

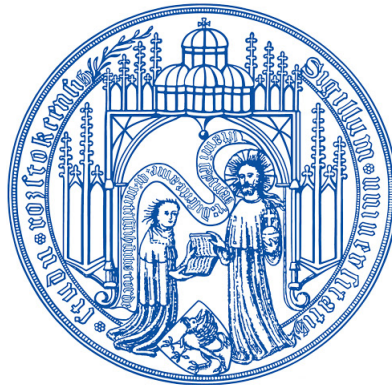
Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier

Und Klinikum Rostock Südstadt, Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und
Handchirurgie

(Betreuer: Chefarzt Dr. med. Robert Jäckel)

Die Anwendung der proximalen Reihenresektion bei der Lunatumnekrose im
Stadium III b



INAUGURALDISSERTATION

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von Sebastian Dittmar

geb. am 02.04.1981 in Berlin-Charlottenburg

Rostock im Februar 2022

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00004436

Dekan: Prof. Dr. med. univ. Emil C. Reisinger

Gutachter:

Prof. Dr. med. Thomas Mittlmeier, Universität Rostock, Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

PD Dr.med. Marion Mühldorfer-Fodor, RHÖN-KLINIKUM Campus Bad Neustadt, Klinik für Handchirurgie

PD Dr.med. Axel Greiner, Universität München, Muskuloskelettales Universitätszentrum

Jahr der Einreichung: 2022

Jahr der Verteidigung: 2023

„Niemand weiß, was er kann, bis er es probiert hat.“

Publilius Syrus

Meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	EINLEITUNG.....	3
3	KLINISCHER HINTERGRUND	4
3.1	EINFÜHRUNG IN DAS KRANKHEITSBILD	4
3.2	ANATOMIE DER HANDWURZEL	5
3.3	PATHOGENESE	6
3.4	KLINIK	8
3.5	EINTEILUNG DER KRANKHEITSSTADIEN	8
3.6	THERAPIE.....	11
3.6.1	OPERATIONSMETHODEN IM STADIUM IIIB.....	13
3.6.1.1	SKAPHOTRAPEZIOTRAPEZOIDALE ARTHRODESE	13
3.6.1.2	RADIO SKAPHOLUNÄRE ARTHRODESE (RSL-FUSION)	14
3.6.1.3	GESTIELTE KNOCHENTRANSPLANTATION DES OS PISIFORME (OPERATION NACH SAFFAR)	14
3.6.1.4	LUNATUMEXSTIRPATION MIT VERLÄNGERUNGSOSTEOTOMIE DES OS CAPITATUM (OPERATION N. GRANER).....	14
3.6.1.5	LUNATUMEXSTIRPATION MIT KAPITATUMDISTRAKTION NACH WILHELM UND HIERNER.....	15
3.6.1.6	LUNATUMEXSTIRPATION MIT SEHNENINTERPONAT ODER SPACER	15
3.6.1.7	DENERVATION NACH WILHELM	15
3.7	ZIELE UND HYPOTHESE DER ARBEIT.....	16
4	MATERIAL UND METHODEN.....	18
4.1	PROBANDEN.....	18
4.2	OPERATIONSMETHODE	18
4.3	METHODEN DER DATENERFASSUNG.....	20
4.3.1	DASH-SCORE.....	21
4.3.2	COONEY-SCORE	21

4.3.3	MESSUNG DER BEWEGLICHKEIT	22
4.3.4	MESSUNG DER KRAFT	23
4.3.5	MESSUNG DER SCHMERZEMPFINDEUNG.....	23
4.3.6	RÖNTGENUNTERSUCHUNG.....	24
4.4	DURCHFÜHRUNG	24
4.5	AUSWERTUNG	26
5	ERGEBNISSE	28
5.1	PROBANDEN.....	28
5.2	BEWEGUNGSMAß.....	30
5.2.1	FLEXION/ EXTENSION.....	30
5.2.2	GESAMTSUMME DES BEWEGUNGSMAßES AUS EXTENSION UND FLEXION	33
5.2.3	RADIALDUKTION/ ULNARDUKTION	35
5.2.4	GESAMTSUMME DES BEWEGUNGSMAßES AUS RADIALDUKTION UND ULNARDUKTION	38
5.2.5	VERGLEICH DER SUMME DES GESAMTBEWEGUNGSMAßES VON EXTENSION UND FLEXION SOWIE RADIAL- UND ULNARDUKTION	39
5.3	FAUSTGRIFF	41
5.4	DASH SCORE UND VISUELLE ANALOGSKALA	42
5.5	COONEY-SCORE	45
5.6	AUSWERTUNG DER RÖNTGENBILDER	47
5.7	KOMPLIKATIONEN	50
6	DISKUSSION	52
6.1	OP/ NACHBEHANDLUNG	52
6.2	BEWEGUNGSMAß.....	52
6.2.1	EXTENSION/FLEXION	54
6.2.2	RADIAL-/ULNARDUKTION.....	55
6.3	SCHMERZEN/BESCHWERDEDAUER/RUHIGSTELLUNG	57
6.4	KRAFT.....	58
6.5	SCORES	59

6.6	AUSWERTUNG DER RÖNTGENBILDER	61
6.7	KOMPLIKATIONEN	62
6.8	ALTERNATIVE OPERATIONSMETHODEN.....	63
6.9	LIMITATIONEN DER ARBEIT	65
7	FAZIT UND AUSBLICK	67
8	LITERATURVERZEICHNIS	68
9	THESEN	77
10	LEBENS LAUF.....	78
11	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	81
12	DANKSAGUNG	82
13	ANHANG	83
13.1	DASH SCORE BOGEN	83
13.2	UNTERSUCHUNGSBOGEN.....	88
13.3	COONEY-SCORE	89
13.4	MESSBLATT NEUTRAL-NULLMETHODE.....	90

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Robert Kienböck 1871-1953.....	5
Abb. 2 Varianten der Blutversorgung des Os lunatum nach Gelbermann.....	6
Abb. 3 Einzelne Stadien der Lunatumnekrose auf Röntgenaufnahmen.....	10
Abb. 4 Darstellung des operativen Zugangsweges der proximalen Reihenresektion.....	20
Abb. 5 Darstellung der Artikulation nach der proximalen Reihenresektion.....	20
Abb. 6 Hydraulic Handdynamometer (Dynamometer nach Jamar).....	23
Abb. 7 Visuelle Analogskala.....	24
Abb. 8 Durchführung der Studie.....	26
Abb. 9 Grafische Darstellung der Werte für SUMEXFX.....	34
Abb. 10 Grafische Darstellung der Werte für SUMRAUL.....	39
Abb. 11 Grafische Darstellung der Ergebnisse für den Faustgriff.....	42
Abb. 12 Grafische Darstellung der Ergebnisse des DASH Score.....	43
Abb. 13 Grafische Darstellung der Ergebnisse der VAS.....	45
Abb. 14 Grafische Darstellung der Ergebnisse für Cooney-Score.....	46
Abb. 15 Röntgenaufnahme HG in a.p (Bild a) und seitlich (Bild b), ulnare Subluxation des Karpus.....	47
Abb. 16 Röntgenaufnahme HG in a.p, prox. Kapitatum ohne signifikante Verbreiterung.....	48
Abb. 17 Röntgenaufnahme HG in a.p., Verbreiterung prox. Kapitatum, intraartikuläre Ossifikationen.....	48
Abb. 18 Röntgenaufnahme HG in a.p., Remodellierung des Proc. Styloideus radii, intraartikuläre Ossifikationen.....	49
Abb. 19 Röntgenaufnahme HG in a.p., Remodellierung des Proc. Styloideus radii und radiales Impingment.....	50
Abb. 20 Verklebung der Strecksehne DIG V links.....	51

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Stadieneinteilung anhand konventioneller Röntgenaufnahmen nach Decoulx modifiziert nach Lichtmann.....	9
Tab. 2 Stadieneinteilung anhand von MRT-Bildern.....	11
Tab. 3 Therapieoptionen in den einzelnen Stadien der Lunatumnekrose.....	12
Tab. 4 Normwerte der Bewegung im Handgelenk.....	22
Tab. 5 Auswertung für Alter1/Jr.(präop.)/Alter2/Jr.(postop.)/Beschwerdedauer/Mo.....	29
Tab. 6 Auswertung OP-Dauer/KH-Dauer/Ruhigstellung/Nachuntersuchung.....	29
Tab. 7 Auswertung für subjektive Note/Beschwerdedauer/AU Dauer.....	30
Tab. 8 Statische Auswertung für Extension und Flexion.....	31
Tab. 9 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Flexion.....	32
Tab. 10 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Extension.....	33
Tab. 11 Auswertung für den Bewegungsbogen der Extension und Flexion.....	34
Tab. 12 Statische Auswertung für Radial- und Ulnarduktion.....	36
Tab. 13 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Radialduktion.....	37
Tab. 14 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Ulnarduktion.....	37
Tab. 15 Auswertung für den Bewegungsbogen der Radial- und Ulnarduktion.....	38
Tab. 16 Statische Auswertung für SUMEXFX, SUMRAUL.....	40
Tab. 17 Auswertung für den Faustgriff.....	41
Tab. 18 Auswertung für den DASH Score und die VAS.....	43
Tab. 19 Auswertung für Cooney-Score.....	46

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	= Abbildung
a.p.	= anterior posterior
d	= Tag
DIG	= Digitorum
HG	= Handgelenk
Jr.	= Jahr
Kontr.	= Kontralateral
Min.	= Minute
Mo.	= Monat
MRT	=Magnetresonanztomographie
Postop.	= postoperativ
Präop.	= präoperativ
Proc.	= Processus
Prox.	= proximal
ROM	= Range of Motion
PRC	= Proximale Reihenresektion
RSL-Fusion	= Radioscapholunäre Arthrodesse
SD	= Standardabweichung
STT-Arthrodesse	= Skaphotrapeziotrapezoidale Arthrodesse
SUMEXFX	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Extension und Flexion
SUMEXFX1	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Extension und Flexion präoperativ
SUMEXFX2	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Extension und Flexion postoperativ
SUMEXFX0	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Extension und Flexion der nicht operierten Seite

SUMRAUL	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Radial- und Ulnar duktion
SUMRAUL1	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Radial- und Ulnar duktion präoperativ
SUMRAUL2	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Radial- und Ulnar duktion postoperativ
SUMRAUL0	= Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Radial- und Ulnar duktion der nicht operierten Seite
Tab.	= Tabelle
VAS	= visuelle Analogskala
z.B.	= zum Beispiel

1 ZUSAMMENFASSUNG

Mit einer Inzidenz von 1:100000 ist die Lunatumnekrose, auch Morbus Kienböck genannt, eine eher seltene Erkrankung, deren Ätiopathologie bis heute noch nicht vollständig geklärt ist. Sie zählt zu den aseptischen Knorpelknochennekrosen und tritt gehäuft mit einem Verhältnis von 2:1 bei Männern und Frauen zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr auf (Gabl. et al., 2014; Hanusch, 2015). Die Einteilung der Stadien der Erkrankung erfolgt nach Decoulx, modifiziert nach Lichtmann, anhand von konventionellen Röntgenbildern, bei denen die Form und Konfiguration des Os lunatum beurteilt werden. Es gibt insgesamt vier Stadien, wobei das dritte Stadium noch in Stadium a und b unterteilt wird. Es kommt zu einer zunehmenden Destruktion des Knochens, die im Verlauf die Aufhebung der karpalen Architektur und eine perilunäre Arthrose zur Folge hat (Towfigh et al., 2014). Es ist ein schmerzhaftes Krankheitsbild, welches zu einer progredienten Einschränkung von Funktionalität und Gebrauchsfähigkeit der betroffenen Extremität führt. Die erforderliche Therapie bezieht sich auf das Stadium der Erkrankung. Neben der konservativen Therapie gibt es auch operative Maßnahmen zur Behandlung des Krankheitsbildes. Es gibt druckentlastende Verfahren mit Erhalt des Os lunatum, revaskularisierende Verfahren, funktionserhaltende Verfahren mit Verlust des Os lunatum und palliative Verfahren (Horch et al., 2008). Die Lunatumnekrose ist neben der Läsion intrakarpaler Bänder, bedingt durch ein Handgelenksempyem, die häufigste Indikation zur Arthroplastik durch Resektion der proximalen Handwurzelreihe und stellt somit ein über Jahre bewährtes Therapieverfahren dar (Spies et al., 2020).

Die Probanden dieser Arbeit (n=12) befanden sich im Stadium IIIb der Erkrankung, welches einen Verlust der karpalen Architektur beinhaltet. Die Therapie der Wahl bei den 12 Probanden war die proximale Reihenresektion (PRC) im Sinne des Funktionserhalts und erfolgte zwischen 2003 und 2011. Das Verfahren hat zum Ziel, dass sich ein Neogelenk zwischen der distalen Handwurzelreihe und dem Os capitatum bildet. Somit wird neben der Schmerzreduktion eine Restbeweglichkeit bewahrt.

Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen einer retrospektiven Studie. Es wurden subjektive und objektive Daten erfasst. Hierzu dienten der DASH-Score, der Cooney-Score, die visuelle Analogskala, die Messung der Handkraft und des Bewegungsausmaßes nach der Neutral-Null-Methode, sowie eine Röntgenuntersuchung, die nicht bei allen und nur im Rahmen der rechtfertigen Indikation durchgeführt wurde. Zur Signifikanzprüfung wurde der nicht-parametrische Wilcoxon Test (Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest) mit dem Programm SPSS verwendet. Insgesamt zeigten sich die Summe aus Extensi-

on und Flexion sowie Radial- und Ulnar duktion der betroffenen Extremität nach dem operativen Eingriff gesteigert. Eine signifikante Verbesserung der Extension und Flexion sowie der Radial- und Ulnar duktion im Vergleich zur kontralateralen, nicht operierten Seite stellte sich nicht ein. Eine signifikante Verbesserung erfuhren die Kraft und die Schmerzlinderung, die sich an der betroffenen Extremität einstellen. Auch die Auswertung von Funktionalität und Alltagstauglichkeit nach der Durchführung der PRC erbrachten statistisch signifikante Ergebnisse. Insgesamt zeigte sich nach dem Eingriff eine Verbesserung der Funktionalität und der Alltagstauglichkeit, sowie auch der Patientenzufriedenheit. Die Komplikationsrate der Probanden lag bei nur 17% und ist somit vergleichbar mit anderen Studien.

Es ist festzustellen, dass die PRC ein komplikationsarmer Eingriff ist, der trotz eines erhöhten Risiko für die Entstehung einer Arthrose zu einer Verbesserung der Funktionalität und Alltagstauglichkeit der betroffenen Extremität sowie einer Schmerzlinderung führt.

2 EINLEITUNG

Der Morbus Kienböck ist eine aseptische Knorpelknochennekrose, deren Ätiopathologie noch nicht vollständig geklärt ist. Die Lunatumnekrose tritt mit einer Inzidenz von 1:100.000 auf und zählt somit zu den häufigeren aseptischen Knorpelknochennekrosen. Insgesamt ist es jedoch ein seltenes Krankheitsbild, sodass ein Großteil der Studien nur geringe Fallzahlen aufweist.

Es handelt sich um ein für die Betroffenen schmerzhaftes Krankheitsbild, welches zu einer progredienten Einschränkung von Funktionalität und Gebrauchsfähigkeit der betroffenen Extremität führt. Die Patienten erfahren einen hohen Leidensdruck, sind häufig gezwungen aufgrund der Einschränkungen ihren Beruf zu wechseln oder fallen langfristig in ihrem Beruf aus.

Die erforderliche Therapie richtet sich nach dem entsprechenden Stadium. Zeigen sich konservative Therapiemaßnahmen langfristig nicht zufriedenstellend, rücken operative Verfahren in den Vordergrund. In der Literatur findet sich eine große Bandbreite an Operationsmethoden und Therapieverfahren, die in den einzelnen Krankheitsstadien Anwendung finden (Kalb et al., 2018). Das überwiegende Ziel der Therapiekonzepte ist es, die Schmerzen zu reduzieren sowie den Funktionsverlust zu verhindern oder gar zu verbessern. Ein alleiniges Therapieverfahren, um die Erkrankungen zu behandeln, wurde nicht publiziert. Jedes Therapieverfahren für sich bietet Vorteile, birgt aber auch Komplikationen. Die proximale Reihenresektion ist ein zuverlässiges und dauerhaftes Verfahren für die Lunatumnekrose im Stadium III b (Croog et al., 2008).

Der Inhalt dieser Arbeit umfasst die Lunatumnekrose im Allgemeinen und die Lunatumnekrose speziell im Stadium IIIb, die operativen Verfahren und die postoperativen Ergebnisse des Patientenkollektivs, welches für diese Studie ausgewählt wurde. Diese Studie untersucht 12 Probanden, die sich im Stadium IIIb der Erkrankung befinden. Bei den 12 Probanden wurde die proximale Reihenresektion als operative Therapie angewendet.

3 KLINISCHER HINTERGRUND

Im Folgenden wird der klinische Hintergrund zur Lunatumnekrose dargelegt. Nach einer Einführung in das Krankheitsbild und der Darstellung der Anatomie der Handwurzel wird die Klinik der Lunatumnekrose inklusive der Einteilung der Krankheitsstadien beschrieben. Auch gängige Therapieformen der Lunatumnekrose finden ihre Berücksichtigung.

3.1 Einführung in das Krankheitsbild

Die Lunatumnekrose wurde erstmals im Jahr 1910 von dem österreichischen Radiologen Robert Kienböck beschrieben und wird zu der Gruppe der aseptischen Osteonekrosen gezählt. Im anglo-amerikanischen Sprachraum sind die Bezeichnungen *Kienbock's disease*, *Lunatomalacia* und *Aseptic necrosis* gebräuchlich. Es handelt sich laut Schmitt et al. (1984) um eine der eher häufigeren aseptischen Knochennekrosen, ist aber insgesamt mit einer Inzidenz von 1:100000 eine sehr seltene Erkrankung (Hanusch, 2015). Im Zentrum der Krankheitsentstehung wird eine Durchblutungsstörung des Os lunatum diskutiert, jedoch sind der genaue Hergang und die möglichen Ursachen der fehlenden beziehungsweise verminderten Blutversorgung des Mondbeins bis heute nicht exakt geklärt und somit seit 100 Jahren unbekannt. Der Beginn der Erkrankung fällt zwischen das 20. und 40. Lebensjahr und das Verhältnis betroffener Männer zu erkrankten Frauen liegt bei 2:1 (Schmitt, 2006; Gabl et al., 2014). Ätiologisch werden zudem als mögliche Ursachen eine Störung der venösen Drainage, anatomische Anomalien, wie die Minusvariante der Elle nach Horch et al. (2008), oder auch repetitive Mikrotraumata, wie zum Beispiel das Arbeiten mit Presslufthammer, in Betracht gezogen (Grifka & Kuster, 2011). Daher ist die Prävalenz bei handwerklich tätigen jungen Männern besonders hoch und die Lunatumnekrose ist bei exponierten Berufsgruppen als Berufskrankheit (BK 2103) anerkannt (Horch et al., 2008). Die Symptome der Lunatumnekrose äußern sich in Belastungs- und Ruheschmerzen, in einer Bewegungseinschränkung sowie in einer merklichen Kraftminderung der betroffenen Hand (Grifka & Kuster, 2011).



Abb. 1 Robert Kienböck 1871-1953 (Langner et al., 2010)

3.2 Anatomie der Handwurzel

Die Handwurzel besteht aus zwei Knochenreihen, welche zu jeweils vier Knochen angeordnet sind und als proximales Handgelenk die *Articulatio radiocarpalis* und als distales Handgelenk die *Articulatio mediocarpalis* bilden. Die proximale Handgelenkreihe besteht aus dem *Os scaphoideum*, *Os lunatum*, *Os triquetrum* und dem in der Sehne des *M. flexor carpi ulnaris* liegenden *Os pisiforme*, welches funktionell als Sesambein fungiert und nicht direkt an der Artikulation beteiligt ist. Die distale Handgelenkreihe setzt sich aus dem *Os trapezium*, *Os trapezoideum*, *Os capitatum* und dem *Os hamatum* zusammen (Schiebler & Korf, 2007). Das *Os lunatum* besitzt eine entscheidende Funktion für die Architektur der Handwurzel. Es bildet gemeinsam mit dem *Os capitatum* die zentrale Säule und ist von biomechanischer und klinischer Bedeutung. Die radiäre Säule setzt sich zusammen aus dem *Os scaphoideum*, *Os trapezium* und dem *Os trapezoideum*. Das *Os triquetrum* und das *Os hamatum* bilden die ulnare Säule (Schünke, Schulte & Schuhmacher, 2005).

Bei dem proximalen Handgelenk handelt es sich funktionell um ein Ellipsoidgelenk, welches mit der Flexion und Extension sowie der Radial- und Ulnarduktion zwei Freiheitsgrade beinhaltet. Das proximale Handgelenk ist ein verzahntes Scharniergelenk. Die Handwurzel besitzt durch eine straffe Bandverbindung zwischen den einzelnen Knochen der distalen Reihe eine eingeschränkte Beweglichkeit und wird deshalb auch als *Amphiarthrose* bezeichnet (Schiebler & Korf, 2007).

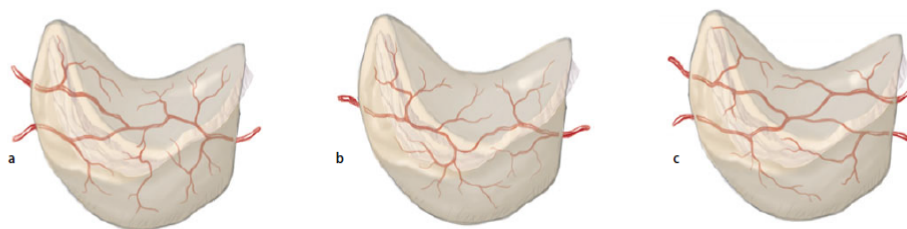


Abb. 2 Varianten der Blutversorgung des Os lunatum nach Gelberman (Towfigh et al., 2014)

Die Vaskularisierung des Os lunatum ist inkonstant und lässt sich nach Gelberman et al. (1975) in drei Typen unterscheiden. Der Y-förmige Typ (s. Abb. 2a) besitzt zwei palmare Zuflüsse aus der A. ulnaris und der A. interossea anterior und einen dorsalen Zufluss aus der A. radialis und findet sich in 59 % der Fälle. Der I-förmige Typ (Abb. 2b), welcher in 31 % der Fälle auftritt, weist einen palmaren und einen dorsalen Zufluss auf und der X-förmige Typ (Abb. 2c), mit einer geringen Häufigkeit von 10 % hat jeweils zwei palmare und zwei dorsale Zuströme (Gabl et al., 2014).

3.3 Pathogenese

Die Ursache der Lunatumnekrose konnte bisher nicht genau geklärt werden. Es können verschieden Faktoren, wie zum Beispiel anatomische, vaskuläre, biomechanische oder systemische Faktoren eine Rolle spielen und sollten bei der Ursachenforschung in Betracht gezogen werden. Es kann deshalb auch von einer multifaktoriellen Genese gesprochen werden (Schmitt, 2006).

Eine mögliche Ursache der Lunatumnekrose sind Knochenumbauvorgänge in den unterversorgten, avaskulären Knochenarealen. Die Folge sind Veränderungen der knöchernen Trabekelstruktur, die zwar durch Reparaturvorgänge zunächst kompensiert werden können, jedoch zu einem instabilen und somit nicht belastbaren Knochen führen (Gabl et al., 2014). Eine mögliche Prädisposition für die Entstehung der unterversorgten knöchernen Areale und somit ursächlich für eine Nekrose können bestimmte

Varianten und Anomalien der arteriellen Versorgung des Os lunatum sein (Gelberman & Salomon, 1975). Auch eine Störung des venösen Abflusses kann ursächlich für eine Nekrose sein, beziehungsweise diese richtungsweisend unterstützen (Pichler & Putz, 2001). Eine mögliche Störung der Zirkulation und somit auch des venösen Abflusses kann im Rahmen von angeborenen oder erworbenen Koagulopathien auftreten. Gerinnungsstörungen können zur Bildung von Fibringerinnseln führen, welche durch einen Verschluss der Kapillaren oder der Sinusoiden der intraossären Mikrozirkulation entstehen. Daraus resultiert eine venöse Hypertension und es kommt zu einer Hypoxie bei den Osteophyten und einer folgenden Nekrose (Jones, 1992). Weitere Möglichkeiten der Pathogenese stellen gefäßschädigende Erkrankungen dar, die im Rahmen einer systemischen Autoimmunkrankheit, wie zum Beispiel dem systemischen Lupus erythematoses oder der systemischen Sklerodermie auftreten können (Matsumoto et al., 1999).

