

Aus der Abteilung für Hand-, Plastische und Ästhetische
Chirurgie

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Leiter: Univ-Prof. Dr. med. Riccardo Giunta

**Interrater-Reliabilität der
Schweregradeinteilung des karpalen Kollapses
bei skapholunärer Dissoziation und Einfluss
der Handgelenksarthroskopie**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Christine Sophie Hagen

aus Nordhausen

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. Elias Volkmer

Mitberichterstatter: PD Dr. Jens Wallmichrath

PD Dr. Jörg Hausdorf

Mitbetreuung durch den

promovierten Mitarbeiter: PD Dr. med. Volkmer

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 08.11.2018

Gewidmet meiner Familie

INHALTSVERZEICHNIS

1 Abkürzungsverzeichnis	6
2 Hintergrund und Ziele	8
3. Einleitung	9
3.1 Die Anatomie des skapholunären Bandes	9
3.2 Die Biomechanik des Handgelenks	10
3.3 Die skapholunäre Dissoziation	12
3.3.1 Der Pathomechanismus der skapholunäre Dissoziation.....	12
3.4 Der fortgeschrittene karpale Kollaps	14
3.5 Diagnostik	17
3.5.1 Klinische Untersuchung	17
3.5.2 Bildgebende Untersuchungen	17
3.5.3 Röntgen.....	18
3.5.4 Der skapholunäre Winkel	18
3.5.5 Karpale Höhe und <i>carpal height ratio</i>	19
3.5.6 Kinematographie	21
3.5.7 Magnetresonanztomographie	21
3.5.8 Handgelenksarthroskopie	21
3.6 Die Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses	23
4 Material und Methoden	26
4.1 Patienten	26
4.1.1 Auswahl der Patienten	26
4.1.2 Ausschlusskriterien	26
4.2 Befundende Ärzte	26
4.3 Beurteilungskriterien	27
4.3.1 Konventionelle Röntgenbilder	27
4.3.2 Diagnostische Handgelenksarthroskopie	28
4.4 Online-Umfrage	30
4.4.1 Fragen der Online Umfrage	30
4.5 Dokumentation und statistische Auswertung	31
5 Ergebnisse	32
5.1 Stadieneinteilung	32
5.2 Kappa-Koeffizient nach Cohen und Interrater-Reliabilität	33
5.3 Einfluss der Arthroskopie auf die Stadieneinteilung	35
5.4 SL-Winkel	36

5.5 Karpale Höhe und carpal height ratio	37
5.6 Ergebnisse der Online-Umfrage	39
5.6.1 Analyse der Online-Umfrage	44
6 Diskussion	49
6.1 Interrater-Reliabilität bei der Beurteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses anhand von Röntgenbildern	49
6.2 Karpale Höhe und SL-Winkel anhand der Messungen an Röntgenbildern.....	50
6.3 Stellenwert der Handgelenksarthroskopie	51
6.4 Online-Umfrage	52
7 Literatur	53
8 Abbildungsverzeichnis	57
9 Tabellenverzeichnis	58
10 Danksagung	59
11 Anhang	60
11.1 Publikation	60
11.1 Eidesstattliche Erklärung.....	63

1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

*	p < 0,05
**	p < 0,01
***	p < 0,001
Abb.	Abbildung
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d.p	dorso palmar
DGH	Deutschen Gesellschaft für Handchirurgie
DGPRÄC	Deutsche Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie
DISI	dorsal intercalated segment instability
ICD	International Classification of Diseases
KAS	klinisches Arbeitsplatzsystem
kg	Kilogramm
LMU	Ludwig Maximilians Universität
LT	<i>lunotriquetral</i>
M	<i>musculus</i>
max.	maximal
MCR	midcarpal-radial
MCU	midcarpal-ulnar
MidCJ	midcarpal joint
min.	minimal
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Newton
<i>N.</i>	<i>nervus</i>
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
PACS	Picture Archiving and Communication System
<i>PRC</i>	<i>proximal row carpectomy</i>
R.	<i>radial</i>
RCJ	radiocarpal joint
s..	siehe
SL	<i>skapulohunär</i>

SLAC scapho-lunate advanced collapse
SLD skapholunäre Dissoziation
SNAC..... scaphoid non-union advanced collapse
sog..... sogenannt
SPSS..... Statistical Package for the Social Sciences
STT..... skapho-trapezio-trapezoidal
Tab. Tabelle
z.B. zum Beispiel

2 HINTERGRUND UND ZIELE

Die Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur (engl. scapho-lunate advanced collapse; SLAC) hängt maßgeblich vom Stadium (eins bis drei nach Watson) und damit vom Arthrosegrad der radioskaphoidalen und mediokarpalen Gelenke ab [6]. Um eine stadiengerechte Therapie zu gewährleisten, muss das Stadium der Veränderung im Rahmen der präoperativen Diagnostik korrekt bestimmt werden [40].

Neben der ursprünglich zur Therapieentscheidung herangezogenen konventionellen Radiologie, der CT und der MRT steht heute mit der Handgelenksarthroskopie ein weiteres aussagekräftiges Instrument zur Verfügung, um das Ausmaß der Handgelenksarthrose nach SL-Bandruptur (engl. *SLAC wrist*) Arthrose genau zu bestimmen und besser zu definieren [21]. Durch die direkte Visualisierung der Gelenkflächen kann die Arthroskopie neben der Bestätigung der kompletten SL-Bandruptur insbesondere bei der genauen Lokalisation der arthrotisch veränderten Gelenkflächen und damit der Unterscheidung der drei *SLAC-wrist*-Stadien wertvolle Hilfe leisten. Einige Autoren betrachten die Handgelenksarthroskopie in diesem Kontext daher als Goldstandard der Diagnostik [1-4].

Ziel dieser Arbeit war es zunächst, mithilfe einer Online-Umfrage unter 365 deutschen Handchirurgen den aktuellen Standard der Diagnostik und Therapie *SLAC wrist* zu erheben. Im Rahmen einer retrospektiven Erhebung an 38 erkrankten Handgelenken wurde dann die Interrater-Reliabilität der Stadieneinteilung des karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur anhand von konventionellen Röntgenbildern durch Handchirurgen einerseits und durch Radiologen andererseits untersucht. In diesem Patientengut wurde abschließend ermittelt, welchen Einfluss die diagnostische Handgelenksarthroskopie auf die ursprüngliche *SLAC-wrist*-Stadieneinteilung und damit auf die Therapieentscheidung hatte.

3. EINLEITUNG

3.1 Die Anatomie des skapholunären Bandes

Das skapholunäre Band gehört zu den intrinsischen Bändern des Handgelenkes [5]. Die Verbindung zwischen *Os scaphoideum* und *Os lunatum* besteht aus drei verschiedenen Anteilen: dem kräftigeren dorsalen Bandanteil, dem etwas schwächeren palmaren Bandenteil und einer proximalen Membran, die keinen wesentlichen Beitrag zur Stabilisierung des SL-Intervalls leistet [5] (Abb. 1). Der dorsale Bandanteil hat eine durchschnittliche Reißfestigkeit von 260 N, der palmare Bandanteil hingegen von 118 N und die proximale Membran von 63 N [5]. Somit spielt er die wichtigste Rolle im Hinblick auf die skapholunäre und damit auch die gesamte karpale Stabilität. Mit seinen stabilen Faseranteilen verläuft es leicht schräg aus der Tiefe der dorsalen Handgelenkscapsel zu den dorso-distalen Anteilen des Kahnbeins und des Mondbeins. Die palmaren Bandanteile spielen eine weniger wichtige Rolle in Bezug auf die karpale Stabilität. Mit ihren im Vergleich mehr schräg verlaufenden und längeren Fasern erlauben Sie eine sagittale Rotation der beiden Knochen relativ zu einander [6]. Der dritte Bandanteil, die proximale Membran trennt das radio-karpale und medio-karpale Handgelenkskompartiment voneinander. Sie verläuft zwischen den proximalen, gebogenen Seiten der beiden Knochen von dorsal nach palmar.

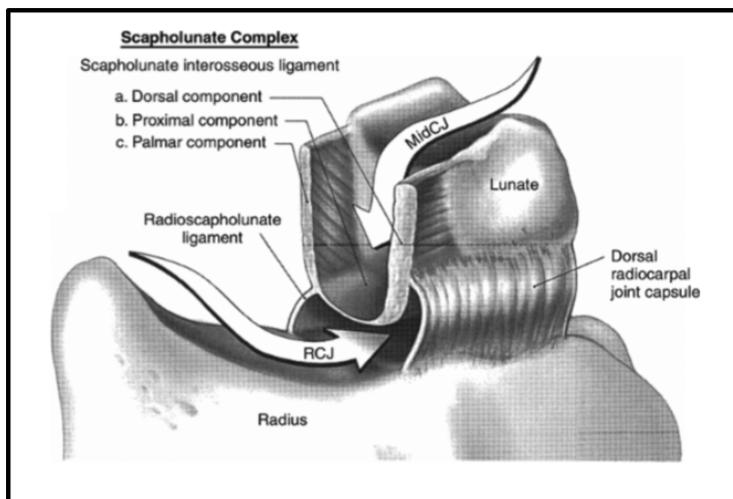


Abbildung 1: Darstellung des skapholunären Bandes von dorsal. Das c-förmige Band ist nach distal geöffnet, die Basis bildet die proximale Membran, welche das Radiokarpal-Gelenk (RCJ) vom Mediokarpal-Gelenk (MidCJ) trennt. Der dorsale Bandanteil, aus der dorsalen Handgelenkscapsel entspringend zieht an des dorso-distale Mond- und Kahnbein. Die schräger verlaufenden Fasern des palmaren Bandanteiles setzen am palmaren Mond- und Kahnbein an.

3.2 Die Biomechanik des Handgelenks

Durch das gut aufeinander eingestellte Zusammenspiel der Sehnen der Unterarmmuskulatur, der Konfiguration der verschiedenen Gelenkflächen und des bestehenden Kapsel-Bandapparats kann das Handgelenk einerseits starker Belastung standhalten und weist ein hohes Maß an Beweglichkeit auf [7].

Historisch wurden in der Literatur viele verschiedene Theorien über die komplizierte Kinematik des Handgelenkes veröffentlicht. So stellte *Johnston* 1907 die Theorie auf, dass die Handwurzelknochen in zwei Reihen eingeteilt werden; die distale und die proximale Handwurzelreihe. Hierbei fungieren die beiden Reihen in sich als rigide Einheit, welche ein transverses Gelenk miteinander bilden [8]. *Navarro* hingegen schrieb 1935, die *Ossa carpalia* seien kinetisch aufgeteilt in drei vertikale, voneinander unabhängige Säulen, wobei die zentrale Säule, bestehend aus dem *Os lunatum*, dem *Os capitatum* und dem *Os hamatum* die Flexion und die Extension des Handgelenkes kontrolliere. Die laterale Säule, bestehend aus *Os scaphoideum*, *Os trapezium* und *Os trapezoideum*, kontrolliere die Lastverschiebung über das gesamte Handgelenk und die mediale Säule (*Os triquetrum* und *Os pisiforme*) kontrolliere die Pro- und Supination des Handgelenks [8]. 1978 modifizierte *Taleisnik* die Drei-Säulen-Theorie von *Navarro*. *Taleisnik* schloss das *Os pisiforme* von der Theorie aus, da es nicht als Handwurzelknochen fungiere. Des Weiteren zählen das *Os trapezium* und das *Os trapezoideum* zu der zentralen Säule, so *Taleisnik* [9]. 1980 teilte *Weber* das *Os capitatum*, das *Os trapezoideum*, das *Os scaphoideum* und das *Os lunatum* der tragenden Säule zu und das *Os triquetrum* und das *Os hamatum* der kontrollierenden Säule. *Weber* unterstrich außerdem die Wichtigkeit des schraubenartigen Gelenkes zwischen *Os triquetrum* und *Os hamatum* [10]. *Lichtman et al.* stellten 1981 die Theorie auf, die Kinematik des Karpus funktioniere als ovaler Ring zwischen vier eigenständigen Elementen. Hierbei bilden die distale Handwurzelreihe, das *Os scaphoideum*, das *Os lunatum* und das *Os triquetrum* jeweils eine eigenständige Einheit, welche über ligamentäre Verknüpfungen miteinander verbunden sei. Ein Defekt in einem der vier verbindenden Ligamente bedeute eine Veränderung der Beweglichkeit und/ oder der Lastenverschiebung im Handgelenk [11]. Eine weitere Theorie wurde 1995 durch *Craig* und *Stanley* dargelegt [8]. Sie beschreiben, dass zwei Bewegungsmuster während der radioulnaren Deviation bestünden. Dabei würde die proximale Handwurzelreihe um die Frontal- oder die Sagittalebene rotieren [8, 12].

Heute weiß man, dass die kinematischen Effekte im Handgelenk von mehreren Komponenten abhängig sind. So spielt die Lokalisation der Sehnen einer beanspruchten Muskelgruppe, ebenso wie die Distanz der Sehnen, relativ zu dem unmittelbaren Drehpunkt im Handgelenk in jeder möglichen Position des Gelenkes eine Rolle. Abgesehen von der aktiven

Beweglichkeit, kann das Gelenk ebenso passiv durch externe Kräfte bewegt werden. Die Beweglichkeit der proximalen Handwurzelreihe ist eine Reaktion ihrer einzelnen Knochen auf den beanspruchten Zug der medio-karpalen Kapsel. Wenn die Kapsel einem bestimmten Niveau der Zugkraft ausgesetzt ist, kommt es zur Rotation der proximalen Handwurzelreihe. An der proximalen Handwurzelreihe selbst setzen keine Sehnen direkt an.

Ein weiterer Unterschied der distalen und der proximalen Handwurzelreihe besteht in der Beweglichkeit der Knochen untereinander bei Bewegung. Die einzelnen Knochen der proximalen Handwurzelreihe sind weniger fest miteinander verbunden als die distale Handwurzelreihe, welche eine rigide Einheit bildet. So bewegen sich Kahnbein, Mondbein und Dreiecksbein der proximalen Reihe nicht synergistisch. Bei ein und derselben Bewegung, bewegen sich die Knochen nicht nur in unterschiedliche Richtungen, sondern unterscheiden sich ebenso in ihrem Rotationsumfang. In der Sagittalebene hat das *Os scaphoideum* einen Bewegungsumfang von 90%, das *Os lunatum* hingegen von 50% und das *Os triquetrum* von 65%. Der skapholunäre Winkel in der vollen Flexion beträgt 76°, während er in der endständigen Extension 35° beträgt [13]

Craig et al. veröffentlichten 1995 eine Arbeit, in der sie drei verschiedenen kinematische Typen beschreiben [8]. Am häufigsten kommen die sogenannten „column wrists“-Typen vor, wobei sich bei der radioulnaren Deviation, die Knochen der proximalen Handwurzelreihe synergistisch in der Sagittalebene bewegen. Bei der Radialdeviation stünden die drei Knochen allesamt in Flexionsstellung, während sie bei der Ulnardeviation extendiert stünden. Darüber hinaus bestehe der sogenannte „row wrist“-Typ. Hier bewegen sich die proximalen Handwurzelknochen bei der Radioulnardeviation in der Frontalebene von lateral nach medial. Die dritte Gruppe bilden Mischtypen, abhängig von Knochenformen, insbesondere des *Os lunatum*, und individueller ligamentärer Laxizität [14].

Das Ziel dieser komplexen Rotationsvorgänge ist die Aufrechterhaltung der Gelenkflächenkongruenz des Radius und der proximalen Handwurzelreihe in jeglicher Position. Nur bei der sogenannten „Dart-Wurf-Bewegung“, bleibt die proximale Handwurzelreihe nahezu unbewegt. Die Bewegung aus der radialen Extension in die ulnare-Flexion findet vor allem im mediokarpalen Gelenk statt [15]. Die einzelnen Knochen der distalen Handwurzelreihe fungieren in der Flexion als Einheit und rotieren synchron in eine leichte, nach ulnar deviierte Flexion. In der Extension rotiert die distale Reihe geschlossen in die leicht nach radial deviierte Extension.

Weitere Komplexität zum Thema karpale Kinematik wurde durch Hagert und Garcia-Elias hinzugefügt. Die internationale Arbeitsgruppe konnte das Vorhandensein von Mechanorezeptoren in handgelenksübergreifenden Sehnen und Bändern nachweisen, welche die Muskelkraft selektiver Muskelgruppen in verschiedenen Handgelenkspositionen modulieren sollen, um so eine Überbelastung von Bändern zu vermeiden. In Anbetracht der Tatsache, dass deutlich höhere Kräfte auf das Handgelenk einwirken können, als die passive Widerstandskraft der Bänder zulassen würde, erscheint diese Hypothese plausibel [16].

3.3 Die skapholunäre Dissoziation

Mit dem Hintergrundwissen der biomechanischen Vorgänge im Handgelenk lassen sich die dissoziativen Instabilitäten des Karpus besser verstehen. Wenn durch eine Verletzung eine Instabilität im Karpus entsteht und diese zu einer Funktionsstörung der Gelenke einer Handwurzelreihe führt, wird dies als dissoziative Instabilität bezeichnet. Die häufigste aller dissoziativen Instabilitäten des Karpus ist die skapholunäre-Dissoziation (SLD). Sie kann isoliert und im Zusammenhang mit anderen Verletzungsmustern, etwa mit einer distalen Radiusfraktur oder einer dislozierten Skaphoidfraktur, auftreten und sich je nach Verletzungsausmaß unterschiedlich darstellen. Bei einer Verletzung des proximalen Bandanteils, kann das *Os scaphoideum* weiterhin normal im Gefüge der proximalen Handwurzelreihe stehen bleiben, ohne zu kollabieren. Bei der fortgeschrittenen Form der *skapholunäre Dissoziation* jedoch, kann es aber durch die Verletzung der Bandstrukturen an beiden Enden des *Os scaphoideums* zu einem Kollabieren des Knochens in die Flex- und Pronation kommen. Dies bezeichnet man als rotierte Subluxation. Zwischen diesen beiden Formen gibt es vielerlei Subformen.

3.3.1 Der Pathomechanismus der skapholunäre Dissoziation

Eine skapholunäre Dissoziation kann z.B. durch ein Hyperextensionstrauma des Handgelenkes, durch eine midkarpale Supination oder durch eine Ulnardeviation entstehen [17]. Das Verletzungsausmaß kann hier von einer Distorsion des Handgelenkes bis zu einer perilunären Dislokation reichen.

Geissler et. al. beschreiben 1996 eine Klassifikation karpaler Bandverletzungen aus arthroskopischer Sicht. Hierbei unterscheiden die Autoren vier verschiedenen Stadien der Verletzungen und beschreiben, wie sich diese in der Handgelenksarthroskopie darstellen [18] (Tab. 1).

