

CHIRURGISCHE ALLGEMEINE

ZEITUNG FÜR KLINIK UND PRAXIS

Elektronischer Sonderdruck
für Dr. med. (B) Jörg Bahm

Das schmerzhafte Handgelenk

CHAZ (2021) 22: 249–257
© Kaden Verlag, Mannheim

Diese PDF-Datei darf nur für nichtkommerzielle Zwecke
verwendet werden und nicht in privaten, sozialen und
wissenschaftlichen Plattformen eingestellt werden.

www.chirurgische-allgemeine.de



Jörg Bahm¹, Benjamin Bohn¹, Alexander Deilmann², Justus P. Beier²

Das schmerzhafte Handgelenk

Diagnose und Therapiemöglichkeiten von Unfallfolgen

Handgelenksschmerzen sind ein häufiges Leitsymptom in der allgemeinmedizinischen, orthopädischen und handchirurgischen Sprechstunde. Die Ursachen sind meist Traumata mit Knochenverletzungen am distalen Radius und Skaphoid sowie insbesondere Bandschäden am Handgelenk, die häufig als harmlose „Verstauchung“ verkannt werden. Dadurch werden zahlreiche Patienten erst mit arthrotischen Spätfolgen vorgestellt. Chirurgische Optionen können heute differenziert indiziert werden, operative Maßnahmen durch technische Verfeinerung und neue Materialien verbessert und durch die diagnostische und therapeutische Arthroskopie bereichert werden.

Der vorliegende Beitrag fasst Ätiologie und Pathophysiologie chronischer posttraumatischer Handgelenksschmerzen zusammen und listet aktuelle diagnostische und therapeutische Strategien auf.

Schmerzen, Schwellung und Bewegungseinschränkung am Handgelenk sind ein häufiges Leitsymptom in einer handchirurgischen Sprechstunde. Schließt man einige gängige und einfach abzuklärende Krankheitsbilder aus (Ganglien, Verschleiß am Daumensattelgelenk, Begleiterscheinungen einer chronischen Polyarthritits mit Manifestationen an Hand- und Fingergelenken), so verbleibt eine große Patientengruppe mit einem deutlichen Leidensdruck, die einer weiteren diagnostischen Abklärung bedarf und zu konservativen und/oder operativen Behandlungsmaßnahmen beraten werden möchte. Hinzu kommen berufliche und sportliche Aktivitäten, die nicht nur Verletzungsursache sein können, sondern eine möglichst gute und langfristige funktionelle Wiederherstellung und Schmerzlinderung erfordern.

Die anatomisch komplexe Binnenstruktur des Handgelenkes mit vielen intrinsischen und extrinsischen, dorsalen und volaren Bändern ist mittlerweile gut erforscht und kann daher insbesondere mit Hilfe neuer Materialien (Knochenanker, synthetische Bandersatzmaterialien) operativ gut rekonstruiert werden. Versteifungsoperationen (Teil- und Panarthrodese) galten lange Zeit als „Goldstandard“ und werden nun zunehmend als „Rettungsoperationen“ (salvage procedures) als letzte Stufe der operativen Maßnahmen eingesetzt. Auch die Endoprothetik beschäftigt sich seit langem mit dem

Handgelenk, wobei ihr Stellenwert – sei es als Interponat zum Karpalknochenersatz oder letztlich als vollständige Handgelenks-Endoprothese – noch nicht abschließend bewertet werden kann.

Die vorliegende Übersicht soll allen, auch nicht-handchirurgisch tätigen Kollegen einen Einstieg in die weit verbreitete Problematik der Handgelenksverletzungen (und -erkrankungen) geben, den aktuellen Wissensstand basierend auf einer selektiven Literaturrecherche und unserer eigenen klinischen Erfahrung wiedergeben, kritisch beleuchten und auf die speziellen operativen Verfahren mit Indikation, Technik und Ergebnissen detailliert eingehen.

Durch die Verletzung knöcherner und/oder ligamentärer Strukturen verliert das Handgelenk häufig an Stabilität

Anatomie, Biomechanik, Pathophysiologie: Es gibt im Handgelenk eine Vielzahl extrinsischer und intrinsischer Bandstrukturen, die sowohl in der anatomischen Präparation und arthroskopischen Chirurgie, als auch in ihrer biomechanischen Bedeutung, gut beschrieben sind [1]. Für ein allgemeines Verständnis der wesentlichen, hier beschriebenen Krankheitsbilder reicht die Grundkenntnis der volaren und dorsalen Bandkomplexe sowie der intrinsischen Bänder zwischen Skaphoid und Lunatum (skapholunäres Band = SL-Band) und Lunatum und Triquetrum (luno-triquetrales Band = LT-Band).

Biomechanisch wird das zweireihige Handgelenk (proximale und distale Karpusreihe) durch mehrere Theorien erklärt, wobei sich für unsere klinische

¹ Sektion für Plexuschirurgie (Leiter: Dr. med. (B) Jörg Bahm), Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und Verbrennungschirurgie, Universitätsklinik RWTH Aachen; ² Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und Verbrennungschirurgie (Direktor: Prof. Dr. med. Justus P. Beier), Universitätsklinik RWTH Aachen

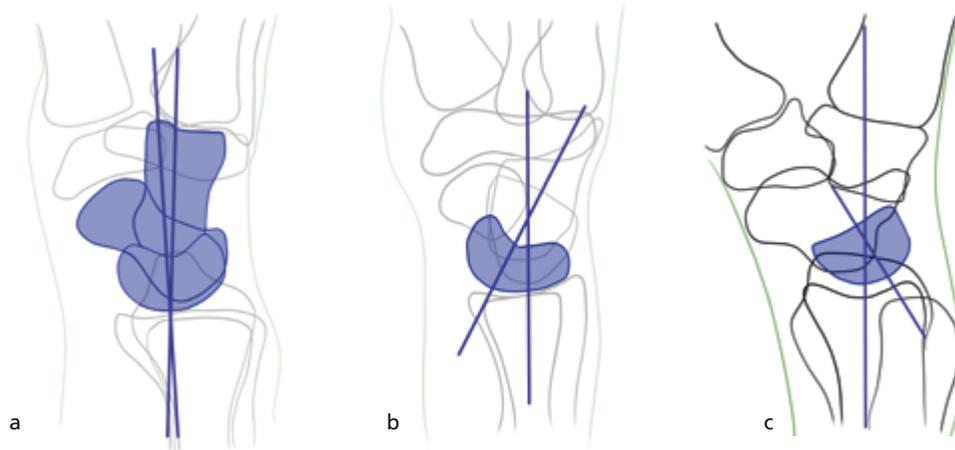


Abbildung 1 a–c Position des Mondbeins bei DISI und VISI. a) Normalbefund bei radioulnärem (RL-) Winkel -15° bis $+15^\circ$, b) DISI-Position, RL-Winkel $> +15^\circ$, c) VISI-Position, RL-Winkel $< -15^\circ$

Betrachtung zuerst das Säulenkonzept von Navarro (1935) anbietet, das eine grobe Einteilung in radial, zentral und ulnar erlaubt (→ Tabelle 1). Daneben gibt es das von Lichtman beschriebene Ringkonzept, das unser Verständnis der Luxationsfrakturen und der sogenannten mediokarpalen Instabilität geprägt hat [2, 3] sowie das von Taleisnik beschriebene Reihen-Säulen-Modell [4].