Hierfür verantwortlich zeigt sich der Antiphospholipid-Antikörper, welcher eine Gerinnungsstörung auslösen kann. Durch die Gerinnungsstörung wiederum kann es zu einem arteriellen oder venösen Verschluss und infolgedessen zu einer Vaskulitis kommen. Daraus resultierend tritt die Osteonekrose auf. Auch der Fettstoffwechsel hat Einfluss auf die Entstehung der Lunatumnekrose. Der Konsum von Alkohol führt zu einem Anstieg von Cholesterin und Triglyceriden, der zu einer Steigerung des intraossären Drucks oder zu Fettembolien führen kann. Ebenso wirkt sich die Einnahme von Kortikosteroiden aus. Der veränderte Fettstoffwechsel ergibt einen verstärkenden Effekt auf die Bildung von Lunatumnekrosen und sollte daher mit Blick auf die Pathogenese ebenfalls in Betracht gezogen werden (Rotz & Fuhrmann, 2008).

Aufgrund von Veränderungen in der karpalen Statik kann es zu einer mechanischen Fehlbelastung des Mondbeins kommen. Diese Fehlbelastung führt zu einer Druckerhöhung des Knochens und kann somit die Nekrose ebenfalls begünstigen (Giunta et al., 1998). Gehäuft tritt die Lunatumnekrose bei Menschen auf, die mit Pressluftmaschinen arbeiten. Durch die Vibration, die das Arbeitsgerät auf die Handwurzel überträgt, kommt es zu einer repetitiven Mikrotraumatisierung des Os lunatum. Die Lunatumnekrose gilt daher als anerkannte Berufskrankheit bei entsprechend herausgehobenen Berufsgruppen.

Ein weitere mögliche Ursache für die Entstehung einer Nekrose des Os lunatum kann eine Varianz des Längenverhältnisses von Ulna und Radius sein. So führt eine Minusvariante der Ulna oder eine Plusvariante des Radius zu einer Druckerhöhung des Os lunatum (Lötgers et al., 2018).

3.4 Klinik

Zu Beginn der Erkrankung zeigt sich der klinische Verlauf bei nicht traumatisch bedingten Lunatumnekrosen meist asymptomatisch (Kienböck, 1910).

Typische, aber unspezifische Erstsymptome sind ein lokaler Druckschmerz über dem Radiocarpalgelenk und bewegungsabhängige Schmerzen, vor allem bei der Flexion. Eine *Functio laesa* und Schwellung des Handgelenkes sind Zeichen für ein Voranschreiten der Krankheit. Das klinische Bild kann im Verlauf durch das Vorliegen einer deutlichen Kraftminderung, gepaart mit einer zunehmenden Belastungs- und Bewegungseinschränkung, dominiert werden (Kerschbaumer et al., 1986).

In der Folge kommt es, ausgelöst durch Schmerzen und Einschränkung der Beweglichkeit, zu einer Atrophie der Unterarmmuskulatur und letztlich zur Gelenkversteifung. Diese führt dazu, dass die Schmerzsymptomatik rückläufig ist (Daniilidis, 2008).

3.5 Einteilung der Krankheitsstadien

Die Stadieneinteilung der Lunatumnekrose erfolgt nach Decoulx, modifiziert nach Lichtman mit Hilfe des konventionellen Röntgenbildes des Handgelenkes in Standardaufnahmetechnik, welche als Basisdiagnostik gilt, sowie der Magnetresonanztomographie, welche gerade die Durchblutungssituation gut darstellt (siehe Tabelle 1 und 2, Towfigh et al., 2014). Zur Einteilung der Krankheitsstadien wird international die Lichtman-Klassifikation bevorzugt (Danoff & Cuellar, 2015). Bei möglichen Konturveränderungen, wie zum Beispiel Frakturen und Spongiosasklerosen, kann zusätzlich eine Computertomographie erfolgen, um im Zweifel die Stadieneinteilung zu präzisieren (Schmitt et al. 2014; Towfigh et al. 2014). Im Stadium I der Lunatumnekrose kommt es zu einer diffusen Sklerosierung des Os lunatum, während die Form erhalten bleibt. Das Stadium II ist gekennzeichnet durch fleckige Sklerose, sowie zystische Einschlüsse bei gleichzeitigem Verlust der Trabekelstruktur. Wichtig ist nach der Klassifikation nach Decoulx modifiziert nach Lichtman die Unterscheidung zwischen einem Stadium IIIa und IIIb, da nur noch im Stadium IIIa eine Regeneration des Lunatums möglich ist (Towfigh et al. 2014). Ab dem Stadium IIIb handelt sich um ein Spätstadium der Erkrankung, welches dadurch charakterisiert ist, dass das Os lunatum zunehmend fragmentiert, das Os scaphoideum durch Rotation in eine Flexionsstellung gelangt und in der Folge die Architektur der Handwurzel verloren geht (Daniilidis 2008, Towfigh et al., 2014).

Man spricht in der Folge auch von einem karpalen Kollaps, wobei die karpale Architektur verloren geht (Stadium IIIb). Im Stadium IIIa fragmentiert lediglich das Lunatum und ein karpaler Kollaps liegt noch nicht vor (Gabl et al., 2014).

Im Stadium IV der Lunatumnekrose kommt es zu einer starken Verdichtung der Binnenstruktur und einem progredienten Karpalkollaps mit perilunärer Arthrose.

Stadium	Röntgenologischer Befund nach Decoulx, modifiziert durch Lichtman (Towfigh et al., 2014)
I	Diffuse Sklerosierung des Os lunatum, die Form ist erhalten;
II	Fleckige Sklerose und zystische Einschlüsse, Verlust der Trabekelstruktur
III a	Frakturierung an proximalen Zirkumferenz, die äußere Form weist eine geringe Deformität auf, das Mondbein beginnt zu kollabieren, wobei die karpale Architektur erhalten ist
III b	Frakturierung und zunehmende Verdichtung des Os lunatum, die äußere Form ist deformiert, das Os scaphoideum gelangt in eine Flexionsstellung und die karpale Architektur kollabiert (Fragmentation)
IV	Progredienter Karpalkollaps, die Nachbarknochen sind von einer perilunären Arthrose betroffen (Arthrosis deformans)

Tab. 1 Stadieneinteilung anhand konventioneller Röntgenaufnahmen nach Decoulx modifiziert nach Lichtman (Towfigh et al., 2014).

In der folgenden Abbildung sind die einzelnen Stadien der Lunatumnekrose, die sich in einer konventionellen Röntgenaufnahme zeigen, abgebildet.



Abb. 3 Einzelne Stadien der Lunatumnekrose auf Röntgenaufnahmen

a) Stadium I, b) Stadium II, c) Stadium III und d) Stadium IV (Hoffmann, 2016).

Die Anwendung der MRT mit der Gabe von Kontrastmittel als diagnostisches Verfahren dient vor allem dem Nachweis des im Stadium I auftretenden, reversiblen Knochenmarködems des vitalen Os lunatum, welches im konventionellen Röntgen nur schwer oder nicht nachweisbar ist. Des Weiteren lassen sich das genaue Ausmaß und die Lokalisation der Nekrose bestimmen, sowie die Abgrenzung zu anderen pathologischen Veränderungen vornehmen, wie zum Beispiel dem Ulna-Impaction Syndrom oder einem intraossären Ganglion (Schmitt et al., 2014).

Die Stadieneinteilung mittels Kernspintomographie der Lunatumnekrose erfolgt nach Schmitt und Lanz (2014) und umfasst drei Schweregrade.

Stadium	Signal nativ	Signal nach Kontrastmittelgabe	Pathologischer Befund
T1			
MR I	niedrig	homogen	Ödem
MR II	niedrig	inhomogen	partielle Nekrose
MR III	niedrig	fehlend	komplette Nekrose

Tab. 2 Stadieneinteilung anhand von MRT-Bildern (Towfigh et al., 2014)

3.6 Therapie

Die Therapie der Lunatumnekrose richtet sich nach dem Erkrankungsstadium und kann entweder konservativ oder operativ erfolgen. Der konservative Therapieansatz ist nur im Frühstadium sinnvoll, um ein Fortschreiten der Lunatumnekrose zu unterbinden. Die Gipsruhigstellung für zwei bis drei Monate verfolgt als Ziel den Rückgang der klinischen Symptome, wie Schmerzen und beginnende Funktionseinschränkungen. Durch die Ruhigstellung wird die Druckbelastung auf das Os lunatum reduziert. Intention ist es die ossäre Durchblutung zu verbessern und eine Normalisierung der knöchernen Struktur des Os Lunatum anzustreben (Rudigier, 2006).

Ab dem zweiten Stadium rücken die operativen Verfahren in den Vordergrund. Hierbei werden verschiedene Therapieansätze verfolgt. Es gibt zum einen druckentlastende Verfahren, wie z.B. die Radiusverkürzungsosteotomie, bei denen versucht wird, die benachbarten Handwurzelknochen zugunsten des Os lunatum zu belasten. Zum anderen gibt es die Strategie, die Vaskularisierung und damit den Stoffwechsel des Os lunatum wiederherzustellen beziehungsweise zu verbessern. Als weniger invasive Therapiemethode ist die Denervation der vom Handgelenk ziehenden Schmerzfasern als symptomatische Therapie in den fortgeschrittenen Stadien zu nennen. In späteren Stadien wird entweder das Os lunatum isoliert oder mitsamt benachbarten Knochen entfernt. In letzter Instanz wird das Handgelenk mittels einer Teil- oder Totalarthrodese versteift (Towfigh et al., 2014).

In letzter Zeit gewinnt die Arthroskopie in der Diagnostik und Therapie der Lunatumnekrose an Bedeutung und berücksichtigt vor allem den Zustand der Knorpelflächen im Gesamtkonzept (Kalb, 2010).

Stadium der Lunatumnekrose	Therapieoptionen
I	<p>Konservativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruhigstellung im Gips für 6 Wochen <p>Operativ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Druckentlastende Verfahren mit Erhalt des Os lunatum: <ul style="list-style-type: none"> ■ Radiusverkürzungsosteotomie ■ Kapitatumverkürzungsosteotomie
II	<p>Revaskularisierende Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operation nach Beck - Operation nach Saffar - Revaskularisierung mittels Knochenspann <p>Durckentlastende Verfahren mit Erhalt des Os lunatum:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radiusverkürzungsosteotomie - Kapitatumverkürzungsosteotomie
IIIa	<p>Durckentlastende Verfahren mit Erhalt des Os lunatum:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radiusverkürzungsosteotomie - Kapitatumverkürzungsosteotomie - STT-Arthrodesse (Teil-Arthrodesse)
IIIb	<p>Funktionserhaltende Verfahren mit Verlust des Os lunatum:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proximale Reihenresektion - Operation nach Garner
IV	<p>Palliatives Verfahren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Denervierung - Vollständige Arthrodesse

Tab. 3 Therapieoptionen in den einzelnen Stadien der Lunatumnekrose (Rock et al., 1991; Waldrum et al., 1991; Sauerbier et al., 2000; Plecko, 2002; Schilttenwolf, 2003; Horch et al., 2008; Chochole, 2010)

3.6.1 Operationsmethoden im Stadium IIIb

Im folgenden Abschnitt sind Operationsmethoden aufgelistet, die in einem späten Stadium der Lunatumnekrose, dem Stadium III b entsprechend, Verwendung finden. Sie stellen eine Alternative für die proximale Reihenresektion (Proximal row carpectomy, PRC), welche bei dem Patientengut dieser wissenschaftlichen Studie die Methode der Wahl ist, dar.

Genauere Einzelheiten bezüglich des operativen Verfahrens der proximalen Reihenresektion sind dem Kapitel 4.2 zu entnehmen.

3.6.1.1 Skaphotrapeziotrapezoidale Arthrodese

Bei der skaphotrapeziotrapezoidalen Arthrodese (STT-Arthrodese, engl. triscaphe fusion) handelt es sich um eine partielle Arthrodese des Handgelenkes, mit dem Ziel der Erhaltung von Beweglichkeit und Reduzierung der Schmerzsymptomatik. Sie zählt mittlerweile zu den häufigsten Teilarthrodeseoperationsverfahren (Meier et al., 2003). Durch die Zuhilfenahme von Osteosynthesematerial und dem Einbringen von Knochenspongiosa werden das Os scaphoideum, das Os trapezium und das Os trapezoideum miteinander fusioniert. Das Ergebnis ist eine Aufrichtung des radiokarpalen Gelenkes und eine Entlastung des radiolunaren Gelenkes, da die Kraftübertragung vermehrt über die fusionierten, verblockten Handwurzelknochen nach radiokarpal geleitet wird. Als mögliche Komplikationen können die Arthrose des Radioskaphoidalgelenkes und ein radiales Impingement auftreten. Des Weiteren besteht die Möglichkeit einer Pseudarthrose (Martini, 2004b).

Kalb et al. (2010) stellten in ihrer Studie ein Pseudarthroserisiko von 7,7 % nach Durchführung der STT Arthrodese fest. Tränkle et al. (2003) konnten im Rahmen ihrer Arbeit keine arthrotischen Veränderungen in konventionellen Röntgenaufnahmen feststellen. Auch zeigte sich hier keine mögliche Pseudarthrose.

3.6.1.2 Radioscapholunäre Arthrodeese (RSL-Fusion)

Bei der radioscapholunären Arthrodeese werden der Radius, das Os scaphoideum und das Os lunatum miteinander verblockt. Dieses Verfahren wurde 1983 von Chamay und Della-Santa eingeführt und ist mittlerweile ein gefestigtes Verfahren zur Stabilisierung des Handgelenkes zur Reduzierung der bestehenden Beschwerdesymptomatik und zum Erhalt einer mediokarpalen Restbeweglichkeit (Prommersberger et al., 2003; Jüsten, 2005). Neben der fortgeschrittenen Lunatumnekrose sind die rheumatoide Arthritis beziehungsweise die chronische Polyarthrititis weitere Indikationen der RSL-Fusion (Esenwein et al., 2004).

3.6.1.3 Gestielte Knochentransplantation des Os pisiforme (Operation nach Saffar)

Dieses Operationsverfahren hat zum Ziel, das destruierte Os lunatum durch ein gestieltes Knochentransplantat zu ersetzen. Hierfür wird das Os lunatum in toto entfernt und durch das Os pisiforme, welches zuvor aus der Sehne des Musculus flexor ulnaris mobilisiert wird, ersetzt. Das Transplantat wird durch die Arteria ulnaris gespeist (Schmitt, 2007).

Insgesamt führt die Operationsmethode bei der Anwendung im Stadium IIIb der Lunatumnekrose zu einer hohen Patientenzufriedenheit und einer guten Funktionalität, trotz fortschreitender degenerativer Veränderungen, die im Röntgen festzustellen sind.

Die Operation nach Saffar kommt nur noch selten zur Anwendung, da es postoperativ verstärkt zur Ausbildung von knöchernen Verschmelzungen (Synostosen) und einer radiokarpalen Arthrose kommen kann (Von Maydell et al., 2008).

3.6.1.4 Lunatumexstirpation mit Verlängerungsosteotomie des Os capitatum (Operation n. Graner)

Bei diesem Operationsverfahren handelt es sich um eine interkarpale Arthrodeese (Graner I), bei der zusätzlich das Os lunatum entfernt wird und dieses durch eine Verlängerungsosteotomie des Os capitatum ersetzt wird. Indikation für das Verfahren nach Graner II ist eine stark destruierte und instabile Knochensubstanz des Os lunatums, wie sie im Stadium III des Morbus Kienböck auftreten kann. Das Os capitatum wird in die-

sem Fall osteotomiert und der proximale Knochenpool wird im Anschluss in die Fossa lunata des Radius verlagert. Der Defekt im Bereich des Os capitatum, der durch das Absetzen entstanden ist, wird mittels Knochenspan gedeckt (Towfigh et al., 2014).

Durch dieses Verfahren wird versucht, den karpalen Kollaps zu vermeiden und zusätzlich eine Restbeweglichkeit im betroffenen Handgelenk zu bewahren (Martini, 2004c). Mögliche Komplikationen sind die Entstehung einer sekundären Arthrose im Radiokarpalgelenkes, die Entwicklung einer Pseudarthrose des Os capitatum oder die Gefahr einer Osteonekrose speziell im proximalen Teils des Os capitatum (Bartelmann et al., 1998).

3.6.1.5 Lunatumexstirpation mit Kapitatumdistraktion nach Wilhelm und Hierner

Dieses Verfahren, welches erstmals von Wilhelm und Hierner 1996 durchgeführt wurde, ist eine modifizierte Form der Lunatumexstirpation, bei der zusätzlich schrittweise eine Distraktion (1mm/Tag) des Os capitatum vollzogen wird (Towfigh et al., 2014). Ziel dieser Methode ist es, das Nekroserisiko des proximalen Pols des Os capitatum, welches als Komplikation bei der Granerschen Arthrodesse auftreten kann, durch Entlastung zu reduzieren (Wilhelm et al., 1997).

3.6.1.6 Lunatumexstirpation mit Sehneninterponat oder Spacer

Eine weitere Alternative, das zuvor exstirpierte Os lunatum zu ersetzen, ist die Verwendung eines Interponats aus der Sehne des Musculus palmaris longus oder die Implantation eines Silikonspacers (Partecke et al., 1985). In der Regel führt diese zu guten subjektiven Ergebnissen, die sich vor allem auf die Schmerzreduktion und den Bewegungserhalt beziehen. Radiologisch zeigen sich jedoch oft eine interkarpale Arthrose, sowie Synostosen (Takase, 2006; Koh et al., 2003). Ueba et al. (1999) beschrieben in ihrer Arbeit eine progrediente Höhenminderung des Karpus.

3.6.1.7 Denervation nach Wilhelm

Die Denervation dient der Schmerzreduktion und kann begleitend zu den operativen Verfahren nach deren Versagen oder nach Rothe et al. (2006) auch als überbrückende

einer Operation an den Handwurzelknochen vorgezogene Therapieoption durchgeführt werden. Dies würde auch zutreffen, wenn die karpale Architektur bereits zerstört wäre, jedoch das Gelenk noch eine tolerable Restbeweglichkeit aufweisen würde. Die Denervation hat jedoch explizit keinen Effekt auf die knöchernen Strukturen und die Biomechanik des Handgelenkes. Es gibt die Möglichkeit die ulnaren Anteile, zum Beispiel den Ramus dorsalis nervi radialis und die radialen Anteile mit dem Nervus interosseus antebrachii posterior mit einem Lokalanästhetikum zu infiltrieren. Man spricht dann von einem temporären Block mit einer Wirkdauer von bis zu fünf Jahren (Berger, 1998; Ferrerres et al., 2002; Leora, 2003; Martini, 2008). Eine weitere Option ist die partielle Denervation, bei welcher der entsprechende Nerv operativ entfernt wird. Dieses Verfahren wird häufig als Begleiteingriff bei der proximalen Reihenresektion durchgeführt wird (Croog et al., 2008).

Besteht Unklarheit bezüglich der Durchführung einer kompletten oder partiellen Denervation, besteht die Möglichkeit einer Testdenervierung. Hierüber lässt sich der mögliche Operationseffekt vorab prüfen. Für die Durchführung wird ein Lokalanästhetikum verwendet, welches über eine handelsübliche Kanüle an 9 Punkten eingespritzt wird, ausgenommen der Ramus palmaris nervi mediani,. Man erhält ein subkutan Depot, welches in der Folge resorbiert wird und für einen möglichen Effekt sorgt (Tonagel, 2005).

3.7 Ziele und Hypothese der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, zu eruieren, ob die proximale Reihenresektion (proximal row carpectomy) im Stadium III b der Lunatumnekrose ein erfolgreiches Operationsverfahren darstellt, um Alltagstauglichkeit, Beweglichkeit und Schmerzsymptomatik zu verbessern. Es soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob eine bedeutsame Schmerzreduktion und eine adäquate Funktionalität des betroffenen Handgelenkes durch die proximale Reihenresektion trotz fortgeschrittener Erkrankung (Stadium III b) und eines erhöhten Arthroserisikos erreicht werden können. Die Wirksamkeit der proximalen Reihenresektion als eine der vorhandenen Therapiemöglichkeiten der Lunatumnekrose im Stadium IIIb soll herausgearbeitet werden. Außerdem sollen die Ergebnisse mit dem Patientengut und den Ergebnissen anderer Arbeiten vergleichbar gemacht werden, sowie Therapiealternativen aufgezeigt werden.

Zudem werden die dieser Arbeit zugrunde liegenden Hypothesen wie folgt definiert. Die Nullhypothese besagt: Es kann keine signifikante Veränderung der Symptomatik in

Bezug auf Schmerzreduktion, Bewegungsausmaß und Funktionalität durch die proximale Reihenresektion bei der Lunatumnekrose im Stadium III b erreicht werden. Die zweiseitig gerichtete Alternativhypothese hingegen lautet: Eine signifikante Veränderung der Symptomatik in Bezug auf Schmerzreduktion, Bewegungsausmaß und Funktionalität kann durch die proximale Reihenresektion bei der Lunatumnekrose im Stadium III b erreicht werden.

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Probanden

Die Stichprobe dieser prospektiven Studie umfasste 12 von 13 Patienten, die sich im Zeitraum von 2003 bis 2011 im MediClin Krankenhaus Plau am See und im Klinikum Südstadt Rostock, aufgrund einer symptomatischen Lunatumnekrose im Stadium III b einer proximalen Reihenresektion unterzogen haben. Von initial 13 vor OP gesehenen Patienten, die vorab telefonisch oder schriftlich eingeladen wurden, konnten 12 Patienten nachuntersucht werden. Eine Patientin war im Rahmen der Nachuntersuchung aus privaten Gründen nicht mehr erreichbar. Die Ergebnisse der 12 Patienten konnten somit in die statistische Auswertung miteinbezogen werden und es ergibt sich ein Drop-Out von einem Patienten. Die Geschlechterverteilung in dieser Arbeit zeigt sich wie folgt: sie beinhaltet zehn männliche Patienten und zwei weibliche Patienten. Das Alter der Patientinnen und Patienten betrug im Durchschnitt vor dem Eingriff 37 (SD 12,5) Jahre. Die jüngste Altersangabe lag bei 19 Jahren und die älteste bei 60 Jahren. Eine weitere Differenzierung bezüglich des Alters innerhalb der Geschlechterverteilung ist nicht erfolgt. Bei allen 12 Probanden war die rechte Hand dominant. Bei drei der Probanden erfolgte die Operation an der linken, nicht dominanten Hand. Die anderen 9 Probanden wurden an der dominanten rechten Hand operiert.

Unter die Einschlusskriterien für diese wissenschaftliche Arbeit fallen das Stadium III b der Lunatumnekrose, die schriftliche Einverständniserklärung für den operativen Eingriff und die Durchführung der Operation durch die entsprechende Abteilung für Handchirurgie im Zeitraum von 2007 bis 2011 und das Einverständnis zur Nachuntersuchung, die unabhängig von der regulären, postoperativen Kontrolle stattfindet.

Zu den Ausschlusskriterien gehören die anderen Stadien der Lunatumnekrose sowie die beidseitige Manifestation des M. Kienböck.

4.2 Operationsmethode

Die proximale Reihenresektion (PRC) ist ein etabliertes, operatives Verfahren in der Handchirurgie und wurde erstmals von T.T. Stamm als Behandlungsmöglichkeit der radiokarpalen Arthrose beschrieben (Stamm 1944; Shah 2013).

Die Lunatumnekrose ist neben der Läsion intrakarpaler Bänder bedingt durch ein Handgelenksempyem die häufigste Indikation zur Arthroplastik durch Resektion der

proximalen Handwurzelreihe und stellt somit ein über viele Jahre bewährtes Therapieverfahren zur Behandlung der Krankheit dar (Spies et al., 2020).

Das Prinzip der proximalen Reihenresektion (proximal row carpectomy) besteht darin, dass durch die Entfernung des Os scaphoideum, Os lunatum und dem Os triquetrum ein neues, einfaches Gelenk zwischen der distalen Handwurzelreihe, insbesondere dem Os capitatum und der Fossa lunata, entsteht (Martini, 2004a). Ziel dieses Operationsverfahren ist es, dem Patienten eine Restbeweglichkeit im Handgelenk zu bewahren, sowie eine Reduktion der Schmerzen zu ermöglichen.