Die Schwere des Verletzungsmusters ist abhängig von der Beteiligung der bestehenden Bandanteile des skapholunären Ligamentes. Bei einer Verletzung des palmaren Bandanteils und/ oder der proximalen Membran können lediglich geringe kinematische Veränderungen die

Folge sein, welche zu einer sogenannten prä-dynamischen Instabilität führen können. Dies kann sich klinisch als Synovialitis äußern. Bei einer kompletten Verletzung der Komponenten des *skapolunären* Bandes kann es hingegen zu erheblichen Veränderungen in der Kinematik und auch bei der Kraftübertragung kommen. Die Folge kann eine Zunahme der Beweglichkeit zwischen *Os scaphoideum* und dem Radius als Folge einer zunehmenden Beweglichkeit des proximalen Kahnbeins sein. Die Beweglichkeit zwischen Radius und *Os lunatum* kann dagegen abnehmen. Es muss jedoch keine permanente Fehlstellung daraus resultieren.

Eine permanente Fehlstellung entstehe, so *Short et. al.* 2007, wenn die sekundären Stabilisatoren des *Os scaphoideums*, das anterolaterale skapho-trapezio-trapezoidale-Band (STT-Band), das skaphoidale-capitale Band und das palmare radio-skaphoidale-capitale Band ebenfalls durch ein schweres Hyperextensionstrauma oder sekundär durch progrediente Dehnung beansprucht werde. Hierdurch kann die sogenannte DISI-Fehlstellung (engl. *dorsal intercalated segment instability*) die Folge sein, wobei das *Os lunatum* und das *Os triquetrum* in eine supinierte, radial-deviierte Extensionstellung rotieren, und das *Os scaphoideum* in eine ulnar-deviierte, pronierte Flexionstellung rotiert [19, 20].

Wenn das Kahnbein bei einer kompletten skapholunären Dissoziation erst einmal eine dorsoradiale Subluxationstellung einnimmt, lastet eine erhöhte Druckübertragung ebenso wie eine pathologische Kraftübertragung auf dem Radio-Skaphoidal-Gelenk. Dies kann zu degenerativen Folgen führen, dem fortgeschrittenen karpalen Kollaps nach skapholunärer Bandruptur (scapholunate advanced collapse; SLAC)

Grad der Darstellung in der Arthroskopie Verletzung	
1	Schwächung und/ oder Einblutung des interossären Bandes aus radiokarpaler Sicht, keine Inkongruenz der Stellung der <i>Ossa carpalia</i> im mediokarpalen Raum
2	Schwächung und/oder Einblutung des interossären Bandes aus radiokarpaler Sicht, Inkongruenz und/ oder Stufenbildung im mediokarpalen Raum, ggf. geringfügige Lücke zwischen den <i>Ossa carpalia</i> (kleiner als die Sondenbreite)
3	Inkongruenz/ Stufe sichtbar im mediokarpalen und radiokarpalen Gelenk, Sonde kann zwischen beiden <i>Ossa carpalia</i> geführt werden
4	Inkongruenz/ Stufe sichtbar im mediokarpalen und radiokarpalen Gelenk, schwerwiegende Instabilität durch Manipulation, Arthroskop (2,7mm) passt in interkarpale Lücke

Tabelle 1: Arthroskopische Klassifikation karpaler interossärer Bandverletzungen nach Geissler (1996)

3.4 Der fortgeschrittene karpale Kollaps

In ihrer Publikation 1984 beschreiben Watson und Ballet, wie sie aus 4000 konventionellen Röntgenbildern 210 Fälle degenerativer Arthrosen auswählten, und hier Arthrosen zwischen dem Radius und dem *Os scaphoideum*, sowie zwischen *Os scaphoideum* und dem *Os lunatum* und dem *Os scaphoideum*, dem *Os trapezium* und dem *Os trapezoideum* detektierten. 20 Fälle wurden bei Verdacht auf fortgeschrittenen karpalen Kollaps operiert, und in 19 Fällen bestätigte sich die Verdachtsdiagnose. Der fortgeschrittene karpale Kollaps wird nach den Erstbeschreibern anhand von konventionellen Röntgenbildern in 3 Stadien eingeteilt [21](Abb. 2).

Im Stadium 1 liegt eine isolierte Arthrose zwischen dem radialen Kahnbeinanteil und dem *Processus styloideus radii* vor. Im Stadium 2 kommt es zu einem Fortschreiten der Arthrose nach proximal-ulnar zwischen der (dorsalen) Radiusgelenkfläche im Bereich der *Fossa scaphoidea* und dem *Os scaphoideum*. Das Stadium 3 weist zusätzlich eine mediokarpale Arthrose mit Beteiligung des *Os capitatum* auf (Tab. 2;1).

Stadium	Ausmaß der Arthrose
1	Isolierte Arthrose am <i>Processus styloideus radii</i> und dem radialen <i>Os scaphoideum</i>
2	Arthrose in der <i>Fossa scaphoidea</i> und der dorsalen Radiusgelenkfläche
3	<i>Mediokarpale Arthrose mit Beteiligung des Os capitatum</i>

Tabelle 2: Stadieneinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach Watson und Ballet[21]

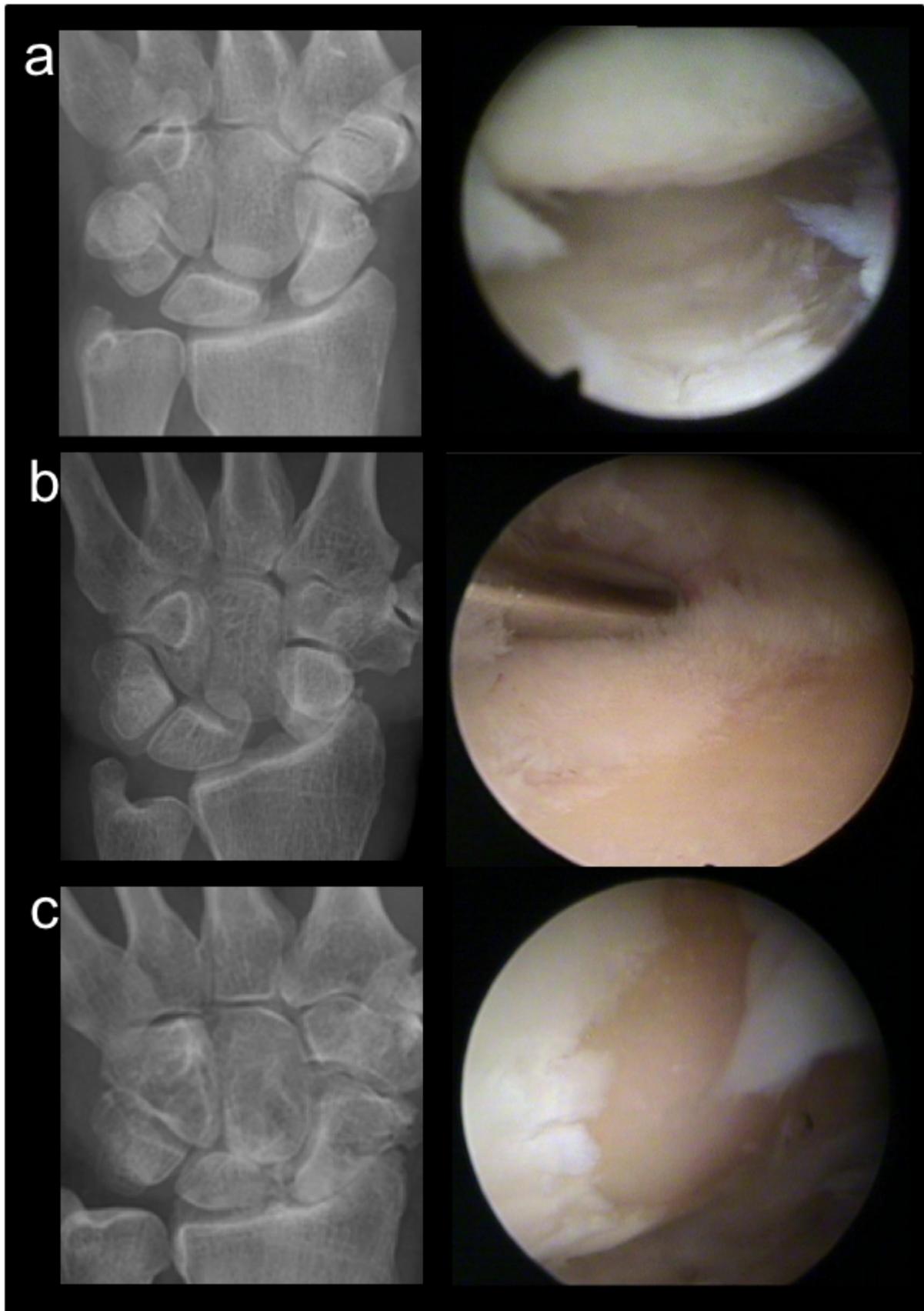


Abbildung 2: Einteilung des *SLAC wrist* nach Watson und Ballet. a) *SLAC*-Stadium 1: Isolierte Arthrose im Bereich des radialen Kahnbeinanteils und *Processus styloideus radii*. Das Arthroskopiebild zeigt eine intakte *Fossa scaphoidea*, rechts im Bild, am *Processus styloideus*

radii erkennt man die typische Schliffarthrose. b) SLAC-Stadium 2: Die Arthrose schreitet zwischen der dorsalen Radiusgelenkfläche und dem proximalen Kahnbeinpol nach ulnar fort. Intraartikulär ist eine Knorpelglatze in der *Fossa scaphoidea* zu erkennen. c) SLAC-Stadium 3: Ausbreitung der Arthrose auf das Mediokarpal-Gelenk unter Beteiligung des *Os capitatum*. Das korrespondierende Arthroskopiebild zeigt die Knorpelglatze des proximalen *Os capitatum*.

3.5 Diagnostik des fortgeschrittenen karpalen Kollapses

3.5.1 Klinische Untersuchung

Die Klinik des fortgeschrittenen karpalen Kollapses hängt nicht nur von dessen Stadium, sondern auch von möglichen Begleitverletzungen oder dem Untersuchungszeitraum ab. Dies muss in der Anamnese berücksichtigt werden. Die betroffenen Patienten geben häufig Ruheschmerz an, welcher sich bei Bewegung verschlimmern kann. Einige Betroffene beschreiben ein sogenanntes Schnapp-Phänomen bei Bewegungen, welches bei der klinischen Untersuchung gegebenenfalls rekonstruiert werden kann. Bei der Inspektion kann eine mögliche dorso-radiale Schwellung, ebenso wie eine Schonhaltung auffallen. Palpiert man das betroffene Handgelenk dorsal über dem skapholunären Band, ist häufig eine Druckdolenz zu detektieren. Bei der Kraftprüfung mit einem hydraulischen Hand-Dynamometer kann man eine deutliche Griffkraftschwäche im Vergleich zur Gegenseite feststellen ebenso eine Schmerzsteigerung bei Kraftaufwand.

Der *Scaphoid-Shift-Test* nach *Watson* kann ebenfalls den Verdacht einer skapolunären Dissoziation und somit auch eines fortgeschrittenen karpalen Kollapses erhärten. Hierbei fixiert der Untersucher das Kahnbein zwischen Zeigefinger und Daumen in Ulnarabduktion. Der Daumen des Untersuchers sollte hierbei fest auf den distalen Kahnbeinpol drücken. Mit der anderen Hand bewegt der Untersucher die *Ossa metacarpalia* nach radial. Hierbei wird das Kahnbein in eine Extensionstellung gebracht. Subluxiert der distale Kahnbeinpol nach dorsal und stößt am Zeigefinger des Untersuchers an, ist der Test positiv [22, 23].

3.5.2 Bildgebende Untersuchungen

Da die Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur stadienabhängig ist, ist eine korrekte Definition des Stadiums im Rahmen der Diagnostik erforderlich.

3.5.3 Röntgen

Die Erstbeschreiber Watson und Ballet klassifizierten den fortgeschrittenen karpalen Kollaps anhand konventioneller Röntgenbilder. Hierbei bestimmten sie anhand der klassischen Arthrosezeichen, Gelenkspalt-Verschmälerung, subchondrale Sklerosierung, Subluxationsstellung, Osteophytenbildung und Zystenbildung an den Prädilektionsstellen des fortgeschrittenen karpalen Kollapses, das jeweilige Stadium.

Hierbei sollte das betroffene Handgelenk im dorso-palmaren und streng seitlichen Strahlengang dargestellt werden. Ein Hinweis auf eine skapholunäre Dissoziation, wobei es möglicherweise (noch) nicht zu einer Arthrosebildung im Handgelenk gekommen ist, ist ein skapholunärer Spalt ($\geq 3\text{mm}$) oder die DISI-Fehlstellung.

3.5.4 Der skapholunäre Winkel

Der skapholunäre Winkel (SL-Winkel) lässt sich mit Hilfe einer streng seitlichen Röntgenaufnahme bestimmen. Bei der Tangentialmethode zeichnet man eine Verlängerung der Strecke zwischen der proximalen und distalen Konvexität des *Os scaphoideums*, sodass eine Tangente entsteht. Die Senkrechte zu der Strecke zwischen den beiden distalen Hörnern des *Os lunatum* bildet die lunäre Mittellinie. Der skapholunäre Winkel kann nun zwischen der Tangente und der lunären Mittellinie erfasst werden (s. Abb.3).

Normalwerte des skapholunären Winkels liegen zwischen 30° und 60° (durchschnittlich bei 47°). Ein vergrößerter skapholunärer Winkel $>60^\circ$ ist ein Indikator für eine SL-Band-Läsion. Ein Winkel unter 30° kann ein Hinweis auf eine STT-Arthrose oder eine LT-Band-Läsion sein[7, 24, 25].

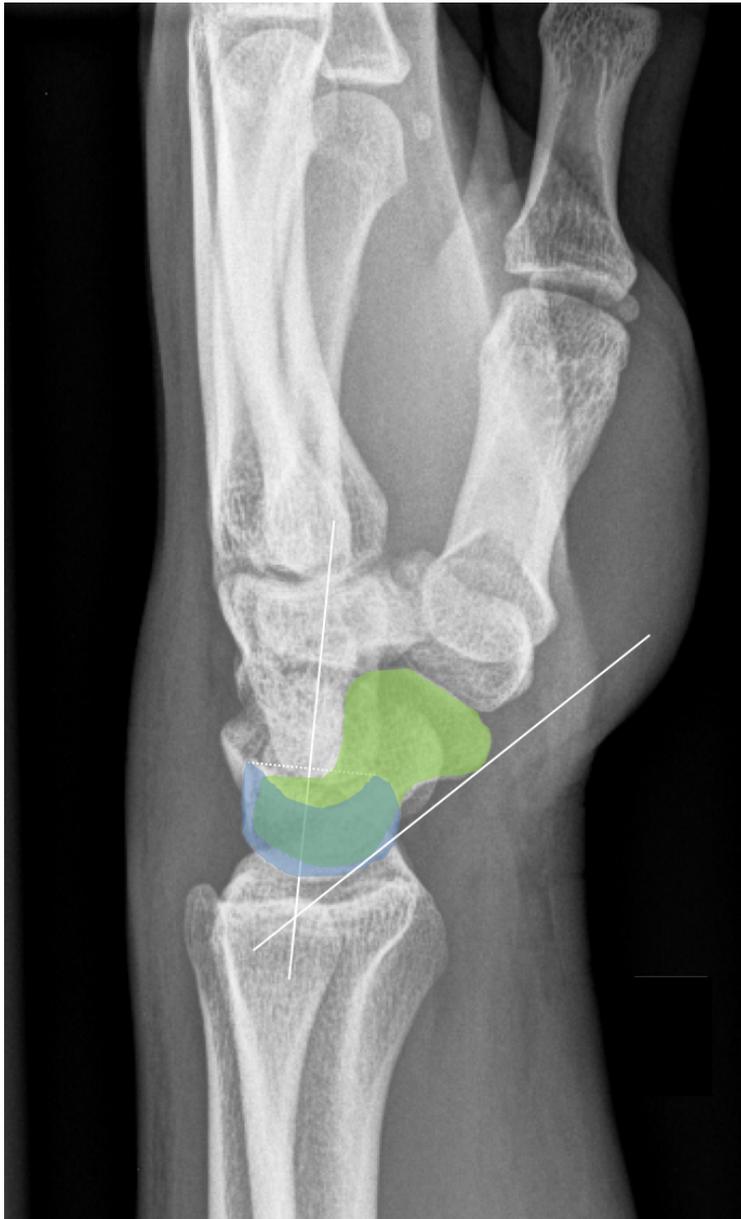


Abbildung 3: Der skapholunäre Winkel (seitliche Aufnahme): Die Verlängerung der Strecke zwischen der proximalen und distalen Konvexität des *Os scaphoideums* und die lunäre Mittellinie bilden den skapholunärer Winkel.

3.5.5 Karpale Höhe und *carpal height ratio*

Mit der Ermittlung der karpalen Höhe und der sog. *carpal height ratio* lassen sich Rückschlüsse auf das Ausmaß des karpalen Kollapses machen. Je kleiner die karpale Höhe im Verhältnis zu einer gegebenen anatomischen Größe ist, desto ausgeprägter der karpale Kollaps. Für die *carpal height ratio* misst man die Strecke zwischen der Basis des dritten Mittelhandknochens und der distalen Radiusgelenkfläche und erfasst zunächst die karpale Höhe. Im nächsten Schritt wird die Länge des dritten Mittelhandknochens erfasst und nun aus den beiden Strecken ein Verhältnis gebildet (Abb. 4). Somit kann man die möglicherweise durch Arthrose

beeinflusste karpale Höhe im Verhältnis zu einem vom Karpus unabhängigen Knochen ermitteln. Die *carpal height ratio* liegt im nicht-arthrotischen Handgelenk bei $0.54 \pm 0,03$ [26].

Da häufig auf den vorhandenen Handgelenks-Röntgenbildern das für die Erfassung der karpalen Höhe notwendige distale Ende des dritten Mittelhandknochens nicht abgebildet ist, modifizierten Natrass et al. die Methode. Die Arbeitsgruppe setzte die Strecke der karpalen Höhe in ein Verhältnis zur Länge des *Os capitatum*. Der Normalwert für das Verhältnis nach Natrass liegt bei $1,57 \pm 0,05$ [27].