Die durch Bandrupturen erzeugte Verkippung des Lunatums nach dorsal (DISI: dorsal intercalated segment instability) oder nach ventral (VISI: ventral intercalated segment instability) ist in → Abbildung 1 dargestellt, so wie sie auf einem seitlichen Röntgenbild sichtbar wird.

Die Ulna kann mit ihrem Köpfchen im Handgelenk den distalen Radius überragen (Ulna-plus-Variante → Abb. 2a) oder zurückbleiben (Ulna-minus-Variante → Abb. 2b); meist ist sie niveaugleich, wobei die Gelenkfläche des distalen Radius durch das Meniskusäquivalent (genannt TFCC = triangular fibro-cartilaginous complex oder Discus ulnocarpalis) bündig fortgesetzt wird. Die Varianz muss im Röntgen a.-p. genau gemessen [5], in der Normalbevölkerung alters- und geschlechtsabhängig beurteilt [6, 7] sowie in ihrer Assoziation zu spezifischen Krankheitsbildern (s. unten: ulnar impingement, Lunatumnekrose) kritisch bewertet werden.

Durch die Verletzung knöcherner und/oder ligamentärer Strukturen verliert das Handgelenk häufig an Stabilität, es entstehen Instabilitäten unterschiedlicher Ausprägung, die auf verschiedene Arten klassifiziert werden können, zum Beispiel in Anlehnung an Larsen 1995 [8] nach den Kriterien frische vs. ältere Verletzung, nach der Ursache, dem Muster, oder der statischen oder nur bei Bewegung erkennbaren „dynamischen“ Instabilität (→ Tabelle 2).

Auf die typischen Veränderungen des Handgelenks bei Systemerkrankungen wie der rheumatoiden Arthritis gehen wir in dieser Arbeit nicht ein, zumal es sich hier um ein spezialisiertes Teilgebiet der Rheuma-Handchirurgie handelt.

Eine umfassende Anamnese und klinische Untersuchung sind unerlässlich, wichtig ist auch die Überprüfung der gesunden Seite

Klinik: Die Leitsymptome sind meist in variabler Kombination der Schmerz (belastungsabhängig und/oder in Ruhe) und ein Kraftverlust; begleitend kommen Schwellung sowie Bewegungseinschränkung hinzu. Hieraus resultiert der individuelle Leidensdruck, der zuerst zur Einnahme von Analgetika und Antiphlogistika sowie Ruhigstellung in einer Orthese und der Anwendung von Physiotherapie führt, und in therapieresistenten Fällen den Weg zum Handchirurgen ebnet. Jede Neuvorstellung erfordert eine umfassende Anamnese (Händigkeit, berufliche Belastung, Freizeitbetätigung, sowie vorangegangene Unfälle und Operationen) und die klinische

Tabelle 1 Übersicht der gängigen Pathologien.

Radial:	Rhizarthrose, Skaphoid (Fraktur, Pseudarthrose, SNAC)
Zentral:	SL-Ruptur, Kienböck, Ganglien
Ulnar:	TFCC, Styloid, DRUG



Abbildung 2 a, b Ulnavariante plus und minus.

Untersuchung. Der Schmerz sollte in seinem Ursprung lokalisiert werden: Radialer oder ulnarer Karpus, weiter proximal in Höhe des distalen Radius oder des distalen Radioulnargelenkes. Wichtig sind die Bestimmung des aktiven und passiven Bewegungsausmaßes in Flexion/Extension, Radial- und Ulnardeviation sowie bei der Pro-/Supination. Außerdem sollte man sich einen Eindruck von der Grobkraft („grip“), entweder durch Händedruck oder durch ein Dynamometer machen, sowie vom Spitzgriff und seiner Kraft („pinch“).

Einige klinische Tests (Watson-Zeichen, Schubladentest) erlauben die Prüfung des skapholunären und lunotriquetralen (interossären) Bandes – die beiden am häufigsten verletzten bzw. biomechanisch bedeutsamsten Bandstrukturen des Karpus. Ulnarseitig kann durch die Kompression des Ulnaköpfchens eine Schmerzhaftigkeit des TFCC und seiner umgebenden Bänder getestet werden. Dabei wird anhand der Messung der aktiven und passiven Pro-/Supination sowie der Suche nach lokalen Schmerzen auch das distale Radioulnargelenk (DRUG) evaluiert.

Wichtig ist, sowohl bei der Klinik als auch Bildgebung von Bandstrukturen, die Überprüfung der gesunden (asymptomatischen) Gegenseite, da anlagebedingte Bandlockerungen oder Normvarianten am Knochen häufig beidseits auftreten und demnach Therapieentscheidungen erheblich verändern können. Als Ergänzung zur klinischen Prüfung ist eine Bildgebung unerlässlich.

Eine gute Übersicht der Karpalknochen erhält man durch eine Standard-Röntgenaufnahme in zwei Ebenen unter Hinzunahme von „Stressaufnahmen“

Bildgebung: In der Regel ist eine initiale Bildgebung mittels konventioneller Röntgenaufnahmen der erste weiterführend diagnostische Schritt (→ Tabelle 3). Eine gute Übersicht der Karpalknochen erhält man durch eine Standard-Röntgenaufnahme in zwei Ebenen (a.-p. und seitlich), unter Hinzunahme von „Stressaufnahmen“: a.-p. mit Faustschluss – beispielsweise als sogenannte Ballaufnahme – zeigt den physiologischen Ulnavorschub; a.-p. mit Radial- und Ulnardeviation – zeigt die physiologische oder pathologische Stellung der Knochen der ersten proximalen Karpusreihe unter Stress und erlaubt Rückschlüsse über wesentliche Verletzungen der SL- und LT-Bänder. Eine Vergleichsaufnahme der asymptomatischen Gegenseite ist bei vermuteter konstitutioneller Bandschwäche bei jungen Patienten hilfreich.

Mit diesen einfachen Aufnahmetechniken gelingt bereits die Bestimmung und Stadieneinteilung bei Gefügestörungen mit fortschreitendem Karpalkollaps (d.h. der Verminderung der Karpushöhe) als Folge einer früheren SL-Bandverletzung (SLAC: scapholunate advanced collapse), einer fehlverheilten Kahnbeinfraktur (SNAC: scaphoid nonunion advanced collapse) oder selten einer Chondrokalzinose (SCAC, scaphoid chondrocalcinosis advanced collapse) (→ Abb. 3a–c).