Eröffnet wird die Operation mittels eines Längsschnitts auf der Dorsalseite des Handgelenkes im Verlauf des dritten Mittelhandknochens (DiDonna et al., 2004). Unter Schonung der aus dem N. ulnaris und N. radialis entspringenden Hautäste wird das Retinaculum flexorum zwischen dem dritten und vierten Sehnenfach eröffnet. Nach Darstellung der Gelenkkapsel wird der N. interosseus antebrachii posterior, entsprechend dem Punkt 1 nach Wilhelm, am distalen Unterarm aufgesucht und denerviert (Martini, 2004a). Nach Beurteilung der Knorpeloberflächen des Radius, insbesondere der Fossa lunata und des Os capitatum und deren Unversehrtheit, werden die drei Knochen der proximalen Knochenreihe Os lunatum, Os scaphoideum und Os triquetrum entfernt. Begünstigend auf die Resektion der Knochenreihe wirken eine intraoperative Lagerung der Hand in Flexion, sowie eine entsprechende Distraction auf das Handgelenk. Im Anschluss erfolgt die Prüfung der Beweglichkeit und des Ausmaßes der Artikulation zwischen der distalen Handwurzelreihe und dem Radius (Towfigh et al., 2014). Um ein radiales Impingement zu verhindern wird der Processus styloideus radii im Rahmen der PRC regelmäßig reseziert. Nach Anlage einer Drainage werden die dorsale Kapsel sowie das Retinaculum flexorum genäht. Im Anschluss folgen der Wundverschluss und eine Röntgenkontrolle in zwei Ebenen (Spies et al., 2016).

Die in dieser Studie durchgeführten Operationen der 12 Probanden erfolgten nach diesem beschriebenen Standard. Alle Operationen wurden von dem gleichen Operateur durchgeführt. Zu Komplikationen während der Operationen kam es nicht.

Anschließend wurde ein individuelles Nachbehandlungsschema durch den Operateur festgelegt. Nach abteilungsinterner Regelung der Abteilung für Handchirurgie des Klinikums Südstadt Rostock erfolgte die Ruhigstellung der operierten Extremität mit einer Schiene für 4-6 Wochen, je nach Beschwerden. Sodann wurden Physio- und Ergotherapie durch die niedergelassenen Nachbehandler empfohlen.

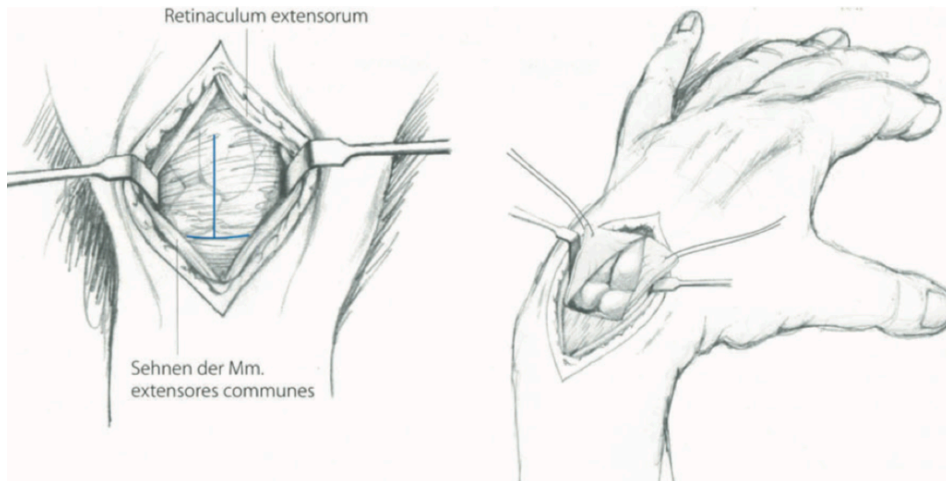


Abb. 4 Darstellung des operativen Zugangsweges der proximalen Reihenresektion (Martini, 2004a)

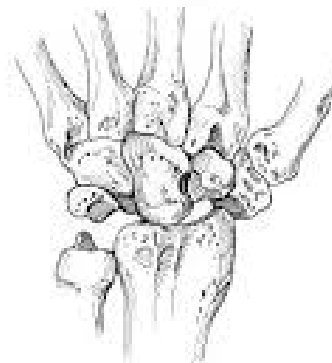


Abb. 5 Darstellung der Artikulation nach der proximalen Reihenresektion (Chase, 1984)

4.3 Methoden der Datenerfassung

Für die Datenerfassung im Rahmen der Nachuntersuchung wurde ein spezieller Erfassungsbogen entwickelt (siehe Anhang). In diesem wurden zunächst individuelle Angaben wie Alter und Geschlecht erhoben. Außerdem wurden Daten in Bezug auf Dauer der Beschwerden, Handgelenksbeweglichkeit und Kraftvermögen erfasst. Dauer des Krankenhausaufenthaltes und der post-operativen Ruhigstellung, sowie der Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Monate nach der OP) wurden quantifiziert. Ferner wurden An-

gaben zur Berufstätigkeit wie Dauer der Arbeitsunfähigkeit (AU), Einschränkung der Berufstätigkeit und Berufswechsel, erfragt.

Die subjektive Datenerfassung erfolgte mittels des DASH Score und des Cooney Score, die im Folgenden genauer beschrieben werden. Des Weiteren wurden die Beweglichkeit des Handgelenkes nach der Neutral-Null-Methode, die Stärke des Faustgriffs in Kilogramm und die Schmerzen mit Hilfe der visuellen Analogskala bestimmt. Die ermittelten Daten werden ins SSPS übertragen und statistisch ausgewertet.

4.3.1 DASH-Score

Der DASH-Score (Disability of arm, shoulder and hand) dient der Erfassung subjektiver Beschwerden, bei denen gewisse Fähigkeiten beziehungsweise Tätigkeiten, die mit der gesamten oberen Extremität durchgeführt werden können, mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens registriert werden. Erstellt wurde der Fragebogen 1996 in den Vereinigten Staaten von Amerika von Hudak, Amadio und Bombardie (Luc, 2008). Die deutsche Version des Fragebogens stammt aus dem Jahr 2002 und wurde von Germann, Harth und Wind verfasst (Germann et al., 2003).

Der Patient beurteilt subjektiv die Funktion und eventuelle Schwierigkeiten bei der Durchführung gewisser alltäglicher Tätigkeiten. Ermittelt werden diese mit Hilfe eines Punktesystems. Treten bei dem Patienten keine Schwierigkeiten auf, erhält er einen Punkt. Zwei Punkte stehen für geringe Schwierigkeiten, drei Punkte für mäßige Schwierigkeiten und vier Punkte für erhebliche Schwierigkeiten. Ist die Durchführung unmöglich, erhält der Patient fünf Punkte. Die Berechnung des DASH-Score erfolgt, indem von der Gesamtpunktzahl die Zahl dreißig subtrahiert und das Ergebnis durch 1,2 dividiert wird ($\text{DASH Score} = \text{Punktzahl} - 30 / 1,2$). Ein mögliches Ergebnis ordnet sich zwischen 0 und 100 Punkten ein. Null Punkte sprechen für ein sehr gutes subjektives Ergebnis und einhundert Punkte für ein sehr schlechtes subjektives Ergebnis.

Der Bogen ist gültig und kann analysiert werden, wenn nicht mehr als drei Antworten unbeantwortet sind (Beumer et al., 2014).

4.3.2 Cooney-Score

Beim Cooney-Score handelt es sich um eine Modifikation des Mayo-Scores. Dieser ist von Cooney et al. (1987) zur Beurteilung der verletzten Handwurzel und deren Thera-

pie entwickelt worden. Es ist ein funktioneller Score der zur Bewertung des Handgelenkes herangezogen werden kann. Die Kraft (subjektiv) im Vergleich zur Gegenseite und die Beweglichkeit (objektiv), ermittelt mit Hilfe der Neutral-Null-Methode für Extension/Flexion und Ulnarduktion/Radialduktion im Handgelenk, werden hier erfasst. Außerdem dient der Cooney-Score der Beurteilung der Schmerzen (subjektiv), dargestellt mittels der visuellen Analogskala und der Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit (subjektiv) der betroffenen Hand (Sour et al., 2008).

Die Beurteilung erfolgt, ähnlich wie beim DASH-Score, durch eine Punktevergabe von null bis zwanzig beziehungsweise dreißig Punkten. Eine Besonderheit besteht bei der Punktevergabe der Beweglichkeit, bei der die Ergebnisse für Extension/Flexion sowie Ulnarduktion/Radialduktion addiert werden und die Ergebnisse im Anschluss durch zwei dividiert werden.

Die Gesamtpunktzahl setzt sich aus den Angaben des Patienten und der gemessenen Beweglichkeit zusammen. Indem die einzelnen Punkte der obenstehenden Rubriken addiert werden, erhält man das Gesamtergebnis. 90 – 100 Punkte stehen für ein sehr gutes Ergebnis, 80 – 89 Punkte für ein gutes, 65 – 79 Punkte für ein befriedigendes Ergebnis und weniger als 65 Punkte stehen für ein schlechtes Ergebnis. Eine entsprechende Übersicht ist im Anhang zu entnehmen.

4.3.3 Messung der Beweglichkeit

Die Messung der Gelenkbeweglichkeit erfolgt nach der Neutral-Null-Methode. Die physiologischen Bewegungsausmaße, die eine Relevanz für die Erhebung der Daten besitzen, befinden sich in der untenstehenden Tabelle.

Bewegung im Handgelenk	Normwerte
Extension/Flexion	50/0/80
Ulnarduktion/Radialduktion	50/0/30

Tab. 4 Normwerte der Bewegung im Handgelenk (Meinecke & Gräfe, 1992)

4.3.4 Messung der Kraft

Mit Hilfe eines Hydraulik-Handdynamometers, das auch als Dynamometer nach Jamar bezeichnet wird (siehe Abb. 5), lässt sich die Griffstärke, gemessen in Kilogramm, ermitteln. Dies stellt bei korrekter Mitarbeit durch den Patienten ein objektives Verfahren dar. Hierbei wird die über den Faustschluss entwickelte Kraft durch die Unterarm- und Handmuskulatur am Handdynamometer abgelesen. Es existieren fünf verschiedene Griffgrößen zwischen 35-87mm, sodass nach individueller Anpassung des Dynamometers eine Messung aller Handgrößen möglich ist.



Abb. 6 Hydraulik-Handdynamometer (Dynamometer nach Jamar)

4.3.5 Messung der Schmerzempfindung

Die visuelle Analogskala dient der Darstellung der subjektiven Schmerzempfindung. Dem Patienten wird die Möglichkeit geboten, die Stärke seiner Schmerzen durch eine Zahlenskala zu verbildlichen. Die Null steht für keine Beschwerden/Schmerzen und eine Zehn hingegen für maximal vorstellbare Beschwerden/Schmerzen. Bei der Erhebung der Daten wurde der Schmerz bei der Dorsalextension im Handgelenk durch die Patienten in der abgebildeten Grafik eigenständig dokumentiert.

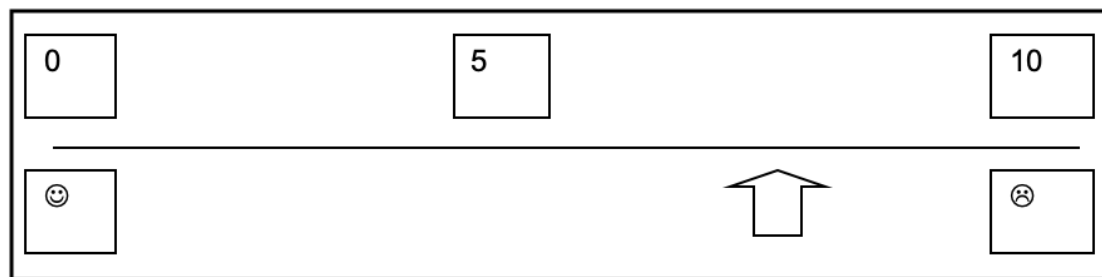


Abb. 7 Visuelle Analogskala

4.3.6 Röntgenuntersuchung

Die Indikationsstellung bezüglich der Röntgenaufnahme erfolgte aufgrund bestehender Schmerzen im Rahmen der Nachuntersuchung bei sechs Patienten, unter Berücksichtigung der rechtfertigenden Indikation. Angefertigt wurden Standardaufnahmen des betroffenen Handgelenkes (HG) in zwei Ebenen. Es erfolgte die Auswertung der prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbilder.

4.4 Durchführung

Die Durchführung dieser Studie gestaltete sich wie folgt. Bei den 12 Probanden wurde im Stadium IIIB der Lunatumnekrose die Indikation zur proximalen Reihenresektion gestellt. Die Sicherung des Stadiums IIIB erfolgte nativ radiologisch durch den Operateur. Die erste Datenerhebung erfolgte vor dem operativen Eingriff ebenfalls durch den Operateur.

Die operativen Eingriffe fanden in den jeweiligen Abteilungen für Handchirurgie in der MediClin Krankenhaus Plau am See und im Klinikum Südstadt Rostock statt. Herr Dr. Robert Jäckel, heutiger Chefarzt der Klinik für Handchirurgie am Klinikum Südstadt in Rostock war der Betreuer dieser Arbeit.

Die zweite Datenerhebung erfolgte außerhalb der regulären postoperativen Kontrolluntersuchungen. Hierfür wurden die Probanden telefonisch eingeladen und vom Doktoranden nachuntersucht und befragt. Die Nachuntersuchung fand in den Räumlichkeiten des Klinikum Südstadt Rostock statt.

Im Rahmen beider Untersuchungen wurden das Bewegungsausmaß in Bezug auf die Extension und Flexion sowie der Radial- und Ulnardeviation der betroffenen Extremität

vor der Operation zum Zeitpunkt 1 und nach der Operation zum Zeitpunkt 2, sowie das Bewegungsausmaß der nicht operierten Seite, ebenfalls zum Zeitpunkt 2, erfasst. Die Werte wurden entsprechend der Neutral-Null-Methode notiert.

Ein weiterer Parameter, der bestimmt wurde, ist der Schmerz. Dieser wurde mit Hilfe der visuellen Analogskala durch die Patienten grafisch dargestellt.

Die Kraft wurde mit Hilfe des Handdynamometers ebenfalls zu beiden Zeitpunkten bestimmt und notiert. Allerdings wurde die Kraft der Gegenseite nur im Rahmen der zweiten Datenerhebung gemessen.

Die Fähigkeit und die Funktionalität der Extremität wurden zu beiden Zeitpunkten mit Hilfe des DASH – und des Cooney Score erfasst.

Die Patienten bewerteten ihre aktuelle subjektive Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis mit einer Schulnote. Die Krankenhausaufenthaltsdauer und die Dauer der Ruhigstellung mittels einer Schiene, sowie die Dauer der Beschwerden wurden bei den Probanden erfragt und mittels OP-Berichten und Krankenhaus-Akten ermittelt.

Im Weiteren folgt die statistische Auswertung der Rohdaten.

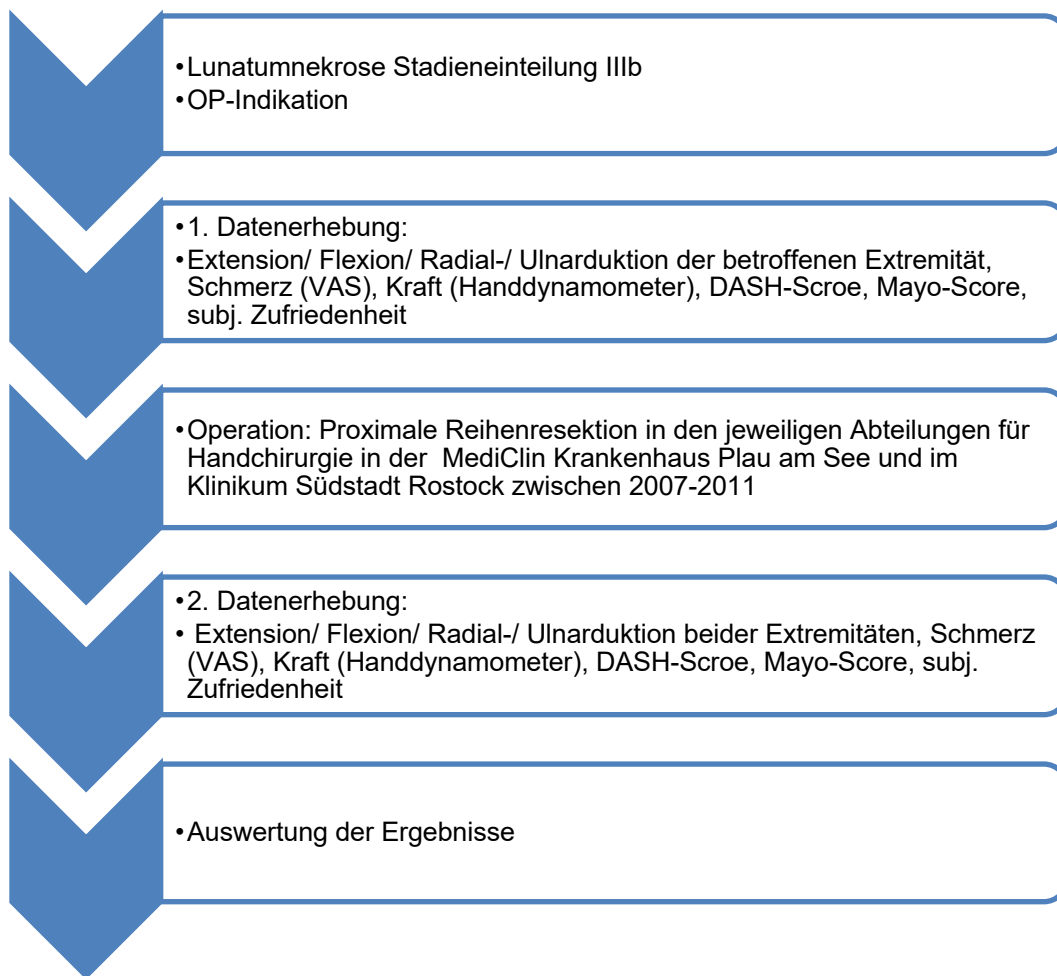


Abb. 8 Durchführung der Studie

4.5 Auswertung

Mit Hilfe des Programmes SPSS für Windows der Firma IBM in der Version 10.0.5 und der bei den klinischen Untersuchungen erfassten Daten konnte die statistische Auswertung erfolgen. Es wurden Mittelwert, Median, die Standardabweichung, Minimum und Maximum erhoben.

Aufgrund der geringen Fallzahl der Patienten ($n=12$) und deren Untersuchungsergebnissen wurde der nicht-parametrische Wilcoxon Test (Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest) zur Signifikanzprüfung verwendet. Das Signifikanzniveau wurde vorab festgelegt auf $\alpha=0,05$.

Der Wilcoxon-Test, der auch als Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest bezeichnet wird, ist ein nichtparametrischer Test. Es handelt sich um einen Test für abhängige gepaarte Stichproben, der beschreibt, ob es zu einer signifikanten Änderung der abhängigen Variab-

len zwischen zwei Stichproben kommt. Hierzu nutzt man einzelne Ränge der Werte (Wilcoxon et al., 1970; Griffin et al., 2003; Bisneto et al., 2011).

Die Nullhypothese besagt, dass keine Änderung vorliegt und es somit zu keinem Effekt durch die Operation kommt.

Eine zweiseitig gerichtete Hypothese weist eine Änderung der Tendenz, entweder ins Positive oder Negative auf und empfiehlt sich, insofern eine Wirkungsvermutung vorliegt. In Kapitel 3 wurde die dieser Arbeit zugrundeliegende zweiseitig gerichtete Alternativhypothese bereits erwähnt. Hier wird davon ausgegangen, dass durch die OP eine signifikante Veränderung aufgezeigt werden kann. Bei zweiseitigen Tests für $\alpha=0,05$ muss in dem Fall, dass der z-Wert im kritischen Bereich zwischen -1,96 und +1,96 liegt, die Nullhypothese angenommen werden. Der Ablehnungsbereich der Nullhypothese für $\alpha=0,05$ beinhaltet dementsprechend z-Werte die kleiner als -1,96 oder größer als +1,96 sind. In diesem Fall kann die Nullhypothese verworfen werden und die Alternativhypothese angenommen werden (Bortz & Schuster, 2010). Anders gesagt, ist der z-Wert größer als 1,96, spricht dies für eine Ungleichheit der Variablen und somit gegen die Nullhypothese (Couch et al., 2018).

In Bezug auf die statistische Datenerhebung, deren Auswertung und die Ergebnisse erfolgte eine Beratung durch das Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Universität Rostock.

5 ERGEBNISSE

Zunächst erfolgt die Beschreibung der Ergebnisse, die in dieser Studie erhoben werden. Daten zu Probanden, Operation/Krankenhausaufenthalt, Schienendauer und Nachbehandlung werden zunächst erwähnt. Außerdem werden die Ergebnisse der Funktionstestung dargelegt, sowie die Ergebnisse der Bewegungsscores. Objektiv und subjektiv erhobene Daten werden somit im Folgenden detailliert erläutert. Die statistische Auswertung der Ergebnisse, die Auswertung der postoperativ angefertigten Röntgenbilder und die Komplikationen im postoperativen Verlauf werden ebenfalls dargelegt.

5.1 Probanden

Das Alter der Patienten wurde einmal zum Zeitpunkt der präoperativen Befunderhebung (Alter 1) und einmal postoperativ zum Termin der Nachuntersuchung (Alter 2) bestimmt. Die Angabe des Alters erfolgt in Jahren (Jr.). Eine gesonderte Gruppierung nach dem Geschlecht ist nicht erfolgt. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug vor der Operation 37 Jahre. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung die zur Datenerfassung durchgeführt wird waren es im Durchschnitt 41 Jahre. Eine differenzierte Auswertung nach Händigkeit erfolgte aufgrund der geringen Fallzahl nicht.

Die präoperative Beschwerdedauer weist einen Mittelwert von 9 Monaten auf. Die kürzeste Leidenszeit, gemessen an den Beschwerden, liegt bei 3 Monaten und die längste bei 16 Monaten.

In 16% der Fälle war ein vorausgegangenes Trauma für die Beschwerdesymptomatik angegeben worden. Bei den anderen 10 Patienten ist Ätiopathologie unklar.

	Alter 1/Jr. (präop.)	Alter 2/Jr. (postop.)	Beschwerdedauer/Monaten
Gültig	12	12	12
Mittelwert	37,3	41,3	9,1
Median	36	41	9
SD	12,1	11,9	3,6
Minimum	19	25	3
Maximum	60	62	16

Tab. 5 Auswertung für Alter1/Jr.(präop.)/Alter2/Jr.(postop.)/Beschwerdedauer/Mo

Bei allen Patienten wurde die Operation elektiv und im Rahmen eines stationären Aufenthalts durchgeführt. Die Operation dauerte im Durchschnitt 52,6 Min. (SD 14,9). Die kürzeste OP-Dauer lag bei 39 Minuten (Minimum) und die längste OP-Dauer betrug 84 Min. (Maximum). Die kürzeste Liegedauer lag bei 3 Tagen und der längste Aufenthalt bei 6 Tagen. Das ergibt eine durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 4,5 Tagen. Im Rahmen der postoperativen Nachbehandlung wird die betroffene Extremität geschient. Die geringste Dauer der Ruhigstellung waren 4 Wochen und die längste 6 Wochen, sodass sich eine durchschnittliche Schienendauer von 5 Wochen ergibt. Dies entspricht der damaligen Empfehlung und Vorgaben der jeweiligen Abteilungen für Handchirurgie zur Ruhigstellung über einen Zeitraum von 4 bis 6 Wochen.

	OP-Dauer/Min.	KH Aufenthalt/d	Schienendauer/Wo	Nachuntersuchung/Mo
N	12	12	12	12
Mittelwert	52,6	4,5	5,1	48,7
Median	49	4,5	5	56
SD	14,9	0,8	0,8	22,5
Minimum	39	3	4	13
Maximum	84	6	6	79

Tab. 6 Auswertung OP-Dauer/KH-Dauer/Ruhigstellung/Nachuntersuchung

Bei der Nachuntersuchung lag die Operation minimal 13 Monate und maximal 79 Monate zurück. Die Nachuntersuchung der 12 Patienten erfolgte somit im Durchschnitt nach 49 Monaten.