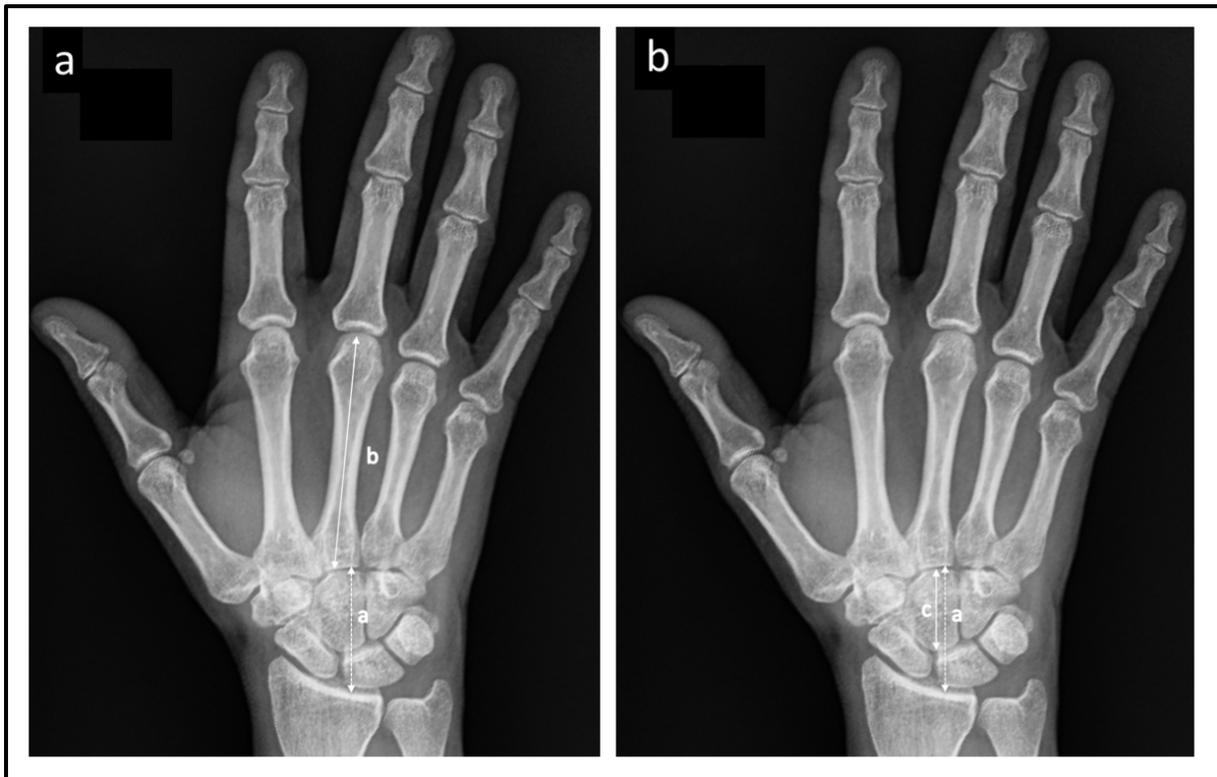


Abbildung 4: a) Berechnung der carpal height ratio: Die Länge der Strecke a zwischen der Basis des dritten Mittelhandknochens und der distalen Radiusgelenkfläche (karpale Höhe) wird zur Länge des dritten Mittelhandknochens (Strecke b) ins Verhältnis gesetzt. b) Berechnung der modifizierten Messung nach Natrass: Die karpale Höhe (Strecke a) wird zur Länge des *Os capitatum*s (Strecke c) ins Verhältnis gesetzt.

3.5.6 Kinematographie

Dynamische Aufnahmen wie die Handgelenks-Kinematographie können wertvolle Hinweise auf eine Dissoziation im skapholunären Bereich ergeben, insbesondere wenn die sekundären SL-Stabilisatoren noch partiell kompetent sind und keine statische Dissoziation vorhanden ist. Unter dem Bildwandler wird zunächst im posteroanterioren Strahlengang das Handgelenk in maximaler Radial- und Ulnardeviation untersucht und die Aufnahmen digital als Film gespeichert. So kann nachvollzogen werden, ob es zu einem Auseinanderweichen der Karpalia kommt und ob atypische Bewegungen wie Schnappphänomene detektiert werden können. Ergänzt werden kann die Kinematographie durch Belastungsaufnahmen wie die anteroposteriore Faustaufnahme sowie durch Aufnahmen in der Sagittalebene, bei welchen das Handgelenk in Flexion und Extension dargestellt wird. Insbesondere statische Pathologien lassen sich in der Kinematik gut aufdecken und analysieren.

3.5.7 Magnetresonanztomographie

Ein weiteres sinnvolles Diagnostikum stellt die Magnetresonanztomographie (MRT) dar. Mit Feldstärken von 1,5-3,0 Tesla sowie speziellen Handgelenks-Spulen und minimalen Schichtdicken von bis zu unter einem Millimeter lassen sich hochauflösende Darstellungen von möglichen Bandläsionen anfertigen. Beim fortgeschrittenen karpalen Kollaps lassen sich außerdem die Knorpelflächen der interkarpalen Gelenke darstellen [28, 29]. Intravenöse und/oder intraartikuläre Kontrastmittelapplikationen können die Sensitivität und Spezifität des MRTs weiter verbessern [30].

3.5.8 Handgelenksarthroskopie

Die Handgelenksarthroskopie ermöglicht als invasive Diagnostik die direkte Visualisierung karpaler Pathologien. Bandläsionen können so klassifiziert werden. Die Geissler-Klassifikation beschreibt das relative Ausmaß einer skapholunären Dissoziation mit Hilfe von Arthroskopie-Instrumenten [1]. Knorpelschäden werden gemeinhin nach *Outerbridge* modifiziert durch *Culp et. al.* eingeteilt [31]. Somit können Rückschlüsse auf vorhandene Arthrosemuster gezogen werden. Für das SLAC wrist und seine Therapie entscheidend ist die Unterscheidung von Stadium 1 und Stadium 2, aber auch die Unterscheidung zwischen Stadium 2 und Stadium 3. Die Stadien unterscheiden sich wie oben beschrieben letztlich nur durch das Ausmaß der Arthrose/ des Knorpelschadens (Abb.5). Dies kann radiologisch bisweilen schwierig sein. Vor allem bei der Planung der Therapie ist es meistens wichtig zu wissen, wo noch belastbarer Knorpel vorhanden ist.

Grad der Verletzung	Arthroskopische Befund	Empfohlene Therapie
I	Aufweichung der hyalinen Oberfläche	Debridement / Synovektomie
II	Faserung und Zerklüftung des Knorpels	Debridement / Synovektomie
III	Faserung >50% der Knorpeldicke	Debridement / Synovektomie
IV	vollständige Knorpelläsion bis auf den Knochen reichend	Abrasion

Tabelle 3: Klassifikation der arthroskopisch ermittelten Knorpelschäden nach Outerbridge

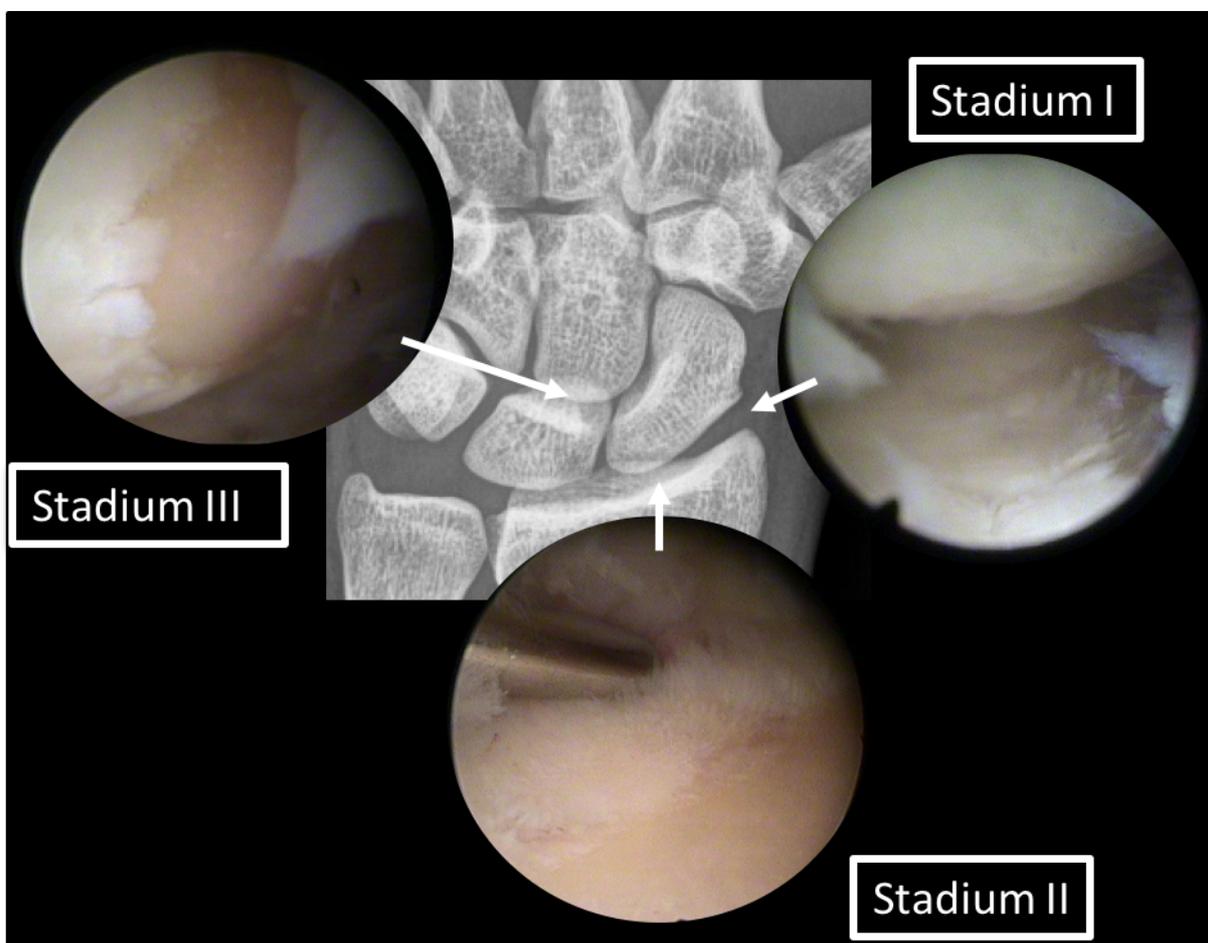


Abbildung 5: Visualisierung der Knorpelbeschaffenheit der Prädilektionsstellen des fortgeschrittenen karpalen Kollapses. Im Stadium 1: Arthroskopische Darstellung einer Schilffarthrose am Processus styloideus radii. Im Stadium II: Aufgebrauchter Knorpel in der Fossa scaphoidea. Im Stadium 3: Fortgeschrittene Arthrose im mediokarpalen Gelenk, arthroskopische Darstellung des destruierten distalen Kopfes des Os capitatum (von rechts nach links).

3.6 Die Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses

Die Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses richtet sich nach dem Schweregrad. Im Stadium 1 besteht noch die Möglichkeit, das SL-Band zu rekonstruieren, was voraussetzt, dass eine Reposition von *Os scaphoideum* und *Os lunatum* noch möglich ist. Eine bekannte Methode hierfür ist die dorsale Kapsulodese, beschrieben durch Blatt [32, 33].

Hierbei wird über einen dorsalen Zugang am Handgelenk ein Streifen (ca. drei Zentimeter lang und einen Zentimeter breit) des *Ligamentums intercarpale dorsale* präpariert. Dieser bleibt am distalen Kahnbein gestielt und wird folgend unter Zug mit dem Periost der dorsalen Radiusanteile vernäht. Hierdurch kommt es zur Aufrichtung des *Os scaphoideums*, was seiner natürlichen Tendenz zur Flex- und Pronation entgegenwirkt. Zur weiteren Unterstützung der Stabilisierung des Repositionsergebnisses können temporäre Kirschnerdraht-Osteosynthesen von radial eingebracht werden.

Alternative Behandlungen sind die Resektion des *Processus styloideus radii* oder die Teilversteifung von *Os scaphoideum*, *Os trapezium* und *Os trapezoideum* (STT-Arthrodesen). Die Resektion des *Processus styloideus radii* ist eine der ältesten Therapieoptionen. Ziel ist hier, den Handgelenkschmerz durch das im Stadium 1 einsetzende Impingement zu lindern. Die Resektion kann aber ein weiteres Fortschreiten des karpalen Kollapses nicht aufhalten. Ziel der STT-Arthrodesen ist die Wiederherstellung der radioskaphoidalen Kongruenz, durch die Neuausrichtung des Kahnbeinpols in der *Fossa scaphoidea*. Hierdurch kann die Chance gegeben werden, weitere degenerative Prozesse zu verlangsamen [34, 35].

Im Stadium 2 und 3 werden anatomische Rekonstruktionen von den meisten Autoren nicht mehr propagiert [36]. Hier kommen üblicherweise sogenannte Rettungsoperationen zum Einsatz. Bis zum Stadium 2 wird im Allgemeinen noch eine proximale Reihenresektion (*Proximal row carpectomy, PRC*) durchgeführt. Sie wird im Stadium 3 nicht mehr angewandt, da ein intakter proximaler *Os-capitatum*-Pol vorausgesetzt wird, welcher definitionsgemäß im Stadium 3 degenerativ verändert ist.

Das Ziel der Entfernung der proximalen Handwurzelreihe ist die Schaffung eines neuen, arthrosefreien Gelenkes zwischen dem Kopf des *Os capitatum* und der *Fossa lunata*. Hierfür werden *Os scaphoideum*, *Os lunatum* und das *Os triquetrum* entfernt (Abb.6). Stamm beschrieb dieses Verfahren 1944 erstmals [37]. Es hat sich gezeigt, dass dieses Verfahren zu einer Schmerzlinderung und zu einer Wiederherstellung der Handgelenksbeweglichkeit mit einer hohen Patientenzufriedenheit führt [36, 38-42]. Vorteilhaft kann die PRC sein, wenn das ulnare Kompartiment beispielsweise durch ein *Ulna-impaction-syndrom* kompromittiert ist. Als weitere Indikationen der proximalen Reihenresektion gilt die Diagnose des „*scaphoid non-*

union advanced collapse“ wrist (SNAC-wrist). Hierbei kommt es durch eine nicht verheilte oder übersehene Fraktur des *Os scaphoideums* zu einer Instabilität der proximalen Handwurzelreihe. Weitere Indikationen sind die Lunatumnekrose im Stadium III (Morbus Kienböck), Morbus Preiser (Nekrose des *Os scaphoideums*), akute und chronische perilunäre Luxationsverletzungen [43-46].



Abbildung 6: Linkes Handgelenk eines 60-jährigen Patienten in p.a.- und seitlicher Röntgenaufnahme mit Zustand nach proximaler Reihenresektion bei einem zuvor bestehenden fortgeschrittenen karpalen Kollaps im Stadium 2 nach Watson und Ballet.

Eine klassische Option im Stadium 3 ist die mediokarpale Teilarthrodese (Abb.7). Hierbei werden nach Entfernung des *Os scaphoideums*, das *Os capitatum*, das *Os lunatum*, das *Os hamatum* und das *Os triquetrum* arthrodesiert (auch „*four corner fusion*“ genannt). Manche Autoren berichten, dass dieses Verfahren auch im Stadium 2 durchgeführt wird [47-49]. Bekannt durch die Arbeitsgruppe von *Watson et. al.* hat diese Methode an exzellenter Reputation gewonnen. Eine wichtige Voraussetzung der *four corner fusion*, ist eine intakte Knorpelfläche der *Fossa lunata*. Die Methode zeichnet sich durch eine hohe Patientenzufriedenheit im Hinblick auf Schmerzfreiheit und Kraft aus, wobei die Beweglichkeit des Handgelenkes reduziert wird [50, 51].



Abbildung 7: Röntgenaufnahme eines linken Handgelenks eines 60-jährigen Patienten mit Zustand nach mediokarpaler Teilarthrodese (Plattenosteosynthese der Firma KLS Martin®: sog. Flower plate) in d.p.- und seitlichem Strahlengang.

Die Handgelenksarthrodese oder eine Handgelenktotalendoprothese stellen eher seltene Therapiealternativen mit jedoch erfolgreichen Verläufen dar [52]. So liegt die Schmerzreduktion nach einer Arthrodese des Handgelenkes bei 85% und 65% der Patienten können ihren Beruf wiederaufnehmen. Die Handgelenktotalendoprothese ist besonders für junge, aktive und manuell arbeitende Patienten eine Therapiechance [4].

In allen Stadien ist auch die Denervation des Handgelenks möglich. Hierbei werden die handgelenksversorgenden Nervenfasern des *N. interosseus posterior* und des *N. interosseus anterior* durchtrennt. Im Vorfeld ist eine Probe-Denervation mittels Infiltration eines Lokalanästhetikums obligat [53].

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Patienten

4.1.1 Auswahl der Patienten

Über die ICD-Codes (*International Classification of Diseases*) wurden mit Hilfe des klinischen Arbeitsplatzsystems (KAS) alle Patienten, die zwischen 2006 bis 2012 in der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie am Klinikum der Universität München (LMU) aufgrund einer Handgelenksarthrose operiert wurden, ermittelt. In einem weiteren Schritt wurden anhand des Operationen- und Prozedurenschlüssels (OPS) die Patienten ermittelt, welche im gleichen Zeitraum eine diagnostische Handgelenksarthroskopie erhielten. Aus der Schnittmenge der Patienten mit Arthrosen im Handgelenk, welche gleichzeitig eine diagnostische Handgelenksarthroskopie erhalten hatten, rekrutierten wir die Patienten mit der Diagnose eines *SLAC wrist*. Anschließend wurden im *Picture Archiving and Communication System* (PACS) die vorhandenen Röntgenbilder der identifizierten Patienten besorgt. Fehlende Röntgenbilder wurden in einem Fall aus den archivierten Patientenakten in Papierform ausfindig gemacht, in drei Fällen wurden auswärtige digitalisierte Röntgenbilder der Patienten postalisch übermittelt.

Wir inkludierten insgesamt 37 Patienten mit 38 betroffenen Handgelenken, davon dreizehn weibliche (Durchschnittsalter 63 Jahre; 46-75 Jahre) und vierundzwanzig männliche Patienten (Durchschnittsalter 60 Jahre; 40-77 Jahre). Bei der Auswertung wurde auf eine strenge Pseudonymisierung der Patientendaten geachtet.

4.1.2 Ausschlusskriterien

Ausgeschlossen wurden Patienten mit schweren Begleitverletzungen und-/ oder Erkrankungen wie distale Radiusfraktur, rheumatoider Arthritis, oder ausgeprägten Arthrosen des Handgelenkes an anderen Lokalisationen (Rhizarthrose; STT-Arthrose). Ebenso ausgeschlossen wurden alle Patienten mit qualitativ minderwertigen oder unvollständigen Röntgenbildern.

4.2 Befundende Ärzte

Jeweils zwei Radiologen des Instituts für klinische Radiologie und zwei handchirurgisch tätige Chirurgen der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie am Klinikum der Universität München (LMU) diagnostizierten unabhängig voneinander das

vorliegende Stadium des karpalen Kollapses nach Watson anhand der Röntgenbilder. Bei den beiden Chirurgen handelt es sich um Oberärzte. Chirurg 1 ist Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie und seit 2007 maßgeblich handchirurgisch tätig gewesen. Zum Zeitpunkt der Auswertung verfügte Chirurg 1 gerade über die Weiterbildung Handchirurgie. Chirurg 2 war zum Zeitpunkt der Auswertung seit 2 Jahren Facharzt für Plastische Chirurgie, war aber bereits während und nach der Facharztweiterbildung hauptsächlich handchirurgisch tätig. Bei den Radiologen handelt es sich um einen habilitierten Oberarzt, der seit Abschluss der Facharztweiterbildung hauptsächlich skelettradiologisch tätig war. Der zweite Radiologe befand sich in der fortgeschrittenen Facharztweiterbildung mit Schwerpunkt Skelettradiologie.

