

Aus der

Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik

Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und
Verbrennungschirurgie an der Universität Tübingen

**Klinische und radiologische Ergebnisse nach chirurgischer
Therapie der perilunären Verletzungen des Handgelenks**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Besz, Wojciech Jedrzej

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Privatdozent Dr. F. Medved
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. S. K. Afat

Tag der Disputation: 07.11.2025

Inhaltsverzeichnis:

Inhaltsverzeichnis:	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XII
Abkürzungsverzeichnis	XIV
1. Einleitung	1
1.1 Definitionen	1
1.1.1 Die perilunäre Luxation (PL)	1
1.1.2 Die Lunatumluxation (LL)	1
1.1.3 Die perilunäre Luxationsfraktur (PLF)	1
1.1.4 Die perilunäre Verletzungen	1
1.2 Epidemiologie	2
1.3 Die Anatomie des Handgelenks	2
1.3.1 Knochen	2
1.3.2 Der Bandapparat	3
1.3.2.1 Die extrinsischen Bänder	3
1.3.2.2 Die intrinsischen Bänder	5
1.3.3 Innervation	6
1.4 Der Pathomechanismus	6
1.5 Klassifizierung	7
1.5.1 Mayfield-Klassifikation	7
1.5.2 Johnson-Klassifikation	9
1.5.3 Herzberg-Klassifikation	10
1.6 Die radiologische Diagnostik	11
1.6.1 Die anteroposteriore Projektion im Röntgenbild	11
1.6.2 Seitliche Projektion	12
1.6.3 Interossäre Winkel	13
1.6.4 DISI und PISI	14

1.7 Therapie	15
1.7.1 Therapieprinzipien	15
1.7.2 Die Operationstechnik	15
1.7.2.1 Die geschlossene Reposition	15
1.7.2.2 Die offene Reposition und interne Fixation (ORIF)	16
1.7.3 Komplikationen	16
1.8 Die wissenschaftliche Fragestellung	17
2. Patienten und Methoden	18
2.1 Das Patientenkollektiv	18
2.1.1 Studienablauf	19
2.1.2 Das Studienprotokoll	19
2.2 Der Selbstbewertungsbogen	20
2.2.1 Der DASH-Fragebogen	29
2.3 Klinische Nachuntersuchung	31
2.3.1 Dynamometrie	31
2.3.2 Pinchmetrie	32
2.3.3 Beweglichkeitsprüfung	32
2.3.4 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test	32
2.4 Der Mayo Wrist Score	33
2.5 Radiologische Beurteilung	34
2.5.1 Die ulnare Translokation der Handwurzel	34
2.5.1.1 Der karpale Translationsindex nach Gilula	35
2.5.1.2 Der karpale Translationsindex nach Bouman	35
2.5.2 Der Kellgren-Lawrence-Score	36
2.5.3 SLAC- und SNAC-Wrist	37
2.5.4 Die Herzberg-Klassifikation	37
2.6 Die statistische Auswertung	38
3. Die Ergebnisse	39
3.1 Retrospektive Datenanalyse	39

3.1.1 Die Patientenpopulation	39
3.1.2 Die Art der Verletzung	41
3.1.3 Frakturen	43
3.1.3.1 Die Morphologie des Os lunatum	44
3.1.4 Begleitverletzungen	44
3.1.5 Parästhesien	44
3.1.6 Die operative Versorgung	45
3.1.6.1 Der operative Zugang	46
3.1.6.2 Die Karpaltunnel- und die Loge-de-Guyon-Spaltung	48
3.1.6.3 Die Verletzung der extrinsischen Bänder	48
3.1.6.4 Die Verletzung der intrinsischen Bänder	48
3.1.6.5 Osteosynthese und Transfixation	49
3.1.6.6 Das Repositionsergebnis	50
3.1.7 Das Kontrollergebnis	52
3.1.7.1 Der karpale Translationsindex	58
3.1.7.2 Konsolidierung	61
3.1.7.3 Arthrose des Handgelenks	62
3.1.7.4 Beurteilung der Arthrose anhand des Kellgren-Lawrence-Scores	63
3.1.7.5 Postoperative Komplikationen	67
3.2 Die klinische Nachuntersuchung	67
3.2.1 Der Selbstbewertungsbogen	67
3.2.1.1 Die betroffene Seite	67
3.2.1.2 Der ausgeübte Beruf	68
3.2.1.3 Schmerzen und Juckreiz	68
3.2.1.4 Der DASH-Fragebogen	70
3.2.2 Goniometrie	70
3.2.3 Die Dynamometrie	76
3.2.4 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test	86
3.2.5 Mayo Wrist Score	86
4. Diskussion	89
4.1 Die Patientenpopulation	89

4.2 Die Art der Verletzung	90
4.3 Die operative Versorgung	92
4.4 Die Immobilisierungszeit	93
4.5 Der radiologische Verlauf nach der operativen Versorgung	93
4.6 Frakturkonsolidierung	96
4.7 Arthrose des Handgelenks	97
4.8 Postoperative Komplikationen	99
4.9 Klinische Nachuntersuchung	99
4.10 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test	103
4.11 Mayo-Wrist-Score	103
4.12 Die berufliche Tätigkeit der untersuchten Patienten	105
4.13 Der DASH-Fragebogen	106
4.14 Die Analyse der Schmerzsymptomatik	107
4.15 Schlussfolgerungen	108
5. Zusammenfassung	109
6. Literaturverzeichnis	111
7. Erklärung zum Eigenteil	117
8. Veröffentlichungen	118

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomie des Handgelenks, die Handwurzelknochen von palmar:	3
Abb. 2: Anatomie des Handgelenks, die Handwurzelknochen von dorsal:	3
Abb. 4: Die Anatomie des Handgelenks von palmar, die palmaren extrinsischen Bänder:	5
Abb. 3: Anatomie des Handgelenks von dorsal, das dorsale extrinsische Band: 1: Lig. radiokarpale dorsale	5
Abb. 5: Anatomie des Handgelenks von palmar, die palmaren extrinsischen Bänder:	6
Abb. 6: Anatomie des Handgelenks von dorsal, die dorsalen intrinsischen Bänder:	6
Abb. 7: Schematische Darstellung der Stadien der perilunären Instabilität von I bis IV nach Mayfield	8
Abb. 8: Schematische Darstellung der Stadien der perilunären Instabilität nach Mayfield et al. (1980) in anteroposteriorer Projektion (I) und in lateraler Projektion (von II bis IV):	9
Abb. 9: Schematische Darstellung der Johnson-Klassifikation in anteroposteriorer Projektion	10
Abb. 10: Schematische Darstellung der Herzberg-Klassifikation in lateraler Projektion	11
Abb. 11: Schematische Darstellung der Gilula Bögen I, II und III in anteroposteriorer Projektion	12
Abb. 12: Schematische Darstellung der interossären Winkel in lateraler Projektion:	13
Abb. 13: DISI (dorsale interkalierte Segmentinstabilität) und PISI (palmar interkalierte Segmentinstabilität):	14
Abb. 14: Karpaler Translationsindex nach Gilula in anteroposteriorer Projektion	35
Abb. 15: Karpaler Translationsindex nach Bouman in anteroposteriorer Projektion.	36
Abb. 16: Das Alter der Patienten am Tag der Verletzung.	40
Abb. 17: Prozentsatz der Patienten mit einer Luxation am Arbeitsplatz	40
Abb. 18: Ursachen der Verletzung	41
Abb. 19: Prozentsatz der perilunären Luxationen (PL) und perilunären Luxationsfrakturen (PLF) in der Patientenpopulation	42
Abb. 20: Die Anzahl der Patienten, die in jedem Stadium (II, III oder IV) der Mayfield-Klassifikation mit perilunärer Luxation (PL) und perilunärer Luxationsfraktur (PLF)	

diagnostiziert wurden	42
Abb. 21: Die Anzahl der Fälle einzelner Handwurzelknochenfrakturen.	43
Abb. 22: Prozentsatz der möglichen Lokalisationen einer Fraktur des Os scaphoideum	43
Abb. 23: Lokalisation des Bereichs der bei der Aufnahme ins Krankenhaus diagnostizierten Parästhesien	45
Abb. 24: Die Zeit von der Verletzung bis zur geschlossenen Reposition (Verletzung-Reposition) der Luxation und die Zeit von der Verletzung bis zur offenen chirurgischen Versorgung	46
Abb. 25: Der verwendete Operationszugang	46
Abb. 26: Der prozentuale Bewegungsumfang der betroffenen Hand im Vergleich mit der gesunden Hand bei der Flexion und Extension und ein Vergleich zwischen dem dorsalen und dem kombinierten dorsalen und palmaren Zugang.	47
Abb. 27: Ergebnisse der Winkelmessungen von SL, CL und RL nach Reposition	51
Abb. 28: Ergebnisse der Messungen des SL-Abstands nach der Reposition	51
Abb. 29: Ergebnisse der Messungen der Winkel SL, CL und RL in der neuesten verfügbaren radiologischen Untersuchung	53
Abb. 30: Ergebnisse der Messungen des SL-Abstands in der neuesten verfügbaren radiologischen Untersuchung, ausgedrückt in Millimetern. n=58.	54
Abb. 31: Vergleich der SL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxation (PL).	55
Abb. 32: Vergleich der RL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxation (PL).	56
Abb. 33: Vergleich der SL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF).	57
Abb. 34: Vergleich der CL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF).	57
Abb. 35: Vergleich der SL-Abstand in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF).	58
Abb. 36: Schweregrad der Arthrose bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen nach dem Kellgren-Lawrence-Score von 1 bis 4 (0 bedeutet keine Arthroseanzeichen) bei der radiologischen Kontrolle.	63

Abb. 37: Anzahl der Fälle bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen in jedem Stadium (1-3) von SNAC (scaphoid nonunion advanced collapse), SLAC (scapholunate advanced collapse) und die Anzahl der Fälle mit isolierter Mediokarpalarthrose (zwischen Os lunatum und Os capitatum), Radiokarpalarthrose und Radio- und Mediokarpalarthrose die nicht mit SLAC/SNAC assoziiert waren	64
Abb. 38: Herzberg-Klassifikation (A, A1, B, B1, C) der radiologischen Ergebnisse der Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) bei der ersten Kontrolle nach der Entfernung der Kirschner-Drähte.	65
Abb. 39: Herzberg-Klassifikation (A, A1, B, B1, C) der radiologischen Ergebnisse der Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) bei der zweiten Kontrolle.	65
Abb. 40: In der Abbildung wurden wichtige Ursachen für die Herzberg-Klassifikation „B“ bei der letzten röntgenographischen Kontrolle bei den Patienten nach PL und PLF dargestellt	66
Abb. 41: Die berufliche Tätigkeit der Patienten hinsichtlich der Belastung der Hand bei der Arbeit	68
Abb. 42: Die Intensität der Beschwerden bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL	69
Abb. 43: Die Intensität der Beschwerden bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF)	70
Abb. 44: Vergleich des Bewegungsumfangs in Flexion und Extension (ausgedrückt in Grad) der betroffenen Seite mit der Gegenseite.	71
Abb. 45: Der Vergleich des Bewegungsumfangs in Flexion und Extension der verletzten Hand (ExtFlex_betroffene_Seite) und der Gegenseite (ExtFlex_Gegenseite).	71
Abb. 46: Vergleich des Bewegungsumfangs in Radial- und Ulnarabduktion (ausgedrückt in Grad) der betroffenen Seite mit der Gegenseite.	72
Abb. 47: Der Vergleich des Bewegungsumfangs in Radial- und Ulnarabduktion der verletzten Hand (RadUlnAbd_betroffene_Seite) und der Gegenseite (RadUlnAbd_Gegenseite).	73
Abb. 48: Der Unterschied im Bewegungsumfang der verletzten Seite in Extension und Flexion unter Berücksichtigung der Art der Verletzung	75

Abb. 49: Ergebnisse der Ergometrie in Position 2, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite.	76
Abb. 50: Die Unterschiede in den Ergometrie-Ergebnissen in Position 2 zwischen der verletzten Seite (Ergometrie_Pos2_betroffene_Seite) und der Gegenseite (Ergometrie_Pos2_Gegenseite).	77
Abb. 51: Ergebnisse der Pinchmetrie im Schlüsselgriff, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite.	77
Abb. 52 Die Unterschiede beim Schlüsselgriff zwischen der verletzten Seite (Pimchmetrie_Schlüsselgriff_betroffene_Seite) und der Gegenseite (Pimchmetrie_Schlüsselgriff_Gegenseite).	78
Abb. 53: Ergebnisse der Pinchmetrie im Dreipunktgriff, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite.	78
Abb. 54 Die Unterschiede beim Dreipunktgriff zwischen der verletzten Seite (Pimchmetrie_ Dreipunktgriff _betroffene_Seite) und der Gegenseite (Pimchmetrie_Dreipunktgriff_Gegenseite).	79
Abb. 55: Prozentsatz der Kraft der Gegenseite bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen in der Ergometrie in Position 2 sowie in der Pinchmetrie beim Schlüsselgriff und Dreipunktgriff	81
Abb. 56: Ergebnisse der Messungen mit dem Pinchmeter bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen zwischen Daumen und Zeigefinger, Daumen und Mittelfinger, Daumen und Ringfinger sowie Daumen und kleinem Finger	82
Abb. 57: Unterschied zwischen der Griffstärke der verletzten Hand im Vergleich zur Gegenseite bei Patienten mit und ohne Arthrose	84
Abb. 58: Prozentsatz des Normwerts der verletzten Seite und der Gegenseite in der Dynamometrie bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen	84
Abb. 59: Die Prozentwerte der Norm bei der Dynamometrie der verletzten und unverletzten Hand	85
Abb. 60: Die auffälligen Ergebnisse bei den Patienten nach dem Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test	86
Abb. 61: Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen	87
Abb. 62: Qualitative Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores bei allen Patienten mit	

perilunären Verletzungen	87
Abb. 63: Die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores.	88
Abb. 64: Der Median des Mayo-Wrist-Scores bei den Patienten mit und ohne Arthrose des Handgelenks	89

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Der Selbstbewertungsbogen, den die Patienten erhielten, um den Einfluss der Verletzung auf die Lebensqualität und das tägliche Funktionieren zu bewerten.	21
Tab. 2: Der DASH-Fragebogen (Germann et al. 1999)	29
Tab. 3: Normen für den Bewegungsbereich des Handgelenks (Schünke et al. 2007)	32
Tab. 4: Der Mayo Wrist Score (Cooney et al. 1987)	34
Tab. 5: Die Herzberg-Klassifikation der radiologischen Ergebnisse	38
Tab. 6: Beschädigte Bänder (SL+LT-Band), SL-Band oder LT-Band unterteilt nach der Art der Verletzung: PL (perilunäre Luxation) oder PLF (perilunäre Luxationsfraktur). n=70.	49
Tab. 7: Die Kombinationen der Achsen bei den durchgeführten Transfixationen zwischen den Knochen des Handgelenks.	50
Tab. 8: Der Median der interkarpalen Winkel nach der Reposition.	52
Tab. 9: Der Median der interkarpalen Winkel bei der letzten röntgenographischen Untersuchung	55
Tab. 10: Ergebnisse des karpalen Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen	59
Tab. 11: Der karpale Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei den Patienten mit ulnarer Translokation.	60
Tab. 12: Der karpale Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei den Patienten ohne ulnare Translokation.	61
Tab. 13: Zeit (Wochen) von der Operation bis zur partiellen und vollständigen Durchbauung des Os scaphoideum und Os triquetrum	61
Tab. 14: Anzahl der Patienten, bei denen nach Anwendung einer bestimmten Anzahl von Transfixationen eine Arthrose des Handgelenks festgestellt wurde.	62
Tab. 15: Der Bewegungsumfang bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) bei der Nachuntersuchung.	74
Tab. 16: Durchschnittliche Ergebnisse der Hand-Ergometrie (Position 2) und der Pinchmetrie (in den Positionen Schlüsselgriff und Dreipunktgriff)	80
Tab. 17: Durchschnittliche Ergebnisse der Hand-Ergometrie (Position 2) und Pinchmetrie (Schlüsselgriff, Dreipunktgriff und Spitzgriff) bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und einer perilunären Luxationsfraktur (PLF).	83

Tab. 18: Vergleich der Ergebnisse für die Interkarpalwinkel (SL-, CL- und RL-Winkel) und den SL-Abstand bei der letzten röntgenografischen Kontrolluntersuchung mit den Ergebnissen in der Literatur.	94
Tab. 19: Literaturübersicht zu den klinischen Ergebnissen von Patienten nach perilunären	102
Tab. 20: Vergleich der eigenen Ergebnisse beim Mayo Wrist Score mit den Ergebnissen in der Literatur.	105

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
CL	Capitolunär
CT	Computertomographie
DASH	Disabilities of the arm, shoulder and hand
DISI	Dorsal intercalated segment instability
IQR	Interquartilsabstand
K-Drähte	Kirschner-Drähte
Lig.	Ligamentum
LL	Lunatumluxation
LT	Lunotriquetral
MHK	Mittelhandknochen
Min:	Minimalwert
Max:	Maximalwert
N.	Nervus
ORIF	Offene Reposition und interne Fixation
PL	Perilunäre Luxation
PLF	Perilunäre Luxationsfraktur
PSR	Processus styloideus radii
PSU	Processus styloideus ulnae
RL	Radiolunär
SL	Skapholunär
SLAC	Scapholunate advanced collapse
SNAC	Scaphoid nonunion advanced collapse
SWMF	Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test
TFCC	Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex
PISI	Palmare interkalierte Segmentinstabilität

1. Einleitung

1.1 Definitionen

1.1.1 Die perilunäre Luxation (PL)

Die perilunäre Luxation (PL) wird als eine Verrenkung der Handwurzelknochen um das Os lunatum herum definiert. Am häufigsten kommt es dabei zu einer Dislokation des Os capitatum. Bei einer perilunären Luxation bleibt das Os lunatum in der Fossa lunata, wobei aber häufig eine Subluxation des Os lunatum auftritt (Gilula et al. 2002). Bei der perilunären Luxation handelt es sich um eine ligamentäre Verletzung (Herzberg et al. 1993).

1.1.2 Die Lunatumluxation (LL)

Eine Lunatumluxation (LL) wird als vollständige Dislokation des Os lunatum definiert. In den meisten Fällen tritt zuerst eine perilunäre Luxation auf, weshalb die Lunatumluxation als Endstadium der perilunären Luxation verstanden wird. Obwohl es in der Regel palmar zu einer Lunatumluxation kommt, tritt sie in seltenen Fällen auch dorsal auf. Perilunäre Luxationen und Lunatumluxationen gehören zu derselben Kategorie und basieren auf demselben Mechanismus (Gilula et al. 2002).

1.1.3 Die perilunäre Luxationsfraktur (PLF)

Die perilunäre Luxationsfraktur (PLF) wird als eine Luxation der Handwurzelknochen neben dem Os lunatum mit einzelnen oder mehreren Frakturen der Handwurzelknochen definiert, wobei häufig das Os scaphoideum, das Os capitatum und das Os triquetrum betroffen sind (Herzberg et al. 1993). Frakturen des Processus styloideus radii (PSR) und des Processus styloideus ulnae (PSU) treten sehr oft auf, gehören aber nicht zur eigentlichen Klassifikation der PLF (Gilula et al. 2002).

1.1.4 Die perilunäre Verletzungen

Der Begriff perilunäre Verletzungen umfasst sowohl perilunäre Luxationen als auch perilunäre Luxationsfrakturen (Najarian et al. 2010).

1.2 Epidemiologie

Es wird geschätzt, dass perilunäre Luxationen weniger als 10 % aller Handgelenksverletzungen ausmachen (Minami und Kaneda 1993). Bisher gibt es nur 4 Follow-up-Studien mit mehr als 50 Patienten (Adkison und Chapman 1982, Garcia-Elias et al. 1986, Herzberg et al. 1993, Israel et al. 2016). Perilunäre Verletzungen treten am häufigsten (in 90 % der Fälle) bei jungen Männern im Alter von 25-40 Jahren auf (Kremer et al. 2010). Perilunäre Luxationen werden selten bei Menschen über 65 Jahren diagnostiziert (Rubin et al. 2021). Viele Autoren weisen darauf hin, dass ca. 25 % der perilunären Luxationen primär fehldiagnostiziert werden (Garcia-Elias et al. 1986; Herzberg et al. 1993; Dunn et al. 2017; Çolak et al. 2018). Tanure et al. 2021 geben jedoch in ihrer Studie einen geringeren Prozentsatz an Fehldiagnosen unter den Assistenzärzten und Fachärzten für Orthopädie an, nämlich 8,81 % für perilunäre Luxationen und 1,76 % für transscaphoidale perilunäre Luxationsfrakturen. Fehldiagnosen innerhalb oder außerhalb eines Polytraumas sind mit schlechteren Therapieergebnissen verbunden, da sie zu einer Verzögerung der definitiven Behandlung oder zu chronischen Fällen führen können, was häufiger zu Komplikationen wie Fehlstellungen der Handwurzelknochen und dem Auftreten einer post-traumatischen Arthrose des Handgelenks führt (Herzberg 2000).

1.3 Die Anatomie des Handgelenks

1.3.1 Knochen

Es gibt insgesamt acht Handwurzelknochen, die in proximale und distale Reihe unterteilt werden. Die proximale Reihe besteht aus vier Knochen (von radial nach ulnar): Os scaphoideum (das Kahnbein), Os lunatum (das Mondbein), Os triquetrum (das Dreieckbein) und Os pisiforme (das Erbsenbein). Die distale Reihe umfasst das Os trapezium (das große Vieleckbein), Os trapezoideum (das kleine Vieleckbein), Os capitatum (das Kopfbein) und das Os hamatum (das Hakenbein). Das Os scaphoideum verfügt über eine proximale radiale Gelenkfläche, eine distale Gelenkfläche, eine Gelenkfläche am ulnaren Teil des proximalen Pols zur Artikulation mit dem Os lunatum und eine mediale Gelenkfläche mit dem Os capitatum. Das mondförmige Os lunatum wird in einen dorsalen und einen palmaren Pol unterteilt. Die lateralen und medialen Flächen bilden Gelenke mit dem Os scaphoideum und Os triquetrum. Die distale Oberfläche bildet ein Gelenk mit dem Os capitatum und gelegentlich auch mit dem Os hamatum: Das Os lunatum Typ I,

ohne Gelenkfläche mit dem Os hamatum, und das Os lunatum Typ II, mit einer Gelenkfläche mit dem Os hamatum (Viegas et al. 1990). Proximal bildet das Os lunatum ein Gelenk mit dem distalen Radius (Berger 1996; Abb. 1 und Abb. 2).

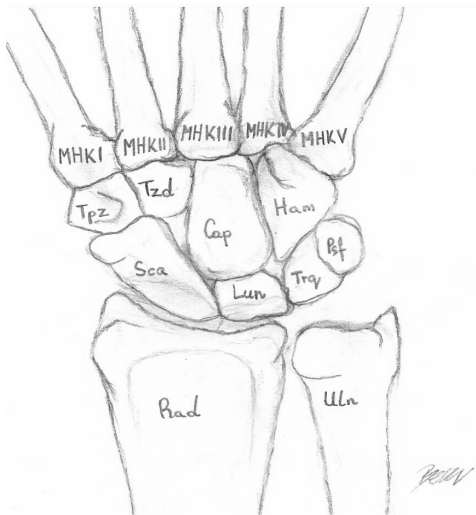


Abb. 1: Anatomie des Handgelenks, die Handwurzelknochen von palmar:

MHK I bis V: Mittelhandknochen I bis V

Sca: Os scaphoideum

Lun: Os lunatum

Trq: Os triquetrum

Psf: Os pisiforme

Tpz: Os trapezium

Tzd: Os trapezoideum

Cap: Os capitatum

Ham: Os hamatum

Rad: Radius

Uln: Ulna

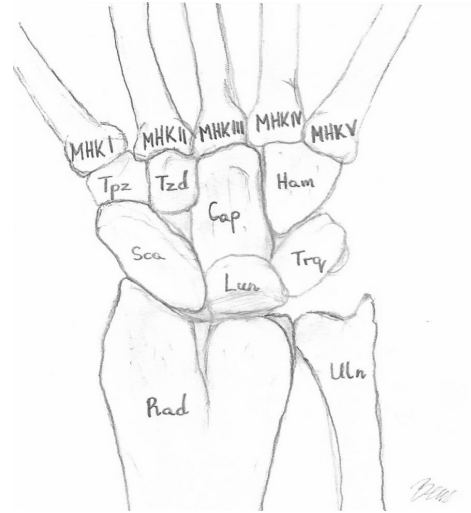


Abb. 2: Anatomie des Handgelenks, die Handwurzelknochen von dorsal:

MHK I bis V: Mittelhandknochen I bis V

Sca: Os scaphoideum

Lun: Os lunatum

Trq: Os triquetrum

Tpz: Os trapezium

Tzd: Os trapezoideum

Cap: Os capitatum

Ham: Os hamatum

Rad: Radius

Uln: Ulna

1.3.2 Der Bandapparat

Die Bänder des Handgelenks werden in zwei Gruppen eingeteilt, den intrinsischen und extrinsischen Bändern (Taleisnik 1976).

1.3.2.1 Die extrinsischen Bänder

- Palmar gibt es vier radiokarpale Bänder, die eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung der distalen Reihe des Handgelenks spielen (Mayfield 1980; Abb. 4).
- 1) Das Lig. radioscaphocapitatum entspringt proximal dem radialen Processus styloideus radii und setzt distal an der radialen Oberfläche des Kahnbeins und proximal am distalen Pol des Kahnbeins an. Etwa 10 % der Fasern befinden sich dabei in der Mitte des palmaren Os capitatum (Berger 1997). Bei einer Fraktur der proximalen

Hälfte des Kahnbeins kann das Lig. radioscaphocapitatum in den Frakturspalt interponieren und dann zu einer Kahnbein-Pseudarthrose führen (Hirt et al. 2016).

- 2) Das lange Lig. radiolunatum, das in der Literatur oft als Lig. radiolunotriquetrum bezeichnet wird, entspringt proximal dem palmaren Rand der Fossa scaphoidea des distalen Radius, endet distal am radialen und distalen Rand des Os lunatum und in der palmaren Oberfläche des Os triquetrum. Es schützt vor der Translokation des gesamten Handgelenks und vor der ulnaren Translokation des Os lunatum (Berger 1997; Mayfield 1980). Durch die Trennung zwischen dem Lig. radioscaphocapitatum und dem langen Lig. radiolunatum bei der Hyperextension des Handgelenks entsteht eine ligamentäre Lücke, der sogenannte Poirier-Raum, in den das Os lunatum dislozieren kann (Mayfield 1980).
- 3) Das Lig. radioscapholunatum, welches auch als Testut-Band bezeichnet wird, ist proximal am volaren Rand des distalen Radius und distal am Kahnbein und am Os lunatum an der Stelle zwischen dem palmaren und proximalen Teil des Lig. scapholunatum befestigt (Kijima und Viegas 2009). Berger (1997) hat das Lig. radioscapholunatum als neurovaskuläres Bündel beschrieben. Histologisch unterscheidet es sich von den anderen Bändern, da es größtenteils aus Arteriolen, Venolen und kleinen Nerven besteht, die in einer schlecht organisierten Kollagenhülle eingebettet sind und von einer dicken Synovialschicht umgeben werden. Die Nervenfasern sind Endäste des Nervus interosseus anterior (Berger 1997).
- 4) Das kurze Lig. radiolunatum setzt proximal am Radiusrand und distal am Os lunatum an und bleibt bei einer perilunären Luxation in der Regel intakt (Berger 1997).
 - Es gibt drei palmare ulnokarpale Bänder:
 - 1) Das Lig. ulnolunatum geht vom proximalen Lig. radioscapholunatum aus und sitzt an der ulnaren Seite des Os lunatum.
 - 2) Das Lig. ulnotriquetrum wird in ein mediales und ein laterales Band unterteilt. Beide stammen vom palmaren Rand des triangulären fibrokartilaginären Komplexes (TFCC) und sind mit dem Pisotriquetralgelenk verbunden (Berger 1997).
 - 3) Das Lig. ulnocapitatum entspringt aus der Fovea der distalen Ulna und dem Processus styloideus ulnae. Distal knüpft es an der proximalen und palmaren Seite des Os capitatum an (Kijima und Viegas 2009).

- Dorsal: Das Lig. radiokarpale dorsale entspringt proximal vom ulnaren und dorsalen Teil des distalen Radius (Lister Tuberkel) und knüpft distal am dorsalen und proximalen Os triquetrum und Os lunatum an (Berger 1997; Abb. 3).

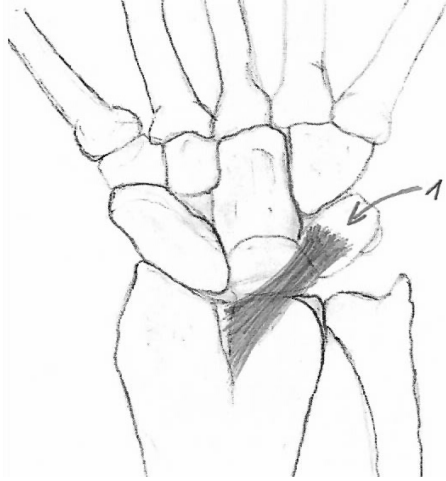


Abb. 4: Anatomie des Handgelenks von dorsal, das dorsale extrinsische Band: 1: Lig. radiokarpale dorsale

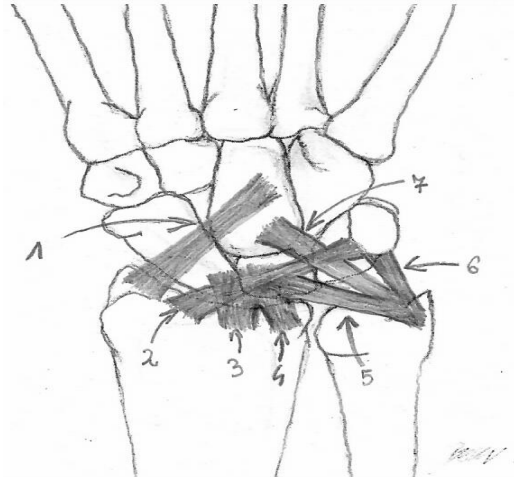


Abb. 3: Die Anatomie des Handgelenks von palmar, die palmaren extrinsischen Bänder:

- 1: Lig. radioscaphocapitatum
- 2: Langes Lig. radiolunatum
- 3: Lig. radioscapholunatum
- 4: kurzes Lig. radiolunatum
- 5: Lig. ulnolunatum
- 6: Lig. ulnotriquetrum
- 7: Lig. ulnocapitatum

1.3.2.2 Die intrinsischen Bänder

Die wichtigsten intrinsischen Bänder sind das Lig. scapholunatum (SL-Band) und das Lig. lunotriquetrum (LT-Band). Beide weisen einen dorsalen, palmaren und proximalen Teil auf. Der proximale Teil des Lig. scapholunatum sorgt für die Rotationsstabilität des scapholunären Gelenks (Kijima und Viegas 2009). Die maximale Belastbarkeit des proximalen Teils des Lig. scapholunatum liegt bei 63 N, während beim palmaren Teil 118 N nötig sind (Berger et al. 1999). Der dorsale Teil spielt eine entscheidende Rolle bei der Stabilisierung des scapholunären Gelenks (Kijima und Viegas 2009). Die maximale Belastbarkeit des dorsalen Teils liegt bei 260 N (Berger et al. 1999). Der stärkste Teil des Lig. lunotriquetrum befindet sich palmar und sorgt für die Stabilität zwischen Os scaphoideum und Os triquetrum. Der dorsale Teil schränkt die Rotation zwischen dem Os lunatum und dem Os triquetrum ein (Berger 1997). Die maximale Belastbarkeit des Lig. lunotriquetrum liegt bei 301 N im palmaren Teil, 121 N im dorsalen Teil und 64 N im proximalen Teil (Ritt et al. 1998; Abb. 5, Abb. 6).

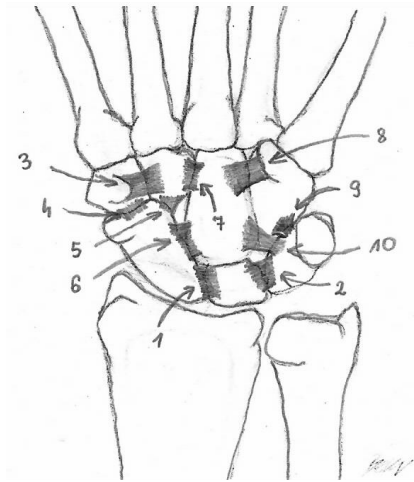


Abb. 5: Anatomie des Handgelenks von palmar, die palmaren intrinsischen Bänder:

- 1: Lig. scapholunatum
- 2: Lig. lunotriquetrum
- 3: Lig. trapeziotrapezoidum
- 4: Lig. scaphotrapezium
- 5: Lig. scaphotrapezoidum
- 6: Lig. scaphocapitatum
- 7: Lig. capitotrapezoidum
- 8: Lig. capitolhamatum
- 9: Lig. Triquetrohamatum
- 10: Lig. Triquetrocapitatum

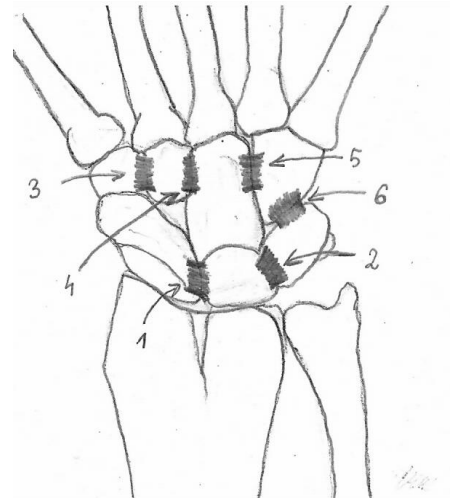


Abb. 6: Anatomie des Handgelenks von dorsal, die dorsalen intrinsischen Bänder:

- 1: Lig. scapholunatum
- 2: Lig. lunotriquetrum
- 3: Lig. trapeziotrapezoidum
- 4: Lig. capitotrapezoidum
- 5: Lig. capitolhamatum
- 6: Lig. triquetrohamatum

1.3.3 Innervation

Das Handgelenk wird von drei Nerven innerviert, nämlich dem N. medianus, N. radialis und N. ulnaris. Jeder Nerv besteht aus sensorischen und motorischen Komponenten. Der N. medianus und den Beugesehnen des Handgelenks verlaufen durch den Karpaltunnel. Die Kompression des N. medianus führt zum Karpaltunnelsyndrom. Die Loge-de-Guyon enthält den N. ulnaris und die Arteria ulnaris. Die Kompression des Loge-de-Guyon löst das Loge-de-Guyon-Syndrom aus.

1.4 Der Pathomechanismus

Bei perilunären Luxationen handelt es sich um komplexe Verletzungen der Handwurzel, die bei einem Hochenergietrauma auftreten. Der Verletzungsmechanismus besteht dabei aus drei Elementen: Hyperextension des Handgelenks, Ulnardeviation und interkarpale

Supination (Mayfield 1980). Die schwächste Verbindung zwischen distaler Handwurzelreihe und distalem Unterarm ist das Lig. radioscaphocapitatum. Das Lig. radioscaphocapitatum ist bei voller Extension und Ulnardeviation der Hand maximal gespannt (Mayfield 1980). Eine perilunäre Luxation tritt auf, wenn das Os capitatum dorsal disloziert und das Os lunatum, das durch das kurze Lig. radiolunatum gehalten wird, in der Fossa lunata bleibt. Außerdem prallt der distale Carpus zurück und verrenkt das Os lunatum aus seiner Fossa in den Poirier-Raum, was zu einer volaren Dislokation und Rotation auf dem kurzen Lig. radiolunatum führt (Herzberg et al. 1993).

1.5 Klassifizierung

Es gibt drei Klassifikationen des Verlaufs von perilunären Verletzungen: die Mayfield-, Johnson- und Herzberg-Klassifikation. Am häufigsten wird die Mayfield-Klassifikation verwendet.

1.5.1 Mayfield-Klassifikation

Die Klassifikation der progressiven perilunären Instabilität nach Mayfield et al. (1980) verwendet vier Stadien (Abb. 7 und Abb. 8).

- I. Eine ligamentäre Verletzung des skapholunären Gelenks: Radiologisch kann sie in der anteroposterioren Projektion als Rotation des Os scaphoideum und als skapholunäre Dissoziation erkannt werden. Sie wird durch einen Defekt im Bereich des Lig. scapholunatum und Lig. radioscaphocapitatum verursacht.
- II. Eine zusätzliche Verletzung des capitulunären Gelenks: Sie kann röntgenographisch in seitlicher Projektion als dorsale Dislokation des Os capitatum erkannt werden und wird durch einen Defekt des Lig. radioscaphocapitatum, des dorsalen Interkarpalbandes und des radialen Kollateralbandes verursacht.
- III. Eine zusätzliche Verletzung des triquetrolunären Gelenks: Radiologisch zeigt sie sich in der Lateralebene als mediokarpale Subluxation mit einer Fehlstellung des Os capitatum und des Os lunatum. Sie wird durch einen Defekt im Bereich des Lig. lunotriquetrum verursacht.
- IV. Eine zusätzliche Verletzung des radiolunären Gelenks: Röntgenographisch zeigt sie sich in der seitlichen Projektion als palmare Verrenkung des Os lunatum. Das Os capitatum liegt dabei wiederum kollinear mit dem Radius.

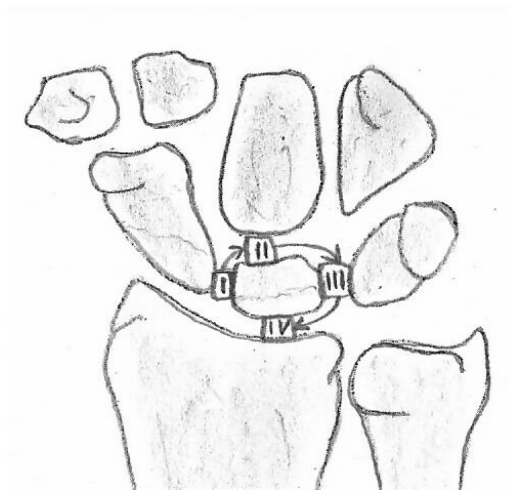


Abb. 7: Schematische Darstellung der Stadien der perilunären Instabilität von I bis IV nach Mayfield et al. (1980) in anteroposteriorer Projektion
 I Verletzung des skapholunären Gelenks:
 II Verletzung des capitulunären Gelenks:
 III Verletzung des triquetrolunären Gelenks:
 IV Verletzung des radiolunären Gelenks

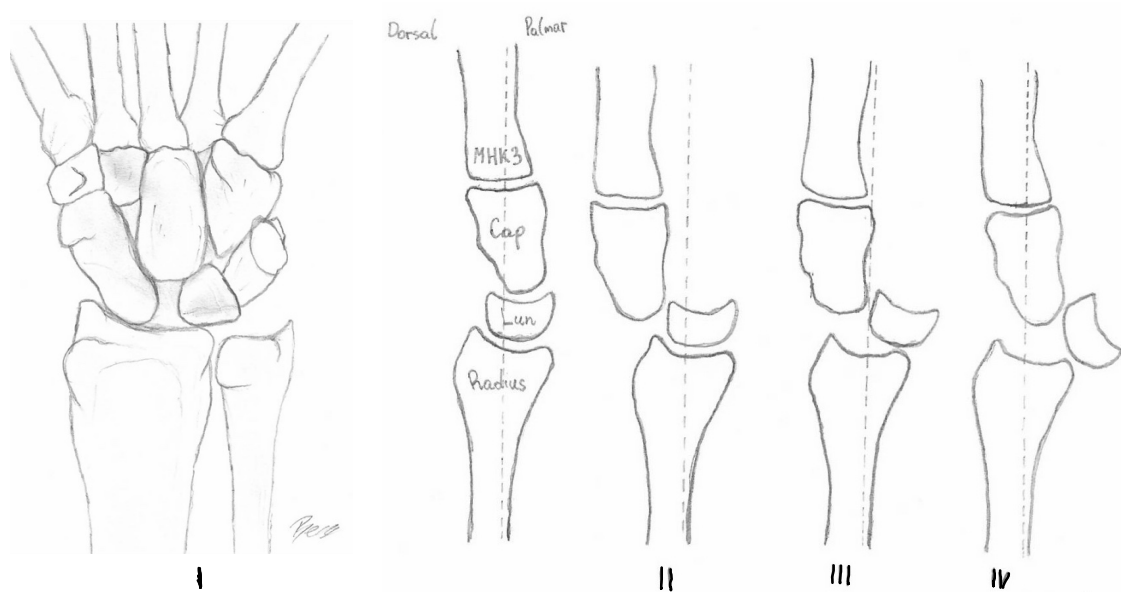


Abb. 8: Schematische Darstellung der Stadien der perilunären Instabilität nach Mayfield et al. (1980) in anteroposteriörer Projektion (I) und in lateraler Projektion (von II bis IV):
 I: skapholunäre Dissoziation
 II: dorsale Dislokation des Os capitatum;
 III: mediokarpale Subluxation;
 IV: Palmare Lunatumluxation

1.5.2 Johnson-Klassifikation

Johnson (1980) unterscheidet zwei Formen der perilunären Luxation, nämlich die Lesser-Arc-Verletzung und die Greater-Arc-Verletzung (Abb. 9). Eine Luxation des Mondbeins ohne Frakturen der Handwurzelknochen wird als Lesser-Arc-Verletzung oder vollständige perilunäre Luxation bezeichnet. Dabei sind die das Handgelenk stabilisierenden Bänder beschädigt. Bei Greater-Arc-Verletzungen tritt die Luxation zusammen mit Frakturen der Handwurzelknochen auf. Das Traumamuster weist dabei die Form eines größeren Bogens auf, der das Kahnbein, das Os capitatum, Os hamatum und Os triquetrum umfasst. Bei einer reinen Greater-Arc-Verletzung sind alle oben genannten Knochen gebrochen. Viele Fälle liegen allerdings in einem Spektrum zwischen den oben genannten

Extrema (Johnson 1980). Am häufigsten kommt es zu einer transskaphoidalen perilunären Luxationsfraktur (Herzberg et al. 1993). Bei der Ulnardeviation führen auf das Handgelenk einwirkende Kräfte häufig zu einer Avulsion des PSR. Die Johnson-Klassifikation umfasst allerdings keine Frakturen des PSR und des PSU (Johnson 1980; Gilula et al. 2002).

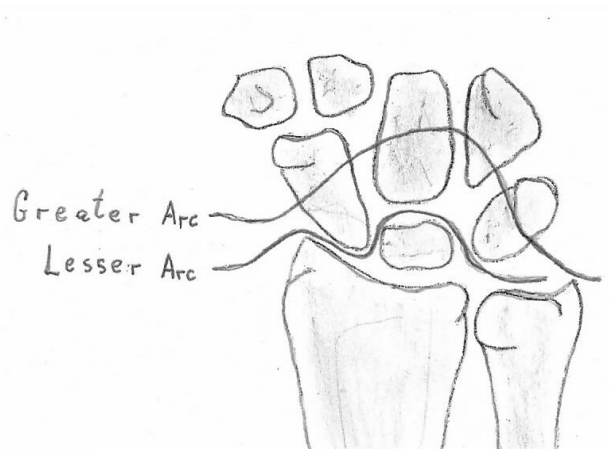


Abb. 9: Schematische Darstellung der Johnson-Klassifikation in anteroposteriorer Projektion. Es gibt zwei Formen von perilunären Verletzungen, nämlich Greater-Arc-transossär; Lesser-Arc-intraligamentär.