Im Durchschnitt wurde das subjektive Empfinden nach der Operation mit der Note 1,9 bewertet. Die durchschnittliche Beschwerdedauer nach der Operation lag bei 6 Monaten und die Zeit der Arbeitsunfähigkeit lag im Durchschnitt bei 4 Monaten. In der Erhebung der Arbeitsunfähigkeit nach der Operation war n=1 fehlend bei insgesamt 12 Probanden. Hierbei handelte es sich um eine Probandin, die bereits im Ruhestand war und somit nicht in Bezug auf die Arbeitsunfähigkeit gewertet werden kann.

Die einzelnen minimalen sowie maximalen Werte sind der untenstehenden Tabelle zu entnehmen.

	Subjektive Note	Beschwerdedauer/Mo	AU Dauer/Mo
N	12	12	11
Mittelwert	1,9	6,3	3,6
Median	2	6	3
SD	0,9	3,2	1,2
Minimum	1	1	2
Maximum	4	12	6

Tab. 7 Auswertung für subjektive Note/Beschwerdedauer/AU Dauer

5.2 Bewegungsausmaß

5.2.1 Flexion/ Extension

Die Extension der operierten Seite vor und nach dem Eingriff, so zeigen es die Ergebnisse, liegt mit einem z-Wert von 0,404 innerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$, sodass die Nullhypothese angenommen werden muss. Es ergibt sich eine asymptotische Signifikanz von 0,686. Mit dem Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ liegt somit keine signifikante Veränderung der Extension vor und nach der Operation vor. Somit kann auf der operierten Extremität keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

Anders zeigt es sich beim Vergleich der nicht betroffenen Extremität mit der betroffenen Extremität nach dem Eingriff. Der z-Wert von 3,068 ist größer als der kritische Wert $\pm 1,96$. Die asymptotische Signifikanz von $\alpha=0,002$ ist kleiner als das zuvor festgelegte Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$. Somit kann die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Extension erzielt wird, im Vergleich beider Ext-

remitäten angenommen werden, wohingegen die Nullhypothese verworfen werden kann.

Der Vergleich der Flexion der betroffenen Seite vor und nach der Operation ergibt einen z-Wert von -1,130, welcher innerhalb des kritischen Bereiches $\pm 1,96$ liegt. Die Nullhypothese muss angenommen werden. Auch die asymptotische Signifikanz von 0,258 macht dies deutlich. Es kann keine signifikante Veränderung der Flexion der betroffenen Extremität im prä-post-Vergleich herausgestellt werden.

Ähnlich wie bei der Extension verhält es sich auch mit der Flexion der operierten Seite. Ein signifikantes Ergebnis ergibt sich beim Vergleich der betroffenen, operierten Seite mit der kontralateralen, gesunden Seite. Hier liegt die asymptotische Signifikanz bei 0,002 und ist kleiner als das Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$. Der z-Wert liegt mit -3,072 innerhalb des Ablehnungsbereiches der Nullhypothese. Somit kann ebenso die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied in Bezug auf die Flexion erzielt wird angenommen werden, wohingegen die Nullhypothese verworfen werden kann.

	Extension postop.- Extension präop.	Extension kontra postop.- Extension postop.	Flexion postop.-Flexion präop.	Flexion kontra postop.-Flexion postop.
z	-,404 ^a	-3,068 ^a	-1,130 ^a	-3,072 ^a
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,686	,002	,258	,002
a. Basiert auf negativen Rängen				
b. Wilcoxon-Test				

Tab. 8 Statische Auswertung für Extension und Flexion

Das Bewegungsausmaß der Flexion liegt bei einem gesunden Handgelenk zwischen 50°-70°. Bei n=12 Patienten betrug das Maximum der Flexion 40° vor und 45° nach der Operation. Das Minimum lag jeweils bei 10°. Der Mittelwert der Flexion vor der Operation betrug 25° (SD 10,7°). Die durchschnittliche Flexion der betroffenen Extremität nach der Operation betrug 29° (SD 11,5°). Die kontralaterale Seite wies ein Maximum von 80°, ein Minimum von 50° und einen Mittelwert von 64° (SD 8,5°) auf. Es ist zu erkennen, dass sich der Maximalwert nach Durchführung des Eingriffs um 5° erhöhte. Auch der Anstieg des Mittelwertes auf der operierten Seite zeigte eine Steigerung der ermittelten Werte und entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung der Flexion nach dem Eingriff von 17% an der betroffenen Extremität. Die Werte und somit auch die Beweglichkeit reichen jedoch nicht an die Ergebnisse der kontralateralen Seite heran. Hier ist vor allem in Bezug zum Maximum eine deutliche Differenz zwischen 45° und 80° erkennbar. Im Durchschnitt entspricht die postoperativ gemessene Flexion 45% der Gegenseite. Die Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle 8 veranschaulicht.

	Flexion präop.	Flexion postop.	Flexion kontralateral
N	12	12	12
Gültig			
Mittelwert	25	29,2	64,2
Median	30	32,5	62,5
SD	12,1	8,9	12,0
Minimum	10	10	50
Maximum	40	45	80

Tab. 9 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Flexion [in °]

Die physiologische Extension im Handgelenk liegt zwischen 40°-60°. Im Rahmen der Datenerhebung betrug der maximale Wert der Extension bei dem Patientengut präoperativ 60° und postoperativ 50°. Das Minimum lag sowohl präoperativ als auch postoperativ bei 20°. Die Ergebnisse der gesunden, nicht operierten Extremität lagen im Maximum bei 90° und minimal bei 50°.

Die durchschnittliche Extension der betroffenen Seite betrug 36° (SD 12,1°) vor der Operation. Nach der Operation betrug der Mittelwert der Extension der operierten Extremität 38° (SD 8,9°). Vergleicht man den Mittelwert der Extension vor und nach der Operation zeigt sich eine Differenz von +2°.

Der Mittelwert der Extension der nicht operierten Seite lag bei 65° (SD 12°).

Insgesamt reicht das erhobene Maximum in den Bereich des physiologischen Bewegungsausmaßes. Die postoperative Extension im Durchschnitt entsprach 59% der nicht operierten Seite. Die folgende Tabelle 9 zeigt sich eine Übersicht dieser Ergebnisse.

	Extension präop.	Extension postop.	Extension kontralateral
N	12	12	12
Gültig			
Mittelwert	36,3	37,9	64,6
Median	37,5	40	65
SD	12,1	8,9	12
Minimum	20	20	50
Maximum	60	50	90

Tab. 10 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Extension [in °]

5.2.2 Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Extension und Flexion

Die Summe des Bewegungsausmaßes von Extension und Flexion vor der OP (SUMEXFX1) und nach der OP (SUMEXFX2) ist jeweils der Tabelle 10 zu entnehmen. Der maximale Flexionswert der betroffenen Seite lag vor der Operation bei 80°. Der Minimalwert lag bei 45°. Es ergab sich ein Mittelwert von 61° mit einer Standardabweichung von 13°. Postoperativ konnte ein Maximalwert von 90° bestimmt werden und der Minimalwert lag bei 30°. Der Mittelwert lag bei 67° und die Standardabweichung betrug 19°.

Betrachte man die beiden Mittelwerte der betroffenen Seite vor und nach dem Eingriff, zeigt sich eine Verbesserung des Bewegungsbogens aus Extension und Flexion von 10%.

Bei der nichtbetroffenen, gesunden Extremität (SUMEXFXN0) zeigten sich ein Maximum von 160° und ein Minimum von 115°. Der Mittelwert der nicht-operierten Seite betrug 129° mit einer Standardabweichung von 12,5°. Vergleicht man nun die gemessenen und berechneten Werte, zeigt sich, dass durch den Eingriff eine Verbesserung der maximalen Summe herbeigeführt wird. In Relation zu den Werten der nichtoperier-

ten Seite zeigte sich, trotz der Verbesserung in Summe, eine deutliche Differenz zur nicht erkrankten Seite, sowohl in Bezug auf Maximum und Minimum, als auch des Mittelwertes und der Standardabweichung.

	SUMEXFX1	SUMEXFX2	SUMEXFXNO
N	12	12	12
Gültig			
Mittelwert	61,3	67,1	128,8
Median	62,5	70	130
SD	13	19	12,5
Minimum	45	30	115
Maximum	80	90	160

Tab. 11 Auswertung für den Bewegungsumfang der Extension und Flexion [in °]

Der Bewegungsumfang der Extension und Flexion betrug im Mittel 52% der Gegenseite und unterstreicht den Unterschied. Überträgt man die Werte in ein Säulendiagramm, stellen sie sich wie folgt dar.

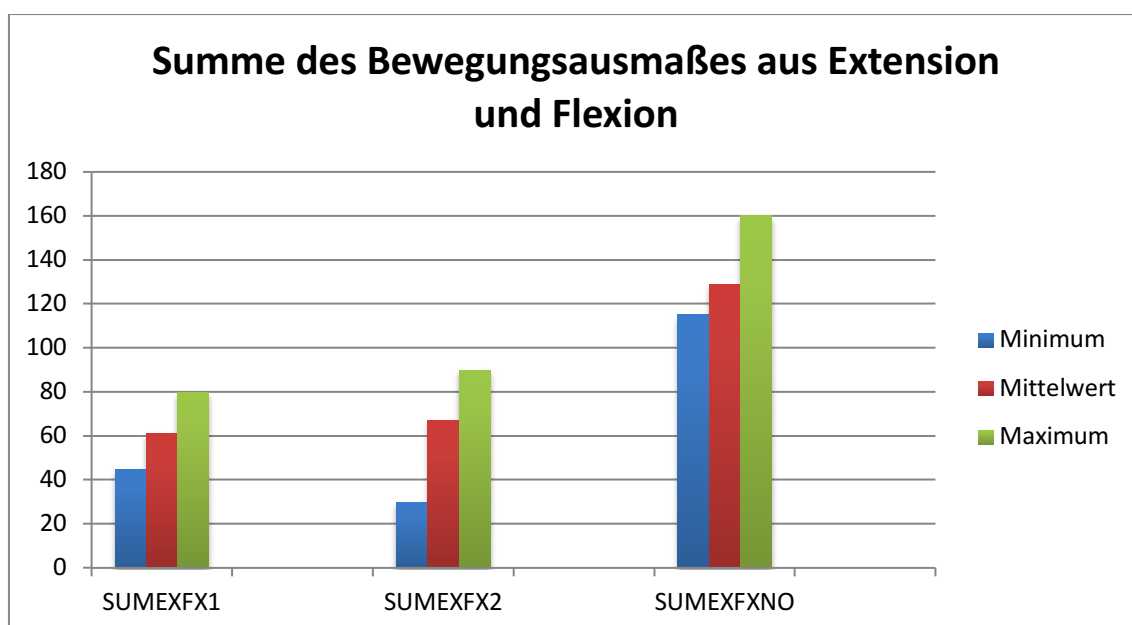


Abb. 9 Grafische Darstellung der Werte für SUMEXFX [in °]

Obwohl eine geringfügige Steigerung des Mittelwertes und des Maximum erkennbar ist, zeigt sich jedoch ein deutlich starker Kontrast zur nicht operierten Seite.

5.2.3 Radialduktion/ Ulnarduktion

Betrachtet man den z-Wert und die asymptotische Signifikanz, die sich aus den Rängen der Radialduktion der betroffenen Extremität präoperativ und postoperativ ergeben, zeigt sich, dass der z-Wert mit 1,023 kleiner als der kritische Wert 1,96 ist. Außerdem liegt die asymptotische Signifikanz mit 0,306 höher als das vorab festgelegte Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$. Es ist also keine signifikante Veränderung zu erkennen. Die Nullhypothese muss demnach angenommen werden. In Bezug auf die Radialduktion der betroffenen Extremität zeigt sich im Vergleich prä- und postoperativ keine signifikante Veränderung.

Vergleicht man die Ergebnisse der Radialduktion der kontralateralen, also nicht-operierten Seite postoperativ mit der Radialduktion der operierten Seite postoperativ ergibt sich ein z-Wert von 2,871. Dieser liegt im oben beschriebenen Ablehnungsbereich der Nullhypothese. Die asymptotische Signifikanz von 0,004 zeigt eine signifikante Veränderung an. Die Nullhypothese kann hier somit verworfen werden. Ein signifikanter Unterschied der Radialduktion ist im Vergleich beider Extremitäten ersichtlich.

Die Ulnarduktion der betroffenen Extremität liegt im Vergleich vor und nach der Operation bei einem z-Wert von -1,508. Dies liegt innerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$, sodass die Nullhypothese angenommen werden muss. Die asymptotische Signifikanz von 0,132 untermauert dieses Ergebnis. Es kann keine signifikante Veränderung nachgewiesen werden.

Der Vergleich der Ulnarduktion der nicht-operierten Seite mit der operierten Seite liefert einen z-Wert von -2,558, welcher innerhalb des Ablehnungsbereiches der Nullhypothese liegt. Die asymptotische Signifikanz von 0,010 spricht für einen signifikanten Unterschied zwischen den Extremitäten, wohingegen die Nullhypothese verworfen werden kann.

	Radialduktion postop.- Radi- alduktion präop.	Radialduktion kontra postop.- Radi- alduktion postop.	Ulnarduktion postop.- Ul- narduktion präop.	Ulnarduktion kontra postop.- Ul- narduktion postop.
z	-1,023 ^a	-2,871 ^a	-1,508 ^a	-2,588 ^a
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,306	,004	,132	,010
a. Basiert auf negativen Rängen				
b. Basiert auf positiven Rängen				
c. Wilcoxon-Test				

Tab. 12 Statische Auswertung für Radial- und Ulnarduktion

Die Norm des Bewegungsausmaßes der Radialduktion liegt zwischen 20° und 30°. Bei dem hier vorliegenden Patientengut betrug der maximale Wert vor dem Eingriff 20° und der minimale Wert 0°. Es ergab sich ein Mittelwert von 12,5° und eine Standardabweichung von 5,5°. Nach der proximalen Reihenresektion zeigten sich ein Maximum von 40° und ein Minimum von 5°. Es resultierte ein Mittelwert von 16° mit einer Standardabweichung von 9,3°. Bei der Gegenseite wurden ein Maximum von 40° und ein Minimum von 20° gemessen. Der Mittelwert lag bei 27° bei einer Standardabweichung von 6,9°. Betrachtet man die Werte, zeigt sich, dass es insgesamt zu einer Verbesserung des Bewegungsausmaßes kam. Dies entspricht einem Anstieg von 27%.

Die aufgehobene Beweglichkeit in Bezug die Radialduktion wurde durch die proximale Reihenresektion behoben.

	Radialduktion präop.	Radialduktion postop.	Radialduktion kontr.
N Gültig	12	12	12
Mittelwert	12,5	15,8	27,1
Median	10	12,5	30
SD	5,5	9,3	6,9
Minimum	0	5	20
Maximum	20	40	40

Tab. 13 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Radialduktion [in °]

Die Ergebnisse der Ulnarduktion für die Probanden n=12 sind der dargestellten Tabelle zu entnehmen (Tab. 12). Ein physiologisches Bewegungsausmaß bewegt sich zwischen 30°-40° Ulnarduktion. Das Maximum der betroffenen Seite betrug präoperativ 20° und postoperativ 30°.

Im Minimum konnten jeweils 10° bestimmt werden. Im Fall der kontralateralen Seite lagen das Minimum bei 20° und das Maximum bei 40°. Es ergab sich ein Mittelwert von 17° mit einer Standardabweichung von 4,4° präoperativ. Postoperativ zeigte sich mit 19° ein leicht gestiegener Mittelwert mit einer Standardabweichung von 5,9°.

Für die kontralaterale Seite wurde ein Mittelwert von 28° mit einer Standardabweichung von 6,9° ermittelt.

	Ulnarduktion präop.	Ulnarduktion postop.	Ulnarduktion kontr.
N Gültig	12	12	12
Mittelwert	16,7	19,2	27,9
Median	20	20	27,5
SD	4,4	5,9	6,9
Minimum	10	10	20
Maximum	20	30	40

Tab. 14 Auswertung für das Bewegungsausmaß der Ulnarduktion [in °]

5.2.4 Gesamtsumme des Bewegungsausmaßes aus Radialduktion und Ulnarduktion

Die resultierenden Summen aus Radial- und Ulnarduktion vor der OP (SUMRAUL1) und nach der OP (SUMRAUL2) sind der Tabelle (13) zu entnehmen. Durch den Eingriff zeigten sich sowohl das Maximum als auch das Minimum verbessert. Die Streubreite der gemessenen Werte spiegelte sich auch in der Standardabweichung von 11,8 wider. Der Bewegungsumfang der betroffenen Extremität wies eine Steigerung von 17% nach der proximalen Reihenresektion auf.

Stellt man nun den Vergleich zur kontralateralen Extremität (SUMRAULN0) an, so präsentierten sich sowohl das Maximum mit 70° als auch das Minimum mit 25° gleich. Lediglich in Bezug auf den Mittelwert und die Standardabweichung gibt es Differenzen, die trotz der gleichen Extremwerte für insgesamt bessere Ergebnisse der nicht betroffenen Extremität sprechen. Das erreichte Bewegungsausmaß in Summe entspricht 82% der nicht operierten Seite.

	SUMRAUL1	SUMRAUL2	SUMRAULN0
N Gültig	12	12	12
Mittelwert	30	35	42,5
Median	30	32,5	35
SD	6,4	11,8	14,3
Minimum	20	25	25
Maximum	40	70	70

Tab. 15 Auswertung für den Bewegungsbogen der Radial- und Ulnarduktion [in °]

Im Säulendiagramm zeigen sich die in der obenstehenden Tabelle ermittelten Werte wie folgt.

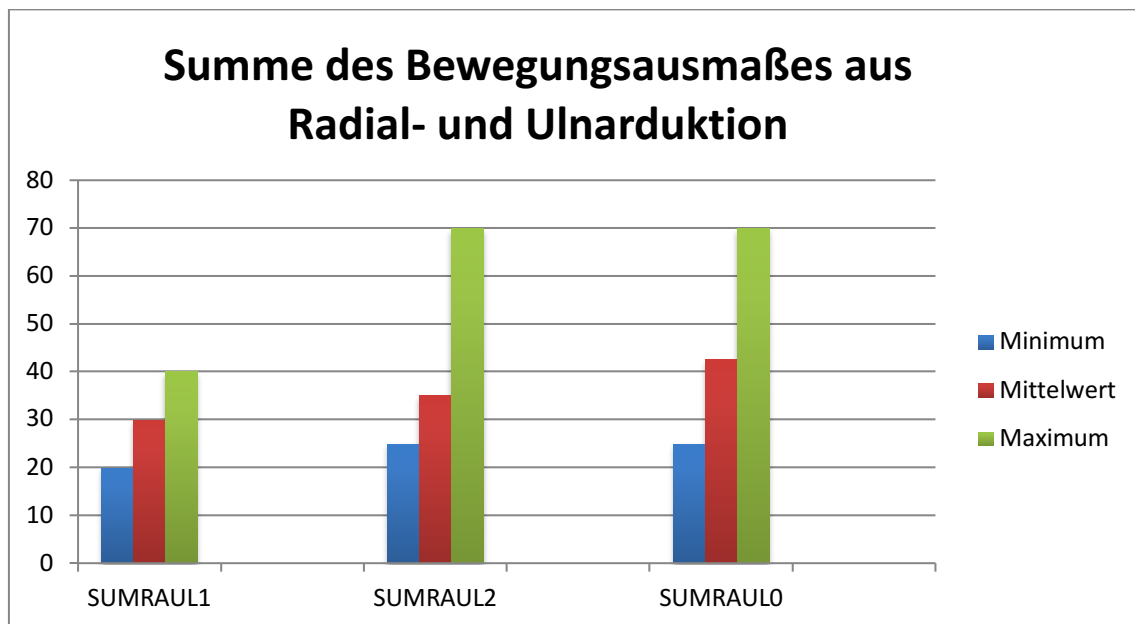


Abb. 10 Grafische Darstellung der Werte für SUMRAUL [in °]

Gut zu erkennen ist, dass sich die operierte Seite der nicht operierten Seite in Bezug auf die ermittelten Werte deutlich annäherte und diese nahezu identisch waren. Die Summe der Radial- und Ulnarduktion entspricht 82% der Gegenseite.

5.2.5 Vergleich der Summe des Gesamtbewegungsausmaßes von Extension und Flexion sowie Radial- und Ulnarduktion

Die Summe des Bewegungsausmaßes der Extension und Flexion im Handgelenk der betroffenen Extremität zeigt sich im Vergleich vor und nach dem Eingriff bei einem z-Wert von 1,267 innerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$. Die asymptotischen Signifikanz von 0,205 liegt oberhalb des Signifikanzniveaus von $\alpha=0,05$, sodass die Nullhypothese angenommen werden muss. Es kann keine signifikante Veränderung in der Summe des Bewegungsausmaßes der Extension und Flexion im Handgelenk der betroffenen Extremität im Vergleich vor und nach dem Eingriff nachgewiesen werden.

Eine signifikante Veränderung ergibt sich durch den Vergleich der operierten Seite mit der nicht operierten Seite bzgl. der Summe des Bewegungsausmaßes der Extension und Flexion im Handgelenk. Der z-Wert liegt bei 3,072, was innerhalb des Ableh-

nungsbereiches der Nullhypothese liegt. Die asymptotische Signifikanz beläuft sich auf 0,02. Dieser Wert ist kleiner als $\alpha=0,05$. Es zeigt sich somit ein Wirkungseffekt und die Nullhypothese kann verworfen werden.

Anders verhält es sich beim statistischen Ergebnis der Summe aus Radial- und Ulnar- duktion im Handgelenk der betroffenen Extremität vor und nach dem Eingriff sowie im Vergleich der operierten Seite mit der kontralateralen Seite. Hier sind die Ergebnisse in beiden Fällen nicht signifikant. Weder die asymptotische Signifikanz aus den Rängen der betroffenen Extremität vor und nach dem Eingriff von 0,172 noch die asymptotische Signifikanz des Vergleichs mit der Gegenseite von 0,059 sind kleiner als $\alpha=0,05$. Ebenso zeigt es sich bei der Auswertung der z-Werte. Die Summe aus Radial- und Ulnar- duktion im Handgelenk im prä-post-Vergleich der betroffenen Seite mit -1,364 innerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$. Auch die Summe aus Radial- und Ulnar- duktion im Handgelenk im Vergleich beider Extremitäten liegt mit einem z-Wert von -1,890 innerhalb des kritischen Bereiches. Die Nullhypothese muss also angenommen werden, es kann keine signifikante Veränderung nachgewiesen werden.

	SUEFX2- SUMEXFX1	SUEFXNO- SUMEXFX2	SUMRAUL2- SUMRAUL1	SUMRAULNO- SUMRAUL2
z	-1,267 ^a	-3,072 ^a	-1,364 ^a	-1,890 ^a
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,205	,002	,172	,059

a. Basiert auf negativen Rängen

b. Basiert auf positiven Rängen

c. Wilcoxon-Test

Tab. 16 Statische Auswertung für SUMEXFX, SUMRAUL

5.3 Faustgriff

Die Kraft des Faustgriffs mit der Einheit Kilogramm wurde mit einem hydraulischen Handkraftmesser ermittelt. Um einen Vergleich tätigen zu können, wurde auch das Kraftausmaß des Faustschlusses der nicht betroffenen Seite bestimmt.

Betrachtet wurde nun in der Folge der Faustgriff, der vor und nach der Operation an der betroffenen Extremität gemessen wird. Hier zeigt sich der z-Wert mit 2,394 außerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$. Auch die asymptotische Signifikanz von 0,017 spricht für eine signifikante Veränderung. Die Nullhypothese kann hier also verworfen werden, der Faustgriff der betroffenen Extremität hat sich nach der Operation signifikant verbessert.

Auch der Vergleich des Faustgriffes der operierten und der nicht-operierten Seite zeigt mit einem z-Wert von -2,936, dass die Nullhypothese verworfen werden kann. Die asymptotische Signifikanz von 0,003 zeigt, dass sich der Faustgriff auch im Vergleich beider Extremitäten signifikant verbessert.