4.3 Beurteilungskriterien

4.3.1 Konventionelle Röntgenbilder

Voraussetzung für die Auswertung war das Vorhandensein von Röntgenbildern im seitlichen und dorsopalmaren Strahlengang, aufgenommen in neutraler Stellung des jeweiligen Handgelenkes. Zur Vereinheitlichung des Befundungsprozesses wurde allen Untersuchern ein Fragebogen vorgelegt (Abb. 8), der das radiologische Arthroseausmaß nach Kellgren und Lawrence am *Processus styloideus radii*, dem Radioskaphoidalgelenk sowie dem mediokarpalen Gelenk abfragte [54]. Außerdem wurde der Abstand zwischen Kahn- und Mondbein zentral zwischen den beiden Knochen gemessen. Ferner wurden der SL-Winkel in der Tangentialmethode, die karpale Höhe sowie der karpale Höhenindex (*carpal height ratio*) anhand der Röntgenbilder bestimmt. Als Bildarchiv diente das *Picture Archiving and Communication System* (PACS, Siemens®).

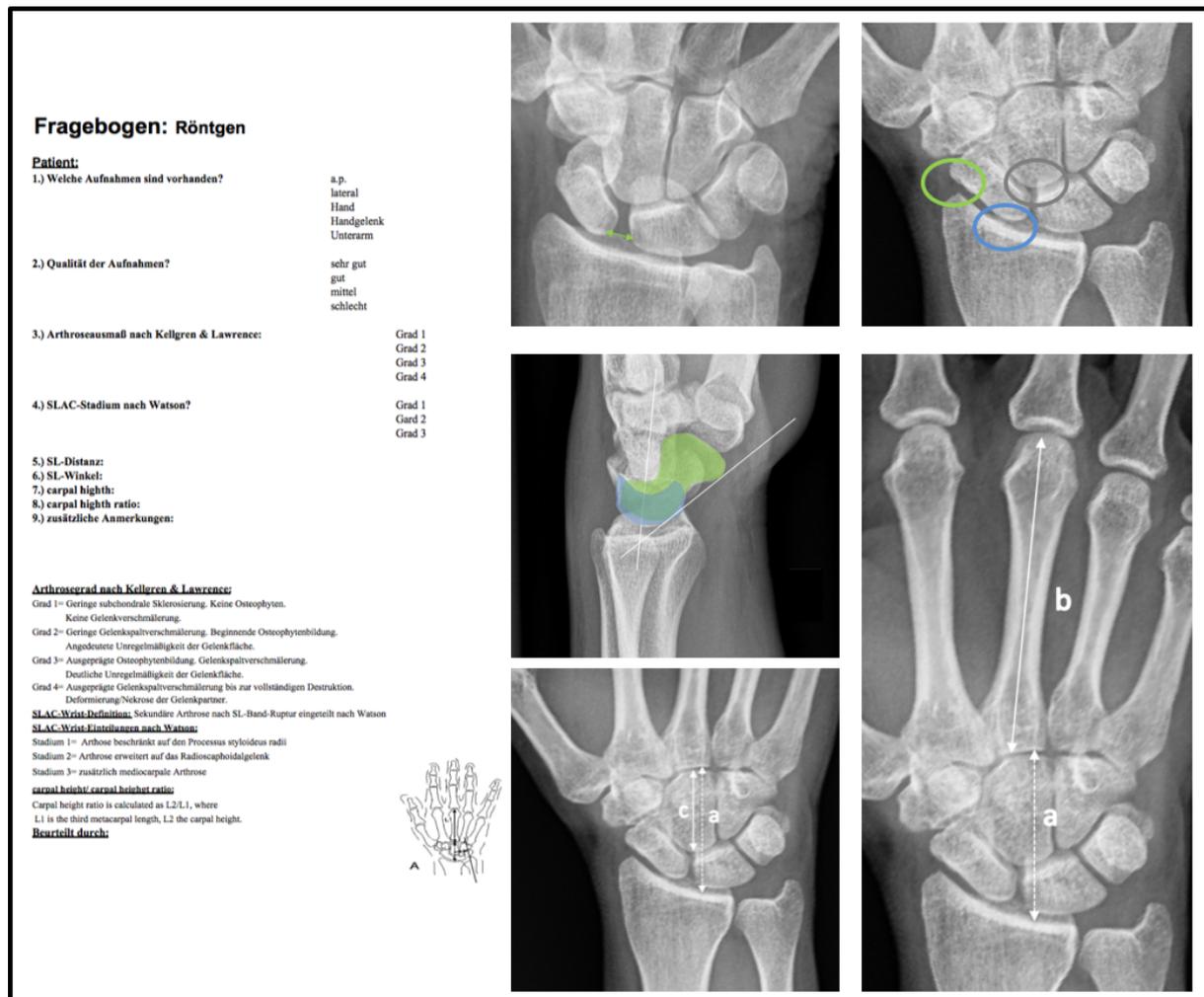


Abbildung 8: Fragebogen zur Beurteilung der konventionellen Röntgenaufnahmen.

4.3.2 Diagnostische Handgelenksarthroskopie

Alle inkludierten Patienten erhielten standardmäßig eine diagnostische Handgelenksarthroskopie inklusive mediokarpaler Arthroskopie. Die Operationen wurden durch die Chirurgen durchgeführt, die auch die Röntgenbilder bewerteten. Die Arthroskopien fanden in axillärer Plexus-Brachialis-Blockade oder Vollnarkose stets in Rückenlage statt. Dabei wurde das zu untersuchende Handgelenk bei abduzierten Arm und etwa 90° Flexion im Ellenbogengelenk im Aushang (Mädchenfänger) arthroskopiert. Zur Unterstützung wurde ein Extensionsgewicht (2kg) am Oberarm angebracht um axialen Zug auf das Gelenk auszuüben. Nach standardisierter Desinfektion des Handgelenkes wurde nach Hausstandard steril abgedeckt. Eine pneumatische Oberarmblutsperre wurde bei 300mmHg angelegt. Danach erfolgte die Präparation der Arthroskopieportale. Hierbei wurden standartmäßig die Portale 3-4, 6R sowie MCR und MCU präpariert. Über das 3-4-Portal zwischen dem dritten und vierten Strecksehnenfach wurde zunächst immer die 2,4 mm Optik (Firma Storz, Tuttlingen, Deutschland) eingebracht. Zwischen den Sehnen des M. extensor digiti minimi und des M.

extensor carpi ulnaris wurde das 6R-Portal präpariert, hierüber wurden zunächst die Arbeitsgeräte wie Tasthaken und Shaver in das Handgelenk eingeführt.

Die diagnostische Arthroskopie begann standardisiert von radial und wurde dann nach ulnar fortgeführt. Dabei wurden alle relevanten anatomischen Strukturen auf ihre Unversehrtheit hin überprüft. Neben der Begutachtung des SL-Bandes wurde ein besonderes Augenmerk auf die Knorpelbeschaffenheit der Gelenkflächen gelegt, die beim *SLAC wrist* typischerweise betroffen sind: der *Processus styloideus radii*, die *Fossa scaphoidea* und das *Os scaphoideum*. Zur Beurteilung der dorsalen Gelenkfläche des Radius wurde die Kamera über das 6R-Portal eingeführt.

Es folgte die Präparation der mediokarpalen Zugänge (MCR und MCU). Hierüber wurde neben der Bandintegrität von SL- und LT-Band insbesondere die Knorpelbeschaffenheit und das entsprechende Arthroseausmaß im mediokarpalen Gelenk bestimmt (Prädilektionsstelle: proximaler Kopf des *Os capitatum*).

Nach Abschluss der Arthroskopie erfolgte der Verschluss der Arthroskopieportale durch eine Einzelknopfnahm und die Anlage eines elastischen Verbandes. Die Blutsperr wurde geöffnet und das Handgelenk aus dem Mädchenfänger genommen.

Alle Befunde wurden digitalfotografisch in einer internen Datenbank patientenzugehörig dokumentiert. Ebenso erfolgte eine schriftliche Befund-Dokumentation zu jedem arthroskopierten Patienten anhand eines standardisierten Fragebogens (Abb. 9). Hierbei wurde Knorpelbeschaffenheit nach der ursprüngliche Verdachtsdiagnose, die durch Arthroskopie gestellte Diagnose und Outerbridge, das Stadium nach Watson, sowie mögliche Zusatzbefunde und zusätzliche Anmerkungen vermerkt [55].

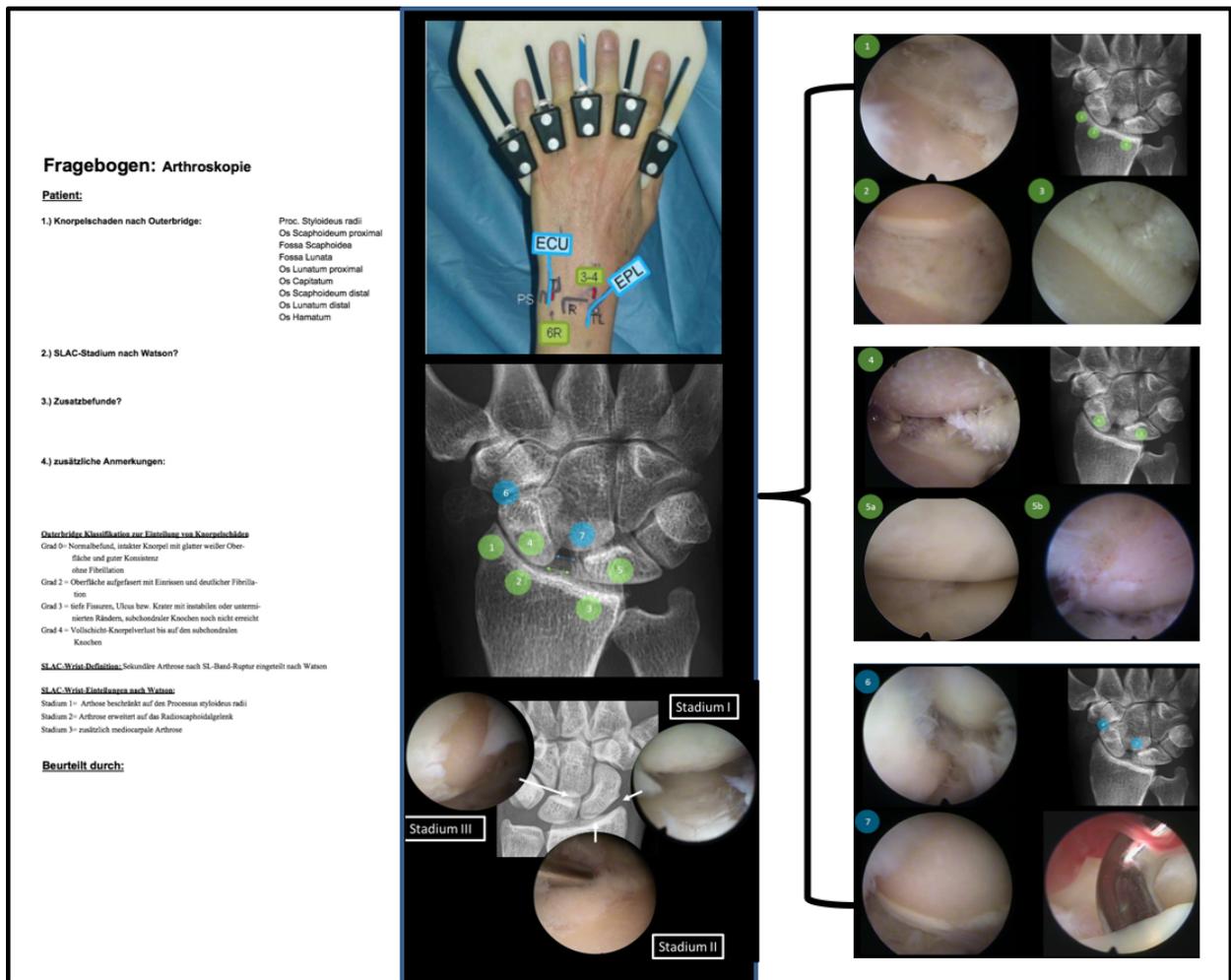


Abbildung 9: Fragebogen zur durchgeführten Handgelenksarthroskopie

4.4 Online-Umfrage

Im öffentlichen Portal Umfrage Online ® wurde ein Fragebogen mit sechs Fragen zur Diagnostik und Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses erstellt. Über Nachrichtenverteiler der Deutschen Gesellschaft für Handchirurgie (DGH) und der deutschen Gesellschaft für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie (DGPRÄC) wurde die Umfrage an handchirurgisch arbeitende Ärzte verschickt, welche bei Interesse an der Umfrage teilnehmen konnten. Der Zeitraum der Umfrage betrug fünf Monate (vom 01.06.2012 bis 31.10.2012). Die vorgegebenen Antworten konnten teilweise mehrfach oder einfach beantwortet werden. Bei jeder Frage war es möglich, Kommentare in Freitextfeldern zu vermerken. Es war zu jeder Zeit möglich, Fragen auszulassen oder die Umfrage vorzeitig zu beenden.

4.4.1 Fragen der Online Umfrage

Folgende Fragen waren in der Online-Umfrage enthalten:

1. „Wie viele Patienten mit SLAC-Wrist sehen Sie im Monat durchschnittlich?“, wobei die Teilnehmer hier zwischen vier Antworten wählen konnten („keine Patienten“, „ein bis zwei Patienten“, „drei bis sechs Patienten“, „über sechs Patienten im Monat“).
2. „Welche Untersuchungen führen Sie üblicherweise bei Verdacht auf SLAC-Wrist durch?“, dem Teilnehmer waren hierzu folgenden Antwortmöglichkeiten zur Auswahl gegeben. „Röntgen“, „Arthroskopie“, „Magnetresonanztomographie (MRT)“, „Computertomographie (CT)“, „Kinematographie“ und „Arthrographie“. Bei dieser Frage waren Mehrfachantworten möglich.
3. „Wie viele Handgelenksarthroskopien führen Sie im Monat durch?“, die Antwortmöglichkeiten lauteten: „keine“, „eine bis zwei“, „drei bis sechs“ und „über sechs“ Arthroskopien im Monat.
4. „Hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung der Therapieplanung des SLAC-Wrist?“, diese Frage konnten die Teilnehmer bejahen oder verneinen.
5. „Wie behandeln Sie das symptomatische *SLAC-wrist* nicht operativ“, hier konnten die Teilnehmer unter folgenden Antwortmöglichkeiten (für alle drei Stadien des karpalen Kollapses) mehrfach wählen: „Kortisoninjektion“, „Schienenbehandlung“, „Schmerztherapie“, „Physiotherapie“, „Ergotherapie“ und „keine nicht-operative Therapie“.
6. „Welche Operationen führen Sie bei symptomatischen *SLAC-wrist* durch?“, Antwortmöglichkeiten waren: „Denervierung“, „Proximale Reihenresektion“, „Resektion des Processus styloideus radii“, „Mediocarpale Teilarthrodese“, „andere Teilarthrodese“, „Handgelenksarthrodese“ beantwortet werden. Mehrfachantworten waren für alle drei Stadien des karpalen Kollapses möglich.

4.5 Dokumentation und statistische Auswertung

Die von den verschiedenen Untersuchern anhand der Röntgenbilder getroffene Schweregradeinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses, sowie die Messung von SL-Winkel und karpaler Höhe wurden in Excel-Tabellen zusammengeführt. Ebenso wurden die Ergebnisse der Online-Umfrage in Excel-Tabellen archiviert.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS(IBM®). Die Interrater-Reliabilität wurde mithilfe des Kappa-Koeffizienten nach Cohen bestimmt. Die Interpretation des Kappa-Koeffizienten erfolgte nach Altman (s. Tab 2; 12, 13).

5 ERGEBNISSE

5.1 Stadieneinteilung

Die Stadieneinteilung des jeweilig vorliegenden *SLAC wrist* wurde durch zwei Radiologen und zwei handchirurgisch tätige Chirurgen anhand von konventionellen Röntgenbildern vorgenommen. Abb.10 zeigt die Gegenüberstellung der jeweils diagnostizierten Stadien. Radiologe 1 diagnostizierte dreimal Stadium 1, dreizehnmal Stadium 2 und neunzehnmal Stadium 3. Dreimal wurde kein karpaler Kollaps gesehen. Radiologe 2 diagnostizierte einmal Stadium 1, zehnmal Stadium 2 und fünfundzwanzigmal Stadium 3. Zweimal wurde keine Arthrose diagnostiziert. Chirurg 1 identifizierte zwölfmal ein Stadium 1, zwölfmal ein Stadium 2 und vierzehnmal ein Stadium 3. Chirurg 2 hingegen diagnostizierte neunmal Stadium 1, achtzehnmal Stadium 2 und zehnmal Stadium 3. Einmal fand Chirurg 2 keinen Anhalt für *SLAC wrist* (s. Tabelle 4).

Auffällig ist, dass die Stadieneinteilung durch die jeweiligen Rater inhomogen ist. Die Radiologen haben insgesamt häufiger (viermal respektive zweimal) keinen fortgeschrittenen Kollaps gesehen, während dies nur einmal bei Chirurg 1 der Fall war. Ferner tendieren die Radiologen häufiger dazu (neunzehnmal respektive fünfundzwanzigmal) das Stadium 3 zu diagnostizieren, während die Chirurgen dies nur vierzehn respektive zehnmal entdeckten [70].

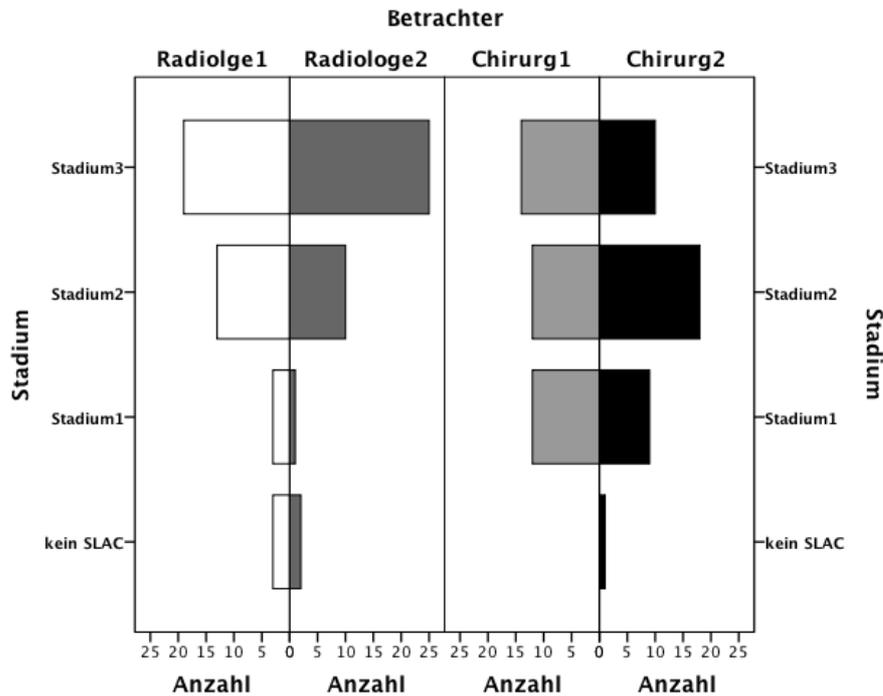


Abbildung 10: Stadieneinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses aller 4 Untersucher (Radiologe 1, Radiologe 2, Chirurg 1, Chirurg 2) anhand der konventionellen Röntgenbilder. Die Stadieneinteilung erscheint inhomogen, es herrscht insgesamt wenig Übereinstimmung. Es fällt auf, dass die Radiologen das SLAC-Stadium tendenziell höher einstufen als die chirurgischen Kollegen. Auch fanden die Radiologen häufiger gar kein SLAC wrist.