Tabelle 2 Instabilitäten am Handgelenk (modif. u. a. nach Larsen 1995 [8]).

- ⊗ frisch vs. alt: akut (<1 Woche), subakut (1–6 Wochen), chronisch (>6 Wochen)
- ⊗ dynamisch vs. statisch: prä-dynamisch, dynamisch, statisch reponierbar, statisch nicht reponierbar
- ⊗ Ursache: kongenital, traumatisch, entzündlich, iatrogen
- ⊗ Muster: dissoziativ oder nicht, adaptativ, komplex

Tabelle 3 Bildgebung.

Standard-Röntgen: → in zwei Ebenen (a.-p. und seitlich)
 → a.-p. mit Faustschluss
 → a.-p. mit Radial- bzw. Ulnardeviation des Handgelenkes

CT und Arthro-CT

MR

diagnostische Arthroskopie

Szintigraphie (Drei-Phasen-, Technetium-)

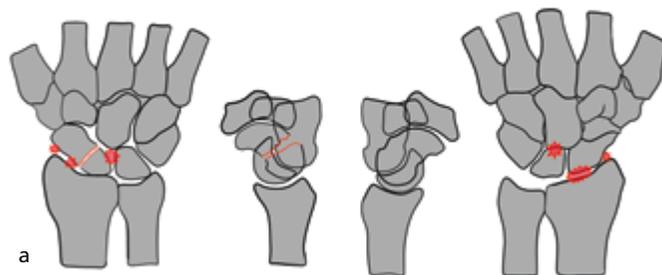


Abbildung 3 a–c a) Arthroseentwicklung bei SNAC- und SLAC-wrist. b, c) Röntgenbild Handgelenk rechts p.-a. und seitlich mit Arthrose bei SNAC-wrist.

Eine weiterführende Abklärung von Knochenstruktur und -gefüge erfordert eine CT-Untersuchung. Bandläsionen werden dabei typischerweise durch eine ergänzende minimalinvasive Arthrographie (Arthro-CT) oder durch ein MRT, das dann auch die Knorpelbeläge identifizieren hilft, veranschaulicht.

Weichgewebsschäden (Synovialitis und Verletzungen oder Degeneration des ulnokarpalen Komplexes mit dem Meniskusäquivalent) und Störungen der Knochendurchblutung – zum Beispiel bei einer Lunatumnekrose oder bei der Frage nach einer noch vorhandenen Durchblutung des oft durchblutungsgefährdeten proximalen Polfragments bei bestimmten Formen der Skaphoidfraktur, bzw. insbesondere bei Skaphoidpseudarthrose – werden in einer Kernspintomographie, gegebenenfalls mit intravenöser Gabe von Gadolinium als Kontrastmittel für die Beurteilung der Durchblutung, sichtbar. Die Szintigraphie wird nur noch beim Aufsuchen von kleinen Entzündungsherden (bei negativem Röntgen und MRT) sowie selten im Verlauf des CRPS (complex regional pain syndrome) Typ I eingesetzt.

Die Arthroskopie erlaubt es, subtile Knorpelschäden und Bandläsionen zu objektivieren, unmittelbar zu dokumentieren und ggf. zeitgleich zu sanieren

Bedeutung der Arthroskopie: Knorpel- und Bandschäden werden heute im Rahmen einer diagnostischen (und ggf. unmittelbar therapeutischen) Arthroskopie und/oder der sich technisch stets weiter entwickelnden MRT diagnostiziert. Dabei werden nicht nur auf die Hand eingeschränkte Spulen und variable Feldstärken zur Verbesserung der Bildauflösung eingesetzt (Feldstärke von 0,2 bis 7 Tesla) [9], sondern auch die erweiterte Technik der MR-Arthrographie [10] für die detaillierte Beurteilung von Bandläsionen (Teil- oder vollständige Ruptur, Betroffenheit der volaren und/oder dorsalen Bandanteile).

Die Arthroskopie mit ihrer exzellenten direkten Bildgebung (statisch oder bei Bewegung) erlaubt es, subtile Knorpelschäden zu objektivieren, unmittelbar zu dokumentieren und Verletzungen am skapholunären oder lunotriquetralen interosärem Band, aber natürlich auch anderen Bändern nicht nur darzustellen, sondern ggf. auch zeitgleich zu sanieren.

Die hierzu wichtigste Einteilung beschreibt das Schadensausmaß am skapholunären Band (nach Geissler [11], → Tabelle 4). Ulnarseits wird der TFCC in allen Anteilen beurteilt; hier gibt die Klassifikation nach Palmer (1989) [12] eine Übersicht der wesentlichen traumatischen oder degenerativen Schäden (→ Tabelle 5). Atzei [13] hat darüber hinaus die Läsionen vom Typ 1b nach Palmer, die häufig zu wesentlichen Instabilitäten der zentralen ulnaren Drehachse bei Pro/-Supination führen, in rein ligamentäre und/oder mit knöcherner Beteiligung klassifiziert.

Der Wertigkeitsvergleich Arthroskopie vs. MRT kann aufgrund der fortschreitenden technischen Entwicklung des MRT heute nicht abschließend beurteilt werden [14].

Zusammengefasst ermöglicht die Kombination von ausführlicher klinischer Bilanz und qualitativ guter, abgestufter Bildgebung [15, 16], ggf. unter Hinzunahme der Arthroskopie, eine exakte Diagnose im Sinne der bestmöglichen Bestimmung der Gewebeschädigungen. Für den erstbegutachtenden Kollegen ist es dabei interessant, eine Bildgebungskaskade anhand der jeweiligen CT- und MRT-Untersuchungsqualität bei Sensitivität und Spezifität festzulegen [17, 18], wobei man einerseits der technischen Entwicklung beim MRT, andererseits der lokalen Verfügbarkeit gerecht werden muss.

Bei Teilläsionen von Bändern oder des TFCC empfiehlt sich vor einer Therapieentscheidung immer der kontralaterale statische und dynamische Vergleich.

Operatives Behandlungsspektrum

Für die beiden häufigsten Frakturen im Bereich des Handgelenks, die distale Radiusfraktur, sowie die Skaphoidfraktur, existieren gut etablierte und validierte Behandlungsverfahren [19] einschließlich ihrer möglichen Begleitverletzungen, sowie sekundäre Korrekturverfahren [20].

Tabelle 4 SL-Bandverletzung (arthroskopisch, Geissler 1995 [11]).