Der Maximalwert, der vor der Operation ermittelt wurde, lag bei 40 kg und bei 58 kg nach dem Eingriff. Die ermittelten Minimalwerte lagen bei 7 kg präoperativ und 6 kg postoperativ. Vor dem operativen Eingriff betrug die durchschnittlich gemessene Kraft 24 kg (SD 9,2). Nach dem operativen Eingriff betrug die durchschnittliche Kraft hingegen 34 kg (SD 14,9). Der kontralaterale Faustgriff wurde mit einer Kraft von durchschnittlich 46,7 kg (SD 13,4) bemessen.

Stellt man den Wert in Relation zum Mittelwert von 47 kg zeigt sich noch eine Differenz von 13 kg zu einem ausgeglichenen Kraftverhältnis. Die postoperativ festgestellte Kraft entspricht 72% der Gegenseite.

Die beschriebenen Ergebnisse bzgl. Mittelwert und Standardabweichung bilden sich ebenso in der Berechnung des Medians ab.

	Faustgriff präop.	Faustgriff postop.	Faustgriff kontralateral
N	12	12	12
Gültig			
Mittelwert	23,5	33,7	46,7
Median	23	39	49,5
SD	9,2	14,9	13,4
Minimum	7	6	18
Maximum	40	58	65

Tab. 17 Auswertung für den Faustgriff [in kg]

Die errechneten Werte lassen sich im Säulendiagramm wie folgt darstellen. Es ist die deutliche Steigerung des Maximums sowie des Mittelwerts zu erkennen.

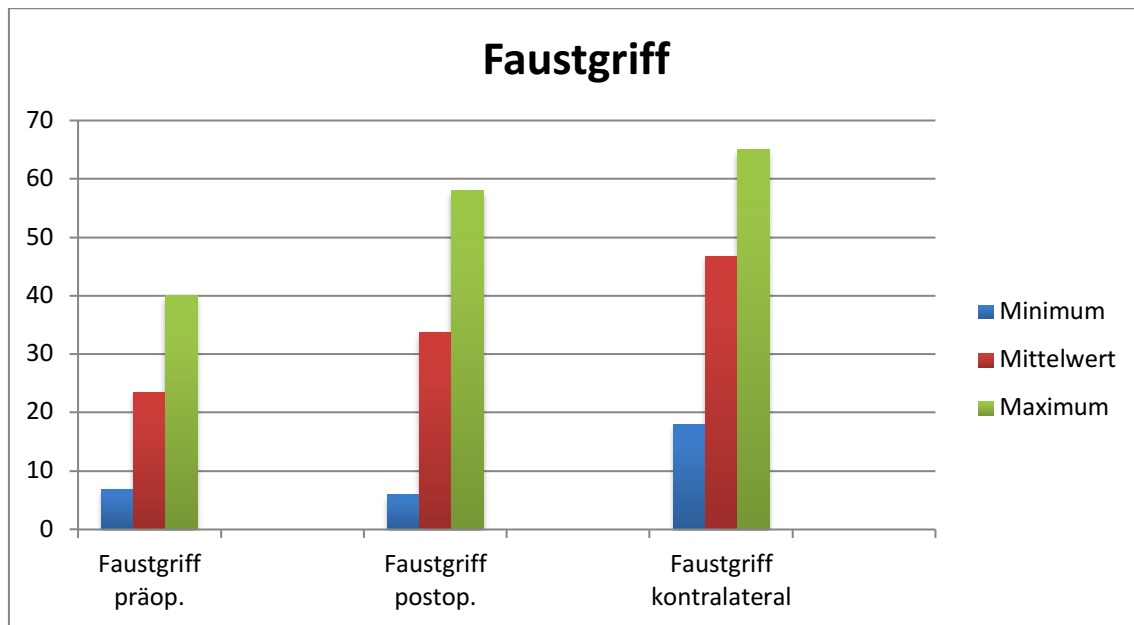


Abb. 11 Grafische Darstellung der Ergebnisse für den Faustgriff [in kg]

5.4 DASH Score und Visuelle Analogskala

Der DASH Score wurde bei allen 12 Patienten vor und nach dem Eingriff erhoben. Alle 12 Fragebögen wurden von den Patienten vollständig ausgefüllt, sodass alle Angaben in die Berechnung und Auswertung einfließen.

Der Vergleich der DASH-Scores vor und nach der Operation zeigt eine signifikante Veränderung auf. Der z-Wert liegt hier mit -3,062 eindeutig außerhalb des kritischen Bereiches von $\pm 1,96$. Die asymptotische Signifikanz von 0,002 zeigt eine signifikante Veränderung des DASH-Scores nach der Operation.

Der niedrigste DASH Score lag präoperativ bei 6 Punkten und der höchste bei 58 Punkten. Postoperativ wurden als niedrigster Wert 2 Punkte und als höchster Wert 38 Punkte bestimmt. Die resultierenden Mittelwerte lagen bei 40 Punkten präoperativ und bei 17 Punkten postoperativ. Vergleicht man die Ergebnisse vor und nach dem Eingriff, ist zu erkennen, dass sich der ermittelte Punktwert verkleinerte.

	DASH präop.	DASH postop.	VAS präop.	VAS postop.
N	12	12	12	12
Mittelwert	39,7	16,8	6,5	2,1
Median	43	11,5	6,4	2
SD	13,8	12,9	1,4	2,1
Minimum	6	2	4,9	0
Maximum	58	38	9	6,5

Tab. 18 Auswertung für den DASH Score und die VAS

Dieses positive Ergebnis für die Probanden kann mit einem Säulendiagramm veranschaulicht werden. Trotz des Maximums von 38 Punkten, welches für eine Einschränkung der betroffenen Extremität spricht, ist für die Interpretation der Durchschnitt entscheidend. Es kann somit bei dem maximalen Wert von einem Ausreißer ausgegangen werden.

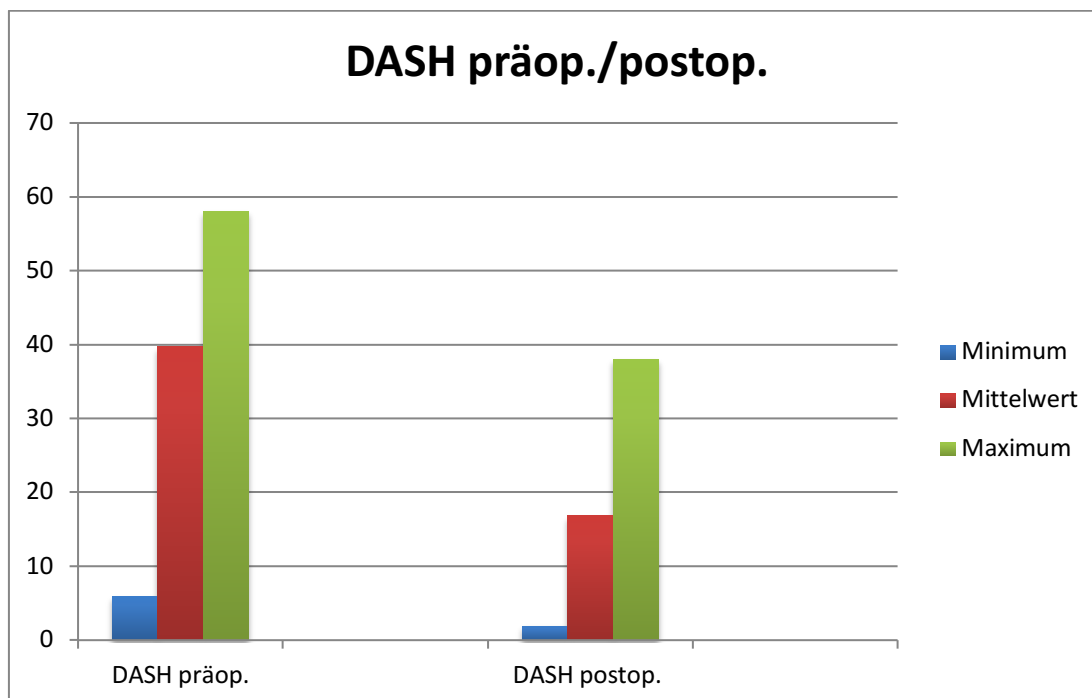


Abb. 12 Grafische Darstellung der Ergebnisse des DASH Score

Die Schmerzen wurden ebenfalls bei allen Probanden $n=12$ vor der Operation und im Rahmen der Nachuntersuchung dokumentiert.

Außerdem kann in Bezug auf Schmerzen eine deutliche Verbesserung aufgezeigt werden. Im Vergleich der Ergebnisse der visuellen Analogskala zeigt sich ein z -Wert von $-3,061$, welcher klar innerhalb des Ablehnungsbereiches der Nullhypothese liegt. Die asymptotische Signifikanz von $0,002$ zeigt eine signifikante Veränderung der Schmerzen nach der Operation. Die Nullhypothese kann somit verworfen werden.

Die höchste Schmerzangabe vor dem Eingriff betrug 9 von maximal 10 Punkten. Als minimaler Wert wurde ein Punktwert von 5 ermittelt. Postoperativ betrugen das Minimum 0 Punkte und das Maximum 6,5 Punkte. Die Mittelwerte lagen vor der Operation bei 7 Punkten und im Anschluss bei 2 Punkten. Es ist den Werten zu entnehmen, dass der Schmerz im Durchschnitt um 67% reduziert wurde.

Auffällig ist zum einen die Angabe „0 Punkte“, die für eine postoperative Schmerzfreiheit spricht und zum anderen der postoperativ dokumentierte Maximalwert von 6,5 Punkten. Diese Angabe kann auf noch deutliche Beschwerden hinweisen, die auch Einfluss auf die Funktionalität und Alltagstauglichkeit haben können.

Auch die Veränderung der Schmerzen im Vergleich vor und nach der Operation lässt sich im Säulendiagramm visualisieren. Die Säulenhöhe fällt postoperativ jeweils kleiner aus, was für einen Rückgang der Beschwerden spricht.

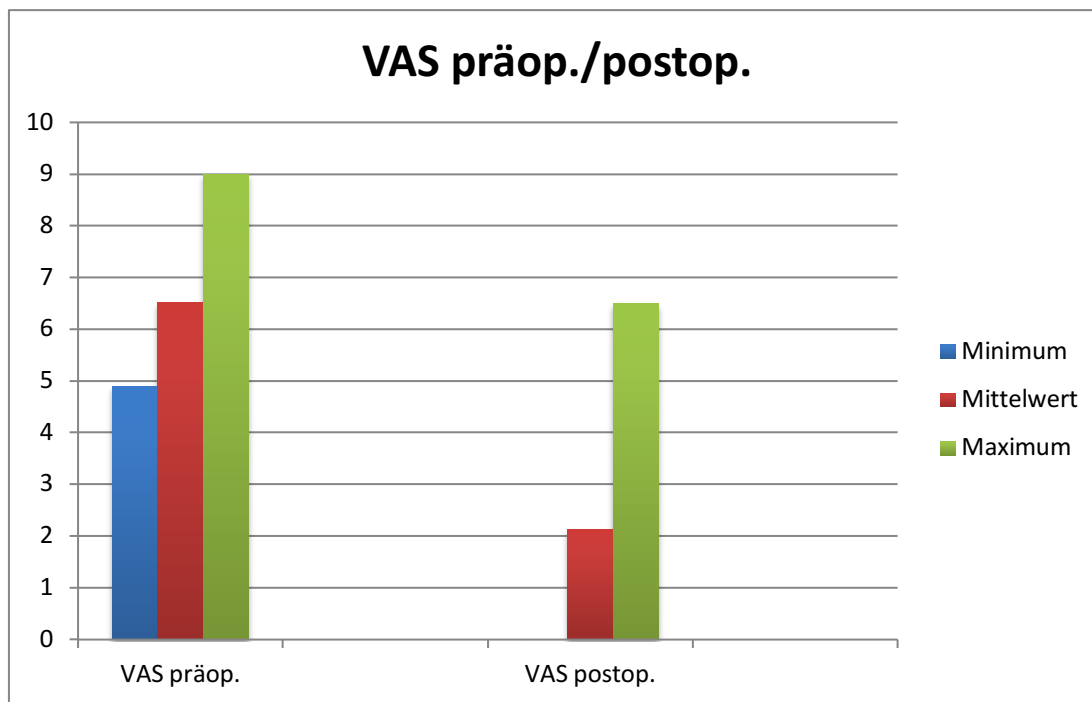


Abb. 13 Grafische Darstellung der Ergebnisse der VAS

5.5 Cooney-Score

Auch der Vergleich des Cooney-Scores vor und nach der Operation liegt mit einem z-Wert von -2,747 außerhalb des kritischen Bereiches, sodass die Nullhypothese verworfen werden kann. Mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,006 kann eine signifikante Veränderung im Cooney-Score nach der Operation aufgezeigt werden.

Das Maximum betrug vor der Operation 62,5 Punkte und das Minimum 30 Punkte bei einem Mittelwert von 45 Punkten und einer Standardabweichung von 11,0. Postoperativ kam es zu einer Steigerung des Maximums auf 95 Punkte und einem Abfall des Minimums auf 25 Punkte, bei entsprechendem Mittelwert von 74 Punkten und einer Standardabweichung von 18,2. Das Maximum von 95 Punkten zeigt, dass der Eingriff, bei einem maximal zu erreichenden Wert von 100 Punkten, zu einer deutlichen Verbesserung von Schmerzen, Funktion, Bewegungsausmaß und Kraft führte. Trotz des Minimums von 25 Punkten bei der postoperativen Erhebung zeigte sich der Mittelwert mit 74 Punkten postoperativ im Vergleich zum vorherigen Wert von 45 Punkten verbessert. Dies entspricht einer Steigerung des Cooney-Scores von 64% nach der proximalen Reihensektion.

	Cooney präop.	Cooney postop.
N	12	12
Mittelwert	44,8	74,0
Median	40	81
SD	11,0	18,2
Minimum	30,0	25,0
Maximum	62,5	95,0

Tab. 19 Auswertung für Cooney-Score

Die ermittelten Werte des Cooney-Score sind im untenstehenden Säulendiagramm zur Veranschaulichung dargestellt.

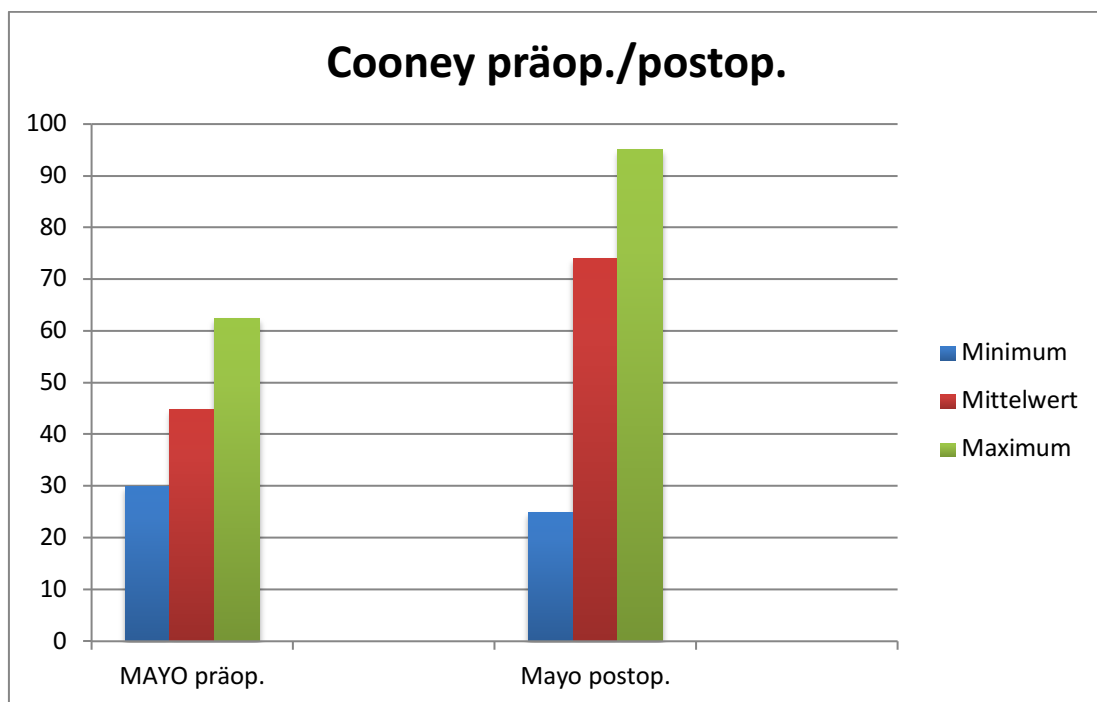


Abb. 14 Grafische Darstellung der Ergebnisse für den Cooney-Score

Der postoperative Anstieg des Cooney-Scores in Bezug auf den Maximal Wert und den Mittelwert lassen sich hier gut erkennen.

5.6 Auswertung der Röntgenbilder

Bei 6 der 12 Patienten wurde im Rahmen der rechtfertigenden Indikation aufgrund persistierender, postoperativer Beschwerden eine Röntgenverlaufskontrolle durchgeführt. Bei 5 von 6 der Patienten kam es nachweislich zu arthrotischen Veränderungen. Die Arthrose lässt sich radiologisch nach Kellgren und Lawrence (Wirtz et al., 2019) klassifizieren, ist in fünf verschiedene Schweregrade unterteilt und unterliegt einer objektiven Beurteilung. Hinweisend auf eine degenerative Gelenkveränderung im konventionellen Röntgenbild sind zum Beispiel das Vorliegen von osteophytären Anbauten, subchondralen Sklerosierungen oder auch eine Verschmälerung des Gelenkspalts (Spahn et al 2016, Wirtz et al 2019). Unter Berücksichtigung der einzelnen Kriterien der Klassifikation nach Kellgren und Lawrence (Wirtz et al., 2019) lagen bei den Probanden jeweils zweimal die Schweregrade I und II sowie in einem Fall der Schweregrad III vor.

Neben der Arthrose waren weitere Besonderheiten den Röntgenaufnahmen zu entnehmen. Bei dem Patienten S.G. kam eine ulnare Subluxation des Karpus zur Darstellung (Abb. 15).



Abb. 15 Röntgenaufnahme HG in a.p (Bild a) und seitlich (Bild b), ulnare Subluxation des Karpus

Eine Verbreiterung des proximalen (prox.) Kapitatus im Rahmen der kompensatorischen Verbesserung der Druckverteilung zeigen die Aufnahmen des Patienten M.W. die in der Abb. 16 und 17 zu sehen sind.



Abb. 16 Röntgenaufnahme HG in a.p, prox. Kapitatum ohne signifikante Verbreiterung

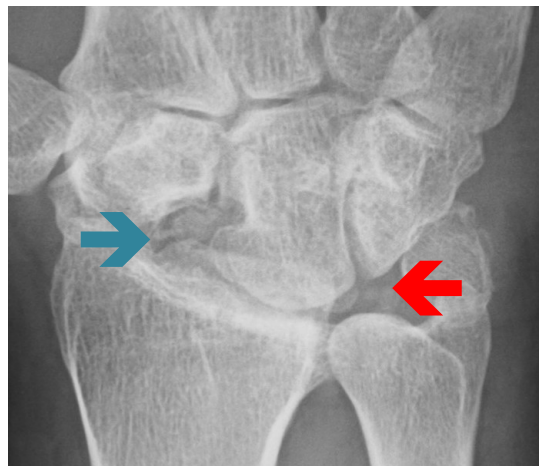


Abb. 17 Röntgenaufnahme HG in a.p., Verbreiterung prox. Kapitatum (blauer Pfeil),
intraartikuläre Ossifikationen (roter Pfeil)

Die Abb. 16 zeigt das Handgelenk 3 Jahre nach OP und die Abb. 17 ist die Verlaufskontrolle 7 Jahre nach dem operativen Eingriff. Im Vergleich ist die zunehmende Ver-

breiterung des proximalen Kapitatus, auf die der blaue Pfeil hinweist, zu erkennen, was für den Prozess der Arthrose spricht. Ebenso sind der Abb. intraartikuläre Ossifikationen zu entnehmen, die insgesamt bei 3 Patienten zu beobachten waren und exemplarisch in der Abb. 17 durch den roten Pfeil und in der Abb. 18 durch den blauen Pfeil jeweils markiert ist.

Vergleicht man, wie im Fall des Patienten I.K., die postoperative Röntgenaufnahme (Abb. 18) und der Verlaufskontrolle nach 6 Jahren (Abb.19) zeigt sich eine Remodellierung des Proccus (Proc.) styloideus radii und ist in den Abb. durch einem roten Pfeil gekennzeichnet.



Abb. 18 Röntgenaufnahme HG in a.p., Remodellierung des Proc. styloideus radii
(roter Pfeil), intraartikuläre Ossifikationen (blauer Pfeil)

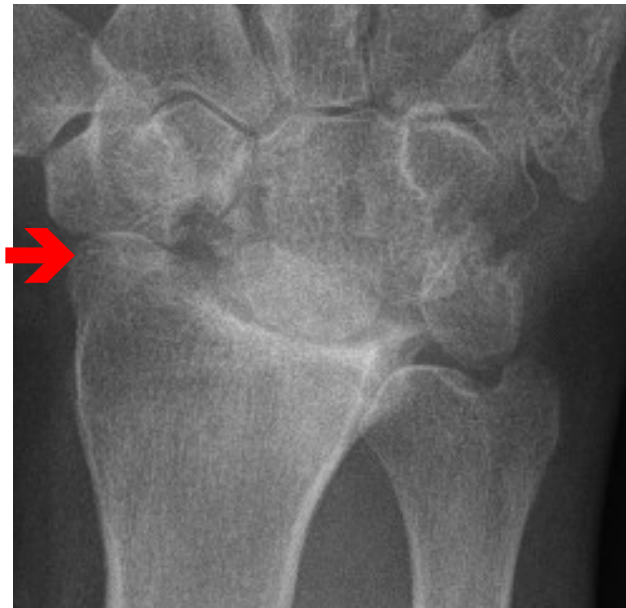


Abb. 19 Röntgenaufnahme HG in a.p., Remodellierung des Proc. styloideus radii und radiales Impingement (roter Pfeil)

Ebenso zeigt die Abb. 19 ein radiales Impingement, welches auch in zwei weiteren Fällen zur Darstellung kam.

5.7 Komplikationen

Im postoperativen Verlauf traten bei 2 der 12 Patienten Komplikationen auf. Das entspricht einer Komplikationsrate von insgesamt 17%. In einem Fall war eine operative Revision aufgrund eines postoperativen Hämatoms erforderlich, die ohne weitere Komplikationen blieb. In dem anderen Fall kam es nach der Operation zu einer Verklebung der Strecksehne des vierten Fingers (DIG) 5, die in der Abb. 20 zu erkennen ist. Ein Korrektureingriff war vom Patienten aufgrund einer für ihn ausreichenden Funktion nicht gewünscht.



Abb. 20 Verklebung der Strecksehne DIG V links

6 DISKUSSION

6.1 OP/ Nachbehandlung

Die durchschnittliche Operationszeit bei der proximalen Reihenresektion bei den Probanden dieser Studie liegt bei 53 Minuten. Sie ist somit kürzer als der durchschnittliche operative Zeitaufwand einer STT-Arthrodese, welches als Alternativverfahren eingesetzt wird und einer durchschnittlichen Operationszeit von 65,33 Minuten bedarf (Meyer-Marcotty et al., 2005).

Auch die kurze Rehabilitationszeit und die gute Funktionalität, die durch das Operationsverfahren, sowie die Nachbehandlung erreicht werden, sind gute Argumente für die proximale Reihenresektion (Richou et al., 2010).

Der postoperative Verlauf der Probanden dieser wissenschaftlichen Studie weist innerhalb des durchschnittlichen Nachbehandlungszeitraums von 49 Monaten keine Komplikationen auf. Dies schließt nicht aus, dass sich im weiteren Verlauf Komplikationen einstellen, die auf die proximale Reihenresektion zurückzuführen sind.

6.2 Bewegungsausmaß

Es folgt zunächst die Betrachtung der Ergebnisse des ermittelten Bewegungsausmaßes der betroffenen Extremität im Einzelnen und auch im Vergleich mit der kontralateralen Seite.

Es ist insgesamt festzustellen, dass das Bewegungsausmaß der betroffenen Extremität durch die proximale Reihenresektion überwiegend verbessert werden kann, jedoch diese Ergebnisse keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Vergleichbar ist das Ergebnis mit der Arbeit von De Smet et al. (2005).