	Radiologe 1	Radiologe 2	Chirurg 1	Chirurg 2
Kein SLAC	4	2	0	1
Stadium 1	3	1	12	9
Stadium 2	12	10	12	18
Stadium 3	19	25	14	10

Tabelle 4: Häufigkeit der anhand der konventionellen Röntgenbilder diagnostizierten Stadien des fortgeschrittenen karpalen Kollapses durch die 4 unabhängigen Untersucher

5.2 Kappa-Koeffizient nach Cohen und Interrater-Reliabilität

Mithilfe des Kappa-Koeffizienten nach Cohen wurde die Interrater-Reliabilität der Radiologen und Chirurgen bezüglich der diagnostizierten Stadien bestimmt (Abb. 11). Die

Stadieneinteilung von Radiologe 1 und Chirurg 1 erbrachte ein Kappa von 0,383. Nach der Interpretation nach Altman entspricht dies einer leichten Übereinstimmung (Tabelle 5). Die Stadieneinteilung der Chirurgen untereinander (kappa= 0,380) sowie die des Radiologen 2 und des Chirurgen 1 (kappa=0,299) stimmten nach Altman ebenfalls leicht überein. Eine schwache Übereinstimmung bestand zwischen Radiologe 2 und Chirurg 2 mit einem Kappa von 0,211. Zwischen Radiologe 1 und Chirurg 2 war die Interrater-Reliabilität ebenfalls schwach (kappa=0,194). Auch unter den beiden Radiologen war die Übereinstimmung schwach (kappa=0,100).

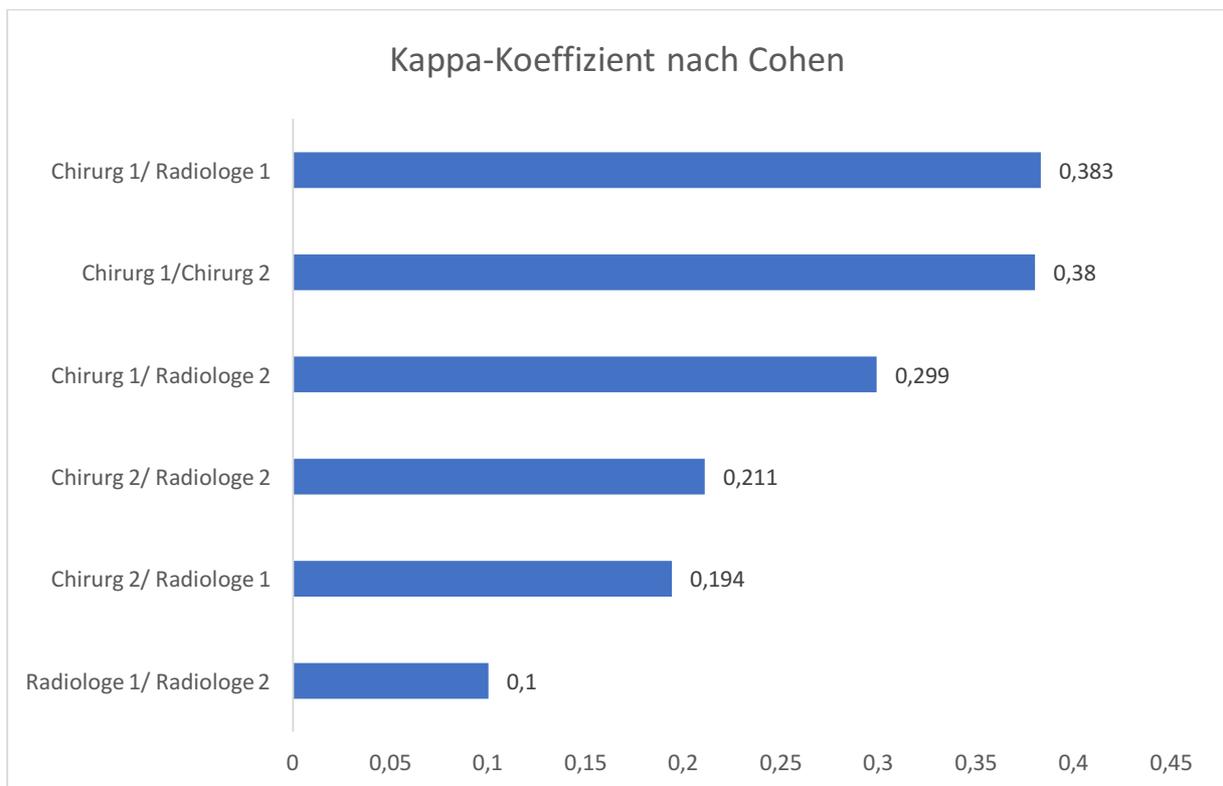


Abbildung 11: Kappa-Koeffizient nach Cohen zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität der Stadieneinteilung anhand der Röntgenbilder. Es wurden einerseits Radiologen gegen Chirurgen getestet, als auch die Disziplinen untereinander verglichen. Selbst die beste Übereinstimmung zwischen Radiologe 1 und Chirurg 1 ist mit einem Kappa von 0,383 nach Altman nur als leichte Übereinstimmung zu werten (s. Tab. 5).

Kappa-Wert	Stärke der Übereinstimmungen
<0,20	schwach
0,21 - 0,40	leicht
0,41 - 0,60	mittelmäßig
0,61 - 0,80	gut
0,81 – 1,0	sehr gut

Tabelle 5: Wertung der Interrater-Reliabilität nach *Altmann*

5.3 Einfluss der Arthroskopie auf die Stadieneinteilung

Vierzehn Tage nach der Stadieneinteilung anhand der Röntgenbilder wurden dem behandelnden Handchirurgen zusätzlich zu den Röntgenbildern die entsprechenden Arthroskopiebefunde vorgelegt. Nun erfolgte eine neuerliche Einteilung der Stadien (Abb. 12). Anhand der Arthroskopiebilder wurde bei 3 Patienten das Stadium 1, dreiundzwanzigmal das Stadium 2 und zwölfmal das Stadium 3 diagnostiziert (Abb. 12a). Es fällt auf, dass im Vergleich zur radiologischen Diagnostik durch die Arthroskopie insgesamt seltener ein Stadium 1, und auch seltener ein Stadium 3 identifiziert wurden. In Abb. 12b wird die Anzahl der nun diagnostizierten Stadien im Vergleich zur vorherigen Einteilung graphisch dargestellt.

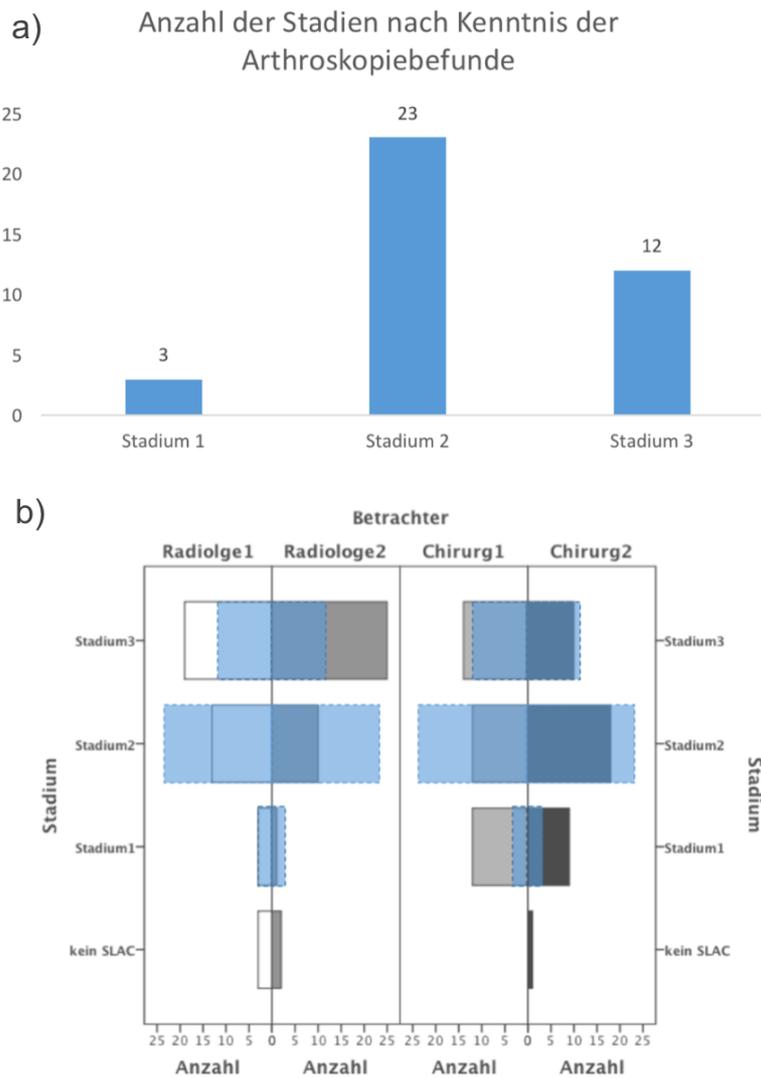


Abbildung 12: Stadieneinteilung nach Kenntnis der Arthroskopiebefunde durch den behandelnden Chirurgen. a) Es wurde jetzt dreimal das Stadium 1, dreiundzwanzigmal das Stadium 2 und zwölfmal das Stadium 3 diagnostiziert. b) Überlagerung der ursprünglichen Stadieneinteilung aller Untersucher mit der Einteilung von Chirurg 1 nach Kenntnis der Arthroskopiebilder (blau): Es fällt auf, dass durch die Arthroskopie deutlich seltener ein Stadium 1 und auch seltener ein Stadium 3 identifiziert wurden.

5.4 SL-Winkel

Im Rahmen des allgemeinen Befundungsprozesses wurde von jedem Untersucher anhand des konventionellen Röntgenbildes jeweils der SL-Winkel, die karpale Höhe und die *carpal height ratio* bestimmt. Die Messwerte der SL-Winkel lagen zwischen 62,5° und 95,9°. Zur vereinfachten Übersicht haben wir jeweils die Daten der Chirurgen und die der Radiologen

gemittelt und diese gemäß der Stadieneinteilung durch die Arthroskopie eingeordnet (Abb. 13 a). Hier zeigte sich eine tendenzielle Erhöhung der Winkel mit Anstieg des Stadiums. Der Kruskal-Wallis-Test ergab für die Messungen der Chirurgen signifikante Unterschiede der SL-Winkel zwischen den drei Stadien (p -Wert=0,007). Bei den Radiologen zeigte sich bei einem p -Wert von 0,069 lediglich eine Tendenz.

5.5 Karpale Höhe und carpal height ratio

Bei der Messung der karpalen Höhe zeigte sich erwartungsgemäß eine Abnahme der Parameter mit Steigerung des Stadiums. Die gemessenen Strecken der karpalen Höhe lagen zwischen 2,6cm (min.) und 4,5cm (max.). Bei der Messung der Radiologen ergab sich hier ein signifikanter Unterschied zwischen den 3 Stadien ($p= 0,038$), bei den Chirurgen zeigte sich eine Tendenz mit einem p -Wert von 0,065. Die *carpal height ratio* nahm ebenso mit Erhöhung des Stadiums ab, allerdings zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Stadien (Radiologen $p=0,097$; Chirurgen $p=0,236$; Abb. 13b). Demgegenüber konnte bei der Messung der Ratio nach Nattrass ein signifikanter ($p=0,037$) Unterschied zwischen den Stadien des fortgeschrittenen karpalen Kollapses gezeigt werden (Abb. 13c).

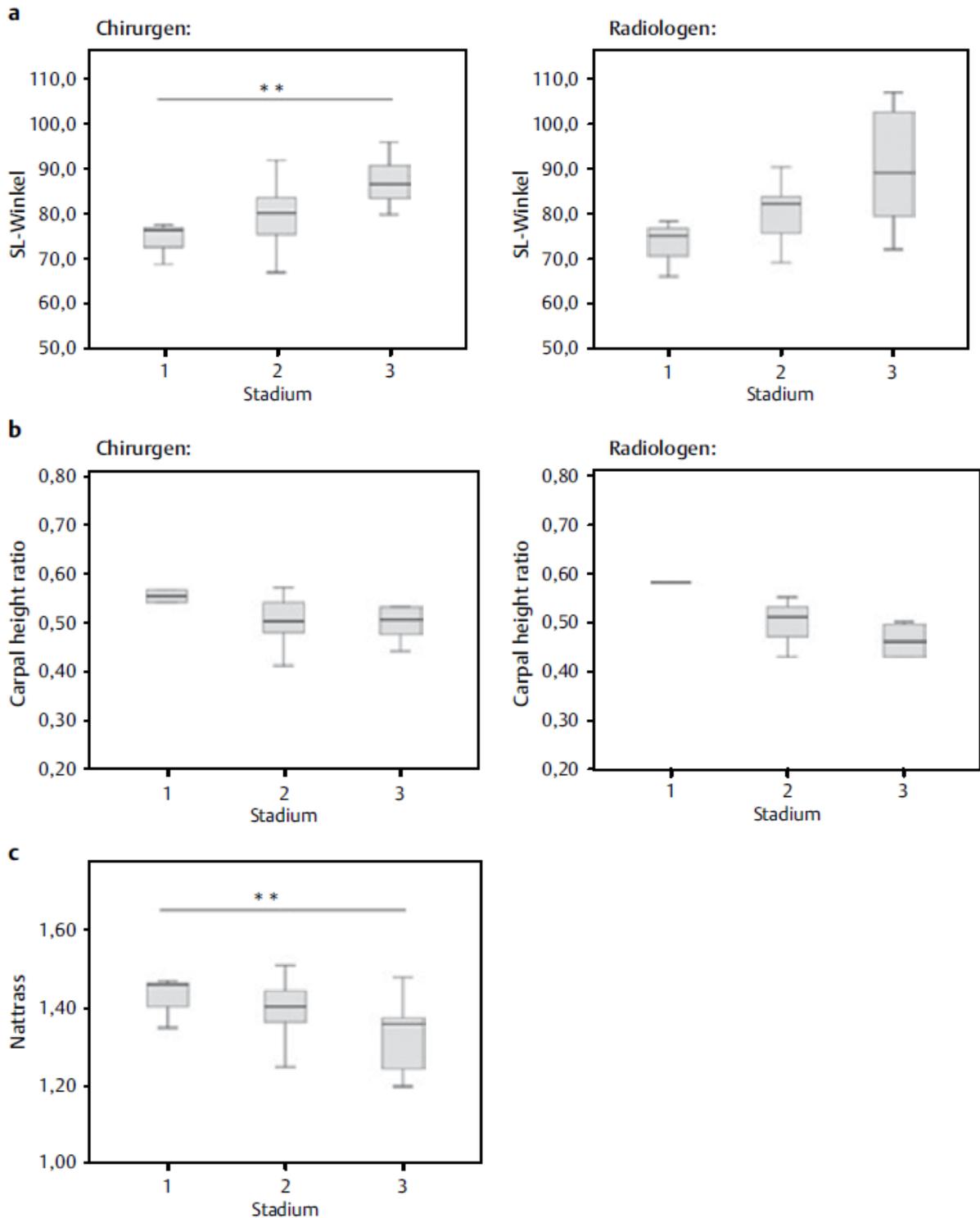


Abbildung 13: a) Anhand der Röntgenbilder durch Chirurgen und Radiologen gemessene SL-Winkel aufgeteilt nach dem arthroskopischen SLAC-Stadium. Die SL-Winkel steigen tendenziell mit Höhe des Stadiums. Nur die Messungen der Chirurgen zeigten statistisch signifikante Unterschiede zwischen den SLAC-Stadien (Kruskal-Wallis-Test $p=0,007$), während sich bei den Werten der Radiologen lediglich eine Tendenz zeigte ($p=0,069$). b) Die Werte der carpal height ratio fielen tendenziell mit Höhe des SLAC-Stadiums ohne statistisch signifikante Unterschiede aufzuweisen. c) Die Berechnung der Ratio nach Nattrass in

Abhängigkeit des SLAC-Stadiums wies hingegen eine signifikante Abnahme der Ratio mit Erhöhung des Stadiums auf ($p=0,037$)

5.6 Ergebnisse der Online-Umfrage

An der Umfrage nahmen insgesamt 363 Teilnehmer teil, wovon 295 (81%) die Umfrage vollständig beantworteten [70].

Auf die erste Frage, wie viele Patienten mit fortgeschrittenem karpalen Kollaps im Monat durchschnittlich von den Teilnehmern gesehen werden, gaben 17% an, dass sie durchschnittlich keinen Patienten monatlich sehen. 49% der Teilnehmer sehen monatlich ein bis zwei Patienten, während 26% drei bis sechs und 8% über sechs Patienten durchschnittlich im Monat sehen (Abb.14).

Bei Verdacht auf einen karpalen Kollaps, veranlassen 96% der Teilnehmer Röntgenaufnahmen. 68% der Teilnehmer führen eine Handgelenksarthroskopie durch und 40% veranlassen eine Magnetresonanztomographie (MRT). Eine Computertomographie (CT) wird von 27% der Teilnehmer durchgeführt. 21% führen eine Kinematographie bei der Verdachtsdiagnose einen fortgeschrittenen karpalen Kollaps durch und 5% legen Wert auf ein Arthrographie (Abb. 15)

Die Frage „Wie viele Handgelenksarthroskopien führen Sie im Monat durch?“, wurde von 27% der Umfragen-Teilnehmer mit „keine“ beantwortet. 23% führen ein bis zwei, 22% führen drei bis sechs und 28% führen über sechs Handgelenksarthroskopien im Monat durch (Abb. 16)

75% der Teilnehmer finden, dass die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Diagnostik des fortgeschrittenen karpalen Kollapses habe, während 25% dies verneinen (Abb. 17).

Auf die Frage nach der nicht-operativen Therapie des karpalen Kollapses antworteten die Teilnehmer folgendermaßen:

Im Stadium 1 führen 37 Teilnehmer (13%) eine Kortisoninjektion durch, 91 Teilnehmer (31%) veranlassen Physiotherapie und 79 (27%) Ergotherapie, 108 (37%) Teilnehmer verordnen eine Schientherapie und 169 (57%) Teilnehmer behandeln im Stadium 1 analgetisch. 61 (21%) der Teilnehmer bevorzugen keine nicht-operative Therapie im Stadium 1.

36 (12%) Teilnehmer behandeln Patienten mit einem fortgeschrittenen karpalen Kollaps im Stadium 2 mittels Kortisoninjektion, während 61 (21%) der Teilnehmer Physio- und 63

Teilnehmer (21%) Ergotherapie verschrieben. 93 Teilnehmer (32%) führen im Stadium 2 eine Schienenbehandlung durch und 145 Teilnehmer (58%) behandeln analgetisch. 102 Teilnehmer (35%) führen keine nicht-operative Therapie im Stadium 2 durch.