1	intaktes Band, eingeblutet, keine Inkongruenz
2	Teilruptur, eingeblutet, min. Rotationssubluxation, Tasthaken passt kaum in den SL-Spalt
3	deutliche Rotationssubluxation, Tasthaken kann nach mediokarpal vorgeschoben werden
4	weiter SL-Spalt, Arthroskop kann mediokarpal vorgeschoben werden

Tabelle 5 Einteilung der TFCC-Verletzungen (Palmer 1989 [12]).

Traumatisch:	1a: zentrale Perforation 1b: ulnare Ablösung 1c: distale Ablösung der knöchernen Insertionen am Os lunatum und triquetrum 1d: radiale Ablösung mit oder ohne Radiusfraktur
Degenerativ:	2a: aufgeraute Oberfläche 2b: plus Knorpelschaden am Lunatum und/oder Ulnakopf 2c: Perforation und Knorpelschaden wie 2b 2d: plus LT-Ruptur 2e: plus ulnokarpale und DRUG-Arthrose

→ Tabelle 6 gibt eine Übersicht operativer Verfahren bei SL-Bandverletzungen, von der offenen Reposition der Knochen und Spickung bei frischen Bandrupturen über Techniken der direkten Bandnaht (innerhalb der ersten 6–12 Wochen) bis zu stabilisierenden Bandplastiken (z. B. in der Technik nach Brunelli (→ Abb. 4), danach modifiziert nach Garcia-Elias [21]) als mögliche Eingriffe bei verzögerter Diagnosestellung und Versorgung.

Bei späten Verletzungsfolgen muss zur Begrenzung einer arthrotischen Entwicklung im Karpus die Höhe des Handgelenks im Verlauf der Kraftachse entlang des dritten Metacarpale-Capitatum-Lunatum und distalen Radius gehalten werden. Hierzu haben sich zwei Verfahren der Teilversteifung bewährt, die entweder radialseits einen festen Pfeiler aufbauen (Verblockung von Skaphoid, Trapezium und Trapezoid: STT-Arthrodese), oder ulnarseitig den Karpus abstützen („four-corner“-Teilarthrodese unter Einbeziehung von Capitatum, Lunatum, Triquetrum und Hamatum).

Bei alleinigen chronischen Veränderungen in der ersten (proximalen) Karpusreihe ohne Arthrose am Capitatum und der distalen Radius-Gelenkfläche kann durch die Resektion der ersten Karpusreihe, „proximal row carpectomy“ genannt (PRC) (Entfernung von Skaphoid, Lunatum und Triquetrum ohne Pisiforme) die Beweglichkeit im Sinne eines Scharniergelenkes erhalten bleiben. Dieses Verfahren erreicht vergleichbare Funktionsresultate einer „four-corner“-Teilarthrodese [22, 23], bzw. erhält etwas mehr Bewegung gegenüber der Teilversteifung, die allerdings mehr Kraft erlaubt [24] (→ Tabelle 7).

Die chirurgische Denervierung als symptomatische Behandlung früher Arthrosezustände zeigt gute Langzeitergebnisse

Gerade in Deutschland ist aufgrund der anatomischen und klinischen Vorarbeiten von Albrecht Wilhelm [25, 26] zur Nervenversorgung des Handgelenkes die chirurgische De-

Tabelle 6 Stadiengerechte Versorgung der SL-Bandruptur nach Garcia-Elias et al. [21].

Stadium	1	2	3	4	5	6
SL-Band intakt bzw. dorsale Teilläsion	+	-	-	-	-	-
SL-Band gerissen, rekonstruierbar	+	+	-	-	-	-
radioskaphoidaler Winkel nl	+	+	+	-	-	-
reponierbare Fehlstellung	+	+	+	+	-	-
Knorpel normal	+	+	+	+	+	-

1 = akut: sechs Wochen Ruhigstellung oder perkutane Drahtbohrung; chronisch: arthroskopisches Débridement der Bandreste und Propriozeptionsprogramm; 2 = offene Reposition mit Naht oder Tenodese; 3 = dorsale Tenodese, Brunelli- oder triligamentäre Tenodese [21]; 4 = Brunelli-Tenodese; 5 = PRC- oder Four-Corner-Fusion; 6 = Four-Corner-Fusion oder Panarthrodese

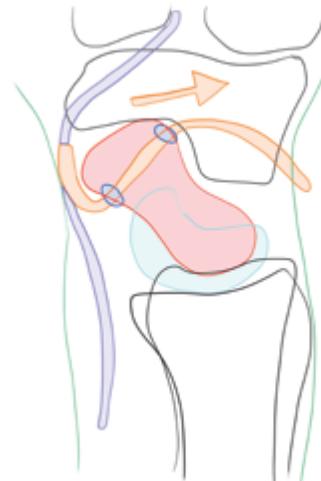


Abbildung 4. Ersatz der Funktion des SL-Bandes durch eine FCR-Bandplastik nach Brunelli zur Aufrichtung des Kahnbeins und Auflösung der dorsalen Kippung des Mondbeins, (DISI)- Schema.

nervierung als symptomatische Behandlung früher Arthrosezustände beliebt und im Langzeit-Outcome erfolgreich [27]. Eine vollständige Handgelenksversteifung (Arthrodese) wird in Ausnahme- oder Endzuständen zur verlässlichen Schmerzreduktion eingesetzt, da damit die Beweglichkeit des gesamten Handgelenkes aufgehoben wird.

Seltene Luxationen bzw. Luxationsfrakturen am Karpus bedürfen einer notfallmäßigen Komplettversorgung aller beteiligten Knochen- und Bandstrukturen und haben ein hohes Spätkomplikationsrisiko – sie stellen die Maximalvarianten der durch externe Krafteinwirkung möglichen Gefügestörungen durch Bandschäden dar („greater-and-lesser-arc-Konzept“, s. Lichtman [28]).

Die Behandlung der Lunatumnekrose (Morbus Kienböck) nimmt eine Sonderstellung ein. Auffällig durch lokalisierte Handwurzelschmerzen und Bewegungseinschränkung wird die Diagnose durch ein MRT mit Gadolinium-Kontrastmittel zur Durchblutungsdarstellung des Lunatum flankierend zur konventionellen Röntgenaufnahme gestellt (→ Tabelle 8). Je nach morphologischem Zustand des Lunatums und eventuell druckerzeugender Begleitumstände gibt es heute ein ganzes Spektrum an Behandlungsverfahren (→ Tabelle 9). Die Ursächlichkeit einer Ulna-minus-Variante wird hierbei kontrovers diskutiert [29, 30].

→ Tabelle 10 zeigt die Vielfalt der operativen Möglichkeiten zur Behandlung von Störungen des distalen Radioulnargelenkes (DRUG) und seiner Umgebung, insbesondere der Verankerung des TFCC, die noch häufig verkannt werden. Angefangen von der Korrektur des symptomatischen Ulnavorschubs durch eine nivellierende Resektion am Ulnaköpfchen, werden mittlerweile auch die Bandläsionen repariert und Teilarthrosen durchgeführt, falls das DRUG durch Arthrose zerstört ist. Daneben gewinnt der alloplastische Gelenkersatz des Ellenkopfes an Bedeutung [31].