Bei den Probanden dieser Studie fällt auf, dass der postoperative Bewegungsbogen der Radial- und Ulnarduktion deutlich größer ist, als der Bewegungsbogen der Extension und Flexion und keinen signifikanten Unterschied zur Gegenseite aufweist. Hieraus ist zu erkennen, dass die proximale Reihenresektion keine negative Auswirkung auf den Freiheitsgrad der Radial- und Ulnarduktion hat.

Ein signifikanter Unterschied stellt sich fast ausschließlich dann ein, wenn die Daten der operierten Extremität mit der Gegenseite verglichen werden. Dies weist daraufhin,

dass die operierte Seite in Relation zur der gesunden Extremität, was das reine Bewegungsausmaß betrifft, weiterhin eingeschränkt ist.

Eine Erklärung hierfür wären zum einen bestehende Beschwerden, aber auch die neuen anatomischen Begebenheiten aufgrund inkongruenter Gelenkflächen zwischen der distalen Handwurzelreihe, sowie dem distalen Radius. Diese lassen womöglich aufgrund der veränderten anatomischen Begebenheiten kein besseres und somit ein seitengleiches Bewegungsausmaß zu (Ishikawa et al., 1999; Zhu et al., 2011).

Es ist festzuhalten, dass die proximale Reihenresektion als Operationsverfahren in Unabhängigkeit einer Erkrankung an einem gesunden Handgelenk zu einer Verringerung des Bewegungsausmaßes in Bezug auf die Flexion, Extension, Radial- und Ulnardeviation führt. Trotz der Reduktion reicht die Restbeweglichkeit zur Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens aus (Blankenhorn et al., 2007).

In der Betrachtung der Ergebnisse der Probanden dieser Studie, die sich alle im Krankheitsstadium IIIb der Lunatumnekrose befinden und bei denen bereits präoperativ ein verringertes Bewegungsausmaß vorliegt, erfahren diese durch die proximale Reihenresektion eine Verbesserung.

Die Differenz zur gesunden Gegenseite ist sehr auffällig und spiegelt das Ergebnis von Blankenhorn und Mitarbeitern (2007) wider.

Betrachtet man den spätesten Untersuchungszeitraum nach 79 Monaten können auch mögliche Atrophien oder Vernarbungen als mögliche Ursache in Frage kommen.

Andere Studien mit einem späteren Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigen im Durchschnitt, vor allem was die Extension und Flexion betrifft, deutlich bessere Ergebnisse (Jebson et al. 2003; Richou et al. 2010). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass sich durch die tägliche Nutzung der betroffenen Extremität und die Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens, das Bewegungsausmaß über die Zeit gesehen weiter verbessern kann. Auch bietet das längere Zeitintervall eine höhere Anzahl der Inanspruchnahme von physiotherapeutischen und ergotherapeutischen Übungsanwendungen an.

Denkbar wäre es, dass sich im weiteren Verlauf durch intensive physiotherapeutische Anwendungen das Bewegungsausmaß der Probanden dieser Studie auch noch verbessern kann.

6.2.1 Extension/Flexion

Die Flexion hat sich nach dem Eingriff in Bezug auf den maximalen Wert gering verbessert. Die Mittelwerte sind fast identisch. Die Verbesserung ist nicht signifikant.

Der Vergleich der Daten der operierten Seite mit denen der kontralateralen Seite, ergibt einen signifikanten Unterschied. Dieser spiegelt sich in den 45% des Bewegungsausmaßes der Gegenseite wider.

Die Standardabweichung der postoperativen Extension von 8,9° zeigt, dass die gemessenen Werte nach der OP dichter beieinander liegen und somit die Streuweite geringer ausfällt. In Anbetracht des Anstieges des Mittelwertes ist, trotz eines niedrigeren Maximums, eine Verbesserung von 5% der Extension an der betroffenen Extremität bei den Probanden zu beobachten. Diese zeigt sich im Vergleich zur Flexion jedoch mit weniger als 5% Steigerung als sehr gering. Die niedrige Steigerung in Bezug auf den Bewegungsumfang lässt sich mit der nur geringfügigen Verbesserung der Extension erklären.

Bei der Extension präsentierte sich nach dem Eingriff eine Verschlechterung des maximalen Bewegungsausmaßes in Grad. Während es vor der Operation bei 60° lag, wurde nach dem Eingriff 50° als maximaler Wert gemessen. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Einen signifikanten Unterschied erbrachte der erneute Vergleich mit der Gegenseite nach der Operation. Bei der Summe aus Extension und Flexion manifestierte sich ebenfalls erst bei dem Vergleich mit der Gegenseite zu einem signifikanten Unterschied, der ebenfalls die deutliche Differenz des Bewegungsausmaßes der beiden Extremitäten aufweist. Insgesamt lag die durchschnittliche Summe aus Extension und Flexion nach der Operation bei 67°. Dies entspricht 52% der Gegenseite im Durchschnitt. Die Probanden erreichen somit eine gute sogenannte Range of Motion (ROM), die für eine ausreichende Funktionalität im Alltag spricht. Ein vergleichbarer Wert nach einer proximalen Reihenresektion für den Bewegungsbogen der Extension und Flexion ist der Studie von Hanusch (2015) mit 53% zu entnehmen.

Anders zeigte es sich in der Studie von Eppinger (2003), in der die Fallzahl n=10 nach einer proximalen Reihenresektion untersucht wird. Hier entsprach die Summe aus Extension und Flexion 63% der Gegenseite. Grund hierfür sind die besseren Messwerte der postoperativ untersuchten Flexion. Der Bereich lag in diesem Fall zwischen 10° bis 60° bei einem durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraum von 21 Monaten. In dieser Studie erfolgte die Nachuntersuchung im Durchschnitt nach 49 Monaten. Somit kann nicht zwangsläufig argumentiert werden, dass sich durch einen längeren Nachun-

tersuchungszeitraum und mit längerem Follow-Up das Bewegungsausmaß verbessert. Die Werte der Extension hingegen waren in beiden Arbeiten identisch.

Eine mögliche Ursache des Unterschieds könnte die längere Ruhigstellung der operierten Extremität sein, die in dieser Studie im Durchschnitt bei 5 Wochen lagen. Die Probanden bei Eppinger (2003) waren für durchschnittlich 3 ½ Wochen ruhiggestellt. Hieraus kann eine frühzeitigere physiotherapeutische Nachbehandlung resultieren, die zu einem verbesserten Bewegungsausmaß führt.

Bei der Betrachtung des Bewegungsumfanges aus Extension und Flexion war der Unterschied zur nicht operierten Seite signifikant. Die ermittelte Differenz zeigt auf, dass die Probanden ein deutliches Defizit im Seitenvergleich aufweisen. Andere Studienergebnisse weisen im Vergleich bessere Resultate auf in Bezug auf den Bewegungsumfang der Extension und Flexion nach einer proximalen Reihenresektion (Streich et al., 2003).

In der Betrachtung der funktionellen Ergebnisse der proximalen Reihenresektion nach 6 Jahren, zeigte sich ein Extension-Flexionsbogen von 74° und das entspricht 61% der Gegenseite (Tomalno et al., 1994).

Auf Basis der Ergebnisse von Tomalno et al. (1994) kann angenommen werden, dass auch die Probanden dieser Studie in einem Follow-Up nach 6 Jahren bessere Ergebnisse erzielen könnten. Hierfür bedarf es weiterer Forschung bezüglich einer weiteren Nachuntersuchung.

6.2.2 Radial-/Ulnarduktion

Bei der Radialduktion zeigte sich nach der Operation ein Maximum von 40°, das im oberen Bereich des physiologischen Bewegungsausmaßes liegt und im Vergleich mit der kontralateralen Seite identisch ist. Betrachtet man die Mittelwerte im Einzelnen, besteht jedoch eine deutliche Differenz zur Gegenseite. Der hohe Maximalwert spiegelt nicht den Durchschnitt wider, sodass es sich um einen Ausreißer nach oben handelt.

Die Standardabweichung von 9,3° unterstreicht die Streuweite der erhobenen Werte nach dem Eingriff. Das Maximum von 40° der nichtbetroffenen Seite steht für eine überdurchschnittliche Beweglichkeit und gleicht dem maximalen Wert der operierten Seite. Die Radialduktion der operierten Seite entspricht mit einem Durchschnittswert von 16° ungefähr 58% der Gegenseite.

In Zusammenschau der gemessenen Daten und der errechneten Mittelwerte zeigte sich eine geringe Steigerung der Werte, die auf eine Verbesserung der Beweglichkeit in Bezug auf die Ulnarduktion der operierten Seite schließen lässt. Die Steigerung entspricht 15%. Das Maximum von 30°, welches nach dem Eingriff gemessen wurde, befindet sich im unteren Bereich des physiologischen Bewegungsausmaßes. Insgesamt betrug die postoperativ dokumentierte Ulnarduktion 69% der Gegenseite. Im Vergleich zu den anderen Bewegungsrichtungen stellt dies das beste Ergebnis dar.

Der Vergleich der Werte, die an der betroffenen Extremität vor und nach der proximalen Reihenresektion erhoben werden, ist nicht signifikant. Es ist somit durch die proximale Reihenresektion keine erhebliche Verbesserung in Bezug auf die Radial- und Ulnarduktion bei den Probanden eingetreten.

Die Differenz zu den Daten der kontralateralen Seite ist trotz des gleichen Maximums signifikant und steht für einen deutlichen Unterschied der reinen Messwerte. Somit besteht eine deutliche Differenz der beiden Seiten im Vergleich.

Der postoperative Durchschnittswert der Radialduktion von 16° nach der proximalen Reihenresektion ist in der Literatur nicht ungewöhnlich und stellt somit ein vergleichbares Ergebnis nach Nutzung des operativen Verfahrens der proximalen Reihenresektion dar (Eppinger, 2003).

Die Studie von Baumeister et al. (2005) wies einen durchschnittlichen Wert von 10° für die Radialduktion nach der proximalen Reihenresektion auf und fällt somit nicht ganz so positiv aus. Die Langzeitstudie von Jebson et al. (2003) beschrieb eine durchschnittliche Radialduktion von 12° nach 10 Jahren bei zuvor durchgeführter proximaler Reihenresektion.

Es ist daher fraglich, ob sich die Radialduktion nach 10 Jahren bei den Probanden dieser Studie noch weiter signifikant verbessern wird. Um dies zu überprüfen wäre eine erneute Datenerhebung notwendig.

Bei der Ulnarduktion präsentiert es sich ähnlich. Vergleicht man die Werte der betroffenen Seite vor und nach der Operation zeigten sich eine geringfügige Verbesserung des maximalen Bewegungsausmaßes und ein höherer Mittelwert. Jedoch war die Veränderung nicht signifikant. Der postoperative Mittelwert lag bei 19° und fällt somit kleiner aus als bei anderen Studienergebnissen (Eppinger, 2003). Betrachtet man ein 10-jähriges Follow-Up der proximalen Reihenresektion, liegt die Ulnarduktion bei 22° (Jebson et al., 2003).

Somit besteht die Möglichkeit, dass sich das durchschnittliche Bewegungsausmaß der Ulnarduktion der Probanden verbessern kann und müsste nach entsprechendem Zeitraum erneut untersucht werden.

Einen rechnerisch signifikanten Unterschied zeigte die Ulnarduktion der operierten Seite im Vergleich mit der kontralateralen Seite. Dies spricht für eine Ungleichheit der Werte und ist dahingehend zu bewerten, dass das Bewegungsausmaß bezüglich der Ulnarduktion im Vergleich mit 69% der Gegenseite schlechter ausfällt.

Betrachtet man die Radial- und Ulnarduktion in Summe, zeigten sich sowohl das Minimum als auch das Maximum, im Vergleich zur nicht operierten Seite, als identisch. Jedoch war der Mittelwert der Daten der kontralateralen Seite größer. Die asymptotische Signifikanz lag bei 0,059 und ist nur knapp größer als das Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$, sodass der Unterschied rechnerisch nicht signifikant ist.

Aufgrund der ähnlichen Werte und der fehlenden Signifikanz ist davon auszugehen, dass ein annähernd vergleichbares Bewegungsausmaß in der Summe für die Radial- und Ulnarduktion beider Extremitäten vorliegt. Diese Aussage lässt sich durch die errechneten 82% des gegenseitigen Handgelenks festigen.

Vergleicht man das Ergebnis mit anderen wissenschaftlichen Studien, die ebenfalls das Bewegungsausmaß nach einer proximalen Reihenresektion untersuchten, ist dies ein sehr gutes funktionelles Resultat für unsere Probanden (Streich et al., 2003; Hanusch, 2015).

6.3 Schmerzen/Beschwerdedauer/Ruhigstellung

Die Auswertung zeigt, dass sich die Schmerzen durch die Operation deutlich gebessert haben. Das postoperative Minimum lag bei 0. Das Maximum lag bei 6,5.

Eine mögliche Ursache für die ausgeprägte Symptomatik kann in der individuellen Schmerzwahrnehmung begründet sein, die zwar mit der visuellen Analogskala gemessen wird, aber trotzdem ein subjektives Empfinden darstellt. Betrachtet man den Median zeigte sich nach der operativen Therapie eine fallende Tendenz von 6,4 auf 2,0. Dies spricht trotz des hohen Maximalwerts insgesamt für eine effektive Schmerzlinderung, welche die Patienten durch den Eingriff erfuhren und einer durchschnittlichen Linderung von 67% entspricht. Die positiven Ergebnisse zum Schmerzempfinden decken sich mit anderen Ergebnissen. Wall et al. (2013) zeigten nach der PRC einen mittleren VAS-Wert von 1,8 auf. Auch andere Autoren stellen dieses Ergebnis der

Schmerzreduktion nach der proximalen Reihenresektion fest (Berkhout et al., 2015, Schmitt, 2007, Salomon et al. 1996).

Die effektive Schmerzlinderung wirkt sich auch auf den Beschwerdezeitraum aus. Dieser beträgt in dieser Studie wie in Kapitel 5 bereits erwähnt im Durchschnitt 6 Monate nach der proximalen Reihenresektion. Der Beschwerdezeitraum nach der Operation ist somit knapp drei Monate kürzer, als die Beschwerdedauer, welche die Patienten zwischen Symptombeginn und Operation angaben.

Die postoperative Ruhigstellung mittels einer Schiene in Funktionsstellung betrug bei den Probanden dieser Studie durchschnittlich 5 Wochen und entspricht der Dauer in der Arbeit von Eppinger (2003). Martini (2004a) oder auch Kalb et al. (2018) nennen in ihren Arbeiten einen Zeitraum für die Ruhigstellung von durchschnittlich 3 Wochen postoperativ. Die Probanden dieser Studie trugen die Orthesen im Durchschnitt 2 Wochen länger.

Diese Abweichung ist durch das individuelle Nachbehandlungsschema, welches durch die Abteilung für Handchirurgie zum damaligen Zeitpunkt abteilungsintern festgelegt wurde, begründet. Je nach Beschwerden wurde eine Schienendauer von 4-6 Wochen empfohlen. Die Beschwerden der Probanden dieser Studie erforderten also eine etwas längere Schienendauer als in anderen Studien (Kalb et al., 2018; Martini, 2004a).

6.4 Kraft

Bei der Betrachtung der ausgewerteten Daten der Kraft fällt auf, dass der Minimalwert von 6kg, der nach der Operation gemessen wurde, um 1 kg geringer ausfällt, als vor dem Eingriff. Vergleicht man die Werte, ergibt sich zwischen dem prä- und postoperativen Wert eine Differenz von 10 kg, die eine Steigerung von 43% aufzeigt und eine deutliche Kraftsteigerung der betroffenen Hand dokumentiert. Das Minimum der nicht operierten Seite lag bei einer Griffstärke von 18kg und veranschaulicht die nicht unerhebliche Differenz. Die durchschnittliche Kraft nach der Operation lag bei 34 kg und entspricht durchschnittlich 72% der Kraft am kontralateralen Handgelenk. In der Literatur finden sich weitere Ergebnisse, die eine deutliche Verbesserung der Faustkraft nach PRC auf 78% der kontralateralen Seite bestätigen (Richou et al., 2010).

Somit lässt sich über den Faustgriff und die hierüber gemessene Kraft aussagen, dass die proximale Reihenresektion zu einer Steigerung dieser führt, die jedoch im Vergleich

zur kontralateralen Seite einen signifikanten Unterschied aufweist und eine Minderung von 28% bedeutet.

In der Studie von Tränkle et al. (2003) betrug die Handkraft 54% der Gegenseite nach der proximalen Reihenresektion. Bei der Betrachtung der Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit und im Vergleich mit anderen Studien, stellt das Ergebnis von Tränkle et al. (2003) mit 54% im Vergleich zu 78-91% eine Ausnahme dar (Richou et al., 2010; Lumdsen et al.; 2008; DiDonna et al., 2004).

Zu erklären wäre ein Kraftverlust im Allgemeinen durch eine mögliche Atrophie der Muskulatur, die sich aufgrund eines Mindergebrauchs oder einer langfristigen Schonung einstellt.

Eine mögliche Ursache diesbezüglich kann eine prolongierte Schmerz- und Beschwerdesymptomatik sein, denn eine der entscheidenden Bedingungen für eine optimale Griffstärke und ein gutes Bewegungsausmaß ist die Schmerzfreiheit (Eppinger, 2003).

In der Langzeitstudie von Tomalno et al. (1994) zeigte sich nach einer proximalen Reihenresektion eine Griffkraft von 79% der Gegenseite nach sechs Jahren. Nach 10 Jahren kann die Griffkraft nach der Entfernung der proximalen Handwurzelreihe sogar bis zu 91% der Gegenseite betragen (DiDonna et al., 2004).

Entsprechend der Ergebnisse von Lumdsen et al. (2008) konnte nach 15 Jahren im Follow -Up eine weitere Steigerung des Faustgriffs auf 92% der gesunden Seite deutlich werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Švarc et al. (2018) in ihrer Arbeit, die nach 5 Jahren ebenfalls eine Verbesserung des Bewegungsausmaßes sowie der Griffkraft und eine deutliche Schmerzlinderung nach Durchführung einer PRC feststellen.

Für die 12 Probanden dieser Studie bedeutet dies, dass es nicht ausgeschlossen ist, dass sich die Griffkraft weiter steigern kann. Voraussetzung hierfür sind entsprechende Tests zu einem späteren Zeitpunkt.

6.5 Scores

Die Auswertung des DASH Score zeigte eine deutliche Verbesserung der Alltagstauglichkeit, die durch die proximale Reihenresektion erreicht wird. Das Ergebnis und somit der Unterschied der vor und nach der Operation erfassten Daten, ist signifikant. Durchschnittlich lag der DASH-Score bei den Probanden dieser Studie nach durchgeführter Operation bei 17 Punkten. Die Verringerung des durchschnittlichen DASH-Score ist in

diesem Fall ein positives Zeichen und als eine Verbesserung der Funktionalität, die durch den Eingriff herbeigeführt wird, zu interpretieren.

Die Probanden dieser Studie erfuhren eine deutliche Steigerung der Funktionalität und Optimierung der Alltagstauglichkeit durch die proximale Reihenresektion. Sowohl im DASH-Score als auch im Cooney-Score konnte eine signifikante Veränderung nach dem operativen Eingriff aufgezeigt werden. Das durchschnittliche Ergebnis im DASH-Score verbesserte sich nach der OP von 40 Punkten auf 17 Punkte. Im Cooney-Score verbesserte sich das durchschnittliche Ergebnis von 45 Punkten auf 74 Punkte.

Vergleicht man den durchschnittlichen DASH-Score von 17 Punkten postoperativ mit dem ermittelten Durchschnitt des DASH-Scores anderer wissenschaftlicher Arbeiten, ist dies ein gutes Resultat für die Funktionalität nach einer proximalen Reihenresektion (Bisneto et al., 2011; Tränkle et al., 2003; Streich et al., 2003).

Trotz des bereits guten Ergebnisses dieser Arbeit kann davon ausgegangen werden, dass sich in weiteren Jahren, durch den täglichen Gebrauch der Extremität sowie unterstützt durch weitere Trainingsmaßnahmen, die Funktionalität weiter verbessern lässt (DiDonna et al., 2004).

Gleiches trifft auch für den Cooney-Score zu. Dieser Test beinhaltet objektive und subjektive Kriterien. Es kommt zu einem signifikanten Unterschied, der als deutliche Steigerung und Verbesserung der Funktionalität zu interpretieren ist. Diese Steigerung beträgt mit dem durchschnittlich erfassten Mittelwert von 74 Punkten eine Steigerung um 64%. Somit unterstreicht der postoperative Mittelwert insgesamt die Verbesserung der Fähigkeiten durch den Eingriff und stellt ein zufriedenstellendes Ergebnis dar. Tränkle et al. (2003) beschreiben einen durchschnittlichen Cooney-Score von 66 Punkten in der Nachuntersuchung.

Ein entsprechender Durchschnitt findet sich auch in der Literatur wieder und spricht somit für ein gutes Resultat (Streich et al., 2003).

Es ist somit festzustellen, dass die proximale Reihenresektion bei Patienten mit einer Lunatumnekrose bereits in der Nachuntersuchung zu einer Verbesserung der Funktionalität führt, die sich im weiteren Verlauf noch weiter steigern kann. Trotz des erhöhten Risikos der Arthrose zeigen sich auch nach 12 Monaten im Vergleich bei der proximalen Reihenresektion ein niedrigerer DASH Score und eine bessere Funktionalität bei den Betroffenen (Bisneto et al., 2011).

Bei der Durchführung der Aktivitäten des täglichen Lebens erfahren die Betroffenen somit kaum eine Einschränkung.

Um ein repräsentatives Langzeitergebnis zu erhalten, ist eine weitere Untersuchung nach entsprechendem Zeitraum erforderlich.

Die Ergebnisse der Scores spiegeln sich auch in der subjektiven Wahrnehmung der 12 Probanden wider. Im Durchschnitt bewerteten diese ihre Zufriedenheit mit einer Note von 1,9. Ein ähnlich positives Ergebnis zeigten Bultmann et al. (2005) in ihrer Arbeit auf.

Auch die durchschnittlich kurze Liegezeit der Probanden im Rahmen des stationären Aufenthalts von 4,5 Tagen nach dem operativen Eingriff kann zur subjektiven Zufriedenheit beitragen.

6.6 Auswertung der Röntgenbilder

Bei 6 der 12 Patienten wurde im Rahmen der rechtfertigenden Indikation aufgrund persistierender postoperativer Beschwerden eine Röntgenverlaufskontrolle durchgeführt. Bei 95 % der radiologischen Kontrolluntersuchungen war eine Arthrose nachweisbar. Die PRC führt im Allgemeinen nach Jahren zu einer ausgeprägten Handgelenksarthrose (Bultmann et al., 2005).

Die Arthroserate dieser Nachuntersuchung fällt, verglichen mit anderen Arbeiten, recht hoch aus. Unter Berücksichtigung der einzelnen Kriterien der Klassifikation nach Kellgren und Lawrence (Wirtz et al., 2019) lagen bei den Probanden jeweils zweimal die Schweregrade I und II sowie in einem Fall der Schweregrad IV vor. In einer Studie von Streich et al. (2003) wurden 17 Patienten im Zustand nach einer PRC klinisch und radiologisch nachuntersucht, wobei 63% der Patienten arthrotische Veränderungen zeigten. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Patienten im Rahmen der Nachuntersuchung für diese Studie erneut radiologisch kontrolliert wurden und somit ein genauer Vergleich nicht möglich ist.

Nach Spies et al. (2016) gehen die guten klinischen Ergebnisse nach einer PRC nicht mit einem erhöhten Arthroserisiko einher.

Auch andere operative Therapiemaßnahmen zur Behandlung der Lunatumnekrose können zu einer Arthrose führen. So besteht zum Beispiel bei der STT-Arthrodesen ein durch die operative Fixierung des Os scaphoideums bedingtes Arthroserisiko im Radiokarpalgelenk von 58% (Sauer, 2007).

6.7 Komplikationen

Jeder operative Eingriff birgt für den Patienten ein Risiko für intra- oder postoperative Komplikationen. Mögliche postoperative Komplikationen nach einer PRC sind Wundinfekte und regionale Schmerzsyndrome (De Smet et al., 2005). Auch ein radiokarpales sowie ein pisiformes Impingement können nach Durchführung einer PRC auftreten (Caekebeke & De Smet, 2020). Weitere Komplikationen können eine Synovitis oder auch klinisch signifikante Ödeme sein (Saltzman et al., 2015). Die Komplikationsrate dieser Studie ist mit 17% als gering zu betrachten und fällt ähnlich aus wie die Komplikationsrate in der Studie von Eppinger (2008) mit n=12 und der PRC als Therapie der Wahl, die bei 16,5% liegt.

