bei gleicher Stellung von Ellbogen und Hand, das Schultergelenk ist aduziert. Die ulnare Handseite liegt auf der Filmkassette, die dorsale Handseite

einschließlich des distalen Unterarmes an einem Brett (Frahm, 2004). Abgebildet werden können so Frakturen und Fehlstellungen. Das Nativröntgen zeigt zusätzlich arthritische und/ oder zystische Veränderungen im Os lunatum, Os triquetrum oder Ellenkopf als einen indirekten Hinweis auf eine Druckschädigung (Gabl and Arora, 2014). Zusätzlich kann eine dorsopalmare Lastaufnahme erstellt werden. Der Patient sitzt hier seitlich zum Tisch das Schultergelenk ist 90° abduziert, das Ellbogengelenk 90° gebeugt, die Handfläche liegt auf der Filmkassette, der Patient drückt dabei einen runden strahlendurchlässigen Gegenstand (Frahm, 2004). Anhand dieser Aufnahme kann die Ulnavarianz ohne und mit Belastung gemessen werden (Löw et al., 2018a). Die Messung der Ulnavarianz erfolgt standardisiert mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman (Gelberman et al., 1975) (Broccoli et al., 2014).

1.3.2.2 MRT

Die MRT stellt ein hilfreiches Tool zur Diagnostik von TFCC-Läsionen dar. Dabei sollte sie die Arthroskopie komplementär ergänzen (Schmitt, 2018). Die MRT weist unter Studienbedingungen in der Diagnostik von TFCC-Läsionen eine Sensitivität und Spezifität von über 90 % im Vergleich zur Arthroskopie als dem Referenzstandard auf (Schmitt and Lanz, 2015). In der Regelversorgung können diese hohen Werte nicht erreicht werden (Hahn et al., 2012). Voraussetzung für eine optimale Bildgebung am TFCC ist eine optimierte Ortsauflösung. Empfohlen wird eine Flussdichte von 1,5 Tesla oder 3,0 Tesla, eine dezidierte Handspule, ein „field of view“ von 8-10 cm, eine Schichtdicke von 2 mm für 2D-Sequenzen und Partitionsdicke von 0,5 mm für 3D-Datensätze (Schmitt and Lanz, 2015). Der Nachweis von TFCC-Läsionen ist bei Vorliegen eines Ergusses in der nativen MRT anhand des T2-Kontrastes möglich, die native MRT ist jedoch in ihrem Kontrast limitiert und somit die Nachweisrate gering (Schmitt, 2018). Somit ist für eine optimierte Kontrastauflösung die Verwendung eines intravenösen oder intraartikulären Kontrastmittels auf Gadoliniumbasis erforderlich (Abbildung 10a) (Schmitt and Lanz, 2015). Die jeweilige Untersuchungstechnik richtet sich nach Vaskularisation der verletzten TFCC Struktur. Der Nachweis von peripheren TFCC-Läsionen ist aufgrund der lokalen Kontrastmittelanreicherung bei hyperämischen Reparationsarealen nach intravenöser Kontrastmittelgabe in der T1-Gewichtung mit der kontrastverstärkten MRT möglich (Schmitt, 2018). Referenzstandard für zentrale oder periphere TCFF-Läsionen ist die 2-Kompartiment MR-Arthrographie (Abbildung 10b). Zentrale traumatische Läsionen lassen sich in der T2w und PDw Sequenz anhand der Lokalisation und Form von hyperintensiven

Signaleinschlüssen erkennen (Schmitt and Lanz, 2015). Frühe degenerative Diskusveränderungen lassen sich in der T2-Gewichtung durch signalreiche Einschlüsse im avaskulären Zentrum des Diskus nachweisen, späte degenerative Diskusveränderungen hingegen sind durch eine Formänderung des Diskus charakterisiert. Diese lassen sich am besten in der MR-Arthrografie durch die Effekte der intraartikulären Distension und Kontraststeigerung darstellen (Schmitt and Lanz, 2015). Mit der MR-Arthrografie werden degenerative TFCC-Läsionen mit einer Genauigkeit von über 95% im Vergleich zur Arthroskopie nachgewiesen (Schmitt and Lanz, 2015). Veränderungen des hyalinen Gelenkknorpels lassen sich in der T2-Gewichtung in Form von heterointensen Knorpelinschlüssen und als Knorpelhöhenminderung darstellen (Schmitt and Lanz, 2015).

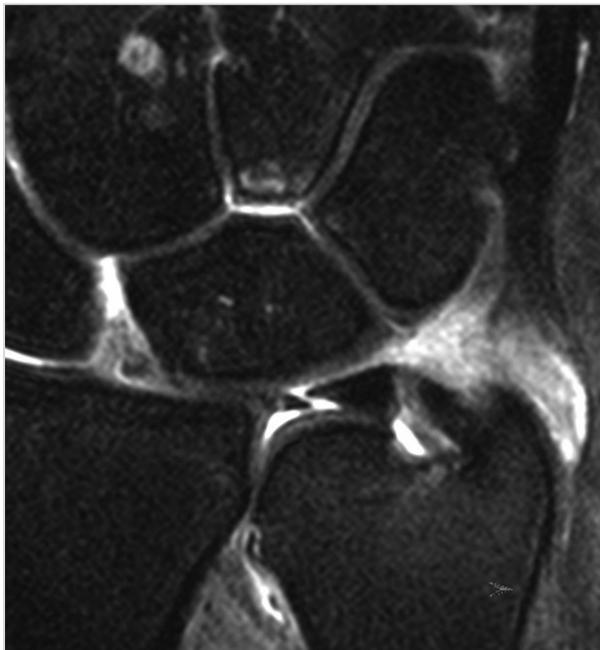


Abbildung 10a: Traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1A; gering dislozierter Vertikalriss im Diskuszentrum (T1w FSE fs nach Gadolinium) (Schmitt and Lanz, 2015).

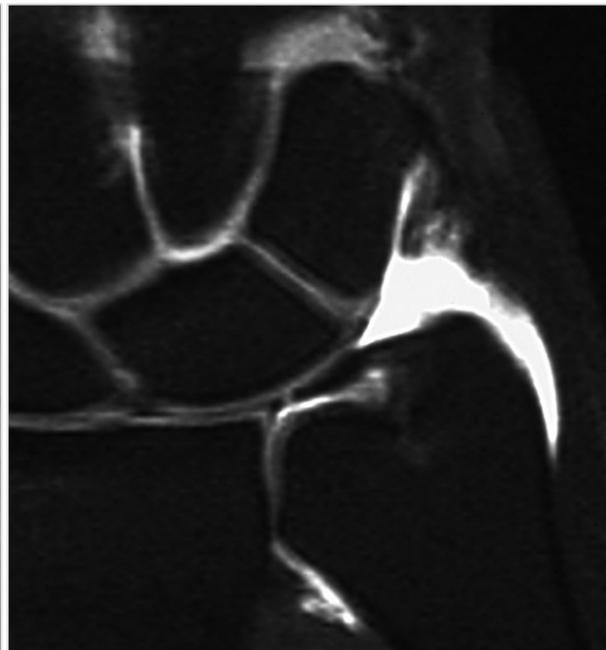


Abbildung 10b: Traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1A; nicht dislozierter Vertikalriss im radialen Diskusabschnitt (T1w FSE fs postarthrografisch) (Schmitt and Lanz, 2015).

1.3.3 Arthroskopische Untersuchung

Die Handgelenkarthroskopie ist der Goldstandard in der Diagnostik einer Läsion des ulnokarpalen Komplexes (Cooney, 1993) (Bain et al., 2008) (Bickert et al., 2011) (Löw et al., 2018a). Sie ermöglicht das präzise Darstellen der Befunde (Feldkamp, 2004). Liegt der Verdacht auf eine TFCC-Läsion nahe, sollte frühzeitig eine Arthroskopie des betroffenen Handgelenks durchgeführt werden (Beyermann et al., 1999). Als

diagnostisches Instrument erlaubt sie neben der visuellen, taktilen und dynamischen Untersuchung von Knorpelflächen und Bandstrukturen eine Probenentnahme von der Synovialis (Löw et al., 2014a). Im Rahmen der Arthroskopie kann zwischen traumatischer oder degenerativer Läsion unterschieden werden (Kirchberger et al., 2015a). In Rückenlage des Patienten wird der Oberarm rechtwinklig abgespreizt, der Ellenbogen rechtwinklig gebeugt und die Finger D2-D5 steril im Mädchenfänger fixiert. Als Gegengewicht werden 3-4 kg Masse an der Oberarmblutsperrung angebracht (Abbildung 11a). Die Portale 3-4 und 4-5 bieten sichere Zugänge bei guter Übersicht (Whipple et al., 1986). Das Portal 6R bietet für den Einsatz des Tasthakens eine sichere Alternative zum Portal 4-5, wohingegen das Portal 6U aufgrund der Nähe zum Nervus ulnaris nur unter Darstellung des Nerven verwendet werden sollte (Abbildung 11b) (Bickert, 2004) (Löw et al., 2014a).



Abbildung 11a: Steriles Operationsfeld mit Aufhängung des Arms (S. Löw et al., 2014a).

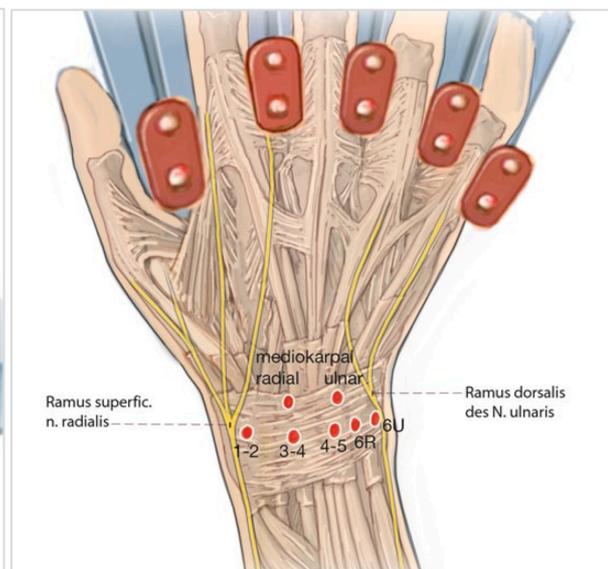


Abbildung 11b: Arthroskopieportale und deren anatomische Beziehung zu neurovaskulären Strukturen und Sehnen (S. Löw et al., 2014a).

1.3.3.1 Klassifikation nach Palmer

Palmer unterscheidet zwischen traumatischen (Klasse 1) und degenerativen (Klasse 2) Diskusläsionen (Palmer, 1989). Die Einteilung der traumatischen Läsionen erfolgt nach Lokalisation der Verletzung von Typ 1 A-D, die Einteilung der degenerativen Läsionen erfolgt nach Lokalisation und Ausmaß der degenerativen Veränderungen des Diskus, des Ulnakopfes, der ulnokarpalen Knochen und des Ligamentum lunotriquetrum von Typ 2 A-E (Abbildung 12 und 13) (Palmer, 1989).

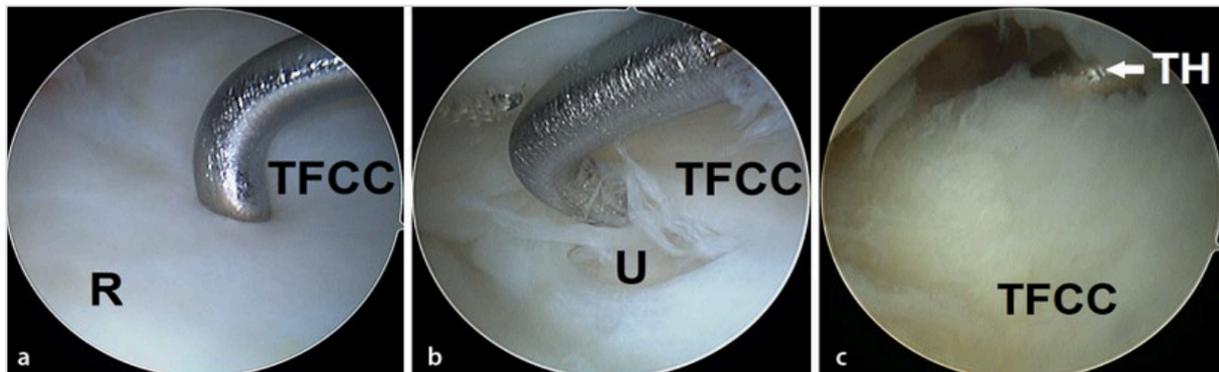


Abbildung 12: TFCC: *a* Tasthakenuntersuchung; *b* ausgedünnte und aufgefaserte Ränder (zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C); *c* Spannungsverlust mit Aufwellen bei ulnarem Abriss (traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1B) (S. Löw et al., 2014a).

| Klassifikation | Pathologischer Befund | Illustration |
|----------------|---|---|
| 1A | Traumatischer zentraler Riss des TFC |  |
| 1B | Traumatischer ulnarseitiger Riss des TFC (linke Illustration), ggf. mit Griffelfortsatzabriss (rechte Illustration; Abb. 8) |  |
| 1C | Traumatische periphere Risse im Bereich der Ligg. ulnolunatum et ulnotriquetrum |  |
| 1D | Traumatischer radialer Riss des TFC, ggf. Fraktur der Incisura ulnaris |  |
| 2A | Degenerative Läsion mit Ausdünnung des TFC |  |
| 2B | Degenerative Läsion mit Ausdünnung des TFC und Knorpelläsionen an Mondbein und/oder Ellenkopf |  |
| 2C | Degenerative Läsion mit Perforation des TFC und Knorpelläsionen an Mondbein und/oder Ellenkopf |  |
| 2D | Degenerative Läsion mit Perforation des TFC und Knorpelläsionen an Mondbein und/oder Ellenkopf und Riss des Lig. lunotriquetrum |  |
| 2E | Degenerative Läsion mit Perforation des TFC und Knorpelläsionen an Mondbein und/oder Ellenkopf und Riss des Lig. lunotriquetrum mit ulnokarpaler Arthrose |  |

Abbildung 13: Klassifikation der Läsionen des triangulären fibrokartilaginären Komplexes nach Palmer (Spies et al., 2015).

1.4 Therapie

1.4.1 Konservative Therapie

Bei isolierter Läsion des TFCC ohne Instabilität ist zunächst eine konservative Therapie angezeigt (Palmer, 1990) (Löw et al., 2018a). Zur Anwendung kommen Salbenverbände oder Bandagen. Im akuten Schmerzzustand kann auch eine Ruhigstellung mittels Gipsschiene oder Handgelenkmanschette erfolgen (Ikeda et al., 2015). Eine lokale Injektionstherapie mit einem Kortikosteroid kann unter Umständen eine Begleitsynovitis verringern (Löw et al., 2018a). Lässt sich unter diesen Maßnahmen keine wesentliche Beschwerdelinderung erzielen, ist die Arthroskopie das Mittel der Wahl (Palmer, 1990) (Beyermann et al., 1999).

1.4.2 Operative Therapie

1.4.2.1 Arthroskopisches Debridement

Das arthroskopische Debridement ist das Mittel der Wahl bei traumatischen oder degenerativen Läsionen des triangulären fibrokarilaginären Komplexes (Beyermann et al., 1999) (Löw et al., 2014) (Pillukat et al., 2018). Es ermöglicht ein minimalinvasives Vorgehen unter Schonung der ulnokarpalen Stabilisatoren und der dorsalen Gelenkkapsel des distalen Radioulnargelenkes (Whipple, 1994). Mit dem Tasthaken werden die lockeren Diskusanteile aufgesucht und dann mit Punch in kleinen Fragmenten entfernt (Abbildung 14) (Bickert et al., 2011). Um die Stabilität des distalen Radioulnargelenkes zu gewährleisten, gilt es dabei die Ligg. radioulnaria palmare und dorsale unbedingt zu schonen (Whipple, 1994) (Bickert et al., 2011). Zusätzlich kann ein Debridement von chondralen Veränderungen erfolgen (Bain et al., 2008). Nach Abschluss der Resektion wird das Gelenk mit großen Mengen Flüssigkeit durchgespült, um alle resezierten Fragmente zu entfernen (Bickert, 2004). Der Diskus weist jetzt einen nahezu runden, zentralen Defekt auf (Bickert, 2004).



Abbildung 14: a Degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C mit Knorpelschaden ulnar am Lunatum; b Debridement mit Punch, c intaktes Ligamentum radioulnare palmare nach Debridement (Bickert et al., 2011).

1.4.2.2 Wafer Procedure

Die Wafer Procedure ist wie die Ulnaverkürzungsosteotomie ein druckentlastendes Verfahren im ulnokarpalen Gelenkkompartiment. Im Gegensatz zur Ulnaverkürzungsosteotomie ist es ein intraartikuläres Verfahren. Voraussetzung zur Durchführung der Wafer Procedure ist eine Typ 2C Läsion des Discus ulnocarpalis, eine ulnare Chondromalazie Grad 3-4 sowie eine Ulna-Plus-Variante (Feldkamp, 2004). Kontraindikation ist eine Arthrose oder Instabilität des distalen Radioulnargelenkes, eine positive Ulnavarianz über 4 mm, sowie karpale Instabilitäten (Feldkamp, 2004). Ursprünglich erfolgte eine Scheibenresektion des distalen Ulnaendes als offener Gelenkeingriff (Feldon et al., 1992). Der Eingriff wird heute meist arthroskopisch durchgeführt. Dabei wird mit einer Fräse der Ulnakopf partiell reseziert. Die arthroskopische Wafer Procedure bietet eine maximale Schonung der übrigen Strukturen (Feldkamp, 2004). Die Lernkurve ist allerdings flach und mit dem Risiko einer Verletzung des distalen Radioulnargelenkes verbunden (Löw et al., 2018a).

1.4.2.3 Ulnaverkürzungsosteotomie

Ziel der Ulnaverkürzungsosteotomie ist die Dekompression im ulnokarpalen Gelenkkompartiment bei Vorliegen eines therapieresistenten primären oder sekundären Ulna-Impaction-Syndroms nach Ausschöpfung der konservativen/arthroskopischen Therapie (Möldner et al., 2015) (Terzis et al., 2019). Im Gegensatz zur Wafer-Resektion ist es ein extraartikuläres Verfahren. So bleibt die mechanische Integrität des distalen Radioulnargelenkes unberührt (Beyermann et al., 1999). Kontraindikation ist eine Arthrose im distalen Radioulnargelenkes (Beyermann et al., 1999) (Terzis et al., 2019), eine in ausgeprägter Fehlstellung verheilte Radiusfraktur (Löw et al., 2014b) oder eine Inkongruenz zwischen „sigmoid notch“ und Ulnakopf (Unglaub, 2020). Durch einen ulnopalmaren Zugang lässt sich eine gute Weichteildeckung des Osteosynthesematerials gewährleisten (Tränkle et al., 2000). Die Resektion der Knochenscheibe erfolgt durch eine frei einstellbare Osteotomielehre in 45 Grad- oder 90 Grad-Sägeführung (Unglaub, 2020). Die Vorteile der 45 Grad-Osteotomie sind die Möglichkeit eine interfragmentäre Zuschraube einzubringen, sowie die größere Kontaktfläche zwischen den Osteotomieenden (Unglaub, 2020). Biomechanisch konnte eine höhere Stabilität unter Torsion für die 45 Grad-Osteotomie nachgewiesen werden (Rayhack et al., 1993). Durch die Verwendung von speziellen Verkürzungsplatten konnte zusätzlich die Rate an Pseudarthrosen deutlich reduziert

werden (Moser et al., 2007). Anzustreben ist eine Ulna-Minus-Variante von 1-2 mm um eine Inkongruenz im distalen Radioulnargelenk zu vermeiden (Beyermann et al., 1999).

1.5 Ziel der Studie

Ziel dieser Studie ist es, langfristige funktionelle und subjektive Ergebnisse nach arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer Diskusläsionen Palmer Klassifikation 2C zu ermitteln.

1.6 Hypothese

In dieser Arbeit wird die Hypothese vertreten, dass langfristig gute bis sehr gute funktionelle und subjektive Ergebnisse nach arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer Diskusläsionen Palmer Klassifikation 2C erzielt werden können.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Patienten

Für diese Studie wurde ein positives Votum der Medizinischen Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Mannheim der Ruprechts-Karls-Universität zu Heidelberg eingeholt (Zeichen 2018-648N-MA). Alle Patienten wurden vor der Durchführung der Untersuchung ausführlich über Ziele und Methodik der Studie, sowie über Art und Anonymität der Datenerhebung informiert. Die Einwilligung in die Studie erfolgte schriftlich.