Im mediokarpal fortgeschrittenem karpalen Kollaps ziehen 32 Teilnehmer (11%) die Kortisoninjektion als mögliche nicht-operative Therapie in Betracht. 38 Teilnehmer (13%) veranlassen Physio- und ebenfalls 38 Teilnehmer (13%) Ergotherapie. Die Schienenbehandlung wird von 78 Teilnehmern (31%) im Stadium 3 durchgeführt. 129 Teilnehmer (44%) behandeln im Stadium 3 analgetisch und 145 (49%) sehen keine Indikation zur nicht-operativen Therapie im Stadium 3 (Abb. 18).

Die Frage „Welche Operationen führen Sie bei symptomatischem *SLAC-wrist* durch?“, beantworteten die Teilnehmer wie folgt.

Eine Denervierung führen 185 Teilnehmer (74%) im Stadium 1 durch. 88 (30%) der Teilnehmer resezierieren die Processus styloideus radii und 36 (12%) führen eine Proximale Reihenresektion im Stadium 1 durch. 42 (14%) geben an, eine mediokarpale Teilarthrodese und 6 andere Teilarthrosen (2%) im Stadium 1 durchzuführen, Eine Handgelenksarthrodese ziehen nur 5 Teilnehmer (2%) in Betracht.

Im Stadium 2 sehen 167 Teilnehmer (57%) eine Denervierung als mögliche operative Therapie. 57 Teilnehmer (19%) führen eine Resektion des Processus styloideus radii und 123 (42%) eine Proximale Reihenresektion im Stadium 2 durch. Für 185 (63%) der Befragten ist die mediokarpale Teilarthrodese und für 32 (11%) andere Teilarthrodese eine mögliche operative Therapieoption. 15-mal (5%) wurde angegeben, dass die Handgelenksarthrodese im Stadium 2 durchgeführt wird.

179 (61%) der Befragten führen im Stadium 3 eine Denervierung und 39 (13%) eine Resektion des Processus styloideus radii durch. 83 (28%) Teilnehmer geben an im Stadium 3 eine Proximale Reihenresektion durchzuführen. 29 (10%) führen eine Mediokarpale Teilarthrodese und 29 (10%) andere Teilarthrosen durch. 154 (52%) Teilnehmer der Umfrage sehen die Handgelenksarthrodese im Stadium 3 als mögliche Therapie (Abb.18).

Wie viele Patienten mit SLAC-Wrist sehen Sie im Monat durchschnittlich?

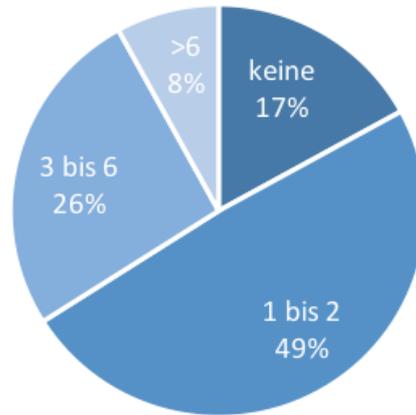


Abbildung 14: Frage 1 „Wie vielen Patienten mit SLAC-Wrist sehen Sie im Monat durchschnittlich?“: 17% der Umfrage-Teilnehmer sehen keine, 49% der Teilnehmer sehen 1 bis 2 Patienten, 26% sehen 3 bis 6 Patienten und 8% sehen über 6 Patienten monatlich.

Welche Untersuchungen führen Sie üblicherweise bei Verdacht auf SLAC-Wrist durch?

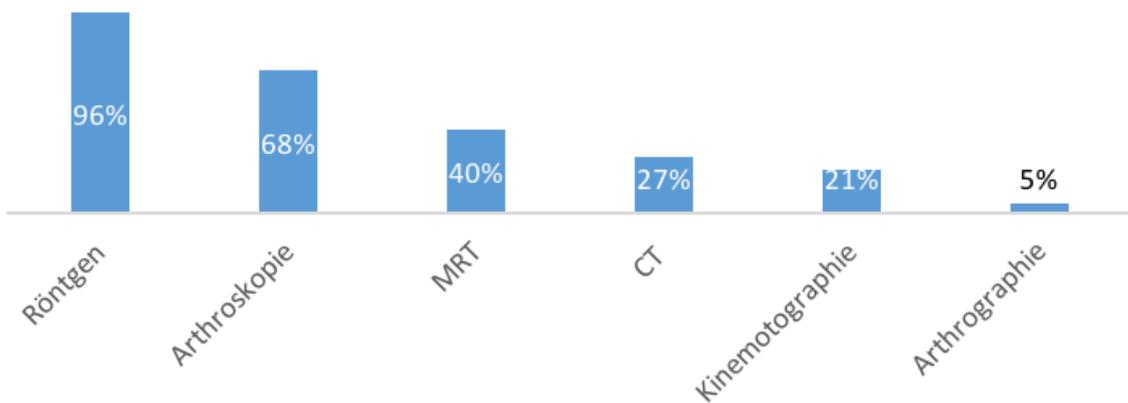


Abbildung 15: Frage 2 „Welche Untersuchungen führen Sie üblicherweise bei Verdacht auf SLAC-Wrist durch?“. Hier antworteten 96% der Teilnehmer, dass sie Röntgenaufnahmen bei der Verdachtsdiagnose durchführen. 68% der Teilnehmer führen eine Arthroskopie durch, 40% eine Magnetresonanztomographie (MRT) und 26% eine Computertomographie (CT). Eine Kinematographie führen 21% und eine Arthrographie durch.

Wie viele Handgelenksarthroskopien führen Sie im Monat durch?

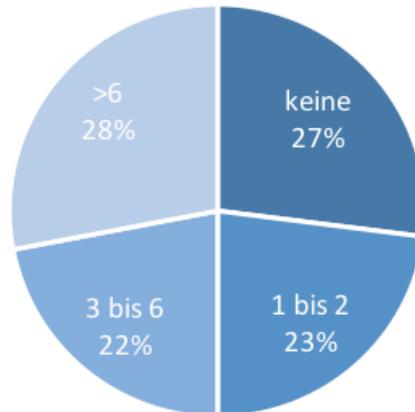


Abbildung 16: Frage 3 „Wie viele Handgelenksarthroskopien führen Sie im Monat durch?“. Es gaben 27% der Teilnehmer an, dass sie keine Handgelenksarthroskopie monatlich durchführen. 23% der Teilnehmer führen 1 bis 2 Arthroscopien, 22% führen 3 bis 6 Arthroscopien und 28% führen über 6 Arthroscopien monatlich durch.

Hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung des SLAC-Wrist?

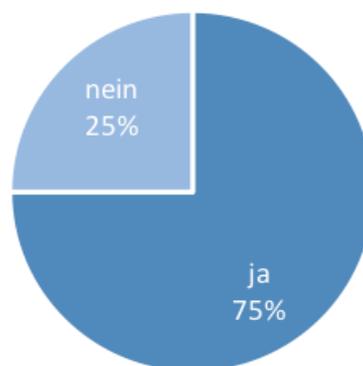


Abbildung 17: Frage 4 „Hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung des SLAC-Wrist?“. 75% der Teilnehmer gaben an, dass die

Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung habe, 25% gaben an das sie keinen festen Stellenwert in der Therapieplanung habe.

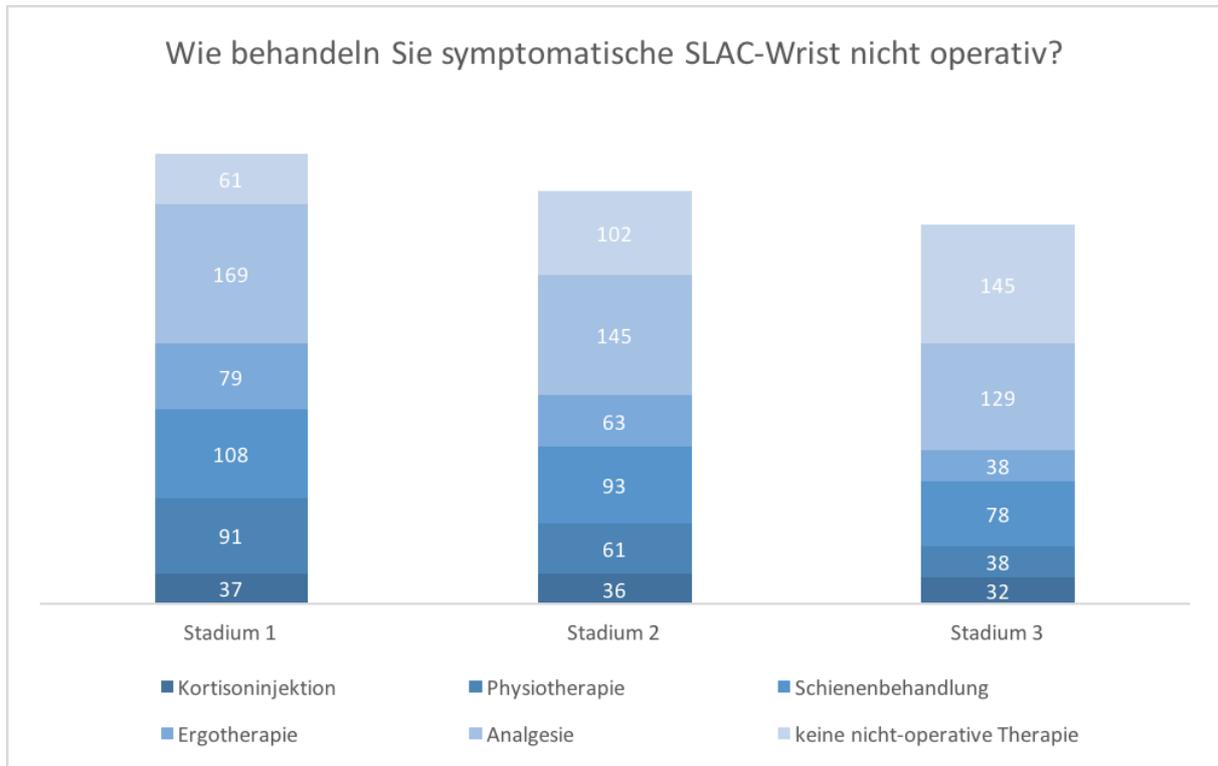


Abbildung 18: Die fünfte Frage zielte auf die nicht operative Behandlung symptomatischer SLAC-Wrist-Patienten ab. Hierbei wählten die Teilnehmer stadienabhängig unter den angegebene Therapiemethoden Kortisoninjektion, Ergotherapie, Physiotherapie, Analgesie, Schienenbehandlung oder der Option keiner nicht-operativen Therapie mehrfach aus.

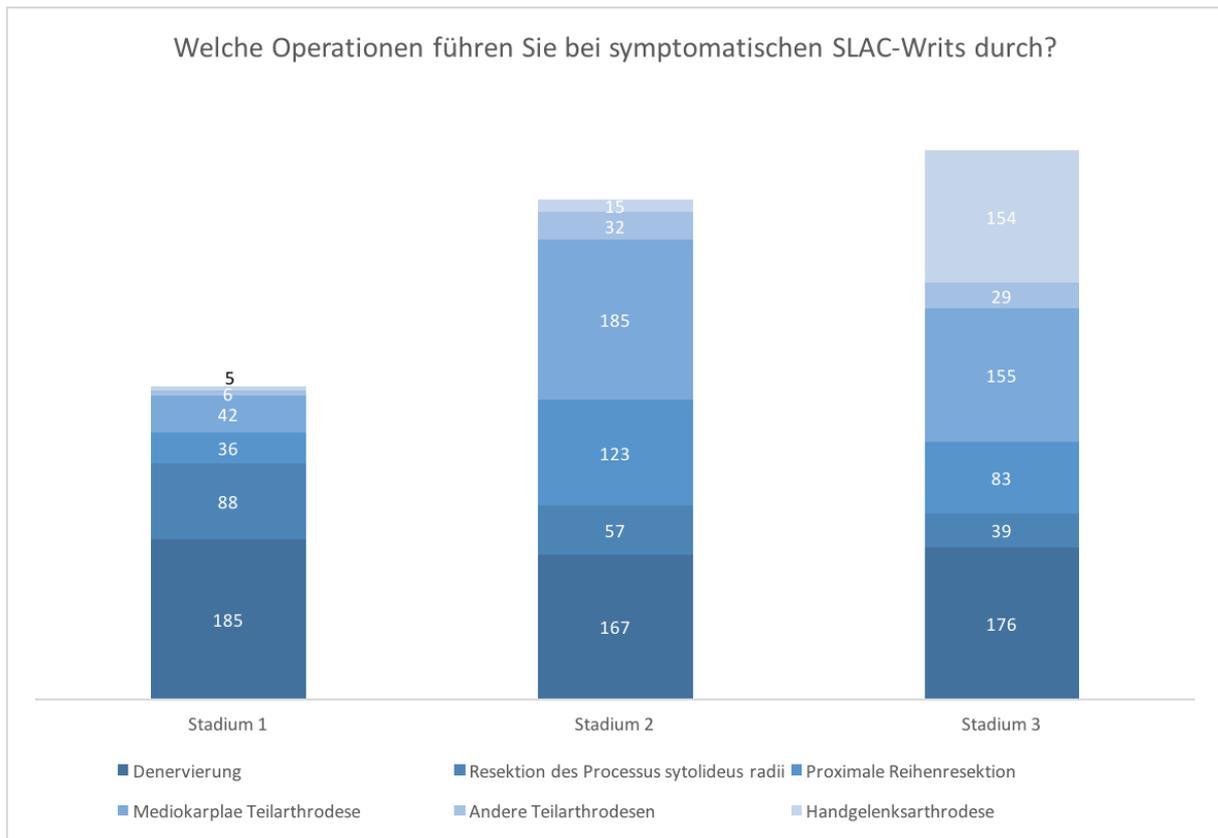


Abbildung 19: Die sechste Frage zielte auf die operative Therapie bei symptomatischen SLAC-Wrist-Patienten ab. Hierbei gab es die Möglichkeit mehrfach, stadienabhängig die Möglichkeiten der Denervierung, die Mediokarpale Teilarthrodese, die Resektion des Processus styloideus radii, andere Teilarthrodese, die Proximale Reihenresektion und die Handgelenksarthrodese auszuwählen.

5.6.1 Analyse der Online-Umfrage

Es fällt auf, dass die Bereitschaft zur nicht-operativen Therapie mit Höhe des Schweregrades des fortgeschrittenen karpalen Kollapses abfällt. Während im Stadium 1 von den Teilnehmern noch 484mal (10% der Gesamtantworten) aus den angebotenen Antwortmöglichkeiten gewählt wurde, wurde im Stadium 2 nur noch 398mal (8% der Gesamtantworten) und im Stadium 3 nur noch 315mal (6% der Gesamtantworten) die nicht-operativen Therapiemöglichkeiten in Betracht gezogen. Die Antwortmöglichkeit der Durchführung keiner nicht-operativen Therapie wurde hingegen mit dem Fortschreiten des Schweregrades häufiger von den Teilnehmern ausgewählt (61mal im Stadium 1 (1% der Gesamtantworten), 102mal im Stadium 2 (2% der Gesamtantworten) und 145mal im Stadium 3 (3% der Gesamtantworten)).

Die Kortisoninjektion ist hier die einzige Therapie die Stadien unabhängig, gleich häufig angewendet wird (Abb. 18)

Bei der Frage nach der operativen Therapie des fortgeschrittenen karpalen Kollapses erkennt man, dass die Bereitschaft mit zunehmender Höhe des Stadiums steigt. Während für das Stadium 1 nur 362 der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten gewählt werden, werden im Stadium 2 576 und im Stadium 3 638 Antwortmöglichkeiten gewählt.

Die proximale Reihenresektion wird erwartungsgemäß im Stadium 2 am häufigsten durchgeführt (123mal).

Lediglich im Stadium 3 wird die Handgelenksarthrodese als erwähnenswerte Therapieoption gesehen (Abb.19)

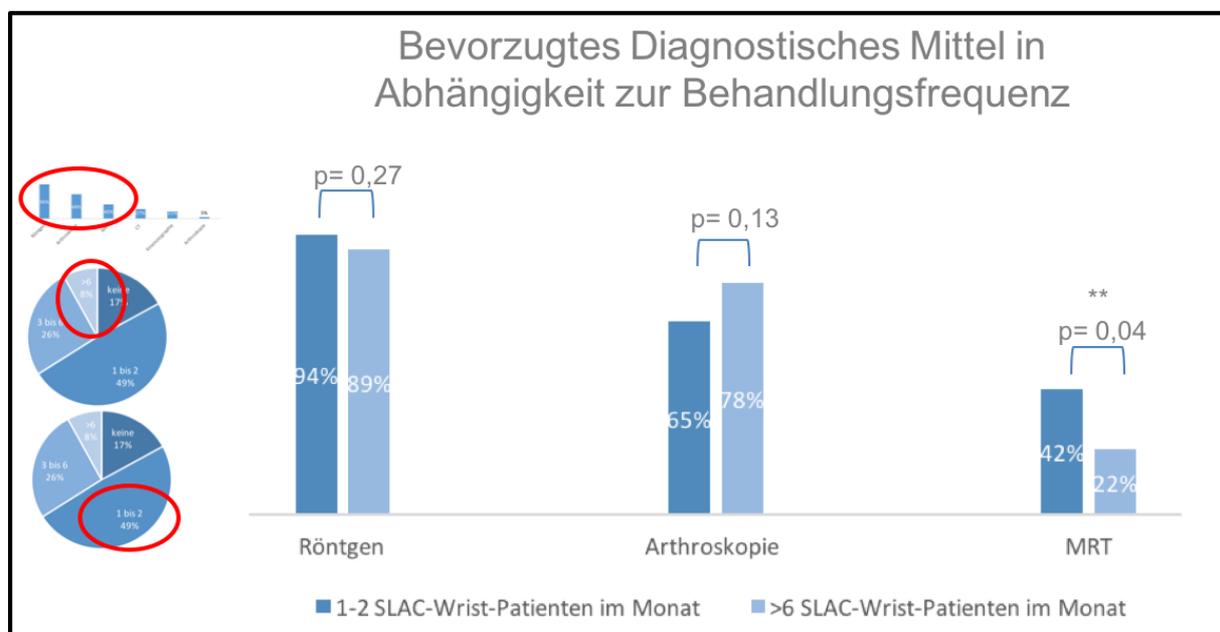


Abbildung 20: Darstellung der Analyse der bevorzugten diagnostischen Mittel Röntgen, Arthroskopie und MRT (Magnetresonanztomographie) in der Gruppe der Umfrageteilnehmer, welche ein bis zwei und respektive sechs Patienten mit fortgeschrittenem karpalen Kollaps pro Monat sehen.

Als die drei am häufigsten durchgeführten diagnostischen Mittel bei der Verdachtsdiagnose des fortgeschrittenen karpalen Kollapses wurden Röntgen, Arthroskopie und die Magnetresonanztomographie (MRT) genannt.