Trotz des Risikos einer Komplikation wird das Risiko einer solchen nach der PRC in der Literatur als niedrig beschrieben (Kromka et al., 2020; Švarc et al., 2018; Spies et al. 2016) und die PRC wird daher anderen Operationsverfahren zur Behandlung des Morbus Kienböck wie zum Beispiel der STT-Arthrodese vorgezogen (Lecmote et al., 2007). Die proximale Reihenresektion ist ein nicht unübliches Verfahren der Lunatumnekrose im Stadium IIIb. In der operativen Durchführung stellt es ein technisch verhältnismäßig einfaches Verfahren dar, welches nur geringe Komplikationen birgt (Streich et al., 2003).

Vergleicht man die Ergebnisse der PRC mit anderen operativen Maßnahmen wie zum Beispiel der Mediocarpalarthrodese, zeigen diese insgesamt ein geringes Komplikationsrisiko (Wagner et al., 2017)

Nicht selten stellen sich frühzeitig degenerative Veränderung ein, die nach Jahren zu einer ausgeprägten Handgelenksarthrose führen (Bultmann et al., 2005). Es ist möglich, dass diese degenerativen Veränderungen in Kombination mit einer ausgeprägten Beschwerdesymptomatik zu weiteren Operationen führen (Tomalno et al., 1994).

Vergleicht man die Komplikationsrate der proximalen Reihenresektion mit anderen Therapieoptionen, wie zum Beispiel der mediokarpale Teilarthrodese, zeigt sich in der Studie von Daecke et al. (2006) zu Beginn ein geringeres Komplikationsrisiko. Aufgrund der niedrigen Komplikationsrate wird die PRC einer STT-Arthrodese vorgezogen (Lecmote et al., 2007).

Eine mögliche Spätfolge ist jedoch die erhöhte Wahrscheinlichkeit einer sekundären Arthrose. Das Risiko einer sekundären Arthrose zeigt sich bei der proximale Reihenresektion höher als bei der Mediocarpalarthrodese mit Skaphoidektomie (Daecke et al., 2006; Bisneto et al., 2011). Die Komplikationsarmut der PRC wird unter anderem dahingehend begründet, dass keine Pseudarthrosen oder implantatassoziierte Probleme

nach der Arthroplastik auftreten (Spies et al., 2020). Auch sind persistierende Schmerzen nach einer PRC eine mögliche Komplikation. In den Fällen kann dann eine Arthrodese zur deutlichen Schmerzlinderung führen (Eppinger, 2008).

6.8 Alternative Operationsmethoden

Alternativ zur proximalen Reihenresektion im Stadium IIIb wird, wie bereits beschrieben, die STT-Arthrodese in der Literatur genannt. Diese führt mit simultaner Denervation des Nervus interosseus posterior zu einer deutlichen Schmerzreduktion und einer guten Restbeweglichkeit (Tränkle et al., 2000). Stellt man die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeit in Relation zu denen der STT-Arthrodese, sprechen diese Ergebnisse für die proximale Reihenresektion als operative Methode der Wahl. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch in weiteren wissenschaftlichen Arbeiten (Schmitt, 2006).

Anders stellt es sich jedoch in der Arbeit von Nakamura et al. (1998) dar. In dieser Studie wird die STT-Arthrodese bei fortgeschrittener Lunatumnekrose als Therapievariante der proximalen Reihenresektion vorgezogen, da der Vergleich zu zufriedenstellenderen Ergebnissen hinsichtlich der Schmerzen, des Bewegungsausmaßes und der Griffstärke führt, die statistisch jedoch nicht signifikant sind. Diese Arbeit hingegen weist signifikante Verbesserung bezüglich der Funktionalität, Schmerzen, Kraft, der Extension sowie der Radialduktion auf.

Auch Unglaub et al. (2017) kommen zu dem Ergebnis, dass die Versteifung des Karpus wie bei der STT-Arthrodese zu einer ausreichend Restbeweglichkeit der betroffenen Extremität führt.

Der DASH Score nach einer STT-Arthrodese mit durchschnittlich 28 Punkten bei n=100 wird in der Arbeit von Greiner (2012) genannt und fällt ebenso deutlich größer aus und spricht somit für eine eingeschränkttere Funktion. Eine mögliche Erklärung für die Differenz zum Wert dieser Arbeit kann aus der kleineren Fallzahl und somit geringeren Streuung resultieren.

Findet die Operation nach Saffar bei der Lunatumnekrose im Stadium IIIb Anwendung, zeigen sich, trotz einer deutlichen Schmerzreduktion, einer Verbesserung der Griffstärke und des Bewegungsausmaßes, sowie eine damit einhergehende gute Funktionalität und radiologische intercarpale Arthrosen im Follow-Up von mehreren Jahren (Von Maydell et al., 2008).

Die Langzeitergebnisse der proximalen Reihenresektion fallen im Follow-Up von mehreren Jahren insgesamt positiver aus (DiDonna et al., 2004).

Betrachtet man die radioskapholunäre Arthrodesen, in der Literatur auch als RSL-Fusion beschrieben, führt dieses Verfahren zu guten funktionellen Ergebnissen, birgt jedoch das Risiko einer Materiallockerung oder eines Materialbruchs (Sauerbier et al., 2004).

Nach einer Teilarthrodesen mit Exstirpation des Scaphoid wird der DASH Score mit 22 bei n=26 in der Literatur angegeben (Tünnerhoff et al., 2001). Dieses Ergebnis ist höher als der durchschnittliche DASH-Score der Probanden dieser Arbeit n=12 und spricht für eine bessere Funktionalität der proximalen Reihenresektion.

Weitere Nachteile der Teilarthrose, die in der Literatur beschrieben werden, sind eine Nichtheilung und ein damit einhergehendes Pseudarthrosrisiko, sowie ein erhöhtes Risiko einer sekundären Arthrose im Verlauf (Kalb et al., 2018).

Sowohl die Gefahr eines Materialbruchs, beziehungsweise einer Materiallockerung, und die fehlende Einheilung des Osteosynthesematerials, bestehen bei der proximalen Reihenresektion nicht.

Betrachtet man die isolierte Denervierung des Handgelenks bei der Lunatumnekrose im Stadium IIIb, führt diese zu einer langfristigen Beschwerdelinderung und Verbesserung von Kraft und Funktionalität. Der Effekt auf die Beweglichkeit ist nur gering. Die Schmerzlinderung bei der isolierten Denervierung entspricht einer Linderung von 62%. Somit wird die Denervierung des Handgelenks eher bei jüngeren Patienten mit einer guten Beweglichkeit erfolgen und einer proximalen Reihenresektion, einer Teil- oder vollständigen Arthrodesen vorgezogen werden (Rothe et al., 2006).

In einer weiteren Studie wird eine Linderung der Schmerzen von 75% durch eine Denervierung erwähnt. Ein Nachteil der Denervierung kann aber sein, dass diese keinen positiven Einfluss auf die fortschreitende knöcherne Destruktion oder die degenerative Veränderung hat (Delclaux et al., 2017). Die proximale Reihenresektion, die bei den Probanden dieser Studie angewendet wird, führt zu einer Linderung der Schmerzen um 67%.

Der Vergleich der Studien führt zu dem Ergebnis, dass die proximale Reihenresektion, was die positive Wirkung auf die Funktionalität, das Bewegungsausmaß und die Griffstärke betrifft, die effektivere Therapievariante ist. Die Schmerzlinderung, die in dieser Studie ermittelt wird, ist ebenfalls nicht außer Acht zu lassen.

In den Fällen, bei denen die proximale Reihenresektion nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führt oder eine langfristige Beschwerdesymptomatik vorherrscht, kann die

Arthrodesse das ergänzende Operationsverfahren der Wahl sein. Ziel ist es, die Beschwerden zu lindern. Ein positiver Einfluss auf das Bewegungsausmaß stellt sich nicht ein (Richou et al., 2010). Somit ist die Indikation gründlich zu prüfen und sollte als letztmögliche Therapieoption gewählt werden.

Saiz et al. (2021) stellen fest, dass die PRC im Vergleich zu anderen Operationstechniken in Bezug auf den Bewegungserhalt eine größere Verbesserung mit sich bringt.

6.9 Limitationen der Arbeit

Aufgrund der Inzidenz von 1:100.000 und der Tatsache, dass es sich um ein seltenes Krankheitsbild handelt, fällt die Zahl der eingeschlossenen Probanden mit $n=12$ sehr gering aus. Für die Datenerhebung wäre eine höhere Anzahl an Probanden durchaus wünschenswert, um die Repräsentativität der Stichprobe zu verbessern. Durch die Tatsache, dass die Patienten im Umkreis von Plau am See wohnhaft sind, ergaben sich logistische Schwierigkeiten bzgl. einer erneuten Nachuntersuchung. Hauptkriterium für die Auswahl der Probanden ist die Operationsmethode der proximalen Reihenresektion bei einer Lunatumnekrose im Stadium IIIb, die zwischen 2003 und 2011 im MediClin Krankenhaus Plau am See und im Klinikum Südstadt Rostock durchgeführt wurde.

Der Ablauf der klinischen Untersuchung sowie die Materialien waren bei der Datenerhebung zu beiden Zeitpunkten identisch. Jedoch wurden die Untersuchungen vor der Operation durch einen anderen Untersucher durchgeführt, als die Untersuchungen nach der Operation. Die ausgewählten Materialien zur Erfassung der Werte sind standardisiert und in wissenschaftlichen Studien, die sich auf Erkrankungen des Handgelenks beziehen, üblich. Darunter fallen die Bewertungsscores, die Messung der Kraft mit dem Handdynamometer, die Bestimmung des Bewegungsausmaßes mit dem Winkelmesser sowie die Dokumentation nach der Neutral-Null-Methode und die Festlegung der Beschwerden mit Hilfe der visuellen Analogskala.

Eine Möglichkeit der ergänzenden Datenerhebung ist die konventionelle Röntgenaufnahme des Handgelenks. Hiermit sind Aussagen über degenerative Veränderungen bei den Probanden möglich. Die Durchführung einer Röntgenaufnahme ist nur bei einer akuten Beschwerdeexazerbation erlaubt. Dies besteht bei den Probanden jedoch nicht.

Die Anwendung und Auswertung führte, trotz der geringen Fallzahl von $n=12$, in dieser wissenschaftlichen Studie zu signifikanten Ergebnissen.

Langfristige Ergebnisse an idealerweise multizentrisch zusammengefassten Kollektiven können hier zukünftig einen Weg darstellen, die Resultate an einem größeren Patientenkollektiv zu belegen.

7 FAZIT UND AUSBLICK

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die proximale Reihenresektion in Bezug auf die Schmerzreduktion in Zusammenschau mit der verbesserten Funktionalität der betroffenen Extremität und der nahezu uneingeschränkten Alltagstauglichkeit, nach den hier erzielten Ergebnissen, eine optimal zufriedenstellendes Operationsverfahren darstellt.

Vergleicht man die proximale Reihenresektion mit möglichen Alternativverfahren, zeigen alle ein erhöhtes Risiko degenerativer Veränderungen auf. Somit kann diesbezüglich keine Therapievariante als Optimalvariante besonders hervorgehoben oder abgegrenzt werden.

Der Vorteil der proximalen Reihenresektion ist, dass kein Fremdmaterial benötigt wird. Das Risiko einer fehlenden Einheilung, einer Transplantatabstoßung, einer Materiallockerung oder eines Materialbruchs entfällt. Somit reduziert sich auch erheblich das Revisionsrisiko.

Sollte sich nach der proximalen Reihenresektion ein prolongiertes Schmerzsyndrom einstellen, besteht die Möglichkeit einer ergänzenden Denervation.

Somit zeigt sich eine gute Gebrauchsfähigkeit der betroffenen Extremität, die Durchführung von Alltagsaufgaben bleibt weitgehend erhalten.

Ein ähnliches Fazit findet sich auch in der Arbeit von Croog et al. (2008), die nach einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 10 Jahren die proximale Reihenresektion als ein zuverlässiges und dauerhaftes Verfahren für die Lunatumnekrose im Stadium III b ansehen.

Um eine langfristige Aussage für die Probanden dieser Studie und die proximale Reihenresektion treffen zu können, ist eine erneute Datenerhebung nach einem entsprechenden Zeitraum notwendig.

Hier ist das Hauptaugenmerk vor allem auf die degenerativen Veränderung des Handgelenks zu richten und deren möglichen Folgen für die Funktionalität, das Bewegungsausmaß, die Kraft und die Schmerzen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Baumeister, S., Germann, G., Dragu, A., Tränkle, M., & Sauerbier, M. (2005). Funktionelle Ergebnisse nach Entfernung der proximalen Handwurzelreihe bei SNAC-und SLAC-Wrist Stadium II. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 37(02), 106-112.
- Bartelmann, U., Richter, N., & Landsleitner, B. (1998). Graner operation in therapy of semilunar bone necrosis. Review of the literature and personal results. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft fur Handchirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft fur Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefasse: Organ der V..*, 30(3), 165-174.
- Begley, B. W., & Engber, W. D. (1994). Proximal row carpectomy in advanced Kienböck's disease. *Journal of Hand Surgery*, 19(6), 1016-1018.
- Berger R. A. (1998). Partial denervation of the wrist: a new approach. *Techniques in hand & upper extremity surgery*, 2(1), 25-35.
- Berkhout, M. J., Bachour, Y., Zheng, K. H., Mullender, M. G., Strackee, S. D., & Ritt, M. J. (2015). Four-corner arthrodesis versus proximal row carpectomy: a retrospective study with a mean follow-up of 17 years. *The Journal of hand surgery*, 40(7), 1349-1354.
- Beumer, A., & Lindau, T. R. (2014). Grip strength ratio: a grip strength measurement that correlates well with DASH score in different hand/wrist conditions. *BMC musculoskeletal disorders*, 15(1), 336.
- Bisneto, F., Novaes, E., Freitas, M. C., Paula, E. J. L. D., Mattar Jr, R., & Zumiotti, A. V. (2011). Comparison between proximal row carpectomy and four-corner fusion for treating osteoarthrosis following carpal trauma: a prospective randomized study. *Clinics*, 66(1), 51-55.
- Blankenhorn, B. D., Pfaeffle, H. J., Tang, P., Robertson, D., Imbriglia, J., & Goitz, R. J. (2007). Carpal kinematics after proximal row carpectomy. *The Journal of hand surgery*, 32(1), 37-46.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). Faktorenanalyse. In *Statistik für Human-und Sozialwissenschaftler* (pp. 385-433). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bultmann, C., Meier, M., & Krimmer, H. (2005). Mittelfristige Behandlungsergebnisse nach Proximal Row Carpectomy und Literaturüberblick. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 37(02), 113-118.

- Caekebeke, P., & De Smet, L. (2020). Radiohamate impingement after proximal row carpectomy 'Radiohamate impingement PRC'. *Acta Orthopaedica Belgica*, 86(S 1), 19-21.
- Chase, R. A. (1984). Atlas of hand surgery. Vol. 2.
- Chochole, M. (2010). Robert Kienböck: The man and his work. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 35(7), 534-537.
- Cooney, W. P., Bussey, R., Dobyns, J. H., & Linscheid, R. L. (1987). Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (214), 136-147.
- Couch, S., Kazan, Z., Shi, K., Bray, A., & Groce, A. (2018). A Differentially Private Wilcoxon Signed-Rank Test. *arXiv preprint arXiv:1809.01635*.
- Croog, A. S., & Stern, P. J. (2008). Proximal row carpectomy for advanced Kienböck's disease: average 10-year follow-up. *The Journal of hand surgery*, 33(7), 1122-1130.
- Daniilidis, K. (2008). *Subjektive Bewertung von Langzeitergebnissen operativ behandelte Patienten mit Lunatumnekrose (Morbus Kienböck) in unterschiedlichen Stadien* (Doctoral dissertation).
- Daecke, W., Wieloch, P. T., Martini, A. K., & Jung, M. (2006). Proximale Karpektomie versus mediokarpale Teilarthrodese. *Obere Extremität*, 1(2), 83-88.
- Danoff, J. R., & Cuellar, D. O. (2015). Lunatumnekrose: Wann wird wie behandelt?. *Handchirurgie Scan*, 4(02), 101-102.
- Delclaux, S., Elia, F., Bouvet, C., Aprédoaei, C., Rongièrès, M., & Mansat, P. (2017). Denervation of the wrist with two surgical incisions. Is it effective? A review of 33 patients with an average of 41 months' follow-up. *Hand surgery and rehabilitation*, 36(4), 281-285.
- De Smet, L., Robijns, P. H., & Degreef, I. (2005). Proximal row carpectomy in advanced Kienböck's disease. *Journal of Hand Surgery*, 30(6), 585-587.
- DiDonna, M. L., Kiefhaber, T. R., & Stern, P. J. (2004). Proximal row carpectomy: study with a minimum of ten years of follow-up. *JBJS*, 86(11), 2359-2365.
- Esenwein, S. A., Fritz, J., Klinger, H. M., Gaissmaier, C., Martini, F., & Sell, S. (2004). Radiolunäre und radioskapholunäre Arthrodese bei chronischer Polyarthrit. *Der Chirurg*, 75(2), 176-184.
- Eppinger, M. G. (2003). *Ergebnisstudie der proximalen Karpektomie* (Doctoral dissertation, Imu).
-

- Ferreres, A., Foucher, G., & Suso, S. (2002). Extensive denervation of the wrist. *Techniques in hand & upper extremity surgery*, 6(1), 36-41.
- Gabl, M., & Arora, R. (2014). Idiopatische Mondbeinnekrose. In *Frakturen und Luxationen der Hand* (pp. 273-294). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gelberman, R. H., Salamon, P. B., Jurist, J. M., & Posch, J. L. (1975). Ulnar variance in Kienböck's disease. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 57(5), 674-676.
- Germann, G., Harth, A., Wind, G., & Demir, E. (2003). Standardisation and validation of the German version 2.0 of the Disability of Arm, Shoulder, Hand (DASH) questionnaire. *Der Unfallchirurg*, 106(1), 13-19.
- Giunta, R., Rock, C., Lower, N., Wilhelm, K., Lanz, U., & Muller-Gerbl, M. (1998). Über die Beanspruchung des Handgelenks bei der Mondbeinnekrose: Eine morphologische Untersuchung am Lebenden *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie*, 30(3), 158-164.
- Greiner, A. (2012). *Klinisch funktionelle Nachuntersuchung verschiedener handchirurgischer Versteifungsmethoden des Handgelenks*. (Doctoral dissertation).
- Griffin, D., & Audige, L. (2003). Common statistical methods in orthopaedic clinical studies. *Clinical Orthopaedics and Related Research* (1976-2007), 413, 70-79.
- Grifka J, Kuster M (2011). Osteochondrosen und Osteonekrosen. In *Orthopädie und Unfallchirurgie* (pp. 185-197). Springer, Berlin, Heidelberg. Kapitel 11.2.5 Morbus Kienböck (Lunatummalazie) S.190, S. 648.
- Hanusch, M. (2015). *Ansätze und Ergebnisse der operativen Therapie bei Lunatumnekrose* (Doctoral dissertation, Technische Universität München).
- Hoffmann, R. (2016). *Checkliste Handchirurgie (4.Auflage)*. Georg Thieme Verlag, doi:10.1055/b-004-138006
- Horch, R. E., Unglaub, F., Dragu, A., Kneser, U., & Bach, A. D. (2008). Morbus Kienböck. *Der Chirurg*, 79(5), 452-460.
- Ishikawa, J. I., Cooney III, W. P., Niebur, G., An, K. N., Minami, A., & Kaneda, K. (1999). The effects of wrist distraction on carpal kinematics. *The Journal of hand surgery*, 24(1), 113-120.
- Jebson, P. J., Hayes, E. P., & Engber, W. D. (2003). Proximal row carpectomy: a minimum 10-year follow-up study. *The Journal of hand surgery*, 28(4), 561-569.

- Jüsten, H. P. (2005). Partial arthrodesis and total fusion of the rheumatoid wrist. *Der Orthopäde*, 34(1), 6-11.
- Kalb, K. (2010). Lunatumnekrose. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 42(03), 151-152.
- Kalb, K. (2014). Lunatumnekrose. *Handchirurgie Scan*, 3(04), 325-342.
- Kalb, K., Fuchs, V., Bartelmann, U., Schmitt, R., & Landsleitner, B. (2001). Erfahrungen mit der STT-Arthrodesen. Eine retrospektive Auswertung. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 33(03), 181-188.
- Kalb, K., van Schoonhoven, J., Windolf, J., & Pillukat, T. (2018). Therapie der Lunatumnekrose. *Der Unfallchirurg*, 121(5), 381-390.
- Kerschbaumer, F., & Bauer, R. (1986). Aseptische Nekrosen im Carpalbereich. *Der Orthopäde*, 15(2), 121-130.
- Kienbock, R. (1910). Über traumatische Malazie des Mondbeins und ihre Folgezustände: Entartungsformen und Kompressionsfrakturen. *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen*, 16, 78-103.
- Koh, S., Nakamura, R., Horii, E., Nakao, E., Inagaki, H., & Yajima, H. (2003). Surgical outcome of radial osteotomy for Kienböck's disease—minimum 10 years of follow-up. *The Journal of hand surgery*, 28(6), 910-916.
- Kromka, J. J., Maher, P., & Fowler, J. R. (2020). Volar Carpus Dislocation Following Proximal Row Carpectomy for Scapholunate Advanced Collapse: A Rare Complication. *Journal of Hand Surgery Global Online*, 2(4), 260-265.
- Langer, M. F., Vieth, V., Stehling, C., & Surke, C. (2010). Robert Kienböck und seine Arbeit über die Lunatumnekrose—eine historische Würdigung. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 42(03), 153-156.
- Lecomte, F., Wavreille, G., Limousin, M., Strouk, G., Fontaine, C., & Chantelot, C. (2007). Proximal row carpectomy: 25 cases. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 93(5), 444-454.
- Loréa, P. D. (2003). First carpometacarpal joint denervation: anatomy and surgical technique. *Techniques in hand & upper extremity surgery*, 7(1), 26-31.
- Lögters, T., Büren, C., & Windolf, J. (2018). Ätiologie, Diagnostik und Klassifikation der Lunatumnekrose. *Der Unfallchirurg*, 121(5), 373-380.
- Luc, D. (2008). The DASH questionnaire and score in the evaluation of hand and wrist disorders. *Acta Orthopaedica Belgica*, 74(578), 81-5.

- Lumsden, B. C., Stone, A., & Engber, W. D. (2008). Treatment of advanced-stage Kienböck's disease with proximal row carpectomy: an average 15-year follow-up. *The Journal of hand surgery*, 33(4), 493-502.
- Martini, A. K. (2004a). Resektion der proximalen Handwurzelreihe Proximal row carpectomy (PRC). In *Orthopädische Handchirurgie* (pp. 98-100). Steinkopff, Heidelberg.
- Martini, A. K. (2004b). Skaphotrapeziumtrapezoidale Arthrodesen „triscaphe fusion“. In *Orthopädische Handchirurgie* (pp. 39-41). Steinkopff, Heidelberg.
- Martini, A. K. (2004c). Graner'sche Arthrodesen. In *Orthopädische Handchirurgie* (pp. 50-51). Steinkopff, Heidelberg. Kapitel Resektion der proximalen Handwurzelreihe: S.101-103.
- Martini, A. K., & Martini, A. K. (2008). *Orthopädische Handchirurgie*. Darmstadt: Steinkopff. Kapitel Denervation nach Wilhelm : Kapitel Denervation nach Wilhelm : S.24-27.
- Matsumoto, A. K., Moore, R., Alli, P., & Wigley, F. M. (1999). Three cases of osteonecrosis of the lunate bone of the wrist in scleroderma. *Clinical and experimental Rheumatology*, 17(6), 730-732.
- Mehling, I. M., & Sauerbier, M. (2014). Rettungsoperationen bei Skaphoidpseudarthrosen. *Obere Extremität*, 9(4), 260-270.
- Meier, R., Prommersberger, K. J., & Krimmer, H. (2003). Teil-Arthrodesen von Skaphoid, Trapezium und Trapezoideum (STT-Fusion). *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 35(05), 323-327.
- Meyer-Marcotty, M., Redeker, J., Bahr, T., Hankiss, J., & Flügel, M. (2005). Differenzialindikation der dorsalen Kapsulodese und der STT-Arthrodesen bei Patienten mit einer skapho-lunären Dissoziation. Ist das Ergebnis abhängig von der Diagnose oder dem Operationsverfahren?. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 37(02), 97-105.
- Nakamura, R., Horii, E., Watanabe, K., Nakao, E., Kato, H., & Tsunoda, K. (1998). Proximal row carpectomy versus limited wrist arthrodesis for advanced Kienböck's disease. *Journal of Hand Surgery*, 23(6), 741-745.
- Partecke, B. D., & Buck-Gramcko, D. (1985). Technic and results of tendon interposition arthroplasty of the lunate and scaphoid bones. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefäße: Organ der V...*, 17(4), 211-218.
- Plecko, M. (2002). Ein differenziertes Therapiekonzept zur Behandlung der Lunatumnekrose. *European Surgery*, 34(3), 63-68.