Das Patientenkollektiv umfasste insgesamt 50 Patienten, die zwischen 2006 und 2013 durch ein arthroskopisches Debridement bei zentraler degenerativer Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C behandelt wurden. Hiervon unterzogen sich 9 Patienten aufgrund anhaltender ulnokarpaler Schmerzen im Verlauf einer Ulnaverkürzungsosteotomie.

Mittelfristige Ergebnisse dieser Studienpopulation wurden bereits in einer früheren von Möldner et al. im Jahr 2015 erhoben (Möldner et al., 2015). Es wurden hier 2 Gruppen definiert. In Gruppe 1 wurden 41 Patienten zusammengefasst, die ausschließlich arthroskopisch debridiert wurden. In Gruppe 2 wurden 9 Patienten zusammengefasst, die zusätzlich zum arthroskopischen Debridement auch eine Ulnaverkürzungsosteotomie erhielten. Das mittlere follow up lag hier bei 3,2 Jahren. Aus der Gesamtzahl dieser 50 Patienten wurden schließlich in der vorliegenden Studie 30 Patienten retrospektiv untersucht. 13 Patienten lehnten die Teilnahme an der Studie ab, 1 Patient musste aufgrund einer malignen Erkrankung die Teilnahme an der Studie zurückziehen, 6 weitere Patienten, die die Einschlusskriterien nicht erfüllten, wurden ausgeschlossen. Die Ein- und Ausschlusskriterien sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Patienten wurden zwischen Februar 2019 und Oktober 2019 untersucht. Es wurden 3 Gruppen definiert (Abbildung 15). In Gruppe 1 wurden Patienten zusammengefasst, die ausschließlich arthroskopisch debridiert wurden. In Gruppe 2 wurden Patienten zusammengefasst, die zusätzlich zum arthroskopischen Debridement auch eine Ulnaverkürzungsosteotomie erhielten. Gruppe 3 beinhaltete Patienten, die ausschließlich mittels DASH-Fragebogen evaluiert wurden. 6 Patienten der Gruppe 3 wurden ausschließlich arthroskopisch debridiert, 1 Patient der Gruppe 3 erhielt zusätzlich zum arthroskopischen Debridement auch eine

Ulnaverkürzungsosteotomie. Die Demographie der einzelnen Gruppen ist in Tabelle 1 dargestellt. Das mittlere follow up aller Patienten lag bei 9,3 Jahren nach arthroskopischem Debridement. Das mittlere follow up von Gruppe 1 lag bei 9,1 Jahren, das mittlere follow up von Gruppe 2 lag bei 9,8 Jahren nach arthroskopischem Debridement und bei 8,1 Jahren nach ergänzender Ulnaverkürzungsosteotomie. Das mittlere follow up von Gruppe 3 lag bei 9,7 Jahren. Es wurden diese langfristigen Ergebnisse mit den mittelfristigen Ergebnissen von Möldner et al. 2015 verglichen (Möldner et al., 2015).

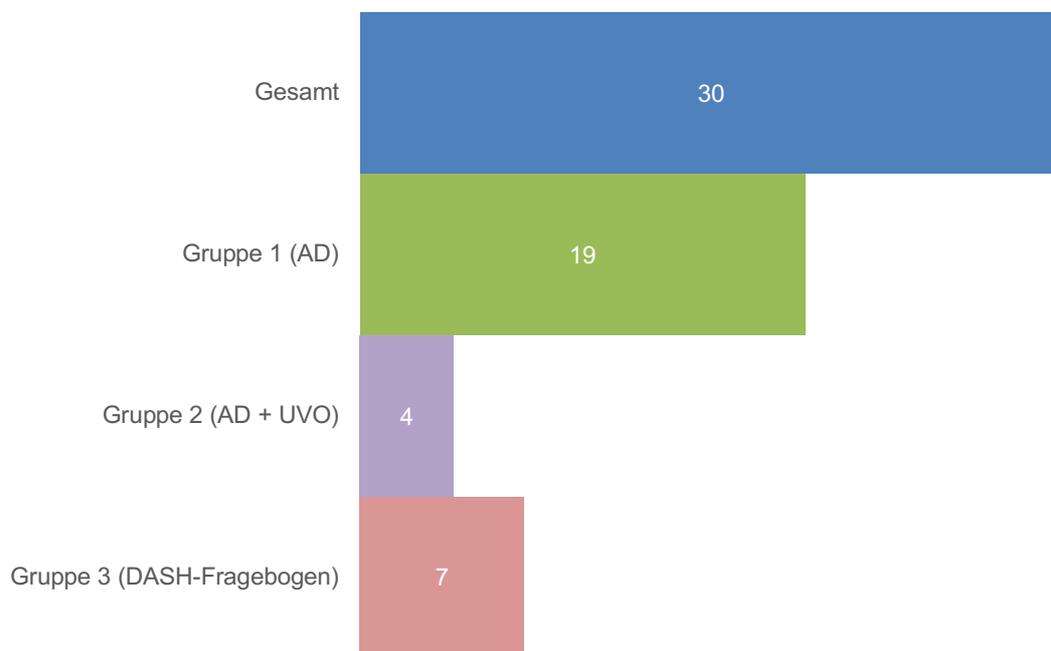


Abbildung 15: gesamtes Patientenkollektiv; Gruppe 1: arthroskopisches Debridement; Gruppe 2: arthroskopisches Debridement + Ulnaverkürzungsosteotomie; Gruppe 3 DASH-Fragebogen.

2.1.1 Demographie

Tabelle 1: Demographie

| Characteristic | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Patienten (n) | 19 | 4 | 7 |
| Geschlecht (m/w) | 5/14 | 2/2 | 3/4 |
| Operation der dominanten Hand (n) | 14 (74%) | 3 (75%) | 5 (71%) |
| Alter zum Zeitpunkt des arthroskopischen Debridements (J.) | 43,9 ± 12,1 | 51,0 ± 11,0 | 50,1 ± 13,0 |
| Alter zum Zeitpunkt der Ulnarverkürzungsosteotomie (J.) | | 52,8 ± 10,1 | 27,0 ± 0,0 |
| Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung (J.) | 53,1 ± 11,9 | 60,5 ± 10,3 | 59,7 ± 12,4 |
| Ulnarvarianz (mm) | 1,0 ± 1,2 | -1,0 ± 1,6 | |

2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien

| Einschlusskriterien | Ausschlusskriterien |
|-------------------------------------|---|
| Diskusläsion Palmer Typ 2C | Diskusläsion Palmer Typ 1, 2A, 2B, 2D, 2E |
| Alter 18-80 | Instabilität des distalen Radioulnargelenkes |
| ulnarseitiger Handgelenksschmerz | Vorangegangene intraartikuläre Fraktur des Radius oder Karpus |
| minimales follow up von 60 Monaten | Vorgeschichte einer rekonstruktiven Handchirurgie |
| Versagen der konservativen Therapie | intrinsische Bandläsionen |
| | extrinsische Bandläsionen |
| | inflammatorische Arthritis |
| | trapeziometokarpale Arthritis |
| | Tendinitis des Musculus extensor carpi ulnaris |
| | Karpale Osteonekrose |

2.2 Operationstechnik

2.2.1 Arthroskopisches Debridement

Die Operationen wurden unter standardisierten Bedingungen von mehreren, zertifizierten Handchirurgen durchgeführt. Die Diskusläsion wurde dem Goldstandard entsprechend arthroskopisch mit dem Tasthaken detektiert (Abbildung 16a) (Meier et al., 2003) (Löw et al., 2014a). Die Arthroskopie führten wir in regionaler oder allgemeiner Anästhesie in Blutleere mit 300 mmHg, unter Vertikalextension des Arms und Distraction mit einem Gewicht von 4 kg, durch. Das Debridement wurde mit einer 2,7 mm 30° Optik durchgeführt. Die Anlage der Zugänge erfolgte über die Portale 3-4, 4-5 und wenn notwendig über das Portal 6R (Bain et al., 2008) (Löw et al., 2014a). Die Sondierung der Diskusläsion erfolgte mit dem Tasthaken. Das Debridement führten wir mittels Shaver oder Faszange bis zu einem stabilen Rand durch (Abbildung 16b und 17). Abschließend wurde ein Kortikosteroid injiziert. Ein Debridement der distalen Ulna zur Korrektur einer positiven Ulnavarianz erfolgte nicht.



Abbildung 16a: zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C.



Abbildung 16b: zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C nach arthroskopischem Debridement.

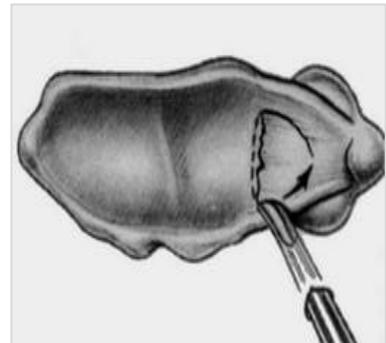


Abbildung 17: Typisches Ausmaß der Diskusresektion bei zentralen Diskusrissen (Bickert, 2004).

2.2.2 Ulnaverkürzungsosteotomie

Die Ulnaverkürzungsosteotomie führten wir in regionaler oder allgemeiner Anästhesie in Blutleere mit 300 mmHg über eine ulnopalmaren Zugang durch. Die Verkürzung erfolgte über 2 parallele 45 Grad Osteotomien mittels Sägeleere (Abbildung 18b) (Meier and Krimmer, 2002) (Unglaub, 2020). Die Fixierung der Osteotomie erfolgte mittels palmar platzierter Ulnaverkürzungsplatte und Zugschraube (Abbildung 18a) (Meier and Krimmer, 2002) (Unglaub, 2020). Bei 3 Patienten wurde um 3 mm verkürzt, bei 1 Patienten wurde um 4 mm verkürzt.

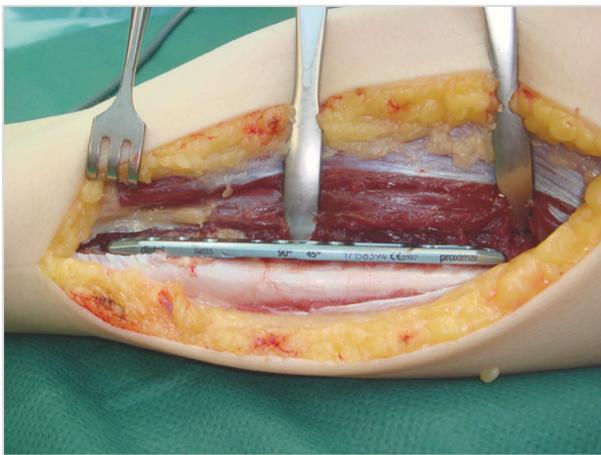


Abbildung 18a: Aufbringung der winkelstabilen Platte (Unglaub, 2020).

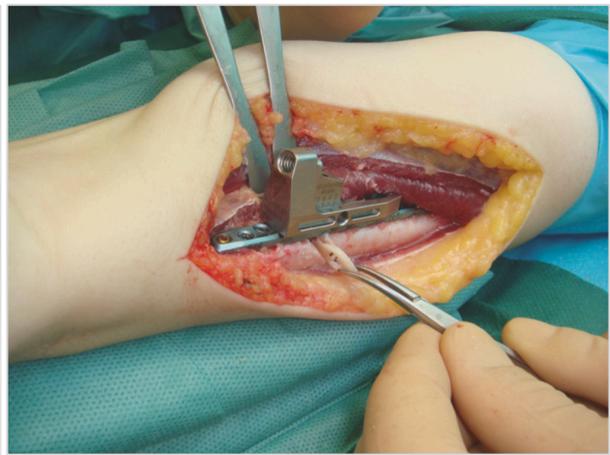


Abbildung 18b: Entnahme der Knochenscheibe (Unglaub, 2020).

2.3 Objektive Verlaufsbeobachtung

2.3.1 Radiologische Befundanalyse

Es wurden standardisierte Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in lateraler und dorsopalmarer Aufnahmetechnik angefertigt (Frahm, 2004). Zusätzlich wurde eine dorsopalmare Lastaufnahme erstellt. Die Messung der Ulnavarianz erfolgte digital mit RVC PACS® (Firma RVC Medical IT GmbH, Freiburg, Deutschland) standardisiert mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman (Abbildung 19a und 19b) (Gelberman et al., 1975).



Abbildung 19a: Messung der Ulnavarianz in der dorsopalmarer Aufnahme mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman.



Abbildung 19b: Messung der Ulnavarianz in der dorsopalmarer Stressaufnahme mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman.

2.3.2 Messung der Bewegungsausmaße

Das postoperative Bewegungsausmaß (ROM) wurde mittels zweiarmigen Vollkreisgoniometer gemessen. Bestimmt wurden Extension/ Flexion, Radial-/ Ulnardeviation sowie Pronation/ Supination (Abbildung 20). Gemessen wurde anhand der Neutral-Null-Methode (siehe Kapitel 10. Anhang) (Seyfarth, 1974) (Ryf and Weymann, 1995).

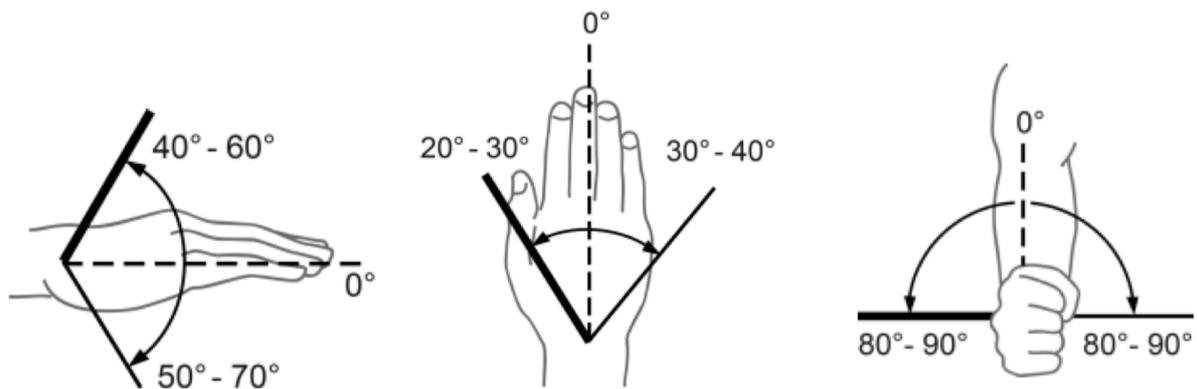


Abbildung 20: Bewegungsausmaß des Handgelenkes

2.3.3 Kraftmessung

Die Patienten wurden gemäß den Empfehlungen der American Society of Hand Therapists positioniert (Fess, 1992). Zur Messung der Grobgriffkraft wurde Jamar Dynamometer auf Stufe 2 (Sammons Preston Patterson Medical Products, Inc., Bollingbrook, IL) verwendet (Abbildung 21a und 21b), zur Messung der Schlüsselgriffkraft ein Pinge Gauge (Sammons Preston Patterson Medical Products, Inc., Bollingbrook, IL). Als Messeinheit wurde die metrische Einheit Kilogramm (kg) verwendet. Die Messung erfolgte abwechselnd zwischen gesunder und operierter Seite. Jede Seite wurde 3-mal gemessen. Schließlich wurde der Mittelwert ermittelt (siehe Kapitel 10. Anhang) (Mathiowetz et al., 1984) (Hogrel, 2015).



Abbildung 21a: Position für die Messung mit dem Jamar-Dynamometer (Hahn et al., 2018).

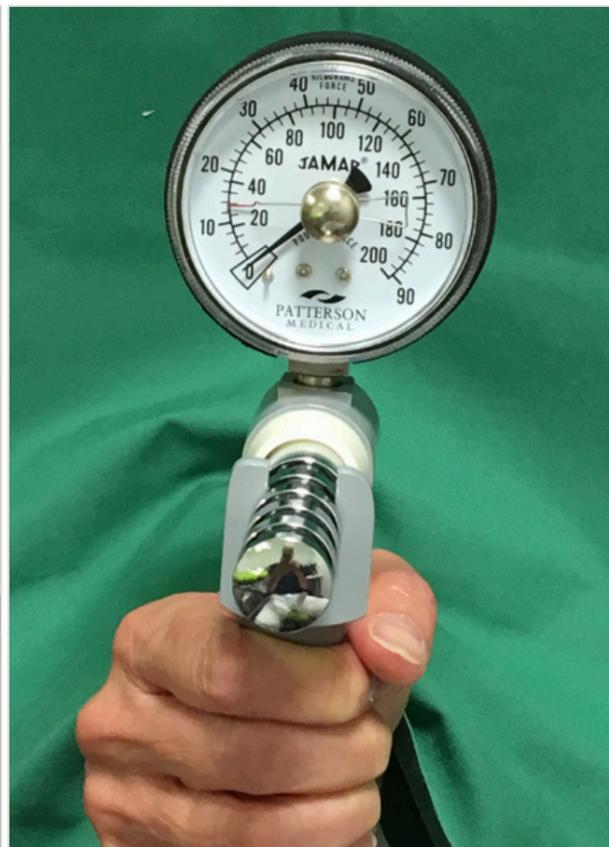


Abbildung 21b: Jamar-Dynamometer (Hahn et al., 2018).

2.3.4 Modified Mayo Wrist Score (MMWS)

Funktionelle Ergebnisse wurden mittels Modified Mayo Wrist Score (MMWS) analysiert (siehe Kapitel 10. Anhang). Der Modified Mayo Wrist Score wurde erstmals von Lamey und Fernandez 1998 vorgestellt (Lamey and Fernandez, 1998). Schmerz, Funktionsstatus im Arbeitsalltag, Beweglichkeit und Grobgriffkraft wurden evaluiert (Green and O'Brien, 1978) (Cooney et al., 1987). Entsprechend unterteilt sich der Modified Mayo Wrist Score in 4 Kategorien. Pro Kategorie können maximal 25 Punkte erreicht werden. Die einzelnen Punkte werden addiert und entsprechend, wie in der Tabelle dargestellt, eingeteilt. Die maximale Punktzahl beträgt 100.

Tabelle 3: Punktwerte Modified Mayo Wrist Score (MMWS).

| Modified Mayo Wrist Score | |
|----------------------------------|-------------|
| 91 - 100 Punkte | exzellent |
| 80 - 90 Punkte | gut |
| 65 - 79 Punkte | mittelmäßig |
| < 65 Punkte | schlecht |

2.4 Subjektive Verlaufsuntersuchung

2.4.1 Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand-Fragebogen (DASH-Score)

Die Bestimmung der subjektiven Beschwerden und Einschränkungen im Bereich der oberen Extremität erfolgte durch den Der DASH- (Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand) Fragebogen (siehe Kapitel 10. Anhang) (Hudak et al., 1996) (Klum et al., 2012). Der DASH-Fragebogen wurde 1996 von der American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS) in Zusammenarbeit mit dem Council of Musculoskeletal Specialty Societies (COMSS) und dem Institute for Work and Health (Toronto, Kanada) entwickelt (Martin et al., 1996) (Hudak et al., 1996). Der DASH-Fragebogen hat sich weltweit als am häufigsten eingesetzter Fragebogen bei der Evaluation des funktionellen Zustands von Erkrankungen und Verletzungen der oberen Extremität erwiesen (Jester et al., 2008).

Der DASH-Fragebogen besteht aus einem obligaten und einem optionalen Teil. Der obligate Teil erfragt Funktionseinschränkungen und die Beschwerdesymptomatik, der optionale Teil beinhaltet ein Arbeits- und Berufs-Modul sowie ein Sport- und Musik-Modul. Der obligate Teil umfasst 30 Fragen, dabei gibt es jeweils 5 Antwortmöglichkeiten für jede Frage. Die Skala reicht von „keine Schwierigkeiten“ oder

„keine Beschwerden“ bis „Aktivität nicht möglich“ oder „sehr starke Beschwerden“, entsprechend einem Zahlenwert von 1 bis 5. Die einzelnen Zahlenwerte werden am Ende addiert und bilden den Rohwert. Der DASH-Wert = (Rohwert -30) dividiert durch 1,2. 0 Punkte entsprechen keine Schwierigkeiten und keine Beschwerden, 100 Punkte entsprechen Aktivität nicht möglich und sehr starke Beschwerden. Die minimale klinisch relevante Differenz des DASH-Fragebogen wird in der Literatur mit 10,0 (Sorensen et al., 2013) und 13,5 (Kim and Park, 2013) angegeben. Die Retestrelabilität wird mit 0,90, die interne Konsistenz mit 0,96 (Offenbächer et al., 2003).