Wir vergleichen im Folgenden die eingesetzten Diagnostika von Teilnehmern, welche durchschnittliche ein bis zwei Patienten mit *SLAC wrist* im Monat sehen, mit Teilnehmern,

welche durchschnittlich über sechs Patienten mit karpalen Kollaps pro Monat sehen (Abb. 20). Bezüglich des Röntgens konnten wir keinen signifikanten Unterschied feststellen. Bei den Teilnehmern, welche über sechs Patienten monatlich sehen zeigte sich allerdings eine Tendenz zum häufigeren Einsatz der Arthroskopie. Ein signifikanter Unterschied bestand hingegen bei der Magnetresonanztomographie: Die Umfragen-Teilnehmer, die nur ein bis zwei Patienten monatlich sehen, führen fast doppelt so häufig eine Magnetresonanztomographie durch wie die Teilnehmer, die über sechs Patienten monatlich sehen (Abb. 20).

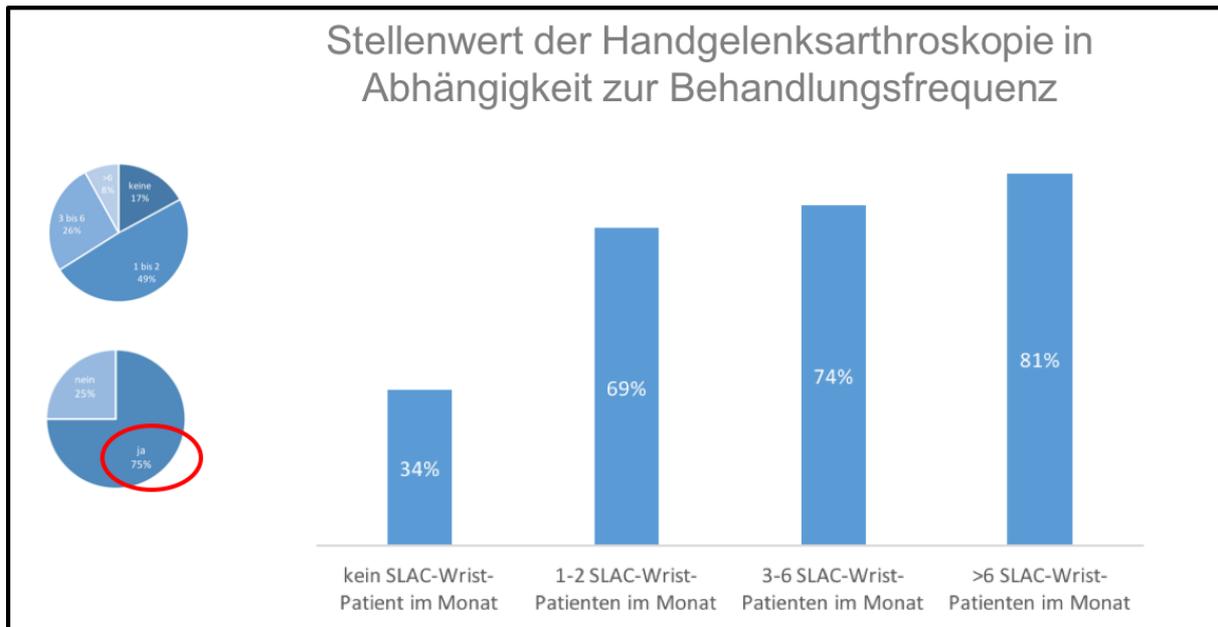


Abbildung 21: Darstellung der Analyse des Stellenwertes der Handgelenksarthroskopie in Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz.

Für 75% der teilnehmenden Ärzte hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Diagnostik des fortgeschrittenen karpalen Kollapses (Abb.17). In Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz steigt der Stellenwert der Handgelenksarthroskopie. So finden nur 34%, welche keine SLAC-Patienten sehen, dass die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Diagnostik habe, während die Teilnehmer, die ein bis zwei Patienten monatlich sehen, dies zu 69% befinden. 74% der Gruppe, welche drei bis sechs Patienten monatlich sehen schreiben der Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert zu, 81% tun dies in der Gruppe, welche über 6 Patienten sehen (Abb.21)

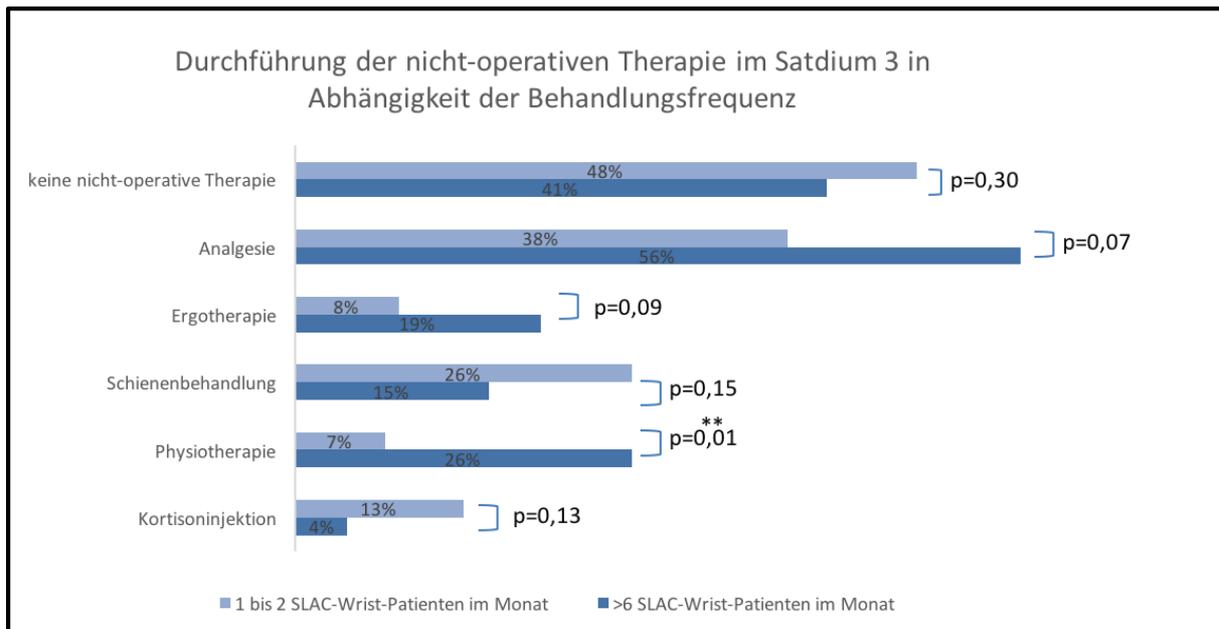


Abbildung 22: Korrelation der Durchführung nicht-operativer Therapien im Stadium 3 in Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz.

Hinsichtlich der nicht-operativen Therapie im Stadium 3 untersuchten wir die Therapieoptionen in Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz der Gruppen, welche ein bis zwei und über sechs Patienten monatlich sehen. Man kann hier erkennen, dass die Durchführung der Physiotherapie signifikant mit der Behandlungsfrequenz zunimmt, die Durchführung der Ergotherapie und Analgesie tendenziell ebenso. Außerdem führen die Teilnehmer, welche ein bis zwei Patienten im Monat sehen, die Kortisoninjektion und die Schienenbehandlung tendenziell öfter durch (Abb. 22)

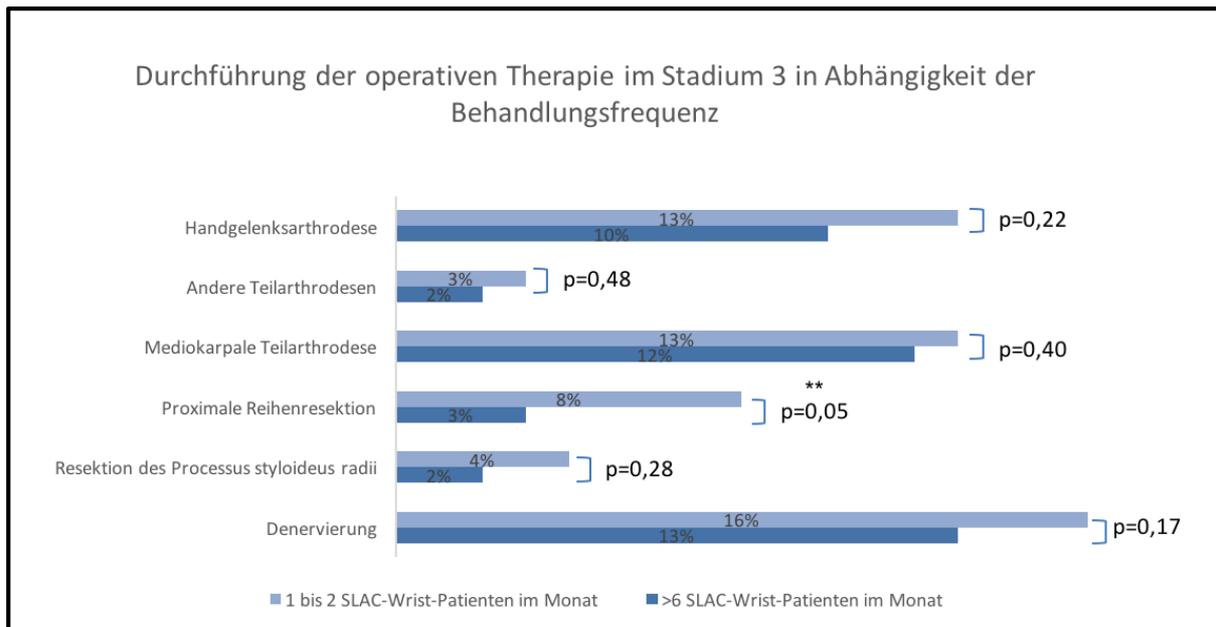


Abbildung 23: Korrelation der Durchführung operativer Therapien im Stadium 3 in Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz.

Bei der Durchführung der operativen Therapie im Stadium 3 in Abhängigkeit der Behandlungsfrequenz fällt auf, dass die Durchführung der proximalen Reihenresektion im Stadium 3 mehr als doppelt so häufig von der Gruppe angegeben wurde, die ein bis zwei Patienten durchschnittlich monatlich sehen (Abb. 23)

6 DISKUSSION

Die Therapie des *SLAC wrist* hängt maßgeblich vom Stadium ab. Eine erfolgreiche Behandlung erfordert daher eine korrekte Stadieneinteilung. Die übliche Diagnostik umfasst das konventionelle Röntgenbild und kann durch weitere diagnostische Mittel wie z.B. die Handgelenksarthroskopie erweitert werden.

Die vorliegende Arbeit sollte überprüfen, ob die Schweregradeinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses anhand der Röntgenbilder eine ausreichende Interrater-Reliabilität aufweist. Ferner analysierten wir den Einfluss der diagnostischen Arthroskopie auf die Stadieneinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur. Durch die deutschlandweite Online-Umfrage zum Thema *SLAC wrist* konnten wir zusätzlich eine Übersicht zur üblicherweise durchgeführten Diagnostik und Therapie des karpalen Kollapses erlangen.

6.1 Interrater-Reliabilität bei der Beurteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses anhand von Röntgenbildern

Wir konnten zeigen, dass die Stadieneinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur mithilfe des konventionellen Röntgenbildes nur eine schwache bis bestenfalls leichte Interrater-Reliabilität aufweist. Die hier gewählte Interpretation nach Altmann bewertet einen Kappa-Wert zwischen 0,21 und 0,4 als leichte Übereinstimmung und erst Werte über 0,4 als mittelmäßige Übereinstimmung. Andere Interpretationen, z.B. nach Greve und Wontorra bewerten Cohens Kappa erst ab einem Wert von 0,4 als „akzeptabel“. Demnach hätte keines der Untersucherpaare eine akzeptable Übereinstimmung erreicht [70].

Auffällig war, dass die Chirurgen generell zur Diagnose niedrigerer Stadien des fortgeschrittenen karpalen Kollapses tendierten als die Radiologen. Im Falle eines Stadium 3 könnte eine Unterbewertung als Stadium 2 zum Beispiel die Planung einer proximalen Reihenresektion nach sich ziehen, welche aber im Stadium 3 von den meisten Autoren nicht empfohlen wird [42]. Unsere Arbeit belegt, dass die alleinige Beurteilung des Stadiums aus dem Röntgenbild unzuverlässig ist. Sie sollte durch weitere diagnostische Maßnahmen wie die Handgelenksarthroskopie ergänzt werden. Gestützt wird diese Aussage von Vishwanatan et al. Die englische Arbeitsgruppe untersuchte die Inter- und Intrarater-Reliabilität der *SLAC- und SNAC-wrist*-Klassifikationen von 4 Handchirurgen zweimalig anhand von Röntgenbildern. Für den fortgeschrittenen karpalen Kollaps nach skapholunärer Bandruptur ergab sich eine gute Intrarater-Reliabilität, jedoch nur eine mittelmäßige Interrater-Reliabilität nach Altmann.

Die größte Übereinstimmung bestand im Stadium 3, die geringste im Stadium 1. Dies erklärt sich durch die noch gering ausgeprägte Arthrose im Stadium 1 und durch die spezielle Lokalisation derselben [56]. Eine Limitation dieser und auch unserer Studie ist, dass lediglich Röntgenaufnahmen in zwei und nicht in vier Ebenen beurteilt wurden, was in manchen handchirurgischen Kliniken als Mindeststandard gefordert wird [70].

Mehrere Studien haben die Aussagekraft der MRT bezüglich der Diagnostik von SL-Band-Läsionen untersucht. Mayer und Mitarbeiter stellen 2013 in ihrer Studie fest, dass die MRT für den Ausschluss von SL-Bandläsionen gut geeignet sei, zum Nachweis einer SL-Bandläsion hingegen der diagnostischen Arthroskopie unterlegen ist [28]. Insgesamt schwanken die Werte für die Sensitivität in der Diagnostik von SL-Bandläsionen zwischen 41% und 86% und der Spezifität zwischen 46% und 94% [57-61]. Schädel-Höpfner und Mitarbeiter veröffentlichten 2001 eine Arbeit, welche belegte, dass mittels der Magnetresonanztomographie (MRT) im Vergleich zur Arthroskopie in nur 75% die korrekte Diagnose SL-Bandläsion gestellt werden konnte [62]. Eine australische Querschnittstudie verglich unter anderem die Beurteilung der Knorpelbeschaffenheit in der Fossa Lunata in der Magnetresonanztomographie mit der Handgelenksarthroskopie. Hierbei stellte sich heraus, dass die Magnetresonanztomographie der Arthroskopie bei der Detektion von Knorpelschäden unterlegen ist. Auch die Kombination aus klinischen Untersuchungen im Sinne von Stresstests und MRT-Diagnostik kann die Qualität der Aussage nicht wesentlich verbessern [60]. Abzuwarten bleibt, ob aktuelle Magnetresonanztomographen mit 3 Tesla Feldstärke in Kombination mit speziellen Handspulen als mögliche Alternative zur diagnostischen Arthroskopie Einsatz finden werden.

Auch die MR-Arthrographie kann die Arthroskopie zur Diagnose von ligamentären Verletzungen nicht ersetzen und führt laut einer Arbeit von Yin und Mitarbeitern bei Chirurgen eher zu einer Entscheidung zur konservativen Therapie der Läsion [2, 63]. Obgleich die Computertomographie (CT) ein oft herangezogenes Mittel der Diagnostik beim fortgeschrittenen karpalen Kollaps darstellt, gibt es diesbezüglich nur wenige Arbeiten. Krakauer und Mitarbeiter weisen in ihrer Arbeit "*Surgical treatment of scapholunate advanced collapse*" darauf hin, dass bei der CT-Untersuchung besonderer Wert auf die Dünnschichtigkeit der Aufnahmen sowie die Ausrichtung der Schnitte gelegt werden muss [64].

6.2 Karpale Höhe und SL-Winkel anhand der Messungen an Röntgenbildern

Wenngleich nur die Messungen des SL-Winkels durch die Chirurgen signifikante Unterschiede zwischen den Arthrostadien aufwiesen, zeigten die Messungen der Radiologen immerhin eine deutliche Tendenz. Somit ist der SL-Winkel ein einfach zu erhebendes Maß, was die

Diagnose des karpalen Kollapses untermauern kann. Dies deckt sich weitgehend mit den Aussagen von Megerle und Mitarbeitern sowie Pliefke und Mitarbeitern, die beschrieben, dass die gemessenen SL-Winkel in Röntgenbildern ein zuverlässiges Indiz für die Detektion von SL-Bandläsionen sind [65, 66]. Bei der Messung und Berechnung der *carpal height ratio* stellten wir fest, dass die Werte mit Höhe des Arthrorestadiums zwar tendenziell abnahmen. Eine statistische Signifikanz konnten wir hier jedoch nicht feststellen. Demgegenüber konnte eine türkische Arbeitsgruppe im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe bei karpalem Kollaps nach SL-Bandruptur eine signifikant niedrigere *carpal height ratio* messen [67].

Natras et al. veröffentlichten 1994 eine Arbeit, in der sie eine Alternative zur Berechnung der *carpal height ratio* vorstellten [27]. Die Ratio nach Natras berechnet sich aus der karpalen Höhe in Relation zum *Os capitatum*. Interessanterweise sank die Ratio nach Natras im Gegensatz zur *carpal height ratio* bei unserer Patientengruppe signifikant mit dem Fortschritt des Arthrorestadiums. Dies deckt sich mit der Aussage der Autoren, welche die *carpal height ratio* als präziser ansehen, da die individuelle Länge des *Os capitatum*s weniger variiere als die Länge des dritten Mittelhandknochens.

6.3 Stellenwert der Handgelenksarthroskopie

Wie oben erwähnt, wird der fortgeschrittene karpale Kollaps nach skapholunärer Bandruptur nach den Erstbeschreibern anhand von konventionellen Röntgenbildern in drei Stadien eingeteilt. Es liegt auf der Hand, dass die Arthroskopie strenggenommen nicht herangezogen werden dürfte, um eine radiologische Einteilung zu beurteilen. Nichtsdestotrotz wird die diagnostische Arthroskopie gerade bei der Beurteilung der Arthrose im klinischen Alltag häufig eingesetzt. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass erstaunlich häufig Knorpelschäden gefunden werden, wo keine vermutet wurden, und funktionstüchtiger Knorpel entdeckt wird, wo gemäß Röntgenbild bereits von einer Arthrose auszugehen war [68].

Die diagnostische Handgelenksarthroskopie hat in unserer Studie einen erheblichen Einfluss auf die Schweregradeinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses gehabt. Insbesondere zur Unterscheidung des Stadiums 1 von einem Stadium 2 war die Arthroskopie letztlich wegweisend. Vor allem die sich in der dorsalen *Fossa scaphoidea* nach ulnar ausbreitende Arthrose wurde oftmals erst durch die direkte Inspektion der Gelenkfläche korrekt identifiziert. So wurden, nach der Arthroskopie nur noch insgesamt dreimal ein Stadium 1 diagnostiziert, wo zuvor bei demselben Patientenkollektiv bis zu zwölfmal (Chirurg 1) das Stadium 1 diagnostiziert wurde. Eine Therapieplanung ausschließlich anhand der Röntgenbilder hätte z.B. dazu führen können, dass in einem Stadium 2, welches als Stadium 1 verkannt wurde, ein Eingriff zur Rekonstruktion des SL-Bandes geplant würde[70].