1.5.3 Herzberg-Klassifikation

Im ersten Stadium kommt es nach Herzberg et al. (1993) zu einer dorsalen Luxation des Os capitatum, wodurch Druck auf das Os lunatum ausgeübt wird. Im zweiten Stadium kommt es zu einer palmaren Luxation des Os lunatum. Das zweite Stadium wird dann in zwei Subtypen unterteilt, nämlich IIA, bei dem der Winkel zwischen der Längsachse des Os lunatum und der Längsachse des Radius kleiner als 90° ist, und IIB, bei dem dieser Winkel größer als 90° ist (Abb. 10).

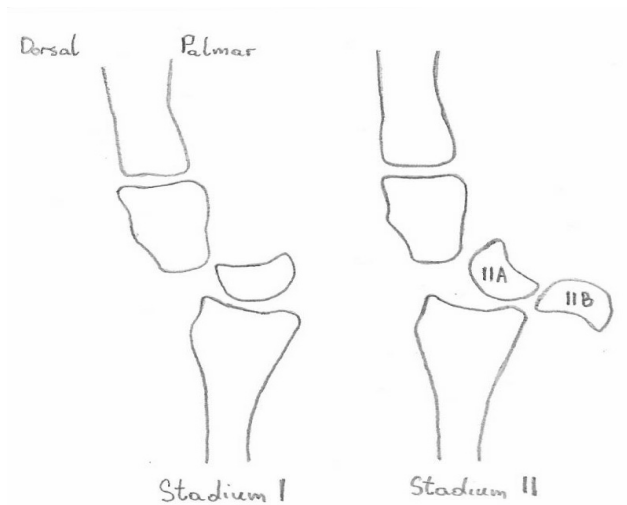


Abb. 10: Schematische Darstellung der Herzberg-Klassifikation in lateraler Projektion
: Stadium I, Stadium IIA und IIB

1.6 Die radiologische Diagnostik

Eine Röntgenaufnahme des Handgelenks in zwei Ebenen mit anteroposterioren und lateraler Projektion bildet den Goldstandard für die Diagnose einer perilunären Luxation. Als zusätzliches bildgebendes Verfahren kann die Computertomographie (CT) eingesetzt werden. Eine CT ohne intravenöses Kontrastmittel ist in der Regel als nächste Untersuchung angemessen, wenn die initialen Röntgenaufnahmen eine Fehlstellung des distalen Radioulnargelenks oder der Handwurzelknochen ohne Anzeichen einer Fraktur zeigen (Torabi et al. 2019).

1.6.1 Die anteroposteriore Projektion im Röntgenbild

Um das Handgelenk in der anteroposterioren Projektion beurteilen zu können, werden die Gilula-Bögen beurteilt (Abb. 11). Der Bogen I besteht aus den Konkavitäten des proximalen Os scaphoideum, Os lunatum und Os triquetrum. Der Bogen II bildet die distale Konkavität der oben erwähnten Handwurzelknochen. Der Bogen III besteht aus der Konkavität des proximalen Os capitatum und des Os hamatum. Bei einem gesunden Handgelenk verlaufen die Linien parallel zueinander. Eine Störung innerhalb der Struktur der Bögen verweist auf eine Instabilität der Handwurzelknochen hin (Peh und Gilula 1996). Bei der anteroposterioren Projektion sollte beachtet werden, dass der Abstand zwischen dem Os scaphoideum und dem Os lunatum bei einem gesunden Handgelenk derselbe ist

wie bei den anderen Handwurzelknochen und sich bei der radialen oder ulnaren Abduktion des Handgelenks nicht verändert (Linscheid et al. 1972). Der Abstand zwischen dem Os scaphoideum und dem Os lunatum beträgt auf normalen Röntgenaufnahmen 2 mm oder weniger (Stevenson und Levis 2019). Eine skapholunäre Dissoziation liegt dann vor, wenn der skapholunäre Abstand mehr als 3 mm beträgt und/oder im Vergleich mit anderen Interkarpalräumen doppelt so breit ist (Walsh et al. 2002, Gilula et al. 2002). In der anteroposterioren Projektion erscheint das luxierte Os lunatum aufgrund der Rotation und Überlagerung der Knochenränder häufig in einer dreieckigen Form. Die abnormale dreieckige Form des Os lunatum wird als „Piece of Pie“ bezeichnet. Dabei handelt es sich um ein klassisches radiografisches Symptom einer Lunatumluxation.

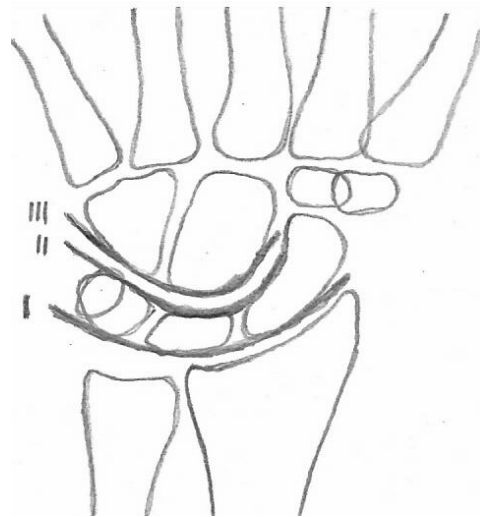


Abb. 11: Schematische Darstellung der Gilulalö-
gen I, II und III in anteroposterioren Projektion.

1.6.2 Seitliche Projektion

In der seitlichen Projektion wird die Lage der Handwurzelknochen zueinander beurteilt. Bei einem gesunden Handgelenk stehen Radius, Os lunatum, Os capitatum und MHK III kollinear zueinander. Das Stadium der perilunären Luxation wird anhand der Mayfield- und/oder Herzberg-Klassifikation analysiert. Die Dislokation und palmare Neigung des Os lunatum werden als „Spilled Teacup“ bezeichnet. Eine Fehlstellung der Handwurzelknochen (DISI und PISI) kann durch eine Bestimmung der interossären Winkel nach einer Reposition diagnostiziert werden (s. 1.6.3).

1.6.3 Interossäre Winkel

In der lateralen Projektion wird die Beziehung zwischen Kahnbein, Mondbein und Radius durch eine Analyse der Winkel zwischen den Längsachsen einzelner Knochen definiert. Dafür werden der skapholunäre, der radiolunäre und der capitulunäre Winkel verwendet. Bei einer gesunden Hand fallen in neutraler Position die Längsachsen, die durch das Zentrum des Os capitatum, Os lunatum und den Radius gezogen werden, alle auf dieselbe Linie (Linscheid et al. 1972). Weil dies aber nur auf 11 % der Röntgenaufnahmen zutrifft (Sarrafian 1977), wurden die folgenden Normen festgelegt: Die Norm für den CL-Winkel und den RL-Winkel liegt jeweils bei $0^\circ \pm 15^\circ$ (Larsen et al. 1991; Melsom und Leslie 2007). Wenn das Lunatum dorsal extensiert ist, dann wird der Winkel positiv aufgezeichnet, und wenn es palmarflexiert ist, dann wird der Winkel negativ aufgezeichnet. Die Achse des Os scaphoideum wird durch die palmare Abgrenzung seines proximalen und distalen Pols gezogen. Der von dieser Achse und der Längsachse des Os lunatum gebildete skapholunäre Winkel (SL-Winkel) liegt zwischen 30° und 60° und im Durchschnitt bei 46° (Linscheid et al. 1972; Abb. 12).

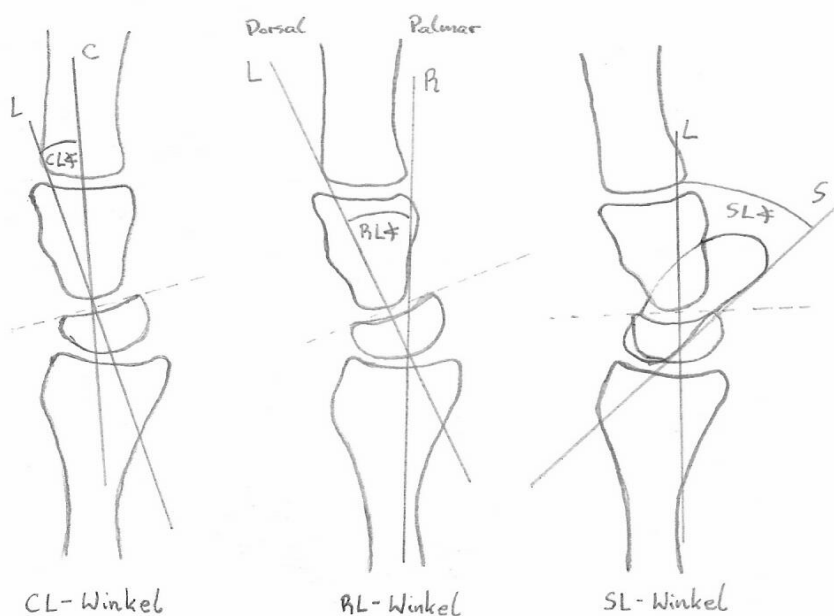


Abb. 12: Schematische Darstellung der interossären Winkel in lateraler Projektion: Capitulunärer (CL), radiolunärer (RL) und skapholunärer (SL) Winkel

1.6.4 DISI und PISI

Os scaphoideum, Os lunatum und Os triquetrum befinden sich in der proximalen Handwurzelreihe, die zwischen der distalen Reihe und dem Radius eingebettet ist. Aus diesem Grund werden sie als interkaliertes Segment bezeichnet. Die dorsale interkalierte Segmentinstabilität (DISI) und die palmare interkalierte Segmentinstabilität (PISI) sind wichtige Formen einer Handwurzelfehlstellung, die häufig nach einer perilunären Luxation auftreten. Die DISI wird als eine dorsale Fehlstellung der distalen Reihe der Handwurzelknochen mit einer Dorsalextension und einer palmaren Translokation des Os lunatum relativ zum distalen Radius definiert (Gilula et al. 2002). Nach der Definition liegt der RL-Winkel dann bei mehr als 15° (Braun et al. 2021). Der CL-Winkel liegt oft bei mehr als 30° . In einer solchen Situation gilt auch ein SL-Winkel von mehr als 80° als kennzeichnend für die DISI-Fehlstellung (Gilula et al. 2002). Bei der PISI liegt der RL-Winkel bei weniger als -20° (Gilula et al. 2002; Braun et al. 2021). Dabei rotieren sowohl das Os lunatum als auch das Kahnbein in einer Richtung zur Handfläche. Der CL-Winkel liegt dann bei mehr als 30° und der SL-Winkel liegt bei weniger als 30° (Gilula et al. 2002; Abb. 13).

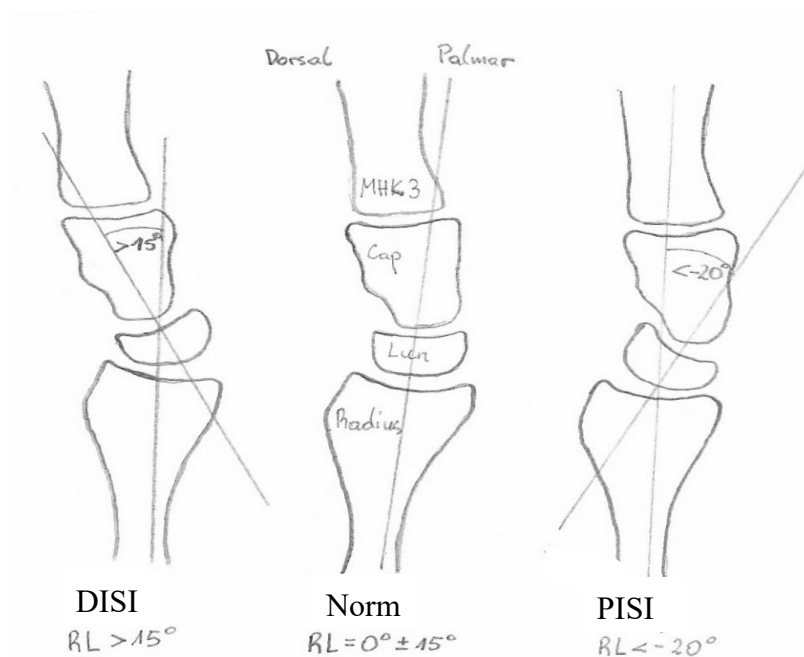


Abb. 13: DISI (dorsale interkalierte Segmentinstabilität) und PISI (palmare interkalierte Segmentinstabilität): Fehlstellungen im Vergleich mit der normalen Karpalausrichtung in lateraler Projektion

1.7 Therapie

1.7.1 Therapieprinzipien

Aus therapeutischer und prognostischer Sicht können die Patienten mit perilunären Luxationen in akute, subakute und chronische Fälle eingeteilt werden. Akute Fälle werden innerhalb der ersten Woche nach der Verletzung diagnostiziert. Subakute Fälle werden zwischen dem 7. und 45. Tag nach der Verletzung ermittelt, während chronische Fälle erst ab dem 45. Tag nach der Verletzung diagnostiziert werden. Verzögerungen bei der Diagnose und Einleitung einer endgültigen Therapie wirken sich negativ auf das Therapieergebnis aus (Herzberg et al. 1993). Viele Autoren beziehen sich auf eine offene Reposition und interne Fixation (ORIF) als Goldstandard der Therapie (Kremer et al. 2010; Capo et al. 2012; Israel et al. 2016; Çolak et al. 2021; Lebot et al. 2021). Eine geschlossene Reposition wird oft vor einer offenen Operation durchgeführt, um den Druck auf den N. medianus zu reduzieren und die weiteren Schritte der Operation zu erleichtern (Dobyns und Linscheid 1984; Herzberg und Forissier 2002; Budoff 2008). Eine offene Reposition wird notfallmäßig dann durchgeführt, wenn die geschlossene Reposition nicht erfolgreich war (Budoff 2008). Ziele der operativen Behandlung sind eine präzise Reposition von Luxationen und Frakturen und die Reparatur von intrinsischen und ggf. auch von extrinsischen Bändern. Zudem sollte bei allen Patienten mit Karpaltunnelsyndrom eine Karpaltunnelspaltung durchgeführt werden (Blazar und Murray 2001). Das Karpaltunnelsyndrom wird durch eine Dislokation des Os lunatum und/oder des proximalen Pols des Kahnbeins im Karpaltunnel unter dem N. medianus und den Beugesehnen verursacht (Herzberg 2000). Das Karpaltunnelsyndrom kann auch durch um 90-180° rotierte Fragmente des Os capitatum verursacht werden, weshalb in einem solchen Fall auch eine Karpaltunnelspaltung empfohlen wird (Cooney et al. 1987).

1.7.2 Die Operationstechnik

1.7.2.1 Die geschlossene Reposition

Eine geschlossene Reposition ist nur bis wenige Tage nach der Verletzung möglich. Bei der manuellen Reposition wird das Handgelenk in Längsrichtung gebeugt, wobei gleichzeitig palmarer Druck auf das Mondbein und dorsaler Druck auf das Capitatium ausgeübt wird (Tavernier-Manöver). Die geschlossene Reposition erfolgt unter intravenöser Sedierung. Der Arm wird in Längszug im Aushang aufgehängt, das Handgelenk in Extension

gehalten, während der Chirurg mit dem Daumen volar Druck auf das Os lunatum ausübt. Anschließend wird das Handgelenk in Flexion gebracht, wobei der Druck beibehalten wird (Muppavarapu und Capo 2015). Manche Autoren raten von einer geschlossenen Reposition im Herzberg-Stadium IIB ab (Budoff 2008). Dabei verweisen sie auf das Risiko einer Verletzung des kurzen radiolunären Ligaments, wodurch die verbleibende Vaskularität des Mondbeins negativ beeinträchtigt werden kann.

1.7.2.2 Die offene Reposition und interne Fixation (ORIF)

Die offene Reposition kann über einen dorsalen, palmaren oder einen kombinierten dorsalen und palmaren Zugang durchgeführt werden (Capo et al. 2012). Der für die meisten perilunären Luxationen empfohlene Zugang ist dabei ein kombinierter dorsaler und palmarer Zugang, weil dadurch eine Visualisierung und Versorgung sowohl der intrinsischen als auch der extrinsischen Bänder ermöglicht werden kann, was durch einen einseitigen Zugang nicht erreicht werden kann (Blazar und Murray 2001). Wenn keine Karpaltunnelsplattung erforderlich ist, dann kann ein isolierter dorsaler Zugang durchgeführt werden (Budoff 2008). Bei Frakturen erfolgt zunächst eine knöcherne Fixierung. Eine Kahnbeinfraktur wird dabei mit einer Kompressionsschraube versorgt (Knoll et al. 2005). Die Fixierung des Processus styloideus radii stellt dann die Stabilität des Handgelenks wieder her. Dafür werden entweder Kirschner-Draht oder Herbert-Schrauben verwendet (Inoue und Imaeda 1997). Ein Ausriss des Processus styloideus ulnae spricht für eine Pronation des Handgelenks bei der Verletzung. Eine solche Fraktur wird allerdings nur selten operativ stabilisiert (Johnson 1980).

1.7.3 Komplikationen

Die posttraumatische Arthrose des Handgelenks ist die häufigste Komplikation einer perilunären Luxation (Herzberg 2000). Die avaskuläre Nekrose des Os lunatum bildet eine seltene Komplikation, die mit einem verzögerten Therapiebeginn oder einer seltenen palmaren perilunären Luxation verbunden ist (Budoff 2008). Chronische perilunäre Luxationen sind signifikant mit mehr Komplikationen assoziiert, wie z. B. einer Neuropathie des N. medianus, einem komplexen regionalen Schmerzsyndrom und einer transitorischen Lunatumischämie (Garg und Batra 2020). Bei chronischen Schmerzen, die zu einer Einschränkung der täglichen Aktivität führen, kann eine Denervierung der Handwurzel

durchgeführt werden (Wilhelm 2001). Die proximale Karpektomie und die 4-Ecken-Fusion bilden Methoden der Wahl als Rettungsverfahren, wenn die Handwurzelknochen nicht mehr reponierbar sind oder die Arthrose der Handwurzel fortgeschritten ist (Budoff 2008; Trail et al. 2015). Bei chronischer perilunärer Luxation mit fortgeschrittener Arthrose des Handgelenks kann eine totale Handgelenks-Arthrodese zur Schmerzlinderung und Stabilisierung des Handgelenks eingesetzt werden (Trail et al. 2015).

1.8 Die wissenschaftliche Fragestellung

In der vorliegenden Studie geht es um eine Untersuchung der Therapieergebnisse bei den in der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wegen einer perilunären Luxation operierten Patienten. Dabei wurden sowohl retrospektive pseudonymisierte Daten aus dem Krankenhausarchiv als auch die von den Patienten ausgefüllten standardisierten Personenfragebögen und die bei der routinemäßigen körperlichen Untersuchung im Rahmen der Nachuntersuchung erhobenen Daten ausgewertet. Die Ergebnisse wurden dann mit den Resultaten anderer Studien verglichen. Basierend auf der Analyse der verfügbaren Literatur sowie den wissenschaftlichen Grundlagen der Studie wurden folgende Hypothesen formuliert:

1. Die Art der Verletzung (PL oder PLF) und/oder die Operationsmethode, einschließlich des Zugangs (dorsal, palmar, kombiniert dorsal-palmar) sowie der Anzahl der verwendeten Transfixationen, haben signifikanten Einfluss auf die funktionellen (Bewegungsumfang, Griffstärke und Pinchmetrie) und die radiologischen Ergebnisse, insbesondere das Auftreten von Arthrose des Handgelenks.
2. Perilunäre Verletzungen treten überwiegend als Folge von Hochenergie-Traumata auf, wie beispielsweise bei Stürzen aus großer Höhe oder Verkehrsunfällen, wobei junge Männer aufgrund ihrer beruflichen oder Freizeitaktivitäten häufiger betroffen sind.
3. Ältere Patienten haben aufgrund altersbedingter Veränderungen der Bänder eine größere Anfälligkeit für ligamentäre Verletzungen, was zu einem häufigeren Auftreten von PL im Vergleich zu PLF führen könnte.
4. Perilunäre Verletzungen haben einen negativen Einfluss auf die funktionellen Ergebnisse nach operativer Behandlung, insbesondere auf den Bewegungsumfang,

gemessen mittels Goniometrie und Pinchmetrie, im Vergleich zur nicht betroffenen Seite.

5. In der radiologischen Nachuntersuchung zeigen einige Patienten im Verlauf nach perilunären Verletzungen häufig einen Verlust der Reposition, wie zum Beispiel eine Reluxation oder die Entwicklung von einer DISI- oder PISI-Fehlstellung, sowie das Auftreten von Arthrose des Handgelenks, einer skapholunären Diastase und ulnaren Translokation.

2. Patienten und Methoden

2.1 Das Patientenkollektiv

Die vorliegende Arbeit wurde nach den Grundsätzen der Deklaration von Helsinki verfasst und durch die Ethikkommission der Universität Tübingen unter der Projektnummer 288/2021B02 positiv votiert. Die Studie umfasst Patienten, die zwischen Januar 2000 und Dezember 2021 in der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen wegen einer perilunären Luxation operiert wurden. Dabei wurden die folgenden Einschlusskriterien verwendet:

Einschlusskriterien:

1. Chirurgische Versorgung einer perilunären Luxation in der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen
2. Eine operative Versorgung im Zeitraum zwischen Januar 2000 und Dezember 2021
3. Erwachsene Patienten, die bereit und einverstanden waren, an der Studie teilzunehmen

Ausschlusskriterien waren die folgenden:

1. Eine Nachbeobachtungszeit von weniger als drei Monaten
2. Nichteinwilligungsfähige Patienten
3. Ein fehlender Zugang zu präoperativen Röntgenaufnahmen zur Bestimmung der Mayfield-Klassifizierung

4. Kein Zugriff auf die Dokumentation der Kontrolluntersuchungen und der postoperativen Röntgenaufnahmen
5. Ein unvollständig beantworteter Selbstbewertungsfragebogen
6. Patienten, die der Teilnahme an der Studie widersprachen

2.1.1 Studienablauf

Die Studie bestand aus zwei Teilen, einer retrospektiven Datenanalyse und einer prospektiven klinischen Nachuntersuchung mit einer Analyse des Gesundheitsfragebogens. Für die retrospektive klinische Auswertung und Analyse wurde die Datenbank (System CGM Medico und Papierarchiv) der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen verwendet (ICD-10-Code S63.0: Luxation des Handgelenkes). Die Röntgenaufnahmen wurden in zwei Ebenen (anteroposteriore und laterale Projektion) analysiert. Wegen des fehlenden Zugangs zu Dokumenten für eine Identifizierung von Patienten, die sich in den Jahren 2004-2006 einer Operation wegen einer perilunären Luxation unterzogen haben, wurde die oben genannte Patientengruppe aus diesem Zeitraum nicht in die Studie einbezogen. Die Patienten erhielten eine schriftliche Einladung zur freiwilligen Teilnahme an der klinischen Studie mit einem ausführlichen Aufklärungsbogen, einem standardisierten Gesundheitsfragebogen, einer Einwilligungserklärung für die Teilnahme an der Studie, einer datenschutzrechtlichen Einwilligung, einem Dokument zur Auszahlung eines Probandenhonorars und einem frankierten Rückumschlag zur Rücksendung der Unterlagen. Nach der Rücksendung des ausgefüllten Fragebogens erfolgte eine telefonische Terminvereinbarung. Darüber hinaus wurden die Patienten gebeten, ihre aktuellen Röntgenaufnahmen und Krankenakten zum Nachuntersuchungstermin mitzubringen.

2.1.2 Das Studienprotokoll

Die klinische Nachuntersuchung bestand aus einer routinemäßigen Untersuchung, die auf Symptome, Beweglichkeit und Kraft des Handgelenks ausgerichtet war. Im Einzelnen wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt: Untersuchung der Handmobilität mit einem elektronischen Goniometer, Messung der Handkraft mit einem Jamar-Dynamometer, Pinchmeter und mittels Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test für eine neurologische Beurteilung. Die körperliche Untersuchung wurde mit einem Gerät von

Biometrics Ltd. Cwmfelinfach Type E3000 (Cat. No. 250,000; Serial No. M01897/3700) durchgeführt. Außerdem wurde bei der Untersuchung der Mayo-Wrist-Score erhoben.

2.2 Der Selbstbewertungsbogen

Der Selbstbewertungsbogen bestand aus fünf Abschnitten (Tab. 1). Der erste Teil enthielt die Unfalldaten mit Fragen zum Verletzungsmechanismus und im zweiten Teil ging es um allgemeine Informationen zu Größe, Gewicht, dominanter Hand und dem Beschäftigungs- und Bildungsstatus. Im dritten Teil wurden Fragen zur beruflichen Tätigkeit gestellt. Danach ging es im vierten Teil um Fragen zu den Symptomen des Patienten, wobei auch der DASH-Fragebogen, eine numerische Schmerzskala von 1 bis 10 in Ruhe und unter Belastung und eine Frage zur Intensität des Juckreizes abgefragt wurden. Der letzte Teil enthielt Fragen zu Genussmitteln (Alkohol- und Tabakkonsum).

Tab. 1: Der Selbstbewertungsbogen, den die Patienten erhielten, um den Einfluss der Verletzung auf die Lebensqualität und das tägliche Funktionieren zu bewerten.

Name in Blockschrift	Unterschrift der Patientin/des Patienten	Ort, Datum
----------------------	--	------------

15.4

Sehr geehrte Damen und Herren,

Eine perilunäre Luxation (Verrenkung des Handgelenkes) ist eine schwere handchirurgische Verletzung. Bisher ist nur wenig über die postoperativen Ergebnisse bekannt. Ziel unserer Forschung ist die medizinische Behandlung von Patienten mit einer perilunären Luxation zu verbessern. Sie können uns dabei helfen indem Sie uns die Möglichkeit geben, von Ihren persönlichen Erfahrungen und Ihrer individuellen Lebenssituation zu lernen. Für den Fragebogen bitten wir Sie lediglich um 20 Minuten Ihrer Zeit. Sämtliche Daten werden selbstverständlich namenlos (pseudonymisiert) und vertraulich behandelt. Nachfolgend bitten wir Sie ein oder mehrere Kästchen anzukreuzen, entsprechend den jeweiligen Anweisungen. Bei manchen Fragen haben Sie die Möglichkeit, eine Antwort in eigenen Worten zu formulieren. Bei bestimmten Antworten bitten wir Sie die nachfolgenden Fragen zu überspringen mit dem Hinweis: „Bitte weiter mit Frage Nr. XY“.



BG Klinik
Berufsgenossenschaftliche
Unfallklinik Tübingen

Datum: / /

Patientencode: Pseudonymisierungscode
Bitte nicht ausfüllen!
Dieser Code dient dem Schutz
personenbezogener Daten.

1. Unfallangaben

1 UNFALL
.....

2 Unfallhergang
☐ Verkehrsunfall ☐ Sturz ☐ Sonstiges:

3 Betroffenes Handgelenk
☐ rechts ☐ links ☐ beidseitig

2. Allgemeine Angaben

4 Wie groß sind Sie?		Cm	
5 Wie schwer sind Sie?		Kg	
6 Sind Sie Links-, Rechts- oder Beidhänder? Bitte nur ein Kreuz machen.			
☐ Linkshänder ☐ Rechtshänder ☐ Beidhänder			

7. Welche beruflichen Ausbildungsabschlüsse haben Sie? Mehrere Angaben sind möglich.
☐ Noch in beruflicher Ausbildung (Berufsvorbereitungsjahr, Auszubildende/r, Praktikant/in, Student/in) ☐ Keinen beruflichen Abschluss und bin nicht in beruflicher Ausbildung ☐ Lehre (beruflich-betriebliche Berufsausbildung) abgeschlossen ☐ Beruflich-schulische Ausbildung (Berufsfachschule, Handelsschule, Vorbereitungsdienst für den Mittleren Dienst in der öffentlichen Verwaltung) abgeschlossen ☐ Ausbildung an einer Fachschule, Meister-, Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie abgeschlossen ☐ Fachhochschulabschluss oder Hochschulabschluss (z.B. Diplom, Magister, Master, Bachelor) ☐ Promotion ☐ Einen anderen beruflichen Abschluss, und zwar:

8. Welche Lebenssituation trifft derzeit auf Sie zu? Bitte nur ein Kreuz machen.
☐ Voll erwerbstätig ☐ Teilzeiterwerbstätig ☐ Altersteilzeit (unabhängig davon, ob in der Arbeits- oder Freistellungsphase befindlich) ☐ Geringfügig erwerbstätig, 400-Euro-Job, Mini Job ☐ Gelegentlich oder unregelmäßig beschäftigt (Saisonarbeiter, befristet Beschäftigter) ☐ Berufliche Ausbildung/Lehre ☐ Umschulung ☐ Wehrdienst / Zivildienst / Freiwilliges soziales Jahr ☐ Mutterschafts-, Erziehungsurlaub, Elternzeit, sonstige Beurlaubung ☐ Noch nie erwerbstätig gewesen ☐ Derzeit nicht erwerbstätig (Hausfrau, Arbeitssuchend /-los, Vorruheständler, Rentner ohne Nebenverdienst, Schüler, Student) ☐ Derzeitige Arbeitsunfähig aus gesundheitlichen Gründen (Krankschreibung)

Bitte weiter mit Frage Nr. 29

Bitte weiter mit Frage Nr. 29

3. Aktuelle berufliche Tätigkeit

9. Welche berufliche Tätigkeit üben Sie derzeit hauptsächlich aus?
10. Bitte beschreiben Sie diese berufliche Tätigkeit genau.
11. Hat dieser Beruf noch einen besonderen Namen?

☐ Ja, und zwar: _____ ☐ Nein
12 Welchen Beruf haben Sie erlernt? Bitte in eigenen Worten angeben. (Genaue Berufsbezeichnung)
13. Wie viele Beschäftigungsverhältnisse in abhängiger Beschäftigung haben Sie? ☐ Eins ☐ Zwei ☐ Mehr als zwei ☐ Nicht abhängig beschäftigt
14. Sind Sie (zusätzlich) selbständig oder freiberuflich tätig? ☐ Ja ☐ Nein
15. Im Folgenden würden wir gerne wissen, seit wie vielen Jahren Sie ihrer aktuellen beruflichen Tätigkeit nachgehen. Wurde der aktuellen beruflichen Tätigkeit in unterschiedlichen Beschäftigungsverhältnissen oder in selbstständiger Tätigkeit nachgegangen, so richtet sich die Frage nach der gesamten Dauer der übergangslosen Tätigkeitsausübung. Seit Jahren
16. Wie lange ist Ihre durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit? Durchschnittlich Stunden pro Woche

17. Zu welcher Gruppe gehört Ihre hauptsächlich ausgeübte Erwerbstätigkeit nach dieser Liste? Bitte nur ein Kreuz machen.
Selbständige/r Landwirt/in bzw. Genossenschaftsbauer/-bäuerin ☐ ... mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche bis unter 10 ha ☐ ... mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 10 und mehr ha ☐ ... Genossenschaftsbauer/-bäuerin (ehemals LPG) Akademiker/in in freiem Beruf (Arzt/Ärztin, Rechtsanwalt/-anwältin, Steuerberater/in u. ä.) und habe... ☐ ... keine weiteren Mitarbeiter/innen ☐ ... 1 bis 4 Mitarbeiter/innen ☐ ... 5 und mehr Mitarbeiter/innen

Selbständig im Handel, Gewerbe, Handwerk, Industrie, Dienstleistung, auch Ich-AG oder PGH-Mitglied und habe...

- ☐ ... keine weiteren Mitarbeiter/innen
- ☐ ... 1 bis 4 Mitarbeiter/innen
- ☐ ... 5 und mehr Mitarbeiter/innen
- ☐ ... PGH-Mitglied

Beamter/Beamtin, Richter/in, Berufssoldat/in, und zwar ...

- ☐ ... im einfachen Dienst (bis einschl. Oberamtsmeister/in)
- ☐ ... im mittleren Dienst (von Assistent/in bis einschl. Hauptsekretär/in, Amtsinspektor/in)
- ☐ ... im gehobenen Dienst (von Inspektor/in bis einschl. Oberamtsrat/-rätin)
- ☐ ... im höheren Dienst, Richter/in (von Rat/Rätin aufwärts)

Angestellte/r, und zwar ...

- ☐ ... mit ausführender Tätigkeit nach allgemeinen Anweisung (z. B. Verkäufer/in, Kontorist/in, Datentypist/in)
- ☐ ... mit einer qualifizierten Tätigkeit, die ich nach Anweisung erledige (z. B. Sachbearbeiter/in, Buchhalter/in, technische/r Zeichner/in)
- ☐ ... mit eigenständiger Leistung in verantwortlicher Tätigkeit bzw. mit Fachverantwortung für Personal (z. B. wissenschaftliche/r Mitarbeiter/in, Prokurist/in, Abteilungsleiter/in bzw. Meister/in) im Angestelltenverhältnis
- ☐ ... mit umfassenden Führungsaufgaben und Entscheidungsbefugnissen (z. B. Direktor/in, Geschäftsführer/in, Mitglied des Vorstandes)

Arbeiter/in, und zwar ...

- ☐ ... ungelernt
- ☐ ... angelernt
- ☐ ... Facharbeiter/in
- ☐ ... Vorarbeiter/in, Kolonnenführer/in
- ☐ ... Meister/in, Polier/in, Brigadier/in

Ausbildung, und zwar ...

- ☐ ... als kaufmännisch-technische/r Auszubildende/r
- ☐ ... als gewerbliche/r Auszubildende/r
- ☐ ... in sonstiger Ausbildungsrichtung
- ☐ ... Mithelfende/r Familienangehörige/r

18. In welchem Wirtschaftszweig oder **Berufsbranchen** arbeiten Sie derzeit? Bitte nur ein Kreuz machen.

- ☐ Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
- ☐ Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
- ☐ Verarbeitendes Gewerbe / Herstellung von Waren
- ☐ Energieversorgung, Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen
- ☐ Baugewerbe / Bau
- ☐ Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen
- ☐ Verkehr und Lagerei
- ☐ Gastgewerbe / Beherbergung und Gastronomie

- ☐ Information und Kommunikation
- ☐ Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen
- ☐ Grundstücks- und Wohnungswesen
- ☐ Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen
- ☐ Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen
- ☐ Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
- ☐ Erziehung und Unterricht
- ☐ Gesundheits- und Sozialwesen
- ☐ Kunst, Unterhaltung und Erholung
- ☐ Erbringung von sonstigen Dienstleistungen
- ☐ Private Haushalte mit Hauspersonal, Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf ohne ausgeprägten Schwerpunkt
- ☐ Exterritoriale Organisationen und Körperschaften

19 Wie oft müssen Sie bei Ihrer **aktuell ausgeübten beruflichen Tätigkeit**, dauerhaft oder wiederholt, Arbeiten mit den Unterarmen oder Händen verrichten: Bitte je eine Angabe pro Zeile.

	Stündlich/fast ständig	Täglich/fast täglich	Etwa 2 - 3 mal in der Woche	Etwa 1 mal in der Woche	Nie/fast nie
20 Drehbewegungen (z.B. Schrauben)	☐	☐	☐	☐	☐
21 Kraftvollen Bewegungen	☐	☐	☐	☐	☐
22 Unbequemen Handstellungen oder Griffe	☐	☐	☐	☐	☐
23 Tragen von Lasten von 10 kg oder mehr	☐	☐	☐	☐	☐
24 Tragen von Lasten von 25 kg oder mehr	☐	☐	☐	☐	☐
25 Ziehen oder schieben von Lasten	☐	☐	☐	☐	☐
26 Tragen schwer greifbarer Lasten	☐	☐	☐	☐	☐

20 War die letzte Woche eine durchschnittliche normale Arbeitswoche in Ihrer **derzeit ausgeübten beruflichen Tätigkeit**?

- ☐ Ja
☐ Nein

21 Hinsichtlich der letzten 10 Jahre, haben Sie vor Ihrer aktuellen Tätigkeit eine andere berufliche Tätigkeit mindestens 2 Jahre lang ausgeübt?

- ☐ Ja
☐ Nein. Bitte weiter mit Frage Nr. 29

22 Wie lange haben Sie die **frühere berufliche Tätigkeit** ausgeführt?

Jahre

23 Wie lange war Ihre durchschnittliche wöchentliche Arbeitszeit?

Durchschnittlich Stunden pro Woche

--

24 Bitte beschreiben Sie die **frühere berufliche Tätigkeit** möglichst genau. Bitte in eigenen Worten angeben

25 Hat dieser Beruf noch einen besonderen Namen? Bitte in eigenen Worten angeben

26 Wie oft mussten Sie bei Ihrer **früheren beruflichen Tätigkeit**, dauerhaft oder wiederholt, Arbeiten mit den Unterarmen oder Händen verrichten: Bitte je eine Angabe pro Zeile.

	Stündlich/fast ständig	Täglich/fast täglich	Etwa 2 - 3 mal in der Woche	Etwa 1 mal in der Woche	Nie/fast nie
41 Drehbewegungen (z.B. Schrauben)	☐	☐	☐	☐	☐
42 Kraftvollen Bewegungen	☐	☐	☐	☐	☐
43 Unbequemen Handstellungen oder Griffe	☐	☐	☐	☐	☐
44 Tragen von Lasten von 10 kg oder mehr	☐	☐	☐	☐	☐
45 Tragen von Lasten von 25 kg oder mehr	☐	☐	☐	☐	☐
46 Ziehen oder schieben von Lasten	☐	☐	☐	☐	☐
47 Tragen schwer greifbarer Lasten	☐	☐	☐	☐	☐

27 Hinsichtlich der letzten 10 Jahre, haben Sie vor der aktuellen und der vorausgegangenen beruflichen Tätigkeit eine andere berufliche Tätigkeit mindestens 2 Jahre lang ausgeübt?

☐ Ja ☐ Nein. Bitte weiter mit Frage Nr. 31

28 Wie viele Jahre sind Sie dieser früheren beruflichen Tätigkeit nachgegangen?

Jahre

4. BESCHWERDEN

29 Leiden Sie aktuell an Schmerzen im Bereich der Handgelenke? Bitte nur ein Kreuz machen.

☐ Nein. Bitte weiter mit Frage Nr. 31	☐ Ja, nur rechts ☐ Ja, nur links
☐ Ja, beidseitig	

30 Seit wann haben Sie Schmerzen?

/ Kalenderjahr/-Monat

31 Bitte ordnen Sie Ihr Schmerzempfinden einer Zahl zwischen 0 (keine Schmerzen) und 10 (unerträgliche Schmerzen) zu. Wenn Sie auf beiden Seiten Schmerzen haben, bitte beziehen Sie sich auf die Seite mit den stärksten Schmerzen.

Wie stark ist der Schmerz in Ruhe?	Wie stark unter Belastung?	Erläuterung der Schmerzskala:
0 ☐	0 ☐	0 = Keine Schmerzen
1 ☐	1 ☐	1 = Sehr geringe Schmerzen, die sich kaum bemerkbar machen
2 ☐	2 ☐	2 = Geringe Schmerzen, die man unmittelbar wahrnimmt
3 ☐	3 ☐	3 = Die Schmerzen werden etwas hartnäckiger, aber sie sind gut erträglich
4 ☐	4 ☐	4 = Schmerzen, die sich langsam auf das Befinden auswirken
5 ☐	5 ☐	5 = Mittlere Schmerzen, störend, aber noch immer auszuhalten
6 ☐	6 ☐	6 = Stärkere Schmerzen, evtl. auch verbunden mit Schlafstörungen
7 ☐	7 ☐	7 = Starke Schmerzen, die hartnäckig und die sehr erschöpfend sein können
8 ☐	8 ☐	8 = Sehr starke Schmerzen
9 ☐	9 ☐	9 = Immense Schmerzen, verbunden mit großer Verzweiflung, Hoffnungslosigkeit
10 ☐	10 ☐	10 = Unerträgliche Schmerzen, diese können mit Aggressionen, Depressionen oder auch Selbstmordgedanken verbunden sein

32 Bitte ordnen Sie Ihr Juckreizempfinden im Bereich Ihrer Operationsnarbe einer Zahl zwischen 0 (kein Juckreiz) und 10 (unerträglicher Juckreiz) zu.

Wie stark ist der Juckreiz?	Erläuterung der Juckreizskala:
0 ☐	0 = Kein Juckreiz
1 ☐	1 = Milder Juckreiz, der sich kaum bemerkbar macht
2 ☐	2 = Milder Juckreiz, den man unmittelbar wahrnimmt
3 ☐	3 = häufiges Jucken, aber nicht beim Schlafen
4 ☐	4 = Juckreiz, der sich langsam auf das Befinden auswirkt
5 ☐	5 = Mittlerer Juckreiz, störend, aber noch immer auszuhalten
6 ☐	6 = Stärkerer Juckreiz, evtl. auch verbunden mit Schlafstörungen
7 ☐	7 = Starker Juckreiz, der hartnäckig und sehr erschöpfend sein kann
8 ☐	8 = Sehr starker Juckreiz
9 ☐	9 = Ununterbrochener Juckreiz
10 ☐	10 = Unerträglicher Juckreiz, Aufkratzen bis hin zur Blutung des juckenden Bereiches

33 Haben die Beschwerden an den Handgelenken bereits zu Arbeitsunfähigkeit (Krankschreibung) geführt?

☐ Ja

☐ Nein. Bitte weiter mit Frage Nr. 35

34 Wie viele Monate waren Sie auf Grund der Handgelenksbeschwerden in den letzten 12 Monaten arbeitsunfähig (krankgeschrieben)?

Monat/-e

35	Inwieweit trifft die folgende Aussage auf Sie zu?
Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden.	
☐ Trifft überhaupt nicht zu ☐ Trifft eher nicht zu ☐ Trifft weitgehend zu ☐ Trifft voll und ganz zu	

5. Genussmittel

36	Rauchen Sie oder haben Sie jemals geraucht?
☐ Ja ☐ Nein. Bitte weiter mit Frage Nr.44	
37	Was rauchen Sie? Bitte nur ein Kreuz machen.
☐ Zigaretten ☐ Zigarre ☐ Pfeife ☐ Tabak	
38	Wann haben Sie begonnen regelmäßig zu rauchen?
Kalenderjahr	
39	Rauchen Sie noch?
☐ Ja. Bitte weiter mit Frage Nr.41 ☐ Nein	
40	Wann haben Sie mit dem Rauchen aufgehört?
Kalenderjahr	
41	Wie viele Zigaretten / Zigarren / Pfeifen haben Sie im Durchschnitt pro Tag geraucht. Bitte nur ein Kreuz machen:
☐ 0-5 ☐ 16-20 ☐ 6-10 ☐ Mehr als 20 ☐ 11-15	
42	Konsumieren Sie Tabak auf eine andere Art und Weise?
☐ Ja ☐ Nein	
43	Wie oft trinken Sie alkoholhaltige Getränke (Wein, Bier, usw.)? Bitte nur ein Kreuz machen.
☐ Nie / Fast nie ☐ Etwa 2 bis 3 mal in der Woche ☐ Etwa 1 mal im Monat ☐ Täglich/ Fast täglich ☐ Etwa 1 mal in der Woche	

2.2.1 Der DASH-Fragebogen

Beim DASH-Fragebogen handelt es sich um ein Instrument zur Beurteilung der Symptome und des Funktionsstatus der oberen Extremitäten, das 1996 von der „American Academy of Orthopaedic Surgeons“, dem „Institute for Work and Health“ und dem „Council of the Musculoskeletal Specialty Societies“ entwickelt wurde. Der DASH-Fragebogen bezieht sich auf eine subjektive Einschätzung der Symptome des Patienten. Darüber hinaus werden auch drei Dimensionen des Funktionsstatus bewertet, nämlich körperliche, soziale und psychische Funktionsfähigkeit (Hudak et al. 1996). Der Patient beantwortet jede der 30 Fragen auf einer Skala von 1 bis 5, wobei 1 der besten und 5 der schlechtesten Funktion entspricht. Die Ergebnisse des Fragebogens werden dann auf eine Skala von 0 bis 100 umgerechnet, wobei 0 der minimalen und 100 der maximalen Intensität der Symptome entspricht (Tab. 2). Je höher die Punktzahl ist, umso schwerwiegender ist der Zustand des Patienten.