2.4.2 Subjektive Schmerzempfindung

Die subjektive Schmerzempfindung wurde mittels Visueller Analogskala (VAS) evaluiert (Abbildung 22) (Ahearn, 1997). Die VAS begann bei 0 und endete bei 10. 0 bedeutete kein Schmerz, 10 bedeutete den stärksten vorstellbaren Schmerz. Der Patient wurde gebeten seine subjektive Empfindung durch einen vertikalen Strich auf der Linie zu markieren (siehe Kapitel 10. Anhang). Erfragt wurde die subjektive Schmerzempfindung am Tage der Nachuntersuchung. Die präoperative Schmerzempfindung wurde retrospektiv erhoben.

Visuelle Analogskala (VAS)



Abbildung 22: Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala

2.4.3 Subjektive Beurteilung

Der Patient sollte den Gesamtzustand als gebessert, unverändert oder schlechter bewerten (siehe Kapitel 10. Anhang).

2.5 Komplikationen

Anhand der Operationsberichte wurden intraoperative Komplikationen erfasst. Unter Durchsicht der Patientenakte wurden postoperative Komplikationen untersucht. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden Komplikationen im Verlauf evaluiert.

2.6 Statistische Analyse

Die empirische Verteilung stetiger Daten wurde mit dem Mittelwert und Standardabweichung beschrieben, bei kategorialen Daten wurden absolute und relative Häufigkeiten bestimmt. Mögliche Unterschiede zwischen Patientengruppen wurden im Falle stetiger Daten mit dem t-Test, im Falle kategorialer Daten mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft. Unterschiede vor und nach OP wurden bei stetigen Daten mit dem Einstichproben t-Test, bei kategorialen Daten mit McNemar's Test überprüft (Armitage et al., 2008). Pearsonsche Korrelationskoeffizienten wurden berechnet, um mögliche Zusammenhänge zwischen stetigen Daten zu zeigen (Armitage et al., 2008). Wo immer es angebracht war, wurden statistische Grafiken zur Visualisierung der Ergebnisse erstellt. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt.

3 ERGEBNISSE

3.1 Objektive Verlaufsergebnisse

Auffällig war eine Dominanz des weiblichen Geschlechts. Weiter lag eine Dominanz der rechten zur linken Seite vor. Beide Faktoren hatten jedoch keine signifikante Auswirkung auf Ergebnis. Signifikant häufig wurde die dominante Hand operiert. Auch dieser Faktor hatte keine signifikante Auswirkung auf das Ergebnis.

3.1.1 Radiologische Ergebnisse

Die statische gemessene Ulnavarianz lag im Mittel in Gruppe 1 bei $1,0 \pm 1,2$ mm, in der Lastaufnahme im Ballgriff bei $1,9 \pm 1,3$ mm. 14 Patienten der Gruppe 1 wiesen eine Ulna-Plus-Variante auf, 3 Patienten eine Ulna-Plus-Variante > 2 mm auf, 2 Patienten eine Ulna-Minus-Variante von $-1,74$ mm und $-1,5$ mm. In Gruppe 2 lag die statische gemessene Ulnavarianz im Mittel bei $-1,0 \pm 1,6$ mm, in der Lastaufnahme im Ballgriff bei $0,9 \pm 1,3$. 2 Patienten der Gruppe 2 wiesen eine Ulna-Minus-Variante von $-2,81$ mm und $-0,21$ mm auf, 1 Patient wies eine Ulna-Null-Variante auf. 1 Patient der Gruppe 2 unterzog sich keiner radiologischen Diagnostik.

3.1.2 Bewegungsausmaße

Es wurden keine signifikanten Unterschiede des postoperativen Bewegungsausmaßes von operierter und kontralateraler in den einzelnen Gruppen festgestellt. In Gruppe 1 lag eine negative Korrelation zwischen Alter zum Zeitpunkt des arthroskopischen Debridements und der Extension/ Flexion vor ($p < 0,01$).

Im Mittel lag in Gruppe 1 der postoperative Bewegungsumfang (ROM) in Extension/Flexion bei $134,7 \pm 16,3$ Grad, in Radial-/ Ulnarduktion bei $58,4 \pm 11,7$ Grad und in Pronation/ Supination $172,9 \pm 9,3$ Grad. In Gruppe 2 lag der durchschnittliche postoperative Bewegungsumfang (ROM) in Extension/Flexion bei $132,5 \pm 17,1$ Grad, in Radial-/ Ulnarduktion $58,8 \pm 12,5$ Grad und in Pronation/ Supination $177,5 \pm 5,0$ Grad.

Im Vergleich zur kontralateralen Hand wurde in Gruppe 1 ein postoperativer Bewegungsumfang (ROM) von durchschnittlich 99,44 % für die Extension/ Flexion, 98,88 % für die Radial-/ Ulnarduktion und 99,00 % für die Pronation/ Supination gemessen. In Gruppe 2 wurde ein postoperativer Bewegungsumfang (ROM) von durchschnittlich 97,25 % für die Extension/ Flexion, 96,15 % für die Radial-/

Ulnarduktion und 98,61 % für die Pronation/ Supination im Vergleich zur kontralateralen Hand gemessen.

Tabelle 4: Bewegungsumfänge im Handgelenk in Grad.

| Parameter | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|--|------------------|------------------|----------|
| Extension/Flexion operierte Hand (°) | 134,7 ± 16,3 | 132,5 ± 17,1 | |
| Extension/Flexion kontralaterale Hand (°) | 136,1 ± 18,3 | 136,3 ± 17,0 | |
| <i>p-Wert</i> | <i>p = 0,507</i> | <i>p = 0,215</i> | |
| Radial-/Ulnarduktion operierte Hand (°) | 58,4 ± 11,7 | 58,8 ± 12,5 | |
| Radial-/Ulnarduktion kontralaterale Hand (°) | 60,0 ± 9,9 | 61,3 ± 12,5 | |
| <i>p-Wert</i> | <i>p = 0,559</i> | <i>p = 0,391</i> | |
| Pronation/Supination operierte Hand (°) | 172,9 ± 9,3 | 177,5 ± 5,0 | |
| Pronation/Supination kontralaterale Hand (°) | 174,7 ± 9,0 | 180 ± 0,0 | |
| <i>p-Wert</i> | <i>p = 0,202</i> | <i>p = 0,391</i> | |

3.1.3 Kraft

Es wurden keine signifikanten Unterschiede der Messung der postoperativen Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft von operierter und kontralateraler in den einzelnen Gruppen festgestellt.

Im Mittel konnte in Gruppe 1 eine postoperative Grobgriffkraft von 32,9 ± 12,0 kg erreicht werden und eine Schlüsselgriffkraft von 6,8 ± 1,7 kg. In Gruppe 2 konnte im Mittel eine postoperative Grobgriffkraft von 33,3 ± 16,4 kg erreicht werden und eine Schlüsselgriffkraft von 6,8 ± 3,5 kg.

Die Grobgriffkraft von Gruppe 1 betrug 108 % und die Schlüsselgriffkraft betrug 104 % im Vergleich zur kontralateralen Hand. Im Vergleich zur kontralateralen Hand wurde in Gruppe 2 eine Grobgriffkraft von 90 % und eine Schlüsselgriffkraft von 78 % gemessen.

Tabelle 5: Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft.

| Parameter | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|--|------------------|------------------|----------|
| Grobgriffkraft operierte Hand (kg) | 32,9 ± 12,0 | 33,3 ± 16,4 | |
| Grobgriffkraft kontralaterale Hand (kg) | 31,9 ± 13,5 | 35,5 ± 9,1 | |
| <i>p-Wert</i> | <i>p = 0,363</i> | <i>p = 0,670</i> | |
| Schlüsselgriffkraft operierte Hand (kg) | 6,8 ± 1,7 | 6,8 ± 3,5 | |
| Schlüsselgriffkraft kontralaterale Hand (kg) | 6,7 ± 1,9 | 8,2 ± 2,7 | |
| <i>p-Wert</i> | <i>p = 0,769</i> | <i>p = 0,074</i> | |

3.1.4 Modified Mayo Wirst Score

Gruppe 1 erreichte im Mittel einen MMWS von $92,4 \pm 7,3$ Punkten, Gruppe 2 einen Punktwert von $92,5 \pm 9,6$ Punkten. Von insgesamt 23 Patienten erzielten 52,17 % ein exzellentes Ergebnis und 47,83 % ein gutes Ergebnis.

Der MMWS korrelierte in Gruppe 1 signifikant negativ mit der subjektiven Schmerzwahrnehmung ($r = -0,646$, $p = 0,003$). Weiter bestand in Gruppe 1 eine signifikant negative Korrelation zwischen MMWS und DASH-Score ($r = -0,747$, $p < 0,001$).

Tabelle 6: Modified Mayo Wirst Score (MMWS).

| Parameter | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|-----------|----------------|----------------|----------|
| MMWS | $92,4 \pm 7,3$ | $92,5 \pm 9,6$ | |

3.2 Subjektive Verlaufsergebnisse

3.2.1 DASH-Score

In Gruppe 1 konnte ein DASH-Score von $20,1 \pm 20,1$ Punkten evaluiert werden. Gruppe 2 erreichte einen DASH-Score von $21,1 \pm 35,4$ Punkten. Gruppe 3 erreichte einen DASH-Score von $11,9 \pm 17,8$ Punkten.

Der DASH-Score korrelierte in Gruppe 1 signifikant positiv mit der subjektiven Schmerzwahrnehmung ($r = 0,500$, $p = 0,029$).

3.2.2 Schmerzbeurteilung

In Gruppe 1 reduzierte sich nach arthroskopischem Debridement der Wert auf der Visuellen Analogskala signifikant von $7,7 \pm 1,4$ Punkten auf $1,5 \pm 2,0$ Punkte ($p < 0,01$). In Gruppe 2 reduzierte sich der Wert nach arthroskopischem Debridement auf der Visuellen Analogskala nicht signifikant von $7,1 \pm 2,4$ Punkten auf $5,9 \pm 1,5$ Punkte ($p = 0,39$) (Abbildung 23). Nach Ulnaverkürzungsosteotomie reduzierte sich der Wert auf der Visuellen Analogskala signifikant von $6,4 \pm 1,5$ Punkten auf $0,5 \pm 1,0$ Punkte ($p < 0,001$).

Tabelle 7: Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Fragebogen (DASH-Score), Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala.

| Parameter | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| DASH-Score | $20,1 \pm 20,1$ | $21,2 \pm 35,4$ | $11,9 \pm 17,8$ |
| VAS vor arthroskopischem Debridement | $7,7 \pm 1,4$ | $7,1 \pm 2,4$ | |
| VAS nach arthroskopischem Debridement | $1,5 \pm 2,0$ | $5,9 \pm 1,5$ | |
| <i>p-Wert</i> | $p < 0,001$ | $p = 0,391$ | |
| VAS nach Ulnaverkürzungsosteotomie | | $0,5 \pm 1,0$ | |
| <i>p-Wert</i> | | $p < 0,001$ | |

3.2.3 Subjektive Beurteilung

Subjektiv bewerteten 27 Patienten (90 %) den Gesamtzustand als gebessert und 3 Patienten (10 %) als gleichgeblieben.

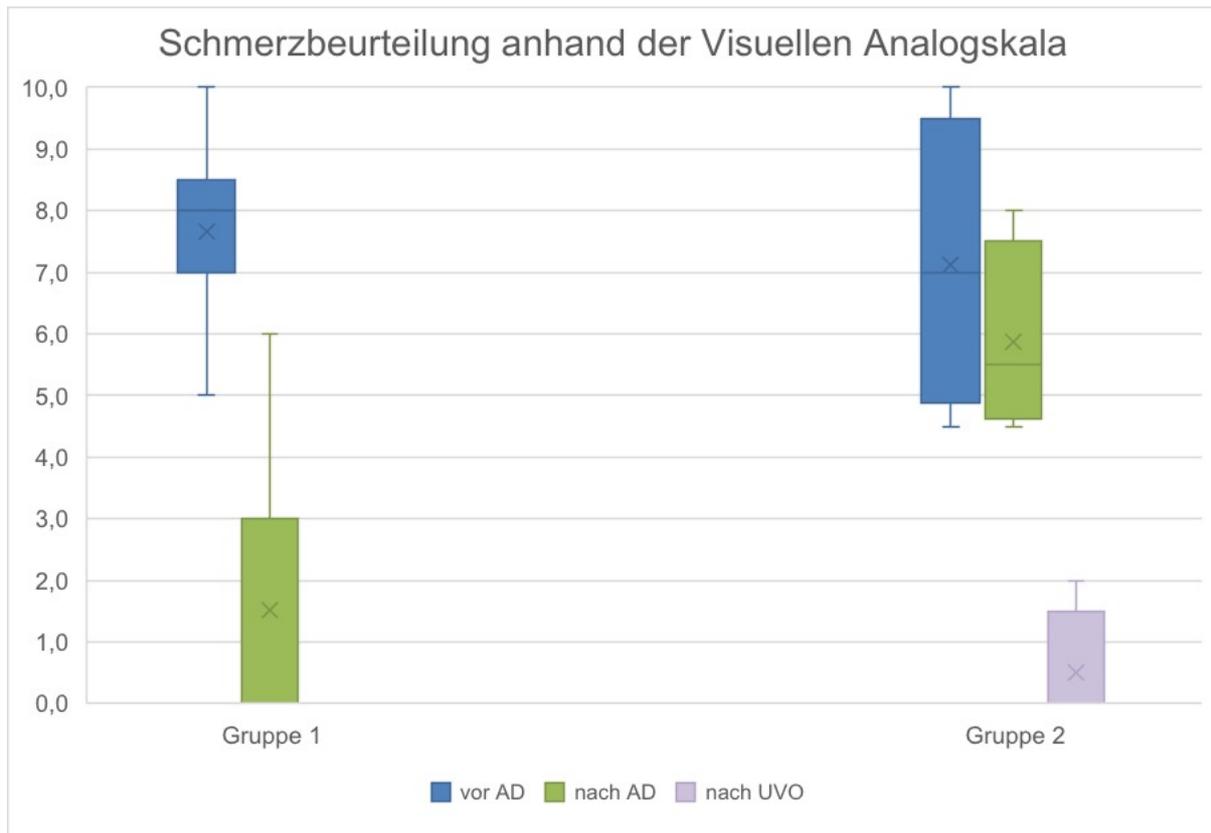


Abbildung 23: Boxplot zur Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala der Gruppe 1 vor (blau) und nach (grün) arthroskopischem Debridement (AD) sowie der Gruppe 2 vor (blau) und nach (grün) arthroskopischem Debridement bzw. nach (violett) Ulnaverkürzungsosteotomie UVO.

3.3 Komplikationen

Im Patientenkollektiv konnten keine wesentlichen Komplikationen, sowohl im Rahmen des chirurgischen Eingriffes als auch während der Nachbeobachtungszeit, erfasst werden. Als wesentliche Komplikationen sind hier Wundheilungsstörungen, Infektionen, Implantatversagen oder Pseudarthrosen zu nennen.

3.4 Vergleich mittelfristige Ergebnisse und langfristige Ergebnisse

Im Vergleich zu den mittelfristigen Ergebnissen konnten langfristig gute bis sehr gute funktionelle und subjektive Ergebnisse erzielt werden. Eine signifikante Verbesserung der Beweglichkeit konnte für Gruppe 1 nachgewiesen werden. Es wurden keine signifikanten Unterschiede der Messung der postoperativen Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft festgestellt. Eine signifikante Differenz der erzielten Punktwerte im Modified Mayo Wrist Score (MMWS), der erzielten Punktwerte in der subjektiven Bewertung im Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Fragebogen (DASH-Score) sowie der erzielten Punktwerte in der Schmerzempfindung auf der Visuellen Analogskala lag nicht vor (Abbildung 24).

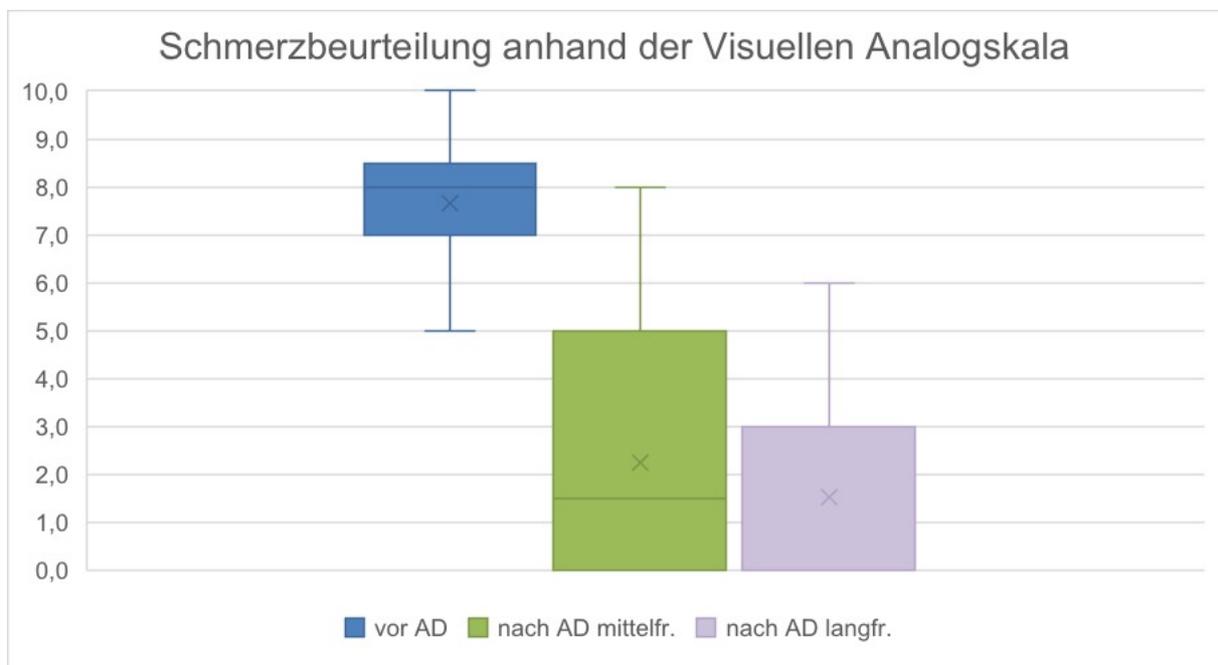


Abbildung 24: Boxplot zur Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala; mittelfristige Ergebnisse (grün) sowie langfristige Ergebnisse (violett) nach arthroskopischem Debridement (AD).