Bain und McGuire weisen darauf hin, dass die Handgelenksarthroskopie bei der Entscheidung zur *Proximal row carpectomy* oder zur Teilarthrodese beim fortgeschrittenen karpalen Kollaps sowohl Auskunft über die Lokalisation, als auch über die Schwere der vorhandenen Knorpelschäden geben und somit die Therapieentscheidung beeinflussen kann [69]. Dies gilt vor allem für die Unterscheidung zwischen Stadium 2 und 3. In unserer Studie fand sich in der Arthroskopie häufiger ein Stadium 2 (dreißigmal) als aus den Röntgenbildern ursprünglich ersichtlich (max. achtzehnmal bei Chirurg 2).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Schweregradeinteilung des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur alleine anhand von konventionellen Röntgenbildern aufgrund der schwachen Interrater-Reliabilität und der fehlenden Übereinstimmung mit den Arthroskopiebefunden nicht ausreichend ist. Dies legt nahe, dass die Handgelenksarthroskopie ein wichtiges Diagnostikum ist, um beim fortgeschrittenen karpalen Kollaps die prädisponierten Arthrose-Lokalisationen unter Vergrößerung zu beurteilen. Letztlich decken sich unsere Ergebnisse mit den Aussagen von *Geissler et al.*, *Mahmmod et al.* und *Mathoulin* und *Messina*, welche die Handgelenksarthroskopie als Goldstandard bei der Diagnostik des karpalen Kollapses betrachten [1-3]. So kann eine optimale, stadiengerechte und individuell angepasste Therapie ermöglicht werden.

Im Gegensatz zur *carpal height ratio* kann die Ratio nach Natrass auch bestimmt werden, wenn die Mittelhandknochen nicht vollständig abgebildet sind. In unserer Untersuchung wies sie signifikante Unterschiede zwischen den drei Stadien des fortgeschrittenen karpalen Kollapses nach skapholunärer Bandruptur auf.

6.4 Online-Umfrage

Die Ergebnisse der durchgeführten Online-Umfrage unterstützen unserer Ansicht im Hinblick auf den Stellenwert der Handgelenksarthroskopie bei der Diagnostik des fortgeschrittenen karpalen Kollapses. 75% aller Teilnehmer beantworteten die Frage „Hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung des SLAC-Wrist“ mit „ja“. Diese Aussage wird dadurch unterstützt, dass die Teilnehmer, welche über sechs Patienten mit karpalem Kollaps monatlich sehen, der Handgelenksarthroskopie zu 81% einen festen Stellenwert zusagen. Hingegen sehen jene Umfrage-Teilnehmer, welche keine Patienten mit fortgeschrittenem karpalen Kollaps sehen, nur zu 34% die Handgelenksarthroskopie als festen Bestandteil in der Therapieplanung des SLAC-Wrist[70].

7 LITERATUR

1. Geissler, W.B., [*Arthroscopic management of scapholunate instability*]. Chir Main, 2006. **25 Suppl 1**: p. S187-96.
2. Mahmood, A., et al., *Wrist MRI Arthrogram v Wrist Arthroscopy: What are we Finding?* Open Orthop J, 2012. **6**: p. 194-8.
3. Mathoulin, C. and J. Messina, [*Treatment of acute scapholunate ligament tears with simple wiring and arthroscopic assistance*]. Chir Main, 2010. **29(2)**: p. 72-7.
4. Rauhaniemi, J., H. Tiisanen, and E. Sipola, *Total wrist fusion: a study of 115 patients*. J Hand Surg Br, 2005. **30(2)**: p. 217-9.
5. Berger, R.A., *A method of defining palpable landmarks for the ligament-splitting dorsal wrist capsulotomy*. J Hand Surg Am, 2007. **32(8)**: p. 1291-5.
6. Kauer, J.M., *The mechanism of the carpal joint*. Clin Orthop Relat Res, 1986(202): p. 16-26.
7. Linscheid, R.L., et al., *Traumatic instability of the wrist. Diagnosis, classification, and pathomechanics*. J Bone Joint Surg Am, 1972. **54(8)**: p. 1612-32.
8. Craigen, M.A. and J.K. Stanley, *Wrist kinematics. Row, column or both?* J Hand Surg Br, 1995. **20(2)**: p. 165-70.
9. Taleisnik, J., *The ligaments of the wrist*. J Hand Surg Am, 1976. **1(2)**: p. 110-8.
10. Weber, E.R., *Concepts governing the rotational shift of the intercalated segment of the carpus*. Orthop Clin North Am, 1984. **15(2)**: p. 193-207.
11. Lichtman, D.M., et al., *Ulnar midcarpal instability-clinical and laboratory analysis*. J Hand Surg Am, 1981. **6(5)**: p. 515-23.
12. Dobyns, J.H. and R.L. Linscheid, *A short history of the wrist joint*. Hand Clin, 1997. **13(1)**: p. 1-12.
13. Gupta, A., *Factors affecting the sagittal alignment of the lunate*. J Hand Surg Eur Vol, 2007. **32(2)**: p. 155-9.
14. Crisco, J.J., et al., *Advances in the in vivo measurement of normal and abnormal carpal kinematics*. Orthop Clin North Am, 2001. **32(2)**: p. 219-31, vii.
15. Crisco, J.J., et al., *In vivo radiocarpal kinematics and the dart thrower's motion*. J Bone Joint Surg Am, 2005. **87(12)**: p. 2729-40.
16. Hagert, E., et al., *Immunohistochemical analysis of wrist ligament innervation in relation to their structural composition*. J Hand Surg Am, 2007. **32(1)**: p. 30-6.
17. Mayfield, J.K., R.P. Johnson, and R.K. Kilcoyne, *Carpal dislocations: pathomechanics and progressive perilunar instability*. J Hand Surg Am, 1980. **5(3)**: p. 226-41.
18. Geissler, W.B., et al., *Intracarpal soft-tissue lesions associated with an intra-articular fracture of the distal end of the radius*. J Bone Joint Surg Am, 1996. **78(3)**: p. 357-65.
19. Short, W.H., et al., *Biomechanical evaluation of the ligamentous stabilizers of the scaphoid and lunate: part III*. J Hand Surg Am, 2007. **32(3)**: p. 297-309.
20. Werner, F.W., et al., *Severity of scapholunate instability is related to joint anatomy and congruency*. J Hand Surg Am, 2007. **32(1)**: p. 55-60.
21. Watson, H.K. and F.L. Ballet, *The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis*. J Hand Surg Am, 1984. **9(3)**: p. 358-65.
22. Watson, H.K., D.t. Ashmead, and M.V. Makhlof, *Examination of the scaphoid*. J Hand Surg Am, 1988. **13(5)**: p. 657-60.
23. Watson, H.K. and J. Weinzweig, *Physical examination of the wrist*. Hand Clin, 1997. **13(1)**: p. 17-34.
24. Linscheid, R.L., et al., *Traumatic instability of the wrist: diagnosis, classification, and pathomechanics*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84-A(1)**: p. 142.

25. Linscheid, R.L. and J.H. Dobyns, *Treatment of scapholunate dissociation. Rotatory subluxation of the scaphoid*. Hand Clin, 1992. **8**(4): p. 645-52.
26. Linn, M.R., F.A. Mann, and L.A. Gilula, *Imaging the symptomatic wrist*. Orthop Clin North Am, 1990. **21**(3): p. 515-43.
27. Nattrass, G.R., et al., *An alternative method for determination of the carpal height ratio*. J Bone Joint Surg Am, 1994. **76**(1): p. 88-94.
28. Mayer, S., et al., *[Diagnostic value of preoperatively performed MRI regarding lesions of the scapholunate ligament in clinical routine]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2013. **45**(1): p. 26-32.
29. Haims, A.H., et al., *MRI in the diagnosis of cartilage injury in the wrist*. AJR Am J Roentgenol, 2004. **182**(5): p. 1267-70.
30. Cerezal, L., et al., *MR and CT arthrography of the wrist*. Semin Musculoskelet Radiol, 2012. **16**(1): p. 27-41.
31. Culp, R.W., *Complications of wrist arthroscopy*. Hand Clin, 1999. **15**(3): p. 529-35, x.
32. Blatt, G., *Capsulodesis in reconstructive hand surgery. Dorsal capsulodesis for the unstable scaphoid and volar capsulodesis following excision of the distal ulna*. Hand Clin, 1987. **3**(1): p. 81-102.
33. Deshmukh, S.C., et al., *Blatt's capsulodesis for chronic scapholunate dissociation*. J Hand Surg Br, 1999. **24**(2): p. 215-20.
34. Kleinman, W.B., *Long-term study of chronic scapho-lunate instability treated by scapho-trapezio-trapezoid arthrodesis*. J Hand Surg Am, 1989. **14**(3): p. 429-45.
35. Watson, H.K., R. Belniak, and M. Garcia-Elias, *Treatment of scapholunate dissociation: preferred treatment--STT fusion vs other methods*. Orthopedics, 1991. **14**(3): p. 365-8; discussion 368-70.
36. De Smet, L., et al., *Salvage procedures for degenerative osteoarthritis of the wrist due to advanced carpal collapse*. Acta Orthop Belg, 2006. **72**(5): p. 535-40.
37. Stamm, T.T., *Excision of the Proximal Row of the Carpus*. Proc R Soc Med, 1944. **38**(2): p. 74-5.
38. Rettig, M.E. and K.B. Raskin, *Long-term assessment of proximal row carpectomy for chronic perilunate dislocations*. J Hand Surg Am, 1999. **24**(6): p. 1231-6.
39. Kremer, T., et al., *Functional results after proximal row carpectomy to salvage a wrist*. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg, 2008. **42**(6): p. 308-12.
40. Trankle, M., et al., *[Proximal row carpectomy: a motion-preserving procedure in the treatment of advanced carpal collapse]*. Unfallchirurg, 2003. **106**(12): p. 1010-5.
41. Baumeister, S., et al., *[Functional results after proximal row carpectomy (PRC) in patients with SNAC-/SLAC-wrist stage II]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2005. **37**(2): p. 106-12.
42. Streich, N.A., A.K. Martini, and W. Daecke, *[Proximal row carpectomy in carpal collapse]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2003. **35**(5): p. 299-303.
43. Inoue, G. and T. Miura, *Proximal row carpectomy in perilunate dislocations and lunatomalacia*. Acta Orthop Scand, 1990. **61**(5): p. 449-52.
44. Begley, B.W. and W.D. Engber, *Proximal row carpectomy in advanced Kienbock's disease*. J Hand Surg Am, 1994. **19**(6): p. 1016-8.
45. Linscheid, R.L., *Kienbock's disease*. Instr Course Lect, 1992. **41**: p. 45-53.
46. Kalainov, D.M., et al., *Preiser's disease: identification of two patterns*. J Hand Surg Am, 2003. **28**(5): p. 767-78.
47. Sauerbier, M., et al., *Midcarpal arthrodesis with complete scaphoid excision and interposition bone graft in the treatment of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC*

- wrist): operative technique and outcome assessment. J Hand Surg Br, 2000. **25**(4): p. 341-5.
48. Krimmer, H., P. Wiemer, and K. Kalb, [Comparative outcome assessment of the wrist joint--mediocarpal partial arthrodesis and total arthrodesis]. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2000. **32**(6): p. 369-74.
 49. Krimmer, H., [Post-traumatic carpal collapse--follow-up and therapeutic concept]. Unfallchirurg, 2000. **103**(4): p. 259.
 50. Watson, H.K., et al., One thousand intercarpal arthrodeses. J Hand Surg Br, 1999. **24**(3): p. 307-15.
 51. Trail, I.A., et al., The long-term outcome of four-corner fusion. J Wrist Surg, 2015. **4**(2): p. 128-33.
 52. Buck-Gramcko, D., [Arthrodeses of the finger and wrist joints]. Aktuelle Probl Chir Orthop, 1977. **6**: p. 8-13.
 53. Buck-Gramcko, D., Denervation of the wrist joint. J Hand Surg Am, 1977. **2**(1): p. 54-61.
 54. Kellgren, J.H. and J.S. Lawrence, Radiological assessment of rheumatoid arthritis. Ann Rheum Dis, 1957. **16**(4): p. 485-93.
 55. Low, S., et al., [Intra- and interobserver reliability of digitally photodocumented findings in wrist arthroscopy]. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2010. **42**(5): p. 287-92.
 56. Vishwanathan, K., et al., Reproducibility of radiographic classification of scapholunate advanced collapse (SLAC) and scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) wrist. J Hand Surg Eur Vol, 2013. **38**(7): p. 780-7.
 57. Haims, A.H., et al., Internal derangement of the wrist: indirect MR arthrography versus unenhanced MR imaging. Radiology, 2003. **227**(3): p. 701-7.
 58. Hobby, J.L., et al., Magnetic resonance imaging of the wrist: diagnostic performance statistics. Clin Radiol, 2001. **56**(1): p. 50-7.
 59. Moser, T., et al., Wrist ligament tears: evaluation of MRI and combined MDCT and MR arthrography. AJR Am J Roentgenol, 2007. **188**(5): p. 1278-86.
 60. Prosser, R., et al., Provocative wrist tests and MRI are of limited diagnostic value for suspected wrist ligament injuries: a cross-sectional study. J Physiother, 2011. **57**(4): p. 247-53.
 61. Scheck, R.J., et al., The carpal ligaments in MR arthrography of the wrist: correlation with standard MRI and wrist arthroscopy. J Magn Reson Imaging, 1999. **9**(3): p. 468-74.
 62. Schadel-Hopfner, M., et al., MRI versus arthroscopy in the diagnosis of scapholunate ligament injury. J Hand Surg Br, 2001. **26**(1): p. 17-21.
 63. Yin, Y., et al., Surgeons' decision making in patients with chronic wrist pain: role of bilateral three-compartment wrist arthrography--prospective study. Radiology, 1996. **200**(3): p. 829-32.
 64. Krakauer, J.D., A.T. Bishop, and W.P. Cooney, Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. J Hand Surg Am, 1994. **19**(5): p. 751-9.
 65. Megerle, K., et al., The significance of conventional radiographic parameters in the diagnosis of scapholunate ligament lesions. Eur Radiol, 2011. **21**(1): p. 176-81.
 66. Pliefke, J., et al., Diagnostic accuracy of plain radiographs and cineradiography in diagnosing traumatic scapholunate dissociation. Skeletal Radiol, 2008. **37**(2): p. 139-45.
 67. Ucan, H., et al., Carpal collapse in patients with rheumatoid arthritis. Clin Rheumatol, 2006. **25**(6): p. 845-9.
 68. Pilny, J., et al., [Arthritis development following untreated scapholunate instability of the wrist]. Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2010. **77**(2): p. 131-3.

69. Bain, G.I. and D.T. McGuire, *Decision making for partial carpal fusions*. J Wrist Surg, 2012. **1**(2): p. 103-14.
70. Hagen, C.S., et al., *[Interrater Reliability of Scapholunate Advanced Collapse (SLAC) Wrist Stage Classification and Influence of Diagnostic Wrist Arthroscopy]*. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2015. **47**(3): p. 175-81.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Darstellung des Skapholunären Bandes	9
Abbildung 2: Einteilung des <i>slac wrist</i> nach Watson und Ballet	16
Abbildung 3: Der Skapholunäre Winkel	19
Abbildung 4: Berechnung der carpal height ratio/ Berechnung der modifizierten Messung nach Natrass	20
Abbildung 5: Visualisierung der Knorpelbeschaffenheit der Prädilektionsstellen	22
Abbildung 6: Beispiel einer Proximalen Reihenresektion	24
Abbildung 7: Beispiel einer mediokarpalen Teilarthrodese	25
Abbildung 8: Fragebogen zur Beurteilung der konventionellen Röntgenaufnahmen	28
Abbildung 9: Fragebogen zur durchgeführten Handgelenksarthroskopie	30
Abbildung 10: Stadieneinteilung anhand der konventionellen Röntgenbilder	33
Abbildung 11: Kappa-Koeffizient nach Cohen zur Bestimmung der Interrater-Reliabilität	34
Abbildung 12: Stadieneinteilung nach Kenntnis der Arthroskopiebefunde	36
Abbildung 13: SL-Winkel aufgeteilt nach dem arthroskopischen SLAC- Stadium	38
Abbildung 14: Frage 1 „Wie vielen Patienten mit Slac-Wrist sehen Sie im Monat durchschnittlich?“	41
Abbildung 15: Frage 2 „Welche Untersuchungen führen Sie üblicherweise bei Verdacht auf SLAC-Wrist durch?“	40
Abbildung 16: Frage 3 „Wie viele Handgelenksarthroskopien führen Sie im Monat durch?“	42
Abbildung 17: Frage 4 „Hat die Handgelenksarthroskopie einen festen Stellenwert in der Therapieplanung des Slac-Wrist?“	42
Abbildung 18: Frage 5: Nicht Operative Behandlung	43
Abbildung 19: Frage 6: Operative Therapie	43
Abbildung 20: Analyse: Bevorzugter Diagnostischen Mittel	45
Abbildung 21: Analyse: Stellenwertes Handgelenksarthroskopie	46
Abbildung 22: Korrelation der Durchführung nicht-operativer Therapien im Stadium 3 in Abhängigkeit Der Behandlungsfrequenz	47

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Arthroskopische Klassifikation karpaler interossärer Bandverletzungen nach Geissler (1996)	13
Tabelle 2: Stadieneinteilung des fortgeschrittenen karpale Kollapses nach Watson und Ballet	14
Tabelle 3: Klassifikation der arthroskopisch ermittelten Knorpelschäden nach Outerbridge	21
Tabelle 4: Häufigkeit der anhand der konventionellen Röntgenbilder diagnostizierten Stadien des fortgeschrittenen karpalen Kollapses	33

10 DANKSAGUNG

Ich möchte mich bei Herrn Prof. Dr. Giunta, meinem Chef für die Überlassung dieses Themas, der Unterstützung und sein Vertrauen in mich bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn PD Dr. Volkmer, meinem Mentor für die uneingeschränkte Betreuung, die ständige Motivation und Inspiration und die Gewährung der ersten wissenschaftlichen und klinischen Einblicke in meinen heutigen Beruf bedanken.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Senada Haras, stellvertretend für das dem gesamten Pflegeteam der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie für die Möglichkeit diese Arbeit unter besten Bedingungen und ständiger Unterstützung anfertigen zu können.

Ich möchte mich ebenfalls bei Frau Dr. Kammer und Herr PD Dr. Saam aus dem Institut für klinische Radiologie für die engagierte Zusammenarbeit bedanken.

Ebenfalls möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden für die konstante Unterstützung bedanken.

11 ANHANG

11.1 Publikation

Interrater Reliability of Scapholunate Advanced Collapse (SLAC) Wrist Stage Classification and Influence of Diagnostic Wrist Arthroscopy

Hagen CS, Saam T, Kammer N, Holzbach T, Giunta RE, Volkmer E.

Handchir Mikrochir Plast Chir. 2015 Jun;47(3):175-81. doi: 10.1055/s-0035-1550007. Epub 2015 Jun 17. German.

<https://doi.org/10.1055/s-0035-1550007>

11.1 Eidesstattliche Versicherung

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Hagen, Christine Sophie

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 20.04.2019

C. Hagen

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand