

Die Handchirurgie

Bearbeitet von

Prof. Dr. med. Dr. med. habil. Michael Sauerbier, Prof. Dr. med. Andreas Eisenschenk, Prof. Dr. med. Hermann Krimmer, Prof. Dr. med. Bernd-Dietmar Partecke, Prof. Dr. med. Hans-Eberhard Schaller

1. Auflage 2014. Buch. XIV, 902 S. Kartoniert

ISBN 978 3 437 23635 8

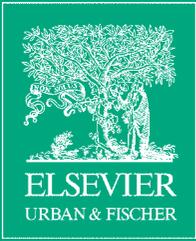
Format (B x L): 21,3 x 30,3 cm

[Weitere Fachgebiete > Medizin > Chirurgie](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



www.op-welt.de

M. Sauerbier

A. Eisenschenk H. Krimmer B.-D. Partecke H.-E. Schaller (Hrsg.)

Die Handchirurgie



Leseprobe

URBAN & FISCHER



DGH DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR HANDCHIRURGIE

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Handchirurgie	1	2.4.3	Anatomie und Pathophysiologie	72
1.1	Allgemeine Prinzipien	2	2.4.4	Klassifikationen	73
1.1.1	Anamneseerhebung	2	2.4.5	Diagnostik	74
1.1.2	Allgemeine Maßnahmen bei der Erstversorgung	3	2.4.6	Therapieziele	74
1.1.3	Anästhesieverfahren	3	2.4.7	Therapieoptionen	75
1.1.4	Präoperatives Enthaaren	7	2.4.8	Fazit	81
1.1.5	Blutleere/-sperre	7	2.5	Kontrakturen der Fingergelenke	83
1.1.6	Lagerung	8	2.5.1	Einleitung	83
1.1.7	Desinfektion	9	2.5.2	Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie	83
1.1.8	Abdeckung	9	2.5.3	Anatomie	84
1.1.9	Instrumentarium	9	2.5.4	Klassifikationen	87
1.1.10	Vergrößerungsoptiken	10	2.5.5	Diagnose	88
1.1.11	Prinzipien der postoperativen Nachsorge	10	2.5.6	Therapie	89
1.2	Die klinische Untersuchung der Hand	11	2.5.7	Nachbehandlung	92
1.2.1	Einleitung	11	2.5.8	Ergebnisse	93
1.2.2	Anamnese	11	2.5.9	Bevorzugte Methoden der Autoren	93
1.2.3	Inspektion	11	2.6	Fingergelenkarthrosen	95
1.2.4	Palpation	13	2.6.1	Einleitung	95
1.2.5	Sensibilität	13	2.6.2	Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie	95
1.2.6	Funktionsprüfung	14	2.6.3	Anatomie, Biomechanik	95
1.3	Die Untersuchung des Handgelenks	18	2.6.4	Internationale Stadieneinteilungen und Klassifikationen	97
1.3.1	Einleitung	18	2.6.5	Diagnose	97
1.3.2	Anamnese und Inspektion	18	2.6.6	Therapie	98
1.3.3	Zusammenfassung	26	2.6.7	Nachbehandlung	103
2	Eingriffe an der Hand	27	2.6.8	Ergebnisse	103
2.1	Frakturen der Metakarpalia	29	2.6.9	Bevorzugte Methode(n) des Autors	105
2.1.1	Einleitung	29	2.7	Rhizarthrose	107
2.1.2	Frakturen des Metakarpale I	29	2.7.1	Einleitung	107
2.1.3	Frakturen der Metakarpalia II–V	35	2.7.2	Anatomie und Pathogenese	107
2.1.4	Begutachtung	42	2.7.3	Klassifikation	108
2.2	Frakturen der Phalangen	43	2.7.4	Diagnose	108
2.2.1	Einleitung	43	2.7.5	Therapie	110
2.2.2	Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie	43	2.7.6	Nachbehandlung	117
2.2.3	Anatomie, Biomechanik	43	2.7.7	Ergebnisse	117
2.2.4	Klassifikationen	44	2.7.8	Bevorzugte Methode(n) des Autors	119
2.2.5	Diagnose	44	2.8	Sehnen	121
2.2.6	Therapie von Endgliedfrakturen	44	2.8.1	Beugesehnen	121
2.2.7	Therapie von Mittelgliedfrakturen	47	2.8.2	Strecksehnen	140
2.2.8	Therapie von Grundgliedfrakturen	49	2.9	Dupuytren-Kontraktur	153
2.3	Akute und chronische ligamentäre Verletzungen der Fingergelenke und des Daumens (Distorsionen und Luxationen)	55	2.9.1	Einleitung	153
2.3.1	Ätiologie	55	2.9.2	Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie	153
2.3.2	Anatomie	55	2.9.3	Anatomie, Biomechanik	154
2.3.3	Klassifikationen	56	2.9.4	Internationale Stadieneinteilungen, Klassifikationen	158
2.3.4	Diagnose	56	2.9.5	Diagnose	159
2.3.5	Therapie	57	2.9.6	Therapie	160
2.3.6	Ergebnisse	69	2.9.7	Nachbehandlung	168
2.3.7	Bevorzugte Methoden der Autoren	70	2.9.8	Ergebnisse	169
2.4	Fingerkuppen- und Nagelbettverletzungen	72	2.9.9	Bevorzugte Methode des Autors	169
2.4.1	Einleitung	72	2.10	Allgemeine Handinfektionen	172
2.4.2	Ätiologie und Inzidenz	72	2.10.1	Akute Handinfektionen	172
			2.10.2	Chronische Handinfektionen	179
			2.10.3	Akute und chronische Osteitis	182