Tabelle 8: Vergleich mittelfristige Ergebnisse und langfristige Ergebnisse.

| Parameter | Gruppe 1 | Gruppe 2 | Gruppe 3 |
|---|-------------------------|------------------|------------------|
| Extension/Flexion der operierten Hand (°) | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 125,3 ± 25,1 | 142,5 ± 11,9 | |
| langfristige Ergebnisse | 134,7 ± 16,3 | 132,5 ± 17,1 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,005 | <i>p</i> = 0,267 | |
| Radial-/Ulnarduktion operierte Hand (°) | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 49,5 ± 6,2 | 61,3 ± 10,3 | |
| langfristige Ergebnisse | 58,4 ± 11,7 | 58,8 ± 12,5 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,003 | <i>p</i> = 0,604 | |
| Pronation/Supination operierte Hand (°) | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 165,5 ± 9,4 | 177,5 ± 5,0 | |
| langfristige Ergebnisse | 172,9 ± 9,3 | 177,5 ± 5,0 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,021 | <i>p</i> = 1,0 | |
| Grobgriffkraft (kg) | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 30,3 ± 12,9 | 30,8 ± 6,6 | |
| langfristige Ergebnisse | 32,9 ± 12,0 | 33,3 ± 16,4 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,076 | <i>p</i> = 0,729 | |
| Schlüsselgriffkraft (kg) | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 6,0 ± 2,8 | 5,0 ± 4,8 | |
| langfristige Ergebnisse | 6,8 ± 1,7 | 6,8 ± 3,5 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,224 | <i>p</i> = 0,106 | |
| MMWS | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 86,8 ± 13,7 | 93,8 ± 9,5 | |
| langfristige Ergebnisse | 92,4 ± 7,3 | 92,5 ± 9,6 | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,058 | <i>p</i> = 0,861 | |
| DASH-Score | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 24,0 ± 21,5 | 17,2 ± 24,5 | 6,2 ± 6,5 |
| langfristige Ergebnisse | 20,1 ± 20,1 | 21,2 ± 35,4 | 11,9 ± 17,8 |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,263 | <i>p</i> = 0,564 | <i>p</i> = 0,446 |
| VAS nach arthroskopischem Debridement | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | 2,2 ± 2,5 | | |
| langfristige Ergebnisse | 1,5 ± 2,0 | | |
| <i>p</i> -Wert | <i>p</i> = 0,173 | | |
| VAS nach Ulnaverkürzungsosteotomie | | | |
| mittelfristige Ergebnisse | | 1,0 ± 0,8 | |
| langfristige Ergebnisse | | 0,5 ± 1,0 | |
| <i>p</i> -Wert | | <i>p</i> = 0,182 | |

4 DISKUSSION

4.1 Objektive Ergebnisse

4.1.1 Radiologische Ergebnisse

14 Patienten der Gruppe 1 wiesen eine Ulna-Plus-Variante auf, 3 Patienten eine Ulna-Plus-Variante > 2 mm auf, 2 Patienten eine Ulna-Minus-Variante. 2 Patienten der Gruppe 2 wiesen eine Ulna-Minus-Variante auf, 1 Patient wies eine Ulna-Null-Variante auf.

Ein alleiniges arthroskopisches Debridement von Diskusläsionen bei Ulna-Plus-Variante wird in der Literatur weiterhin diskutiert. So beschreiben Studien einen Anteil an Patienten mit persistierenden ulnarseitigen Hangelenksbeschwerden nach isoliertem arthroskopischem Debridement bei Ulna-Plus-Variante (Husby and Haugstvedt, 2001) (Tränkle et al., 2000) (Broccoli et al., 2014).

Broccoli et al. evaluierten 22 Patienten mit ausschließlich degenerativen TFCC-Läsionen nach arthroskopischem Debridement. 10 Patienten wiesen eine Ulna-Plus-Variante und 12 Patienten eine Ulna-Minus- oder Ulna-Null-Variante auf. Bei 9 der 10 Patienten mit Ulna-Plus-Variante erfolgte im Verlauf eine Ulnaverkürzungsosteotomie. Diese erfolgte im Mittel 73 Tage nach arthroskopischem Debridement. Das Durchschnittsalter der Patienten mit Ulna-Plus-Variante betrug 43,2 Jahre, das Durchschnittsalter der Patienten mit Ulna-Minus- oder Ulna-Null-Variante betrug 46,9 Jahre. Verglichen wurde der Outcome beider Kollektive 3 Monate und 6 Monate postoperativ. Broccoli et al. berichtet von einer erfolgreichen Schmerzreduktion nach arthroskopischem Debridement bei Ulna-Minus- oder Ulna-Null-Variante (Broccoli et al., 2014). Demgegenüber konnte nur bei 1 von 10 Patienten mit einer Ulna-Plus-Variante eine Schmerzreduktion erreicht werden.

Husby et al. sieht ein alleiniges arthroskopisches Debridement von degenerativen TFCC-Läsionen bei Ulna-Plus-Variante als nicht ausreichend an. Bei Vorliegen einer degenerativen TFCC-Läsion und einer Ulna-Plus-Variante sollte ein arthroskopisches Debridement mit einer z.B. Ulnaverkürzungsosteotomie kombiniert werden (Husby and Haugstvedt, 2001). Die Ansicht von Husby et al. decken sich nicht mit dem Outcome der vorliegenden Studie.

Bei 16 Patienten der vorliegenden Studie mit einer Ulna-Plus-Variante konnte nach einem isolierten arthroskopischen Debridement eine Schmerzreduktion evaluiert werden. 2 Patienten hiervon wiesen eine Ulna-Plus-Variante > 2 mm auf. Diese

Ergebnisse entsprechen denen anderer Studien, welche ebenfalls eine Schmerzreduktion nach isoliertem arthroskopischem Debridement bei Ulna-Plus-Variante beschreiben (Osterman and Terrill, 1991) (Hulsizer et al., 1997) (Beyermann et al., 2002) (Tan et al., 2012) (Saito et al., 2017) (Löw et al., 2018a).

Demgegenüber stehen jedoch 3 Patienten dieser Studie mit Ulna-Plus-Variante welche den Zustand als gleichgeblieben beschreiben. Bei 2 Patienten hiervon konnte in der Lastaufnahme eine Zunahme der Ulna-Plus-Variante auf > 2 mm nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse bekräftigen hingegen die Auffassung von Tränkle et al. und Broccoli et al. über eine sekundäre Ulnaverkürzung nach gescheitertem arthroskopischem Debridement bei Ulna-Plus-Variante von 2 mm und mehr (Broccoli et al., 2014) (Tränkle et al., 2000).

Zusammenfassend weisen die von uns erhobenen Befunde jedoch darauf hin, dass ein arthroskopisches Debridement, unabhängig einer Ulna-Plus-Variante zu einer Schmerzreduktion führen kann.

4.1.2 Ergebnisse der Bewegungsausmaße

Die gemessenen Bewegungsumfänge der operierten Hand entsprachen in allen Ebenen dem normalen funktionellen Bewegungsausmaß des Handgelenkes. Es konnte kein klinisch signifikanter Unterschied der Bewegungsumfänge von operierter und kontralateraler Hand erfasst werden. Im Vergleich der Gruppen 1 und 2 ließ sich kein signifikanter Unterschied der Bewegungsumfänge nachweisen.

Im Mittel lag in Gruppe 1 der postoperative Bewegungsumfang (ROM) in Extension/Flexion bei 135 Grad, in Radial-/ Ulnardeviation bei 58 Grad und in Pronation/ Supination 173 Grad. In Gruppe 2 lag der durchschnittliche postoperative Bewegungsumfang (ROM) in Extension/Flexion bei 133 Grad, in Radial-/ Ulnardeviation 59 Grad und in Pronation/ Supination 178 Grad.

Darlis et al. untersuchten in ihrer Studie 20 Patienten mit TFCC-Läsionen nach arthroskopischem Debridement mittels Radiofrequenz-Chirurgie. 14 Patienten wiesen eine 1A Läsion, 2 Patienten eine 1D Läsion und 4 Patienten zentrale degenerative Läsionen auf. Eine weitere Differenzierung der degenerativen Läsionen erfolgte nicht. Das Durchschnittsalter betrug 44 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 22 Monaten. Der postoperative Bewegungsumfang (ROM) lag im Mittel in Extension/Flexion bei 132 Grad, in Radial-/ Ulnardeviation bei 48 Grad und in Pronation/ Supination bei 155 Grad (Darlis et al., 2005).

Cardenas-Montemayor et al. untersuchten in ihrer Studie 31 Patienten mit 1B TFCC-Läsionen nach arthroskopischem Debridement. Das Durchschnittsalter betrug 36,7 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 26,7 Monaten. Gemessen wurde ein postoperativer Bewegungsumfang (ROM) von durchschnittlich 99,2 % für die Extension/ Flexion, 95,5 % für die Radial-/ Ulnardeviation und 99,4 % für die Pronation/ Supination im Vergleich zur kontralateralen Hand gemessen (Cardenas-Montemayor et al., 2013).

Nishizuka et al. untersuchten in ihrer Studie 66 Patienten. Differenziert wurde das Kollektiv nach Therapie. So erhielten 24 Patienten eine Ulnaverkürzungsosteotomie, 15 Patienten eine Refixation, 14 Patienten ein arthroskopisches Debridement und 13 Patienten wurden konservativ behandelt. Das Durchschnittsalter betrug 38,1 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 18 Monaten. Der postoperative Bewegungsumfang (ROM) lag im Mittel in Extension/Flexion bei 140 Grad und in Pronation/ Supination bei 171 Grad. (Nishizuka et al., 2013).

Husby et al. untersuchten in ihrer Studie 35 Patienten mit heterogenen TFCC-Läsionen nach arthroskopischer Teilresektion und chondralem Debridement. 26 Patienten wiesen eine 1A Läsion, 6 Patienten eine 1D Läsion, 3 Patienten eine 2C Läsion und 1 Patient eine 2D Läsion auf.

Das Durchschnittsalter betrug 36 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 39 Monaten. Gemessen wurde ein postoperativer Bewegungsumfang (ROM) von durchschnittlich 94 % für die Extension/ Flexion, 96 % für die Radial-/ Ulnardeviation und 100 % für die Pronation/ Supination im Vergleich zur kontralateralen Hand gemessen (Husby and Haugstvedt, 2001).

Iwasaki et al., 2007 untersuchten 53 Patienten mit degenerativen 2B-2E Läsionen nach arthroskopischem Debridement und Ulnaverkürzungsosteotomie. Das Durchschnittsalter betrug 37,5 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 26,3 Monaten. Der postoperative Bewegungsumfang (ROM) lag im Mittel in Extension/Flexion bei 156 Grad und in Pronation/ Supination bei 166 Grad (Iwasaki et al., 2007).

Garcia-Lopez et al. untersuchten 162 Patienten mit 1A-1D und 2A und 2C Läsionen nach arthroskopischem Debridement mittels Radiofrequenz-Chirurgie. Das Durchschnittsalter betrug 36 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 39 Monaten. Es konnte ein postoperativer Bewegungsumfang (ROM) von durchschnittlich 92 % in Extension/ Flexion und 97% in Pronation/ Supination im Vergleich zur kontralateralen Hand ermitteln werden (Garcia-Lopez et al., 2012).

Das Bewegungsausmaß der operierten Hand in Extension/ Flexion und in Radial-/ Ulnardeviation lag in dieser Studie zwischen dem von Palmer und Ryu beschriebenen funktionellen Bewegungsausmaß des gesunden Handgelenkes. Palmer beschreibt Messwerte für das Bewegungsausmaß in Extension/ Flexion von 133° und in Radial-/ Ulnardeviation von 40,5°. (Palmer et al., 1985). Ryu et al. gibt das maximale Bewegungsausmaß, welches für tägliche Aktivitäten erforderlich ist in Extension/ Flexion mit 114 Grad an und in Radial- und Ulnarabduktion mit 57 Grad an (Ryu et al., 1991).

Zusammenfassend können die von uns gemessenen Bewegungsausmaße im Vergleich zur Literatur und den oben genannten Studien somit als gut bis sehr gut interpretiert werden (Palmer et al., 1985) (Ryu et al., 1991) (Klum et al., 2012).

4.1.3 Ergebnisse der Kraftmessung

In Bezug auf die relative Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft konnte eine gute Kraftentwicklung der operierten Hand im Vergleich zur kontralateralen Hand ermittelt werden

Im Mittel konnte in Gruppe 1 eine postoperative Grobgriffkraft von 33 kg erreicht werden und eine Schlüsselgriffkraft von 7 kg. In Gruppe 2 konnte im Mittel eine postoperative Grobgriffkraft von 33 kg erreicht werden und eine Schlüsselgriffkraft von 7 kg.

Die Befunde der vorliegenden Studie stimmen mit den Daten von Cardenas-Montemayor et al. im Wesentlichen überein. Diese konnten in ihrer Studie eine postoperative Grobgriffkraft von 35 kg und eine Schlüsselgriffkraft von 7 kg im Vergleich zur kontralateralen Seite nachweisen (Cardenas-Montemayor et al., 2013). Die eigenen Daten sind weiter mit den Ergebnissen von Iwasaki et al. und Husby et al. gut vergleichbar (Iwasaki et al., 2007) (Husby and Haugstvedt, 2001). Erstere konnten in ihrer Studie eine postoperative Grobgriffkraft von 91 % im Vergleich zur kontralateralen Seite ermitteln Letztere eine postoperative Grobgriffkraft von 95 % im Vergleich zur kontralateralen Seite. Abweichende Ergebnisse konnten Darlis et al. mit einer postoperativen Grobgriffkraft von 83 % im Vergleich zur kontralateralen Seite evaluieren (Darlis et al., 2005). Die von den vorliegenden Daten abweichenden Ergebnisse sind möglicherweise auf die von Darlis et al. eingeschlossenen hochgradigen degenerativen Läsionen sowie Palmer 1D-Läsionen zurückzuführen. In der Literatur werden die Werte der Grobgriffkraft der gesunden dominanten Hand zwischen 18 bis 82 kg bei Männern im mittleren Alter von 46,7 Jahren und zwischen

16 bis 44 kg bei Frauen im mittleren Alter von 39 Jahren angegeben. Im Mittel entspricht das einer Grobgriffkraft der Hand von 48,6 kg für Männer und 28,5 kg für Frauen (Anakwe et al., 2007). Klum et al. definierte ein Mittel der Grobgriffkraft von 45 kg bei Männern bzw. von 27 kg bei Frauen im Alter von 30 bis 49 Jahren (Klum et al., 2012).

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie sind, in Anbetracht des weitestgehend weiblichen Patientenkollektives mit einem durchschnittlichen Alter von 54,3 Jahren, vereinbar mit den Werten der gängigen Literatur. Im Vergleich zu entsprechenden Studien ist von einem sehr guten funktionellen postoperativen Ergebnis auszugehen.

4.1.4 Ergebnisse des Modified Mayo Wirst Score

Die objektive Bewertung der Funktionalität mittels Modified Mayo Wirst Score ergab einen signifikant hohen Punktwert bei signifikanter Schmerzreduktion auf der visuellen Analogskala.

Gruppe 1 erreichte im Mittel einen MMWS von 92, Gruppe 2 einen Punktwert von 93. Von 19 Patienten der Gruppe 1 erzielten 10 Patienten ein exzellentes Ergebnis und 9 Patienten ein gutes Ergebnis. Von 4 Patienten der Gruppe 2 erreichten 2 Patienten ein exzellentes Ergebnis und 2 Patienten ein gutes Ergebnis.

Die eigenen Daten stimmen weitestgehend mit den Ergebnissen anderer Studien überein. In der Studie von Darlis et al. erreichten 10 Patienten ein exzellentes Ergebnis, 7 Patienten ein gutes Ergebnis und 3 Patienten ein mittelmäßiges Ergebnis. Vergleichbare Ergebnisse konnte Cardenas-Montemayor et al. nachweisen. Hier erzielten 48 % der Patienten ein exzellentes, 39 % der Patienten ein gutes und 13 % der Patienten ein mittelmäßiges Ergebnis. Bei Husby et al. erreichten 13 Patienten ein exzellentes, 8 Patienten ein gutes, 2 Patienten ein mittelmäßiges und 5 Patienten ein schlechtes Ergebnis (Husby and Haugstvedt, 2001).

Zusammenfassend bestätigen die am vorhandenen Patientenkollektiv erhobenen Daten ein sehr gutes funktionelles postoperatives Ergebnis nach arthroskopischem Debridement.

4.2 Subjektive Ergebnisse

4.2.1 Ergebnisse der Schmerzbeurteilung

Es konnte eine signifikante Schmerzreduktion auf der visuellen Analogskala erreicht werden. In Gruppe 1 reduzierte sich nach arthroskopischem Debridement der Wert auf der Visuellen Analogskala signifikant von 7,7 Punkten auf 1,5 Punkte. In Gruppe 2 reduzierte sich der Wert nach arthroskopischem Debridement auf der Visuellen Analogskala nicht signifikant von 7,1 Punkten auf 5,9 Punkte. Nach Ulnaverkürzungsosteotomie reduzierte sich der Wert auf der Visuellen Analogskala signifikant auf 0,5 Punkte.

Broccoli et al. evaluierten 6 Monate postoperativ für Patienten mit einer positiven Ulnavarianz nach Ulnaverkürzungsosteotomie ein Ruheschmerz auf der Visuellen Analogskala von 1,0 und für Patienten mit einer negativen oder neutralen Ulnavarianz nach arthroskopischem Debridement ein Ruheschmerz auf der Visuellen Analogskala von 1,3 (Broccoli et al., 2014).

Die eigenen Daten sind mit den Ergebnissen von Broccoli et al. gut vereinbar. Dies gilt insbesondere für das Patientenkollektiv mit einer negativen oder neutralen Ulnavarianz. Auch in der hiesigen Studie konnten Patienten, die sich im Verlauf, aufgrund persistierender Beschwerden, einer Ulnaverkürzungsosteotomie unterzogen haben, hiervon profitieren. Der höhere Anteil dieser Patienten von 41 % deckt sich mit den eigenen Befunden nicht. Die Tatsache, dass eine Ulnaverkürzungsosteotomie im Mittel 73 Tage nach arthroskopischem Debridement durchgeführt wurde, legt die Frage nahe, ob diese möglicherweise zu früh erfolgt ist.

Cardenas-Montemayor et al konnten ebenfalls eine vergleichbar signifikante Schmerzlinderung auf der Visuellen Analogskala von 7,6 präoperativ auf 2,3 postoperativ evaluieren (Cardenas-Montemayor et al., 2013). Darlis et al. konnten eine signifikante Schmerzlinderung auf der Visuellen Analogskala von 6,0 präoperativ auf 2,7 postoperativ verzeichnen (Darlis et al., 2005).

Nishizuka et al. konnten keine signifikante Schmerzlinderung nach arthroskopischem Debridement feststellen (Nishizuka et al., 2013). Die mäßige Schmerzlinderung auf der Visuellen Analogskala von 4,8 präoperativ auf 3,4 postoperativ wird von diesen Autoren aufgrund entzündlicher Veränderungen, vergleichbar zur Osteoarthritis im Kniegelenk begründet (Nishizuka et al., 2013). Die Ansicht stützt sich dabei auf eine Studie von Laupattarakasem et al. aus dem Jahr 2008. Diese konnten keine signifikante Schmerzlinderung nach arthroskopischem Debridement bei Osteoarthritis

im Kniegelenk evaluieren (Laupattarakasem et al., 2008). Die eigenen Befunde stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Studie und stützen die Begründung nicht. Ein direkter Vergleich, der am vorliegenden Patientenkollektiv erhobenen Befunde erscheint bei fehlender Klassifikation der TFCC-Läsion jedoch erschwert.

Die eigenen Ergebnisse bestätigen die These, dass eine signifikante Schmerzreduktion auf der visuellen Analogskala nach arthroskopischem Debridement erreicht werden kann.

4.2.2 Ergebnisse des DASH-Score

In Gruppe 1 konnte ein DASH-Score von 20 Punkten evaluiert werden. Gruppe 2 erreichte ein DASH-Score von 21 Punkten. Gruppe 3 erreichte einen DASH-Score von 12 Punkten. Der DASH-Score korrelierte in Gruppe 1 signifikant positiv mit der subjektiven Schmerzwahrnehmung.

Löw et al. untersuchten 32 Patienten nach arthroskopischem Debridement bei Ulnar- Impaction-Syndrom. Hiervon wiesen 16 Patienten eine zentrale TFCC-Läsion auf. Vier Patienten unterzogen sich bei persistierenden Beschwerden einer Ulnaverkürzungsosteotomie. Präoperativ konnte ein DASH-Score von 31,0 Punkten evaluiert werden. Nach einem follow up von 1,7 Jahren konnte diese Gruppe ein DASH-Score von 8 Punkten erreichen. 16 Patienten ohne TFCC-Läsion konnten ebenfalls eine Verbesserung des DASH-Score von 45 Punkten auf 9 Punkte erzielen. Beide Gruppen konnten von einem arthroskopischen Debridement gegebenenfalls in Ergänzung einer Ulnaverkürzungsosteotomie profitieren (Löw et al., 2018b).

Eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der hier vorliegenden Studie ist bei Broccoli et al. und Cardenas-Montemayor et al. möglich (Broccoli et al., 2014) (Cardenas-Montemayor et al., 2013). Broccoli et al. konnten nach einem follow up von 6 Monaten nach isoliertem arthroskopischem Debridement einen DASH-Score von von 29 Punkten für Patienten mit negativer oder neutraler Ulnavarianz ermitteln (Broccoli et al., 2014). Cardenas-Montemayor et al. konnte einen DASH-Score von 17,0 Punkten nach arthroskopischem Debridement von isolierten 1B TFCC-Läsionen evaluieren (Cardenas-Montemayor et al., 2013).