Die Umfrageergebnisse werden nach der folgenden Formel in eine 100-Punkte-Skala umgerechnet (Germann et al. 1999):

$$DASH - Wert = \frac{Gesamtpunktwert - 30}{1,2}$$

Tab. 2: Der DASH-Fragebogen (Germann et al. 1999)

	Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie die folgenden Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.					
		Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1	Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2	Schreiben	1	2	3	4	5
3	Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4	Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5	Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6	Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
7	Schwere Hausarbeit (z. B. Wände wischen, Boden putzen)	1	2	3	4	5

8	Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9	Bettenmachen	1	2	3	4	5
10	Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11	Einen schweren Gegenstand tragen (über 5 kg)	1	2	3	4	5
12	Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13	Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14	Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
15	Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16	Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17	Freizeitaktivitäten, die nur eine geringe körperliche Anstrengung erfordern (z. B. Kartenspielen, Stricken usw.)	1	2	3	4	5
18	Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Ihre Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z. B. Golf, Hämmern, Tennis usw.)	1	2	3	4	5
19	Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
20	Mit Fortbewegungsmitteln zurechtkommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
21	Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)						
22		Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
		1	2	3	4	5
Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder bei anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)						

23		Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
		1	2	3	4	5
	Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)					
		Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
24	Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
25	Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
26	Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
27	Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
28	Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
	Wie stark ausgeprägt waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)					
29		Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
		1	2	3	4	5
	Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann. (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)					
30		Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
		1	2	3	4	5

2.3 Klinische Nachuntersuchung

2.3.1 Dynamometrie

Die Dynamometrie wurde mit dem Jamar Hydraulic Hand Dynamometer in der Einstellung 2 (empfohlen von der American Society of Hand Therapists (Mathiowetz et al., 1984)) durchgeführt. Beide Hände wurden abwechselnd mit drei Versuchen pro Seite ge-

testet. Die Untersuchung wurde im Sitzen mit dem Ellbogengelenk in 90° Flexion durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in kg angegeben. Danach wurde der Mittelwert zu den drei Versuchen und der Prozentsatz der Norm berechnet.

2.3.2 Pinchmetrie

Die Pinchmetrie wurde in drei Positionen durchgeführt, nämlich Schlüsselgriff, Dreipunktgriff (Daumen mit Zeige- und Mittelfinger) und Spitzgriff (Daumen nacheinander mit Zeigefinger, Mittelfinger, Ringfinger und kleinem Finger). Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden wiederum in kg angegeben. Bei jeder Position wurden drei Versuche durchgeführt, aus denen dann der Mittelwert berechnet wurde.

2.3.3 Beweglichkeitsprüfung

Die Beweglichkeit des Handgelenks wurde mit dem Goniometer nach der Neutral-Null-Methode und mit dem Ellenbogengelenk in 90° Flexion untersucht. Aus der neutralen Ausgangsposition wurden Palmarflexion, Dorsalextension, Radialabduktion, Ulnarabduktion, Pronation und Supination untersucht. Das Goniometer wurde auf MHK III und den Radius ausgerichtet. Die Handbeweglichkeit wurde auf beiden Seiten untersucht. Die Referenzwerte für die Bewegungsbereiche werden in der Tabelle 3 dargestellt (Schünke et al. 2007). Außerdem wurde der Bewegungsbereich in jeder Ebene zusammen mit einem Prozentsatz des Bewegungsbereichs der verletzten Hand zur gesunden Hand berechnet.

Tab. 3: Normen für den Bewegungsbereich des Handgelenks (Schünke et al. 2007)

Palmarflexion	Neutrale Position	Dorsalextension
60° bis 80°	0°	40° bis 60°
Ulnarabduktion	Neutrale Position	Radialabduktion
30° bis 40°	0°	20°
Pronation	Neutrale Position	Supination
90°	0°	90°

2.3.4 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test

Der Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test (SWMF) wurde verwendet, um die Druckempfindlichkeit beurteilen zu können. Als Standard gilt ein Monofilament von 2,83

(0,07 g), was als Schwellenwert für sensorische Anomalien verwendet wird. Ein Monofilament von 3,22-3,61 weist auf ein vermindertes Berührungsempfinden hin, Werte von 3,84-4,31 entsprechen einer verminderten Schutzsensibilität und Werte von 4,56-6,65 entsprechen einem Verlust der Schutzsensibilität (MacDermid et al. 1994). Die Hand wurde auf der palmaren und dorsalen Seite unter Verwendung eines klinischen Standardverfahrens auf der Suche nach Anomalien in den Innervationsbereichen des N. medianus, N. radialis und N. ulnaris untersucht. Die Ergebnisse wurden in grafischer Form dargestellt.

2.4 Der Mayo Wrist Score

Beim Mayo Wrist Score von Cooney et al. handelt es sich um eine Skala für eine klinische Bewertung der Handgelenksfunktion, die sich auf vier Variablen bezieht, denen jeweils ein Score von 0-25 zugeordnet wird. Dabei geht es um die folgenden Variablen: Schmerzbewertung, Funktionsstatus, Bewegungsumfang und Griffstärke. Ein Wert von 25 entspricht keinen Symptomen und ein Wert von 0 entspricht maximalen Symptomen (Cooney et al. 1987; Tab. 4). Die Ergebnisse werden zusammengefasst und auf einer Skala von 0-100 dargestellt. Je niedriger die Punktzahl ist, umso gravierender ist der Zustand des Patienten. Ein Ergebnis zwischen 90 und 100 gilt als ausgezeichnet, ein Ergebnis zwischen 80 und 89 als gut, eines zwischen 65 und 79 als mäßig und eines unter 65 als schlecht. Der Mayo Wrist Score ist eine Modifikation des Green und O'Brien Scores, der auch eine radiologische Bewertung enthält (Green und O'Brien 1978).

Tab. 4: Der Mayo Wrist Score (Cooney et al. 1987)

Schmerz
(25) kein Schmerz
(20) mild/manchmal
(15) mäßig/tolerabel
(0) Stark bis unerträglich
Funktioneller Status
(25) zurückgekehrt zu normaler Arbeit
(20) eingeschränkte Arbeit
(15) kann arbeiten, arbeitslos
(0) kann wegen Schmerzen nicht arbeiten
Bewegungsumfang
(25) 100 % der Gegenseite
(15) 75–99 % der Gegenseite
(10) 50–74 % der Gegenseite
(5) 25–49 % der Gegenseite
(0) 0–24 % der Gegenseite
Griffstärke
(25) 100 % der Norm
(15) 75–99 % der Norm
(10) 50–74 % der Norm
(0) 0–24 % der Norm

2.5 Radiologische Beurteilung

2.5.1 Die ulnare Translokation der Handwurzel

Bei der ulnaren Translokation der Handwurzel handelt es sich um ein posttraumatisches Karpalinstabilitätsmuster, bei dem die gesamte Handwurzel nach ulnar verschoben ist (Berschback et al. 2012). Taleisnik (1988) beschreibt zwei Muster der ulnaren Translokation. Beim Typ I verlagert sich die gesamte Handwurzel entlang des distalen Radius

ulnar. Beim Typ II verlagern sich das Os lunatum und das Os triquetrum ulnar, während das Kahnbein an seiner Fossa befestigt bleibt, was als SL-Diastase in der anteroposterioren Röntgenaufnahme zu erkennen ist.

2.5.1.1 Der karpale Translationsindex nach Gilula

Die von Gilula beschriebene Methode basiert auf der Messung der Länge des Os lunatum, mit der es die Fossa lunata in ulnarer Richtung übersteigt, was der Strecke $|EF|$ entspricht, die dann durch die Breite des Os lunatum $|EG|$ geteilt wird (Berschback et al. 2012; Abb. 14). Das Ergebnis wird in Prozent angegeben. Ein Ergebnis $> 50\%$ weist auf eine ulnare Translokation hin (Gilula und Weeks 1978). Der Normalbereich entspricht einem Wert von $\leq 50\%$:

$$\frac{|EF|}{|EG|} \leq 50\%$$

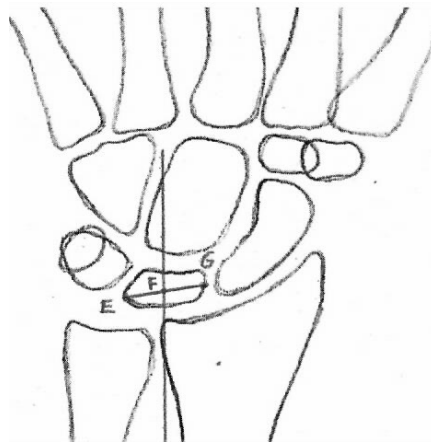


Abb. 14: Karpaler Translationsindex nach Gilula in anteroposterioren Projektion. E: Ulnarrand des Os lunatum; F: Der Schnittpunkt der EG-Linie mit dem Ulnarrand der Fossa lunata; G: Radialer Rand des mittleren Teils des Os lunatum

2.5.1.2 Der karpale Translationsindex nach Bouman

Die von Bouman et al. (1994) vorgeschlagene Methode basiert auf der Messung der distalen radialen Gelenkfläche $|PR|$ in einem Bezug auf den Abstand zwischen dem Processus styloideus radii und der ulnaren Ecke des Os lunatum $|PLu|$ (Abb. 15). Je kleiner die

Punktzahl ist, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit einer ulnaren Translokation (Bouman et al. 1994). Als Normalbereich ergibt sich ein Wert von $0,87 \pm 0,04$.

$$\frac{|PR|}{|PLu|} = 0,87 \pm 0,04$$

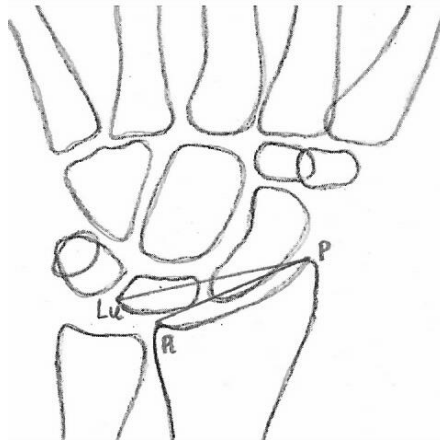


Abb. 15: Karpaler Translationsindex nach Bouman in anteroposteriörer Projektion. P: Processus styloideus radii; Lu: Ulnarrand des Os lunatum; |PR|: Gelenkfläche des distalen Radius

2.5.2 Der Kellgren-Lawrence-Score

Beim Score von Kellgren und Lawrence wird die Arthrose der Handwurzel in einer anteroposterioren Ebene beurteilt, die in vier Stadien eingeteilt wird (Kellgren und Lawrence 1957).

Stadium 0: Keine Anzeichen von Arthrose

Stadium 1: Zweifelhafte Einengung des Gelenkspalts und mögliche Osteophyten

Stadium 2: Mögliche Einengung des Gelenkspalts und deutliche Osteophyten-Bildung

Stadium 3: Deutliche Einengung des Gelenkspalts, mehrere Osteophyten, Sklerose und eine mögliche Verformung der Knochenkontur

Stadium 4: Deutliche Einengung des Gelenkspalts, große Osteophyten, starke Sklerose und Deformität der Knochenkontur

2.5.3 SLAC- und SNAC-Wrist

Der SLAC-Wrist (scapholunate advanced collapse) bildet ein Muster degenerativer Arthritis, das durch eine Fehlstellung zwischen dem Os scaphoideum, Os lunatum und dem Radius verursacht wird. Zu dieser Fehlstellung kommt es durch eine skapholunäre Dissoziation (Watson und Ballet 1984). Auch beim SNAC-Wrist (scaphoid nonunion advanced collapse) handelt es sich um ein Muster degenerativer Arthritis, das auf eine Kahnbein-Pseudarthrose zurückgeführt werden kann (Vender et al. 1987).

Der Verlauf von SLAC und SNAC kann auf einer dreistufigen Progressionsskala beschrieben werden:

1. Degenerative Veränderungen zwischen dem Kahnbein und dem Processus styloideus radii, radiologisch sichtbar als Gelenkspaltverengung
2. Fortschreiten der Veränderungen entlang des Scaphoradialen-Gelenks
3. Mediokarpale Arthrose

2.5.4 Die Herzberg-Klassifikation

Für die Auswertung der radiologischen Ergebnisse wurde die von Herzberg im Jahr 1993 vorgeschlagene Klassifikation verwendet. Die Röntgenaufnahmen mit normaler Karpalausrichtung und Morphologie der Handwurzelknochen wurden mit dem Buchstaben „A“ gekennzeichnet, während der Buchstabe „B“ für Radiogramme mit abnormaler Karpalausrichtung oder -morphologie verwendet wurde. Wichtige Ursachen der abnormalen Karpalausrichtung waren eine statische skapholunäre Dissoziation, eine statische lunotriquetrale Dissoziation, eine ulnare Translokation der Handwurzel, eine Pseudarthrose des Kahnbeins oder eines anderen Handwurzelknochens und eine PISI- oder DISI-Fehlstellung. Röntgenaufnahmen, die behandlungsbedingte Veränderungen des Handgelenks zeigten, wie z. B. eine proximale Karpektomie und eine Handgelenks-Arthrodeese, wurden mit dem Buchstaben „C“ gekennzeichnet. Die Röntgenaufnahmen wurden hinsichtlich posteroanteriorer und lateraler Projektionen ausgewertet. Es wurde zusätzlich eine „1“ hinzugefügt, wenn radiokarpale oder mediokarpale Arthrose festgestellt wurde. Zusammenfassend wurden die befriedigenden Röntgenaufnahmen mit A oder C gekennzeichnet und nicht befriedigende mit A1, B, B1 oder C1 (Herzberg et al. 1993; Tab. 5).

Tab. 5: Die Herzberg-Klassifikation der radiologischen Ergebnisse: A, B und C (Herzberg et al. 1993)

A	B	C
Normale Karpalausrichtung und Karpalknochenmorphologie	Statische SL-Dissoziation	Proximale Karpektomie
	Statische LT-Dissoziation	4-Ecken-Fusion
	Ulnare Translokation der Handwurzel	Arthrodese des Handgelenks
	Dorsale interkalierte Segmentinstabilität (DISI)	
	Palmare interkalierte Segmentinstabilität (PISI)	
	Kahnbein-Pseudarthrose	
	Kortikale Stufenbildung des Kahnbeins (mehr als 1 mm Absprung auf Gelenkflächen)	

2.6 Die statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurde das Programm IBM SPSS Statistics 29.0.0.0 (241) verwendet. Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Ein $p\text{-Wert} \leq 0,05$ wurde als Schwellenwert für die Zurückweisung der Nullhypothese betrachtet. Außerdem wurden für eine Beurteilung der Datenverteilung Histogramme zusammen mit dem Ergebnis von Skewness und Kurtosis ausgewertet. Die Messergebnisse wurden als Median mit dem Interquartilsabstand (IQR) dargestellt. Darüber hinaus wurden Minimal- und Maximalwerte (min-max) angegeben. Um die Abhängigkeit von zwei kategorialen Variablen beurteilen zu können, wurde das Chi-Quadrat (für eine Stichprobengröße > 5) oder der exakte Fisher-Test (für eine Stichprobengröße < 5) verwendet. Wenn die Daten nicht normalverteilt waren, dann wurde die Verteilung der Ränge zwischen zwei Gruppen und ihre Differenz mit dem Mann-Whitney-U-Test verglichen.

Wenn die Daten gepaart vorlagen, dann wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verwendet, um den Unterschied zwischen beiden Gruppen zu bestimmen. Schließlich wurde bei einer angenommenen Nicht-Normalverteilung der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman mit Spearman's Rho verwendet, um den Grad der Assoziation zwischen zwei metrischen Variablen unterscheiden zu können.

3. Die Ergebnisse

3.1 Retrospektive Datenanalyse

3.1.1 Die Patientenpopulation

Acht Patienten wurden wegen einer Nachbeobachtungszeit von weniger als drei Monaten von der Studie ausgeschlossen. Wegen des fehlenden Zugangs zu präoperativen Röntgenaufnahmen wurden 21 Patienten von der Studie ausgeschlossen. Dadurch wurden 69 von 98 Patienten (70 Handgelenke) für die retrospektive Analyse qualifiziert. 30 Patienten schickten den ausgefüllten Selbstbewertungsbogen zurück und 28 Patienten kamen zur Nachuntersuchung in die Klinik. Von den 69 für die retrospektive Datenanalyse qualifizierten Patienten, die sich in der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen im Zeitraum 2000-2021 einer Operation wegen einer perilunären Luxation oder einer perilunären Luxationsfraktur unterzogen haben, waren 96 % ($n = 66$) männlich und 4 % ($n = 3$) weiblich. Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Verletzung lag im Median bei 31 Jahren (Interquartilsabstand (IQR) 25,5, min-max: 16-72 Jahre). Die meisten Patienten waren junge Erwachsene im Alter von 18-39 Jahren, was 65 % der Patienten ($n = 45$) entsprach. Die kleinste Gruppe bestand aus Patienten über 60 Jahren, die 7 % ($n = 5$) der Patientenpopulation bildeten (Abb. 16).

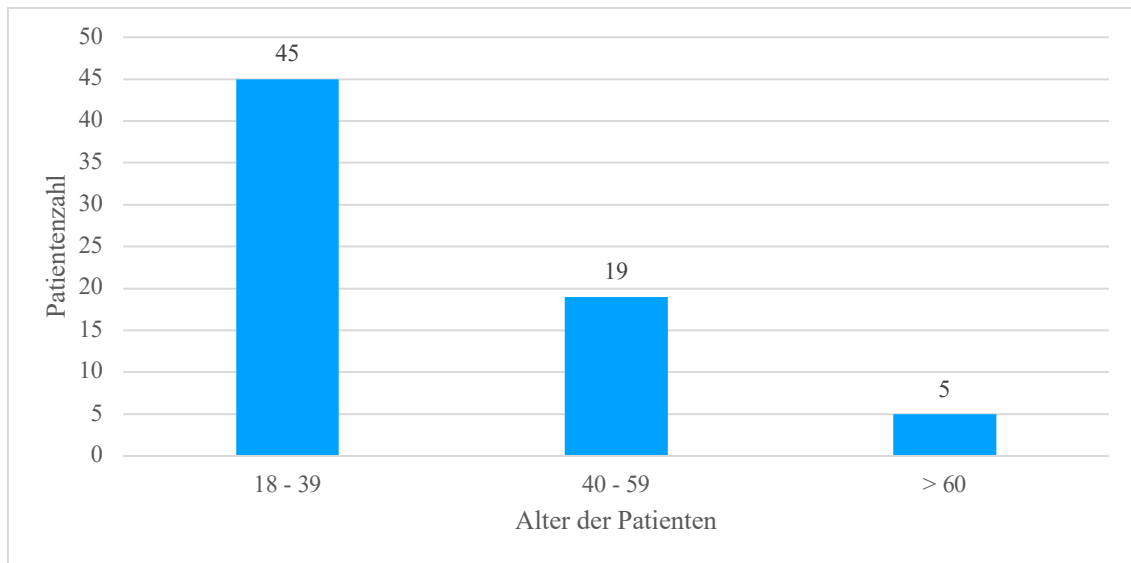


Abb. 16: Das Alter der Patienten am Tag der Verletzung. Die Patienten wurden in Gruppen von 18-39 Jahren, 40-59 Jahren und über 60 Jahren eingeteilt (n = 69).

Bei 68 Patienten trat die Verletzung einseitig und nur bei einem Patienten trat sie beidseitig auf, was zu einer Gesamtzahl der Handgelenke von 70 führte. Bei 25 Patienten (36 % der Patienten) ereignete sich der Unfall bei der Arbeit und bei 44 (64 %) außerhalb der Arbeit (Abb. 17).

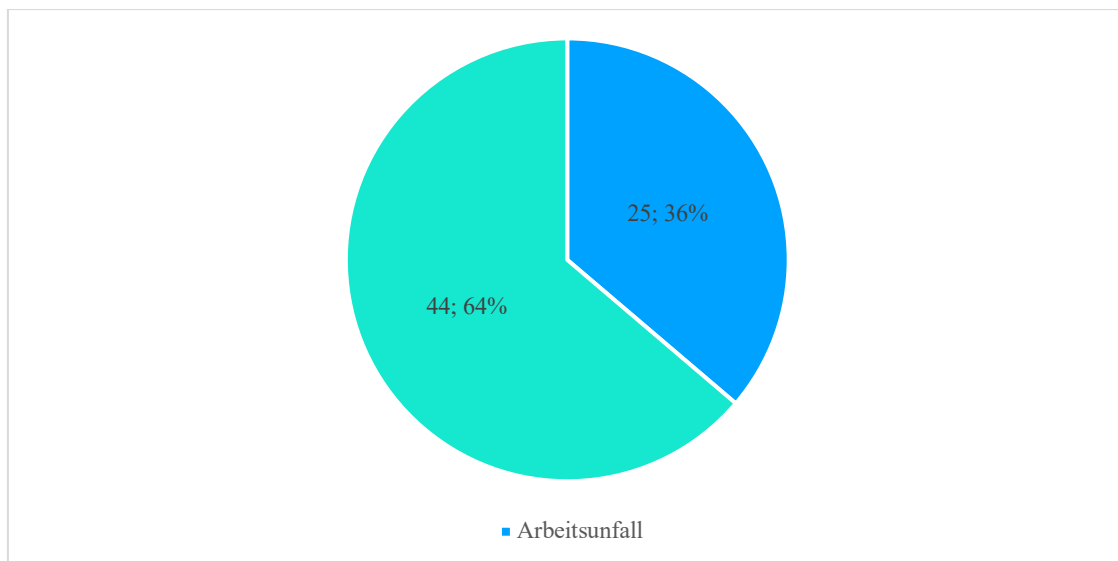


Abb. 17: Prozentsatz der Patienten mit einer Luxation am Arbeitsplatz (Arbeitsunfall; n = 69).

Die Ursache der Verletzung war bei 22 Patienten (32 %) ein Sturz aus einer Höhe oberhalb der Körpergröße, also ein Sturz von Leiter, Treppe, Dach oder Balkon. Bei 19 Patienten (27,5 %) ereignete sich der Unfall beim Sporttreiben, wie Fußball, Motocross, Mountainbike, Snowboard oder Skifahren. 19 Patienten (27,5 %) wurden im Rahmen ei-

nes Verkehrsunfalls ins Krankenhaus eingeliefert, wie einem Auto-, Motorrad- oder Fahrradunfall. Stürze aus Körperhöhe waren bei 6 Patienten (9 %) die Verletzungsursache und ein Maschinenarbeitsunfall war bei 3 Patienten ursächlich (4%; Abb. 18).

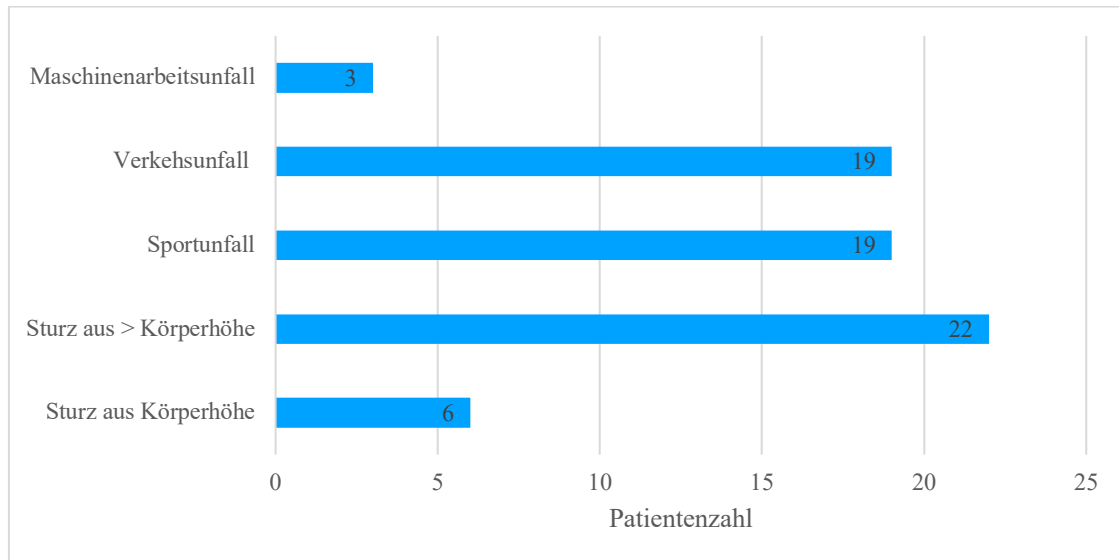


Abb. 18: Ursachen der Verletzung (n = 69).

Die Patienten, die aus einer Höhe oberhalb ihrer Körpergröße gestürzt waren, waren signifikant älter (49 Jahre (IQR 23), min-max: 20-72 Jahre, n = 22) als die Patienten, die einen Verkehrsunfall (27 Jahre (IQR 17), min-max: 16-48 Jahre, n = 19, $p = 0,001$, Mann-Whitney-U-Test) oder einen Sportunfall (27 Jahre (IQR 18), min-max: 17-51 Jahre, n = 19, $p = 0,001$, Mann-Whitney-U-Test) erlitten hatten.

3.1.2 Die Art der Verletzung

Bei allen diagnostizierten perilunären Verletzungen wurde in 39 % (n = 27) der Fälle die perilunäre Luxation (PL) und in 61 % (n = 43) der Fälle die perilunäre Luxationsfraktur (PLF) diagnostiziert (Abb. 19). Das mediane Alter der Patienten mit PL lag am Tag der Verletzung bei 48 Jahren (IQR 24, min-max: 19-72 Jahre), während das mediane Alter der Patienten mit PLF bei 27 Jahren (IQR 16, min-max: 16-58 Jahre) lag. Dieser Unterschied beim Median des Alters der Patienten (21 Jahre) war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Mann-Whitney-U-Test).

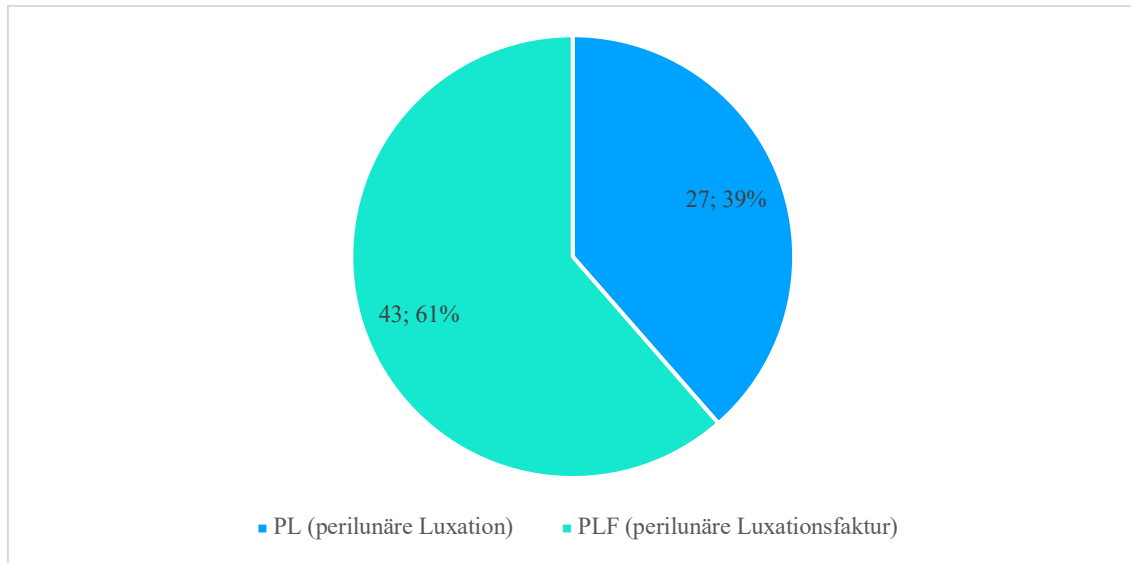


Abb. 19: Prozentsatz der perilunären Luxationen (PL) und perilunären Luxationsfrakturen (PLF) in der Patientenpopulation (n = 70).

Das Stadium II der perilunären Instabilität nach Mayfield wurde bei der PL (3 Fälle) seltener diagnostiziert als bei der PLF (19 Fälle) (Abb. 20). Die Abhängigkeit zwischen der Art der Verletzung (PL oder PLF) und dem Auftreten des Stadiums II nach der Mayfield-Klassifikation erwies sich im Rahmen der Studie als statistisch signifikant ($p = 0,004$, Fisher-Test).

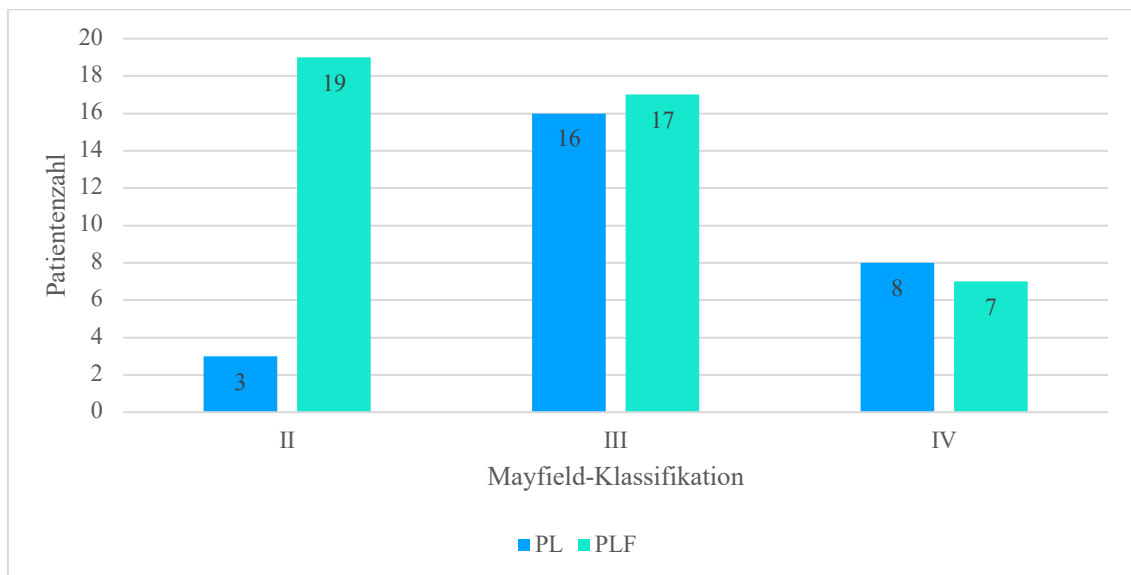


Abb. 20: Die Anzahl der Patienten, die in jedem Stadium (II, III oder IV) der Mayfield-Klassifikation mit perilunärer Luxation (PL) und perilunärer Luxationsfraktur (PLF) diagnostiziert wurden (n = 70).

3.1.3 Frakturen

Eine Fraktur des Os scaphoideum (De-Quervain-Luxationsfraktur) war bei den Patienten mit PLF die häufigste Fraktur. Sie trat in 40 Fällen auf, was 48 % der perilunären Verletzungen und 93 % der Luxationsfrakturen entsprach. Die zweithäufigste Fraktur des Handwurzelknochens war in 15 Fällen die Fraktur des Os triquetrum. Darüber hinaus konnte in 17 Fällen (24 % der perilunären Verletzungen) eine Fraktur des PSR und in 10 Fällen eine Fraktur des PSU bestätigt werden (Abb. 21).

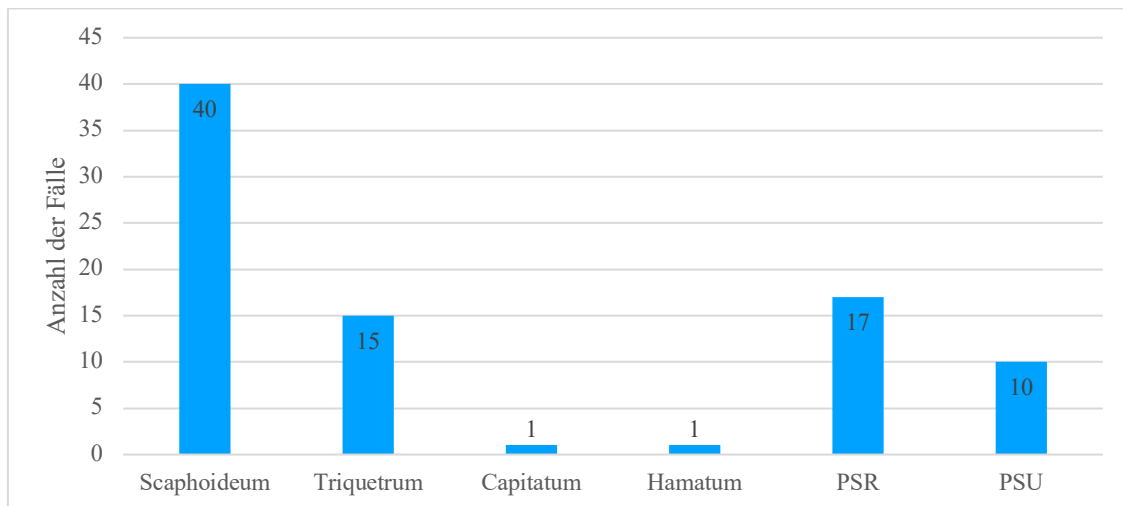


Abb. 21: Die Anzahl der Fälle einzelner Handwurzelknochenfrakturen. PSR: Processus styloideus radii; PSU: Processus styloideus ulnae.

In 85 % der Fälle ($n = 34$) war das Os scaphoideum im mittleren Drittel gebrochen, in 12 % der Fälle ($n = 5$) der proximale Pol und in 3 % der Fälle ($n = 1$) der distale Pol (Abb. 22).

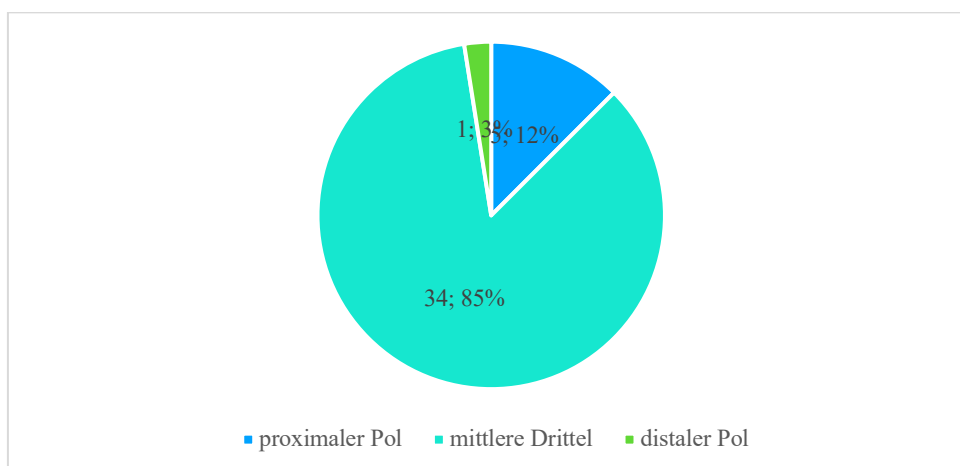


Abb. 22: Prozentsatz der möglichen Lokalisationen einer Fraktur des Os scaphoideum: Proximaler Pol, distaler Pol oder mittleres Drittel ($n = 40$).

3.1.3.1 Die Morphologie des Os lunatum

Bei der Morphologie des Os lunatum wurde das Os lunatum Typ 1 in 31 % der Fälle (21 Fälle) und der Typ 2 in 69 % der Fälle (46 Fälle) bestätigt. In drei Fällen wurde die proximale Reihe der Handwurzelknochen entfernt, weshalb es nicht möglich war, die Morphologie des Os lunatum zu bestimmen. Das Verletzungsmuster (PL oder PLF) war statistisch nicht von der Morphologie des Os lunatum (Typ 1 oder Typ 2) abhängig ($p = 0,062$, Chi-Quadrat).

3.1.4 Begleitverletzungen

Die distale Radiusfraktur war die häufigste Begleitverletzung ($n = 8$). Bei vier Patienten wurde eine Ellenbogenluxation diagnostiziert. Bei 2 Patienten trat im Rahmen eines Polytraumas eine perilunäre Verletzung auf. Außerdem kam es bei 2 Patienten zu einer Wirbelsäulenfraktur, bei weiteren 2 Patienten zu einer Schulterluxation, bei 2 Patienten zu einer Beckenringfraktur und jeweils bei einem Patienten zu einer Läsion der V. femoralis rechts, einer TFCC-Läsion, einer Claviculafraktur und einer offenen Unterarmschaftfraktur.

3.1.5 Parästhesien

Unter den Patienten mit perilunären Verletzungen wurden in 42 von 69 Fällen (61 % der Fälle) Symptome einer Parästhesie festgestellt. Bei der Aufnahme ins Krankenhaus zeigten sich bei 63 % der Patienten ($n = 17$) mit perilunärer Luxation Symptome von Parästhesien. Bei den Patienten mit perilunärer Luxationsfraktur lag dieser Prozentsatz bei 58 % ($n = 25$). Es ergab sich allerdings keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Häufigkeit von Parästhesien und der Art der Verletzung (PL oder PLF) ($p > 0,05$, Chi-Quadrat). 86 % ($n = 37$) aller Parästhesien betrafen den Innervationsbereich des N. medianus. Bei 9 % der Fälle ($n = 4$) traten Parästhesien im Bereich sowohl des N. medianus als auch des N. ulnaris auf und in 5 % ($n = 2$) der Fälle traten sie nur im Bereich des N. ulnaris auf (Abb. 23).

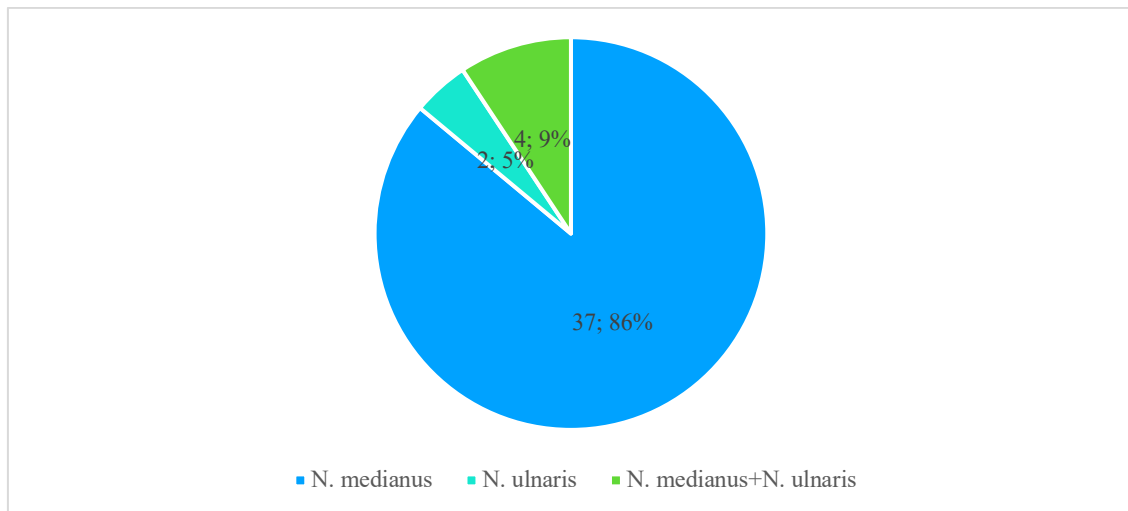


Abb. 23: Lokalisation des Bereichs der bei der Aufnahme ins Krankenhaus diagnostizierten Parästhesien: N. medianus, N. ulnaris oder N. medianus und N. ulnaris.

3.1.6 Die operative Versorgung

Insgesamt wurden 48 offene und 9 geschlossene Repositionen durchgeführt, woraufhin nach den 9 geschlossenen Repositionen eine offene Versorgung erfolgte. In 9 Fällen wurde zunächst eine geschlossene Reposition für das Os lunatum durchgeführt und dann eine offene Reposition für die Fragmente einer Scaphoidfraktur. In vier Fällen war keine Reposition möglich, weshalb eine proximale Karpektomie durchgeführt wurde.

In 41 Fällen wurde die Reposition der Luxation am Tag der Verletzung vorgenommen. Bei allen Patienten wurde ein offener Eingriff durchgeführt, wobei der offene Eingriff in 31 Fällen am Tag der Verletzung vorgenommen wurde. Vier Patienten wurden mehr als 15 Tage nach der Verletzung operiert (Abb. 24). Patienten, die nicht am selben Tag operiert wurden, an dem die Reposition durchgeführt wurde, wurden im Verlauf des stationären Aufenthalts operiert.

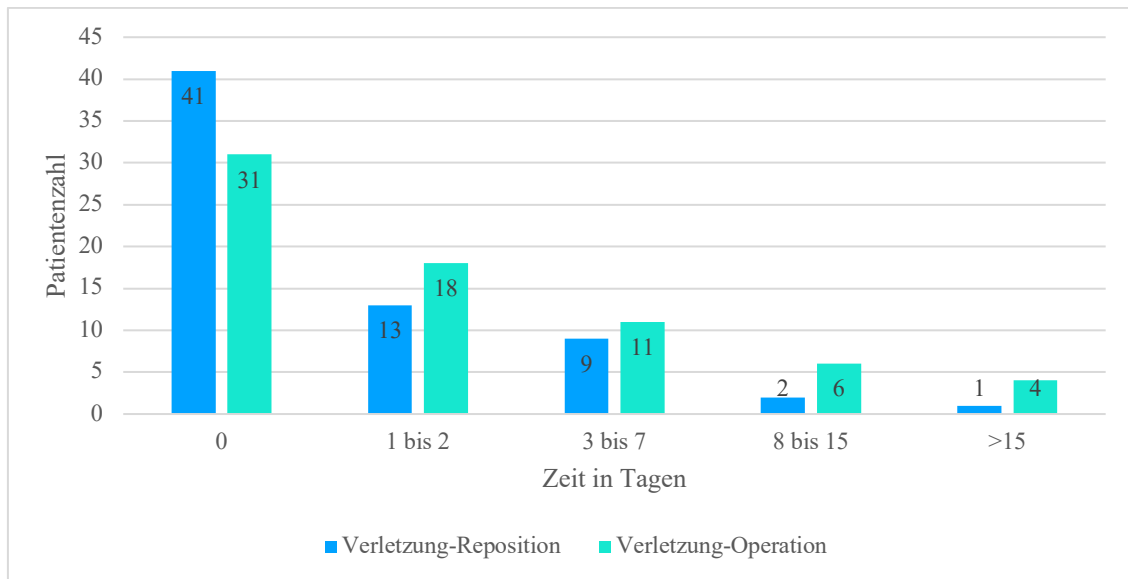


Abb. 24: Die Zeit von der Verletzung bis zur geschlossenen Reposition (Verletzung-Reposition) der Luxation und die Zeit von der Verletzung bis zur offenen chirurgischen Versorgung (Verletzung-Operation; n = 70).