2.11	Spezielle Infektionen	193	3.7.3	Läsionen des Discus triangularis (TFCC)	296
2.11.1	Einführung	193	3.7.4	Ulnokarpales Impaction-Syndrom	302
2.11.2	Bakterielle Infektionen	193	3.7.5	Radiusfraktur	305
2.11.3	Virale Infektionen	196	3.8	Distales Radioulnargelenk (DRUG)	309
2.11.4	Pilzinfektionen	196	3.8.1	Einleitung	309
2.11.5	Infektionen durch Penetration von Haaren	199	3.8.2	Anatomie und Biomechanik	309
2.11.6	Protothekose	199	3.8.3	Diagnostik	311
2.11.7	Protozoeninfektionen	200	3.8.4	Pathologie des DRUG	311
2.11.8	Ergebnisse	201	3.8.5	Chirurgische Behandlungsmöglichkeiten der distalen Radioulnargelenks-Arthrose	316
3	Eingriffe am Handgelenk	203	3.8.6	Zusammenfassung	324
3.1	Radiusfraktur	204	3.9	Handgelenksarthrose	326
3.1.1	Einleitung	204	3.9.1	Denervierung des Handgelenks	326
3.1.2	Frakturtypen	204	3.9.2	Handgelenksarthrodese	331
3.1.3	Klinisches Bild und Diagnostik	205	3.9.3	Handgelenksendoprothese	334
3.1.4	Therapie	205	4	Eingriffe an Nerven – Ersatzoperationen ..	343
3.1.5	Begleitverletzungen	211	4.1	Nervenkompressionssyndrome der oberen Extremität	344
3.1.6	Nachbehandlung	211	4.1.1	Allgemeine Aspekte	344
3.1.7	Radiuskorrektur	213	4.1.2	Kompressionssyndrome des N. medianus	345
3.2	Karpale Instabilitäten, ligamentäre Rekonstruktion, Teilarthrosen	217	4.1.3	Kompressionssyndrome des N. ulnaris	356
3.2.1	Anatomie und Biomechanik des Handgelenks	217	4.1.4	Kompressionssyndrome des N. radialis	365
3.2.2	Verletzungsmuster	222	4.2	Das Brustausgangsgengensyndrom (Thoracic-Outlet-Syndrom)	371
3.2.3	Teilarthrosen	235	4.2.1	Einleitung	371
3.3	Frakturen der Handwurzelknochen	244	4.2.2	Pathophysiologie	371
3.3.1	Kahnbein (Skaphoid)	244	4.2.3	Anatomie	371
3.3.2	Kapitatum	249	4.2.4	Diagnose und Indikation	373
3.3.3	Triquetrum	249	4.2.5	Differenzialdiagnose	374
3.3.4	Lunatum	249	4.2.6	Therapie	375
3.3.5	Hamatum	251	4.3	Möglichkeiten der Nervenrekonstruktion	378
3.3.6	Trapezium und Trapezoideum	251	4.3.1	Direkte Nervennaht	378
3.4	Karpale Pseudarthrosen	252	4.3.2	Nervenrekonstruktion	386
3.4.1	Kahnbeinpseudarthrose	252	4.4	Dynamische und statische Muskelersatzoperationen	393
3.4.2	Pseudarthrose des Os hamatum	261	4.4.1	N. medianus	393
3.4.3	Pseudarthrose des Os capitatum	261	4.4.2	N. ulnaris	399
3.4.4	Pseudarthrose des Os lunatum	262	4.4.3	N. radialis	407
3.5	Aseptische Knochennekrosen	264	4.5	Handchirurgie bei Schädigung des zentralen Nervensystems	418
3.5.1	Einleitung	264	4.5.1	Handchirurgie bei Halsrückenmarkverletzung (Tetraplegie)	418
3.5.2	Lunatumnekrose (Osteonekrose des Mondbeins, Morbus Kienböck)	264	4.5.2	Handchirurgie bei Hirninfarkt, Schädel-Hirn-Trauma und Zerebralparese	432
3.5.3	Osteonekrose des Skaphoids (Morbus Preiser)	276	5	Weichteil- und Knochenrekonstruktion	443
3.5.4	Osteonekrose der Metakarpalköpfchen (Morbus Mauclaire, Morbus Dieterich)	277	5.1	Prinzipien der mikrovaskulären Chirurgie	445
3.5.5	Sonstige Osteonekrosen an der Hand	277	5.1.1	Einleitung	445
3.6	Arthroskopie des Handgelenks	278	5.1.2	Ausrüstung	445
3.6.1	Einleitung	278	5.1.3	Mikrochirurgisches Training	446
3.6.2	Entwicklung	278	5.1.4	Technik der mikrovaskulären Anastomose	446
3.6.3	Technisches Vorgehen	278	5.1.5	Fehlervermeidung bei mikrochirurgischen Gefäßanastomosen	448
3.6.4	Radiales Handgelenk	282	5.1.6	Postoperatives Management mikrovaskulärer Patienten	449
3.6.5	Ulnares Handgelenk	285	5.1.7	Mikrovaskuläre Revisionsoperation	450
3.6.6	Distale Radiusfrakturen	292	5.1.8	Nerven	451
3.6.7	Lunatumnekrose	292			
3.6.8	Arthritis des Handgelenks	292			
3.7	Arthroskopische Operationen	294			
3.7.1	Ganglien	294			
3.7.2	Synovialitiden	295			

5.2 Defektdeckung an der Hand	452	5.9 Amputationen	575
5.2.1 Einleitung	452	5.9.1 Einleitung	575
5.2.2 Grundlagen	452	5.9.2 Indikation	575
5.2.3 Defektanalyse	453	5.9.3 Operationstechnik	575
5.2.4 Klassifikation von Lappenplastiken	455	5.9.4 Fingeramputation	575
5.2.5 Defektklassifikation und Deckungsmöglichkeiten ..	455	5.9.5 Handamputation	577
5.2.6 Selektion freier Lappenplastiken	462	5.9.6 Unterarmamputation	577
5.2.7 Techniken	464	5.9.7 Komplikationen	577
5.2.8 Spezielle Lappenplastiken	465	5.9.8 Nachbehandlung	578
5.2.9 Schlussfolgerung	497	5.10 Neurome	579
5.3 Verbrennungen der Hand	498	5.10.1 Einleitung	579
5.3.1 Einführung	498	5.10.2 Neuromtypen	579
5.3.2 Akutes Wundmanagement (Behandlung der Verbrennungskrankheit)	499	5.10.3 Symptome	580
5.3.3 Posttraumatische Deformitäten	505	5.10.4 Therapie	580
5.3.4 Autologer Fetttransfer, „Lipofilling“, und Konturangleichung	507	5.11 Angeborene Fehlbildungen der oberen Extremitäten	582
5.4 Vaskularisierte Knochentransplantation	509	5.11.1 Allgemeines	582
5.4.1 Freie vaskularisierte Fibulatransplantation	509	5.11.2 Syndaktylien	584
5.4.2 Gestielte vaskularisierte Knochentransplantation ..	511	5.11.3 Polydaktylien	590
5.5 Daumenrekonstruktion nach traumatischem Verlust	523	6 Spezielle Krankheitsbilder	605
5.5.1 Einleitung	523	6.1 Rheumatische Erkrankungen und operative Verfahren	606
5.5.2 Historie	523	6.1.1 Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und rheumatologische Therapie entzündlich-rheumatischer Erkrankungen	606
5.5.3 Amputationshöhe	523	6.1.2 Grundkonzepte der Rheuma-Handchirurgie	610
5.5.4 Bevorzugte Methoden des Autors	546	6.1.3 Handgelenk	615
5.6 Replantation	547	6.1.4 Grundgelenke	626
5.6.1 Einleitung	547	6.1.5 Daumen	634
5.6.2 Prognostische Faktoren bei Replantationen	547	6.1.6 Finger	638
5.6.3 Postoperatives Management	551	6.1.7 Beuge- und Strecksehnen	644
5.6.4 Besondere Replantationen	552	6.2 Tendopathien	653
5.6.5 Ergebnisse der Replantation von amputierten Fingern	554	6.2.1 Einleitung	653
5.7 Behandlungsalgorithmus bei komplexen Handverletzungen	556	6.2.2 Sehnenscheidenstenosen	653
5.7.1 Einleitung	556	6.2.3 Entzündlich-proliferative Tenosynovialitiden	668
5.7.2 Wie ist der Begriff „komplexe Handverletzung“ in der Literatur definiert?	556	6.3 Das Kompartmentsyndrom	673
5.7.3 Eigene Definition	556	6.3.1 Einleitung und Definition	673
5.7.4 Aktueller Stand vorhandener Klassifikationen komplexer Handverletzungen	556	6.3.2 Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie	673
5.7.5 Ein neuer Weg zu einer Klassifikation	557	6.3.3 Anatomie	673
5.7.6 Algorithmus zur Versorgung komplexer Handverletzungen	561	6.3.4 Stadieneinteilung	674
5.8 Handtransplantation	564	6.3.5 Akutes Kompartmentsyndrom	675
5.8.1 Einleitung	564	6.3.6 Volkmann-Kontraktur	677
5.8.2 Mythologie	564	6.3.7 Anhang: spezielle OP-Techniken	680
5.8.3 Geschichte der Fremdhandtransplantation	564	6.4 Das komplexe regionale Schmerzsyndrom (CRPS)	685
5.8.4 Transplantationsgesetze	565	6.4.1 Geschichte	685
5.8.5 Ethische Aspekte bei der Handtransplantation ..	565	6.4.2 Definition	685
5.8.6 Auswahl des Spenders	565	6.4.3 Inzidenz	685
5.8.7 Auswahl des Empfängers	565	6.4.4 Stadieneinteilung	685
5.8.8 Argumente für und gegen eine Handtransplantation	567	6.4.5 Klinisches Bild	685
5.8.9 Technische Aspekte der Operation	567	6.4.6 Diagnostik	686
5.8.10 Weltweite Erfahrung und Komplikationen	571	6.4.7 Differenzialdiagnose	686
5.8.11 Schlussfolgerung	573	6.4.8 Pathophysiologie des CRPS I	687
		6.4.9 Spezielle pathophysiologische Mechanismen	687
		6.4.10 Einflussfaktoren aus der Behandlung	688
		6.4.11 Therapie des CRPS I	689

6.4.12	Ausheilungsbild	692	7.2	Orthopädietechnische Versorgung der Hand	773
6.4.13	Prophylaxe des CRPS I und des CRPS-I-Rezidivs	692	7.2.1	Einleitung	773
6.4.14	Juristische Aspekte	695	7.2.2	Silikontechnik	773
6.4.15	Schlussfolgerung	695	7.2.3	Orthetik	779
6.5	Tumoren	696	8	Begutachtung und berufsgenossenschaftliche Heilverfahren	783
6.5.1	Einführung	696	8.1	Berufserkrankungen in der Handchirurgie	784
6.5.2	Gutartige Weichgewebs- und Hauttumoren	696	8.1.1	Allgemeine Einführung	784
6.5.3	Bösartige Weichgewebs- und Hauttumoren	699	8.1.2	BK 2 101 – Sehnenscheiden	785
6.5.4	Gutartige Knochentumoren	705	8.1.3	BK 2 103 – Vibration (Druckluftwerkzeuge)	786
6.5.5	Bösartige Knochentumoren	707	8.1.4	BK 2 104 – Vibration (Hände)	789
6.5.6	Ganglien	708	8.1.5	BK 2 106 – Nervenschädigung	791
6.5.7	Mukoidzysten	712	8.1.6	Karpaltunnelsyndrom als Berufserkrankung	792
6.6	Gefäßerkrankungen an der Hand	714	8.1.7	Hypothenar-Hammer-Syndrom (HHS) und Thenar-Hammer-Syndrom (THS) als Berufserkrankung	795
6.6.1	Einleitung	714	8.2	Heilverfahren der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)	797
6.6.2	Gefäßanatomie der Hand	714	8.2.1	Geschichte der Unfallversicherung (einschließlich Entwicklung der Handchirurgie)	797
6.6.3	Diagnostik und Untersuchung bei Gefäßerkrankungen	714	8.2.2	Die Heilverfahren der DGUV	798
6.6.4	Akute Gefäßverletzungen	716	8.2.3	Stationäre Verfahren, D-Arzt und Handchirurg	801
6.6.5	Arterielle Verschlusskrankungen	717	8.2.4	Steuerungsverfahren der DGUV	803
6.6.6	Arterielle Aneurysmen	722		Gesamtliteraturverzeichnis	807
6.6.7	Gefäßspasmen	723		Register	859
6.6.8	Vaskuläre Anomalien an der Hand	727			
6.7	Hand und Psyche	740			
6.7.1	Einführung	740			
6.7.2	Psychoreaktive Störungsbilder	740			
6.7.3	Behandlung von psychoreaktiven Störungen am Beispiel der posttraumatischen Belastungsstörung	745			
6.7.4	Diagnostik und Begutachtung	747			
6.7.5	Interdisziplinäre Zusammenarbeit	747			
7	Handrehabilitation	751			
7.1	Handtherapie (Ergo- und Physiotherapie) in der Handchirurgie	752			
7.1.1	Allgemeines und Verwaltungspraxis	752			
7.1.2	Behandlungsmethoden in der Handtherapie	754			
7.1.3	Handtherapie bei spezifischen Krankheitsbildern	761			

3.3 Frakturen der Handwurzelknochen

Hermann Krimmer

3.3.1 Kahnbein (Skaphoid)

Die Skaphoidfraktur stellt den häufigsten Bruch an der Handwurzel dar, der bevorzugt bei jungen, sportlich aktiven Männern auftritt und einen Altersgipfel zwischen 20 und 30 Jahren zeigt. Die Inzidenz wird mit jährlich 30–40 auf 100.000 angegeben, wobei Männer mit einer Relation von 5:1 deutlich häufiger betroffen sind (Duckworth et al. 2012; Hove 1999; Larsen et al. 1992). Ziel der Behandlung ist die anatomisch korrekte knöcherne Heilung.

Als gefürchtete Komplikation der Skaphoidfraktur gilt die Ausbildung einer Pseudarthrose, die langfristig zum Verlust der karpalen Höhe mit einer karpalen Gefügestörung (SNAC wrist, scaphoid nonunion advanced collapse) führt (Krimmer et al. 1997). Die harmonische Kraftübertragung ist dabei gestört und durch Druckspitzen kommt es zum Knorpelabrieb. Im Laufe von Jahren oder Jahrzehnten resultieren Schmerzen, Instabilität, Kraftverlust und Bewegungseinschränkungen, wobei am Ende das Vollbild der karpalen Arthrose steht (➤ Abb. 3.3-1).

Anatomie

Das Skaphoid bildet zusammen mit Lunatum und Triquetrum die proximale Handwurzelreihe. Es ist zu ca. 80% von Knorpel überzogen und artikuliert proximal mit dem Radius und nach distal mit Kapitatum, Trapezium und Trapezoideum (STT-Gelenk). Durch die skapholunäre Bandverbindung und die STT-Ligamente als Teil der intrinsischen Handwurzelbänder ist das Skaphoid in den karpalen Ring, bestehend aus proximaler und distaler Handwurzelreihe, eingebunden. Durch ein komplexes Zusammenspiel der intrinsischen und extrinsischen Bandsysteme passt sich die Lage des Skaphoids der jeweiligen Position des Handgelenks harmonisch an. In Radialduktion bewegt sich das Skaphoid in Flexion, während in Ulnarduktion das Skaphoid eine extendierte Stellung einnimmt und damit radiologisch auf der gesamten Länge zur Darstellung gelangt. In Neutralstellung ist das Skaphoid ca. 45° zur Längsachse geneigt. Bei einer Fraktur kommt es zum Aufbrechen des karpalen Rings und es können instabile Situationen mit

gestörtem Bewegungsablauf resultieren (Krimmer et al. 1997). Die Blutversorgung des Skaphoids erfolgt zum überwiegenden Anteil durch Blutgefäße, die in der distalen Hälfte eintreten. Hierdurch erklärt sich die langandauernde knöcherne Heilung, wobei die Problematik zunimmt, je weiter proximal die Fraktur zu liegen kommt.

Unfallmechanismus

Die häufigste Unfallursache stellt der Sturz auf die ausgestreckte Hand dar. Diese Hyperextensionstraumen werden häufig beim Fußball, Radfahren, Snow- oder Skateboardfahren sowie anderen sturzgefährdeten Sportarten beobachtet. Hochrasanztraumen können neben der Skaphoidfraktur zusätzlich zu Handwurzelluxationen (perilunäre Luxationsfrakturen) führen. Seltener kann die Skaphoidfraktur auch als Begleitverletzung einer Radiusfraktur auftreten und kann hier, ebenso wie beim polytraumatisierten Patienten, leicht übersehen werden.

Diagnostik

Unverändert stellen auch heutzutage Frakturen des Skaphoids eine Herausforderung im Hinblick auf die Diagnostik dar. Nach einem Handgelenkstrauma bedarf es einer gründlichen klinischen Untersuchung. Lässt sich dorsal ein Druckschmerz in der Tabatière oder palmar über dem distalen Kahnbeinpol nachweisen, besteht Verdacht auf eine Skaphoidfraktur, der weiter radiologisch abgeklärt werden muss. Standardaufnahmen im posterior-anterio- und seitlichen Strahlengang sind hierzu nicht ausreichend. Das Kahnbein kommt in den dorsopalmar- und seitlichen Aufnahmen der konventionellen Radiographie durch seine gekippte Lage von ca. 45° zu den drei orthogonalen Raumebenen und seine gekrümmte Form nur unvollständig zur Darstellung (Krimmer et al. 2000). Nur bei stärkerer Fragmentdislokation bzw. ausgedehnten Trümmerzonen werden Skaphoidfrakturen in diesen Projektionen sichtbar.

Eine diagnostisch wertvolle Ergänzungseinstellung ist die Aufnahme in Faustschluss und Ulnarduktion (sog. Stecher-Projektion)



Abb. 3.3-1 a) Kahnbeinpseudarthrose im mittleren Drittel; b) SNAC wrist mit fortgeschrittener Arthrose.

on, > Abb. 3.3-2a), bei der das Skaphoid filmparallel und damit in gesamter Länge frei projiziert zu liegen kommt (Stecher 1937).

Diese drei Röntgenaufnahmen sollten immer die Basis im Rahmen der Erstdiagnostik und der Verlaufskontrolle von Kahnbeinfrakturen sein. Ergänzend kann noch eine Aufnahme in Hyperpronation durchgeführt werden, die dann das sog. Kahnbeinquartett komplettiert. Diese Aufnahmen müssen nicht zuletzt auch aus forensischen Gründen in einwandfreier Qualität vorliegen und exakt ausgewertet werden, da Frakturen meist nur als sehr feine Unterbrechungen der Spongiosaarchitektur und Kortikalis zur Darstellung kommen. Zeigt sich bereits auf den Standardaufnahmen ein breiter Frakturspalt, handelt es sich in der Regel nicht um eine Fraktur, sondern um eine bereits vorbestehende Pseudarthrose, die durch das Trauma aktiviert worden ist (> Abb. 3.3-1a).

Zur weiteren Abklärung sollte grundsätzlich eine hochauflösende Computertomografie (CT) durchgeführt werden. Hiermit kön-

nen einerseits Frakturen, die auf den konventionellen Röntgenbildern nicht zur Darstellung kommen, nachgewiesen werden (> Abb. 3.3-2a, b), andererseits kann bei einer im konventionellen Röntgen sichtbaren Fraktur die Frakturmorphologie exakt eingeschätzt werden und damit die therapeutische Konsequenz festgelegt werden (> Abb. 3.3-3a, b) (Coblenz et al. 2006; Lozano-Calderon et al. 2006). Beste Ergebnisse werden mit 0,5–1 mm dicken, sequentiellen Schichten parallel zur Längsachse des Skaphoids erzielt. Hierzu muss die Hand im Winkel von 45° zur Körperlängsachse gelagert werden, damit die Scanebene parallel zur Längsausdehnung des Skaphoids verläuft (> Abb. 3.3-4a, b).

Die primäre Bilderhebung in der Längsachse des Skaphoids ist von entscheidender Bedeutung, da auch mit der hochauflösenden CT bei axialer Bildgewinnung mit sekundärer Rekonstruktion die Gefahr besteht, Frakturen zu übersehen. Durch die Verwendung von anisotropen axialen Bilddaten in der Rekonstruktion von schräg-sagittalen Schichten parallel zur Längsausdehnung des Skaphoids können Bildunschärfen und Informationsverluste entstehen. Zusätzlich kann es durch den sog. Teilvolumen-Effekt zum Übersehen einer Skaphoidfraktur kommen, wenn die axiale Schichtung des Skaphoids und der Frakturspalt parallel zueinander laufen (Schmitt 2004).

Die Magnetresonanztomografie (MRT) ist ebenfalls gut zum Nachweis einer Skaphoidfraktur geeignet und besitzt die höchste Sensitivität dahingehend, dass fehlende Signalstörungen am Skaphoid eine Fraktur mit Sicherheit ausschließen. In gleicher Projektion wie zur CT sollten Schichten unter Verwendung von Handspulen parallel zur Längsachse akquiriert werden. Insbesondere sind die sog. STIR-Sequenzen (Short Tau Inversion Recovery) sehr sensitiv für den Traumanachweis. Das traumatisierte Areal kommt dabei als Ausdruck eines Knochenmarködems signalintensiv zur Darstellung, die Frakturrisse als lineare, dunkle Signalverlustzone (Kusano et al. 2002).

Die MRT weist gegenüber der CT in der Diagnostik der Kahnbeinfraktur eine geringere Spezifität und dadurch Limitationen auf: Wie die Fraktur kommt auch die Knochenkontusion bzw. trabekuläre Mikrofraktur (sog. bone bruise) signalreich zur Darstellung. Beim Frakturachweis kann aufgrund der begrenzten Ortsauflösung die Frakturzone in der Regel schlechter beurteilt werden als mit der CT. Schließlich persistiert in den Spinecho(SE)-Sequenzen auch nach Frakturkonsolidierung regelmäßig eine lineare Zone mit herabgesetztem Signal, die fälschlicherweise zur Diagnose einer verzögerten Heilung bzw. einer Pseudarthrose führen kann (Krimmer et al. 2000). Zur Verlaufsbeurteilung ist daher die MRT nicht geeignet, da Signalveränderungen nach einer Fraktur grundsätzlich länger nachzuweisen sind, unabhängig davon, ob

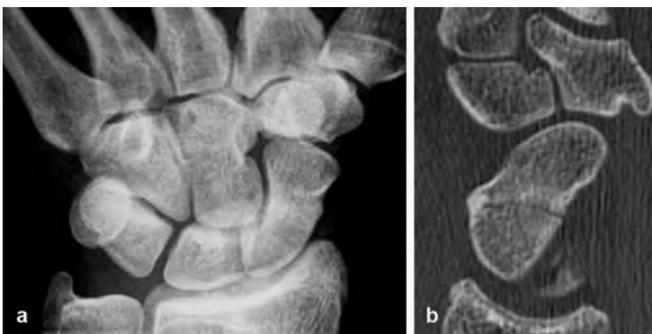


Abb. 3.3-2 a) Stecher-Projektion ohne Frakturachweis; b) im CT Nachweis einer unverschobenen Fraktur (B2) im mittleren Drittel.



Abb. 3.3-3 a) Stecher-Projektion mit Frakturachweis im mittleren Drittel; b) im CT Nachweis der Dislokation, Klassifikation als instabile B2-Fraktur.

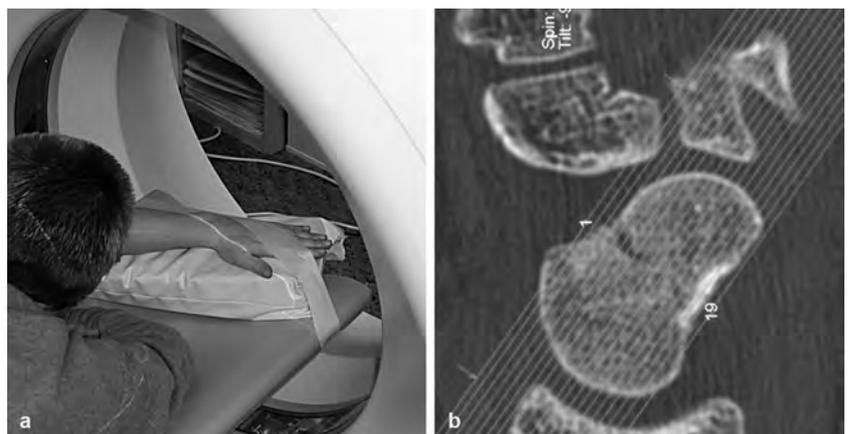


Abb. 3.3-4 a) Lagerung der Hand im Winkel von 45° zur Körperlängsachse; b) Planungsbild der Scanebene parallel zur Längsausdehnung des Skaphoids.

eine verzögerte oder fehlende Knochenheilung oder eine Konsolidierung der Fraktur vorliegt.

Primär sollte daher zur Abklärung einer Skaphoidfraktur die CT in korrekter Technik zur Anwendung kommen, da sie mit hoher Sicherheit den Nachweis oder Ausschluss einer Fraktur und durch die exakte Beurteilung der Frakturmorphologie auch die Therapieplanung ermöglicht. Die MRT sollte Ausnahmesituationen vorbehalten werden.

Frakturklassifizierung

Für ein differenziertes Therapiekonzept bedarf es einer Klassifikation der Frakturen mit entsprechender therapeutischer Konsequenz. Diesen Anforderung werden Einteilungen wie die Russe- oder die AO-Klassifikation nicht gerecht.

In Anlehnung an die von **Herbert** empfohlene Klassifikation werden die Frakturen als stabil oder instabil eingeteilt (Herbert 1990; Herbert und Fisher 1984). **Stabil** steht hierbei für ein hohes Heilungspotenzial unter konservativer Therapie und **instabil** für ein reduziertes Heilungspotenzial und damit ein erhöhtes Risiko für die Entstehung einer Pseudarthrose. Schwierigkeiten bereitete bisher die Differenzierung, da die Herbert-Klassifikation auf der Auswertung konventioneller Röntgenbilder basiert. In diesem Zusammenhang muss auch die inkomplette Fraktur (A2) in Frage gestellt werden, da diese möglicherweise auf den konventionellen Aufnahmen nur nicht komplett zur Darstellung kommt.

Die Zuordnung aufgrund des Röntgenbildes ist nicht immer eindeutig möglich, da Dislokationen oder Trümmerzonen schwierig zu erkennen sind. Dies wird von Filan und Herbert bestätigt (1996), die bei der Versorgung von 82 frischen Kahnbeinfrakturen eine nur geringe Korrelation zwischen präoperativem Röntgenbefund und intraoperativem Befund nachweisen konnten und in mehr als einem Drittel eine nicht vermutete Instabilität mit Dislokation oder Interposition von Kapselbandgewebe fanden. Sie leiten daraus ab, dass die Therapie einer Skaphoidfraktur sich nicht ausschließlich auf das Röntgenbild stützen sollte.

Wir sehen daher unser Vorgehen bestätigt, dass bei Verdacht auf oder bereits im Röntgen nachgewiesener Kahnbeinfraktur grundsätzlich eine Computertomografie durchgeführt werden sollte und aufgrund dieses Befundes eine Klassifikation nach Stabilitätskriterien vorgenommen wird. Ein weiterer Vorteil bei diesem Vorgehen ist darin zu sehen, dass bei dringendem Verdacht und fehlendem Nachweis im Röntgen frühzeitig eine Diagnose gestellt werden kann. Nicht selten versäumt der Patient aufgrund fehlender Symptome nach initialer Gipsbehandlung eine erneute Kontrolle und kommt erst wieder mit etablierte Pseudarthrose oder Spätfolgen mit Arthrose aufgrund des karpalen Kollaps zur Behandlung. Diese Patienten erscheinen damit auch nicht in den Nachuntersuchungen nach konservativer Behandlung.

Die Einstufung sollte daher basierend auf dem CT erfolgen. Eine quer zur Längsachse nachweisbare Frakturlinie im mittleren oder distalen Drittel, die auf allen CT-Schnitten einen glatten Verlauf zeigt, würden wir daher als stabil im Sinne einer A2-Fraktur ansehen (➤ Abb. 3.3-2b), während bei klaffendem Spalt oder auch bereits umschriebener Trümmerzone, die meist im Röntgenbild nicht nachweisbar sind, von Instabilität und damit verlängerter Heilung auszugehen ist.

Frakturen mit Verschiebungen von mehr als 1 mm oder mit Trümmerzonen im mittleren Drittel (B2, ➤ Abb. 3.3-3b) und lange Schrägfrakturen (B1) gelten als instabil und sollten operativ

Tab. 3.3-1 Frakturklassifikation in Anlehnung an Herbert und CT-Befund (Karle et al. 2005; Krimmer et al. 2000)

Typ A	Stabile Frakturen
A1	Tuberkelfrakturen
A2	Undislozierte Frakturen mit queren Verlauf im mittleren oder distalen Drittel
Typ B	Instabile Frakturen
B1	Lange Schrägfrakturen
B2	Dislozierte oder klaffende Frakturen
B3	Frakturen des proximalen Drittels
B4	Transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur

versorgt werden, ebenso wie Frakturen mit begleitenden Instabilitäten, wie es bei der perilunären Luxationsfraktur (B4) grundsätzlich der Fall ist. Gleiches gilt für alle Frakturen im proximalen Drittel (B3), unabhängig ob mit oder ohne Dislokation, da sie aufgrund der prekären Durchblutungssituation ebenfalls ein reduziertes Heilungspotenzial aufweisen und damit operativ stabilisiert werden sollten (Karle et al. 2005).

Unverschobene Frakturen im mittleren Drittel (A2), unabhängig ob der Frakturverlauf komplett oder partiell zur Darstellung kommt, gelten ebenso wie Frakturen im distalen Drittel (A1) als stabil und können konservativ behandelt werden. Eine operative Indikation für Frakturen im distalen Drittel besteht nur bei massiver Dislokation.

Einen interessanten Ansatz zur prognostischen Einschätzung der Heilung einer Skaphoidfraktur lieferten Dawson und Mitarbeiter (2001). Sie untersuchten prospektiv mittels MRT die Durchblutungsaktivität des proximalen Fragmentes nach einer frischen Fraktur. Eine Korrelation im Hinblick auf die Heilungsrate unter konservativer Behandlung konnte nicht nachgewiesen werden, sodass dieses Vorgehen bei der frischen Fraktur keine klinische Relevanz hat, im Gegensatz zur Einschätzung der Durchblutung bei der operativen Behandlung einer Kahnbeinpseudarthrose.

Therapie

Unverändert stellt die **konservative Behandlung** der frischen Kahnbeinfraktur noch ein weitverbreitetes Therapiekonzept dar. Die hohe Heilungsrate und die anspruchsvolle Technik der operativen Versorgung mit zahlreichen Komplikationsmöglichkeiten scheinen dafür zu sprechen (Schädel-Höpfner 2010). Demgegenüber stehen die sehr lange notwendige Gipsimmobilisation von meist bis zu zwölf Wochen und ein Restrisiko für das Entstehen einer Pseudarthrose, das mit bis zu 23 % angegeben wird (Duckworth et al. 2012). Die unverändert hohe Anzahl von Patienten mit Kahnbeinpseudarthrosen oder Spätfolgen mit karpalem Kollaps (SNAC Wrist) weist nicht selten eine initiale Gipsbehandlung auf und lässt die rein konservative Behandlung fragwürdig erscheinen.

Einem differenzierten Therapiekonzept, das auf der Einteilung der Frakturen in stabil und instabil basiert, muss daher gefolgt werden. Hieraus sollte sich wie auch bei anderen Frakturen folgende therapeutische Konsequenz ableiten: Instabile Frakturen sollten wegen der notwendigen langen Immobilisation und einem erhöhten Risiko der ausbleibenden knöchernen Heilung operativ versorgt werden, stabile Frakturen sollten konservativ oder mit dem Vorteil der Frühmobilisierung ebenfalls operativ behandelt werden können.

Als häufige Sportverletzung bei jungen Patienten werden die Ansprüche an eine erfolgreiche Therapie mit möglichst rascher Heilung offenkundig. Der Gipsmarathon über drei Monate oder länger, wie er lange Standard war, ist für die überwiegend jungen Patienten auch unter ökonomischen Aspekten problematisch.

Konservative Behandlung – stabile Frakturen

Die Diskussion Oberarm- versus Unterarmgips wurde lange Zeit kontrovers geführt. Gellmann (1989) berichtet über eine raschere Heilung und geringere Pseudarthrosenrate, wenn initial ein Oberarmgipsverband angelegt wird. Im Gegensatz hierzu steht die hohe Heilungsrate bei Unterarmgipsverband, die von anderen Autoren berichtet wird (Bond et al. 2001; Saeden et al. 2001; Vinnars et al. 2008). Nach eindeutiger Klassifikation als stabile nicht verschobene Fraktur, basierend auf dem CT, ist eine Ruhigstellung im Unterarmgipsverband ausreichend. Ein Oberarmgipsverband wäre nur in Ausnahmefällen angezeigt, falls eine instabile Fraktur aufgrund einer Kontraindikation nicht operativ, sondern konservativ behandelt werden muss.

Die Mitteilungen in der Literatur über den Einschluss des Daumens sind widersprüchlich. Clay und Kollegen (1991) konnten bei 121 Frakturen, die mit oder ohne Daumeneinschluss behandelt wurden, keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der knöchernen Heilung nachweisen. Dennoch bevorzugen und empfehlen wir den Einschluss des Daumens bis zum Grundgelenk, wobei das Endgelenk frei bleiben sollte, da ansonsten bei den überwiegend jungen und aktiven Patienten die Gefahr zu frühzeitiger Belastung droht.

Nach sechs Wochen sollte die erste Röntgenkontrolle erfolgen, die eine Spezialprojektion in Form der Stecher-Aufnahme beinhalten muss. Bei Zeichen des Durchbaus erfolgt Freigabe und Krankengymnastik. Bei noch einsehbarer Fraktur sollte eine CT-Kontrolle erfolgen, um zu entscheiden, ob eine weitere Ruhigstellung notwendig ist oder ob ggf. ein Verfahrenswechsel zur Operation angezeigt ist (Dias et al. 1988).

Operative Behandlung – instabile Frakturen

Da mehr als zwei Drittel der Oberfläche von Knorpel überzogen sind, war bei konventionellen OP-Techniken wie Kirschner-Draht-Fixierung, herkömmlichen Schrauben und Miniplättchen immer eine Metallentfernung erforderlich, um Knorpelschäden zu vermeiden. Eine Frühmobilisierung war damit praktisch ausgeschlossen. Zusätzlich erschwerten die gekrümmte Form und die geringe Größe des Kahnbeins die exakte Platzierung, sodass Fehllagen und zusätzliche Schädigungen gehäuft auftraten. Die operative Behandlung war daher offenen oder stark dislozierten Frakturen vorbehalten.

Durch das Prinzip der intraossären Verschraubung, das von Tim Herbert mit Einführung der kopflosen Doppelgewindeschraube (Herbert-Schraube) realisiert wurde, konnte hier ein einschneidender Fortschritt erzielt werden (Herbert und Fisher 1984). Durch Weiterentwicklung und durch die Einführung kanülierter Schrauben wurde das Prinzip weiter verbessert (Herbert und Krimmer 2000). Mittlerweile stehen uns kanülierte Schrauben zur Verfügung, die selbstbohrend und gewindeschneidend sind. Je nach Fragmentgröße und gewünschter Kompression kann die entsprechende Schraube gewählt werden (➤ Abb. 3.3-5).



Abb. 3.3-5 Kanülierte Midi- und Mini-HBS(headless bone screw)-Schrauben der Fa. KLS Martin.

Die operative Technik zur Stabilisierung einer Kahnbeinfraktur ist durch den Zugangsweg und die Art des Osteosynthesematerials gekennzeichnet. Der Zugang richtet sich nach der Frakturlokalisation. Einigkeit besteht, dass Frakturen im proximalen Drittel anteroposterior von dorsal verschraubt werden. Wir bevorzugen ein offenes Vorgehen, da das Weichteiltrauma gering ist und im Gegensatz zur minimalinvasiven Technik hierdurch eine gute Übersicht über die Fraktur und das kleine proximale Fragment gelingt. Die Schraube kann dann durch das proximale Fragment exakt platziert werden (Krimmer 2002).

Der Hautschnitt erfolgt schräg über dem radiokapitoidalen Gelenkabschnitt. Nach Darstellung des Retinaculum extensorum wird das zweite und dritte Strecksehnenfach im distalen Anteil eröffnet. Zwischen radialen und ulnaren Handgelenksstrecker wird die Handgelenkskapsel inzidiert und der proximale Kahnbeinpol dargestellt. Hierzu ist die maximale Flexion des Handgelenks von entscheidender Bedeutung, um eine gute Übersicht über die Fraktur zu erzielen.

Als Implantat eignet sich die Mini-Herbert-Schraube, da sie der Größe des Fragmentes angepasst ist und subchondral versenkt werden kann. Auch die Mini-Herbert-Schraube steht zwischenzeitlich in kanülierter Form für einen 0,9 mm Kirschner-Draht zur Verfügung und kann über einen in der Längsachse des Skaphoids platzierten Führungsdraht eingebracht werden. Als Zielorientierung für diesen Führungsdraht ist die Verlängerung des Daumenstrahls in Abduktion hilfreich (➤ Abb. 3.3-6). Je nach Größe des Fragmentes kommen Schraubenlängen von 16–22 mm Länge zum Einsatz.

Frakturen im mittleren Drittel können ebenfalls über einen dorsalen oder einen palmaren Zugang versorgt werden. Mit beiden Methoden kann eine korrekte intraossäre Schraubenplatzierung erzielt werden (Slade et al. 2002; Soubeyrand et al.). Wir bevorzugen den palmaren Zugang mit Überstreckung des Handgelenks, da die Beurteilung im Röntgen einfacher ist, kein Risiko für Abkipfung des distalen Fragmentes nach palmar besteht, wie es beim dorsalen Zugang in Beugung auftreten kann, und der kräftigere Schraubenkopf im besser durchbluteten distalen Areal zu liegen kommt (Moser et al. 2003). Dislozierte Frakturen, die geschlossen nicht reponiert werden können, erfordern die Reposition nach der Joy-Stick-Methode oder ein offenes Vorgehen. Liegt eine Trümmerzone mit Verkürzung vor, sollte zur Abstützung eine primäre Spongiosoplastik mit Aufrichtung durchgeführt werden. Kanülierte Schrauben werden über einen Führungsdraht in Freihandtechnik platziert.

Die Mehrheit der Frakturen kann **minimalinvasiv** versorgt werden. Die exakte permanente Bildwandlerkontrolle ist hier von entscheidender Bedeutung und kann realisiert werden, indem zu



Abb. 3.3-6 a) Dorsaler Zugang mit Einbringen der Schraube durch das proximale Fragment; b) und c) implantierte Mini-Herbert-Schraube parallel zur Längsachse des Skaphoids.

Beginn der Bildwandler im vertikalen Strahlengang gegenüber dem Operateur positioniert wird und während der gesamten Operation in dieser Stellung verbleibt. Assistent und Schwester sitzen am Ende des Handtisches. Das Handgelenk wird auf einer röntgentransparenten Unterlage in Überstreckung gelagert.

Nach Lokalisation des STT-Gelenks erfolgt eine ca. 8 mm lange Hautinzision und danach das stumpfe Aufspreizen des STT-Gelenks mit der Schere. Meist entleert sich danach reichlich Frakturhämatom. Mit Hilfe einer speziellen Zielhülse, die aufgrund ihres geringen Durchmessers im STT-Gelenk radialseitig platziert werden kann wird ein Führungsdraht unter Bildwandlerkontrolle in der Längsachse des Skaphoids in einem Winkel von ca. 45° bis zum proximalen Ende eingebracht. Wichtig ist die Lagekontrolle in der seitlichen Projektion, da bei zu flachem Verlauf eine unzureichende Fixation resultiert und bei zu steilem Verlauf das proximale Fragment nicht ausreichend gefasst wird und die Schraube dorsal überstehen kann.

Die Schraubenlängen liegen im Normalfall zwischen 22 mm und 26 mm. Im Zweifelsfall sollte die Schraube eher 2 mm kürzer gewählt, um ein dorsales Überstehen zu vermeiden. Die komplette intraossäre Lage der Schraube muss mit dem Bildwandler überprüft werden.

Wir verwenden eine Schraube in kanülierter Form (Midi 1,1 mm) mit dem Design der ursprünglichen Herbert-Schraube (HBS-System). Ist der Bildwandler während des gesamten Eingriffs gegenüber dem Operateur platziert, kann das korrekte Einbringen des Führungsdrahtes jederzeit durch Röntgenkontrolle überprüft werden (> Abb. 3.3-7, Abb. 3.3-8) (Krimmer 2003; Moser et al. 2003).

Beim offenen Vorgehen erfolgt ein leicht konvex gebogener Hautschnitt beginnend am STT-Gelenk, der in Verlängerung der FCR-Sehne fortgeführt wird. Hierbei ist auf den kreuzenden Ast der A. radialis zu achten, der möglichst erhalten werden sollte. Falls keine ausreichende Mobilisierung möglich ist, erfolgt die Durchtrennung zwischen Ligaturen, die radialseitigen Anheftungen der Kapsel müssen erhalten bleiben, da hier die einsprossenden Blutgefäße zum Skaphoid verlaufen. Nach Eröffnen des vorderen Sehnnenscheidenblattes wird die FCR-Sehne nach ulnar weggehalten und die palmare Kapsel mit einem Teil der extrinsischen Ligamente durchtrennt. Die proximalen Bandanteile (radioskapulolunäres Band, RSL) sollten ebenfalls erhalten bleiben, da ihre Durchtrennung bei der Verwendung kanülierter Schrauben nicht erforderlich ist und sie zur Stabilisierung des Skaphoids beitragen.

Probleme bereiten besonders diejenigen Frakturen, die verspätet diagnostiziert werden. Hier stellt sich die Frage, nach welcher

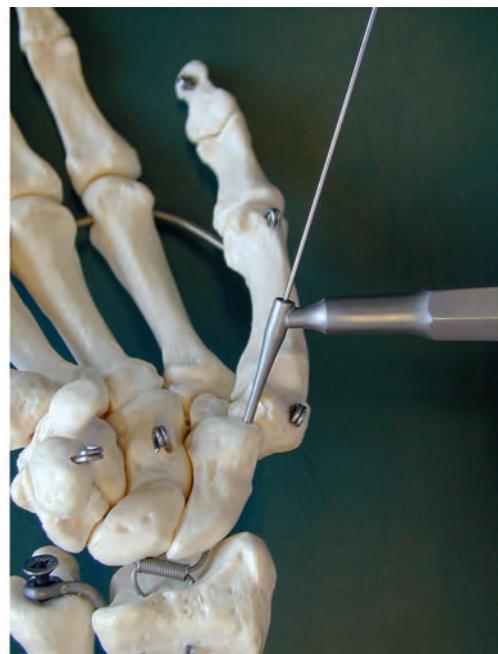


Abb. 3.3-7 Führungsinstrument für die perkutane Verschraubung.

Zeit eine konservative Behandlung im Gips noch erfolgversprechend erscheint. Nach einer Zeitspanne von mehr als vier Wochen sollte grundsätzlich eine operative Versorgung erfolgen, um der Entstehung einer Pseudarthrose vorzubeugen.

Die operative Versorgung bleibt auch mit kanülierten Schrauben anspruchsvoll und setzt ausreichend Erfahrung voraus, um Fehlschläge zu vermeiden. Nicht vergessen werden darf, dass man bei Operation einer stabilen Fraktur mit dem Ziel der Frühmobilisation unter Erfolgsdruck steht, um Vorteile gegenüber der konservativen Behandlung zu schaffen (Schädel-Hopfner et al. 2010). Gelingt es wegen anatomischer Besonderheiten des Kahnbeins auch bei mehreren Anläufen nicht, eine Schraube zu platzieren, sollte besser auf Kirschner-Drähte mit dann 6-wöchiger Ruhigstellung ausgewichen werden, um eine übermäßige Traumatisierung des Kahnbeins zu vermeiden.

Im Hinblick auf die Ruhigstellungsdauer nach operativer Versorgung halten wir ein differenziertes Vorgehen für angezeigt. Minimalinvasiv versorgte Frakturen bedürfen keiner zusätzlichen Gipsruhigstellung. In Abhängigkeit von der postoperativen Schmerzsituation kann für ein bis zwei Wochen eine Gipsruhigstellung erfolgen,



Abb. 3.3-8 a) Minimalinvasive Verschraubung: eingebrachter Führungsdraht; b) Hautinzision; c) knöcherner Heilung nach sechs Wochen.

länger jedoch nicht. Frakturen, die in offener Technik versorgt werden, immobilisieren wir zur Heilung der Kapselbandstrukturen für mindesten zwei Wochen im Unterarmgipsverband, wobei bei ausgedehnter Dislokation oder Trümmerzonen dieser Zeitraum auf bis zu sechs Wochen verlängert wird. Aufgrund der hohen Heilungsrate nach operativer Versorgung bei deutlich verkürzter Immobilisationsdauer sehen wir dieses Therapiekonzept bestätigt.

Ergebnisse

In zahlreichen Arbeiten werden für die konservative Behandlung unverschobener stabiler Frakturen hohe Heilungsraten von nahezu 100 % berichtet (Vinnars et al. 2008). In zwei prospektiven Studien ohne Differenzierung zwischen stabiler oder instabiler Fraktur berichten Dawson und Kollegen (2001) über eine Pseudarthrosenrate von 12 % und Dias und Kollegen (2005) über eine ausbleibende knöcherner Durchbauung bei 23 % der Frakturen nach zwölf Wochen, die dann der operativen Versorgung zugeführt wurden.

Die Heilungsrate mit Nachweis knöcherner Durchbauung nach operativer Versorgung schwankt zwischen 96 % und 100 % und kann als sehr hoch angesehen werden (Bond et al. 2001; Haddad und Goddard 1998; Inoue und Shionoya 1997). Dies deckt sich mit unseren eigenen Ergebnissen (Krimmer et al. 2000). Aufgrund der anspruchsvollen Technik ist ein standardisiertes Vorgehen wichtig. Liegt die Fraktur längere Zeit zurück, bevorzugen wir bei mehr als vier Wochen ein offenes Vorgehen, da wir bei verspäteter Versorgung mit minimalinvasiver Technik zwei Fehlschläge beobachten mussten. Wahrscheinlich wäre hier bereits eine Spongiosoplastik erforderlich gewesen.

Von der Mehrzahl der Autoren wird eine frühere Heilung im Röntgenbild und schneller Funktionswiederkehr und rascherer Rückkehr an den Arbeitsplatz nach operativer Stabilisierung berichtet (Schädel-Höpfner et al. 2010). Im Gegenzug dazu muss das operative Risiko in Kauf genommen werden. Als Hauptrisiko müssen Schraubenfehlagen mit Notwendigkeit der Metallentfernung sowie Narbenprobleme angesehen werden. Saeden und Kollegen (2001) sowie Vinnars und Kollegen (2008) berichten in zwei Langzeitstudien über den gehäuft Nachweis arthrotischer Veränderungen im STT-Gelenk. Die wesentliche Ursache zu sein, dass diese Patienten noch nach der offenen Methode mit breiter Eröffnung des STT-Gelenks operiert wurden. Für die minimalinvasive Technik spielt dieses Problem keine Rolle, da die STT-Ligamente überwiegend erhalten bleiben.

Fazit

Ein CT in der Längsachse des Kahnbeins sollte bei Verdacht auf eine Skaphoidfraktur grundsätzlich zum Nachweis oder Ausschluss einer Fraktur durchgeführt werden. Die Einstufung als stabile oder instabile Fraktur entscheidet über das Behandlungskonzept. Als Konsequenz sollten alle instabilen Frakturen minimalinvasiv oder offen operativ versorgt werden. Die frühzeitige Diagnose und sofortige Therapie nach Stabilitätskriterien liefert die Voraussetzung für ein erfolgreiches Therapiekonzept.

3.3.2 Kapitatum

Frakturen des Kapitatum sind selten und treten meist im Zusammenhang mit komplexen Traumen wie perilunären Luxationsfrakturen auf. Eine CT ist zur exakten Beurteilung des Fragmentes, das häufig verdreht ist, unverzichtbar. Meist liegen Abscherungen des Kapitatumkopfes vor. Die operative Stabilisierung erfolgt bevorzugt durch Mini-Herbert-Schrauben in anterograder Richtung. Alternativ können auch herkömmliche Minischrauben in retrograder Richtung verwendet werden (➤ Abb. 3.3-9).