De Smet et al. untersuchten in ihrer Studie 46 Patienten mit TFCC-Läsionen nach arthroskopischem Debridement und additivem wafer procedure. 34 Patienten erhielten ein isoliertes arthroskopischem Debridement. 12 Patienten unterzogen sich bei persistierenden Beschwerden einem wafer procedure. Das Durchschnittsalter betrug 34 Jahre. Das mittlere follow up lag bei 35 Monaten. Es konnte ein DASH-

Score von 28 Punkten postoperativ im Vergleich zu 42 Punkten präoperativ evaluiert werden. Patienten mit isoliertem arthroskopischem Debridement konnte eine Reduktion des DASH-Scores von 42 Punkten präoperativ auf 25 Punkte postoperativ erreichen.

Stellt man die von uns ermittelten Werten den Werten oben genannter Studien gegenüber so ist von einem vergleichbar guten subjektiven postoperativen Ergebnis auszugehen.

4.2.3 Ergebnisse der subjektiven Beurteilung

Subjektiv bewerteten 20 Patienten (87 %) den Gesamtzustand als gebessert und 3 Patienten (13 %) als gleichgeblieben.

Die Ergebnisse der hiesigen klinischen Studie stimmen mit den erhobenen Daten von Garcia-Lopez et al. annähernd überein (Garcia-Lopez et al., 2012). Bei 80,3 % der Patienten konnte eine vollständige Schmerzlinderung evaluiert werden, 14,8 % der Patienten bewerteten den Schmerzzustand als teilweise gebessert, 4,9 % mussten aufgrund anhaltender Beschwerden erneut operiert werden (Garcia-Lopez et al., 2012). Vergleichbare Ergebnisse konnte Darlis et al. evaluieren (Darlis et al., 2005). 85 % der Patienten bewerteten den Gesamtzustand als gebessert und 15 % der Patienten als gleichgeblieben (Darlis et al., 2005). Bei Husby et al. waren 23 % der Patienten vollständig schmerzfrei, 40 % der Patienten bewerteten den Gesamtzustand als deutlich gebessert, 23 % der Patienten als teilweise gebessert und 14 % der Patienten als nicht gebessert (Husby and Haugstvedt, 2001). Die eigenen Daten bestätigen diese Ergebnisse.

Zusammenfassend beschrieben die Mehrheit der Patienten auswärtiger Studien, als auch die Mehrheit der Patienten der hier vorliegenden Studie eine Besserung des Beschwerdezustandes nach isoliertem arthroskopischem Debridement sowie nach ergänzender Ulnaverkürzungsosteotomie.

Die vorliegende Studie konnte retrospektiv langfristig gute bis sehr gute funktionelle und subjektive Ergebnisse nach arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer 2C-Diskusläsionen ermitteln.

Der Therapie von degenerativen Diskusläsionen ist bei zunehmender Alterung der Bevölkerung eine hohe Bedeutung zuzumessen. So steigt mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von degenerativen Läsionen überproportional (Mikić, 1978). Traumatische und degenerative Diskusläsionen werden in Deutschland in einem ungefähr gleichen Verhältnis behandelt (Schädel-Höpfner et al., 2012). In der Literaturanalyse finden sich vornehmlich Publikationen, welche traumatische bzw. traumatische und degenerative Diskusläsionen bei arthroskopischem Debridement gemeinsam einschließen. Verwertbare Studien, die isoliert zentrale degenerative Diskusläsionen untersuchen finden sich nur wenige. Schädel-Höpfner et al., 2012 ermittelt fünf relevante Studien zur Therapie von degenerativen Diskusläsionen (Schädel-Höpfner et al., 2012). Saito et al., 2017 ermittelt 18 relevante Studien zum Outcome nach arthroskopischem Debridement von Diskusläsionen. 17 dieser Studien zeigen ausschließlich heterogene Kollektive (Saito et al., 2017). Wir evaluierten ein ausschließlich homogenes Patientengut. Alle Patienten wiesen zentrale degenerative Diskusläsionen (Palmer Klassifikation: 2C) auf. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse der hiesigen Studie mit den Ergebnissen genannter Studien erscheint somit erschwert.

Betrachtet man die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit der in der Literatur gängigen Studien so liegt dieser im Mittel bei 29 Monaten (Saito et al., 2017).

Die kurze Nachbeobachtungszeit begrenzt den mittel- und langfristigen prognostischen Wert der Studien. Das mittlere follow up der vorliegenden Studie lag bei 9,3 Jahren nach arthroskopischem Debridement.

Die Qualität der Dokumentation der Behandlungsergebnisse in der Literaturanalyse variiert stark (Broccoli et al., 2014). Entsprechende Parameter zur funktionellen bzw. subjektiven Verlaufsbeobachtung wurden in der vorliegenden Studie mittels standardisierter Werkzeuge erfasst.

Die Studie wies Schwächen auf. Aufgrund des retrospektiven Designs stellt sich die Frage der Vergleichbarkeit. Präoperative Daten bezüglich objektiver und subjektiver Bewertung der Funktionalität lagen entsprechend nicht vor. Wünschenswert wären weitere Studien mit prospektivem Studiendesign und einer Kontrollgruppe. Der Fokus sollte ebenfalls auf ein homogenes Patientengut gelegt werden.

Eine weitere Schwäche der Studie war der Recall von 30 Patienten. Eine statistische Aussage aufgrund des kleinen Patientenkollektives von 4 Patienten der Gruppe 2 ist nur eingeschränkt möglich. Gruppe 3 konnte lediglich mittels DASH-Fragebogen evaluiert werden.

Die am vorliegenden Patientenkollektiv erhobenen Befunde konnten jedoch die Hypothese bekräftigen, dass langfristig gute bis sehr gute funktionelle und subjektive Ergebnisse nach arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer Diskusläsion (Palmer Klassifikation: 2C) erzielt werden können. Die erhobenen Daten entsprechen den Ergebnissen der ersten Versuchsreihe der Autoren Möldner et al. (Möldner et al., 2015). Unabhängig einer positiven Ulnavarianz stellt das arthroskopische Debridement eine praktikable, sichere und effektive Methode in der Behandlung zentraler degenerativer Diskusläsionen (Palmer Klassifikation: 2C) dar und kann zunächst einer Ulnaverkürzungsosteotomie vorgeschaltet werden. In Bezug auf die wesentlich höhere Komplikationsrate sehen wir keine Indikation zur primären Ulnaverkürzungsosteotomie.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Studie war es, langfristige funktionelle und subjektive Ergebnisse nach arthroskopischem Debridement zentraler degenerativer Diskusläsionen (Palmer Klassifikation: 2C) zu ermitteln. Retrospektiv wurden 30 Patienten mit zentraler degenerativer Diskusläsionen (Palmer Klassifikation: 2C) untersucht. Bei allen 30 Patienten wurde ein arthroskopisches Debridement durchgeführt. 5 Patienten erhielten bei persistierenden ulnarseitigen Handgelenksbeschwerden im Verlauf eine Ulnarverkürzungsosteotomie. Das mittlere follow up lag bei 9,3 Jahren nach arthroskopischem Debridement. Entsprechende Parameter zur funktionellen bzw. subjektiven Verlaufsbeobachtung wurden erfasst: radiologische Befundung, Messung der Bewegungsausmaße, Messung der Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft, Erhebung von Schmerz, Zufriedenheit, Bewegungsausmaß und Kraft mittels Modified Mayo Wrist Score (MMWS), Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala (VAS), Bestimmung der subjektiven Beschwerden und Einschränkungen im Bereich der oberen Extremität durch den Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Fragebogen (DASH-Score). In Gruppe 1, Patienten mit alleinigem arthroskopischem Debridement, konnte in der subjektiven Schmerzwahrnehmung im Mittel ein Wert von 1,5 auf der Visuellen Analogskala evaluiert werden, der MMWS lag hier im Mittel bei 92,4 Punkten, der DASH-Score bei 20,1 Punkten. In Gruppe 2, Patienten nach arthroskopischem Debridement und Ulnarverkürzungsosteotomie, konnte in der subjektiven Schmerzwahrnehmung im Mittel ein Wert von 0,5 auf der Visuellen Analogskala evaluiert werden, der MMWS lag hier im Mittel bei 92,5 Punkten, der DASH-Score bei 21,1 Punkten. Einen klinisch relevanten Unterschied in der postoperativen Messung der Bewegungsausmaße, sowie der postoperativen Messung der Grob- und Schlüsselgriffkraft von operierter zu kontralateraler Hand ergab sich in beiden Gruppen nicht. In Gruppe 3, Patienten, die nur durch den DASH-Fragebogen evaluiert wurden, lag der DASH-Score im Mittel bei 11,9 Punkten. Unabhängig einer Ulna-Plus-Variante stellt das arthroskopische Debridement eine praktikable, sichere und effektive Methode in der Behandlung zentraler degenerativer Diskusläsionen Palmer Klassifikation 2C dar und kann zunächst einer Ulnarverkürzungsosteotomie vorgeschaltet werden. Nach Ergebnissen dieser Arbeit kann langfristig sowohl eine gute Funktionalität als auch eine signifikante Schmerzreduktion erreicht werden.

6 LITERATURVERZEICHNIS

Ahearn, E.P. (1997). The use of visual analog scales in mood disorders: A critical review. *J. Psychiatr. Res.* 31, 569–579.

Anakwe, R.E., Huntley, J.S., and McEachan, J.E. (2007). Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J. Hand Surg. Br. Eur.* Vol. 32, 203–209.

Armitage, P.M., Berry, G.M., in *Epidemiology, P., and Matthews, J.M. (2008). Statistical Methods in Medical Research FOURTH EDITION.*

Atzei, A. (2009). New trends in arthroscopic management of type 1-B TFCC injuries with DRUJ instability. *J. Hand Surg. (European Vol. 34,* 582–591.

Atzei, A., and Luchetti, R. (2011). Foveal TFCC Tear Classification and Treatment. *Hand Clin.* 27, 263–272.

Bain, G.I., Munt, J., and Turner, P.C. (2008). New Advances in Wrist Arthroscopy. *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.* 24, 355–367.

Bednar, M.S., Arnoczky, S.P., and Weiland, A.J. (1991). The microvasculature of the triangular fibrocartilage complex: Its clinical significance. *J. Hand Surg. Am.* 16, 1101–1105.

Benjamin, M., Evans, E.J., and Pemberton, D.J. (1990). Histological studies on the triangular fibrocartilage complex of the wrist. *J. Anat.* 172, 59.

Beyermann, K., Krimmer, H., and Lanz, U. (1999). TFCC-Läsionen. Diagnostik und Therapie. *Orthopade* 28, 891–898.

Beyermann, K., Busse, F., Krimmer, H., and Lanz, U. (2002). Arthroscopisches Debridement bei Läsionen des TFCC (triangular fibrocartilage complex). *Arthroskopie* 15, 21–25.

Bickert, B. (2004). Arthroskopische Eingriffe am Handgelenk. *Trauma Und Berufskrankheit* 6, S127–S131.

Bickert, B., Daigeler, A., and Lehnhardt, M. (2011). Arthroskopische Operationen im Handgelenk. *Trauma Und Berufskrankheit* 13, 286–291.

Broccoli, G., Vaske, B., Müller, L., Kahmann, R., and Isenberg, J. (2014). Grenzen der arthroskopischen Behandlung degenerativer Läsionen des ulnokarpalen Komplexes in Abhängigkeit der Ulnavarianz. *Handchirurgie · Mikrochirurgie · Plast. Chir.* 46, 151–162.

Cardenas-Montemayor, E., Hartl, J.F., Wolf, M.B., Leclère, F.M., Dreyhaupt, J., Hahn, P., and Unglaub, F. (2013). Subjective and objective results of arthroscopic debridement of ulnar-sided TFCC (Palmer type 1B) lesions with stable distal radio-ulnar joint. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 133, 287–293.

Coleman, H.M. (1960). Injuries of the articular disc at the wrist. *J. Bone Joint Surg. Br.* 42-B, 522–529.

Cooney, W.P. (1993). Evaluation of chronic wrist pain by arthrography, arthroscopy, and arthrotomy. *J. Hand Surg. Am.* 18, 815–822.

Cooney, W.P., Bussey, R., Dobyns, J.H., and Linscheid, R.L. (1987). Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 136–147.

Darlis, N.A., Weiser, R.W., and Sotereanos, D.G. (2005). Arthroscopic triangular fibrocartilage complex debridement using radiofrequency probes. *J. Hand Surg. Br.* 30, 638–642.

Essex-Lopresti, P. (1951). Fractures of the radial head with distal radio-ulnar dislocation. *J. Bone Joint Surg. Br.* 33-B, 244–247.

Feldkamp, G. (2004). Die arthroskopische "wafer procedure" bei degenerativen Discus-ulnocarpalis-Rissen mit ulnokarpalem Kompressionssyndrom. *Orthopade* 33, 685–691.

Feldon, P., Terrono, A.L., and Belsky, M.R. (1992). Wafer distal ulna resection for triangular fibrocartilage tears and/or ulna impaction syndrome. *J. Hand Surg. Am.* 17, 731–737.

Fess, E. (1992). Grip strength. Casanova JS, Ed *Clin. Assess. Recomm.* (2nd Ed. Chicago Am. Soc. Hand Ther. 41–45.

Förstner, H. (1987). The distal radio-ulnar joint. Morphologic aspects and surgical orthopedic consequences. *Unfallchirurg* 90, 512–517.

Frahm, R. (2004). Bildgebende Diagnostik des ulnaren Handgelenkschmerzes. *Orthopade* 33, 645–656.

Friedman, S., and Palmer, A. (1991). The ulnar impaction syndrome. *Hand Clin.* 7, 295–310.

Gabl, M., and Arora, R. (2014). Distales Radioulnargelenk (DRUG) und triangulärer fibrocartilaginärer Komplex (TFCC). In *Frakturen Und Luxationen Der Hand*, (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 377–402.

Garcia-Lopez, I., Delgado, P.J., Abad, J.M., and Garcia de Lucas, F. (2012). Thermal energy for the arthroscopic treatment of tears of the triangular fibrocartilage of the wrist. *Acta Orthop. Belg.* 78, 1–6.

Gelberman, R.H., Salamon, P.B., Jurist, J.M., and Posch, J.L. (1975). Ulnar variance in Kienböck's disease. *J. Bone Joint Surg. Am.* 57, 674–676.

Graham, H.K., Mccoy, G.F., and Mollan, R.A.B. (1985). A new injury of the distal radio-ulnar joint. *J. Bone Jt. Surg.* 67, 302–304.

Grechenig, W., Tesch, N.P., Peicha, G., and Seibert, F.J. (2002). Ulnar-Impaction-Syndrom. *Eur. Surg.* 34, 46–50.

Green, D.P., and O'Brien, E.T. (1978). Open reduction of carpal dislocations: Indications and operative techniques. *J. Hand Surg. Am.* 3, 250–265.

Gupta, R., Nelson, S.D., Baker, J., Jones, N.F., and Meals, R.A. (2001). The Innervation of the Triangular Fibrocartilage Complex: Nitric Acid Maceration Rediscovered. *Plast. Reconstr. Surg.* 107, 135–139.

Hagert, C.G. (1992). The distal radioulnar joint in relation to the whole forearm. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 56–64.

Hahn, P., and Schmitt, R. (2000). Die Bursitis des Recessus ulnaris. *Handchirurgie · Mikrochirurgie · Plast. Chir.* 32, 375–378.

Hahn, P., Häusler, A., Bruckner, T., and Unglaub, F. (2012). Wertigkeit der MRT hinsichtlich TFCC-Läsionen außerhalb klinischer Studien. *Handchirurgie · Mikrochirurgie · Plast. Chir.* 44, 310–313.

Hahn, P., Spies, C., Unglaub, F., and Mühldorfer-Fodor, M. (2018). Die Messung der Griffkraft. *Orthopade* 47, 191–197.

Hempfling, H. (2016). Der Diskus am Handgelenk. *OUP* 5, 94–105.

Hogrel, J.-Y. (2015). Grip strength measured by high precision dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *Hogrel BMC Musculoskelet. Disord.* 16, 139.

Hudak, P.L., Amadio, P.C., Bombardier, C., Beaton, D., Cole, D., Davis, A., Hawker, G., Katz, J.N., Makela, M., Marx, R.G., et al. (1996). Development of an upper extremity outcome measure: The DASH (disabilities of the arm, shoulder, and head). *Am. J. Ind. Med.* 29, 602–608.

Hulsizer, D., Weiss, A.-P.C., and Akelman, E. (1997). Ulna-shortening osteotomy after failed arthroscopic debridement of the triangular fibrocartilage complex. *J. Hand Surg. Am.* 22, 694–698.

Hulten, O. (1928). Über Anatomische Variationen der Handgelenkknochen. *Acta Radiol.* 9, 155–168.

Husby, T., and Haugstvedt, J.R. (2001). Long term results after arthroscopic resection of lesions of the triangular fibrocartilage complex. *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.* 35, 79–83.

Ikeda, M., Kobayashi, Y., Saito, I., Ishii, T., Shimizu, A., and Mochida, J. (2015). Conservative treatment using a newly designed custom-made wrist splint for ulnocarpal abutment syndrome. *Prosthet. Orthot. Int.* 39, 496–501.

Iwasaki, N., Ishikawa, J., Kato, H., Minami, M., and Minami, A. (2007). Factors affecting results of ulnar shortening for ulnar impaction syndrome. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 465, 215–219.

Jester, A., Harth, A., and Germann, G. (2008). „Disability of Arm, Shoulder and Hand“-Fragebogen. *Trauma Und Berufskrankheit* 10, 381–383.

Kim, J.K., and Park, E.S. (2013). Comparative Responsiveness and Minimal Clinically Important Differences for Idiopathic Ulnar Impaction Syndrome. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 471, 1406–1411.

Kim, P.R., Giachino, A.A., and Uthoff, H.K. (1996). Histologic analysis of fetal ulnar variance. *J. Hand Surg. Am.* 21, 114–116.

Kirchberger, M.C., Unglaub, F., Mühldorfer-Fodor, M., Pillukat, T., Hahn, P., Müller, L.P., and Spies, C.K. (2015a). Update TFCC: histology and pathology, classification, examination and diagnostics. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 135, 427–437.

Kirchberger, M.C., Unglaub, F., Müller, L.P., Oppermann, J., Hahn, P., and Spies, C.K. (2015b). Klinische Testverfahren zur Überprüfung der Stabilität im distalen Radioulnargelenk. *Obere Extrem.* 10, 202–207.

Kitamura, T., Moritomo, H., Arimitsu, S., Berglund, L.J., Zhao, K.D., An, K.-N., and Rizzo, M. (2011). The Biomechanical Effect of the Distal Interosseous Membrane on Distal Radioulnar Joint Stability: A Preliminary Anatomic Study. *J. Hand Surg. Am.* 36, 1626–1630.

Kleinman, W.B. (2007). Stability of the Distal Radioulna Joint: Biomechanics, Pathophysiology, Physical Diagnosis, and Restoration of Function What We Have Learned in 25 Years. *J. Hand Surg. Am.* 32, 1086–1106.

Klum, M., Wolf, M.B., Hahn, P., Leclère, F.M., Bruckner, T., and Unglaub, F. (2012). Normative Data on Wrist Function. *J. Hand Surg. Am.* 37, 2050–2060.

Lamey, D.M., and Fernandez, D.L. (1998). Results of the modified Sauvé-Kapandji procedure in the treatment of chronic posttraumatic derangement of the distal radioulnar joint. *J. Bone Joint Surg. Am.* 80, 1758–1769.

Laupattarakasem, W., Laopaiboon, M., Laupattarakasem, P., and Sumananont, C. (2008). Arthroscopic debridement for knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst. Rev.* CD005118.

Lester, B., Halbrecht, J., Levy, I.M., and Gaudinez, R. (1995). “Press test” for office diagnosis of triangular fibrocartilage complex tears of the wrist. *Ann. Plast. Surg.* 35, 41–45.

Lewis, O.J. (1970). The development of the human wrist joint during the fetal period. *Anat. Rec.* 166, 499–515.

Lindau, T., Adlercreutz, C., and Aspenberg, P. (2000). Peripheral tears of the triangular fibrocartilage complex cause distal radioulnar joint instability after distal radial fractures. *J. Hand Surg. Am.* 25, 464–468.

Löw, S., Herold, A., and Eingartner, C. (2014a). Die standardisierte Arthroskopie des Handgelenks. *Oper. Orthop. Traumatol.* 26, 539–546.

Löw, S., Mühlendorfer-Fodor, M., Pillukat, T., Prommersberger, K.-J., and van Schoonhoven, J. (2014b). Ulnar shortening osteotomy for malunited distal radius fractures: results of a 7-year follow-up with special regard to the grade of radial displacement and post-operative ulnar variance. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 134, 131–137.

Löw, S., Spies, C.K., Unglaub, F., Oppermann, J., Langer, M., and Erne, H. (2018a). Diagnostik und Therapie der degenerativen Diskusläsion. *Orthopade* 47, 670–676.

Löw, S., Herold, A., Unglaub, F., Megerle, K., and Erne, H. (2018b). Treatment of Ulnar Impaction Syndrome with and without Central TFC Lesion. *J. Wrist Surg.* 7, 133–140.

Martin, D.P., Engelberg, R., Agel, J., Snapp, D., and Swiontkowski, M.F. (1996). Development of a musculoskeletal extremity health status instrument: the Musculoskeletal Function Assessment instrument. *J. Orthop. Res.* 14, 173–181.

Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G., and Kashman, N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J. Hand Surg. Am.*

Meier, R., and Krimmer, H. (2002). Die Ulnaverkürzungsosteotomie. *Oper. Orthopädie Und Traumatol. Und Traumatol.* 14, 205–214.

Meier, R., Schmitt, R., Christopoulos, G., and Krimmer, H. (2003). TFCC-Läsionen. *Unfallchirurg* 106, 190–194.

Mikić, Z. (1989). Detailed anatomy of the articular disc of the distal radioulnar joint. - PubMed - NCBI. *Clin Orthop Relat Res Aug*, 123–132.

Mikić, Z. (1992). The blood supply of the human distal radioulnar joint and the microvasculature of its articular disk. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 19–28.

Mikić, Z.D. (1978). Age changes in the triangular fibrocartilage of the wrist joint. *J. Anat.* 126, 367–384.

Möldner, M., Unglaub, F., Hahn, P., Müller, L.P., Bruckner, T., and Spies, C.K. (2015). Functionality After Arthroscopic Debridement of Central Triangular Fibrocartilage Tears With Central Perforations. *J. Hand Surg. Am.* 40, 252-258.e2.

Moser, V.L., Gohritz, A., Kitzinger, H.B., Löw, S., Lanz, U., and Krimmer, H. (2007). Die Ulnaverkürzungsosteotomie mit der neuen 7-Loch-Gleitplatte. *Orthopade* 36, 472–477.

Nakamura, T., and Yabe, Y. (2000). Histological anatomy of the triangular fibrocartilage complex of the human wrist. *Ann. Anat. - Anat. Anzeiger* 182, 567–572.

Nishizuka, T., Tatebe, M., Hirata, H., Shinohara, T., Yamamoto, M., and Iwatsuki, K. (2013). Simple debridement has little useful value on the clinical course of recalcitrant ulnar wrist pain. *Bone Joint J.* 95-B, 1687–1696.

Offenbächer, M., Ewert, T., Sangha, O., and Stucki, G. (2003). Validation of a German version of the “Disabilities of Arm, Shoulder and Hand” questionnaire (DASH-G). *Z. Rheumatol.* 62, 168–177.

Ohmori, M., and Azuma, H. (1998). Morphology and Distribution of Nerve Endings in the Human Triangular Fibrocartilage Complex. *J. Hand Surg. Am.* 23, 522–525.

Olerud, C., Kongsholm, J., and Thuomas, K.-Åk. (1988). The congruence of the distal radioulnar joint. *Acta Orthop. Scand.* 59, 183–185.

Oppermann, J., Burkhart, K.J., Löw, S., and Müller, L.P. (2018). Das proximale Radioulnargelenk unter Berücksichtigung des distalen Radioulnargelenks The proximal radioulnar joint in consideration of the distal radioulnar joint. *Orthopade* 47, 663–669.

Osterman, A.L., and Terrill, R.G. (1991). Arthroscopic treatment of TFCC lesions. *Hand Clin.* 7, 277–281.

Palmer, A.K. (1987). The distal radioulnar joint. Anatomy, biomechanics, and triangular fibrocartilage complex abnormalities. *Hand Clin.* 3, 31–40.

Palmer, A.K. (1989). Triangular fibrocartilage complex lesions: A classification. *J. Hand Surg. Am.* 14, 594–606.

Palmer, A.K. (1990). Triangular fibrocartilage disorders: Injury patterns and treatment. *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.* 6, 125–132.

Palmer, A.K., and Werner, F.W. (1981). The triangular fibrocartilage complex of the wrist-anatomy and function. *J. Hand Surg. Am.* 6, 153–162.

Palmer, A.K., and Werner, F.W. (1984). Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res Jul-Aug*, 26–35.

Palmer, A.K., Werner, F.W., Murphy, D., and Glisson, R. (1985). Functional wrist motion: A biomechanical study. *J. Hand Surg. Am.* 10, 39–46.

Palmer, A.K., Werner, F.W., Glisson, R.R., and Murphy, D.J. (1988). Partial excision of the triangular fibrocartilage complex. *J. Hand Surg. Am.* 13, 391–394.

Quadlbauer, S., Pezzei, C., Hintringer, W., Hausner, T., and Leixnering, M. (2018). Klinische Untersuchung des distalen Radioulnargelenks. *Orthopade* 47, 628–636.

Rabinowitz, R.S., Light, T.R., Havey, R.M., Gourineni, P., Patwardhan, A.G., Sartori, M.J., and Vrbos, L. (1994). The role of the interosseous membrane and triangular fibrocartilage complex in forearm stability. *J. Hand Surg. Am.* 19, 385–393.

Rayhack, J.M., Gasser, S.I., Latta, L.L., Ouellette, E.A., and Milne, E.L. (1993). Precision oblique osteotomy for shortening of the ulna. *J. Hand Surg. Am.* 18, 908–918.

Ryf, C., and Weymann, A. (1995). The neutral zero method - A principle of measuring joint function. *Injury* 26, 1–11.

Ryu, J., Cooney, W.P., Askew, L.J., An, K.-N., and Chao, E.Y.S. (1991). Functional ranges of motion of the wrist joint. *J. Hand Surg. Am.* 16, 409–419.

Saito, T., Malay, S., and Chung, K.C. (2017). A Systematic Review of Outcomes after Arthroscopic Débridement for Triangular Fibrocartilage Complex Tear. *Plast. Reconstr. Surg.* 140, 697e-708e.

Sauerbier, M., and Unglaub, F. (2009). Anatomy and Biomechanics of Forearm Rotation. In *Fractures and Injuries of the Distal Radius and Carpus*, (Elsevier), pp. 285–296.

Schädel-Höpfner, M., Müller, K., Gehrman, S., Lögters, T.T., and Windolf, J. (2012). Therapie von Läsionen des “triangular fibrocartilage complex.” *Unfallchirurg* 115, 582–588.

Schmidt, H.-M. (2004). Die Anatomie des ulnokarpalen Komplexes. *Orthopade* 33, 628–637.

Schmidt, H.-M., and Lanz, U. (2013). *Chirurgische Anatomie der Hand* (Stuttgart: Georg Thieme Verlag).

Schmitt, R. (2018). Radiologie des distalen Radioulnargelenks und des ulnokarpalen Komplexes. *Orthopade* 47, 637–646.

Schmitt, R., and Lanz, U. (2015). *Thieme: Bildgebende Diagnostik der Hand* (Georg Thieme Verlag KG).

Seyfarth, H. (1974). Principles of the neutral-zero-passage method. *Beitr. Orthop. Traumatol.* 21, 276–285.

Shaaban, H., Giakas, G., Bolton, M., Williams, R., Wicks, P., Scheker, L.R., and Lees, V.C. (2007). Contact area inside the distal radioulnar joint: Effect of axial loading and position of the forearm. *Clin. Biomech.* 22, 313–318.

Sorensen, A.A., Howard, D., Tan, W.H., Ketchersid, J., and Calfee, R.P. (2013). Minimal Clinically Important Differences of 3 Patient-Rated Outcomes Instruments. *J. Hand Surg. Am.* 38, 641–649.

Spies, C.K., Prommersberger, K.J., Langer, M., Müller, L.P., Hahn, P., and Unglaub, F. (2015). Instabilität des distalen Radioulnargelenks. *Unfallchirurg* 118, 701–717.

Spies, C.K., Langer, M.F., Unglaub, F., Mühldorfer-Fodor, M., Müller, L.P., Ahrens, C., and Schlindwein, S.F. (2016). Carpus und distales Radioulnargelenk. *Unfallchirurg* 119, 673–689.

Spies, C.K., Langer, M., Müller, L.P., Oppermann, J., Löw, S., and Unglaub, F. (2018). Anatomie und Biomechanik des distalen Radioulnargelenks. *Orthopade* 47, 621–627.

Tan, S.W., Ng, S.W., Tan, S.H., and Teoh, L.C. (2012). Arthroscopic debridement of intercarpal ligament and triangular fibrocartilage complex tears. *Singapore Med. J.* 53, 188–191.

Tay, S.C., Tomita, K., and Berger, R.A. (2007). The “Ulnar Fovea Sign” for Defining Ulnar Wrist Pain: An Analysis of Sensitivity and Specificity. *J. Hand Surg. Am.* 32, 438–444.

Terzis, A., Neubrech, F., Sebald, J., and Sauerbier, M. (2019). Surgical treatment of ulnar impaction syndrome. *Oper. Orthop. Traumatol.* 31, 547–556.

Tolat, A.R., Stanley, J.K., and Trail, I.A. (1996). A Cadaveric Study of The Anatomy and Stability of The Distal Radioulnar Joint in The Coronal and Transverse Planes. *J. Hand Surg. Am.* 21, 587–594.

Tränkle, M., van Schoonhoven, J., Krimmer, H., and Lanz, U. (2000). Indikation und Ergebnisse der Ulnaverkürzungsosteotomie bei ulnokarpalem Handgelenksschmerz. *Unfallchirurg* 103, 197–202.

Unglaub, F. (2020). *Hand und Handgelenk* (Springer Berlin Heidelberg).

Unglaub, F., Fellenberg, J., Germann, G., Bickert, B., Sauerbier, M., and Richter, W. (2007). Detection of Apoptotic Cartilage Cells in Symptomatic Central Tears of the Triangular Fibrocartilage. *J. Hand Surg. Am.* 32, 618–622.

Unglaub, F., Kroeber, M.W., Thomas, S.B., Wolf, M.B., Arkudas, A., Dragu, A., and Horch, R.E. (2009). Incidence and distribution of blood vessels in punch biopsies of Palmer 1A disc lesions in the wrist. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 129, 631–634.

Unglaub, F., Wolf, M.B., Dragu, A., Schwarz, S., Kroeber, M.W., and Horch, R.E. (2011). Nerve Fiber Staining Investigations in Traumatic and Degenerative Disc Lesions of the Wrist. *J. Hand Surg. Am.* 36, 843–846.

Weiglein, A.H., Windisch, G., Clement, H., and Grechenig, W. (2002). Anatomie des ulnocarpalen Bandkomplexes (TFCC). *Eur. Surg.* 34, 45–46.

Whipple, T.L. (1994). Arthroscopy of the distal radioulnar joint. Indications, portals, and anatomy. *Hand Clin.* 10, 589–592.

Whipple, T.L., Marotta, J.J., and Powell, J.H. (1986). Techniques of wrist arthroscopy. *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.* 2, 244–252.

7 PUBLIKATION

Spies, C.K., Bruckner, T., Müller, L.P., Unglaub, F., Eysel, P., Löw, S., Filbert, M.J. (2021). Long-term outcome after arthroscopic debridement of Palmer type 2C central degenerative lesions of the triangular fibrocartilage complex. Arch Orthop Trauma Surg.



Long-term outcome after arthroscopic debridement of Palmer type 2C central degenerative lesions of the triangular fibrocartilage complex

C. K. Spies¹ · T. Bruckner² · L. P. Müller³ · F. Unglaub^{1,4} · P. Eysel³ · S. Löw⁵ · M. J. Filbert^{1,4}

Received: 7 April 2021 / Accepted: 17 April 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2021

Abstract

Purpose The purpose of this study was to report long-term objective and patient-reported outcome after arthroscopic debridement of central degenerative triangular fibrocartilage complex (TFCC) lesions.

Methods A total of 17 patients with central degenerative TFCC (Palmer type 2C) lesions and ulnar positive variance who were treated by arthroscopic debridement were retrospectively reviewed. Mean follow-up was 8.8 years. Assessment facilitating the Modified Mayo Wrist score (MMWS), the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand questionnaire (DASH score), recording of pain level and of patient satisfaction, and radiological examination were done.

Results Patients reached a pain level of 1.7 VAS, MMW score of 92, and DASH score of 22. No significant differences could be detected between the operated and the contralateral extremity regarding range of motion and grip strength for all patients. No perioperative complications occurred.

Conclusion Arthroscopic debridement of central degenerative TFCC lesions is safe, reliable, and efficacious even for ulnar positive variance.

Level of evidence Therapeutic IV.

Keywords Arthroscopy · Debridement · TFCC 2C lesions · Ulnar positive variance

Introduction

The triangular fibrocartilage complex (TFCC) is a cartilaginous and ligamentous structure interposed between the ulna and the ulnar carpus [1]. The TFCC stabilizes the distal radioulnar joint and ulnocarpal wrist compartment. This

structure enables load transmission through the ulnocarpal wrist [1–3]. Ulnar positive variance entails higher load transmission via the ulnocarpal compartment and predisposes for central disc lesions [4]. With ulnar neutral variance the force transmitted through the ulna is about 18%; in case of an ulnar plus variance of 2.5 mm this proportion increases to 42%, whereas shortening the ulna by 2.5 mm decreases load transmission to 4% [5]. Primary healing of these lesions is principally non-existent based on poor vascularization of the central disc [6]. Therefore, primary repair is not recommended and debridement is the therapy of choice [7–11].

Short- and mid-term outcome of arthroscopic debridement of disc lesions are published [12–15]. The majority of these publications included heterogeneous study populations [13, 16–21]. But studies including homogeneous study groups are rare. In addition, studies regarding degenerative disc lesions exclusively are extraordinarily seldom.

The purpose of this study was to report long-term objective and patient-reported outcome after arthroscopic debridement of central degenerative triangular fibrocartilage complex (Palmer type 2C) lesions [22]. We hypothesized that good to excellent outcome can be expected after

✉ C. K. Spies
christianspies27@gmail.com

¹ Hand Surgery, Vulpius Klinik, Vulpius Straße 29, 74906 Bad Rappenau, Germany

² Department of Medical Biometry and Informatics, Ruprecht-Karls University Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 305, 69120 Heidelberg, Germany

³ Department of Orthopaedic Surgery and Traumatology, University Hospital Cologne, Kerpener Str. 62, 50937 Köln & Joseph-Stelzmann Str. 24, 50931 Köln, Germany

⁴ Medical Faculty Mannheim, Ruprecht-Karls University Heidelberg, Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, 68167 Mannheim, Germany

⁵ Center for Hand Surgery and Traumatology, Ledermarkt 8-10, 97980 Bad Mergentheim, Germany

Table 1 Inclusion and exclusion criteria

| Inclusion criteria | Exclusion criteria |
|--|---|
| Palmer Type 2C lesions | TFCC lesion other than type 2C |
| Ulnar positive variance | Ulnar neutral or ulnar negative variance |
| Age: 18–80 years | Ulnar shortening osteotomy |
| Ulnar-sided wrist pain | History of an intraarticular fracture of the radius or carpus |
| Minimum follow-up of 60 months after surgery | Prior reconstructive wrist surgery |
| Failure to improve upon conservative treatment | Intrinsic ligament lesions |
| | Extrinsic ligament lesions |
| | Inflammatory arthritis |
| | Trapeziometacarpal joint arthritis |
| | Instability of the distal radioulnar joint |
| | Extensor carpi ulnaris tendinitis |
| | Carpal osteonecrosis |

Table 2 Demographics

| | |
|---|----------|
| Patients included in study (<i>n</i>) | 17 |
| Sex (male/female) (<i>n</i>) | 5/12 |
| Surgery at the dominant hand (<i>n</i>) | 11 (65%) |

a long-term follow-up even for patients with ulnar positive variance.

Methods

Patients

The study design was approved by the local institutional ethics committee. All patients gave their written consent to participate in the study.

Fifty patients were treated by arthroscopic debridement of central degenerative Palmer type 2C disc lesions between 2006 and 2013 [22]. Nine patients were treated by ulnar shortening osteotomy based on persistent ulnocarpal pain after debridement. Thirteen patients refused to participate in the study. One patient was lost to follow-up because of cancer. Five patients who could only be evaluated by DASH questionnaire were excluded. Five more patients who did not meet the inclusion criteria were excluded. Inclusion and exclusion criteria are provided in Table 1. Ultimately,

we retrospectively reviewed 17 patients in this study with ulnar positive variance who complied with our inclusion and exclusion criteria and were treated by arthroscopic debridement. Patients were assessed from February 2019 until October 2019. Mean follow-up was 8.8 years. Patients' demographics are provided in Tables 2 and 3. All TFCC lesions were verified arthroscopically.

Prior to surgery, patients had had a conservative treatment consisting of rest, physical therapy, nonsteroidal anti-inflammatory medication for 2 months in combination with temporary wrist splinting for 4 weeks, and a facultative single cortisone injection.

Mid-term results of this study population were published in a previous study by Möldner et al. [23]. Mean follow-up of the latter study was 3.2 years. In addition, the long-term outcome was evaluated in comparison to these mid-term results [23].

Surgical technique

Arthroscopic debridement of the articular disc was performed using a 2.7-mm arthroscope via dorsal standard 3–4 and 6R or 4–5 portals with the patient under general or regional anesthesia and with a pneumatic tourniquet in place [24]. Four kilograms of wrist distraction was achieved by means of a wrist traction system. TFCC 2C lesion was diagnosed for all patients and the central disc perforation was carefully debrided without violating the

Table 3 Demographics

| | Mean | SD | Minimum | Median | Maximum |
|--|------|------|---------|--------|---------|
| Patient age at time of arthroscopic debridement (year) | 42.1 | 11.4 | 18.0 | 45.0 | 66.0 |
| Patient age at time of examination (year) | 50.9 | 10.5 | 30.0 | 53.0 | 72.0 |
| Follow-up after arthroscopic debridement (year) | 8.8 | 2.0 | 6.2 | 7.9 | 12.1 |

SD standard deviation



Fig. 1 Central degenerative TFCC lesion visualised through the 3/4 Portal



Fig. 2 Articular disc after arthroscopic debridement

radioulnar ligaments by an arthroscopic shaver under continuous irrigation (Figs. 1 and 2) [22]. Arthroscopic debridement of the distal ulna to correct ulnar positive variance was not performed. Afterwards, patients received compressive dressing and forearm splinting for 10 days, and then full activity was allowed.

Outcome measures

To ensure consistency, the same surgeon who was not part of the surgical team conducted data collection throughout the entire study. Radiological evaluation included true posteroanterior and lateral projections of the wrist and a stress view while squeezing a tennis ball in pronation [25, 26]. The static and dynamic ulnar variances were assessed based on standard neutral rotation view using the method of perpendiculars [27, 28]. Radiological evaluation was taken on the day of the follow-up examination.

The follow-up evaluation included clinical examination and questionnaire testing. We used a manual goniometer to measure range of motion (ROM). Range of motion of the operated wrist was compared to that of the contralateral wrist. We measured grip strength using a calibrated Jamar dynamometer at position 2 (Sammons Preston Patterson Medical Products, Inc., Bolingbrook, IL). We determined key pinch strength using a calibrated pinch gauge (Sammons Preston Patterson Medical Products, Inc.) [29]. These measurements were done in a standardized manner for both hands. The patients were positioned according to the recommendations of the American Society of Hand Therapists [30]. Each hand was measured three times and the mean values were calculated. Pain was assessed using a visual analog scale. Pain experienced during manual use of the operated wrist was defined as exertional. Pre-operative pain levels were evaluated retrospectively. The visual analog scale started at 0, signifying no pain, and ended at 10, equaling extreme pain [31]. Functional outcome (Modified Mayo Wrist score [MMWS] [32, 33] and the Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand [DASH] questionnaire [34–36]) was assessed and patients' overall opinion regarding surgical treatment was acknowledged with: "better", "unchanged", or "worse".

Statistical analysis

All variables were analyzed descriptively by tabulation of the measures of the empirical distributions. According to the level of the variables, means and standard deviations or absolute and relative frequencies are reported, respectively.

Possible differences between groups were tested using t-test in case of continuous data and by the chi-square test for categorical data. Differences before and after surgery were tested using the one sample t-test or McNemar test [37]. Pearson's correlation coefficients were calculated to show possible relation between continuous data [37].

Whenever appropriate, statistical graphics were used to illustrate the findings. Significance threshold was set at $p < 0.05$.

Results

Viewing the demographics of our study population female gender and the right extremity were more frequently seen. But both parameters were analyzed and did not influence the outcome. The dominant hand was operated significantly more frequent than the contralateral one. But again, this did not influence the result.

Static ulnar variance was 1.3 mm (SD 0.8) and dynamic ulnar variance was 2.2 mm (SD 0.8) on average.

There were no significant differences regarding ROM between operated and contralateral hand (Table 4).

Furthermore, there were no significant differences regarding grip strength and key pinch strength between operated and contralateral hand (Table 4).

Both the functional outcome score MMWS and the patient-reported outcome score DASH were excellent. Both scores correlated negatively in consequence ($r = -0.71$, $p < 0.05$).

Pain reduction was achieved significantly after arthroscopic debridement.

The MMWS correlated negatively with the pain level ($r = -0.63$, $p < 0.05$) (Table 4), whereas the DASH score correlated positively with the pain level ($r = 0.47$, $p = 0.05$) (Table 4).

Patient evaluation

Patients' overall opinion after treatment at time of examination was evaluated. 14 (82%) patients felt "better" postoperatively, whereas 3 (18%) patients stated "unchanged" after all.

Comparison mid-term results to long-term results

The functional and patient-reported outcome parameters were all excellent in the long-term. Significant differences were detected regarding range of motion which improved over time. Grip strength, key pinch strength, MMWS, DASH score, and pain level have stabilized over time and have embodied reliably excellent results (Table 5).

Complications

Neither major nor minor complications were observed during surgical procedure and during the follow-up period.

Discussion

To treat degenerative disc lesions is expected to rise as society grows older since the incidence of degenerative disc lesions correlates with age [38]. Müller et al. concluded that 45% of all degenerative disc lesions requires surgical

Table 4 Functional and patient-reported outcome

| Parameter | Mean | SD | Minimum | Median | Maximum |
|--|-----------------|------|---------|--------|---------|
| Extension/flexion operated hand (°) | 136 | 16 | 110 | 140 | 170 |
| Extension/flexion contralateral hand (°) | 137 | 19 | 100 | 140 | 170 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.68 | | | | |
| Ulnar/radial deviation operated hand (°) | 59 | 12 | 30 | 60 | 80 |
| Ulnar/radial deviation contralateral hand (°) | 60 | 11 | 40 | 60 | 75 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.77 | | | | |
| Pronation/supination operated hand (°) | 172 | 10 | 155 | 180 | 180 |
| Pronation/supination contralateral hand (°) | 174 | 9 | 150 | 180 | 180 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.20 | | | | |
| Grip strength operated hand (kg) | 33.8 | 12.4 | 20.0 | 33.3 | 62.0 |
| Grip strength contralateral hand (kg) | 32.9 | 13.9 | 13.3 | 31.3 | 60.3 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.48 | | | | |
| Key pinch strength operated hand (kg) | 6.7 | 1.7 | 4.2 | 6.7 | 10.5 |
| Key pinch strength contralateral hand (kg) | 6.7 | 2.0 | 3.5 | 7.0 | 11.2 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 1.00 | | | | |
| MMWS | 92 | 8 | 80 | 90 | 100 |
| DASH score | 22 | 21 | 0 | 18 | 60 |
| Pain level (VAS) before arthroscopic debridement | 7.7 | 1.4 | 5.0 | 8.0 | 10.0 |
| Pain level (VAS) after arthroscopic debridement | 1.7 | 2.1 | 0.0 | 1.0 | 6.0 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> < 0.05 | | | | |

MMWS modified Mayo Wrist score, DASH disabilities of the arm, shoulder, and hand, VAS visual analog scale, SD standard deviation

Table 5 Comparison mid-term to long-term results

| Parameter | Mean | SD | Minimum | Median | Maximum |
|---|-----------------|------|---------|--------|---------|
| Extension/flexion operated hand (°) | | | | | |
| Mid-term follow-up | 126 | 25 | 90 | 130 | 175 |
| Long-term follow-up | 136 | 16 | 110 | 140 | 170 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> < 0.05 | | | | |
| Ulnar/radial deviation operated hand (°) | | | | | |
| Mid-term follow-up | 50 | 5 | 40 | 50 | 60 |
| Long-term follow-up | 59 | 12 | 30 | 60 | 80 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> < 0.05 | | | | |
| Pronation/supination operated hand (°) | | | | | |
| Mid-term follow-up | 166 | 10 | 150 | 165 | 180 |
| Long-term follow-up | 172 | 10 | 155 | 180 | 180 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.07 | | | | |
| Grip strength (kg) | | | | | |
| Mid-term follow-up | 31.3 | 13.4 | 8.0 | 28.7 | 65.3 |
| Long-term follow-up | 33.8 | 12.4 | 20.0 | 33.3 | 62.0 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.09 | | | | |
| Key pinch strength (kg) | | | | | |
| Mid-term follow-up | 6.0 | 2.6 | 0.5 | 6.7 | 10.0 |
| Long-term follow-up | 6.7 | 1.7 | 4.2 | 6.7 | 10.5 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.24 | | | | |
| MMWS | | | | | |
| Mid-term follow-up | 86 | 14 | 45 | 90 | 100 |
| Long-term follow-up | 92 | 8 | 80 | 90 | 100 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.07 | | | | |
| DASH score | | | | | |
| Mid-term follow-up | 24 | 22 | 0 | 15 | 65 |
| Long-term follow-up | 22 | 21 | 0 | 18 | 61 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.45 | | | | |
| Pain level (VAS) after arthroscopic debridement | | | | | |
| Mid-term follow-up | 2.3 | 2.6 | 0.0 | 1.5 | 8.0 |
| Long-term follow-up | 1.7 | 2.1 | 0.0 | 1.0 | 6.0 |
| <i>p</i> value | <i>p</i> = 0.27 | | | | |

MMWS modified Mayo Wrist score, DASH disabilities of the arm, shoulder, and hand, VAS visual analog scale, SD standard deviation

intervention [39]. Arthroscopic debridement is a well-established treatment option of degenerative disc lesions. Pleasing results after arthroscopic debridement of disc lesions in case of ulnar neutral or ulnar negative variance have been reported [7, 13, 18, 40]. Ostermann et al. reported a 73% rate of complete pain relief after arthroscopic debridement [7]. Husby et al. found a significant pain reduction with an excellent Modified Mayo Wrist score after arthroscopic debridement for ulnar positive variance between 1 and 6 mm [15].

The effect of arthroscopic debridement of degenerative disc lesions in case of ulnar positive variance remains debatable. After all, several studies have reported on persistent ulnocarpal wrist pain after arthroscopic debridement [4, 41, 42]. Minami et al. reported poor results for patients with ulnar positive variance [13].

The latter results were not in accordance to our observations. Our results were comparable to further studies which assessed arthroscopic debridement in case of ulnar positive variance [7, 14, 20, 23, 40, 43]. Saito et al. concluded that arthroscopic debridement is efficacious independent of ulnar variance [20]. Möldner et al. supported this conclusion in 2015 [23].

Our study demonstrated good and excellent, long-term objective and patient-reported outcome after arthroscopic debridement of central degenerative disc lesions even for ulnar positive variance.

Grip strength and key pinch strength did not differ relevantly in comparison to the contralateral extremity [44, 45].

The postoperative range of motion was comparable to physiological wrists and there were no clinically relevant

differences between the operated hand in comparison to the contralateral one. Regarding the required range of motion which is necessary for everyday activities the outcome was excellent [46, 47]. Palmer et al. found 30° of wrist extension, 5° of wrist flexion, 10° of radial deviation, and 15° of ulnar deviation to be necessary to cope with the latter activities.

Moreover, grip strength recovery of the operated hand was also excellent in comparison to the contralateral one [13, 23, 35]. Modified Mayo Wrist score and pain reduction after surgery were pleasing. These results were in accordance with former studies. [15, 23, 41].

Möldner et al. reported an excellent Modified Mayo Wrist score and significant pain reduction after the same surgical procedure, as well. Furthermore, MMWS correlated significantly negatively with subjective pain perception after arthroscopic debridement as in our study [23].

We also observed reliable excellent results over time in comparison to the mid-term examination of the same study population regarding Modified Mayo Wrist score, DASH score, grip strength, key pinch strength, and postoperative pain perception which was published by Möldner et al. [23]. Moreover, even partial improvement of range of motion was identified from mid-term to long-term follow-up.

In summary, the observed excellent objective and patient-reported mid-term results could be preserved after the long-term interval [23].

No complications were observed. These results were in accordance with former studies, as well [15, 23, 43, 48–54].

Arthroscopic debridement as a first-line treatment option is indirectly further supported by a higher complication rate for ulnar shortening osteotomy. Chan et al. reported on 51% osteosynthesis irritation, 6.3% pseudarthrosis of the ulna, 1.6% refracture of the ulna, and 1.6% complex regional pain syndrome [55]. Rajgopal et al. identified 45% osteosynthesis irritation and 8% pseudarthrosis [56]. Moreover, ulnar shortening requires a prolonged recovery in comparison to arthroscopic debridement alone which entails additional negative socio-economic consequences.

Many studies have evaluated therapeutic options for traumatic disc lesions. But high-quality studies regarding central degenerative disc lesions are rare. Saito et al. found 18 relevant studies regarding outcome after arthroscopic debridement of disc lesions. Seventeen studies were characterized by heterogeneous study populations. Viewing the latter degenerative disc lesions were assessed in just 19% of cases overall [20].

Schädel-Höpfner et al. identified five relevant studies which concentrated on degenerative disc lesions [43]. Nevertheless, those studies evaluated different types of degenerative disc lesions [13, 16–19]. Iwasaki et al. included Palmer type 2B, 2C, 2D, and 2E lesions for their case series of 53 patients

[19]. Minami et al. differentiated only between traumatic and degenerative lesions for their case series of 16 patients [13].

Furthermore, Saito et al. analyzed studies with a mean follow-up of 30 months and Schädel-Höpfner et al. assessed the former five studies with a mean follow-up of 25 months [20, 43].

Viewing the follow-up interval of the former studies, short-term follow-up studies have the disadvantage of a diminished prognosis. Therefore, therapeutic recommendations based on the latter studies are of minor value.

In contrast, our study included a homogeneous population with central degenerative disc lesions (Palmer type 2C) exclusively [22]. The mean follow-up was 8.8 years after debridement. Evaluation of objective and patient-reported parameters were assessed facilitating well-established tools [32–36]. Therefore, recommendations for arthroscopic treatment may be supported by our study.

The study's weaknesses include its retrospective design and the lack of a control group without arthroscopic debridement. Preoperative pain perception, MMWS and DASH scores were lacking. Just 17 patients could be recruited for this long-term study after all.

Arthroscopic debridement of central degenerative TFCC lesions is safe, reliable, and efficacious even for ulnar positive variance. Therefore, arthroscopic debridement may be recommended as a first-line treatment of central degenerative disc lesions independent of ulnar variance [20, 23]. The outcome of this study encourages us to maintain our algorithm of initial arthroscopic debridement of Palmer type 2C articular disc lesions regardless of ulnar length.

Funding The authors received financial support for this project from the Richard and Annemarie Wolf Foundation, Knittlingen, Germany.

Code availability Microsoft excel; SPSS; SAS.

Declarations

Conflict of interest The authors declare no potential conflicts of interest with respect to research, authorship, and/or publication of this article.

Ethics approval This study has been approved by the institutional ethics committee.

Consent to participate All participants gave their written consent.

Availability of data and material Statistics data are available in SPSS.

References

1. Palmer AK, Werner FW (1981) The triangular fibrocartilage complex of the wrist—atomy and function. *J Hand Surg Am* 6(2):153–162
2. Nakamura T, Yabe Y (2000) Histological anatomy of the triangular fibrocartilage complex of the human wrist. *Ann Anat* 182:567–572 (Published online)
3. Hagert E, Hagert C-G (2010) Understanding stability of the distal radioulnar joint through an understanding of its anatomy. *Hand Clin* 26(4):459–466
4. Palmer AK, Werner FW, Glisson RR, Murphy DJ (1988) Partial excision of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg Am* 13(3):391–394
5. Palmer AKWF (1984) Biomechanics of the distal radioulnar joint. *ClinOrthopRelat Res* 187:26–35
6. Mikić Z (1992) The blood supply of the human distal radioulnar joint and the microvasculature of its articular disk. *ClinOrthopRelat Res* 275:19–28
7. Osterman AL (1990) Arthroscopic debridement of triangular fibrocartilage complex tears. *Arthrosc J ArthroscRelatSurg* 6(2):120–124
8. Boquet J, Lefebvre B, Van Innis F (2012) Évaluationcliniquéré-trospective des traitementsarthroscopiques des lésions du complexetriangulaire du poignet. *Chir Main* 31(2):91–96
9. Unglaub F, Wolf MB, Thome MA, Germann G, Sauerbier M, Reiter A (2008) Correlation of ulnar length and apoptotic cell death in degenerative lesions of the triangular fibrocartilage. *Arthroscopy* 24(3):299–304
10. Unglaub F, Thomas SB, Kroeber MW et al (2009) Apoptotic pathways in degenerative disk lesions in the wrist. *Arthroscopy* 25(12):1380–1386
11. Unglaub F, Wolf MB, Kroeber MW et al (2011) Expression of leptin, leptin receptor, and connective tissue growth factor in degenerative disk lesions in the wrist. *Arthroscopy* 27(6):755–760
12. Osterman AL, Terrill RG (1991) Arthroscopic treatment of TFCC lesions. *Hand Clin* 7(2):277–281
13. Minami A, Ishikawa J, Suenaga N, Kasashima T (1996) Clinical results of treatment of triangular fibrocartilage complex tears by arthroscopic debridement. *J Hand Surg Am* 21(3):406–411
14. Hulsizer D, Weiss A-PC, Akelman E (1997) Ulna-shortening osteotomy after failed arthroscopic debridement of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg Am* 22(4):694–698
15. Husby T, Haugstvedt JR (2001) Long term results after arthroscopic resection of lesions of the triangular fibrocartilage complex. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 35(1):79–83
16. Jui-Tien S, Yao-Tung H, Hung-Maan L, Chuan-Ming T, Ming-Chun C (2000) Chronic triangular fibrocartilage complex tears with distal radioulna joint instability: a new method of triangular fibrocartilage complex reconstruction. *J Orthop Surg* 8(1):1–8
17. Tomaino MM, Weiser RW (2001) Combined arthroscopic TFCC debridement and wafer resection of the distal ulna in wrists with triangular fibrocartilage complex tears and positive ulnar variance. *J Hand Surg Am* 26(6):1047–1052
18. Bernstein MA, Nagle DJ, Martinez A, Stogin JM, Wiedrich TA (2004) A comparison of combined arthroscopic triangular fibrocartilage complex debridement and arthroscopic wafer distal ulna resection versus arthroscopic triangular fibrocartilage complex debridement and ulnar shortening osteotomy for ulnocarpal abutment syndr. *Arthroscopy* 20(4):392–401
19. Iwasaki N, Ishikawa J, Kato H, Minami M, Minami A (2007) Factors affecting results of ulnar shortening for ulnar impaction syndrome. *Clin Orthop Relat Res* 465:215–219
20. Saito T, Malay S, Chung KC (2017) A systematic review of outcomes after arthroscopic débridement for triangular fibrocartilage complex tear. *Plast Reconstr Surg* 140(5):697e–708e
21. Graves BR (2018) Editorial commentary: arthroscopic triangular fibrocartilage complex debridement may or may not help with ulnar-sided wrist pain. *Arthroscopy* 34(11):2999–3000
22. Palmer AK (1989) Triangular fibrocartilage complex lesions: a classification. *J Hand Surg Am* 14(4):594–606
23. Möldner M, Unglaub F, Hahn P, Müller LP, Bruckner T, Spies CK (2015) Functionality After Arthroscopic Debridement of Central Triangular Fibrocartilage Tears With Central Perforations. *J Hand Surg Am* 40(2):252–258.e2
24. Bain GI, Munt J, Turner PC (2008) New Advances in Wrist Arthroscopy. *Arthroscopy* 24(3):355–367
25. Epner RA, Bowers WH, Guilford WB (1982) Ulnar variance—the effect of wrist positioning and roentgen filming technique. *J Hand Surg Am* 7(3):298–305
26. Levinsohn EM (1990) Imaging of the wrist. *Radiol Clin* 28(5):905–921
27. Tomaino MM (2000) The importance of the pronated grip x-ray view in evaluating ulnar variance. *J Hand Surg Am* 25(2):352–357
28. Gelberman RH, Salamon PB, Jurist JM, Posch JL (1975) Ulnar variance in Kienböck's disease. *J Bone Joint Surg Am* 57(5):674–676
29. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N (1984) Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am* 9(2):222–226
30. Fess E (1992) Grip strength. In: Casanova JS (ed) *Clin Assess Recomm*, 2nd edn. Chicago Am Soc Hand Ther., pp 41–45
31. Ahearn EP (1997) The use of visual analog scales in mood disorders: a critical review. *J Psychiatr Res* 31(5):569–579
32. Cooney WP, Bussey R, Dobyms JH, Linscheid RL (1987) Difficult wrist fractures Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop Relat Res* 214:136–147
33. Green DP, O'Brien ET (1978) Open reduction of carpal dislocations: indications and operative techniques. *J Hand Surg Am* 3(3):250–265
34. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C et al (1996) Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder, and hand). *Am J Ind Med* 29(6):602–608
35. Klum M, Wolf MB, Hahn P, Leclère FM, Bruckner T, Unglaub F (2012) Normative data on wrist function. *J Hand Surg Am* 37(10):2050–2060
36. Klum M, Wolf MB, Hahn P, Leclère FM, Bruckner T, Unglaub F (2012) Predicting grip strength and key pinch using anthropometric data, DASH questionnaire and wrist range of motion. *Arch Orthop Trauma Surg* 132(12):1807–1811
37. Armitage PM, Berry GM (2008) Statistical methods in medical research. In: Matthews JM (ed) *Epidemiology*, 4th edn
38. Mikić ZD (1978) Age changes in the triangular fibrocartilage of the wrist joint. *J Anat* 126(Pt 2):367–384
39. Müller K (2012) Therapy of triangular fibrocartilage complex lesions - a systematic review, Doctoral Dissertation, Heinrich-Heine-Universität. Published online, Düsseldorf
40. Haugstvedt THJR, Haugstvedt JR (2001) Long term results after arthroscopic resection of lesions of the triangular fibrocartilage complex. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 35(1):79–83
41. Tan SW, Ng SW, Tan SH, Teoh LC (2012) Arthroscopic debridement of intercarpal ligament and triangular fibrocartilage complex tears. *Singapore Med J* 53(3):188–191
42. Broccoli G, Vaske B, Müller L, Kahmann R, Isenberg J (2014) Limits to arthroscopic treatment of degenerative triangular fibrocartilage complex lesions depending on the ulnar variance. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 46(03):151–162

43. Schädel-Höpfner M, Müller K, Gehrmann S, Lötgers TT, Windolf J (2012) Therapy of triangular fibrocartilage complex lesions. *Unfallchirurg* 115(7):582–588
44. Krimmer H (2018) Treatment of the ulnar impingement syndrome in the distal radioulnar joint. *Orthopäde* 47(8):684–687
45. Terzis A, Neubrech F, Sebald J, Sauerbier M (2019) Surgical treatment of ulnar impaction syndrome. *Oper Orthop Traumatol* 31(6):547–556
46. Palmer AK, Werner FW, Murphy D, Glisson R (1985) Functional wrist motion: a biomechanical study. *J Hand Surg Am* 10(1):39–46
47. Ryu JY, Cooney WP, Askew LJ, An KN, Chao EY (1991) Functional ranges of motion of the wrist joint. *J Hand Surg Am* 16(3):409–419
48. Pillukat T, Mühldorfer-Fodor M, Windolf J, van Schoonhoven J (2018) Arthroscopy of the distal radioulnar joint. *Orthopäde* 47(8):647–654
49. Löw S, Spies CK, Unglaub F, Oppermann J, Langer M, Erne H (2018) Diagnosis and treatment of degenerative disc lesions of the wrist. *Orthopäde* 47(8):670–676
50. Rein S, Krenn V, Hagert E, Garcia-Elias M, Lluch A, Kremer T, Semisch M (2021) Degeneration of the articular disc in the human triangular fibrocartilage complex. *Arch Orthop Trauma Surg* 141(4):699–708
51. Kirchberger MC, Unglaub F, Mühldorfer-Fodor M, Pillukat T, Hahn P, Müller LP, Spies CK (2015) Update TFCC: histology and pathology, classification, examination and diagnostics. *Arch Orthop Trauma Surg* 135(3):427–437
52. Schmitt R (2018) Radiology of the distal radioulnar joint and the ulnocarpal complex. *Orthopäde* 47(8):637–646
53. Spies CK, Langer MF, Müller LP, Unglaub F (2020) Reconstruction of the deep fibers of the distal radioulnar ligaments facilitating a tendon graft-Adams' procedure. *Oper Orthop Traumatol* 32(3):262–270
54. Spies CK, Langer M, Müller LP, Oppermann J, Löw S, Unglaub F (2018) Anatomy and biomechanics of the distal radioulnar joint. *Orthopäde* 47(8):621–627
55. Chan S, Singh T, Pinder R, Tan S, Craigen MA (2016) Ulnar shortening osteotomy: are complications under reported? *J Hand Microsurg* 07(02):276–282
56. Rajgopal R, Roth J, King G, Faber K, Grewal R (2015) Outcomes and complications of ulnar shortening osteotomy: an institutional review. *HAND* 10(3):535–540

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

8 TABELLARISCHER ANHANG

- Tabelle 1 Demographie.
- Tabelle 2 Ein- und Ausschlusskriterien.
- Tabelle 3 Punktwerte Modified Mayo Wrist Score (MMWS).
- Tabelle 3 Bewegungsumfänge im Handgelenk in Grad.
- Tabelle 4 Grobgriffkraft und Schlüsselgriffkraft.
- Tabelle 5 Modified Mayo Wrist Score (MMWS).
- Tabelle 6 Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Fragebogen (DASH-Score),
Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala.
- Tabelle 7 Vergleich mittelfristige Ergebnisse und langfristige Ergebnisse.

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abbildung 1 Verhältnis zwischen Form des Ulnakopfes und Ulnavarianz (Sauerbier and Unglaub, 2009).
- Abbildung 2a Aufbau des triangulären fibrocartilaginären Komplexes (Spies et al., 2018).
- Abbildung 2b Aufbau der radioulnaren Ligamente (Spies et al., 2018).
- Abbildung 3 Illustration der wechselnden und komplementären Spannungszustände der radioulnaren Ligamente während der Unterarmdrehung (Spies et al., 2018).
- Abbildung 4a Darstellung der einzelnen Bestandteile der Membrana interossea (Spies et al., 2018).
- Abbildung 4b Palmare Ansicht mit Darstellung der Anteile des M. pronator quadratus (Spies et al., 2018).
- Abbildung 5 Schema eines histologischen Präparates des ulnokarpalen Komplexes (Schmidt and Lanz, 2013).
- Abbildung 6 Die Drehachse von Pronation und Supination verläuft schräg durch den Unterarm von der Mitte des Radiuskopfes nach distal zum Ulnakopf (Kleinman, 2007).
- Abbildung 7 Wenn sich der Radius aus der vollständigen Supination in die vollständigen Pronation um die fixierte Ulna dreht, verkürzt sich die Radiokarpaleinheit relativ zur Ulna, was zu einer zu einer relativen positiven Ulnavarianz führt (Kleinman, 2007).
- Abbildung 8 ulnokarpaler Komplex von distal mit arterieller Versorgung und Perforation des Discus ulnocarpalis (Schmidt, 2004).
- Abbildung 9a Ulnar-Fovea-Zeichen (Spies et al., 2016).
- Abbildung 9b „Press Test“ (Spies et al., 2016).
- Abbildung 10a Traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1A; gering dislozierter Vertikalriss im Diskuszentrum (T1w FSE fs nach Gadolinium) (Schmitt and Lanz, 2015).
- Abbildung 10b Traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1A; nicht dislozierter Vertikalriss im radialen Diskusabschnitt (T1w FSE fs postarthrografisch) (Schmitt and Lanz, 2015).

- Abbildung 11a Steriles Operationsfeld mit Aufhängung des Arms (Löw et al., 2014a).
- Abbildung 11b Arthroskopieportale und deren anatomische Beziehung zu neurovaskulären Strukturen und Sehnen (Löw et al., 2014a).
- Abbildung 12 TFCC: a Tasthakenuntersuchung; b ausgedünnte und aufgefaserte Ränder (zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C); c Spannungsverlust mit Aufwellen bei ulnarem Abriss (traumatische Diskusläsion Palmer Klassifikation 1B) (Löw et al., 2014a).
- Abbildung 13 Klassifikation der Läsionen des triangulären fibroartilaginären Komplexes nach Palmer (Spies et al., 2015).
- Abbildung 14 TFCC: a Degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C mit Knorpelschaden ulnar am Lunatum; b Debridement mit Punch, c intaktes Ligamentum radioulnare palmare nach Debridement (Bickert et al., 2011).
- Abbildung 15 Patientenkollektiv: Gruppe 1: arthroskopisches Debridement; Gruppe 2: arthroskopisches Debridement + Ulnaverkürzungsosteotomie; Gruppe 3 DASH-Fragebogen.
- Abbildung 16a zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C.
- Abbildung 16b zentrale degenerative Diskusläsion Palmer Klassifikation 2C nach arthroskopischem Debridement.
- Abbildung 17 Typisches Ausmaß der Diskusresektion bei zentralen Diskusrissen Trauma (Bickert, 2004).
- Abbildung 18a Aufbringung der winkelstabilen Platte (Unglaub, 2020).
- Abbildung 18b Entnahme der Knochenscheibe (Unglaub, 2020).
- Abbildung 19a Messung der Ulnavarianz in der dorsopalmaren Aufnahme mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman.
- Abbildung 19b Messung der Ulnavarianz in der dorsopalmaren Stressaufnahme mit der Methode der Linienprojektion nach Gelberman.
- Abbildung 20 Bewegungsausmaß des Handgelenkes.
- Abbildung 21a Position für die Messung mit dem Jamar-Dynamometer (Hahn et al., 2018).
- Abbildung 21b Jamar-Dynamometer (Hahn et al., 2018).
- Abbildung 22 Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala.

- Abbildung 23 Boxplot zur Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala; Gruppe 1 vor (blau) und nach (grün) arthroskopischem Debridement (AD) sowie Gruppe 2 vor (blau) und nach (grün) arthroskopischem Debridement bzw. nach (violett) Ulnaverkürzungsosteotomie (UVO).
- Abbildung 24 Boxplot zur Schmerzbeurteilung anhand der Visuellen Analogskala; mittelfristige Ergebnisse (grün) sowie langfristige Ergebnisse (violett) nach arthroskopischem Debridement (AD).

10 ANHANG

TFCC Ulna Plus Debridement

Patient: _____

Operationsdatum [TFCC]: _____

Untersuchungsdatum: _____

Alter: _____

Beruf: _____

Ulnaverkürzung: _____

Seite

Operiert: _____

Fürhand: _____

Kraft (Nachuntersuchung)

Jamar (Stufe II): rechts: ____, ____, ____ links: ____, ____, ____

Feingriff rechts: ____, ____, ____ links: ____, ____, ____

Handgelenkbeweglichkeit (Nachuntersuchung)

| | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Pronation/Supination: | rechts: ___ - ___ - ___ | links: ___ - ___ - ___ |
| HG Extension/HG Flexion: | rechts: ___ - ___ - ___ | links: ___ - ___ - ___ |
| Ulnar/Radialdeviation: | rechts: ___ - ___ - ___ | links: ___ - ___ - ___ |

Visuelle Analogskala (Schmerz, **Vor OP!**)

Kein Schmerz

Stärkste vorstellbare Schmerzen

Visuelle Analogskala (Schmerz, **Nachuntersuchung**)

Kein Schmerz

Stärkste vorstellbare Schmerzen

Beschwerden im täglichen Leben

Klartext:

Subjektive Bewertung des Patienten

0 verbessert
0 gleich geblieben
0 verschlechtert

MAYO MODIFIED WRIST SCORE

Schmerz:

| | |
|--------------------------------------|----|
| kein Schmerz | 25 |
| milder, gelegentlicher Schmerz | 20 |
| mässiger Schmerz | 15 |
| sehr starker, unerträglicher Schmerz | 0 |

Funktionsstatus:

| | |
|--|----|
| Rückkehr ins normale Arbeitsleben | 25 |
| Einschränkungen im Arbeitsleben | 20 |
| Fähigkeit zur Arbeit, arbeitslos | 15 |
| Unfähig zu arbeiten aufgrund von Schmerzen | 0 |

Beweglichkeit:

| Total Motion (in degrees) Ext./Flex. | % des Normalwerts | |
|---|-------------------|----|
| ≥ 120° | 90 – 100 % | 25 |
| 100 - 119° | 80 – 89 % | 20 |
| 90 – 99° | 70 – 79 % | 15 |
| 60 – 89° | 50 – 69 % | 10 |
| 30 – 59° | 25 – 49 % | 5 |
| 0 - 29° | 0 – 24 % | 0 |

Grip strength**% des Normalwerts**

| | |
|----------|----|
| 90 – 100 | 25 |
| 75 – 89 | 15 |
| 50 – 74 | 10 |
| 25 – 49 | 5 |
| 0 – 24 | 0 |

Ergebnis:

| | |
|----------|--------------|
| 91 – 100 | exzellent |
| 80 – 90 | gut |
| 65 – 79 | mittelmässig |
| < 65 | schlecht |

Radiologische Beurteilung

Dynamisch _____ mm

Statisch _____ mm

Lunatumveränderung:0 ja
0 nein**MRT (ggf.):**0 ja
0 nein

Komplikationen

| |
|--|
| Infekt 0 ja 0 nein |
| erneute ASK 0 ja 0 nein |
| Narbenbeschwerden 0 ja 0 nein |
| andere: |

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

THE

DASH

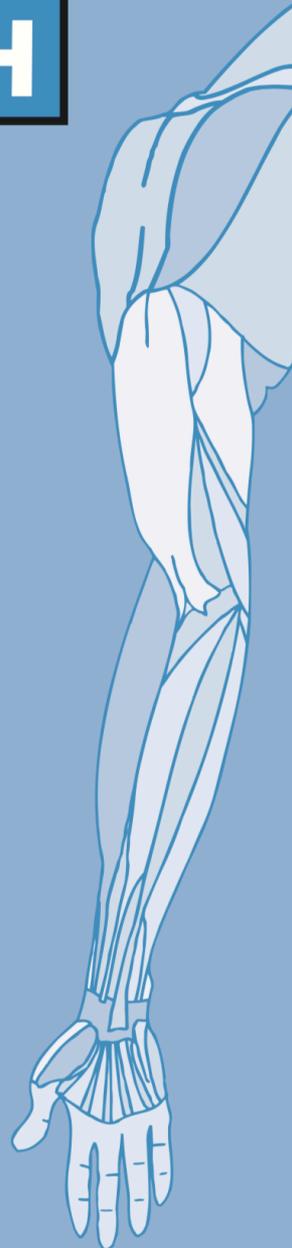
ANLEITUNG

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 auswechseln | 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 | 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 Beschwerden 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 |

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

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 |

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 |



Medizinische Fakultät Mannheim
der Universität Heidelberg
Universitätsklinikum Mannheim



UMM Universitätsmedizin Mannheim
Med. Ethik-Kommission II, Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, 68167 Mannheim

Herrn
Prof. Dr. med. Frank Unglaub
Handchirurgie
Vulpius Klinik GmbH
Vulpiusstrasse 29
74906 Bad Rappenau

Ethik-Kommission II der Universität Heidelberg
Medizinische Fakultät Mannheim

Vorsitzender: **Prof. Dr. med. Jens P. Striebel**
Geschäftsstelle: S. Cao, M. Goerner, K. Heberlein

Haus 42 – Ebene 3
Theodor-Kutzer-Ufer 1-3
68167 Mannheim

Telefon: +49 621 383 - 71770 / - 71776 / - 71777
Telefax: +49 621 383 - 71772
ethikkommission-ii@medma.uni-heidelberg.de

www.umm.uni-heidelberg.de/forschung/medizinische-ethikkommission-ii

Mannheim, 22.11.2018 / MG
Unser Zeichen: 2018-648N-MA

Studientitel: Funktionelle und subjektive Nachuntersuchung degenerativer Diskusläsionen am Handgelenk nach arthroskopischem Debridement
Studienleiter: **Prof. Dr. med. Frank Unglaub**
Prüfstelle: Handchirurgie, Vulpius Klinik GmbH, Vulpiusstrasse 29, 74906 Bad Rappenau, Eingang 22.11.2018

Berufsrechtliche Beratung

Sehr geehrter Herr Professor Unglaub,

die Ethik-Kommission II der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg (Medizinische Fakultät Mannheim) hat unten genannte Unterlagen erhalten und erhebt aus ethischer und berufsrechtlicher Sicht keine Bedenken gegen das Vorhaben.

Der Antragsteller ist seiner Beratungspflicht gemäß der geltenden ärztlichen Berufsordnung Baden-Württemberg nachgekommen.

Hinweise:

Die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung dieser Studie liegt bei der Leiterin/dem Leiter der klinischen Prüfung und bei den Prüferinnen/Prüfern.

Beachten Sie bitte die seit dem 25.05.2018 erforderlichen Änderungen im Datenschutz aufgrund der EU-DSGVO. Nachstehende Punkte müssen diesbezüglich in der Patienten- / Probandeninformation und Einwilligungserklärung berücksichtigt sein:

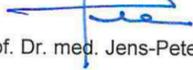
- Zweckbindung des Forschungsvorhabens beschreiben
- Pseudonymisierung der personengebundenen Daten mit sofortiger Trennung von personengebundenen Daten und Forschungsdaten durch anerkannte Verschlüsselungstechniken
- Beschreibung der Art der sicheren Verwahrung von personengebundenen Daten und der reinen Forschungsdaten/Gewebeproben sowie deren Verknüpfung
- Keine Verwirrung zwischen Anonymisierung und Pseudonymisierung durch wechselnde Verwendung der Begriffe entstehen lassen
- Eine Weitergabe ist nur von verschlüsselten Forschungsdaten und nur an benannte Personen/Institutionen gemäß DSGVO möglich

Universitätsklinikum Mannheim GmbH
Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, 68167 Mannheim
Registriergericht: Amtsgericht Mannheim, HRB Mannheim 7331
Aufsichtsratsvorsitzender: Oberbürgermeister Dr. Peter Kurz
Geschäftsführer: Freddy Bergmann, Prof. Dr. med. Frederik Wenz

Medizinische Fakultät Mannheim
der Universität Heidelberg
Theodor-Kutzer-Ufer 1-3, 68167 Mannheim
Dekan: Prof. Dr. med. Sergij Goerd

- Ausschließliche Verwendung des Begriffs „Einwilligung“ statt Einverständnis; statt „ich bin einverstanden“ bitte „ich willige ein“, etc.
- Beschreibung der Qualität der Mitarbeiter, die personenbezogene Daten verarbeiten
- Ausdrückliche Benennung der für die Datenverarbeitung verantwortlichen Person
- Name und Kontaktdaten des lokal zuständigen Datenschutzbeauftragten
- Hinweis auf das Beschwerderecht, Nennung der zuständigen Datenschutz-Aufsichtsbehörden
- Hinweis auf das Auskunftsrecht über alle gespeicherte Personendaten
- Im Zweifelsfall lassen Sie sich durch Ihren für die Forschungsanträge verantwortlichen Datenschutzbeauftragten zusätzlich beraten

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. med. Jens-Peter Striebel

Eingereichte Unterlagen:

- Anschreiben vom 06.11.2018
- Ethikantrag
- Studiendesign
- Fragebögen
- Artikel 28.10.2014

11 LEBENS LAUF

PERSONALIEN

| | |
|-------------------|----------------------|
| Name und Vorname: | Filbert, Marc Jürgen |
| Geburtsdatum: | 28.08.1980 |
| Geburtsort: | Mannheim-Neckarau |
| Familienstand: | ledig |
| Vater: | Filbert, Hans Peter |
| Mutter: | Filbert, Elke Helene |

SCHULISCHER WERDEGANG

| | |
|-------------|---|
| 1987 – 1991 | Grundschule Lindenhofschule Groß-Rohrheim |
| 1991 – 2000 | Gymnasium Gernsheim in Gernsheim |
| 06.06.2000 | Allgemeine Hochschulreife |

ZIVILDIENST

| | |
|-------------|--|
| 2000 – 2001 | Zivildienst in der Asklepios Hirschpark Klinik in Alsbach-Hähnlein |
|-------------|--|

UNIVERSITÄRER WERDEGANG

| | |
|---------------------------|--|
| WS2001/2002 – WS2008/2009 | Studium der Humanmedizin an der Philipps-Universität Marburg |
| 16.09.2004 | 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung |
| 25.11.2008 | 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung |
| 22.12.2008 | Approbation als Arzt |

BERUFLICHER WERDEGANG

| | |
|--------------|--|
| 2009 – 2010 | Assistenzarzt Theresienkrankenhaus und St. Hedwig-Klinik GmbH Mannheim, Abteilung für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie (Priv. Doz. Dr. med. O. Diedrich) |
| 2010 – 2012 | Assistenzarzt Theresienkrankenhaus und St. Hedwig-Klinik GmbH Mannheim, Abteilung für Unfallchirurgie (Dr. med. R. Kiss) |
| 2012 – 2016 | Assistenzarzt Theresienkrankenhaus und St. Hedwig-Klinik GmbH Mannheim, Abteilung für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie (Priv. Doz. Dr. med. O. Diedrich) |
| 13.07.2016 | Anerkennung als Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie |
| 2016 – 2017 | Facharzt Theresienkrankenhaus und St. Hedwig-Klinik GmbH Mannheim, Abteilung für Orthopädie und Wirbelsäulenchirurgie (Priv. Doz. Dr. med. O. Diedrich) |
| 2017 – 2019 | Facharzt Vulpius Klinik Bad Rappenau, Abteilung für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie (Dr. med. U. Bertram) |
| 2019 – heute | Oberarzt Vulpius Klinik Bad Rappenau, Abteilung für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie (Dr. med. U. Bertram) |

12 DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. med. Frank Unglaub danke ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und die Möglichkeiten, es zu bearbeiten. Außerdem möchte ich mich für seine ausgezeichnete fachliche und stets optimistische und motivierende Betreuung bedanken. Sein Engagement und die ständige Erreichbarkeit haben maßgeblich zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen.

Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn PD Dr. med. Christian Spies für die große Unterstützung bei der Entstehung der Publikation. Er gab mir stets wichtige sachliche Hinweise, die zur Vollendung derselben notwendig waren.

Bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Vulpus Klinik in Bad Rappenau möchte ich mich für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten bedanken.

Vielen Dank an Frau Tanja Weber für die organisatorische Hilfestellung.

Bei Frau Andrea Strach möchte ich mich für die Unterstützung bei der Patientenrekrutierung und die ständige Hilfsbereitschaft bedanken.

Herrn Dr. med. Ulf Bertram und Herrn Dr. med. Patrick Araib danke ich für ihr Verständnis und Entgegenkommen.

Herrn Dr. sc. hum. Thomas Bruckner vom Institut für Medizinische Biometrie und Informatik des Universitätsklinikums Heidelberg, der mich in allen Stadien der Arbeit bei der statistischen Auswertung unterstützte, gilt mein besonderer Dank.

Ich danke Marc Göschel, der mir immer mit vielen Ratschlägen und aufbauenden Worten zur Seite stand.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern Elke Helene Filbert und Hans Peter Filbert bedanken. Sie standen mir auf meinem Weg in allen Lebenslagen immer beratend zur Seite. Nur durch ihre uneingeschränkte und stets liebevolle Unterstützung war es mir möglich meine Ziele zu erreichen.