- Pichler, M., & Putz, R. (2002). The venous drainage of the lunate bone. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 24(6), 371-375.
- Prommersberger, K. J., Beyermann, K., & Lanz, U. (2003). Die radioskapholunäre Fusion des Handgelenks. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 15(4), 445-462.
- Richou, J., Chuinard, C., Moineau, G., Hanouz, N., Hu, W., & Le Nen, D. (2010). Proximal row carpectomy: long-term results. *Chirurgie de la Main*, 29(1), 10-15.
- Rock, M. G., Roth, J. H., & Martin, L. (1991). Radial shortening osteotomy for treatment of Kienböck's disease. *The Journal of hand surgery*, 16(3), 454-460.
- Roth, A., & Fuhrmann, R. (2008). Pathophysiologie der nicht-traumatischen Knochennekrosen: aktueller Kenntnisstand. In *Fortbildung Osteologie 2* (pp. 3-8). Steinkopff.
- Rothe, M., Rudolf, K. D., & Partecke, B. D. (2006). Langzeitergebnisse nach Handgelenkdenervation bei fortgeschrittenem karpalem Kollaps (SLAC-/SNAC-Wrist Stadium II und III). *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 38(04), 261-266.
- Saiz, A., Delman, C. M., Haffner, M., Wann, K., McNary, S., Szabo, R. M., & Bayne, C. O. (2021). The Biomechanical Effects of Simulated Radioscapholunate Fusion with Distal Scaphoidectomy, 4-Corner Fusion with Complete Scaphoidectomy, and Proximal Row Carpectomy Compared to the Native Wrist. *The Journal of Hand Surgery*.
- Salomon, G. D., & Eaton, R. G. (1996). Proximal row carpectomy with partial capitate resection. *Journal of Hand Surgery*, 21(1), 2-8.
- Saltzman, B. M., Frank, J. M., Slikker, W., Fernandez, J. J., Cohen, M. S., & Wysocki, R. W. (2015). Clinical outcomes of proximal row carpectomy versus four-corner arthrodesis for post-traumatic wrist arthropathy: a systematic review. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 40(5), 450-457.
- Sauer, H. (2007). *Therapie des drohenden Handwurzelkollaps-Spätergebnisse der STT-Arthrodesen unter besonderer Berücksichtigung der Lunatumnekrose* (Doctoral dissertation, Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky).
- Sauerbier, M., Tränkle, M., Bickert, B., Erdmann, D., & Germann, G. (2000). Therapeutische Möglichkeiten zur Behandlung der Lunatumnekrose. *Trauma und Berufskrankheit*, 2(3), 232-238.
- Sauerbier, M., Müller, M., & Germann, G. (2004). Moderne bewegungserhaltende Operationsverfahren am Handgelenk: Teilarthrodesen. *Trauma und Berufskrankheit*, 6(1), S119-S126.
-

- Schiebler T.H., Korf H.-W. – Anatomie, 10. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg. Kapitel 12, Seite 480-481.
- Schiebler T.H., Korf H.-W – Anatomie, 10. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg. Kapitel 12, Seite 481-483.
- Schiltenswolf, M. (2003). Osteochondrodysplasien–Osteonekrosen des Ellenbogens und des Handgelenks. *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Ellenbogen, Unterarm, Hand; Wirth CJ, Zichner L.(Hrsg.), Georg Thieme Verlag, Stuttgart*, 234-243.
- Schmid, U. (2011). *Prospektive, randomisierte, klinische Pilotstudie zur Untersuchung der postoperativen Nachbehandlung von Patienten mit distaler Radiusfraktur nach palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese* (Doctoral dissertation).
- Schmitt, E., Hassinger, M., & Mittelmeier, H. (1984). Lunate malacia and its treatment with lunate excision. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 122(5), 643-650.
- Schmitt, O. Y. (2006). 10 Jahresergebnisse nach operativer Versorgung der Lunatumnekrose: eine klinische Studie anhand des Patientenguts der Klinik für Handchirurgie Bad Neustadt/Saale aus den Jahren 1992-1995, S.2.
- Schmitt, R., & Lanz, U. (Eds.). (2014). *Bildgebende Diagnostik der Hand*. Georg Thieme Verlag.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. (2005). Prometheus Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. *Thieme Verlag, Stuttgart*, 357.
- Shah, C. M., & Stern, P. J. (2013). Scapholunate advanced collapse (SLAC) and scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) wrist arthritis. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 6(1), 9-17.
- Souer, J. S., Lozano-Calderon, S. A., & Ring, D. (2008). Predictors of wrist function and health status after operative treatment of fractures of the distal radius. *The Journal of hand surgery*, 33(2), 157-e1.
- Spahn, G., Stojanowic, I., Biehl, M., Klemm, H. T., & Hofmann, G. O. (2016). Klassifikation von Knorpelschaden und Arthrose. *Orthopädische und Unfallchirurgische Praxis*, 9, 509-14.
- Spies, C. K., Hohendorff, B., Müller, L. P., Neiss, W. F., Hahn, P., & Unglaub, F. (2016). Die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 28(3), 204-217.
- Spies, C. K., & Unglaub, F. (2020). Die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe mit optionalem Oberflächenersatz des Kopfbeins. In *Hand und Handgelenk* (pp. 33-44). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Stamm, T. T. (1944). Excision of the proximal row of the carpus. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 38(2), 74.
- Streich, N. A., Martini, A. K., & Daecke, W. (2003). Proximal row carpectomy in carpal collapse. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefäße: Organ der V...*, 35(5), 299-303.
- Švarc, A., Pilný, J., Repko, M., Kastenberger, T., & Eichinger, M. (2018). Proximal Row Carpectomy-Five-Year Results. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca*, 85(2), 120-124.
- Takase, K. (2006). Long-term Follow-up of Modified Graner Procedure for Patients with Advanced Kienbock's Disease. *JOURNAL-JAPANESE SOCIETY FOR SURGERY OF THE HAND*, 23(3), 252.
- Tomalno, M. M., Delsignore, J., & Burton, R. I. (1994). Long-term results following proximal row carpectomy. *The Journal of hand surgery*, 19(4), 694-703.
- Towfigh H. (2014). Kapsel-Band-Läsionen im Handgelenkbereich. In *Frakturen und Luxationen der Hand* (pp. 227-272). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tränkle, M., Sauerbier, M., Linsner, G., Bickert, B., & Germann, G. (2000). Die STT-Arthrodesse zur Behandlung der Lunatumnekrose im Stadium III: funktionelle Ergebnisse. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 32(06), 419-423.
- Tränkle, M., Sauerbier, M., Blum, K., Bickert, B., & Germann, G. (2003). Proximal row carpectomy: a motion-preserving procedure in the treatment of advanced carpal collapse. *Der Unfallchirurg*, 106(12), 1010-1015.
- Tonagel, F. (2005). Die Denervierung des Handgelenkes: Grundlagen, Technik und klinische Ergebnisse.
- Tünnerhoff, H. G., Gupta, K. D., & Haussmann, P. (2001). Funktionelle Ergebnisse nach mediokarpaler Teilarthrodesse mit Exstirpation des Skaphoids. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 33(06), 408-417.
- Ueba, Y., Nosaka, K., Seto, Y., Ikeda, N., & Nakamura, T. (1999). An operative procedure for advanced Kienböck's disease. Excision of the lunate and subsequent replacement with a tendon-ball implant. *Journal of orthopaedic science*, 4(3), 207-215.

- Unglaub, F., Langer, M. F., Unglaub, J. M., Sauerbier, M., Müller, L. P., Krimmer, H., ... & Spies, C. K. (2017). (Teil-) Arthrodesen am Handgelenk. *Der Unfallchirurg*, 120(6), 513-526.
- Wagner, E. R., Werthel, J. D., Elhassan, B. T., & Moran, S. L. (2017). Proximal row carpectomy and 4-corner arthrodesis in patients younger than age 45 years. *The Journal of hand surgery*, 42(6), 428-435.
- Waldrum, M. A., & Kleinert, J. M. (1991). Avascular necrosis of the carpal bones. *Current Orthopaedics*, 5(1), 4-12.
- Wall, L. B., DiDonna, M. L., Kiefhaber, T. R., & Stern, P. J. (2013). Proximal row carpectomy: minimum 20-year follow-up. *The Journal of hand surgery*, 38(8), 1498-1504.
- Wilcoxon, F., Katti, S. K., & Wilcox, R. A. (1970). Critical values and probability levels for the Wilcoxon rank sum test and the Wilcoxon signed rank test. *Selected tables in mathematical statistics*, 1, 171-259.
- Wirtz, D. C., Berdel, P., Bücking, B. J., Burger, C., Casser, H. R., Eckhardt, R., & El-Zayat, B. F. (2019). *Orthopädie und Unfallchirurgie essentials: Intensivkurs zur Weiterbildung*. S. Ruchholtz (Ed.). Georg Thieme Verlag.
- Von Maydell, B., & Brüser, P. (2008). Langzeitergebnisse nach Transposition des gestielten Os pisiforme zur Behandlung der Mondbeinnekrose Stadium III b. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 40(03), 182-188.
- Wilhelm, A. (1966). Die Gelenkdenervation und ihre anatomischen Grundlagen. *Hefte Unfallheilkd*, 86, 1-109.
- Wilhelm, K., Hierner, R., & Brehl, B. (1997). Callus distraction for progressive lengthening of the capitate bone after resection of the lunate bone in stage III lunate malacia. Surgical technique and 1 year results. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie: Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefässe: Organ der V.*, 29(1), 10-19.
- Zhu, Y. L., Xu, Y. Q., Ding, J., Li, J., Chen, B., & Ouyang, Y. F. (2010). Biomechanics of the wrist after proximal row carpectomy in cadavers. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 35(1), 43-45.

9 THESEN

1. Im Stadium IIIb der Lunatumnekrose ist die PRC eine empfehlenswerte Operationsmethode.
2. Durch die Proximale Reihenresektion (PRC) erfahren Patienten mit einer Lunatumnekrose Stadium IIIb eine deutliche Schmerzreduktion.
3. Die Funktionalität der betroffenen Extremität kann durch die PRC signifikant verbessert werden, sodass die Alltagstauglichkeit nahezu uneingeschränkt gegeben ist.
4. Durch die PRC verbessert sich die Faustkraft der operierten Extremität signifikant.
5. Patienten, bei denen eine PRC durchgeführt wurde, sind mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden.
6. Das Bewegungsausmaß der operierten Extremität wird durch die PRC gesteigert.
7. Der durchschnittliche Bewegungsumfang für Extension, Flexion, Radial- und Ulnarduktion wird durch die PRC erweitert.
8. Der Unterschied der Beweglichkeit zwischen gesunder und operierter Extremität ist nach der PRC signifikant.
9. Die Komplikationsrate bei der PRC ist als gering einzustufen.
10. Die Arthroserate nach der PRC ist gleichzusetzen mit alternativen Operationsmethoden.

10 LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Sebastian Dittmar

geboren am 02. April 1981 in Berlin

deutsch

römisch-katholisch

ledig

Schulbildung

1988-1994

Grundschule am Windmühlenberg

Berlin (Spandau)

1994-2002

Katholische Schule Liebfrauen Gymnasium

Berlin (Charlottenburg)

Schulabschluss

Abitur Juni 2002

Zivildienst

September 2002 bis Ende Juli 2003

im Martin-Luther-Krankenhaus,

Berlin

Berufsausbildung

Staatsexamen an der Lehranstalt für Physiotherapie

Berlin-Charlottenburg im Dezember 2006

Berufserfahrung

Physiotherapeut

(von Januar 2007 – Oktober 2007)

Segeltrainer im Jugendleistungs- und
Hochschulsport

(von März 2002 – Oktober 2014)

Studium

Humanmedizin vom Oktober 2007 bis De-
zember 2014 an der Universität Rostock

Anstellung im ärztlichen Dienst

seit Dezember 2021 als Facharzt für Or-
thopädie und Unfallchirurgie

2015 bis 2021 als Assistenzarzt in den

Sana Kliniken Lübeck GmbH

Abteilung für Orthopädie und Unfallchirur-
gie

Chefarzt Dr. med. Norbert Thiem bis zum
28.02.2021,

seit dem 01.03.2021 unter der Leitung von
Chefarzt Dr. med. Felix Renken

Zusatztätigkeiten:

Qualitätsbeauftragter Arzt für das EPZ seit
2017

Fachkunden

Fachkunde im Strahlenschutz nach

Röntgenverordnung für die Anwendungs-
gebiete:

- Notfalldiagnostik (Erwachsene)

- Einfache intraoperative Röntgendiagnostik

Fortbildungen

AO Trauma Kurs 1 (2017), Münster

Fachkunde Strahlenschutz Röntgendiagnostik, Bad Segeberg

Kongressteilnahme DKOU 2018, Berlin

Kongressteilnahme DKOU 2019, Berlin

1. AO Trauma II Blended Kurs (2021),
Berlin

Lübeck, 16.02.2022

11 SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die eingereichte Dissertation selbstständig verfasst, andere als die von mir angegebenen Hilfsmittel und Quellen nicht benutzt und die den genutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Sebastian Dittmar

12 DANKSAGUNG

Ich bedanke mich bei Herrn Professor Dr. med. Thomas Mittlmeier für die Vergabe des Themas und die Unterstützung in allen Phasen der Promotionserstellung.

Dem Chefarzt Herrn Dr. med. Robert Jäckel danke ich herzlichst für die Bereitstellung der Rohdaten und die umfassende Betreuung. Mit seiner geduldigen und kompetenten Art ist er stets auf spezifische Fragestellungen im Bereich der Handchirurgie eingegangen und hat mit Lehrbüchern ausgeholfen. Die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. med. Robert Jäckel hat mir große Freude bereitet. Den Probanden bin ich ebenfalls für deren Bereitschaft und die zur Verfügung gestellte Zeit im Rahmen der Datenerhebung zu Dank verpflichtet.

Ein großer Dank gilt auch meiner Familie und engen Freunden, für ihre moralische Unterstützung, den Zuspruch und die Motivation, die ich zu jeder Zeit erfahren durfte und die mich in allen Phasen der Promotionserstellung voranbrachten.

13 ANHANG

13.1 DASH Score Bogen

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

DER

DASH-Fragebogen

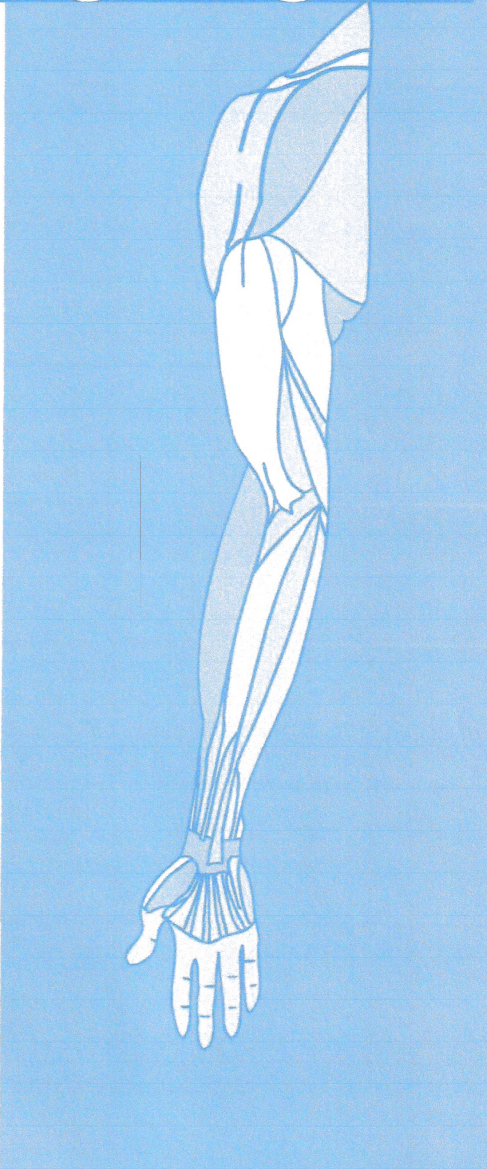
ANLEITUNG

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

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

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

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



© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Deutsche Version:
Günter Germann, Angela Harth, Gerhard Wind, Erhan Demir.
University of Heidelberg.

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 zukommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

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

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

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

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

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

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

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

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

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

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

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

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

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

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

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



**Institute
for Work &
Health**

Research Excellence
Advancing Employee
Health

INSTITUTE FOR WORK & HEALTH 2006. ALL RIGHTS RESERVED.

DISABILITIES OF THE ARM, SHOULDER AND HAND

DASH (FULL LENGTH) - AUSWERTUNGEN

Teil 1 „Funktionsfähigkeit“ mit 30 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1 – 30)

Teil 2 „Sport- und Musik“ mit 4 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1 – 4)

Teil 3 „Arbeit“ mit 4 Fragen mit möglichen Werten von „1“ bis „5“ (Fragen 1 – 4)

Die Teile 2 und 3 stellen eine **optionale Punktwertung** dar. Sie umfassen Schwierigkeiten die im Zusammenhang mit sportlichen, musikalischen oder beruflichen Aktivitäten und Tätigkeiten auftreten könnten. **Diese stehen aber nicht im Zusammenhang mit den übrigen Aktivitäten des täglichen Lebens aus dem Teil 1.**

Punktwertung Teil 1

Die Antwortpunkte der Fragen 1 - 30 werden **summiert** und bilden den **Rohwert**.
Der maximal mögliche Rohwert beträgt 150 Punkte und das mögliche Minimum liegt bei 30 Punkten.
Der Streubereich liegt bei 120 Punkten.
Die Rohwerte werden in eine Skala von 0 bis 100 Punkte konvertiert, wobei der Wert von 0 keine Einschränkung (sehr gute Funktion) bedeutet und ein Wert von 100 für hohe Einschränkung steht.

Der Rohwert wird wie folgt in den DASH-Funktionsfähigkeit-Wert umgerechnet:

$$\text{Teil 1: } \frac{(\text{Rohwert} - 30)}{1.2} = \text{DASH-Wert (0-100)}$$

Punktwertung für jeweils Teil 2 und 3

Die Antwortpunkte der Fragen 1 - 4 werden **summiert** und bilden den **Rohwert**.
Der maximal mögliche Rohwert beträgt 20 Punkte und das mögliche Minimum liegt bei 4 Punkten.
Der Streubereich liegt bei 16 Punkten.
Die Rohwerte werden in eine Skala von 0 bis 100 Punkte konvertiert, wobei der Wert von 0 keine Einschränkung (gute Funktion) bedeutet und ein Wert von 100 für hohe Einschränkung steht.

Der Rohwert wird wie folgt in den Wert für Freizeitaktivitäten (DASH-Sport/Musik) umgerechnet:

$$\text{Teil 2: } \frac{(\text{Rohwert} - 4)}{0.16} = \begin{cases} \text{DASH-Sport (0-100)} \\ \text{DASH-Arbeit (0-100)} \end{cases}$$

Bei lückenhaft beantworteten Fragebögen gilt es folgendes zu beachten:

Wurden im **Teil 1** weniger als 10% (3 Fragen) nicht beantwortet, so darf der Mittelwert aller anderen Fragen für den fehlenden Wert bzw. Werte verwendet werden.
Sind allerdings 3 oder mehr Fragen nicht beantwortet worden, so darf dieser Teil nicht gewertet werden.

In den **Teilen 2 und 3** dürfen keine Antworten fehlen.

QUICK-DASH - AUSWERTUNGEN

Wurden mehr als 1 Frage nicht beantwortet, so darf der Quick-DASH nicht gewertet werden.

Die Antwortpunkte der Fragen 1 - 11 werden **summiert** und bilden den **Rohwert**.
Der Rohwert wird in einen Quick-DASH-Wert wie folgt umgerechnet:

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

Auswertung für DASH-Sport und DASH-Arbeit → siehe Teil 2

13.2 Untersuchungsbogen

Nachuntersuchung

Aufkleber:

Alter 2					
Schiene für		Wochen			
Follow up		Monate			
Subjektive Schulnote		1 bis 5			
Beschwerdedauer		Monate			
Op. noch einmal?		j=1	n=0		
AU Dauer		Monate			
Berufswechsel?		j=1	n=0	Arbeitslos=2	
Berufstätig		1=ja	0=nein		
Berufstätigkeit?		Leicht=1	Mittel=2	Schwer=3	
Schmerzen in/ bei		Ruhe=1	Belastung=2		keine=0
Schmerzort		radial=1 ulnar=2	zentral=3 Multifokal=4		keine=0
Sensibilitätsminderung		j=1	n=0		
Krepitationen		j=1	n=0		
Schwellung		radial=1 ulnar=2	zentral=3 Multifokal=4		keine=0
Rö. Bild zum Follow up		j=1	n=0		
Letztes Rö. Bild nach		Monate			
Materialbruch		j=1	n=0		
Materiallockerung		j=1	n=0		
Pseudarthrose		j=1	n=0		
Arthrose		j=1	n=0		
Arthroselokalisation		RL=1 Ulnokarp.=2	DRUG=3 Multifokal=4		
HI Natrass2		Karpus/Capitatumhöhe			
Index n. McMurtry2		Cap.-Ulnaachse/MHK3 Länge			
RL-Winkel2					
Ex Op2					
Fx Op2					
Rad Op2					
Uln Op2					
Ex nOp2					
Fx nOp2					
Uln Op2					
Uln nOp2					
FG Op2		kp			
FG nOp2		kp			
DASH2		Pkt			
VAS2		Pkt			
MEtallentfernung		j=1	n=0		
Metallentfernung nach		Monate			
Rearthrodese		j=1	n=0		
Rearthrodese nach					
HG-Arthrodese		j=1	n=0		
HG-Arthrodese nach					
Andere Komplikationen		j=1	n=0	Welche?	

13.3 Cooney-Score

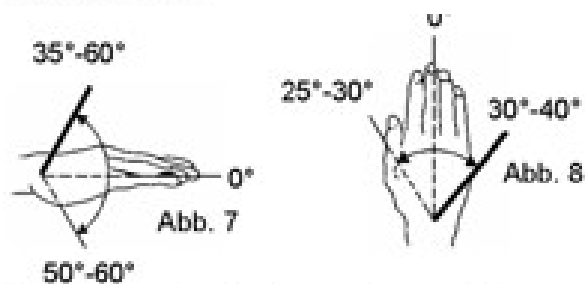
Cooney-Score	
	Punkte
Schmerz	
kein Schmerz	25
gelegentlicher Schmerz	20
mäßiger Schmerz	15
starker Schmerz	0
Berufsfähigkeit	
reguläre Arbeit	25
eingeschränkte Arbeit	20
arbeitsfähig, keine Anstellung	15
arbeitsunfähig aufgrund von Schmerzen	0
Bewegungsausmaß	
>120°	25
100° bis 119°	20
90° bis 99°	15
60° bis 89°	10
30° bis 59°	5
0° bis 29°	0
Griffstärke (in % der Gegenseite)	
90 bis 100	25
75 bis 89	15
50 bis 74	10
25 bis 49	5
0 bis 24	0

13.4 Messblatt Neutral-Nullmethode

Handgelenke:

handrückenw. / hohlhandw. (Abb. 7)

speichenw. / ellenw. (Abb. 8)



50°-60°

handrückenw./hohlhandw. speichenw./ellenw.