3.1.6.1 Der operative Zugang

In 51 % der Fälle (n = 36) wurde sowohl der dorsale als auch der palmare chirurgische Zugang verwendet. In 46 % (n = 32) der Fälle wurde ein alleiniger dorsaler Zugang verwendet und bei zwei Patienten (3 % der Fälle) erfolgte die Operation über einen reinen palmaren Zugang (Abb. 25).

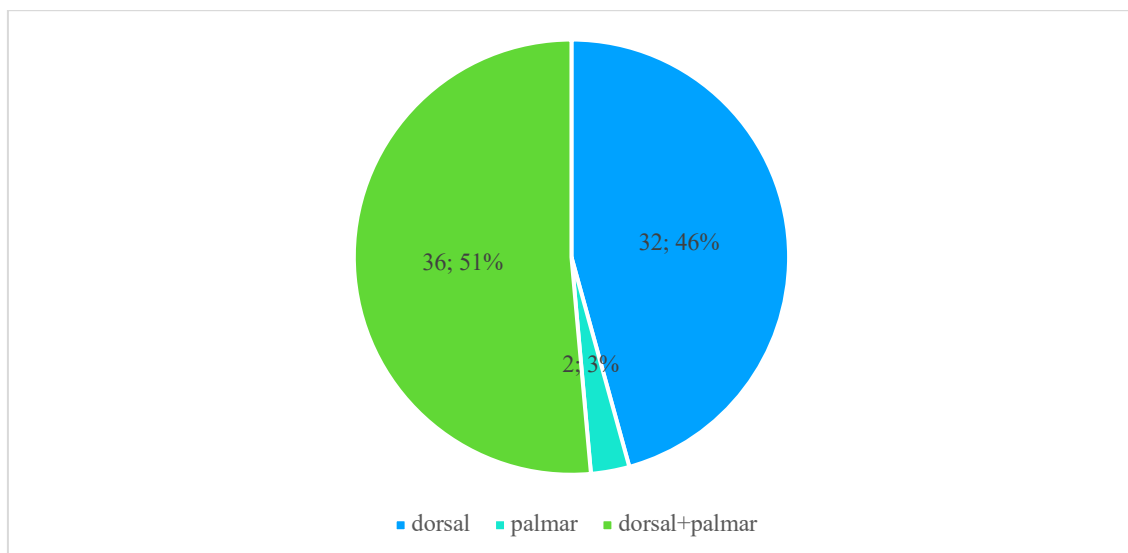


Abb. 25: Der verwendete Operationszugang: Dorsal, palmar oder dorsal und palmar (n = 70).

Die Wahl des chirurgischen Zugangs (isolierter dorsaler oder kombinierter dorsaler und palmarer Zugang) war statistisch signifikant abhängig vom Vorhandensein von Parästhesien bei der Aufnahme ins Krankenhaus ($p = 0,016$, Chi-Quadrat). In 42 Fällen, in denen bei der Aufnahme ins Krankenhaus Parästhesien festgestellt wurden, wurden 15 Patienten (36% der Fälle) über einen dorsalen Zugang und 27 Patienten (64 % der Fälle) über einen kombinierten dorsalen und palmaren Zugang operiert.

Bei den Patienten, die über einen kombinierten palmaren und dorsalen Zugang operiert wurden, hatten 13 eine perilunäre Luxation und 23 eine perilunäre Luxationsfraktur. 14 der Patienten, die über einen isolierten dorsalen Zugang operiert wurden, hatten eine perilunäre Luxation und 18 hatten eine perilunäre Luxationsfraktur. Die Verwendung des beidseitigen Operationszugangs war statistisch nicht von der Art der Verletzung (PL oder PLF) abhängig ($p = 0,663$, Chi-Quadrat). Beide Patienten, die über einen isolierten palmaren Zugang operiert wurden, hatten eine perilunäre Luxationsfraktur. Die Patienten, die über einen kombinierten dorsalen und palmaren Zugang operiert wurden, wiesen bei der Kontrolluntersuchung im Median einen signifikant größeren Bewegungsumfang bei der Flexion und Extension auf (70 % (IQR 23) der Gegenseite, min-max: 25-112 %, $n = 35$) im Vergleich mit den Patienten, die nur über einen dorsalen Zugang operiert wurden (52 % (IQR 31) der Gegenseite, min-max: 23-125 %, $n = 27$, $p = 0,003$, Mann-Whitney-U-Test; Abb. 26).

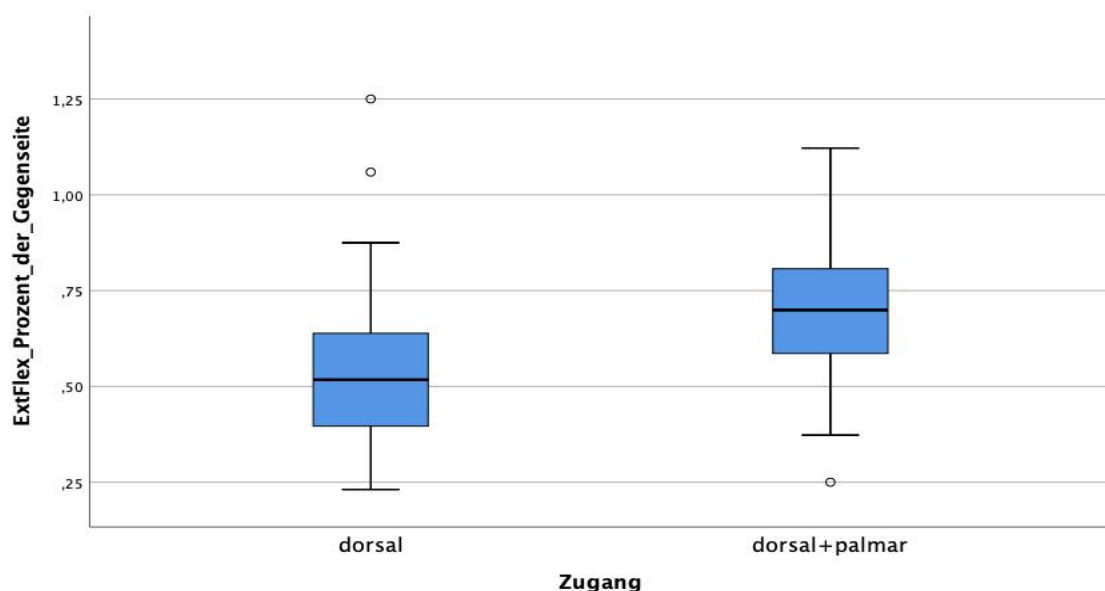


Abb. 26: Der prozentuale Bewegungsumfang der betroffenen Hand im Vergleich mit der gesunden Hand bei der Flexion und Extension und ein Vergleich zwischen dem dorsalen und dem kombinierten dorsalen und palmaren Zugang.

3.1.6.2 Die Karpaltunnel- und die Loge-de-Guyon-Spaltung

Eine Karpaltunnelspaltung wurde in 40 Fällen durchgeführt und eine Spaltung der Loge de Guyon in 2 Fällen. Sowohl die Karpaltunnel- als auch die Loge-de-Guyon-Spaltung wurden in 2 Fällen durchgeführt. Außerdem wurde in drei Fällen eine Kompartmentspaltung vorgenommen. Die Durchführung einer Karpaltunnelspaltung war statistisch abhängig von der Rekonstruktion von Bändern (extrinsischen oder intrinsischen) auf der palmaren Seite ($p = 0,002$ Chi-Quadrat). Bei 14 von 42 (33 % der Fälle) Patienten, bei denen eine Karpaltunnelspaltung durchgeführt wurde, wurde eine Rekonstruktion von Bändern auf der palmaren Seite dokumentiert.

3.1.6.3 Die Verletzung der extrinsischen Bänder

In 17 Fällen (25 %) wurden die extrinsischen Bänder rekonstruiert. Dabei wurden insgesamt 14 beschädigte dorsale und radiokarpale Bänder, sieben palmare und radiokarpale und drei palmare und ulnokarpale Bänder genäht. Es wurde keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Art der Verletzung (PL oder PLF) und der Durchführung einer Rekonstruktion der extrinsischen Bänder festgestellt ($p = 0,275$, Fisher-Test).

3.1.6.4 Die Verletzung der intrinsischen Bänder

In der Gruppe der Patienten mit PL konnte bei 22 von 27 Patienten eine Schädigung sowohl des SL- als auch des LT-Bandes festgestellt werden. Bei fünf Patienten wurde eine isolierte Verletzung des SL-Bands diagnostiziert, während bei keinem Patienten eine isolierte LT-Bandverletzung auftrat. Bei den Patienten mit PLF wurde bei 11 von 43 Patienten eine Schädigung sowohl des SL- als auch des LT-Bandes festgestellt (Tab. 6). Es wurde eine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Art der Verletzung (PL oder PLF) und dem Typ der intrinsischen Bandverletzung (Monoligamentäre Verletzung: SL oder LT; Multiligamentäre Verletzung: SL und LT) festgestellt ($p < 0,001$, Fisher-Test).

Tab. 6: Beschädigte Bänder (SL+LT-Band), SL-Band oder LT-Band unterteilt nach der Art der Verletzung: PL (perilunäre Luxatione) oder PLF (perilunärer Luxationsfraktur). n=70.

Beschädigte Bänder	PL	PLF
SL+LT	22	11
SL	5	3
LT	0	20
Keine Bandverletzung	0	9
insgesamt	27	43

Eine isolierte ligamentäre Schädigung des SL-Bandes trat bei drei Patienten und eine isolierte ligamentäre Schädigung des LT-Bandes trat bei 20 Patienten auf. In 42 % der Fälle (23 von 55 Fällen) wurde eine intraligamentäre Verletzung festgestellt, während in 58 % der Fälle (32 Fälle) das Band durch einen knöchernen Ausriss geschädigt wurde. Bei den 40 Fällen mit einer Fraktur des Os scaphoideum wurden 9 Verletzungen des SL-Bandes und des LT-Bandes dokumentiert, 2 isolierte Verletzungen des SL-Bandes, 20 isolierte Verletzungen des LT-Bandes und in 9 Fällen wurden keine Verletzungen der intrinsischen Bänder festgestellt. Bei den 15 Fällen mit einer Fraktur des Os triquetrum wurden 3 Verletzungen des SL-Bandes und des LT-Bandes dokumentiert, 1 isolierte Verletzung des SL-Bandes, 5 isolierte Verletzungen des LT-Bandes und in 6 Fällen wurden keine Verletzungen der intrinsischen Bänder festgestellt. Bei 12 Fällen, bei denen sowohl eine Fraktur des Os scaphoideum als auch des Os triquetrum auftrat, wurde in 1 Fall eine Verletzung des SL-Bandes und des LT-Bandes dokumentiert, bei keinem Fall trat eine isolierte Verletzung des SL-Bandes auf, aber in 5 Fällen eine isolierte Verletzung des LT-Bandes und in 6 Fällen wurden keine Verletzungen der intrinsischen Bänder festgestellt.

3.1.6.5 Osteosynthese und Transfixation

Bei allen Fällen von Frakturen des Os scaphoideum, bei denen keine proximale Karpekto- mie durchgeführt wurde, wurde die Fraktur mittels Herbert-Schraube stabilisiert. Für die Transfixation wurden Kirschner-Drähte verwendet. In 27 von 64 Fällen (42 %) erfolgte die Transfixation entlang von drei Achsen: Zwischen dem Os scaphoideum und Os luna- tum (SL), zwischen dem Os scaphoideum und Os capitatum (SC) und zwischen dem Os lunatum und Os triquetrum (LT). In zehn Fällen (16 %) wurde die Stabilisierung zwischen

dem Os lunatum und Os triquetrum vorgenommen (LT). In sieben Fällen (11 %) wurde sie zwischen dem Os scaphoideum und Os lunatum (SL) und zwischen dem Os lunatum und Os triquetrum erstellt (LT; Tab. 7)

Tab. 7: Die Kombinationen der Achsen bei den durchgeführten Transfixationen zwischen den Knochen des Handgelenks. SL: Scapholunatum, SC: Scaphocapitatum, LT: Lunotriquetrum, TC: Triquetrocapitatum, CL: Capitollunatum (n = 64)

Die Achsen der Transfixation	Anzahl der Patienten
SL+SC+LT	27
LT	10
SL+LT	7
SC+LT	5
SL+SC+LT+TC	4
SL+LT+CL	3
SL	2
SL+SC+CL	1
SL+SC+LT+CL	1
LT+CL	1
SC+LT+TC	1
SL+SC	1
SL+LT+TC	1

Bei zwei Patienten mit einer Greater-Arc-Verletzung ohne eine Schädigung des Bandapparats wurde keine Transfixation, sondern nur eine Stabilisierung der Frakturen der Handwurzelknochen vorgenommen. Die mediane Immobilisierungszeit lag bei acht Wochen (IQR 1,5, min-max: 3-13 Wochen).

3.1.6.6 Das Repositionsergebnis

Direkt postoperativ betrug der mediane SL-Winkel bei allen Fällen nach perilunären Verletzungen 45° (IQR 14, min-max: 20-74°), der CL-Winkel 8° (IQR 8,9, min-max: 0-80°) und der RL-Winkel 4,5° (IQR 6, min-max: -40-14,7°, Abb. 27).

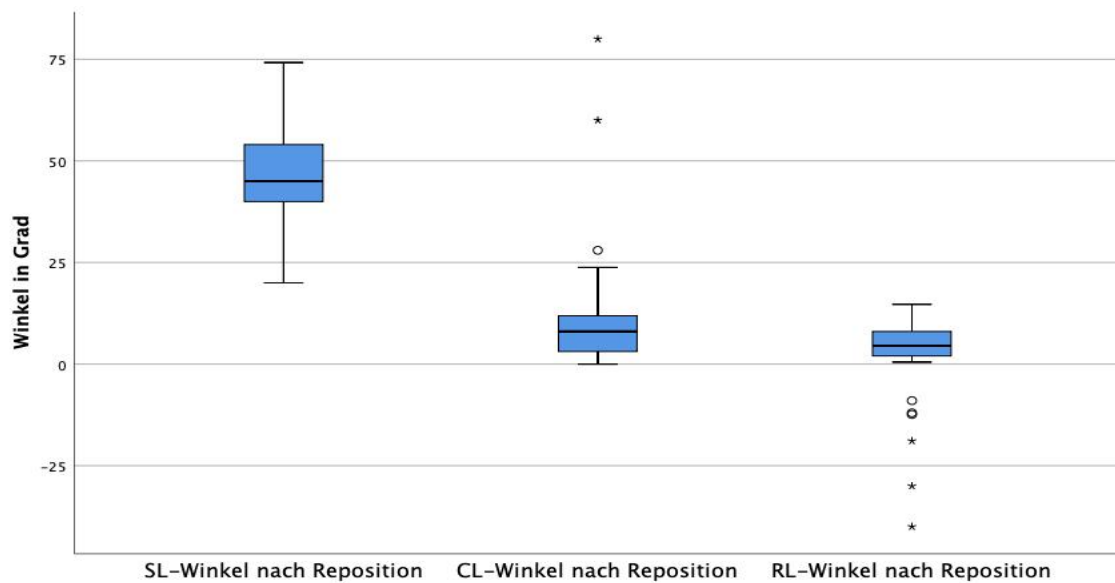


Abb. 27: Ergebnisse der Winkelmessungen von SL, CL und RL nach Reposition, ausgedrückt in Grad. n=66.

Bei allen Fällen nach perilunären Verletzungen betrug der SL-Abstand direkt nach der Reposition 1,6mm (IQR 1, min-max: 0-5mm, Abb. 28).

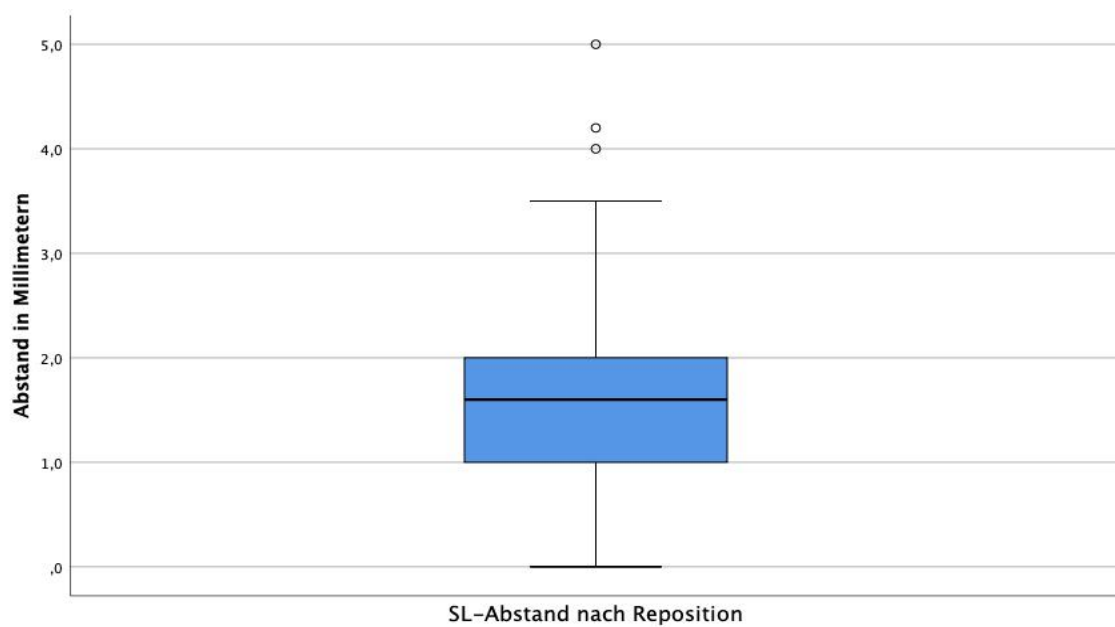


Abb. 28: Ergebnisse der Messungen des SL-Abstands nach der Reposition in Millimetern (mm). n=66.

Direkt postoperativ ergaben sich bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) ein SL-Winkel im Median von 42,6° (IQR 14,6, min-max: 20-60°), ein Median des capitulunären Winkels von 8,7° (IQR 9,9, min-max: 0,7-80°), ein Median des radiolunären Winkels von 3,2° (IQR 6,1, min-max: -40-12°) und ein Median des skapholunären Abstands von 1,7 mm (IQR 0,7, min-max: 0-5 mm). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) konnten ein SL-Winkel im Median von 48° (IQR 13,6, min-max: 32,6-74,2°), ein Median des capitulunären Winkels von 7° (IQR 7, min-max: 0-23,8°) und ein Median des radiolunären Winkels von 5° (IQR 7,4, min-max: -18,9-14,7°) festgestellt werden. Darüber hinaus lag der Median des skapholunären Abstands bei 1,5 mm (IQR 1, min-max: 0-4,2 mm; Tab. 6). Der SL-Winkel war bei den Patienten mit einer PLF nach der Reposition signifikant größer als bei den Patienten mit einer PL ($p = 0,015$, Mann-Whitney-U-Test). Darüber hinaus wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen PL und PLF beim CL-Winkel ($p = 0,264$, Mann-Whitney-U-Test), RL-Winkel ($p = 0,060$, Mann-Whitney-U-Test) und SL-Abstand ($p = 0,198$, Mann-Whitney-U-Test) festgestellt (Tab. 8).

Tab. 8: Der Median der interkarpalen Winkel nach der Reposition. SL-Winkel: Skapholunärer Winkel; CL-Winkel: Capitulunärer Winkel; RL-Winkel: Radiolunärer Winkel; SL-Abstand: Skapholunärer Abstand; PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur; p-Wert: Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich zwischen PL und PLF ($n = 66$)

Art der Verletzung	SL-Winkel	CL-Winkel	RL-Winkel	SL-Abstand
PL ($n = 27$)	42,6° (IQR 14,6)	8,7° (IQR 9,9)	3,2° (IQR 6,1)	1,7 mm (IQR 0,7)
PLF ($n = 39$)	48° (IQR 13,6)	7° (IQR 7)	5° (IQR 7,4)	1,5 mm (IQR 1)
p-Wert	$p = 0,015$	$p = 0,264$	$p = 0,060$	$p = 0,198$

3.1.7 Das Kontrollergebnis

Nach der Entfernung der Kirschner-Drähte wurden zwei radiologische Nachuntersuchungen ausgewertet. In die erste Nachuntersuchung konnten 66 Patienten einbezogen werden und in die zweite 51 Patienten. Die mediane Zeit von der Operation bis zur ersten Röntgenaufnahme lag bei 4,2 Monaten (IQR 7,6; min-max: 1,3-156,1 Monate) und bis zum zweiten Röntgenbild waren es 30 Monate (IQR 44,75; min-max: 3-265,5 Monate). Die mediane Zeit von der Operation bis zum letzten im System vorhandenen Röntgenbild nach der Metallentfernung lag bei 19,7 Monaten (IQR 34; min-max: 3-265,5 Monate).

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug in der neuesten Kontrolluntersuchung der SL-Winkel $56,2^\circ$ (IQR 12,7, min-max: $26,1-77^\circ$), der CL-Winkel $7,1^\circ$ (IQR 9,9, min-max: $0,7-35^\circ$) und der RL-Winkel $6,6^\circ$ (IQR 12,8, min-max: $-33-25^\circ$) im Median (Abb. 29).

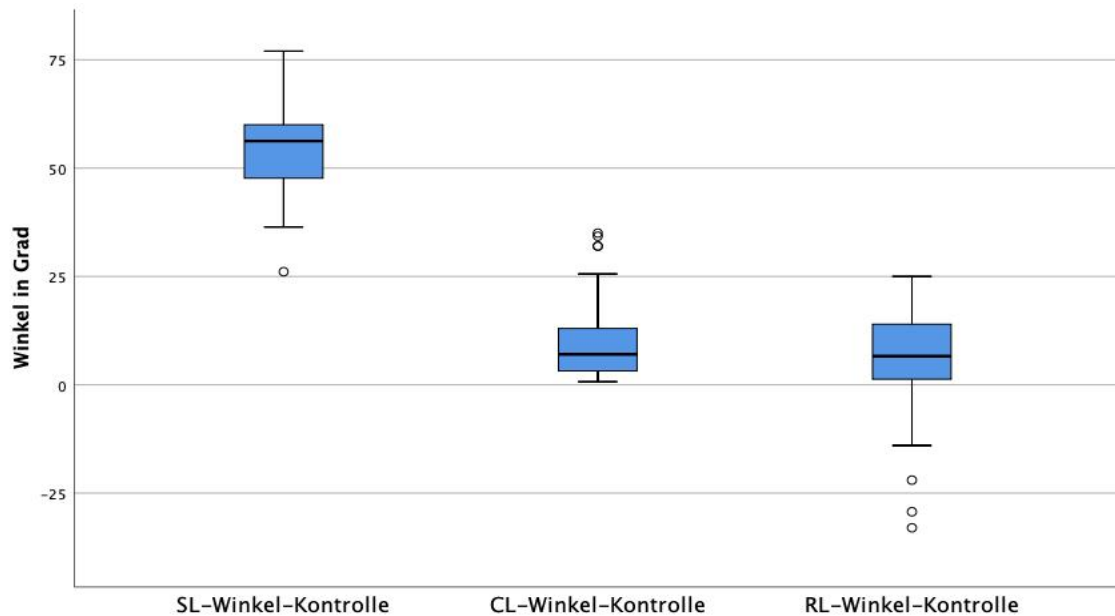


Abb. 29: Ergebnisse der Messungen der Winkel SL, CL und RL in der neuesten verfügbaren radiologischen Untersuchung, ausgedrückt in Grad ($^\circ$). n=58.

Im neuesten verfügbaren radiologischen Befund betrug der SL-Abstand in der Gruppe aller Patienten nach perilunären Verletzungen im Median 1,8mm (IQR 1,4, min-max: 0,4-9,7 mm, Abb. 30).

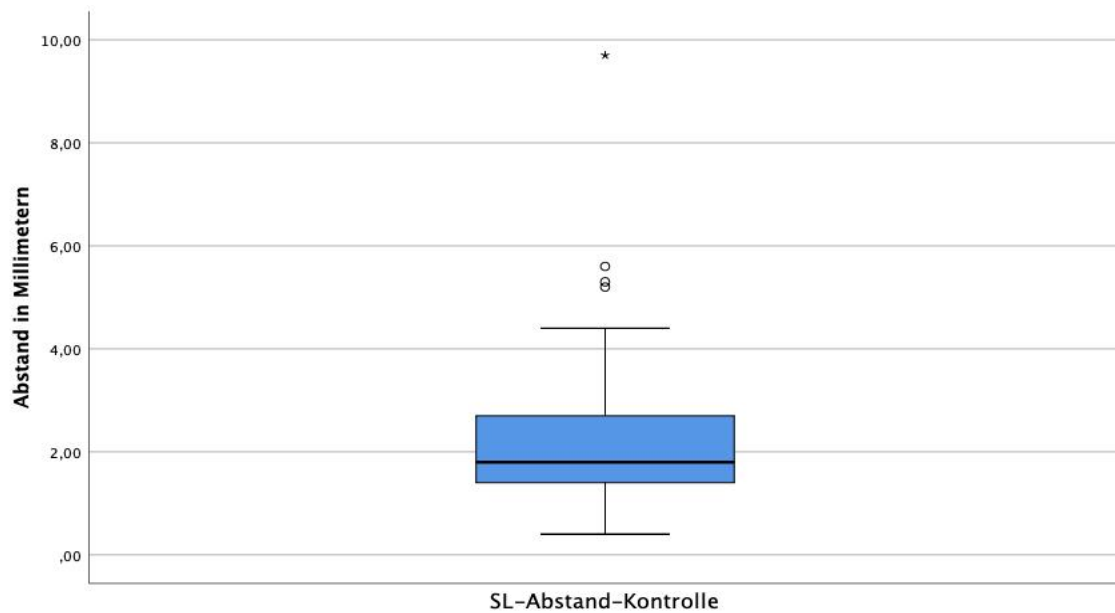


Abb. 30: Ergebnisse der Messungen des SL-Abstands in der neuesten verfügbaren radiologischen Untersuchung, ausgedrückt in Millimetern. n=58.

Der Unterschied zwischen dem SL-Winkel direkt postoperativ und in der jüngsten radiologischen Untersuchung war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Ebenso war der Unterschied beim SL-Abstand statistisch signifikant ($p = 0,015$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Kein statistisch signifikanter Unterschied wurde jedoch zwischen dem CL-Winkel ($p = 0,223$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und dem RL-Winkel ($p = 0,127$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) festgestellt, wenn man die Werte direkt postoperativ und in den jüngster Kontrolluntersuchung vergleicht.

Bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) ergab sich bei der letzten postoperativen Röntgenaufnahme ein SL-Winkel im Median von $55,1^\circ$ (IQR $14,9$, min-max: $26,1-71,3^\circ$), ein Median des capitulunären Winkels von $6,0^\circ$ (IQR $10,3$, min-max: $0,7-35^\circ$) und ein Median des radiolunären Winkels von $5,3^\circ$ (IQR $12,2$, min-max: $-22-18^\circ$). Der Median des skapholunären Abstands lag bei 2 mm (IQR $2,4$, min-max: $0,7-5,3$ mm). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) ergab sich ein SL-Winkel im Median von $57,6^\circ$ (IQR $13,1$, min-max: $36,4-77^\circ$), ein Median des capitulunären Winkels von $8,7^\circ$ (IQR $8,6$, min-max: $0,7-34,3^\circ$), ein Median des radiolunären Winkels von $8,1^\circ$ (IQR $13,9$, min-max: $-33-25^\circ$) und ein Median des skapholunären Abstands von 1,8 mm (IQR $0,6$, min-max: $0,4-9,7$ mm; Tab. 9).

Tab. 9: Der Median der interkarpalen Winkel bei der letzten röntgenographischen Untersuchung. SL-Winkel: Skapholunärer Winkel; CL-Winkel: Capitulumlunärer Winkel; RL-Winkel: Radiolunärer Winkel; SL-Abstand: Skapholunärer Abstand.; PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur (n = 58)

Art der Verletzung	SL-Winkel	CL-Winkel	RL-Winkel	SL-Abstand
PL (n = 24)	55,1° (IQR 14,9)	6,0° (IQR 10,3)	5,3° (IQR 12,2)	2 mm (IQR 2,4)
PLF (n = 34)	57,6° (IQR 13,1)	8,7° (IQR 8,6)	8,1° (IQR 13,9)	1,8 mm (IQR 0,6)
p-Wert	p = 0,323	p = 0,343	p = 0,586	p = 0,380

Bei der Gruppe der Patienten nach einer PL ergab sich im Vergleich mit den Ergebnissen nach der Reposition bei der letzten Nachuntersuchung eine signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p = 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb.31) und des RL-Winkels ($p = 0,011$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 32).

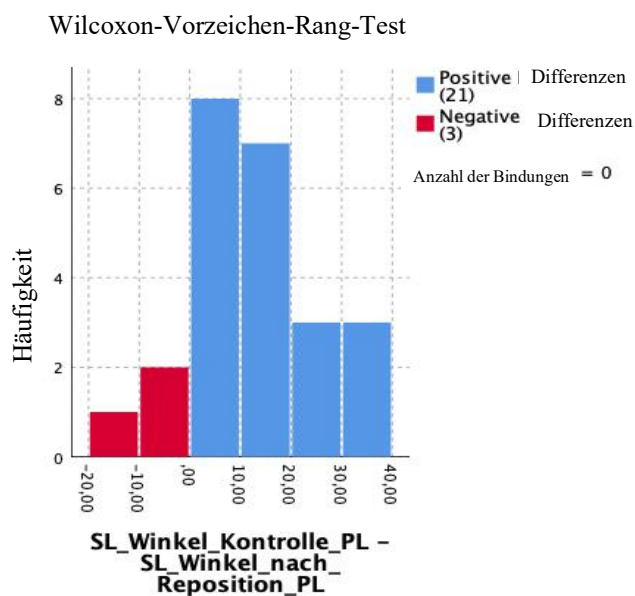


Abb. 31: Vergleich der SL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxation (PL). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=24

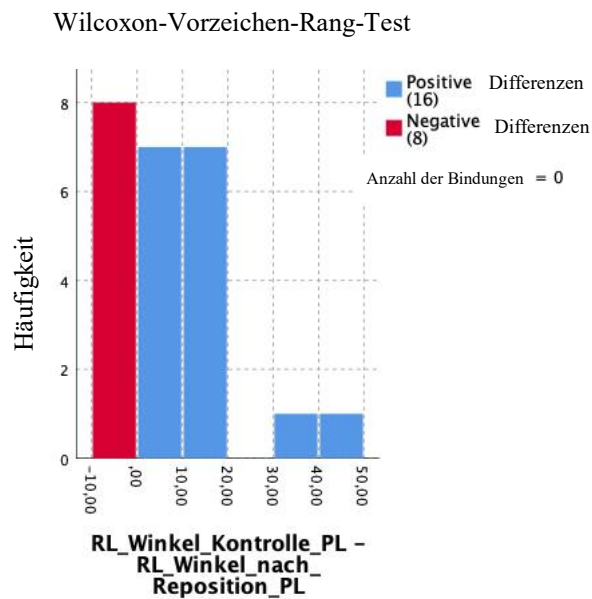


Abb. 32: Vergleich der RL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxation (PL). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=24

Darüber hinaus konnten keine statistisch signifikanten Veränderungen des CL-Winkels ($p = 0,763$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und des SL-Abstands ($p = 0,122$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) festgestellt werden. Bei der Gruppe der Patienten nach einer PLF ergaben sich im Vergleich mit den Ergebnissen nach der Reposition bei der letzten Nachuntersuchung eine signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p = 0,006$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 33), des CL-Winkels ($p = 0,048$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 34) und eine Verlängerung des SL-Abstands ($p = 0,050$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 35).

Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

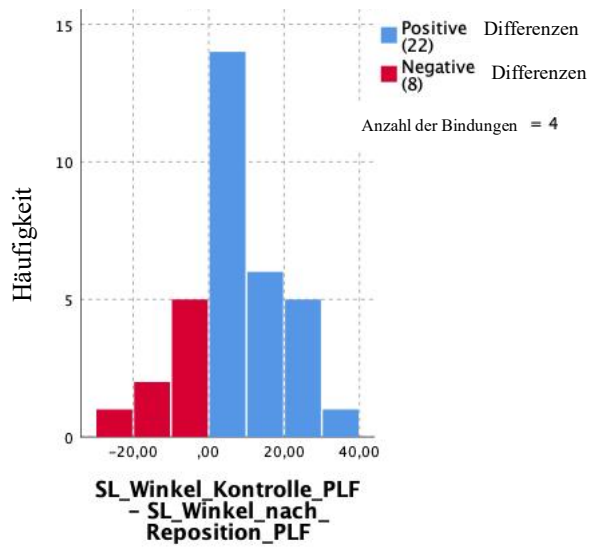


Abb. 33: Vergleich der SL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=34

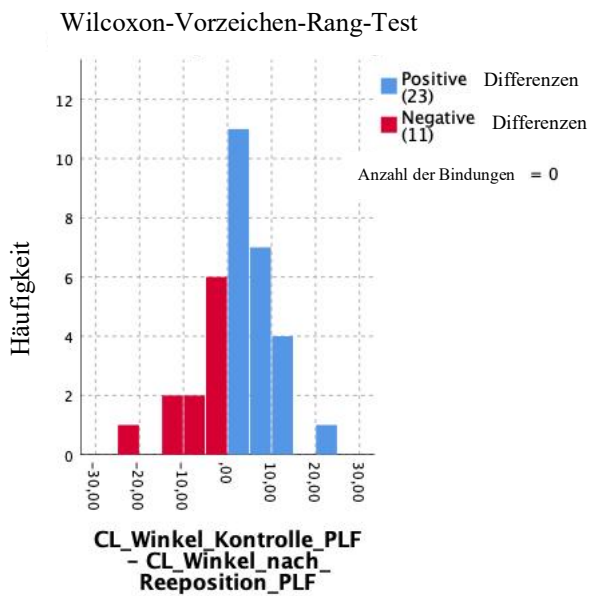


Abb. 34: Vergleich der CL-Winkel in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=34

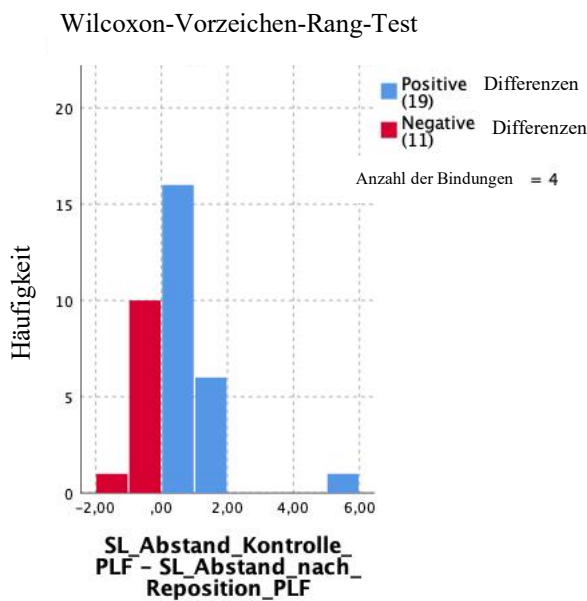


Abb. 35: Vergleich der SL-Abstand in den Radiogrammen nach Reposition und bei der Kontrolluntersuchung bei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (PLF). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=34

Darüber hinaus konnten keine statistisch signifikanten Veränderungen beim RL-Winkel ($p = 0,919$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) festgestellt werden. Die Unterschiede bei den SL-, CL- und RL-Winkeln und beim SL-Abstand waren zwischen den Patienten mit PL und PFL statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$, Mann-Whitney-U-Test).

3.1.7.1 Der karpale Translationsindex

Unter allen Fällen nach perilunären Verletzungen wurde eine ulnare Translokation bei 16 von 66 Fällen (bei 24 % der Fälle) identifiziert. In der Gruppe aller Patienten (mit und ohne ulnare Translokation) betrug der karpale Translationsindex nach Gilula 41 (IQR 15,3, min-max: 0-85) und nach Bouman 0,84 (IQR 0,06, min-max: 0,53-1, Tab. 10).

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug bei Patienten mit ulnarer Translokation der karpale Translationsindex nach Gilula im Median 58,5 (IQR 15,5, min-max: 45-85) und nach Bouman 0,78 (IQR 0,05, min-max: 0,53-0,86). Bei Patienten ohne ulnare Translokation lag der karpale Translationsindex nach Gilula bei 39 (IQR 15, min-max: 8-49) und nach Bouman bei 0,85 (IQR 0,05, min-max: 0,78-0,98) im Median.

Tab. 10: Ergebnisse des karpalen Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen sowie getrennt für Fälle mit und ohne ulnare Translokation. (n=66).

Art der Verletzung	Der karpale Translationsindex nach Gilula	Der karpale Translationsindex nach Bouman
Alle Patienten	41 (IQR 15,3)	0,84 (IQR 0,06)
Patienten mit ulnarer Translokation	58,5 (IQR 15,5)	0,78 (IQR 0,05)
Patienten ohne ulnare Translokation	39 (IQR 15)	0,85 (IQR 0,05)

Unter den 16 Patienten, bei denen in der Kontrolluntersuchung eine ulnare Translation festgestellt wurde, wurde bei 15 Patienten keine Rekonstruktion der extrinsischen Bänder durchgeführt. Bei einem Patienten erfolgte eine Rekonstruktion der extrinsischen Bänder. Die Abhängigkeit zwischen der Rekonstruktion der extrinsischen Bänder und dem Auftreten einer ulnaren Translokation war statistisch signifikant ($p = 0,048$, Fisher-Test). Es wurde keine statistische Abhängigkeit zwischen dem Auftreten einer ulnaren Translokation und der Rekonstruktion der palmaren radiokarpalen ($p = 0,175$, Chi-Quadrat), palmaren ulnokarpalen ($p = 0,320$, Fischer-Test) sowie dorsalen radiokarpalen ($p = 0,112$ Chi-Quadrat) extrinsischen Bänder festgestellt.

Eine ulnare Translokation der Handwurzel wurde bei 11 von 27 Patienten nach einer PL und 5 von 39 Patienten nach einer PLF diagnostiziert. Das Auftreten einer ulnaren Translokation war statistisch signifikant abhängig von der Art der Verletzung ($p = 0,011$, Fischer-Test). Der Translationsindex nach Gilula lag im Median bei den Patienten nach einer PL bei 42 (IQR 19, min-max: 18-69) und bei den Patienten nach einer PLF bei 40 (IQR 15, min-max: 0-85). Dieser Unterschied war allerdings nicht statistisch signifikant ($p = 0,315$, Mann-Whitney-U-Test). Der Translationsindex nach Bouman lag im Median bei den Patienten nach einer PL bei 0,84 (IQR 0,08, min-max: 0,76-0,98) und bei den Patienten nach einer PLF ebenfalls bei 0,84 (IQR 0,05, min-max: 0,53-1,00). Dieser Unterschied zwischen PL und PLF war wiederum nicht statistisch signifikant ($p = 0,513$, Mann-Whitney-U-Test). 50 % ($n = 8$) der ulnaren Translokationen konnten als Typ 2 und 50 % ($n = 8$) als Typ 1 kategorisiert werden. Der Median des karpalen Translationsindex lag bei den Patienten mit ulnarer Translokation nach einer perilunären Luxation (PL) bei 53 (IQR 16, min-max: 45-69) nach der Gilula-Methode und nach der Bouman-Methode bei 0,79 (IQR 0,04, min-max: 0,76-0,86; Tab. 8).

Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) ergab sich mit der Gilula-Methode ein Median von 59 (IQR 20, min-max: 51-85) und nach der Bouman-Methode ein Median von 0,75 (IQR 0,17, min-max: 0,53-0,78). Bei den Patienten nach einer PL konnten im Vergleich mit den Patienten nach einer PLF signifikant höhere Ergebnisse des karpalen Translationsindex nach Bouman nachgewiesen werden ($p = 0,013$, Mann-Whitney-U-Test). Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied beim karpalen Translationsindex nach Gilula zwischen PL und PLF ($p = 0,320$, Mann-Whitney-U-Test; Tab. 11).

Tab. 11: Der karpale Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei den Patienten mit ulnarer Translokation. PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur; p-Wert: das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich zwischen PL und PLF

Art der Verletzung	Der karpale Translationsindex nach Gilula	Der karpale Translationsindex nach Bouman
PL (n = 11)	53 (IQR 16)	0,79 (IQR 0,04)
PLF (n = 5)	59 (IQR 20)	0,75 (IQR 0,17)
p-Wert	$p = 0,320$	$p = 0,013$

Bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) ohne eine ulnare Translokation lag der Median des karpalen Translationsindex nach der Gilula-Methode bei 35,5 (IQR 19,8, min-max: 18-47) und nach der Bouman-Methode bei 0,86 (IQR 0,04, min-max: 0,78-0,98). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur ergab sich nach der Gilula-Methode ein Median des karpalen Translationsindex von 39 (IQR 16,3, min-max: 0-49) und nach der Boumann-Methode von 0,84 (IQR 0,05, min-max: 0,81-0,91). Dabei

konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten nach PL und PLF beim karpalen Translationsindex nach Gilula ($p = 0,376$, Mann-Whitney-U-Test) und nach Bouman ($p = 0,385$, Mann-Whitney-U-Test) festgestellt werden (Tab. 12).

Tab. 12: Der karpale Translationsindex nach Gilula und nach Bouman bei den Patienten ohne ulnare Translokation. PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur; p-Wert: Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich zwischen PL und PLF

Art der Verletzung	Der karpale Translationsindex nach Gilula	Der karpale Translationsindex nach Bouman
PL (n = 16)	35,5 (IQR 19,8)	0,86 (IQR 0,04)
PLF (n = 33)	39 (IQR 16,3)	0,84 (IQR 0,05)
p-Wert	$p = 0,376$	$p = 0,385$

3.1.7.2 Konsolidierung

Beim Os scaphoideum lag die Zeit im Median bis zur radiografischen Bestätigung einer partiellen knöchernen Konsolidierung bei 6,8 Wochen (IQR 4,6, min-max: 1-25 Wochen) und die bis zur vollständigen Konsolidierung bei 12 Wochen (IQR 3,9, min-max: 5-60 Wochen). Der Median für die partielle knöcherne Durchbauung des Os triquetrum lag bei 7,25 Wochen (min-max: 6,5-8 Wochen) und der für die vollständige knöcherne Durchbauung bei 12 Wochen (IQR 1,5, min-max: 9-12 Wochen). Nach einer Fraktur des Os scaphoideum wurde eine Pseudoarthrose des Os scaphoideum bei 15 % der Patienten (in 6 von 40 Fällen) festgestellt (Tab. 13).

Tab. 13: Zeit (Wochen) von der Operation bis zur partiellen und vollständigen Durchbauung des Os scaphoideum und Os triquetrum

	Os scaphoideum	Os triquetrum
Partielle Durchbauung	6,8 Wochen (IQR 4,6, n = 20)	7,25 Wochen (n = 2)
Vollständige Durchbauung	12 Wochen (IQR 3,9, n = 28)	12 Wochen (IQR 1,5) (n = 6)

3.1.7.3 Arthrose des Handgelenks

Bei Patienten, die über einen Zeitraum von mindestens zwölf Monaten nachbeobachtet wurden, wurden die Röntgenaufnahmen hinsichtlich des Vorhandenseins einer Arthrose des Handgelenks ausgewertet. In 23 von 47 Fällen (49 %) wurde eine radio- und/oder mediokarpale Arthrose vom Grad 2 oder höher nach dem Kellgren-Lawrence-Score bestätigt. Der Nacheobachtungszeitraum lag im Median bei 32,5 Monaten (IQR 61,8, min-max: 12-265,5 Monate). Im Vergleich zu den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (in 8 von 28 Fällen) entwickelte sich die Arthrose bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (in 14 von 19 Fällen, $p = 0,003$, Chi-Quadrat) statistisch signifikant häufiger. Die Patienten, bei denen eine Arthrose festgestellt wurde, waren im Median am Tag der Verletzung im Vergleich mit den Patienten, bei denen keine Arthrose auftrat (27 (IQR15,5), min-max: 17-60 Jahre, $n = 25$), statistisch signifikant älter (48 Jahre (IQR 18,25), min-max: 18-72 Jahre, $n = 22$, $p = 0,001$, Mann-Whitney-U-Test).

Die Anzahl der Transfixationen war statistisch signifikant korrelierend zum Auftreten von Handgelenksarthrose ($p = 0,043$, Fisher-Test). Bei der Anwendung einer größeren Anzahl von Transfixationen trat die Handgelenksarthrose häufiger auf (Tab. 14).

Tab. 14: Anzahl der Patienten, bei denen nach Anwendung einer bestimmten Anzahl von Transfixationen eine Arthrose des Handgelenks (Stadium 2 oder höher nach der Kellgren-Lawrence-Skala, medio- und/oder radiokarpal) festgestellt wurde.

Anzahl der Transfixationen	Arthrose des Handgelenks	
	Nein	Ja
0	6	0
1	10	2
2	8	6
3	16	17
4	2	3

Es konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Arthrose und der Beobachtungszeit festgestellt werden ($p = 0,915$, Mann-Whitney-U-Test). Im Rahmen der vorliegenden Studie war das Auftreten von Arthrose auch nicht

statistisch signifikant vom Stadium der Mayfield-Klassifikation abhängig ($p = 0,316$, Fisher-Test). Das Auftreten von Arthrose zeigte keine statistisch signifikante Abhängigkeit von den Ergebnissen der Messungen der SL- Winkel ($p = 0,529$, Mann-Whitney-U-Test), RL- Winkel ($p = 0,595$, Mann-Whitney-U-Test), CL-Winkel ($p = 0,716$, Mann-Whitney-U-Test), sowie des SL-Abstands ($p = 0,607$, Mann-Whitney-U-Test) auf den Radiogrammen nach der Reposition.

3.1.7.4 Beurteilung der Arthrose anhand des Kellgren-Lawrence-Scores

Bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) konnte bei der radiologischen Nachuntersuchung ein Kellgren-Lawrence-Stadium 4 in drei Fällen zwischen dem Os capitatum und Os lunatum, in zwei Fällen innerhalb der Fossa scaphoidea und in zwei Fällen innerhalb der Fossa lunata bestätigt werden. Das Stadium 3 wurde in neun Fällen innerhalb der Fossa scaphoidea diagnostiziert. Eine Arthrose im zweiten Stadium wurde in acht Fällen zwischen dem Os capitatum und Os lunatum, in acht Fällen innerhalb der Fossa scaphoidea und in drei Fällen innerhalb der Fossa lunata festgestellt. Das Stadium 1 wurde in sieben Fällen zwischen dem Os capitatum und Os lunatum, in sieben Fällen innerhalb der Fossa scaphoidea und in sieben Fällen innerhalb der Fossa lunata diagnostiziert (Abb. 36).

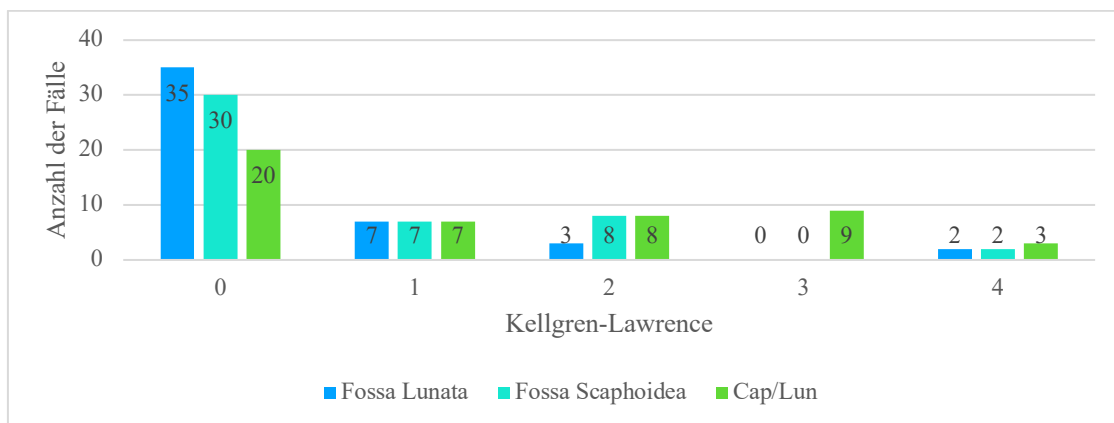


Abb. 36: Schweregrad der Arthrose bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen nach dem Kellgren-Lawrence-Score von 1 bis 4 (0 bedeutet keine Arthroseanzeichen) bei der radiologischen Kontrolle. Das Auftreten der Arthrose wurde in die Fossa scaphoidea, die Fossa lunata und den Gelenkspalt zwischen Os capitatum und Os lunatum unterteilt. Die Beobachtungszeit lag im Median bei 32,5 Monaten (IQR 61,8, min-max: 12-265,5 Monate, $n = 47$).

Die isolierte Arthrose mediokarpal im Gelenk zwischen Os capitatum und Os lunatum war die häufigste Lokalisation der Arthrose (Grad 2 oder höher) nach perilunären Luxationen und trat in 13 von 23 Fällen auf (57 %). In einem Fall wurde SNAC1 diagnostiziert

und in einem anderen Fall SNAC3. SLAC1 trat ebenfalls bei einem Fall auf und SLAC3 kam in drei Fällen vor. Bei einem Patienten wurde eine radiokarpale Arthrose und bei drei Patienten wurde eine radiokarpale und mediokarpale Arthrose festgestellt, wobei kein Zusammenhang mit SNAC/SLAC bestand (Abb. 37).

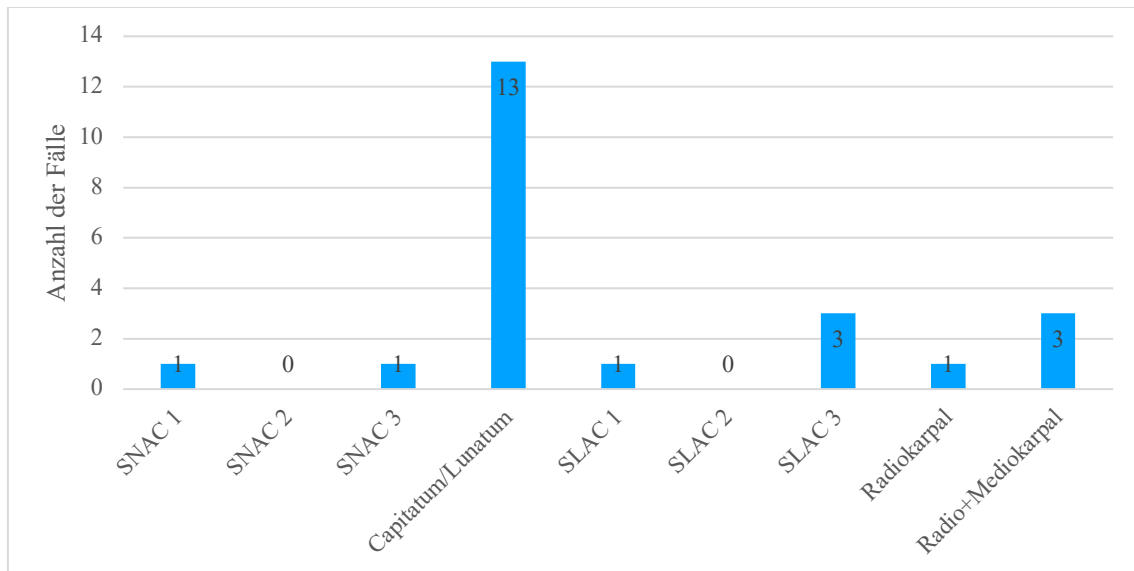


Abb. 37: Anzahl der Fälle bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen in jedem Stadium (1-3) von SNAC (scaphoid nonunion advanced collapse), SLAC (scapholunate advanced collapse) und die Anzahl der Fälle mit isolierter Mediokarpalarthrose (zwischen Os lunatum und Os capitatum), Radiokarpalarthrose und Radio- und Mediokarpalarthrose die nicht mit SLAC/SNAC assoziiert waren (n = 23).

Die Röntgenaufnahmen bei der ersten und zweiten Kontrolle nach der Entfernung der Kirschner-Drähte wurden hinsichtlich der Herzberg-Klassifikation für radiologische Ergebnisse ausgewertet und anhand der Patienten mit perilunärer Luxation (PL) und perilunärer Luxationsfraktur (PLF) unterteilt. Bei der ersten Untersuchung wurde bei 44 % der Patienten (sieben Patienten nach PL und 22 Patienten nach PLF) eine normale Karपालausrichtung und -morphologie der Handwurzelknochen ohne Arthrose (A) festgestellt. Dabei ergaben sich insgesamt bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) sowohl befriedigende Ergebnisse (A und C) bei 50 % der Patienten (33) als auch unbefriedigende Ergebnisse (A1, B, B1) bei 50 % der Patienten (33; Abb. 38).

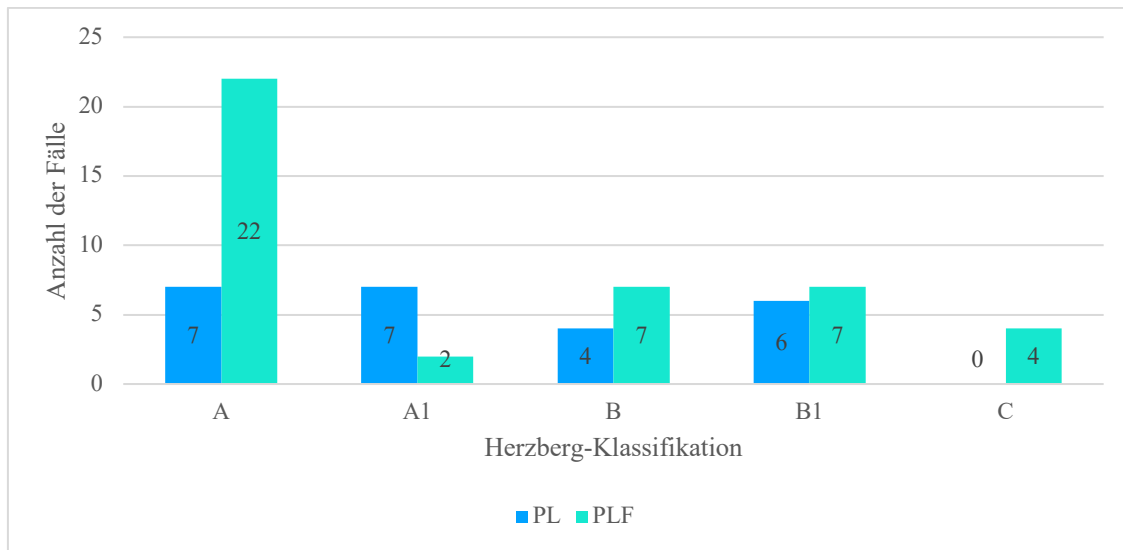


Abb. 38: Herzberg-Klassifikation (A, A1, B, B1, C) der radiologischen Ergebnisse der Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) bei der ersten Kontrolle nach der Entfernung der Kirschner-Drähte. Der Median der Zeit von der Operation bis zur Untersuchung lag bei 4,2 Monaten (IQR 7,6; min-max: 1,3-156,1 Monate, n = 66).

Bei der zweiten radiologischen Nachuntersuchung konnte bei 35 % der Patienten nach perilunären Verletzungen (vier Patienten nach PL und 14 Patienten nach PLF) eine normale Handwurzelausrichtung und Handwurzelmorphologie ohne Arthrose (A) bestätigt werden. Insgesamt ergaben sich bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) sowohl befriedigende Ergebnisse (A und C) bei 37,3 % der Patienten (19) als auch unbefriedigende Ergebnisse (A1, B, B1) bei 62,7 % der Patienten (32; Abb. 39).

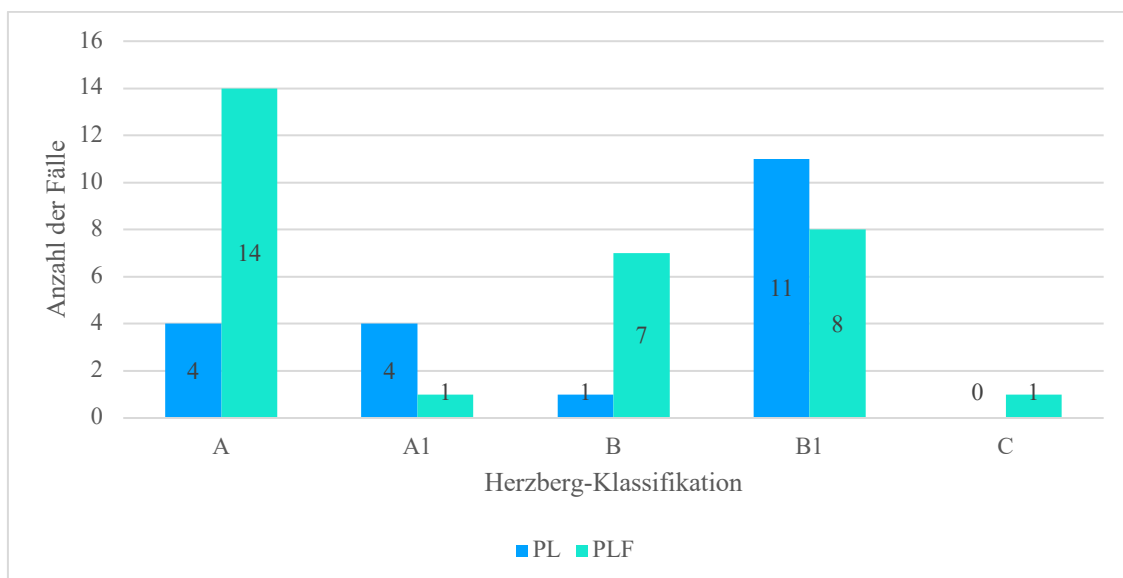


Abb. 39: Herzberg-Klassifikation (A, A1, B, B1, C) der radiologischen Ergebnisse der Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) bei der zweiten Kontrolle. Der Median der Zeit von der Operation bis zur Untersuchung lag bei 30 Monaten (IQR 44,75; min-max: 3-265,5 Monate; n = 51).

In der letzten verfügbaren radiologischen Untersuchung (19,7 Monate (IQR 34; min-max: 2,9-265,5 Monate) wiesen 50 Patienten eine abnormale Karpalausrichtung und/oder -morphologie auf, die sich auf 6 Ursachen zurückführen lassen. Die häufigste Ursache war in 23 % aller Fälle (elf Patienten nach PL und fünf nach PLF) eine ulnare Translokation der Handwurzel. Bei 16 % der Patienten (drei Patienten nach PL und acht nach PLF) konnte eine DISI-Fehlstellung diagnostiziert werden. In 14 % aller Fälle (sieben Patienten nach PL und drei nach PLF) konnte eine statische SL-Dissoziation diagnostiziert werden, in 9 % der Fälle (sechs Patienten nach PLF) eine Pseudarthrose des Os scaphoideum und in 7 % aller Fälle (drei Patienten nach PL und zwei nach PLF) eine PISI-Fehlstellung (Abb. 40). Das Auftreten einer SL-Dissoziation wies eine statistisch signifikante Abhängigkeit von der Art der Verletzung auf (7 von 27 Patienten nach PL und 3 von 39 Patienten nach PLF, $p = 0,047$, Fischer-Test). Bei zwei Patienten (3 % aller Fälle) nach einer PLF konnte radiologisch eine Stufenbildung im Os scaphoideum bestätigt werden. Das Auftreten von PISI und DISI war nicht statistisch signifikant abhängig von der Art der Verletzung (PL oder PLF) (PISI, $p = 0,287$; DISI, $p = 0,314$, Fischer-Test).

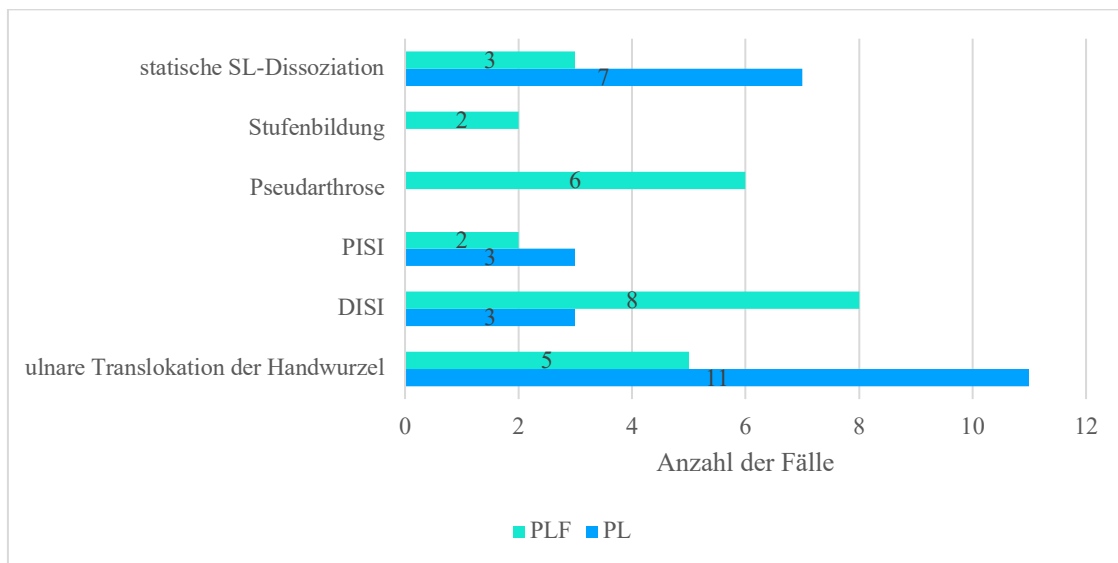


Abb. 40: In der Abbildung wurden wichtige Ursachen für die Herzberg-Klassifikation „B“ bei der letzten röntgenographischen Kontrolle bei den Patienten nach PL und PLF dargestellt. Der Median für die Zeit für das Follow-up lag bei 19,7 Monaten (IQR 34; min-max 2,9-265,5 Monate). PISI: palmare interkalierte Segmentinstabilität; DISI: Dorsale interkalierte Segmentinstabilität (n = 50).

3.1.7.5 Postoperative Komplikationen

Insgesamt mussten 20,3 % aller Patienten im Anschluss wegen Komplikationen operiert werden. Dabei traten die folgenden Komplikationen auf:

- Sechs Schraubenentfernungen wegen eines Schraubenüberstands oder einer Schraubenlockerung
- Drei Karpaltunnelspaltungen wegen eines Karpaltunnelsyndroms
- Fünf Pseudarthrosen-Resektionen mit einer Scaphoid-Rekonstruktion bei Kahnbein-Pseudarthrose und im weiteren Verlauf zwei 4-Ecken-Fusionen wegen einer Osteoarthritis

3.2 Die klinische Nachuntersuchung

30 von 69 Patienten, die für eine retrospektive Datenanalyse qualifiziert wurden, haben den ausgefüllten Selbstbewertungsbogen zurückgeschickt. 28 von ihnen kamen zur Kontrolluntersuchung in die Klinik. Der Median für das Alter der Patienten lag bei der Nachuntersuchung bei 44 Jahren (IQR 25; min-max: 23-75 Jahre). Zu den nachuntersuchten Patienten gehörten 26 Männer und 2 Frauen.

3.2.1 Der Selbstbewertungsbogen

Der Median für die Zeit von der Operation bis zum Ausfüllen des Selbstbewertungsbogens lag bei 73,1 Monaten (IQR 95; min-max: 13,1-265,5 Monate). Für den Median der radiografischen Follow-up-Zeit ergaben sich bei den nachuntersuchten Patienten 32 Monate (IQR 71; min-ma

x 4-265,5 Monate). Zu den Patienten, die den ausgefüllten Selbstbewertungsbogen zurückgeschickt haben, gehörten 2 Frauen und 28 Männer. Der Median für den BMI der Patienten lag bei 26 (IQR 6; min-max: 19-41,1).

3.2.1.1 Die betroffene Seite

90 % (n = 27) der Patienten waren Rechtshänder und 10 % (n = 3) waren Linkshänder. Bei den Rechtshändern waren die dominante Seite bei 37 % (n = 10) und die nicht dominante Seite bei 63 % (n = 17) betroffen. Bei allen Linkshändern war die nicht dominante Hand verletzt.

Im Rahmen der vorliegenden Studie war die betroffene Seite unabhängig davon, welche Hand dominierend war ($p = 0,281$, Fisher-Test).

3.2.1.2 Der ausgeübte Beruf

Hinsichtlich der Belastung des Handgelenks bei der Arbeitsausführung wurden die Patienten in zwei Gruppen eingeteilt: Büroarbeiter und Handwerker. 36,7 % ($n = 11$) der Patienten gehörten der Gruppe „Handwerker“ an, 53,3 % ($n = 16$) der Gruppe „Büroarbeit“ und 10 % ($n = 3$) waren Rentner (Abb. 41). Drei Patienten entschieden sich nach der Verletzung wegen der Symptome zu einem Berufswechsel, damit das Handgelenk weniger belastet wird, etwa vom Handwerk zur Büroarbeit.

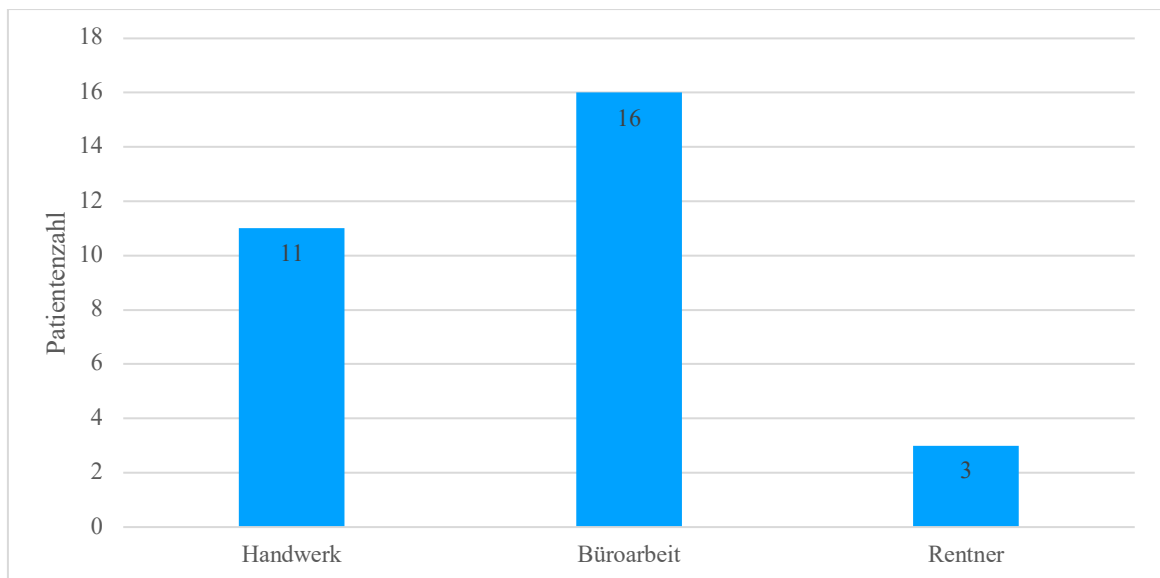


Abb. 41: Die berufliche Tätigkeit der Patienten hinsichtlich der Belastung der Hand bei der Arbeit: Handwerk, Büroarbeit oder Rentner ($n = 30$).

3.2.1.3 Schmerzen und Juckreiz

37,5 % (6 von 16) der Büroangestellten klagten über Handgelenksschmerzen. Im Vergleich dazu klagten 73 % der Patienten (8 von 11 Patienten), die stärker manuell arbeiteten, über Schmerzen im Handgelenk. Das Auftreten von Schmerzbeschwerden war nicht statistisch signifikant abhängig von der Art der ausgeübten Tätigkeit (Büro- oder Handarbeit; $p = 0,079$, Fischer-Test). Außerdem berichteten zwei von drei Rentnern über Schmerzen im Handgelenk. Die Schmerzsymptome wurden von den Patienten auf einer visuellen Analogskala von 0-10 bewertet, wobei 0 keinen Schmerzen und 10 unerträglichen Schmerzen entsprach. Der Juckreiz wurde ebenfalls mithilfe der Skala bewertet. Die

durchschnittliche Schmerzintensität lag bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) bei 0,4/10 in Ruhe und 3,3/10 unter Belastung. Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) lag die Schmerzintensität bei 0,8/10 in Ruhe und 3,1/10 unter Belastung. Diese Unterschiede waren nicht statistisch signifikant, und zwar sowohl in Ruhe ($p = 0,884$, Mann-Whitney-U-Test) als auch unter Belastung ($p = 0,787$, Mann-Whitney-U-Test). Die Intensität der Symptome wurde in leicht (1-3), mäßig (5-6) und stark (7-10) eingeteilt. In der Gruppe der Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) berichteten 33 % ($n = 4$) der Patienten über leichte Ruheschmerzen. Ebenfalls 33 % ($n = 4$) der Patienten gaben leichte Schmerzen unter Belastung an, 42 % ($n = 5$) gaben mäßige Schmerzen an und ein Patient berichtete über starke Schmerzen. Darüber hinaus klagte ein Patient über leichten Juckreiz im Bereich der postoperativen Narbe (Abb. 42).

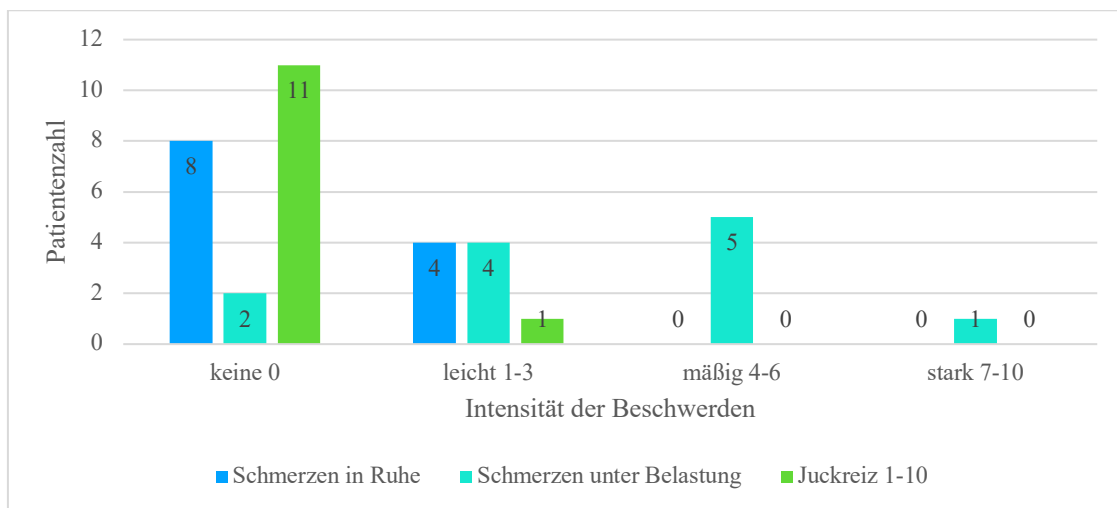


Abb. 42: Die Intensität der Beschwerden bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL), nämlich Ruheschmerzen, Belastungsschmerzen und Juckreiz, bewertet auf einer Skala von 1 bis 10 ($n = 12$).

In der Gruppe der Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) klagten 22 % ($n = 4$) der Patienten über leichte und 11 % ($n = 2$) über mäßige Ruheschmerzen. Darüber hinaus berichteten 56 % ($n = 10$) der Patienten über leichte und 44 % ($n = 8$) über mäßige Schmerzen unter Belastung. Von 22 % ($n = 4$) der Patienten wurde ein leichter Juckreiz im Bereich der postoperativen Narbe angegeben (Abb. 43). Die Unterschiede zwischen den Patienten nach PL und PLF hinsichtlich der qualitativen Intensität der Symptome (keine bis starke) waren statistisch nicht signifikant, sowohl bei den Ruheschmerzen ($p = 0,494$, Fisher-Test) und den Schmerzen unter Belastung ($p = 0,144$, Fisher-Test) als auch beim Juckreiz ($p = 0,318$, Fisher-Test).

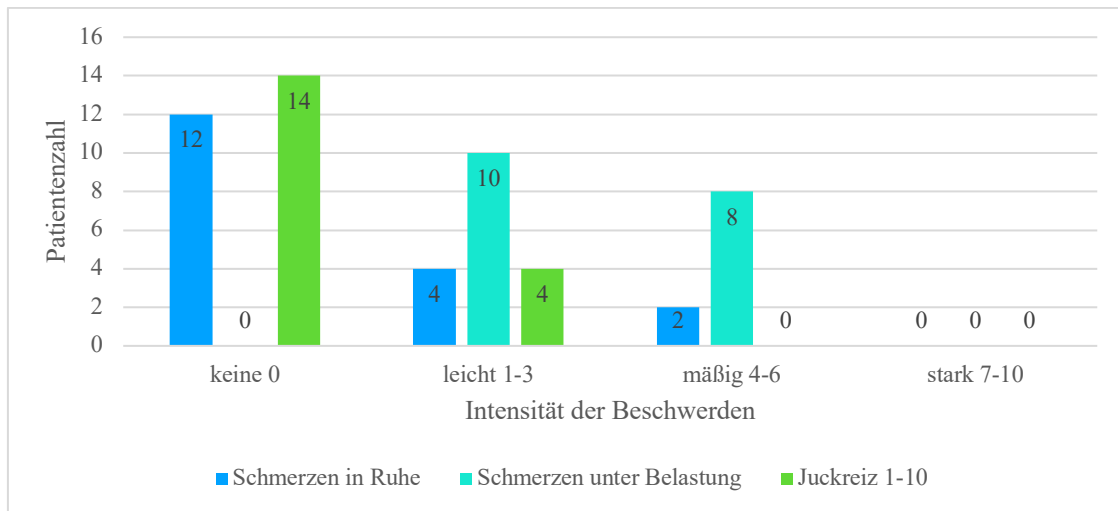


Abb. 43: Die Intensität der Beschwerden bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF), nämlich Ruheschmerzen, Belastungsschmerzen und Juckreiz, bewertet auf einer Skala von 1 bis 10 (n = 18).

3.2.1.4 Der DASH-Fragebogen

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug der DASH-Score im Median 11,3 (IQR 21,2; min-max: 0-47,5, n=30). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxation lag der DASH-Score im Median bei 7,9 (IQR 30,2; min-max: 0-47,5, n = 12). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur ergab sich im Median ein Wert von 14,6 (IQR 16,3; min-max: 0-42,5, n = 18). Der Unterschied im DASH-Score zwischen Patienten nach PL und PLF war statistisch nicht signifikant ($p = 0,865$, Mann-Whitney-U-Test).

3.2.2 Goniometrie

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug der Bewegungsumfang in Flexion und Extension der verletzten Hand im Median 70 % der Gegenseite (IQR 20; min-max: 37-112%, n = 29). Der Bewegungsumfang der verletzten Hand betrug in Extension und Flexion im Median 93° (IQR 35; min-max: 44-130°, n = 29), während der der nicht verletzten Hand 125° (IQR 24; min-max: 74-160°, n = 29) betrug (Abb. 44).

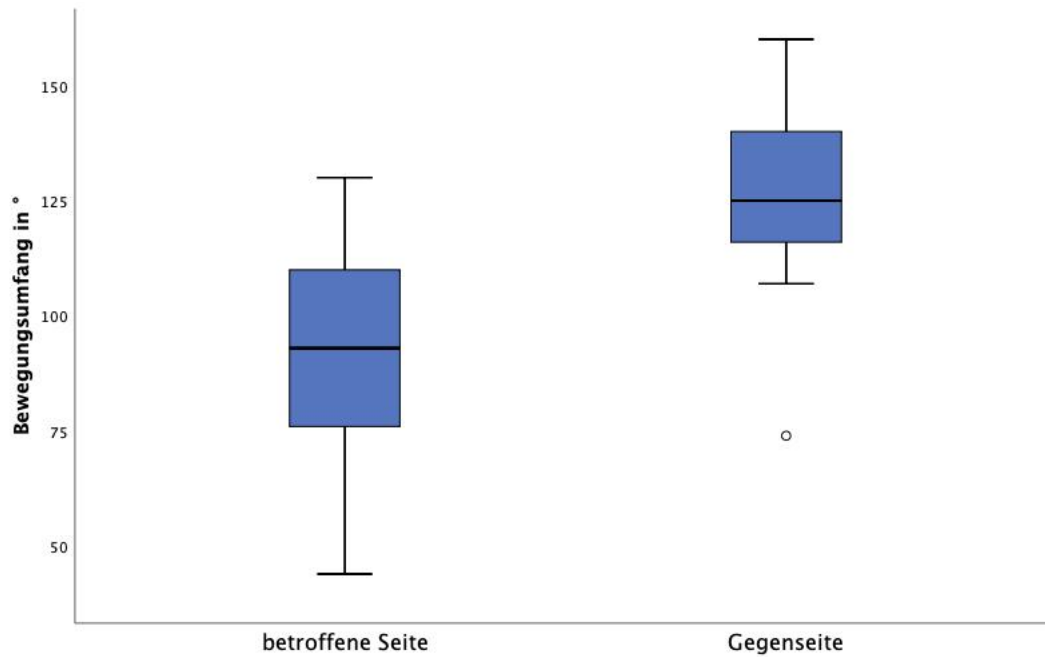


Abb. 44: Vergleich des Bewegungsumfangs in Flexion und Extension (ausgedrückt in Grad) der betroffenen Seite mit der Gegenseite. n = 29

Der Unterschied im Bewegungsumfang in Flexion und Extension zwischen der verletzten und der nicht verletzten Hand war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 45).

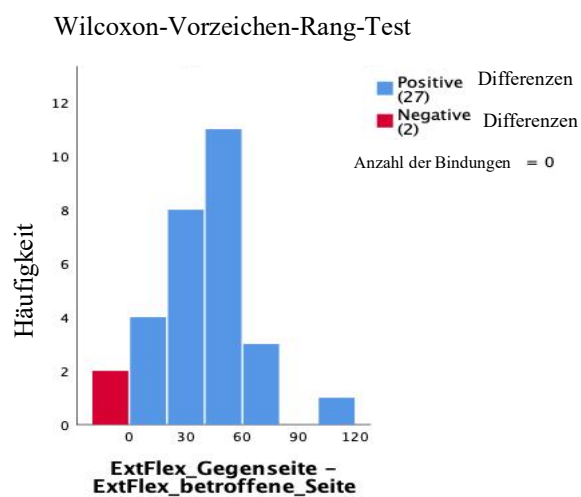


Abb. 45: Der Vergleich des Bewegungsumfangs in Flexion und Extension der verletzten Hand (ExtFlex_betroffene_Seite) und der Gegenseite (ExtFlex_Gegenseite). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=29

Der Bewegungsumfang in Radial- und Ulnarabduktion betrug unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen der verletzten Hand im Median 72 % der Gegenseite (IQR 28; min-max: 25-105%, n = 29).

Der Bewegungsumfang der verletzten Hand in Radial- und Ulnarabduktion betrug im Median 39° (IQR 16; min-max: 12-64°, n = 29), im Vergleich dazu erreichte die nicht verletzte Hand 52° (IQR 11; min-max: 33-70°, n = 29, Abb. 46).

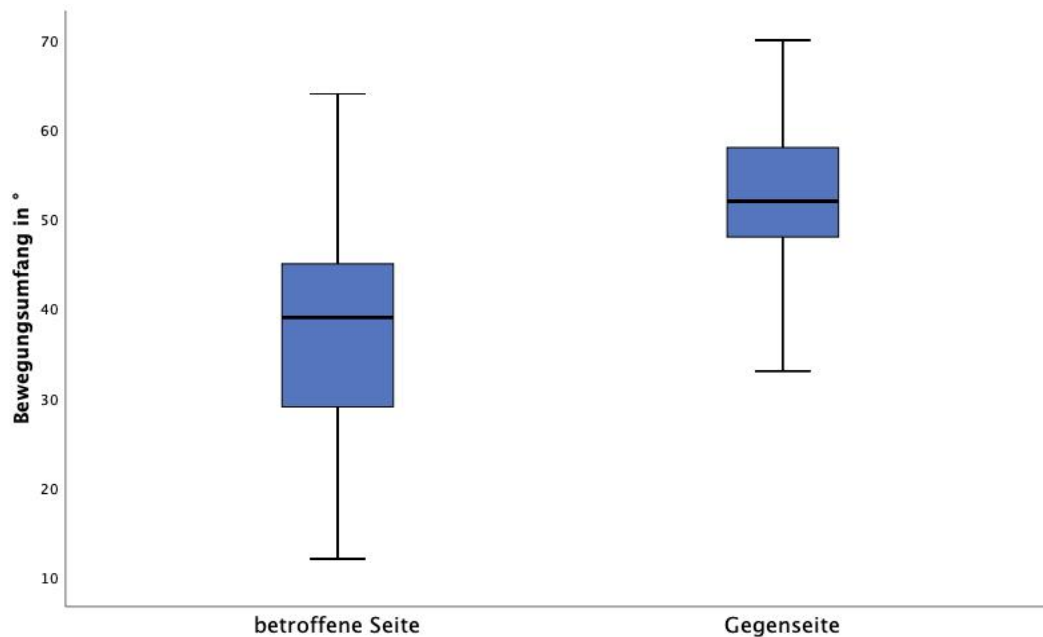


Abb. 46: Vergleich des Bewegungsumfangs in Radial- und Ulnarabduktion (ausgedrückt in Grad) der betroffenen Seite mit der Gegenseite. n = 29

Der Unterschied im Bewegungsumfang in Radial- und Ulnarabduktion zwischen der verletzten und der nicht verletzten Hand war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 47).

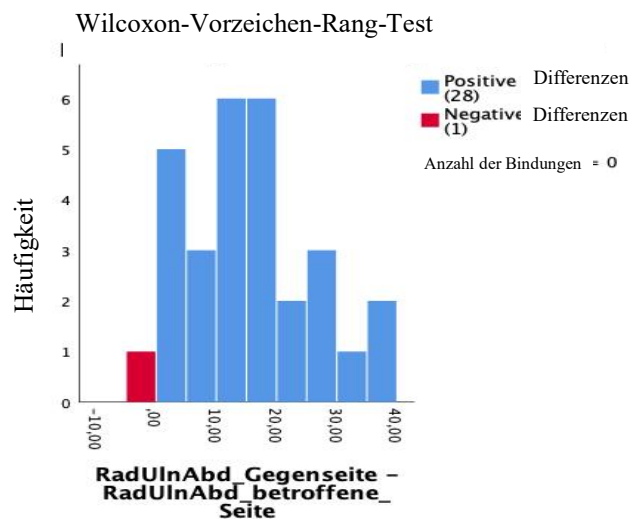


Abb. 47: Der Vergleich des Bewegungsumfangs in Radial- und Ulnarabduktion der verletzten Hand (RadUlnAbd_betroffene_Seite) und der Gegenseite (RadUlnAbd_Gegenseite). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=29

Der prozentuale Bewegungsumfang der verletzten Hand unterschied sich im Median in Pronation und Supination nicht von der nicht verletzten Hand (100% der Gegenseite, IQR 0; min-max: 75-133%, n = 29). Der Bewegungsumfang der verletzten Hand in Pronation und Supination betrug im Median 180° (IQR 0; min-max: 135-180°, n = 29). Der Bewegungsumfang der Gegenseite betrug im Median 180° (IQR 0; min-max: 135-180°, n = 29). Der Unterschied im Bewegungsumfang Pronation und Supination zwischen der verletzten und der nicht verletzten Hand war statistisch nicht signifikant ($p = 0,785$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test).

In der Tabelle 15 werden die Ergebnisse der Goniometrie bei den Patienten nach PL und PLF dargestellt.

Tab. 15: Der Bewegungsumfang bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) bei der Nachuntersuchung. Dabei wurde ein Vergleich der betroffenen Seite mit der Gegenseite durchgeführt. E/F: Extension/Flexion; Rad/Uln: Radial- und Ulnarabduktion; Pro/Sup: Pronation/Supination; Arc: Bewegungsumfang, p-Wert: Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests zwischen PL und PLF (n = 29).

Art der Verletzung	E/F in % der Gegenseite	E/F Arc der betroffenen Seite	E/F Arc der Gegenseite	Rad/Uln in % der Gegenseite	Rad/Uln Arc der betroffenen Seite	R/U Arc der Gegenseite	Pro/Sup in % der Gegenseite	Pro/Sup Arc der betroffenen Seite	Pro/Sup Arc der Gegenseite
PL (n = 12)	63 % (IQR 20, min-max: 40-112 %)	80° (IQR 31,5, min-max: 49-110°)	123° (IQR 24,5, min-max: 74-140°)	72 % (IQR 16, min-max: 25-98 %)	35° (IQR 15, min-max: 12-64°)	50° (IQR 13,8, min-max: 33-70°)	100 %	180°	180°
PLF (n = 17)	78 % (IQR 22, min-max: 37-106 %)	99° (IQR 30, min-max: 44-130°)	126° (IQR 30, min-max: 113-160°)	80 % (IQR 38, min-max: 40-105 %)	44° (IQR 17, min-max: 20-59°)	54° (IQR 11,5, min-max: 40-70°)	100 %	176°	180°
p-Wert	p = 0,132	p = 0,030	p = 0,106	p = 0,399	p = 0,131	p = 0,249	p = 0,711	p = 0,744	p = 0,444

Ein statistisch signifikanter Unterschied beim Bewegungsumfang bei der Extension und Flexion konnte auf der betroffenen Seite zwischen den Patienten nach PL (80°; IQR 31,5; min-max: 49-110°) und PLF (99°; IQR 30 min-max: 44-130°) festgestellt werden (p = 0,030, Mann-Whitney-U-Test, Abb. 48).

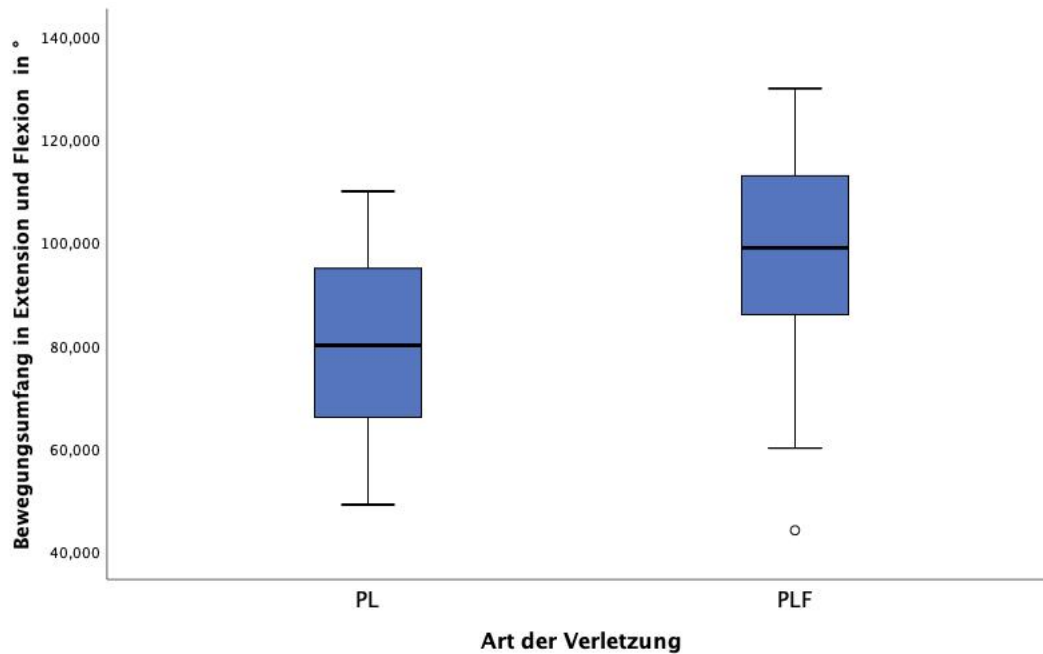


Abb. 48: Der Unterschied im Bewegungsumfang der verletzten Seite in Extension und Flexion unter Berücksichtigung der Art der Verletzung, PL (perilunäre Luxation) oder PLF (perilunäre Luxationsfraktur). n=29.

Es konnte aber kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patienten nach PL und PLF hinsichtlich des Bewegungsumfangs bei der Extension und Flexion in % hinsichtlich der Gegenseite nachgewiesen werden ($p = 0,132$, Mann-Whitney-U-Test). Ähnliches gilt für den Bewegungsumfang bei der Extension und Flexion auf der gesunden Seite ($p = 0,106$, Mann-Whitney-U-Test), die Radial- und Ulnarabduktion in % hinsichtlich der Gegenseite ($p = 0,399$, Mann-Whitney-U-Test) und den Bewegungsumfang bei der Radial- und Ulnarabduktion sowohl auf der betroffenen ($p = 0,131$, Mann-Whitney-U-Test) als auch auf der gesunden Seite ($p = 0,249$, Mann-Whitney-U-Test).

Es wurde kein statistisch signifikanter Einfluss der Anzahl der beschädigten intrinsischen Bänder (Entweder nur SL, nur LT oder sowohl SL als auch LT) auf die Ergebnisse des prozentualen Bewegungsumfangs der verletzten Hand im Vergleich zur Gegenseite in Flexion und Extension ($p = 0,280$, Mann-Whitney-U-Test) sowie in Radial- und Ulnarabduktion ($p = 0,350$, Mann-Whitney-U-Test) festgestellt.

Ebenso wurde kein statistisch signifikanter Einfluss der Anzahl der rekonstruierten intrinsischen Bänder (Entweder nur SL, nur LT oder sowohl SL als auch LT) auf die Ergebnisse des prozentualen Bewegungsumfangs der verletzten Hand im Vergleich zur Gegenseite

in Flexion und Extension ($p = 0,507$, Mann-Whitney-U-Test) sowie in Radial- und Ulnarabduktion ($p = 0,180$, Mann-Whitney-U-Test) bestätigt.

3.2.3 Die Dynamometrie

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen stellten sich die Ergebnisse der Dynamometrie wie folgt dar. Das Ergebnis der Ergometrie in Position 2 betrug auf der verletzten Seite im Median 36,1 kg (IQR 16,8, min-max: 13-60kg), auf der Gegenseite 47 kg (IQR 22,6, min-max: 18,9kg, Abb. 49).

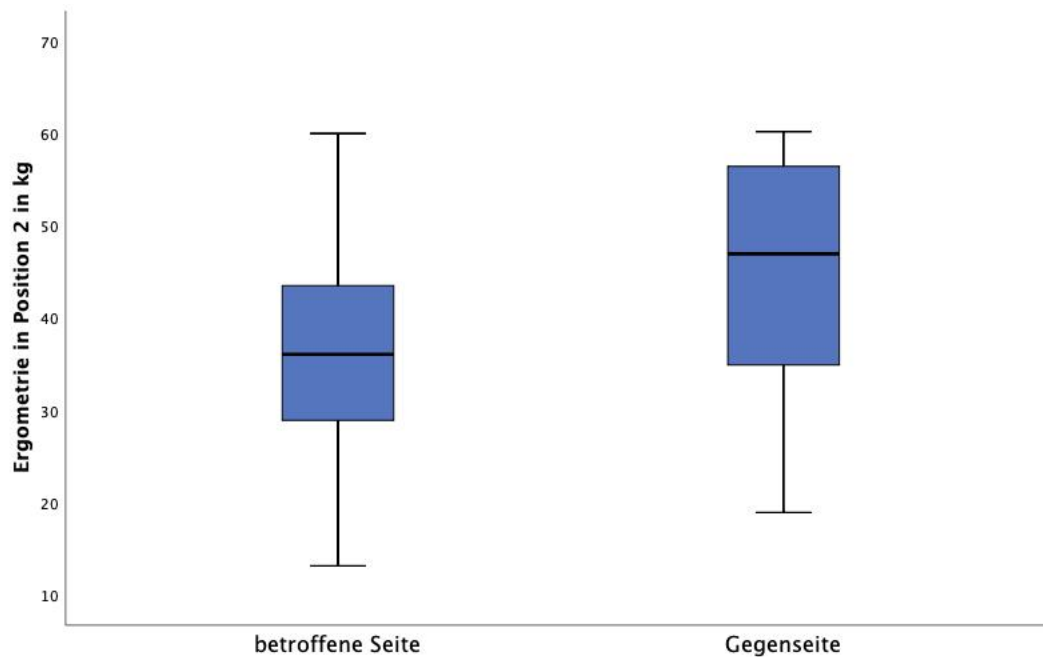


Abb. 49: Ergebnisse der Ergometrie in Position 2, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite. $n = 28$

Der Unterschied zwischen der verletzten Seite und der Gegenseite in der Ergometrie in Position 2 war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 50).

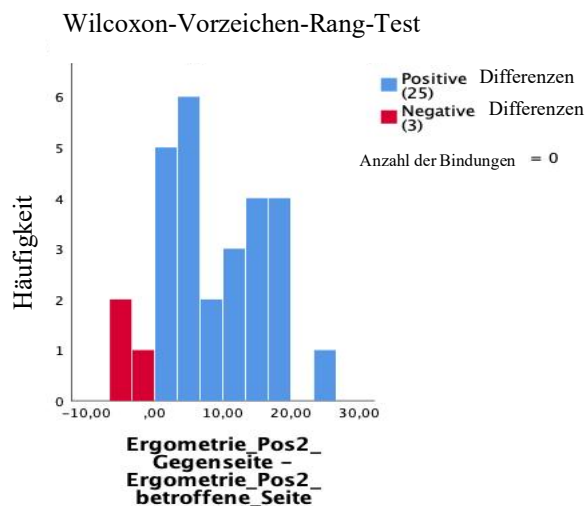


Abb. 50: Die Unterschiede in den Ergometrie-Ergebnissen in Position 2 zwischen der verletzten Seite (Ergometrie_Pos2_betroffene_Seite) und der Gegenseite (Ergometrie_Pos2_Gegenseite). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=28

Beim Schlüsselgriff betrug das Ergebnis auf der verletzten Seite im Median 8,6 kg (IQR 2,7, min-max: 4-12kg) und 9,4 kg (IQR 3,3, min-max: 3,5-13,8kg) auf der Gegenseite (Abb. 51).

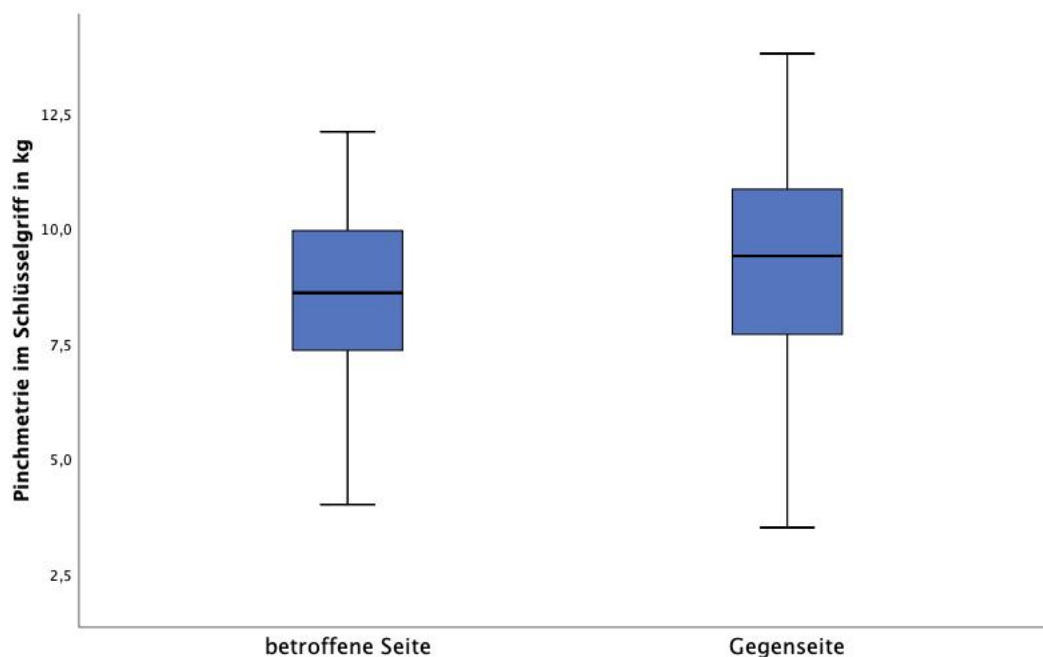


Abb. 51: Ergebnisse der Pinchmetrie im Schlüsselgriff, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite. n = 28

Der Unterschied zwischen der verletzten Seite und der beim Schlüsselgriff war auch statistisch signifikant ($p = 0,022$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 52).

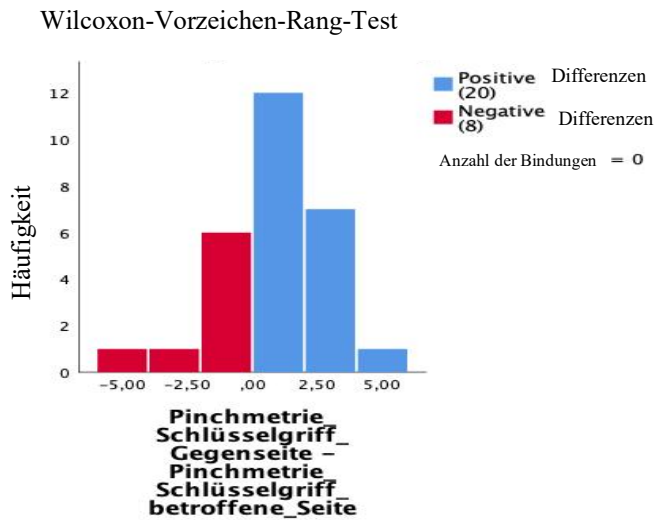


Abb. 52 Die Unterschiede beim Schlüsselgriff zwischen der verletzten Seite (Pinchmetrie_Schlüsselgriff_betroffene_Seite) und der Gegenseite (Pinchmetrie_Schlüsselgriff_Gegenseite). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=28

Beim Dreipunktgriff lag der Median der Ergebnisse bei 7 kg (IQR 3,7, min-max: 0-9,9kg) auf der verletzten Seite und 6,8 kg (IQR 4,6, min-max: 3,6-12kg) auf der Gegenseite (Abb. 53).

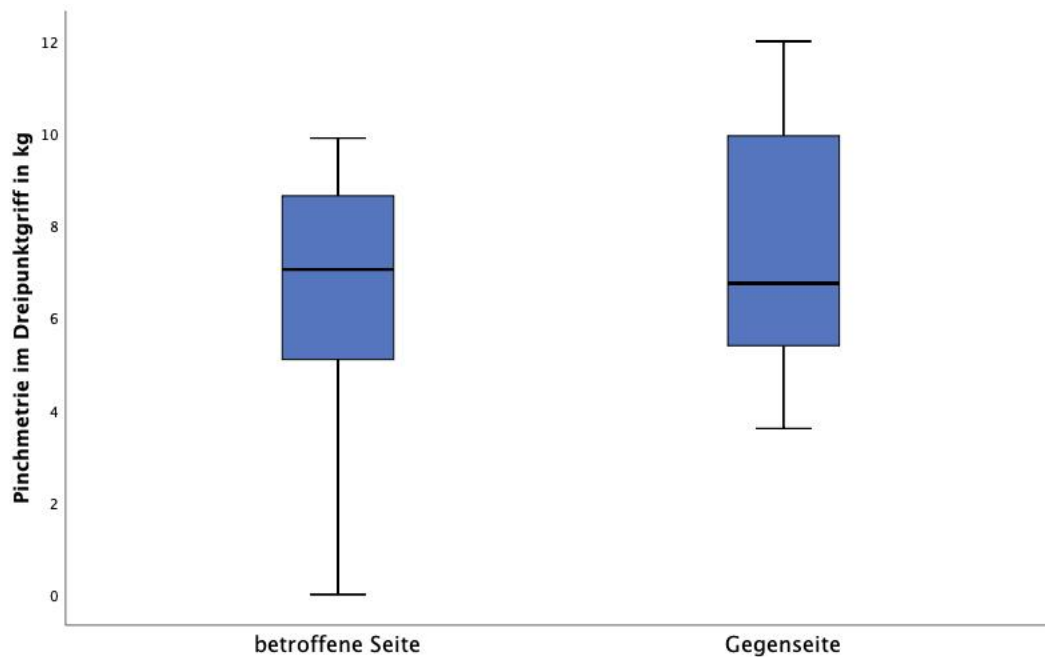


Abb. 53: Ergebnisse der Pinchmetrie im Dreipunktgriff, ausgedrückt in Kilogramm, für die betroffene Seite und die Gegenseite. n = 28

Der Unterschied zwischen der verletzten Seite und der beim Dreipunktgriff war ebenfalls statistisch signifikant ($p = 0,017$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abb. 54).

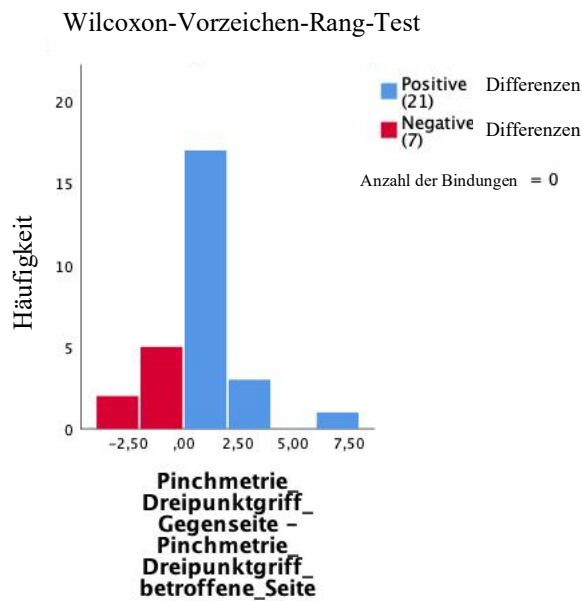


Abb. 54 Die Unterschiede beim Dreipunktgriff zwischen der verletzten Seite (Pinchmetrie_Dreipunktgriff_betroffene_Seite) und der Gegenseite (Pinchmetrie_Dreipunktgriff_Gegenseite). Ergebnisse des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. n=28

In der Tabelle 16 werden die Ergebnisse der Dynamometrie in der Position 2 und die der Pinchmetrie für den Schlüsselgriff und den Dreipunktgriff der Patienten nach PL und PLF zusammen mit den p-Werten dargestellt. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten nach PL und PLF bei der Ergometrie in der Position 2 nachgewiesen werden, und zwar sowohl auf der betroffenen ($p = 0,430$, Mann-Whitney-U-Test) als auch auf der gesunden Seite ($p = 0,908$, Mann-Whitney-U-Test). Ähnliches gilt für die Schlüsselgriff-Pinchmetrie auf der betroffenen ($p = 0,676$, Mann-Whitney-U-Test) und der gesunden Seite ($p = 0,798$, Mann-Whitney-U-Test) Seite und der Dreipunktgriff-Pinchmetrie auf der betroffenen ($p = 0,944$, Mann-Whitney-U-Test) und der gesunden Seite ($p = 0,780$, Mann-Whitney-U-Test).

Tab. 16: Durchschnittliche Ergebnisse der Hand-Ergometrie (Position 2) und der Pinchmetrie (in den Positionen Schlüsselgriff und Dreipunktgriff), aufgeteilt in die Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und einer perilunären Luxationsfraktur (PLF). Dabei wurde ein Vergleich der betroffenen Seite mit der Gegenseite durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Kilogramm (kg) angegeben. p-Wert: Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests zwischen PL und PLF (n = 28).

Art der Verletzung	Ergometrie, Pos. 2, Mittelwert, betroffene Seite	Ergometrie, Pos. 2, Mittelwert, Gegenseite	Pinchmeter-Schlüsselgriff, Mittelwert, betroffene Seite	Pinchmeter-Schlüsselgriff, Mittelwert, Gegenseite	Pinchmeter-Dreipunktgriff, Mittelwert, betroffene Seite	Pinchmeter-Dreipunktgriff, Mittelwert, Gegenseite
PL (n = 12)	35,5 kg (IQR 25,5, min-max: 13,1-59,9 kg)	45,1 kg (IQR 24,2, min-max: 18,9-60,2 kg)	8,6 kg (IQR 4, min-max: 4-12 kg)	8,9 kg (IQR 4,7, min-max: 4,5-13,8 kg)	7,3 kg (IQR 4,5, min-max: 0-9,9 kg)	7 kg (IQR 4,6, min-max: 3,6-10,9 kg)
PLF (n = 16)	37,3 kg (IQR 12,8, min-max: 16,4-60 kg)	46,9 kg (IQR 21,5, min-max: 21,7-60 kg)	8,6 kg (IQR 3, min-max: 4,6-11 kg)	9,5 kg (IQR 3,1, min-max: 3,5-13,2 kg)	6,5 kg (IQR 3,9, min-max: 3,7-9,9 kg)	6,5 kg (IQR 4,4, min-max: 4,1-12 kg)
p-Wert	p = 0,430	p = 0,908	p = 0,676	p = 0,798	p = 0,944	p = 0,780

Bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug die Kraft der verletzten Hand in der Ergometrie in Position 2 im Median 82 % (IQR 29, min-max: 54-119%) der Kraft der Gegenseite. Die Kraft bei der Pinchmetrie im Schlüsselgriff der verletzten Hand betrug 93 % (IQR 23, min-max: 60-254%) im Vergleich zur Gegenseite, und im Dreipunktgriff 89 % (IQR 17, min-max: 48-197%) der Kraft der Gegenseite (Abb. 55).

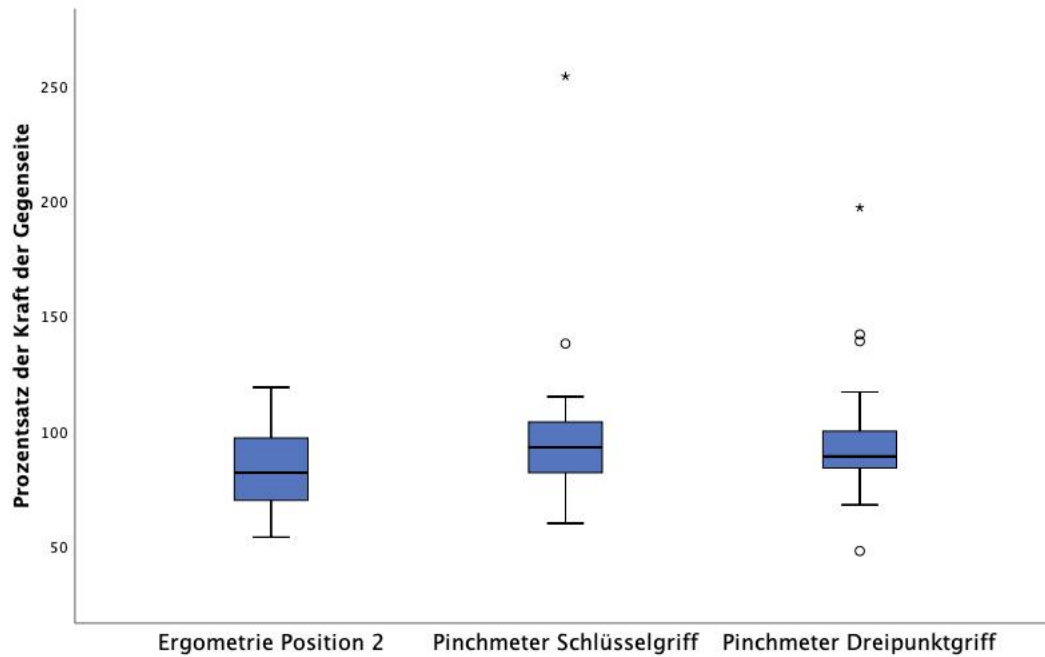


Abb. 55: Prozentsatz der Kraft der Gegenseite bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen in der Ergometrie in Position 2 sowie in der Pinchmetrie beim Schlüsselgriff und Dreipunktgriff (n = 28).

Unter allen Patienten mit perilunären Verletzungen betrug der durchschnittliche Pinchmeter-Wert der Kraftmessung zwischen Daumen und Zeigefinger auf der verletzten Seite im Median 95 % (IQR 49, min-max: 47-161%) der Gegenseite. Zwischen Daumen und Mittelfinger lag der Wert bei 87 % (IQR 41, min-max: 48-181%), zwischen Daumen und Ringfinger bei 87 % (IQR 36, min-max: 29-167 %) und zwischen Daumen und kleinem Finger bei 81 % (IQR 50, min-max: 23-210 %) der Gegenseite (Abb. 56).

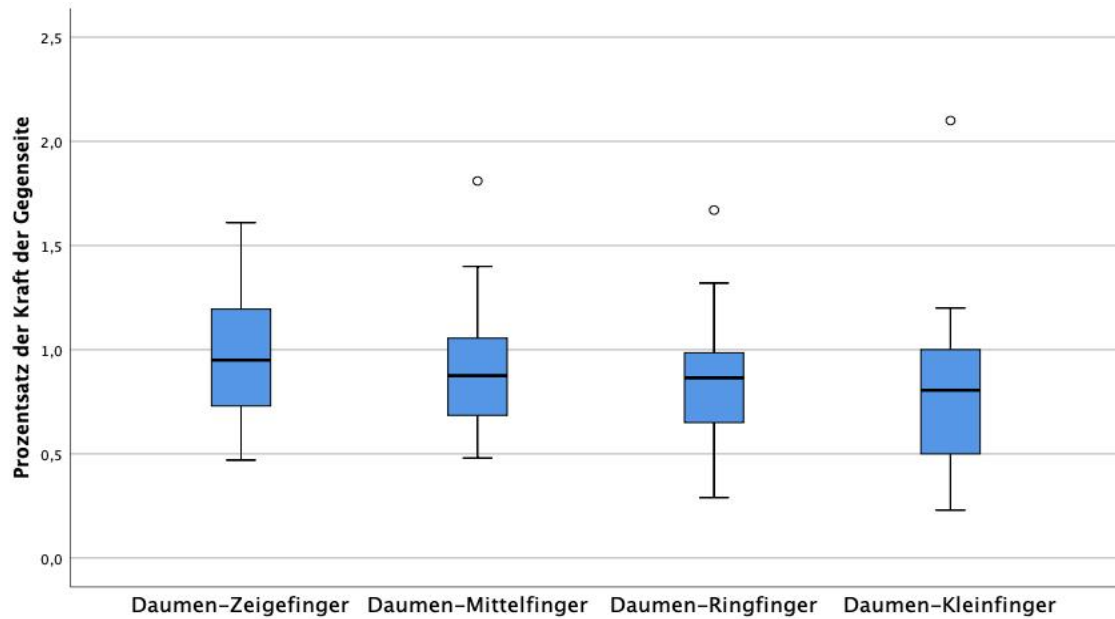


Abb. 56: Ergebnisse der Messungen mit dem Pinchmeter bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen zwischen Daumen und Zeigefinger, Daumen und Mittelfinger, Daumen und Ringfinger sowie Daumen und kleinem Finger, ausgedrückt in Prozent der verletzten Seite im Verhältnis zur Gegenseite (n=28).

Bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) lag die Kraft der betroffenen Hand im Median bei 71 % (IQR 28,3, min-max: 54-108 %) der Gegenseite. Die Kraft beim Schlüsselgriff erreichte im Median einen Wert von 91 % (IQR 24, min-max: 70-138 %) hinsichtlich der Kraft der Gegenseite, während sie beim Dreipunktgriff bei 88 % (IQR 15, min-max: 48-197 %, n = 11) der Kraft der Gegenseite lag. Die Kraft der betroffenen Hand erreichte bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) 87 % (IQR 24, min-max: 59-119 %) der Gegenseite. Die Kraft beim Schlüsselgriff lag im Median bei 94 % (IQR 24, min-max: 60-254 %) der Kraft der Gegenseite und 90 % (IQR 22,3, min-max: 69-139 %) der Kraft der Gegenseite beim Dreipunktgriff. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Kraftmessung der betroffenen Seite im Vergleich mit der gesunden Seite bei den Patienten nach PL und PLF in der Ergometrie in Position 2 ($p = 0,131$, Mann-Whitney-U-Test), beim Schlüsselgriff ($p = 0,693$, Mann-Whitney-U-Test), beim Dreipunktgriff ($p = 0,711$, Mann-Whitney-U-Test), beim Daumen-Zeigefinger ($p = 0,194$, Mann-Whitney-U-Test), beim Daumen-Mittelfinger ($p = 0,698$, Mann-Whitney-U-Test), beim Daumen-Ringfinger ($p = 0,546$, Mann-Whitney-U-Test) und beim Daumen-kleiner Finger ($p = 0,157$, Mann-Whitney-U-Test) nachgewiesen werden (Tab. 17).

Tab. 17: Durchschnittliche Ergebnisse der Hand-Ergometrie (Position 2) und Pinchmetrie (Schlüsselgriff, Dreipunktgriff und Spitzgriff) bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und einer perilunären Luxationsfraktur (PLF). Es wird der Prozentsatz der Stärke der betroffenen Seite im Vergleich zur gesunden Seite angegeben. p-Wert: Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests zwischen PL und PLF (n = 28).

Art der Verletzung	Ergometrie, Pos. 2	Pinchmeter-Schlüsselgriff	Pinchmeter-Dreipunktgriff	Daumen- Zeigefinger	Daumen- Mittelfinger	Daumen- Ringfinger	Daumen- kleiner Finger
PL (n = 12)	71 % (IQR 28,3, min-max: 54-108 %)	91 % (IQR 24, min-max: 60-254 %)	88 % (IQR 15, min-max: 48-197 %, n = 11)	103 % (IQR 69, min-max: 47-161 %)	88 % (IQR 30, min-max: 48-132 %)	90 % (IQR 38, min-max: 37-132 %)	62 % (IQR 56, min-max: 23-210 %)
PLF (n = 16)	87 % (IQR 24, min-max: 59-119 %)	94 % (IQR 24, min-max: 60-254 %)	90 % (IQR 22,3, min-max: 69-139 %)	84 % (IQR 41, min-max: 49-141 %)	87 % (IQR 47, min-max: 48-181 %)	83 % (IQR 37, min-max: 29-167 %)	88 % (IQR 46, min-max: 37-120 %)
p-Wert	p = 0,131	p = 0,693	p = 0,711	p = 0,194	p = 0,698	p = 0,546	p = 0,157

Die Griffstärke der verletzten Hand war bei den Patienten mit Arthrose (Stadium 2 oder höher nach der Kellgren-Lawrence-Skala, medio- und/oder radiokarpal) statistisch signifikant geringer (68,5 %, IQR 21,3, min-max: 54-102 % der Gegenseite, n = 12) als bei den Patienten ohne Arthrose (89 %, IQR 21,5, min-max: 68-119 % der Gegenseite, n = 16; p = 0,004, Mann-Whitney-U-Test; Abb. 57).

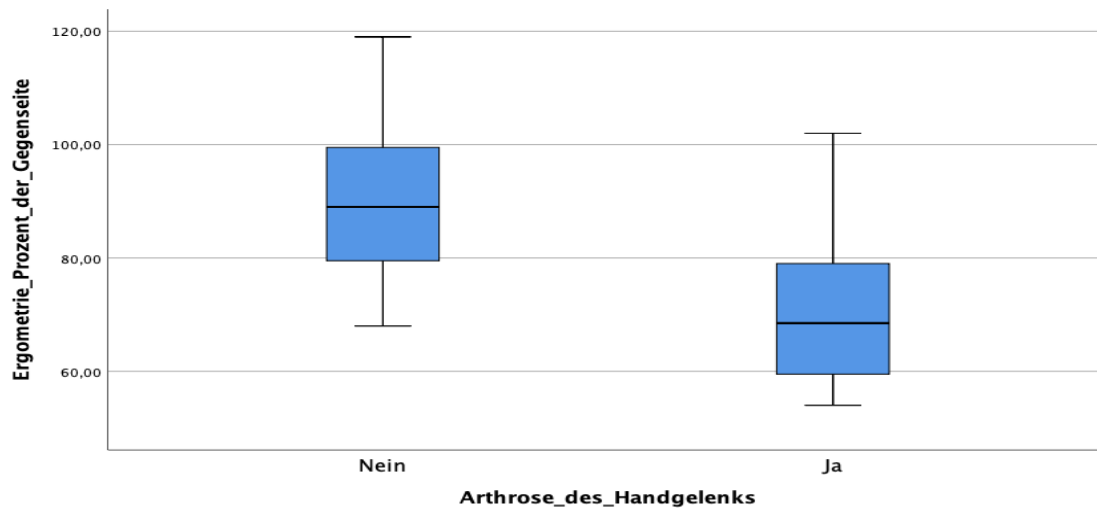


Abb. 57: Unterschied zwischen der Griffstärke der verletzten Hand im Vergleich zur Gegenseite bei Patienten mit und ohne Arthrose (Stadium 2 oder höher nach der Kellgren-Lawrence-Skala, medio- und/oder radiokarpal; n = 28).

Unter allen Patienten mit perilunären Verletzungen betrug der mediane Messwert der Dynamometrie 77 % (IQR 34, min-max: 40-141 %) des Normwertes für die betroffene Seite und 97 % (IQR 25, min-max: 56-147 %) für die Gegenseite (Abb. 58). Der Unterschied der Normalwerte zwischen der verletzten und der Gegenseite bei allen Fällen mit perilunären Verletzungen war statistisch signifikant ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test).

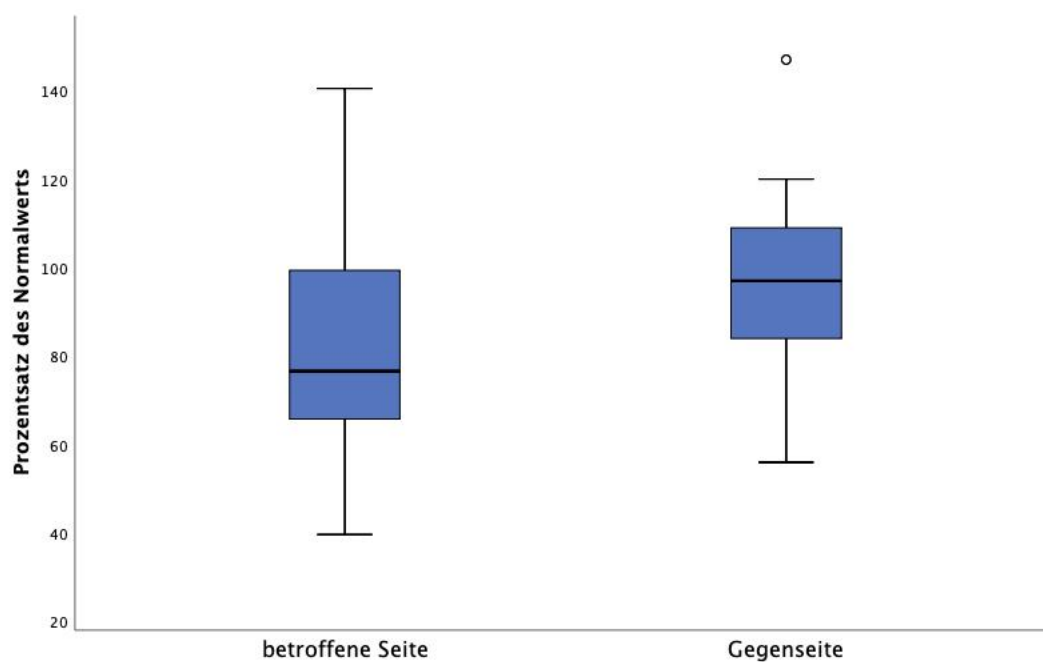


Abb. 58: Prozentsatz des Normwerts der verletzten Seite und der Gegenseite in der Dynamometrie bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen (n = 28).

Bei Patienten, die wegen einer perilunären Luxation (PL) operiert wurden, lag der Wert der Dynamometrie im Median bei 74 % (IQR 40, min-max: 49-141 %) des Normalwerts auf der betroffenen Seite. Bei der nicht betroffenen Hand wurde ein Ergebnis von 104 % der Norm erreicht (IQR 24, min-max: 73-147 %). Bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) lag der Prozentsatz der Norm bei der betroffenen Seite im Median bei 77 % (IQR 32, min-max: 40-122 %) und bei der nicht betroffenen Seite bei 91 % (IQR 29, min-max: 56-120 %; Abb. 59). Diese Unterschiede waren aber nicht statistisch signifikant, und zwar sowohl auf der betroffenen ($p = 0,889$, Mann-Whitney-U-Test) als auch auf der Gegenseite ($p = 0,131$, Mann-Whitney-U-Test).

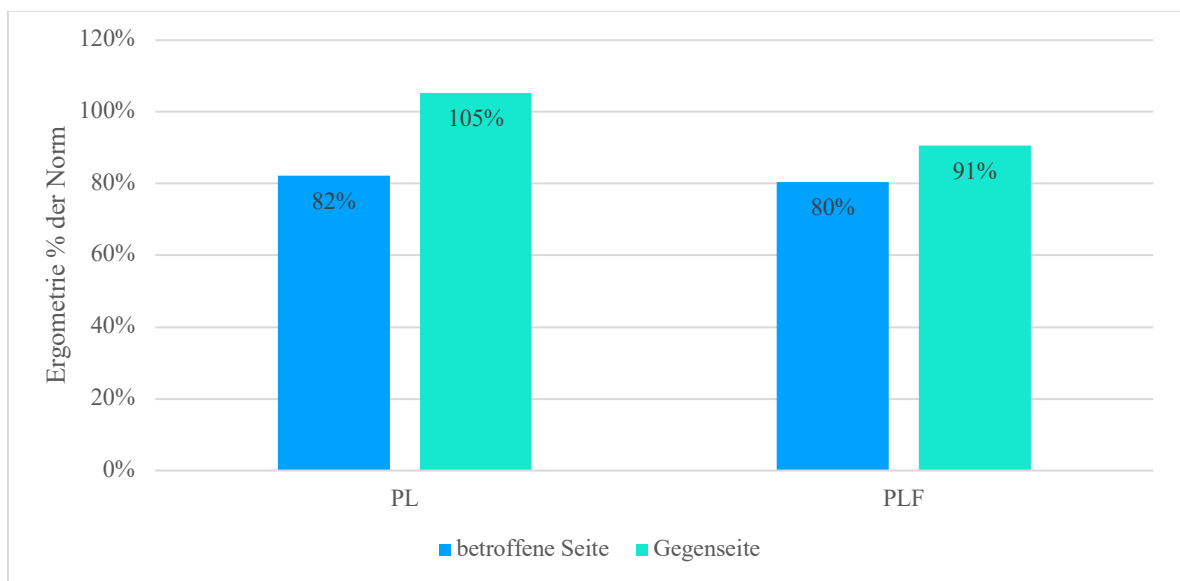


Abb. 59: Die Prozentwerte der Norm bei der Dynamometrie der verletzten und unverletzten Hand bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) und perilunären Luxationsfraktur (PLF; $n = 28$).

Die Patienten ohne Arthrose (maximal Stadium 1 nach der Kellgren-Lawrence-Skala, medio- und/oder radiokarpal) erreichten im Vergleich mit den Patienten mit Arthrose (65 % (IQR 23) der Norm, min-max: 40-99 %, $n = 12$) auf der betroffenen Seite im Median höhere Ergebnisse (87 % (IQR 34) der Norm, min-max: 66-141 %, $n = 16$, $p=0,001$, Mann-Whitney-U-Test).

3.2.4 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test

Beim Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test hatten 89 % (n = 25) der untersuchten Patienten ein unauffälliges Ergebnis. Bei zwei Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur wurde ein vermindertes Berührungsempfinden auf der dorso-ulnaren Seite bestätigt. Ein Patient wies eine verminderte Schutzsensibilität im dorsalen Operationszugangsbereich auf (Abb. 60).

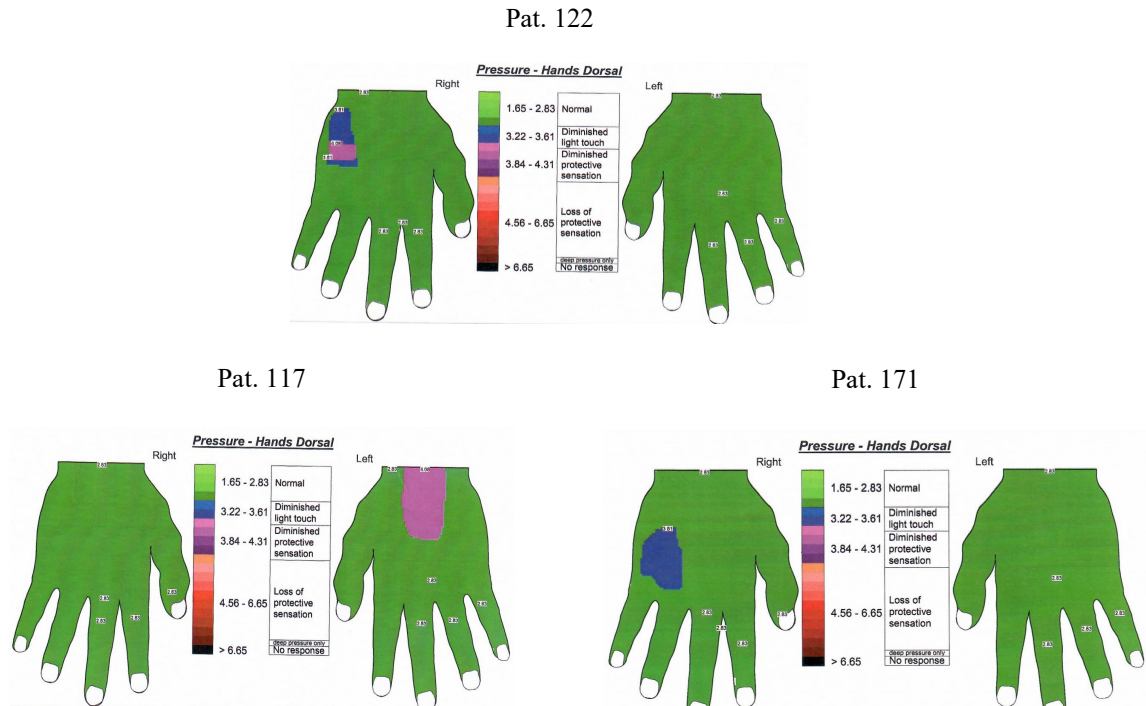


Abb. 60: Die auffälligen Ergebnisse bei den Patienten nach dem Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test in grafischer Darstellung

3.2.5 Mayo Wrist Score

Unter allen Fällen mit perilunären Verletzungen betrug der Mayo-Wrist-Score im Median 70 (IQR 15, min-max: 40-95, Abb. 61).

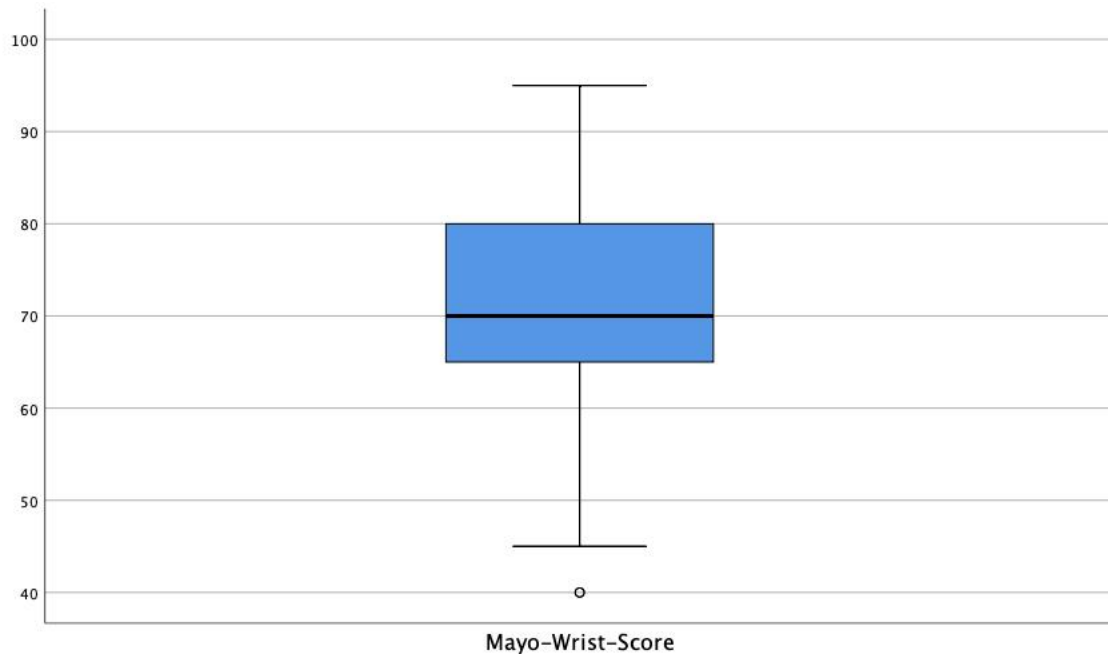


Abb. 61: Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen (n = 28).

Unter allen Patienten mit perilunären Verletzungen hatten 6 (21 % der Fälle) Patienten ein schlechtes Ergebnis, 14 (50 % der Fälle) Patienten ein mäßiges, 5 Patienten (18 % der Fälle) ein gutes und 3 (11 % der Fälle) ein ausgezeichnetes Ergebnis (Abb. 62).

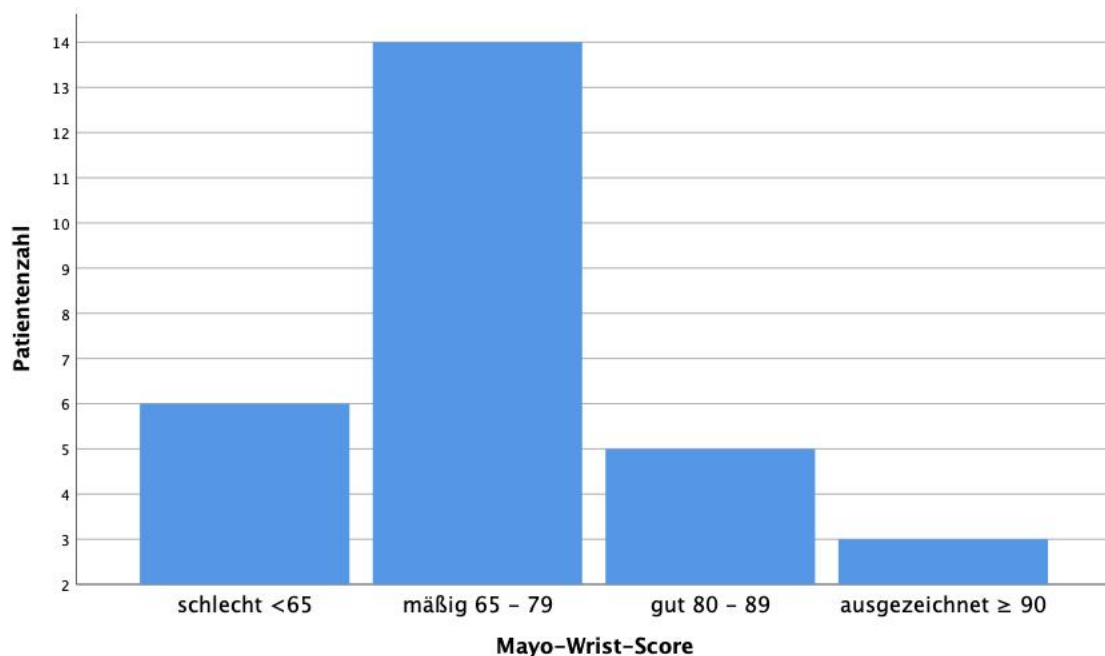


Abb. 62: Qualitative Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores bei allen Patienten mit perilunären Verletzungen, unterteilt nach der Anzahl der Patienten mit den Ergebnissen schlecht, mäßig, gut und ausgezeichnet (n = 28).

Der Mayo Wrist Score lag bei den Patienten nach einer perilunären Luxation (PL) im Median bei 65 (IQR 31, min-max: 40-90) und bei den Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur (PLF) im Median bei 72,5 (IQR 9, min-max: 40-95). Der Unterschied zwischen den Ergebnissen (0-100) war nicht statistisch signifikant ($p = 0,347$, Mann-Whitney-U-Test). Es ergab sich auch keine statistische Signifikanz bei den qualitativen Ergebnissen (schlecht bis ausgezeichnet; $p = 0,375$, Fisher-Test). Insgesamt 21 % der Patienten wiesen (vier nach PL, zwei nach PLF) ein schlechtes Ergebnis auf und 50 % der Patienten (vier nach PL, zehn nach PLF) wiesen ein mäßiges Ergebnis auf. Bei 18 % der Patienten (drei nach PL, zwei nach PLF) zeigte sich ein gutes Ergebnis und bei 11 % (einer nach PL, zwei nach PLF) ein ausgezeichnetes Ergebnis (Abb. 63).

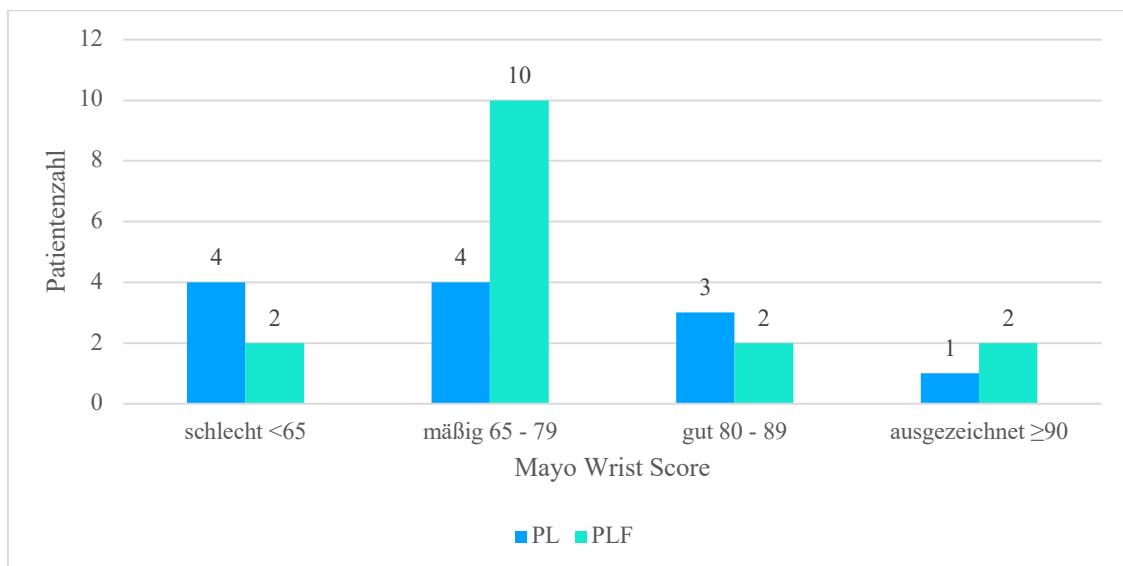


Abb. 63: Die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores. 1: Schlecht (< 65); 2: Mäßig (65-79); 3: Gut (80-89); 4: Ausgezeichnet (90-100); PL: Perilunäre Luxation, PLF: Perilunäre Luxationsfraktur (n = 28).

Obwohl die Patienten ohne Arthrose (75 (IQR 15, n = 16)) im Vergleich mit den Patienten mit Arthrose (62,5 (IQR 24, n = 12)) einen höheren Mayo Wrist Score aufwiesen, ergab sich keine statistisch signifikante Abhängigkeit des Mayo-Wrist-Scores hinsichtlich des Vorliegens einer Arthrose ($p = 0,180$, Chi-Quadrat; Abb. 64).

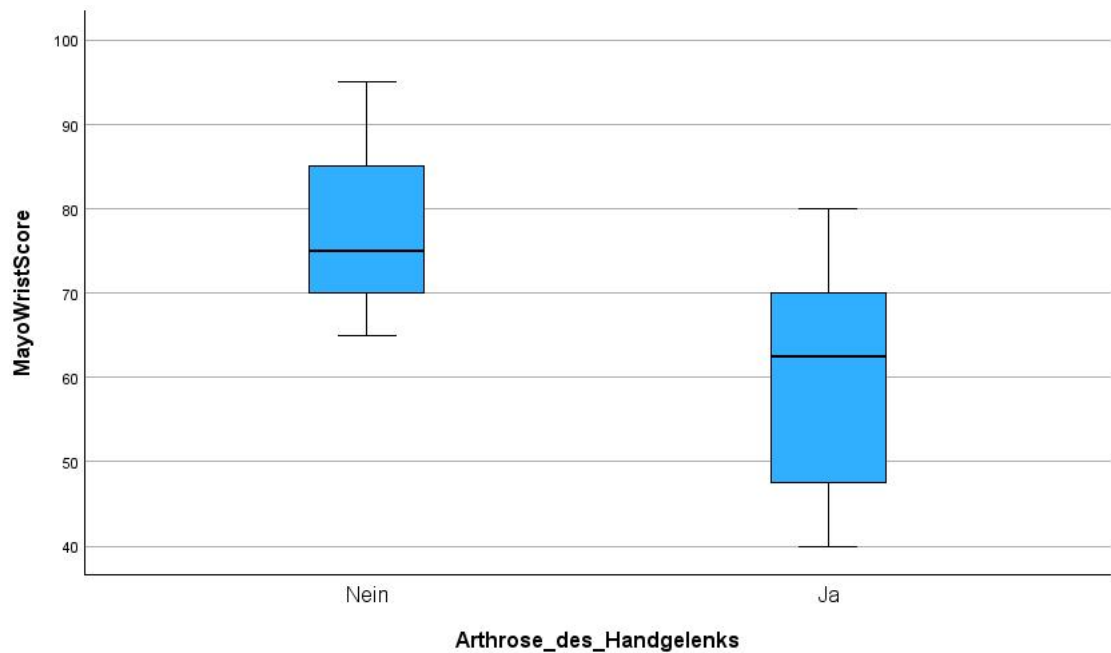


Abb. 64: Der Median des Mayo-Wrist-Scores bei den Patienten mit und ohne Arthrose des Handgelenks (Stadium 2 oder höher nach der Kellgren-Lawrence-Skala, medio- und/oder radiokarpal) (n =28).

Beim Mayo Wrist Score ergab sich eine negative statistisch signifikante Korrelation mit den Ergebnissen des DASH-Fragebogens ($p = 0,003$, Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,547$, Spearman's Rho).

4. Diskussion

4.1 Die Patientenpopulation

Bei den meisten in der vorliegenden Studie der wegen perilunärer Verletzungen hospitalisierten Patienten handelte es sich um junge Erwachsene im Alter von 18-39 Jahren (65 % der Patienten; in 96 % der Fälle Männer). Auch bei anderen Autoren bildeten junge erwachsene Männer die größte Patientengruppe (Viegas et al. 1987; Hildebrand et al. 2000; Kremer et al. 2010; Özyürekoglu und Acar 2021). Die kleinste Patientengruppe wurde in der vorliegenden Studie von den über 60-Jährigen (7 % der Fälle) gebildet. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Rubin et al. (2021), woraus sich ableiten lässt, dass perilunäre Verletzungen in der Bevölkerungsgruppe über 65 Jahren eher selten sind. In der vorliegenden Untersuchungsgruppe hatten 36 % der Patienten einen Arbeitsunfall. Ein großer Anteil (41 %) der Patienten mit Verletzungen bei der Arbeit wurde auch von Krief et al. (2015) festgestellt. Auch in der Studie von Colak et al. (2021) traten 51 % der

Verletzungen am Arbeitsplatz auf. In der vorliegenden Studie konnten die folgenden Verletzungsursachen identifiziert werden: Sturz aus mehr als Körperhöhe, Sportunfall, Verkehrsunfall, Sturz aus Körperhöhe und Maschinenarbeitsunfall. Bei 166 Patienten konnten Herzberg et al. (1993) ähnliche Verletzungsursachen feststellen, nämlich Motorradunfälle, Sportunfälle, Maschinenunfälle und ein Sturz aus größerer Höhe. Aus diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass junge Männer wegen ihrer beruflichen Tätigkeiten und einer verstärkten Teilnahme an risikoreichen Sportarten im Vergleich mit Frauen häufiger von perilunären Verletzungen betroffen sind.

4.2 Die Art der Verletzung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde in 61 % aller Fälle eine perilunäre Luxationsfraktur (PLF) diagnostiziert. Auch in anderen Studien war die perilunäre Luxationsfraktur häufiger als die perilunäre Luxation, wie etwa bei Herzberg et al. (1993) 61 % PLF, bei Forli et al. (2010) 61 % PLF, bei Israel et al (2016) 72 % PLF, bei Dunn et al. (2018) 55 % PLF und bei Garçon et al. (2022) 78 %. Darüber hinaus waren die Patienten mit PL statistisch signifikant älter (48 Jahre (IQR 23,75), min-max: 19-72 Jahre) als die Patienten mit PLF (27 Jahre (IQR 16), min-max: 16-58 Jahre, $p < 0,001$, Mann-Whitney-U-Test). Wright et al. (1994) stellten in ihrer Untersuchung von 62 Kadaver-Handgelenken fest, dass in älteren Handgelenken degenerative Veränderungen der Bänder häufig auftreten, die zu einem anderen Verlauf von Verletzungen im Vergleich zur jüngeren Bevölkerung prädisponieren. Die Vulnerabilität älterer Patienten hinsichtlich einer perilunären Luxation könnte auf altersbedingte Veränderungen im Handgelenk zurückzuführen sein.

Das Stadium II in der Mayfield-Klassifikation trat im Vergleich mit den Patienten mit perilunärer Luxationsfraktur (in 19 von 43 Fällen) bei den Patienten mit perilunärer Luxation statistisch signifikant seltener auf (in 3 von 27 Fällen, $p = 0,004$, Fisher-Test).

Mayfield et al. (1980) stellten fest, dass die Stadien III und IV mit einer höheren Energieeinwirkung sowie schwerwiegenderen Bandverletzungen, insbesondere des Lig. radiokarpale dorsale und Lig. ulnotriquetrum, verbunden sind, die häufiger bei PL auftreten. Im Gegensatz dazu kann der Verletzungsmechanismus bei PLF aufgrund der gleichzeitigen Schädigung von Knochen- und Bandstrukturen anders verlaufen als bei PL. In der aktuellen Literatur gibt es keine Studien, die die Art der Verletzung (PL oder PLF) im Hinblick auf das Auftreten von Instabilitätsstadien nach der Mayfield-Klassifikation

vergleichen. In der vorliegenden Studie wurde keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Art der Verletzung (PL oder PLF) und der Durchführung einer Rekonstruktion der extrinsischen Bänder festgestellt ($p = 0,275$, Fisher-Test). Im Vergleich zur experimentellen Studie von Mayfield et al. (1980) war unsere Patientengruppe kleiner, da Verletzungen der extrinsischen Bänder nur dann erfasst wurden, wenn deren Rekonstruktion dokumentiert war. Es wurde jedoch eine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen der Art der Verletzung (PL oder PLF) und dem Typ der intrinsischen Bandverletzung (monoligamentär: SL oder LT; multiligamentär: SL und LT) festgestellt ($p < 0,001$, Fisher-Test). Unter Berücksichtigung des oben Erwähnten könnte der rein ligamentäre Charakter der Verletzung sowie die höhere Energie des Traumas bei Patienten mit PL zu einer stärkeren Instabilität des Handgelenks prädisponieren und dadurch zu höheren Stadien in der Mayfield-Klassifikation (III und IV) im Vergleich zu Patienten mit PLF führen. In einer multizentrischen Studie von Herzberg et al. (1993) trat am häufigsten eine Fraktur des Os scaphoideum auf, die bei 61 % aller perilunären Verletzungen und bei 96 % der perilunären Luxationsfrakturen vorkam. In der vorliegenden Studie war die De-Quervain-Luxationsfraktur auch die am häufigsten diagnostizierte Luxationsfraktur bei 48 % aller perilunären Verletzungen und 93 % der perilunären Luxationsfrakturen. Die häufigste Lokalisation einer Fraktur des Os scaphoideum war in 85 % der Fälle das mittlere Drittel und in 12 % der Fälle war es der proximale Pol. Herzberg et al. (1993) dokumentierten in 95 % der Fälle die Fraktur im mittleren Drittel und in 5 % der Fälle im proximalen Pol. Die zweithäufigste Fraktur in der vorliegenden Studie war die Fraktur des Processus styloideus radii, die in 24 % der Fälle auftrat. In der Studie von Colak et al. (2021) waren die am häufigsten beobachteten Frakturen im Zusammenhang mit einer perilunären Verletzung Frakturen des Os scaphoideum (in 44,44 % der Fälle) und des Processus styloideus radii (in 51,85 % der Fälle). In der vorliegenden Studie wurden Parästhesien bei der Aufnahme ins Krankenhaus bei 61% der Fälle mit perilunären Verletzungen festgestellt. Parästhesien wurden bei 58 % der Patienten mit PLF und bei 63 % der Patienten mit PL diagnostiziert, was im Vergleich mit anderen Studien einem höheren Prozentsatz entspricht: Knoll et al. (2005) 24 % aller Patienten, Hildebrand et al. (2000) 36 % aller Patienten, Meszaros et al. (2018) 43 % aller Patienten und Dunn et al. (2018) 50 % aller Patienten. Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass in unserer Studie jeder positive Befund von Parästhesien im Handbereich berücksichtigt

wurde, während in den oben genannten Studien nur Fälle mit akutem Karpaltunnelsyndrom aufgeführt wurden, die eine sofortige Repositionsversuch erforderten. In dem vorliegenden Patientenkollektiv traten 44 % aller diagnostizierten Parästhesien im Bereich der Innervation des N. medianus auf. Laut Herzberg (2000) lässt sich das Karpaltunnelsyndrom auf den Druck des ausgerenkten Os lunatum auf den Karpaltunnel zurückführen. Eine weitere Ursache für das Karpaltunnelsyndrom besteht nach Herzberg (2000) in einer Kompression des Karpaltunnels durch den proximalen Pol des Os scaphoideum.

4.3 Die operative Versorgung

In der Literatur besteht Konsens darüber, dass ein dorsaler chirurgischer Zugang das Minimum darstellt, um die Handwurzelknochen ausreichend richten und den Bandapparat reparieren zu können (Forli et al. 2010, Knoll et al. 2015, Meszaros et al. 2018). Ein zusätzlicher palmarer Zugang, der häufig bei Patienten mit akutem Karpaltunnelsyndrom empfohlen wird, ermöglicht neben der Dekompression des Karpaltunnels auch eine Visualisierung und Rekonstruktion extrinsischer und intrinsischer palmarer Bänder (Sotereanos et al. 1997; Hildebrand et al. 2000; Kremer et al. 2010). Obwohl von vielen Autoren der kombinierte dorsale und palmare Zugang bevorzugt wird (Inoue und Imaeda 1997; Sotereanos et al. 1997; Hildebrand et al. 2000; Lutz et al. 2009), haben sich einige Autoren auch für einen isolierten dorsalen Zugang ausgesprochen (Israel et al., 2016) und zwar manchmal sogar bei Patienten mit einer symptomatischen Kompression des N. medianus (Garçon et al. 2022). Garçon et al. (2022) raten in ihrer Studie von einer Karpaltunnelspalung ab, da Patienten mit diesem Eingriff schlechtere funktionelle Ergebnisse im Vergleich zu Patienten ohne Dekompression zeigten, was sie auf eine mögliche Fibrose durch den zusätzlichen volaren Zugang zurückführten. Darüber hinaus haben Meszaros et al. (2018) einen kombinierten Zugang bei Patienten nach einem Hochenergietrauma mit Symptomen einer Kompression des N. medianus und einen Verzicht auf einen palmaren Zugang bei Patienten ohne neurologische Defizite vorgeschlagen. Ein isolierter palmarer Zugang wird heutzutage nicht mehr empfohlen (Kremer et al. 2010).

In der vorliegenden Studie wurde der kombinierte dorsale und palmare Zugang in 51 % der Fälle (n = 36) durchgeführt, während der dorsale Zugang in 46 % der Fälle (n = 32) verwendet wurde. In unserer Studie wurde eine statistisch signifikante Abhän-

gigkeit der Wahl des Operationszugangs vom Auftreten von Parästhesien bei der Krankenhausaufnahme festgestellt ($p = 0,016$, Chi-Quadrat). In 64 % der Fälle mit Parästhesien wurde neben dem dorsalen Zugang zusätzlich ein palmarer Zugang verwendet. Im Rahmen des palmaren Zugangs wurde eine Karpaltunnelspaltung durchgeführt. In 33 % der Fälle wurde zusammen mit der Karpaltunnelspaltung auch eine Rekonstruktion von Bändern auf der palmaren Seite durchgeführt. Die Abhängigkeit der palmaren Bandrekonstruktion von der Durchführung der Karpaltunnelspaltung war statistisch signifikant ($p = 0,002$ Chi-Quadrat). Patienten, die mit einem kombinierten Zugang operiert wurden, wiesen bei der Kontrolluntersuchung im Vergleich mit den Patienten, die über einen isolierten dorsalen Zugang operiert wurden (52 % (IQR 31) der Gegenseite, min-max: 23-125 %, $n = 27$) einen größeren Bewegungsumfang bei der Flexion und Extension auf (70 % (IQR 23) der Gegenseite, min-max: 25-112 %, $n = 35$, $p = 0,003$, Mann-Whitney-U-Test). Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass der kombinierte chirurgische Zugang eine Untersuchung und mögliche Rekonstruktion von Bändern sowohl auf der dorsalen als auch auf der palmaren Seite ermöglicht, was zu besseren funktionellen Ergebnissen führen kann.

4.4 Die Immobilisierungszeit

Die mediane Immobilisierungszeit lag bei acht Wochen (IQR 1,5, min-max: 3-13 Wochen). Die gleiche Dauer für die Immobilisierung wurde auch von anderen Autoren berichtet: Sotereanos et al. (1997) acht Wochen, Apergis et al. (1997) sechs bis acht Wochen.

4.5 Der radiologische Verlauf nach der operativen Versorgung

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen ergab sich im Vergleich mit den Ergebnissen nach der Reposition bei der letzten Nachuntersuchung (Medianzeit des Follow-ups 19,7 Monate (IQR 34; min-max 2,9-265,5 Monate) eine signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und SL-Abstands ($p = 0,015$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Trotz der statistisch signifikanten Vergrößerung des SL-Winkels sowie der Verbreiterung des SL-Abstands lagen die Medianwerte während der Nachuntersuchung weiterhin im Normbereich und wurden gemäß dem von Forli et al. (2010) definierten Kriterium (SL-Abstand nicht größer als 2 mm) als gutes

Repositionsergebnis bewertet. Kremer et al. (2010) stellten jedoch in ihrer Studie mit einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 65,5 Monaten fest, dass der Verlust der Reduktion ein häufig beobachtetes Phänomen war. Dies könnte auf die längere Nachbeobachtungszeit im Vergleich zu unseren Patienten (19,7 Monate im Median) zurückzuführen sein. Bei den Patienten nach PL wurde eine signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p = 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und RL-Winkels ($p = 0,011$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) bestätigt. Bei den Patienten nach PLF konnte bei der letzten Nachuntersuchung eine signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p = 0,006$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und CL-Winkels ($p = 0,048$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und auch eine Verlängerung des SL-Abstands ($p = 0,050$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) festgestellt werden. Der Vergleich der Ergebnisse unserer Studie mit den Ergebnissen anderer Autoren ist in Tabelle 18 dargestellt.

Tab. 18: Vergleich der Ergebnisse für die Interkarpalwinkel (SL-, CL- und RL-Winkel) und den SL-Abstand bei der letzten röntgenografischen Kontrolluntersuchung mit den Ergebnissen in der Literatur. Die Ergebnisse wurden für alle Patienten mit perilunären Verletzungen sowie für Patienten mit perilunärer Luxation (PL) oder perilunärer Luxationsfraktur (PLF) dargestellt. Die Medianzeit des Follow-Up lag bei 19,7 Monaten (IQR 34; min-max 2,9-265,5 Monate).

Autor	Nachbeobachtungszeit	Anzahl der Patienten	SL-Winkel	CL-Winkel	RL-Winkel	SL-Abstand
Capo et al. 2012	6 Monate	45	55°	-12°	8°	2,2 mm
Besz	19,7 Monate	58	56,2° 55,1° (PL) 57,6° (PLF)	7,2° 6,0° (PL) 8,7° (PLF)	6,6° 5,3° (PL) 8,1° (PLF)	1,8 mm 2 mm (PL) 1,8 mm (PLF)
Özyürekoglu und Acar 2021	27 Monate	18	49,3°	4,2°		1,62 mm
Savvidou et al. 2015	39 Monate	20	58°			1,9 mm
Lutz et al. 2009	60 Monate	25	62,9° (PL) 58,9° (PLF)	5,2° (PL) 6,3° (PLF)	7,6° (PL) 11,9° (PLF)	1,9 mm (PL) 1,6 mm (PLF)
Herzberg und Forissier 2002	96 Monate	14	49°		-4°	

In der vorliegenden Studie wurden die Röntgenaufnahmen von zwei Nachuntersuchungen ausgewertet. Bei der ersten Nachuntersuchung (4,2 Monate, IQR 7,6; min-max: 1,3-

156,1 Monate) lag der Prozentsatz der befriedigenden Ergebnisse (A und C) bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) auf der radiologischen Bewertungsskala von Herzberg bei 50 %. Unbefriedigende (A1, B, B1, C1) Ergebnisse bildeten ebenfalls 50 % der Fälle. Bei der zweiten radiologischen Nachuntersuchung (30 Monate IQR 44,75; min-max: 3-265,5 Monate) ergaben sich befriedigende Ergebnisse (A und C) bei 37,3 % und unbefriedigende Ergebnisse (A1, B, B1) bei 62,7 %. Andere Autoren berichteten über einen ähnlichen Prozentsatz unbefriedigender Ergebnisse auf der radiologischen Bewertungsskala von Herzberg bei der späteren Kontrolle, nämlich 61,1 % in der Studie von Forli et al. (2010), 61,5 % in der Studie von Kremer et al. (2010), 70 % in der Studie von Lebot et al. (2021) und sogar 93,3 % in der Studie von Krief et al. (2015). In der vorliegenden Studie war in 23 % aller Fälle die ulnare Translokation des Handgelenks die Ursache für das unbefriedigende Ergebnis. Die DISI-Fehlstellung wurde in 16 % der Fälle diagnostiziert. Eine statische SL-Dissoziation trat in 14 % der Fälle auf. Im Vergleich dazu konnten Colak et al. (2021) eine DISI-Fehlstellung in 42,3 % der Fälle nachweisen. Lebot et al. (2021) fanden eine SL-Diastase in 40 % der Fälle. Der geringere Anteil der Patienten mit abnormaler Karpalausrichtung und/oder -morphologie in der vorliegenden Studie könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich bei einigen Patienten wegen der kürzeren Nachbeobachtungszeit (19,7 Monate) im Vergleich mit anderen Autoren (45 Monate bei Colak et al. (2021) und 39,4 Monate bei Lebot et al. (2021)) noch keine morphologischen Spätfolgen entwickelt haben. Song et al. (2009) wiesen darauf hin, dass bei Patienten nach perilunärer Luxation häufig eine ulnare Translokation diagnostiziert wird, wobei ein Prozentsatz von 80 % der Fälle erreicht wird. Nicht bei allen Autoren findet sich ein so hoher Prozentsatz, bei Kremer et al. (2010) etwa 15,4 %.

In der Gruppe aller Patienten (mit und ohne ulnare Translokation) betrug in der vorliegenden Studie der karpale Translationsindex nach Gilula 41 (IQR 15,3, min-max: 0-85) und nach Bouman 0,84 (IQR 0,06, min-max: 0,53-1). Song et al. (2009) stellten in ihrer Studie, die Patienten nach perilunären Verletzungen (PL und PLF) umfasste, einen signifikant schlechteren karpalen Translationsindex fest, der nach Gilula 54 betrug. Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass in ihrer Untersuchung ein deutlich höherer Anteil an Patienten mit ulnarer Translokation beobachtet wurde – bei 80 % der Patienten im Vergleich zu 24 % in unserer Studie.

Herzberg und Forissier (2002) ermittelten in ihrer Studie zur De-Quervain-Luxationsfraktur einen durchschnittlichen karpalen Translationsindex nach Bouman von 0,85. Lutz et al. (2009) unterteilten die Patienten in zwei Gruppen: Patienten mit perilunärer Luxation, bei denen der karpale Translationsindex bei 0,84 lag, und Patienten mit perilunärer Luxationsfraktur, die einen durchschnittlichen Translationsindex von 0,83 aufwiesen. In der vorliegenden Studie ergab sich bei den Patienten ein ähnlicher Translationsindex nach Bouman von 0,84 (IQR 0,08, min-max: 0,76-0,98) im Median nach einer perilunären Luxation und ebenfalls von 0,84 (IQR 0,05, min-max: 0,53-1,00) nach einer perilunären Luxationsfraktur. Viegas et al. (1995) verwiesen auf die Bedeutung der Schädigung extrinsischer Bänder bei der Ätiologie der ulnaren Translokation. Als Ursache für die ulnare Translokation des Handgelenks identifizierten Song et al. (2009) neben der Ruptur der SL- und LT-Bänder auch eine Verletzung der palmaren extrinsischen Bänder (Lig. radioscaphocapitatum, langes Lig. radiolunatum). In unserer Studie wurden bei 15 von 16 Patienten, bei denen eine ulnare Translokation auftrat, die extrinsischen Bänder nicht rekonstruiert. Abhängigkeit zwischen der Rekonstruktion der extrinsischen Bänder und dem Auftreten einer ulnaren Translokation war statistisch signifikant ($p = 0,048$, Fisher-Test). Trotzdem wurde keine statistische Abhängigkeit zwischen dem Auftreten einer ulnaren Translokation und der Rekonstruktion der palmaren radiokarpalen ($p = 0,175$, Chi-Quadrat), palmaren ulnokarpalen ($p = 0,320$, Fischer-Test) sowie dorsalen radiokarpalen ($p = 0,112$ Chi-Quadrat) extrinsischen Bänder festgestellt. Die mögliche Ursache hierfür ist die begrenzte Anzahl der untersuchten Patienten. Auf Basis der oben dargestellten Ergebnisse kann die Hypothese aufgestellt werden, dass die Exploration und Rekonstruktion geschädigter extrinsischer Bänder das Risiko einer ulnaren Translokation bei Patienten nach perilunären Verletzungen reduzieren könnte. Um jedoch die Frage zu beantworten, welche der rekonstruierten extrinsischen Bänder diesen Effekt beeinflussen, sind weitere Studien an einer größeren Patientengruppe erforderlich.

4.6 Frakturkonsolidierung

In der vorliegenden Studie lag die Medianzeit bis zur radiologischen Bestätigung einer partiellen knöchernen Durchbauung des Os scaphoideum bei 6,8 Wochen (IQR 4,6) und die vollständige Konsolidierung wurde im Median nach 12 Wochen (IQR 3,9) bestätigt. Eine ähnliche Zeit für die vollständige Konsolidierung des Os scaphoideum ergab sich in

einer Studie von Viegas et al. (1987) mit 10,2 Wochen. In den Studien von Knoll et al. (2005) und Malović et al. (2011) erfolgte eine vollständige Konsolidierung des Os scaphoideum nach 16 Wochen. Die Konsolidierungszeit der Handwurzelknochen wurde durch eine retrospektive Analyse von Röntgenaufnahmen beurteilt, weshalb die eigenen Ergebnisse nur als Näherungswert für den tatsächlichen Konsolidierungsprozess verwendet werden können.

4.7 Arthrose des Handgelenks

Eine Arthrose des Handgelenks ist in der Literatur die häufigste Folge einer perilunären Verletzung. In der vorliegenden Studie konnte bei 49 % der Patienten (in 23 von 47 Fällen) nach einer medianen Nachbeobachtungszeit von 32,5 Monaten (die früheste Kontrolluntersuchung nach 12 Monaten) eine Arthrose des Handgelenks radiologisch bestätigt werden. Andere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen, so berichteten etwa Colak et al. (2021) über 57,7 % nach 45 Monaten, Hildebrand et al. (2000) über 50 % nach 37 Monaten und Kremer et al. (2010) über 51 % nach 39 Monaten im Median. In Studien mit längerer Beobachtungszeit ergab sich ein höherer Prozentsatz von Patienten, bei denen sich eine Arthrose des Handgelenks entwickelt hat, etwa bei Garçon et al. (2022) 79 % nach 119 Monaten und Meszaros et al. (2018) 95 % nach 112 ± 60 Monaten. Forli et al. (2010) konnten in ihrer Studie mit einer Nachbeobachtungszeit von 13 Jahren das Fortschreiten der posttraumatischen Arthrose des Handgelenks im Laufe der Zeit bis zu 67% der Fälle nachweisen. In der vorliegenden Studie waren die Patienten mit Arthrose des Handgelenks statistisch signifikant älter (48 Jahre im Median) als Patienten ohne Arthrose (27 Jahre, $p = 0,001$, Mann-Whitney-U-Test). In dieser Arbeit konnte jedoch keine statistische Abhängigkeit zwischen dem Auftreten einer posttraumatischen Arthrose des Handgelenks und der Beobachtungsdauer festgestellt werden ($p = 0,915$, Mann-Whitney-U-Test). Dies könnte auf die im Vergleich zu Forli et al. (2010) kürzere Beobachtungszeit zurückzuführen sein. Meszaros et al. (2018) konnten ebenfalls feststellen, dass ein höheres Alter der Patienten statistisch signifikant mit Arthrose assoziiert war. Es ist ebenfalls möglich, dass diese Ergebnisse dadurch beeinflusst wurden, dass Arthrose des Handgelenks in der älteren Bevölkerung häufiger auftritt und möglicherweise bereits vor dem Auftreten der perilunären Verletzung bei älteren Patienten vorhanden war. In der

vorliegenden Studie wurde in 13 von 23 Fällen (57 % der Fälle) mit Arthrose eine isolierte Arthrose zwischen Os lunatum und Os capitatum bestätigt.

In vorliegender Studie war die Anzahl der während des Eingriffs verwendeten Transfixationen statistisch abhängig vom Auftreten einer Arthrose ($p = 0,043$, Fisher-Test), wobei bei Patienten mit einer höheren Anzahl eingesetzter Kirschner-Drähte Arthrose häufiger auftrat. In den bereits publizierten Ergebnissen des vorliegenden Kollektivs derselben Patientengruppe (Rachunek-Medved et al. 2025) wurde festgestellt, dass die Anwendung von vier oder mehr Transfixationen des Handgelenks mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten von radiokarpaler oder mediokarpaler Arthrose verbunden sein könnte. Es ist möglich, dass eine größere Anzahl eingesetzter Kirschner-Drähte mit einem umfangreicheren Ausmaß der Verletzung vor der Operation sowie der daraus resultierenden höheren Instabilität des Handgelenks zusammenhing, was ebenfalls einen Einfluss auf die Häufigkeit des Auftretens von Arthrose haben könnte.

SNAC1, SNAC2 und SLAC1 wurde bei jeweils einem Patienten diagnostiziert. SLAC3 wurde bei drei Patienten festgestellt. Lebot et al. (2021) konnten SLAC1 bei zwei von zehn untersuchten Patienten nachweisen, SNAC1 und SLAC2 bei jeweils einem Patienten. Hildebrand et al. (2000) verwiesen darauf, dass das klinische Ergebnis von der Gelenkschädigung von der anfänglichen Verletzung abhängen könnte. Nach Herzberg (2000) kommt es häufig zu einer posttraumatischen Arthrose des Gelenks zwischen dem Os capitatum und Os lunatum, die durch eine Schädigung der Gelenkfläche des Os capitatum durch den Druck vom Hinterhorn des Os lunatum verursacht wird. Eine Arthrose des Handgelenks trat in der vorliegenden Studie im Vergleich mit den Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur statistisch signifikant häufiger bei Patienten nach perilunärer Luxation auf ($p = 0,003$, Chi-Quadrat). Darüber hinaus konnte keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen dem Auftreten von Arthrose und dem Stadium der Mayfield-Klassifikation festgestellt werden ($p = 0,316$, Fisher-Test). Es sind weitere Studien zur Beurteilung des Zustands der Gelenkflächen bei Patienten mit perilunärer Luxation und perilunärer Luxationsfraktur erforderlich, um klären zu können, ob der Unterschied bei der Häufigkeit von Arthrose mit der anfänglichen Schädigung der Gelenkflächen zusammenhängt.

4.8 Postoperative Komplikationen

20,3 % der Patienten wurden wegen postoperativer Komplikationen erneut operiert. Die Gründe für die Reoperation waren: Ein Schraubenüberstand in sechs Fällen, ein Karpaltunnelsyndrom bei drei Patienten, bei denen bei der Primäroperation keine Karpaltunnelspaltung durchgeführt wurde, und fünf Resektionen einer Pseudarthrose des Os scaphoideum mit einer Scaphoid-Rekonstruktion. Die in dieser Studie beobachteten Komplikationen wurden ebenfalls von anderen Autoren festgestellt. Bei Dunn et al. (2018) ergaben sich bei 22,5 % der Patienten postoperative Komplikationen (persistierende Parästhesien, Reoperation aufgrund von Implantatreizung und Scaphoidektomie mit Vier-Ecken-Fusion), bei Viegas et al. (1987) 27,8 % (Pseudarthrose des Os scaphoideum, avasculäre Nekrose des Os Scaphoideum und karpale Instabilität) und bei Souer et al. (2007) 9,9 % (Infektionen, Handgelenkssepsis, Pseudarthrose des Os scaphoideum, Verlust der Reposition). In dieser Studie wurde keine Reluxation festgestellt.

4.9 Klinische Nachuntersuchung

In unserer Studie, unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug der Bewegungsumfang in Flexion und Extension der verletzten Hand im Median 70 % der Gegenseite (IQR 20; min-max: 37-112%). In einer Studie mit derselben Beobachtungszeit beobachteten Souer et al. (2007) einen Bewegungsumfang der verletzten Hand von 55 % der Gegenseite. Çolak et al. (2021) stellten einen Bewegungsumfang von 73,5 % der Gegenseite fest.

Der Bewegungsumfang der betroffenen Hand betrug in vorliegender Studie in Extension und Flexion im Median 93° (IQR 35; min-max: 44-130°). Garçon et al. (2022) ermittelten in ihrer Studie einen Bewegungsumfang der betroffenen Hand in Flexion und Extension 86°, Çolak et al. (2021) 95,1°, während Meszaros et al. (2018) 90° dokumentierten.

In der vorliegenden Studie betrug der Bewegungsumfang der verletzten Hand in Radial- und Ulnarabduktion betrug im Median 39° (IQR 16; min-max: 12-64°). Ähnliche Ergebnisse wurden auch von anderen Autoren erzielt, wie von Çolak et al. 2021 mit 36,9°, Souer et al. 2007 mit 35° sowie Garçon et al. (2022) und Meszaros et al. (2018) mit jeweils 38°. Wir konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Seiten bei der Pronation und Supination feststellen ($p = 0,785$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Die

Ergebnisse lagen sowohl auf der betroffenen Seite als auch auf der Gegenseite im Median im Normbereich, jeweils 180° (IQR 0; min-max: 135-180°). Dieses Ergebnis ist darauf zurückzuführen, dass der Bewegungsumfang in Pronation und Supination größtenteils von den Strukturen des Unterarms abhängt, die von der Verletzung nicht betroffen waren. In der vorliegenden Studie betrug bei allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug die Kraft der betroffenen Hand in der Ergometrie in Position 2 im Median 82 % (IQR 29, min-max: 54-119%) der Kraft der Gegenseite. Einen Kraftverlust der Hand in der Ergometrie auf der verletzten Seite im Vergleich zur Gegenseite beobachteten ebenfalls Hildebrand et al. (2000) mit einem Ergebnis von 73 % der Gegenseite, Savvidou et al. (2015) mit einem Ergebnis von 88 % der Gegenseite sowie Çolak et al. (2021) et al. mit einem Ergebnis von 65,5 % der Gegenseite. Die Unterschiede in den Messungen des Bewegungsumfanges (mit Ausnahme von Pronation und Supination) sowie der Ergometrie in Position 2 zwischen der betroffenen Hand und der nicht betroffenen Hand waren statistisch signifikant (jeweils $p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Dies deutet darauf hin, dass die Verletzung mit einer funktionellen Einschränkung des betroffenen Handgelenks im Vergleich zum nicht betroffenen Handgelenk einhergeht.

Nur wenige vorhandene Follow-up-Studien unterteilen die Patientenergebnisse nach der Art der Verletzung (PL oder PLF). Forli et al. (2010) stellten bei ihrer Untersuchung der Beweglichkeit des betroffenen Handgelenks bei der Flexion und Extension bei den Patienten nach PL 94° fest und bei Patienten nach PLF 98°. Die Griffstärke der betroffenen Hand lag sowohl bei den Patienten nach PL als auch bei den Patienten nach PLF bei 87 % der kontralateralen Seite. In einer Studie von Lutz et al. (2009) ergaben sich beim Bewegungsumfang der betroffenen Hand bei Flexion und Extension 94° bei den Patienten nach PL und 98° bei den Patienten nach PLF. Der Bewegungsbereich der betroffenen Hand in ulnarer und radialer Abduktion lag bei 45,5° bei den Patienten nach PL und 50,7° bei den Patienten nach PLF. Die Griffstärke erreichte bei Patienten nach PL 82 % der Gegenseite und bei Patienten nach PLF 87 % der Gegenseite. In der vorliegenden Studie ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied beim Bewegungsumfang bei Flexion und Extension beim Vergleich der Patienten nach perilunärer Luxation (80° (IQR 31,5)) mit den Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur (99° (IQR 30)), wobei die Patienten nach einer Luxationsfraktur die besseren Ergebnisse aufwiesen ($p = 0,030$, Mann-Whitney-U-Test). Die Patienten mit einer radiologisch bestätigten Arthrose des Handgelenks wiesen

im Vergleich mit den Patienten ohne Arthrose (89 % (IQR 21,5) der Gegenseite, n = 16) eine statistisch signifikant geringere Griffstärke auf (68,5 % (IQR 21,3) der Gegenseite, n = 12, p = 0,004, Mann-Whitney-U-Test). Darüber hinaus konnte auch ein statistisch signifikant geringeres Verhältnis zu den Normalwerten der Griffstärke bei Patienten mit Arthrose (65 % (IQR 23) der Norm, n = 12) im Vergleich mit den Patienten ohne Arthrose nachgewiesen werden (87 % (IQR 34) der Norm, n = 16, p = 0,001, Mann-Whitney-U-Test). Auch Çolak et al. (2021) konnten einen statistisch signifikanten negativen Einfluss der Arthrose auf die Griffstärke feststellen. Allerdings konnte dieser Zusammenhang nicht von allen Autoren bestätigt werden. In einer Studie von Herberg und Forissier (2002) führte eine radiologisch bestätigte Arthrose des Handgelenks über eine Nachbeobachtungszeit von acht Jahren in einer Gruppe von 14 Patienten zu keiner Funktionseinschränkung des Handgelenks. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Forli et al. (2010) bei einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 13 Jahren in einer Gruppe von 18 Patienten. Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass in der vorliegenden Studie trotz der kürzeren Nachbeobachtungszeit eine größere Gruppe von 28 Patienten einbezogen wurde, was sich auf die Ergebnisse der statistischen Analyse ausgewirkt haben könnte. Tabelle 19 vergleicht die klinischen Ergebnisse aus Studien anderer Autoren bei Patienten nach perilunären Verletzungen mit den in unserer Untersuchung erzielten Resultaten.

Tab. 19: Literaturübersicht zu den klinischen Ergebnissen von Patienten nach perilunären Verletzungen sowie mit einer Unterteilung nach perilunärer Luxation (PL) und perilunärer Luxationsfraktur (PLF) und dem verwendeten operativen Zugang. PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur; TSPLF: Transscaphoidale perilunäre Luxationsfraktur; P: Palmarer Zugang; D: Dorsaler Zugang; DP: kombinierter, dorsaler und palmarer Zugang

Autor	Nachbeobachtungszeit	Anzahl der Patienten	Zugang	DASH	Kraft % der Gegenseite	Ergometrie Mittelwert betroffene Seite	E/F % der Gegenseite	E/F Arc betroffene Seite	Rad/Uln Arc betroffene Seite	Pro/Sup Arc betroffene Seite
Malović et al. 2011	29 Monate	43	P		75 % (PLF)	33 kg (PLF)	92 % (PLF)	119,5° (PLF)	41° (PLF)	151° (PLF)
Hildebrand et al. 2000	37 Monate	22	DP	16	73 %	35 kg	57 %	82°	31°	150°
Savvidou et al. 2015	39 Monate	20	2D; 18P		88 %		79 %	106°	49°	152°
Souer et al. 2007 (K-Draht-Gruppe)	44 Monate	18		11		67 %	55 %	73°	35°	139°
Besz	44 Monate	28	D; DP	11,3; 7,9 (PL); 14,6 (PLF) n = 30	82 %; 79 % (PL); 86 % (PLF)	36,1 kg; 34,7 kg (PL); 38,9 kg (PLF)	70 %; 68 % (PL); 74 % (PLF)	93°; 80° (PL); 98° (PLF)	39°; 35° (PL); 40° (PLF)	180°; 180° (PL); 180° (PLF)
Çolak et al. 2021	45 Monate	26	D	24,1	65,50 %	57.6 kg	73,50 %	95,1°	36,9°	
Dunn et al. 2018	47,8 Monate	40		15,2	65 %		74 %			
Lutz et al. 2009	60 Monate	25	DP	14,2 (PL) 11,3 (PLF)	82 % (PL) 87 % (PLF)	40,4 kg (PL) 44,7 kg (PLF)	74 % (PL) 79 % (PLF)	98° (PL) 104° (PLF)	45,5° (PL) 50,7° (PLF)	
Kremer et al. 2010	65,5 Monate	39	D; DP; P	23	71 %	36.6 kg	63 %	77°	42°	
Israel et al. 2016	96 Monate	65	D; DP; P	21		38 kg	70 %	96°		
Meszaros et al. 2018	112 ± 60 Monate	21	DP	40	76.2 %	41.9 kg		90°	38°	151°
Garçon et al. 2022	119 Monate	32	D; DP			35 kg		86°	38°	153°
Forli et al. 2010	156 Monate	18	D; DP; P		87 % (PL) 87 % (PLF)	39 kg (PL) 43 kg (PLF)	76 % (PL) 75 % (PLF)	94° (PL); 98° (PLF)		

4.10 Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test

Beim Semmes-Weinstein-Monofilamentfäden-Test wurde bei keinem der Patienten eine Neuropathie des Nervus medianus diagnostiziert, obwohl ein großer Prozentsatz der Patienten zum Zeitpunkt der Aufnahme ins Krankenhaus zunächst Parästhesien aufwies. Mühldorfer-Fodor et al. (2014) verwiesen darauf, dass die Symptome einer Neuropathie des Nervus medianus häufig sind, und zwar auch bei Patienten bei denen eine Karpaltunnelsplattierung durchgeführt wurde. Das Fehlen von Patienten mit einer Neuropathie des Nervus medianus in der vorliegenden Studie könnte darauf zurückzuführen sein, dass die entlastende Reposition und die Durchführung einer operativen Behandlung bei den meisten Patienten unverzüglich durchgeführt wurden. Meszaros et al. (2018) berichteten in ihrer Studie, dass trotz des Auftretens von Parästhesien im Bereich des N. medianus in 43 % der Fälle bei Aufnahme, in der Nachuntersuchung nach einer durchschnittlichen Follow-up-Dauer von 112 Monaten keiner der Patienten weiterhin Anzeichen einer Neuropathie des N. medianus aufwies. In ihrer Studie wurde die Reposition ebenfalls unverzüglich nach der Feststellung von Parästhesien durchgeführt. Bei zwei Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur wurde allerdings eine verminderte Sensibilität auf der dorsalen Seite im Bereich der Innervation des N. ulnaris festgestellt. Diese Symptome könnten mit der Nähe des Ramus dorsalis N. ulnaris und der Einführungsstelle der Kirschner-Drähte zusammenhängen. Das Risiko einer iatrogenen Verletzung des Ramus dorsalis des N. ulnaris wurde in der Studie von Naik et al. (2016) hervorgehoben.

4.11 Mayo-Wrist-Score

Unter allen Fällen mit perilunären Verletzungen betrug der Mayo-Wrist-Score im Median 70 (IQR 15, min-max: 40-95) was in der qualitativen Bewertung mäßigen Ergebnissen entspricht. Unter allen Patienten mit perilunären Verletzungen hatten 6 (21 % der Fälle) Patienten ein schlechtes Ergebnis, 14 (50 % der Fälle) Patienten ein mäßiges, 5 Patienten (18 % der Fälle) ein gutes und 3 (11 % der Fälle) ein ausgezeichnetes Ergebnis. Die Medianbeobachtungszeit betrug in unserer Studie 73,1 Monate. Andere Autoren mit einer ähnlichen Beobachtungszeit erzielten vergleichbare Ergebnisse beim Mayo-Wrist-Score. Kremer et al. (2010) beobachteten einen Mayo-Wrist-Score von 65,5 nach 70 Monaten, Massoud und Naam (2012) 56 nach 58 Monaten, Souer et al. (2007) 66 nach 44 Monaten,

und in einer Studie mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 216 Monaten berichteten Krief et al. (2015) über einen Mayo-Wrist-Score von 70.

In der vorliegenden Studie war der Mayo-Wrist-Score bei den Patienten nach PLF mit einem Ergebnis von 72,5 (IQR 9) höher als bei den Patienten nach PL mit einem Ergebnis von 65 (IQR 31). Diese Differenz war aber nicht statistisch signifikant ($p = 0,347$, Mann-Whitney-U-Test). Die Patienten ohne Arthrose des Handgelenks wiesen im Vergleich mit den Patienten mit Arthrose (62,5 (IQR 24) einen höheren Mayo-Wrist-Score auf (75 (IQR 15)). Dennoch konnte keine statistisch signifikante Abhängigkeit zwischen dem Mayo-Wrist-Score und dem Vorhandensein von Arthrose festgestellt werden ($p = 0,180$, Chi-Quadrat). Wie bereits erwähnt wurden nur in wenigen Studien die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores anhand der Patienten nach perilunärer Luxation und perilunärer Luxationsfraktur unterteilt. Ein sehr geringer Unterschied findet sich auch in einer Studie von Lutz et al. (2009) mit einer ähnlichen Nachbeobachtungszeit, wobei für die Patienten nach PL ein durchschnittliches Ergebnis von 81,5 und für die Patienten nach PLF ein durchschnittliches Ergebnis von 82,7 ermittelt wurde. Forli et al. (2010) kamen in ihrer Studie mit längerer Nachbeobachtungszeit bei den Patienten nach PL (77) im Vergleich mit den Patienten nach PLF zu einem höheren Ergebnis (74). Der von Lebot et al. (2021) beobachtete Mayo-Wrist-Score betrug 58,75. Trotz der Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Autoren wiesen in der qualitativen Bewertung des Mayo-Wrist-Scores 76 % (16 von 21 Autoren) mäßige Ergebnisse, 10 % (2 von 21 Autoren) gute Ergebnisse und 14 % (3 von 21 Autoren) schlechte Ergebnisse auf. Keine der Studien erzielte ein ausgezeichnetes Ergebnis im Median. Daraus kann geschlossen werden, dass die Behandlungsergebnisse den von anderen Autoren beobachteten Ergebnissen entsprechen. Ein Vergleich der Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores mit den Ergebnissen anderer Autoren ist in Tabelle 20 dargestellt.

Tab. 20: Vergleich der eigenen Ergebnisse beim Mayo Wrist Score mit den Ergebnissen in der Literatur. PL: Perilunäre Luxation; PLF: Perilunäre Luxationsfraktur

Autor	Anzahl der Patienten	Nachbeobachtungszeit	Mayo Wrist Score
Özyürekoglu und Acar 2021	18	27 Monate	78,3
Malović et al. 2011	43	29 Monate	87 (PLF)
Inoue und Imaeda 1997	28	29 Monate	76-81
Sotereanos et al. 1997	10	30 Monate	65
Su et al. 1996	14	32 Monate	75
Adkison und Chapman 1982	55	37 Monate	66
Hildebrand et al. 2000	22	37 Monate	66
Lebot et al. 2021	10	39,4 Monate	58,75 (PLF)
Souer et al. 2007	18	44 Monate	66
Çolak et al. 2021	26	45 Monate	63,3
Dunn et al. 2018	40	47,8 Monate	72,9
Cooney et al. 1987	30	50 Monate	65-75
Massoud und Naam 2012	24	58 Monate	56
Lutz et al. 2009	25	60 Monate	81,5 (PL); 82,7(PLF)
Kremer et al. 2010	39	65,5 Monate	70
Besz	28	73,1 Monate	70; 65 (PL);72,5 (PLF)
Herzberg et al. 1993	115	75 Monate	63-86
Herzberg und Forissier 2002	14	96 Monate	79
Garçon et al. 2022	32	119 Monate	65
Forli et al. 2010	18	156 Monate	77 (PL); 74 (PLF)
Krief et al. 2015	30	216 Monate	70

4.12 Die berufliche Tätigkeit der untersuchten Patienten

36,6 % der untersuchten Patienten waren Handwerker. Bei 53,3 % der Patienten waren die täglichen Aktivitäten bei der Arbeit mit keiner Belastung des Handgelenks verbunden, weshalb sie als Büroarbeiter eingestuft wurden. 10 % der Patienten waren Rentner. Kremer et al. (2010) verwendeten in ihrer Studie eine ähnliche Aufteilung, bei der 78,1 %

der Patienten zur Gruppe der Handwerker (Blue-collar worker) und 21,9 % zur Gruppe der Büroangestellten (White-collar worker) gezählt wurden. Der höhere Anteil von Büroangestellten im Vergleich mit Handarbeitern in der vorliegenden Studie könnte damit zusammenhängen, dass Sport- und Verkehrsunfälle, die am meisten nicht am Arbeitsplatz auftraten, die Hauptursache für Verletzungen waren.

4.13 Der DASH-Fragebogen

In der vorliegenden Studie korrelierten die Ergebnisse des Mayo-Wrist-Scores statistisch signifikant negativ mit den Ergebnissen des DASH-Fragebogens ($p = 0,003$, Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,547$, Spearman's Rho).

Unter allen Patienten nach perilunären Verletzungen betrug der DASH-Score im Median 11,3 (IQR 21,2). Der Median der Ergebnisse des DASH-Fragebogens war bei den Patienten nach PLF mit 14,6 (IQR 16,3) höher als bei den Patienten nach PL mit 7,9 (IQR 30,2). Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ($p = 0,865$, Mann-Whitney-U-Test). Der Wert des DASH-Fragebogens war bei Rentnern (31,4) und Handwerkern (12,5 (IQR 25)) höher als bei Büroangestellten (6,3 (IQR 16)). Diese Unterschiede waren aber nicht statistisch signifikant. Sowohl bei Colak et al. (2021) als auch bei Meszaros et al. (2018) konnte ein statistisch signifikanter Einfluss des Alters der Patienten auf das Ergebnis des DASH-Scores festgestellt werden. Bei Lutz et al. (2009) ergaben sich ein Wert von 14,2 bei den Patienten nach perilunärer Luxation und ein Wert von 11,3 bei den Patienten nach perilunärer Luxationsfraktur. In der aktuellen Literatur zeigt sich ein allgemeiner Trend: Je länger die Beobachtungszeit ist, umso ungünstiger bzw. höher fallen die DASH-Ergebnisse aus. Hildebrand et al. (2000) konnten in ihrer Studie mit einer Beobachtungszeit von 37 Monaten ein DASH-Ergebnis von 16 bestätigen. Souer et al. (2007) ermittelten nach 44 Monaten Beobachtungszeit in einer mit Kirschner-Drähten behandelten Gruppe ein Ergebnis von 11, Çolak et al. (2021) nach 24 Monaten einen Wert von 24,1, Dunn et al. (2018) nach 47,8 Monaten einen Wert von 15,2, Kremer et al. (2010) nach 65,5 Monaten einen Wert von 23, Israel et al. (2016) nach 96 Monaten einen Wert von 21 und Meszaros et al. (2018) nach 112 ± 60 Monaten einen Wert von 40.

4.14 Die Analyse der Schmerzsymptomatik

In der vorliegenden Studie wurden Schmerzen häufiger von Handwerkern berichtet, und zwar in 73% der Fälle, während von den Büroangestellten nur 37,5 % über Schmerzen berichteten. Kremer et al. (2010) stellten ebenfalls fest, dass Handwerker häufiger über Schmerzen in der verletzten Hand berichten. Durch die manuelle Arbeit wird das Handgelenk einem höheren Druck ausgesetzt, was schneller zu einer Arthrose und damit bzw. generell zu einer größeren Schmerzsymptomatik führen kann. Darüber hinaus äußerten sich in der vorliegenden Studie auch zwei von drei Rentnern über Handgelenkschmerzen. Die durchschnittliche Schmerzintensität in Ruhe lag bei den Patienten nach einer perilunären Luxation bei 0,4/10 und die durchschnittliche Schmerzintensität unter Belastung bei 3,3/10, während die Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur über Ruheschmerzen mit einer durchschnittlichen Intensität von 0,8/10 und Belastungsschmerzen mit einer Intensität von 3,1/10 klagten. In der Studie von Lutz et al. (2009) wurden die Schmerzen der Patienten nach einer perilunären Luxationsfraktur mit einer durchschnittlichen Intensität von 2,1/10 angegeben. Israel et al. (2016) stellten in ihrer Studie eine höhere Schmerzintensität sowohl in Ruhe (1,3/10) als auch unter Belastung (4,3/10) fest. Dabei könnte ein stärkeres Schmerzempfinden auf eine längere Nachbeobachtungszeit zurückzuführen sein, in der sich eine Handgelenksarthrose entwickelt haben könnte.

4.15 Schlussfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die Ausgangshypothese und zeigen Zusammenhänge zwischen Art der Verletzung (PL und PLF), den Operationsmethoden und den funktionellen sowie radiologischen Befunden. Im Vergleich zu Patienten nach einer PLF wurde bei Patienten nach einer PL häufiger eine Arthrose des Handgelenks festgestellt, die sich negativ auf die Griffstärke auswirkte. Patienten, die durch einen kombinierten dorsalen und palmaren Zugang operiert wurden, erzielten signifikant bessere Ergebnisse in Bezug auf Bewegungsumfang bei der Flexion und Extension im Vergleich zu denen, die nur über einen dorsalen Zugang operiert wurden. Die Annahme, dass die Anzahl der angewendeten Transfixationen mit den postoperativen Ergebnissen in Zusammenhang steht, wurde bestätigt, wobei eine höhere Anzahl an Transfixationen mit einem häufigeren Auftreten von Arthrose assoziiert war. Die vorliegende Studie unterstützte auch die Hypothese, dass die perilunäre Verletzungen durch Hochenergie-Traumata, wie etwa Sportunfälle, Verkehrsunfälle oder Stürze aus großer Höhe verursacht werden. Die Resultate dieser Studie bestätigen die Hypothese und stehen im Einklang mit der aktuellen Literatur, dass junge Erwachsene die am häufigsten betroffene Gruppe bei perilunären Verletzungen sind. Es zeigte sich zudem, dass eine PL häufiger bei älteren Patienten diagnostiziert wird als eine PLF, was mit der Hypothese übereinstimmt, dass altersbedingte ligamentäre Veränderungen die erhöhte Anfälligkeit der Bänder für Verletzungen beeinflussen können. Im Einklang mit der zuvor aufgestellten Annahme wurde in der Gruppe aller Patienten mit perilunären Verletzungen in der Nachuntersuchung ein statistisch signifikanter Funktionsverlust des Handgelenks auf der verletzten Seite im Vergleich zur Gegenseite festgestellt, sowohl in Flexion und Extension, ulnarer und radialer Abduktion, Griffstärke, als auch in der Pinchmetrie im Schlüsselgriff und im Dreipunktgriff. Darüber hinaus bestätigte sich die Hypothese, dass radiologische Veränderungen nach perilunären Verletzungen häufig im postoperativen Verlauf auftreten, einschließlich einer Zunahme des SL-Winkels und einer SL-Diastase. Entgegen der aufgestellten Hypothese wurden in unserer Studie keine Reluxationen beobachtet. Dafür wurden jedoch Artrose des Handgelenks sowie sekundäre Fehlstellungen wie eine DISI oder eine PISI beobachtet. Skapholunäre Diastasen und ulnare Translokationen waren ebenfalls relevante postoperative Befunde.

5. Zusammenfassung

Perilunäre Verletzungen (perilunäre Luxation (PL) und perilunäre Luxationsfraktur (PLF)) sind schwere Verletzungen des Handgelenks, die als Folge von Unfällen mit hoher Energieeinwirkung auftreten. Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, den Therapieerfolg bei den in der BG-Unfallklinik Tübingen behandelten Patienten zu untersuchen. Von 69 Patienten (70 Handgelenke), die für eine retrospektive Datenanalyse qualifiziert werden konnten, füllten 30 einen Selbstbewertungsbogen aus und 28 nahmen an einer körperlichen Nachuntersuchung teil. Für die retrospektive Analyse wurde die Datenbank der BG-Unfallklinik Tübingen ausgewertet. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden die Handmobilität, die Handkraft sowie mögliche neurologische Defizite evaluiert. Der Mayo-Wrist-Score wurde ebenfalls bewertet. Die Ergebnisse wurden mit den Resultaten in der aktuellen Literatur verglichen. Wie auch bei anderen Autoren stellten in unserer Studie junge erwachsene Männer die größte Patientengruppe dar. Die Patienten mit PL waren zum Zeitpunkt der Aufnahme statistisch signifikant älter (48 Jahre (IQR 23,75) als die Patienten mit PLF (27 Jahre (IQR 16), $p < 0,001$, Mann-Whitney-U-Test). Die degenerativen Veränderungen im Bandapparat könnten der Grund für die höhere Anfälligkeit älterer Patienten für PL sein. Patienten, die über einen kombinierten dorsalen und palmararen Zugang operiert wurden, verfügten bei der Nachuntersuchung über einen größeren Bewegungsumfang bei der Flexion und Extension (70 % (IQR 23)) als Patienten, die nur über einen dorsalen Zugang operiert wurden (52 % (IQR 31) der Gegenseite, $p = 0,003$, Mann-Whitney-U-Test). Dies könnte damit zusammenhängen, dass der zusätzliche palmare Zugang die Inspektion und Rekonstruktion der beschädigten Bänder ermöglicht. Im Vergleich mit den radiologischen Ergebnissen nach der Reposition ergab sich bei der letzten radiologischen Nachuntersuchung (Medianzeit des Follow-ups 19,7 Monate (IQR 34)) unter den Patienten nach perilunären Verletzungen eine statistisch signifikante Vergrößerung des SL-Winkels ($p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und eine Verlängerung des SL-Abstands ($p = 0,015$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Trotzdem wurden die Ergebnisse der Reposition als gut bewertet und eine Reluxation wurde nicht beobachtet. Bei der Herzberg-Klassifikation der radiologischen Ergebnisse bei der Nachuntersuchung (30 Monate (IQR 44,75)) lag der Anteil der befriedigenden Ergebnisse (A und C) bei 37,3 % und der unbefriedigenden Ergebnisse (A1, B, B1, C1) bei 62,7 %.

Die ulnare Translokation der Handwurzel trat bei 23 % der Patienten auf, eine DISI-Fehlstellung bei 16 % der Patienten und eine statische SL-Dissoziation bei 14 % der Patienten, was die Hypothese stützt, dass im postoperativen Verlauf radiologische Veränderungen auftreten. Nach einer medianen Beobachtungszeit von 32,5 Monaten entwickelten 49 % der Patienten eine Arthrose des Handgelenks. Die Arthrose entwickelte sich dabei häufiger bei älteren (48 Jahre (IQR 18,25)) als bei jüngeren Patienten (27 Jahre (IQR 15,5), $p = 0,001$, Mann-Whitney-U-Test) und auch häufiger nach PL im Vergleich mit PLF ($p = 0,003$, Chi-Quadrat). Diese Beobachtung könnte durch den Fakt beeinflusst werden, dass in der älteren Population Arthrose häufiger auftritt. Bei 57 % der Fälle befand sich die Arthrose im Gelenkspalt zwischen Os lunatum und Os capitatum, was mit einer Schädigung der Gelenkfläche zum Zeitpunkt der Verletzung zusammenhängen könnte. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich bei Patienten nach perilunären Verletzungen eine Funktionsverlust des Handgelenks auf der betroffenen Seite im Vergleich zur Gegenseite, sowohl in Flexion und Extension, ulnarer und radialer Abduktion, Griffstärke (jeweils $p < 0,001$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) als auch in der Pinchmetrie im Schlüsselgriff ($p = 0,022$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test) und im Dreipunktgriff ($p = 0,017$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test). Die Arthrose des Handgelenks hatte einen negativen Einfluss auf die Griffstärke ($p = 0,004$, Mann-Whitney-U-Test). Die mediane Zeit von der Operation bis zur Ausfüllung des DASH-Fragebogens lag bei 73,1 Monaten (IQR 95). Die Ergebnisse des DASH-Fragebogens korrelierten in der vorliegenden Studie mäßig negativ mit den Ergebnissen des Mayo-Wrist-Scores ($p = 0,003$, Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,547$, Spearman's Rho). Unter allen Patienten mit perilunären Verletzungen betrug der Mayo-Wrist-Score 70 (IQR 15) im Median, was qualitativ einem mäßigen Ergebnis entsprach. Der DASH-Score betrug in dieser Gruppe im Median 11,3 (IQR 21,2). Wegen der Heterogenität der Verletzung und der Vielfalt der Operationstechniken sind weitere Studien mit längeren Nachbeobachtungszeiten und größeren Patientenkollektiven erforderlich, um die langfristigen Behandlungsergebnisse sowie die Operationsmethoden zu analysieren. Diese Studie bestätigte, dass perilunäre Verletzungen erhebliche funktionelle und radiologische Folgen haben. Die Art der Verletzung (PL oder PLF), die Anzahl der verwendeten K-Drähte sowie der angewendete operative Zugang standen in Zusammenhang mit den Behandlungsergebnissen. Trotz chirurgischer Therapie wurde die Funktion des Handgelenks bei der Nachuntersuchung als mäßig bewertet.

6. Literaturverzeichnis

- Adkison JW, Chapman MW. (1982) Treatment of acute lunate and perilunate dislocations. *Clin Orthop Relat Res.* 164: 199-207.
- Berger RA. (1996) The anatomy and basic biomechanics of the wrist joint. *J Hand Ther.* 9(2): 84-93. doi: 10.1016/s0894-1130(96)80066-4.
- Berger RA. (1997) The ligaments of the wrist. A current overview of anatomy with considerations of their potential functions. *Hand Clin.* 13(1): 63-82.
- Berger RA, Imeada T, Berglund L, An KN. (1999) Constraint and material properties of the subregions of the scapholunate interosseous ligament. *J Hand Surg Am.* 24(5):953-62. doi: 10.1053/jhsu.1999.0953.
- Berschback JC, Kalainov DM, Husain SN, Wiedrich TA, Cohen MS, Nagle DJ. (2012) Traumatic ulnar translocation of the carpus: early recognition and treatment. *J Hand Surg Eur Vol.* 37(8): 755-64. doi: 10.1177/1753193412436626.
- Blazar PE, Murray P. (2001) Treatment of perilunate dislocations by combined dorsal and palmar approaches. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 5(1): 2-7. doi: 10.1097/00130911-200103000-00002.
- Bouman HW, Messer E, Sennwald G. (1994) Measurement of ulnar translation and carpal height. *J Hand Surg Br.* 19(3): 325-9. doi: 10.1016/0266-7681(94)90081-7.
- Braun NS, Berger RA, Wolfe SW. (2021) Defining DISI and VISI. *J Hand Surg Eur Vol.* 46(5): 566-568. doi: 10.1177/1753193421989933.
- Budoff JE. (2008) Treatment of acute lunate and perilunate dislocations. *J Hand Surg Am.* 33(8): 1424-32. doi: 10.1016/j.jhsa.2008.07.016.
- Capo JT, Corti SJ, Shamian B, Nourbakhsh A, Tan V, Kaushal N, Debkowska M. (2012) Treatment of dorsal perilunate dislocations and fracture-dislocations using a standardized protocol. *Hand (N Y).* 7(4): 380-7. doi: 10.1007/s11552-012-9452-y.
- Çolak I, Bekler HI, Bulut G, Eceviz E, Gülabi D, Çeçen GS. (2018) Lack of experience is a significant factor in the missed diagnosis of perilunate fracture dislocation or isolated dislocation. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 52(1): 32-36. doi: 10.1016/j.aott.2017.04.002.
- Çolak İ, Bulut G, Bekler Hİ, Çeçen GS, Gülabi D. (2021) Mid-term clinical and radiographic outcomes of perilunate injuries treated with open reduction and internal fixation. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 55(1): 57-61. doi: 10.5152/j.aott.2021.19246.
- Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL. (1987) Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop Relat Res.* 214: 136-47.
- Dunn JC, Koehler LR, Kusnezov NA, Polfer E, Orr JD, Pirela-Cruz MA, Mitchell JS. (2018) Perilunate Dislocations and Perilunate Fracture Dislocations in the U.S. Military. *J Wrist Surg.* 7(1):57-65. doi: 10.1055/s-0037-1603932.
- Forli A, Courvoisier A, Wimsey S, Corcella D, Moutet F. (2010) Perilunate dislocations and transscaphoid perilunate fracture-dislocations: a retrospective study with minimum ten-year follow-up. *J Hand Surg Am.* 35(1):62-8. doi: 10.1016/j.jhsa.2009.09.003.
- Garcia-Elias M, Irisarri C, Henriquez A, Abanco J, Fores J, Lluch A, Gilabert A. (1986) Perilunar dislocation of the carpus. A diagnosis still often missed. *Ann Chir Main.* 5(4): 281-7. doi: 10.1016/s0753-9053(86)80003-5.
- Garçon C, Degeorge B, Coulet B, Lazerges C, Chammas M. (2022) Perilunate

- dislocation and fracture dislocation of the wrist: Outcomes and long-term prognostic factors. *Orthop Traumatol Surg Res.* 108(5): 103332. doi: 10.1016/j.otsr.2022.103332.
- Garg B, Batra S. (2020) Chronic trans-scaphoid perilunate dislocation: Current management protocol. *J Clin Orthop Trauma.* 11(4): 523-528. doi: 10.1016/j.jcot.2020.05.006.
- Gelberman RH, Bauman TD, Menon J, Akeson WH. (1980) The vascularity of the lunate bone and Kienböck's disease. *J Hand Surg Am.* 5(3): 272-8. doi: 10.1016/s0363-5023(80)80013-x.
- Gelberman RH, Panagis JS, Taleisnik J, Baumgaertner M. (1983) The arterial anatomy of the human carpus. Part I: The extraosseous vascularity. *J Hand Surg Am.* 8(4): 367-75. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80194-4.
- Germann G, Wind G, Harth A. (1999) Der DASH-Fragebogen-Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 31(3): 149-52. doi: 10.1055/s-1999-13902.
- Gilula LA, Weeks PM. (1978) Post-traumatic ligamentous instabilities of the wrist. *Radiology.* 129(3): 641-51. doi: 10.1148/129.3.641.
- Gilula, Louis A. MD; Mann, Frederick A. MD; Dobyns, James H. MD; Yin, Yuming MD. (2002) International Wrist Investigators' Workshop Terminology Committee. Wrist: terminology and definitions. *J Bone Joint Surg Am.* 84-A Suppl 1:1-73. PMID: 12148498.
- Green DP, O'Brien ET. (1978) Open reduction of carpal dislocations: indications and operative techniques. *J Hand Surg Am.* 3(3): 250-65. doi: 10.1016/s0363-5023(78)80089-6. PMID: 350947.
- Herzberg G, Comtet JJ, Linscheid RL, Amadio PC, Cooney WP, Stalder J. (1993) Perilunate dislocations and fracture-dislocations: a multicenter study. *J Hand Surg Am.* 18(5): 768-79. doi: 10.1016/0363-5023(93)90041-Z.
- Herzberg G, Forissier D. (2002) Acute dorsal trans-scaphoid perilunate fracture-dislocations: medium-term results. *J Hand Surg Br.* 27(6):498-502. doi: 10.1054/jhsb.2002.0774.
- Herzberg G. (2000) Acute Dorsal Trans-scaphoid Perilunate Dislocations: Open Reduction and Internal Fixation. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 4(1): 2-13. doi: 10.1097/00130911-200003000-00002.
- Hildebrand KA, Ross DC, Patterson SD, Roth JH, MacDermid JC, King GJ. (2000) Dorsal perilunate dislocations and fracture-dislocations: questionnaire, clinical, and radiographic evaluation. *J Hand Surg Am.* 25(6): 1069-79. doi: 10.1053/jhsu.2000.17868.
- Hirt B, Seyhan H, Wagner M, Zumhasch R. (2016) *Hand and Wrist Anatomy and Biomechanics.* ed. 1st Edition. Stuttgart: Thieme. 20-21 doi: 10.1055/b-004-135650
- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. (1996) Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med.* 29(6): 602-8. doi: 10.1002/(SICI)1097-0274(199606)29:6<602:AID-AJIM4>3.0.CO;2-L.
- Inoue G, Imaeda T. (1997) Management of trans-scaphoid perilunate dislocations. Herbert screw fixation, ligamentous repair and early wrist mobilization. *Arch Orthop Trauma* 116(6-7): 338-40. doi: 10.1007/BF00433985.

- Inoue G, Kuwahata Y. (1997) Management of acute perilunate dislocations without fracture of the scaphoid. *J Hand Surg Br.* 22(5): 647-52. doi: 10.1016/s0266-7681(97)80366-x.
- Israel D, Delclaux S, André A, Apredoaei C, Rongièrès M, Bonneville P, Mansat P. (2016) Peri-lunate dislocation and fracture-dislocation of the wrist: Retrospective evaluation of 65 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 102(3): 351-5. doi: 10.1016/j.otsr.2016.01.004.
- Johnson RP. (1980) The acutely injured wrist and its residuals. *Clin Orthop Relat Res.* (149): 33-44. PMID: 7408318.
- Kellgren JH, Lawrence JS. (1957) Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis.* 16(4): 494-502. doi: 10.1136/ard.16.4.494.
- Kijima Y, Viegas SF. (2009) Wrist anatomy and biomechanics. *J Hand Surg Am.* 34(8): 1555-63. doi: 10.1016/j.jhsa.2009.07.019.
- Koo OT, Tan DM, Chong AK. (2013) Distal radius fractures: an epidemiological review. *Orthop Surg.* 5(3): 209-13. doi: 10.1111/os.12045.
- Kremer T, Wendt M, Riedel K, Sauerbier M, Germann G, Bickert B. (2010) Open reduction for perilunate injuries--clinical outcome and patient satisfaction. *J Hand Surg Am.* 35(10):1599-606. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.06.021.
- Krief E, Appy-Fedida B, Rotari V, David E, Mertl P, Maes-Clavier C. (2015) Results of Perilunate Dislocations and Perilunate Fracture Dislocations With a Minimum 15-Year Follow-Up. *J Hand Surg Am.* 40(11): 2191-7. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.07.016
- Larsen CF, Mathiesen FK, Lindequist S. (1991) Measurements of carpal bone angles on lateral wrist radiographs. *J Hand Surg Am.* 16(5): 888-93. doi: 10.1016/s0363-5023(10)80156-x.
- Lebot G, Amouyel T, Hardy A, Chantelot C, Saab M. (2021) Perilunate fracture-dislocations: Clinical and functional outcomes at a mean follow-up of 3.3 years. *Orthop Traumatol Surg Res.* 107(5):102973. doi: 10.1016/j.otsr.2021.102973.
- Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS. (1972) Traumatic instability of the wrist. Diagnosis, classification, and pathomechanics. *J Bone Joint Surg Am.* 54(8): 1612-32. PMID: 4653642.
- Lutz M, Arora R, Kammerlander C, Gabl M, Pechlaner S. (2009) Die Versorgung von perilunären Luxationen und Luxationsfrakturen über einen kombinierten palmar- und dorsalen Zugang. *Oper Orthop Traumatol.* 21(4-5): 442-58. doi: 10.1007/s00064-009-1906-1.
- MacDermid JC, Kramer JF, Roth JH. (1994) Decision making in detecting abnormal Semmes-Weinstein monofilament thresholds in carpal tunnel syndrome. *J Hand Ther.* 7(3): 158-62. doi: 10.1016/s0894-1130(12)80057-3.
- Malović M, Pavić R, Milosević M. (2011) Treatment of trans-scaphoid perilunate dislocations using a volar approach with scaphoid osteosynthesis and temporary Kirschner wire fixation. *Mil Med.* 176(9): 1077-82. doi: 10.7205/milmed-d-10-00419.
- Massoud AH, Naam NH. (2012) Functional outcome of open reduction of chronic perilunate injuries. *J Hand Surg Am.* 37(9): 1852-60. doi: 10.1016/j.jhsa.2012.06.009.
- Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. (1984) Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* 9(2): 222-6. doi: 10.1016/s0363-5023(84)80146-x.

- Mayfield JK, Johnson RP, Kilcoyne RK. (1980) Carpal dislocations: pathomechanics and progressive perilunar instability. *J Hand Surg Am.* 5(3): 226-41. doi: 10.1016/s0363-5023(80)80007-4.
- Mayfield JK. (1980) Mechanism of carpal injuries. *Clin Orthop Relat Res.* (149): 45-54. PMID: 7408319.
- Meszaros T, Vögelin E, Mathys L, Leclère FM. (2018) Perilunate fracture-dislocations: clinical and radiological results of 21 cases. *Arch Orthop Trauma Surg.* 138(2): 287-297. doi: 10.1007/s00402-017-2861-1.
- Minami A, Kaneda K. (1993) Repair and/or reconstruction of scapholunate interosseous ligament in lunate and perilunate dislocations. *J Hand Surg Am.* 18(6): 1099-106. doi: 10.1016/0363-5023(93)90410-5.
- Mühldorfer-Fodor M, Hohendorff B, Saalabian AA, Hahne M, van Schoonhoven J, Prommersberger KJ. (2014) Neuropathie des N. medianus nach perilunären Luxationsverletzungen. 46(3): 163-8. doi: 10.1055/s-0034-1370959.
- Muppavarapu RC, Capo JT. (2015) Perilunate Dislocations and Fracture Dislocations. *Hand Clin.* Aug;31(3):399-408. doi: 10.1016/j.hcl.2015.04.002.
- Naik AA, Hinds RM, Paksima N, Capo JT. (2016) Risk of Injury to the Dorsal Sensory Branch of the Ulnar Nerve With Percutaneous Pinning of Ulnar-Sided Structures. *J Hand Surg Am.* Jul;41(7):e159-63. doi: 10.1016/j.jhsa.2016.04.008.
- Najarian R, Nourbakhsh A, Capo J, Tan V. (2011) Perilunate injuries. *Hand (N Y).* Mar;6(1):1-7. doi: 10.1007/s11552-010-9293-5.
- Nakamura K, Beppu M, Patterson RM, Hanson CA, Hume PJ, Viegas SF. (2000) Motion analysis in two dimensions of radial-ulnar deviation of type I versus type II lunates. *J Hand Surg Am.* 25(5): 877-88. doi: 10.1053/jhsu.2000.9411.
- Niazi TB. (1996) Volar perilunate dislocation of the carpus: a case report and elucidation of its mechanism of occurrence. *Injury.* 27(3): 209-11. doi: 10.1016/0020-1383(95)00185-9.
- Özyürekoglu T, Acar MA. (2021) Treatment of acute perilunate dislocation or fracture dislocation using dorsal approach and diamond-shaped Kirschner-wire fixation. *Jt Dis Relat Surg.* 32(1): 42-50. doi: 10.5606/ehc.2021.74838.
- Panagis JS, Gelberman RH, Taleisnik J, Baumgaertner M. (1983) The arterial anatomy of the human carpus. Part II: The intraosseous vascularity. *J Hand Surg Am.* 8(4): 375-82. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80195-6.
- Peh WC, Gilula LA. (1996) Normal disruption of carpal arcs. *J Hand Surg Am.* 21(4): 561-6. doi: 10.1016/S0363-5023(96)80004-9.
- Pirela-Cruz MA, Firoozbakhsh K, Moneim MS. (1993) Ulnar translation of the carpus in rheumatoid arthritis: an analysis of five determination methods. *J Hand Surg Am.* 18(2): 299-306. doi: 10.1016/0363-5023(93)90365-A.
- Rachunek-Medved K, Medved F, Besz W, Illg C, Lauer H, Krauß S, Daigeler A, Thiel JT. (2025) Do perilunate dislocations and fracture-dislocations result in different radiological outcomes following wrist alignment reconstruction? A single-center retrospective study including 51 patients with perilunate injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* Jan 3;145(1):106. doi: 10.1007/s00402-024-05744-1.
- Rayhack JM, Linscheid RL, Dobyns JH, Smith JH. (1987) Posttraumatic ulnar translation of the carpus. *J Hand Surg Am.* 12(2): 180-9. doi: 10.1016/s0363-5023(87)80268-x.
- Ritt MJ, Bishop AT, Berger RA, Linscheid RL, Berglund LJ, An KN. (1998)

- Lunotriquetral ligament properties: a comparison of three anatomic subregions. *J Hand Surg Am.* 23(3):425-31. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80460-5.
- Rubin G, Eliyahu A, Grinbaum E, Rozen N. (2021) Perilunate Dislocation Above the Age of 65 Years: Case Series and Review of Literature. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* Aug 18;12:21514593211036230.
- Sarraffian SK, Melamed JL, Goshgarian GM. (1977) Study of wrist motion in flexion and extension. *Clin Orthop Relat Res.* (126):153-9. PMID: 598105.
- Savvidou OD, Beltsios M, Sakellariou VI, Papagelopoulos PJ. (2015) Perilunate dislocations treated with external fixation and percutaneous pinning. *J Wrist Surg.* 4(2): 76-80. doi: 10.1055/s-0035-1550159.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U. (2007) Prometheus LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 320-322. Georg Thieme Verlag. 2th ed. Stuttgart.
- Song D, Goodman S, Gilula LA, Wollstein R. (2009) Ulnocarpal translation in perilunate dislocations. *J Hand Surg Eur Vol.* 34(3): 388-90. doi: 10.1177/1753193409103093.
- Sotereanos DG, Mitsionis GJ, Giannakopoulos PN, Tomaino MM, Herndon JH. (1997) Perilunate dislocation and fracture dislocation: a critical analysis of the volar-dorsal approach. *J Hand Surg Am.* 22(1): 49-56. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80179-0.
- Souer JS, Rutgers M, Andermahr J, Jupiter JB, Ring D. (2007) Perilunate fracture-dislocations of the wrist: comparison of temporary screw versus K-wire fixation. *J Hand Surg Am.* 32(3): 318-25. doi: 10.1016/j.jhsa.2007.01.008.
- Stevenson M, Levis JT. (2019) Image Diagnosis: Scapholunate Dissociation. *Perm J.*;23:18-237. doi: 10.7812/TPP/18-237.
- Su CJ, Chang MC, Liu Y, Lo WH. (1996) Lunate and perilunate dislocation. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei).* 58(5): 348-54. PMID: 9037851.
- Taleisnik J. (1988) Current concepts review. Carpal instability. *J Bone Joint Surg Am.* 70(8): 1262-8. PMID: 3047133.
- Taleisnik J. (1976) The ligaments of the wrist. *J Hand Surg Am.* 1(2): 110-8. doi: 10.1016/s0363-5023(76)80004-4.
- Tanure AA, de Andrade FR, Rezende LGRA, Cagnolati AF, Mandarano-Filho LG, Mazzer N. (2021) Diagnostic Failure Rate in Detecting Perilunate Carpal Fractures and Dislocations Using Plain Wrist X-Rays. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 56(3): 340-345. doi: 10.1055/s-0040-1714227.
- Torabi M, Lenchik L, Beaman FD, Wessell DE, Bussell JK, Cassidy RC, Czuczman GJ, Demertzis JL, Khurana B, Klitzke A, Motamedi K, Pierce JL, Sharma A, Walker EA, Kransdorf MJ. (2019) ACR Appropriateness Criteria® Acute Hand and Wrist Trauma. *J Am Coll Radiol.* May;16(5S):S7-S17. doi: 10.1016/j.jacr.2019.02.029.
- Trail IA, Murali R, Stanley JK, Hayton MJ, Talwalkar S, Sreekumar R, Birch A. (2015) The long-term outcome of four-corner fusion. *J Wrist Surg.* 4(2): 128-33. doi: 10.1055/s-0035-1549277.
- Vender MI, Watson HK, Wiener BD, Black DM. (1987) Degenerative change in symptomatic scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 12(4): 514-9. doi: 10.1016/s0363-5023(87)80198-3.
- Viegas SF, Bean JW, Schram RA. (1987) Transscaphoid fracture/dislocations treated with open reduction and Herbert screw internal fixation. *J Hand Surg Am.* Nov;12(6):992-9. doi: 10.1016/s0363-5023(87)80096-5.

- Viegas SF, Wagner K, Patterson R, Peterson P. (1990) Medial (hamate) facet of the lunate. *J Hand Surg Am.* 15(4): 564-71. doi: 10.1016/s0363-5023(09)90016-8.
- Walsh JJ, Berger RA, Cooney WP. (2002) Current status of scapholunate interosseous ligament injuries. *J Am Acad Orthop Surg.* Jan-Feb;10(1):32-42. doi: 10.5435/00124635-200201000-00006
- Watson HK, Ballet FL. (1984) The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg Am.* 9(3): 358-65. doi: 10.1016/s0363-5023(84)80223-3.
- Wilhelm A. (2001) Denervation of the wrist. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 5(1): 14-30. doi: 10.1097/00130911-200103000-00004.
- Wright TW, Del Charco M, Wheeler D. (1994) Incidence of ligament lesions and associated degenerative changes in the elderly wrist. *J Hand Surg Am.* 19(2):313-8. doi: 10.1016/0363-5023(94)90026-4.

7. Erklärung zum Eigenteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Hand-, Plastische-, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen unter Betreuung von Univ.-Prof. Dr. med. Adrien Daigeler, PD Dr. med. Fabian Medved, Dr. med. Johannes Tobias Thiel und Dr. med. Katarzyna Rachunek-Medved durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. med. Johannes Tobias Thiel und Dr. med. Katarzyna Rachunek-Medved.

Die Studie wurde von mir mit Unterstützung durch Dr. med. Johannes Tobias Thiel und Dr. med. Katarzyna Rachunek-Medved durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Biometrie durch mich.

Die Grammatik, Punktation und Rechtschreibung wurden kostenpflichtig vom Wissenschaftslektorat Kelly GmbH korrigiert.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen,

07.11.2025

8. Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Dissertationsschrift wurden bereits in den folgenden Publikation veröffentlicht:

Rachunek-Medved K, Medved F, Besz W, Illg C, Lauer H, Krauß S, Daigeler A, Thiel JT. - Do perilunate dislocations and fracture-dislocations result in different radiological outcomes following wrist alignment reconstruction? A single-center retrospective study including 51 patients with perilunate injuries. - Arch Orthop Trauma Surg. - 2025 Jan 3; - 145(1):106. doi: 10.1007/s00402-024-05744-1.