Tabelle 7 Synopsis der Resultate SL-Chirurgie (incl. SLAC) (nach [43]).

Arthroskopisches Débridement (+shrinkage, +KD)	85 % Besserung Symptome, KD bei kompletter akuter Läsion 67 % Besserung aber schlechte Langzeitresultate
arthroskopische Naht	92 % Grobkraft, exzellenter ROM im Kurzzeitraum, 97 % Patienten zufrieden aber 25 % unkorrigierte DISI
offene Naht	85 % Grobkraft, 80 % ROM, 70 % signifikante Schmerzlinderung aber 25 % Arthrose im Langzeitverlauf
dorsale Kapsulodese nach Blatt	kurzfristig wie Bandnaht. Mit der Zeit Verlust der Knochen-Kongruenz, erneute DISI, Arthrosezeichen nach acht Jahren
Ligamentoplastik nach Brunelli oder Garcia-Elias	Grobkraft 65 %, ROM 75 %, 75 % zurück zur Arbeit, aber 5–25 % Rezidiv des Karpalkollapses und der DISI
Teilarthrodese	Grobkraft 75 %, Pseudarthrose SL 50 %, STT 14 %
PRC	Grobkraft 75 %, ROM 30–40 %, gute Schmerzlinderung, 10–20 % Arthrose zwischen Radius und Capitatum bei >zehn Jahren Nachbeobachtungszeit
Viereckarthrodese	75 % Grobkraft, ROM 30–40 %, gute Schmerzlinderung, 30 % Komplikationen (Pseudarthrose, Metalllockerung, dorsales Impingement)
Panarthrodese	65 % Grobkraft, ROM 0, 25–100 % Schmerzlinderung, 52–85 % zurück zu Arbeit, 13–17 % Komplikationen
Handgelenksprothese	gleichbleibender ROM; verbesserte Grobkraft, hohe subjektive Akzeptanz, 21–30 % Komplikationen, 80 % zehn Jahre Erfolgsrate

Endoprothetische Techniken

Ersatz des Daumensattelgelenkes: Da mit der einfachen Trapezektomie [32] und verschiedenen Formen der Resektions-Suspensions-Arthroplastik – beispielsweise nach Epping [33] oder Sigfusson und Lundborg [34] – verlässliche Verfahren zur Verfügung stehen, wird in Deutschland gegenüber zum Beispiel den Nachbarländern Frankreich und Belgien beim Einsatz von Totalendoprothesen bei ausgeprägter Rhizarthrose eher Zurückhaltung geübt; vor allem weil es im Langzeitverlauf zu erheblichen Komplikationen (Luxation, Materialermüdung) kommen kann und die Rückzugsmöglichkeiten dann unterschiedlich schlecht sind. Allerdings wird in letzter Zeit wieder auf die „Marktlücke“ dieser Prothese bei selektiver Indikation hingewiesen [35]. Hier kommen zurzeit die TOUCH-, MOOVIS- und MAIA-Prothesen zum Einsatz.

Ersatz von Karpalknochen: In seltensten Indikationen kann ein Karpalknochen auch durch alloplastisches Material (Pyrocarbon) ersetzt werden, wie zum Beispiel bei einer fortgeschrittenen Lunatumnekrose, ebenso in Einzelfällen das Skaphoid und das Trapezium. Allerdings konnte sich weder das Material noch die Technik bisher weiträumige durchsetzen. Außerdem kann zum Beispiel der Verlust des Skaphoids auch durch eine ulnare Teilarthrodese (four corner fusion) kompensiert werden.

Tabelle 8 Lichtman-Klassifikation bei Lunatumnekrose.

0:	intermittierende (belastungsabhängige) Ischämie
1:	Röntgen nl, MRT, Ödem mit T2-Signalanhebung und T1-Signalauslöschung, kräftige Kontrastmittelaufnahme nach Gadolinium
2:	Rö: Alteration der Binnenstruktur ohne Kollaps
3a:	Lunatumkollaps, normaler Karpus
3b:	wie 3a mit pathologischem radiokaphoidalen Winkel >60°
3c:	koronale Lunatumfraktur
4:	radiokarpale oder mediokarpale Arthrose

Tabelle 9 Behandlung der Lunatumnekrose.

- druckentlastend:
 - nivellierend: Radiusverkürzung, Ulnaverlängerung, Keilresektion
 - Teilarthrodese: STT, SC, ST
 - Capitatum-Verkürzungsosteotomie
- revaskularisierend
- Salvage (Rettungseingriff): Teilarthrodese, Denervation, PRC, Prothese, Panarthrodese

Tabelle 10 Operationen am distalen Radioulnargelenk.

- ⊗ angleichende Resektion der Knorpelplatte (Wafer) oder Ulnaverkürzungsosteotomie
- ⊗ (Teil-)Resektion des Ulnaköpfchens nach Darrach oder Bowers
- ⊗ DRUG-Arthrodese nach Sauvè-Kapandji
- ⊗ Ulnakopfprothese; totale DRUG-Prothese nach Scheker
- ⊗ Bandplastik nach Adams

Ersatz des Handgelenkes: Seit den ersten Arbeiten von Meuli [36] ist der endoprothetische Ersatz des Handgelenkes nun seit 50 Jahren ein umfassend, aber kontrovers diskutiertes handchirurgisches Thema. In diesem Zeitraum wurde die Biomechanik des Radio- und Ulnokarpalgelenks weitergehend untersucht und daraufhin verschiedene Prothesenmodelle entwickelt sowie Implantatregister etabliert [37]. Infektion und v. a. Instabilität, bzw. eine Prothesenlockerung im mittel- und langfristigen Verlauf stellen weiterhin das Hauptproblem dar. Es wird jedoch anhand eines registerbasierten Patientenkollektives auch beschrieben, dass eine radiologisch sichtbare, subklinische Lockerung das Ergebnis nicht zwingend belastet, und für die Patienten mit einer chronischen, schmerzintensiven Verlaufsgeschichte das gegenwärtig erreichbare Funktionsresultat durchaus akzeptabel scheint [38].

Ersatz des Ulnakopfes: Bei zerstörtem und/oder instabilem Ulnakopf sowie bei ungelöster radio-ulnarer Konvergenz nach einer Sauvé-Kapandji-Operation (Arthrodese des distalen Radioulnargelenkes mit distaler Segmentresektion am Ulnaschaft, um die passive Prosupination zu erhalten) ist der endoprothetische Ersatz des Ulnakopfes nach Einschätzung einzelner Autoren häufig eine vielversprechende stabilisierende Rettungsoperation [31]. In Extremfällen wird ein kompletter Ersatz des distalen Radioulnargelenkes mit Stabilisierung der Rotationsachse durch die von Scheker entwickelte Totalendoprothese [39] erforderlich, wobei es selbst für dieses Verfahren eine individuelle Revisionsmöglichkeit mit einer Langschaftversion gibt. Die genannten Verfahren sind jedoch bis heute noch keine Standardverfahren, nicht zuletzt da mangels entsprechender Fallzahlen in der langfristigen Beobachtung noch keine funktionellen Langzeitergebnisse vorliegen – auch wenn es vielversprechende mittelfristige Ergebnisse gibt [40–42].

Entscheidend ist es, für den jeweiligen Patienten die individuell „verträglichste“ Operationsmethode zur Besserung seines Leidensdruckes zu finden

Beurteilung der Resultate: Zu den Bandplastiken und Teilarthrodesen finden sich in der Literatur genügend retrospektive Studien von Operationsserien, die eine Verbesserung der klinischen Symptome Schmerz und Bewegungseinschränkung dokumentieren und auch die Funktionalität anhand verschiedener Outcome-Scores, insbesondere des DASH-Score, messen.

Das Problem ist demnach weniger, für die aktuellen Verfahren die Erfolgsrate zu prüfen, als vielmehr für den jeweiligen Patienten mit seinem Verletzungsstatus, seiner Vorgeschichte und seinen persönlichen Anforderungen, die individuell „verträglichste“ Operationsmethode zur Besserung seines persönlichen Leidensdruckes zu finden. Hier gibt es weder einen Goldstandard noch ein einheitliches Auswahlverfahren.

Wichtig ist indes, in einen fortschreitenden Verschleißprozess frühzeitig mit einer effektiven Behandlung einzusteigen, da durch die Schadensbegrenzung eine jahrelange Mehrbelastung und ein geringerer Leidensdruck ermöglicht werden können.

Die → Tabellen 7 und 11 geben nun eine synoptische Übersicht zu den wichtigsten Eingriffen aus der Zusammenstellung von Andersson [43], der aktuell die wichtigsten retrospektiven Studien zu den einzelnen operativen Verfahren in den jeweiligen Indikationen gesichtet hat. Schmerzlinderung, verbesserte Beweglichkeit und eine Grobkraft von etwa 75 Prozent der gesunden Seite sind in der Regel erreichbar, wobei auch etwa dieser Prozentsatz an Patienten an den alten Arbeitsplatz zurückfindet. Allerdings sind die Indikationen nicht immer sehr strikt vorgeschrieben, Komplikationen zwischen fünf und 15 Prozent häufig und die individuelle Situation des Patienten nie vollständig mit einer retrospektiven Kohortenanalyse deckungsgleich.

Tabelle 11 Synopsis: Resultate nach TFCC- oder DRUG-Chirurgie.

arthroskopisches TFCC-Débridement	66–87 % Erfolgsrate
Wafer	90 % gutes oder sehr gutes Ergebnis, auf die Korrektur von max. 3–5 mm beschränkt
arthroskopische TFCC-Naht	ROM F/E 72 %, Prosup. 81 %. 71 % Grobkraft. 15–25 % Re-OP!
offene TFCC-Reinsertion	ROM F/E 68 %, Prosup. 79 %, 73 % Grobkraft, 20–28 % Re-OP!
Adams-Ligamentoplastik	85 % DRUG-Stabilität, fast vollständige Prosupination, aber ggf. Dauerschmerz, rezidivierende Instabilität, Steife, Schwäche
Ulna-Verkürzungsosteotomie	verbesserte ROM und Grobkraft, 90 % Patientenzufriedenheit, <5 % Pseudarthrose
Ulnakopfresektion (Darrach)	reine Salvage-OP, 10 % radioulnares Impingement, häufig symptomatisch
Sauvé-Kapandji	wie Darrach, mitunter instabiler proximaler Ulnastumpf
Prothese Ulnakopf	ROM bleibt gleich, Supination verbessert von 55 auf 70 Grad, 80 % Grobkraft, hohe Patientenzufriedenheit, 100 % Überlebensrate bei 7,5 J. Nachuntersuchungszeitraum
vollständige DRUG-Prothese (Scheker)	ROM gleichbleibend, aber Kraft und Schmerzlinderung signifikant, 96 % Überlebensrate im 5-Jahres-Zeitraum, 19 % ECU-Tendinitis

Mitunter stehen sich arthroskopische und offene Methoden gegenüber. In unserer retrospektiven Studie aller von einem Chirurgen reparierten SL-Bandverletzungen über einen Zeitraum von 16 Jahren zeigten sich bei einem Nachbeobachtungszeitraum von 27 Monaten gute Resultate nach offener Chirurgie – und dies vor der arthroskopischen Epoche mit ihrer detaillierten Stadieneinteilung von Verletzung und karpaler Stabilität sowie vor der heutigen Vielzahl an direkten Reparaturmöglichkeiten, Bandplastiken und Rettungseingriffen [44].

Die Denervierung des Handgelenkes nimmt aufgrund ihrer aspezifischen Indikationsbandbreite einen besonderen Platz ein und zeigt gerade bei frühen Arthrostadien gute Resultate [27]. Hiermit können invasivere Eingriffe am Handgelenk aufgeschoben werden.

Die Handgelenksprothesen haben einen besonderen Stellenwert und verlangen eine den Rahmen der Arbeit überschreitende Betrachtung, um die Entwicklung der einzelnen Modelle, die notwendige Einschränkung der Indikationen und die Notwendigkeit einer Registerführung der Patienten besser zu beleuchten. Die Arthrodesis bleibt definitiv eine Alternative und die Kostenübernahme der Implantate ist nicht abschließend geklärt. Dies sollte aber nicht davon abhalten, im Einzelfall bei gut dokumentierter Indikation dieses Verfahren zu empfehlen, weil gute mittelfristige Resultate publiziert wurden [37].

Die jeweiligen Funktionsresultate werden durch die Bestimmung von Bewegungsausmaß, Kraft, Schmerzlinderung und patientenbezogene Scoring-Verfahren erhoben

Eine sichere Diagnose als Vorbereitung auf eine rekonstruktive Therapie ist ohne eine exakte Visualisierung der verletzten anatomischen Strukturen nicht denkbar. Frakturen werden weiterhin durch Röntgenstrahlen-Bildgebung beurteilt und klassifiziert (Standardbilder und Feinschnitt CT); bei Bandverletzungen und Knorpelschäden stehen das hochauflösende MRT (3 Tesla) und die Arthroskopie allein oder einander ergänzend zur Verfügung (→ Tabelle 12 [45]).

Nach der Zeit der Pioniere in den letzten 30 Jahren des 20. Jahrhunderts sind diagnostische und vor allem therapeutische Verfahren verfeinert worden; zu den komplexen Krankheitsbildern gibt es nach ursprünglich groben Einteilungen mittlerweile gerade durch die arthroskopische Erfahrung neue Klassifikationen, zu denen dann auch eine stadiengerechte Therapie angeboten wird. Beispielsweise ist für die skapholunäre Bandverletzung mittlerweile eine arthroskopische EWAS-Klassifizierung eingeführt [46], die den beobachteten Schaden mit der anatomischen Bandverletzungsreihe korreliert und somit die Basis für ein „ursächliches“ Behandlungsverfahren legt. Die jeweiligen Funktionsresultate wer-

HYBRID-KONGRESS:
Präsenz-Tagung
mit Livestream

SAVE THE DATE

30. JAHRESTAGUNG DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR THORAXCHIRURGIE

22. bis 24. September 2021

Messe Erfurt (Congress Center)

inklusive: • Workshops

- Fachtagung der medizinischen Assistenz- und Pflegeberufe
- Fachtagung für MitarbeiterInnen der Lungenkrebszentren
- Posterausstellung



Alle Informationen finden Sie unter: www.dgk Kongress.de

Die Abstract-Einreichung ist ab sofort geöffnet!



Tabelle 12 Vergleich zwischen diagnostischer Arthroskopie und MRT.

Kriterium	Arthroskopie	MRT
Art	invasiv	nicht invasiv
Blickumfang	begrenzt	unbegrenzt
technische Entwicklung	Miniaturisierung (Nanoskop)	Steigerung der Auflösung
Probleme bei	Vor-Operation	Synthesematerial
Therapeutisch	ja	nein

den durch die Bestimmung von Bewegungsausmaß, Kraft, Schmerzlinderung und patientenbezogene Scoring-Verfahren erhoben.

Da gerade Bandschäden erst über die Chronifizierung der Instabilität progressiv zu Arthrosen führen (über einen Zeitraum von 10–15 Jahren), ist eine Frühdiagnose sehr wichtig. Außerdem müssen seltenere Krankheitsbilder, wie beispielsweise Durchblutungsstörungen des proximalen Skaphoidpols beim Morbus Preiser, konstitutionelle Bandlockerung bei Jugendlichen oder TFCC-Schäden bei Jugendlichen [43], entsprechend erkannt und spezifisch behandelt werden.

Der Stellenwert von physio- und ergotherapeutischen Maßnahmen als alleinige und postoperative Therapie ist weiterhin nicht geklärt. Neben den klassischen Maßnahmen zur Reduktion von Schmerz und Schwellung (postoperative Hochlagerung) sowie bewegungs- und kraftfördernden Übungen wendet man sich heute mehr der Propriozeption zu – nicht nur im Training (nach Hagert [46]), sondern auch in der Forschung; laut Dellon [47] führt die häufig routinemäßig durchgeführte Neurotomie des N. interosseus posterior bei einem klassischen dorsalen Zugang zum Handgelenk nicht zur Entwicklung eines Charcot-Handgelenkes.

Ein weiteres Problem bleiben die chronischen Beschwerden bei Handwerkern, insbesondere bei besonderen Expositionen, die zu anerkannten Berufserkrankungen führen können, wie der vibrationsinduzierten Handgelenksarthrose oder Skaphoidpseudarthrose. Das CRPS der oberen Extremität ist sowohl ursächlich als auch von seinen Manifestationen häufig im Handgelenksbereich zu finden.

Wie die Tabellen 7 und 11 zeigen, gibt es zu den aktuell vor allem arthroskopischen Eingriffen nur retrospektive Kohortenstudien, allerdings mit sich zunehmend vereinheitlichen den Klassifikations- und Bewertungsmaßstäben. Die offene Handgelenkschirurgie ist weiterhin wichtig, wenn auch in anderer Zielsetzung, so etwa weniger bei der Primärtherapie von Band- und TFCC-Verletzungen, jedoch umso mehr bei den Teilarthrosen und Revisionseingriffen.

Patienten mit chronischen Handgelenksschmerzen sollten in die Obhut von Handchirurgen gelangen

Betrachtet man die chirurgische Entwicklung sowie die Literatur der letzten Jahrzehnte, so ist es zu einer deutlichen Erweiterung der Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten von chronischen Handgelenksschmerzen gekommen. Demgegenüber wird die akute Verstauchung des Handgelenkes im Rahmen einer notfallmäßigen Erstvorstellung immer noch unterschätzt und unzureichend bildgebend abgeklärt, so dass chronische Verschleißprozesse weiterhin zu spät festgestellt und aufgrund des Erklärungsbedarfes vom Patienten fälschlich unmittelbaren Verletzungen, insbesondere Arbeitsunfällen, zugerechnet werden. Es ist deshalb zu fordern, dass Patienten mit chronischen Handgelenksschmerzen in die Obhut entsprechend spezialisierter Handchirurgen gelangen, damit das verfügbare breite Therapiespektrum zeit- und stadiengerecht mit der besten prognostischen Aussicht eingesetzt werden kann. ■■■

Literatur Das Literaturverzeichnis zum Beitrag finden Sie unter www.chirurgische-allgemeine.de

Dr. med. (B) Jörg Bahm
 Leiter der Sektion Plexuschirurgie
 Klinik für Plastische Chirurgie, Hand- und Verbrennungschirurgie
 Universitätsklinik RWTH Aachen
 Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen
 ✉ jbahm@ukaachen.de

Literatur zum Artikel

Das schmerzhafte Handgelenk

1. Garcia-Elias M, Puig de la Bellacasa I, Schouten C (2017) Carpal ligaments. *Hand Clin* 33: 511–520
2. Lichtman DM, Schneider JR, Swafford AR, Mack GR (1981) Ulnar midcarpal instability-clinical and laboratory analysis. *J Hand Surg Am* 6: 515–523
3. Lichtman DM, Wroten ES (2006) Understanding midcarpal instability. *J Hand Surg Am* 31: 491–498
4. Taleisnik J (1976) The ligaments of the wrist. *J Hand Surg Am* 1: 110–118
5. Goldfarb CA, Strauss NL, Wall LB, Calfee RP (2011) Defining ulnar variance in the adolescent wrist: measurement technique and interobserver reliability. *J Hand Surg Am* 36: 272–277
6. Nakamura R, Tanaka Y, Imaeda T, Miura T (1991) The influence of age and sex on ulnar variance. *J Hand Surg Br* 16: 84–88
7. Sayit E, Tanrivermis Sayit A, Bagir M, Terzi Y (2018) Ulnar variance according to gender and side during aging: An analysis of 600 wrists. *Orthop Traumatol Surg Res* 104: 865–869
8. Larsen CF, Amadio PC, Gilula LA, Hodge JC (1995) Analysis of carpal instability. I. Description of the scheme. *J Hand Surg Am* 20: 757–764
9. Morley J, Bidwell J, Bransby-Zachary M (2001) A comparison of the findings of wrist arthroscopy and magnetic resonance imaging in the investigation of wrist pain. *J Hand Surg Br* 26: 544–546
10. LiMarzi GM, O'Dell MC, Scherer K, et al (2015) Magnetic resonance arthrography of the wrist and elbow. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 3: 441–455
11. Geissler WB (1995) Arthroscopically assisted reduction of intra-articular fractures of the distal radius. *Hand Clinics* 11: 19–29
12. Palmer AK (1989) Triangular fibrocartilage complex lesions: a classification. *J Hand Surg Am* 14: 594–606
13. Atzei A (2012) DRUJ instability: arthroscopic ligament reconstruction. In: del Piñal F, et al (eds) *Arthroscopic management of ulnar pain*. Springer, Berlin
14. Meier R, Schmitt R, Christopoulos G, Krimmer H (2003) TFCC-Läsion. MR Arthrographie vs. Arthroskopie des Handgelenkes. *Unfallchirurg* 106: 190–194
15. Goldfarb CA, Yin Y, Gilula LA, et al (2001) Wrist fractures: what the clinician wants to know. *Radiology* 219: 11–28
16. Goldfarb JW, Hochman MG, Kim DS, Edelman RR (2001) Contrast-enhanced MR angiography and perfusion imaging of the hand. *AJR Am J Roentgenol* 177: 1177–1182
17. Boer BC, Vestering M, van Raak SM, et al (2018) MR arthrography is slightly more accurate than conventional MRI in detecting TFCC lesions of the wrist. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 28: 1549–1553
18. Sonnow L, Koennecker S, Luketina R, et al (2019) High-resolution flat panel CT versus 3-T MR arthrography of the wrist: initial results in vivo. *Eur Radiol* 29: 3233–3240
19. Dresing K (2015) Leitlinie Unfallchirurgie zur distalen Radiusfraktur. AWMF 012-015
20. Prommersberger KJ, Mühlendorfer-Fodor M, Pillukat T (2011) Korrekturosteotomie fehlerverheilte körpereigener Speichenbrüche. *OP-Journal* 27: 228–233
21. Garcia-Elias M, Lluch A, Stainley J (2006) Three-ligament tenodesis for the treatment of scapholunate dissociation: indications and surgical technique. *J Hand Surg Am* 31: 125–134
22. Aita MA, Nakano EK, Schaffhauser HL, et al (2016) Randomized clinical trial between proximal row carpectomy and the four-corner fusion for patients with stage II SNAC. *Rev Bras Orthop* 51: 574–582
23. Mulford JS, Ceulemans LJ, Nam D, Axelrod TS (2009) Proximal row carpectomy vs four corner fusion for scapholunate (SLAC) or scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) wrists: a systematic review of outcomes. *J Hand Surg Eur* 34: 256–263
24. Dacho AK, Baumeister S, Germann G, Sauerbier M (2008) Comparison of proximal row carpectomy and midcarpal arthrodesis for the treatment of scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC-wrist) and scapholunate advanced collapse (SLAC-wrist) in stage II. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 61: 1210–1218
25. Wilhelm A (1958) Zur Innervation der Gelenke der oberen Extremität. *Z Anat Entwickl-Gesch* 120: 331–337
26. Wilhelm A (2001) Denervation of the wrist. *Tech Hand Up Extrem Surg* 5: 14–30
27. Fuchsberger T, Boesch CE, Tonagel F, et al (2018) Patient-rated long-term results after complete denervation of the wrist. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 71: 57–61
28. Lichtman DM (1997) Introduction to the carpal instabilities. In: Lichtman DM: *The wrist and its disorders*. Saunders, Philadelphia
29. Nathan PA, Meadows KD (1987) Ulna-minus variance and Kienbock's disease. *J Hand Surg Am* 12: 777–778
30. van Leeuwen WF, Oflazoglu K, Menendez ME, Ring D (2016) Negative ulnar variance and Kienbock disease. *J Hand Surg Am* 41: 214–218
31. Sauerbier M, Enderle E, Arsalan-Werner A, et al (2013) Ulnar head replacement and related biomechanics. *J Wrist Surg* 2: 27–32
32. Gervis WH (1947) Osteoarthritis of the trapezio-metacarpal joint treated by excision of the trapezium. *Proc R Soc Med* 40: 492
33. Epping W, Noack G (1983) Die operative Behandlung der Sattelgelenksarthrose. *Handchirurgie* 15: 168–176
34. Sigfusson R, Lundborg G (1991) Abductor pollicis longus tendon arthroplasty for treatment of arthrosis in the first carpometacarpal joint. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 25: 73–77
35. Falkner F, Tümkaya MA, Hirche C, et al (2020) Endoprothesen zum Daumensattelgelenkersatz. *CHAZ* 21: 48–56
36. Meuli HC (1973) Arthroplastie du poignet. *Ann Chir* 27: 527–530
37. Boeckstyns MEH (2019) My personal experience with arthroplasties in the hand and wrist over the past four decades. *J Hand Surg Eur* 44: 129–137
38. Boeckstyns MEH, Herzberg G (2017) Current European practice in wrist arthroplasty. *Hand Clin* 33: 521–528
39. Scheker LR (2008) Implant arthroplasty for the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am* 33: 1639–1644
40. Axelsson P, Sollerman C, Kärrholm J (2015) Ulnar head replacement: 21 cases; mean follow-up, 7.5 years. *J Hand Surg Am* 40: 1731–1738
41. Clark NJ, Munaretto N, Elhassan BT, Kakar S (2019) Ulnar head replacement and sigmoid notch resurfacing arthroplasty with minimum 12-month follow-up. *J Hand Surg Eur* 44: 957–962
42. Sabo MT, Talwalkar S, Hayton M, et al (2014) Intermediate outcomes of ulnar head arthroplasty. *J Hand Surg* 39: 2405–2411
43. Andersson J (2016) Clinical and arthroscopic assessment of wrist ligament injuries and instability. Sahlgrenska Academy, Institute of Clinical Sciences (doctoral thesis)
44. Bahm J, Saffar P, Duclos L, Sokolow C (2000) Bandnaht und/oder Kapsulodese bei skapholunärer Instabilität. *Unfallchirurg* 103: 545–551
45. Shahabpour M, Van Overstraeten L, Ceuterick P, et al (2012) Pathology of extrinsic ligaments: a pictorial essay. *Semin Musculoskelet Radiol* 16: 115–128
46. Hager E (2010) Proprioception of the wrist joint: a review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist. *J Hand Ther* 23: 2–17
47. Dellon AL (2019) *Joint denervation*. Springer, Berlin
48. Messina JC, Van Overstraeten L, Luchetti R, et al (2013) The EWAS classification of scapholunate tears: an anatomical arthroscopic study. *J Wrist Surg* 2: 105–109