3.3.3 Triquetrum

Frakturen des Triquetrums liegen meist als Abscherfrakturen im dorsalen Bereich vor. Hierbei handelt es sich um knöcherner Bandausrisse im Ansatzgebiet der dorsalen extrinsischen Ligamente (dorsales V-Band). Die Behandlung ist überwiegend konservativ mit Gipsruhigstellung für ca. vier bis sechs Wochen, wobei von einer länger anhaltenden Beschwerdesymptomatik von bis zu drei Monaten ausgegangen werden muss (➤ Abb. 3.3-10). Zur exakten morphologischen Beurteilung ist eine CT notwendig. Im Falle einer Instabilität oder bei größeren Fragmenten mit Dislokation ist eine operative Stabilisierung mit Minischrauben indiziert.

3.3.4 Lunatum

Frakturen des Lunatum sind selten und es ist hierbei schwierig zu entscheiden, ob es sich um eine frische Fraktur handelt oder ob die Fraktur infolge repetitiver Traumen bei vorgeschädigter Knochen-

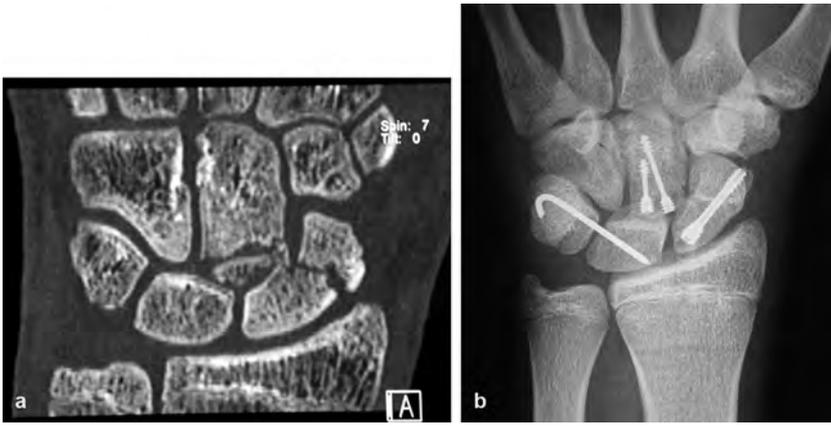


Abb. 3.3-9 a) Transkapitale transskaphoide perilunäre Luxationsfraktur mit verdrehtem Fragment am Kapitulumkopf; b) Stabilisierung durch zwei Mini-Herbert-Schrauben.

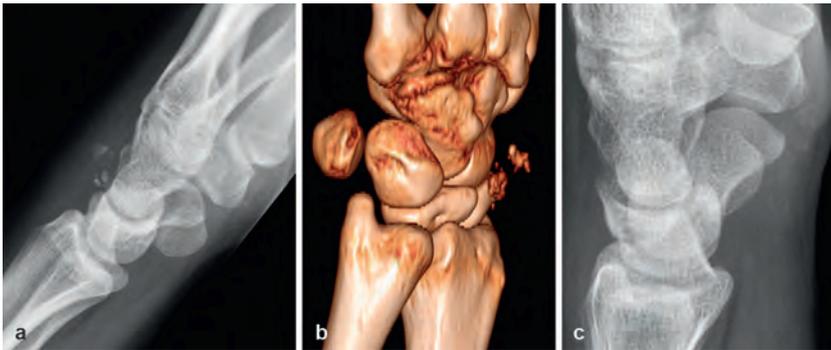


Abb. 3.3-10 a) Triquetrum: Abscherungsfraktur bei knöchernem Bandausriss; b) Darstellung im 3D-CT; c) vier Monate nach konservativer Behandlung.



Abb. 3.3-11 Lunatumfraktur. a) pa Röntgenbild: Form erhalten, beginnende mediokarpale Arthrose; b) MRT: T1-reduziertes Fettmarksignal; c) MRT: coronar FATSAT Kontrastmittel; d) vertikaler Frakturverlauf im CT.

struktur durch Lunatumnekrose entstanden ist. Neben einer exakten Anamnese sind daher, zusätzlich zur konventionellen Röntgendiagnostik, die CT und eine MRT mit Kontrastmittel zur Abklärung erforderlich. Ist die Form erhalten und im MRT eine zumindest partielle Perfusion nachzuweisen, kann von einer Fraktur als Traumafolge ausgegangen werden (> Abb. 3.3-11). Die Frak-

turen entstehen gewöhnlich durch axiale Kompression zwischen Kapitulumkopf und Radius und werden als vertikale Frakturen oder Abscherungsfrakturen des Hinterhorns diagnostiziert. Bei Nachweis einer Dislokation oder Pseudarthrose sollte eine operative Stabilisierung durch Minischrauben erfolgen.

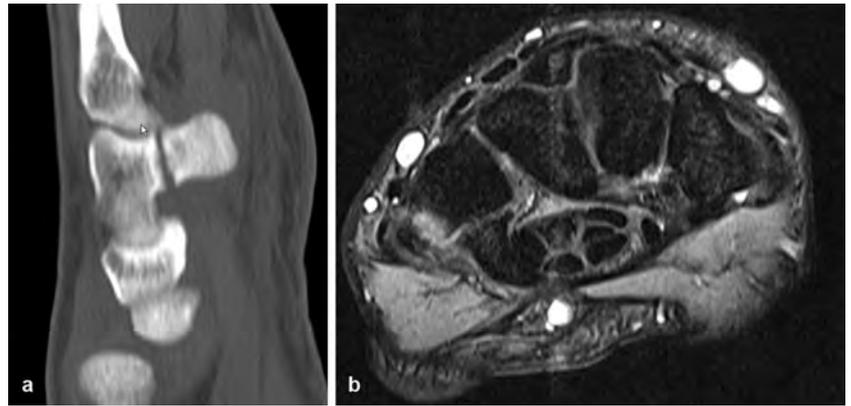


Abb. 3.3-12 a) CT sagittal und b) MRT FATSAT axial mit Nachweis einer Hamatumfraktur.

3.3.5 Hamatum

Frakturen des Hamatums betreffen überwiegend den Hamulus und werden nicht selten übersehen, da sie auf konventionellen Röntgenaufnahmen infolge der anatomischen Lage nicht zu erkennen sind. Meist klagt der Patient nach einem Sturz auf die ausgestreckte Hand über ulnarseitige Schmerzen am Hypothenar, die durch Druck auf den Hamulus verstärkt werden. Sensibilitätsstörungen an Klein- und Ringfinger bedingt durch Schwellung mit lokaler Kompression können ebenfalls durch eine Hamulusfraktur ausgelöst werden, da der sensible Anteil des N. ulnaris an der Innenseite des Hamulus verläuft. Die Diagnose kann durch eine konventionelle Röntgenaufnahme des Karpalkanals in Überstreckung gestellt werden. Zur sicheren Abklärung sollte eine CT durchgeführt werden, mit der die Diagnosestellung und morphologische Darstellung am besten gelingt (➤ Abb. 3.3-12).

Frische Frakturen ohne Dislokation werden konservativ durch Ruhigstellung im Unterarmgipsverband für sechs Wochen behandelt. Dislozierte Frakturen werden bei ausreichender Größe des Fragmentes operativ mit Minischrauben stabilisiert, um eine Pseudarthrose zu vermeiden. Bei verzögerter Diagnosestellung mit Ausbildung einer Pseudarthrose kann alternativ die Resektion des Fragmentes erfolgen.

3.3.6 Trapezium und Trapezoideum

Frakturen des Trapezium und Trapezoideum sind selten. Die Diagnose und Frakturmorphologie werden durch die CT-Untersuchung erfasst. Im Falle einer Dislokation mit größeren Fragmenten sollte Reposition und operative Stabilisierung durch Minischrauben erfolgen.

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

- Dias JJ, Wildin CJ, Bhowal B, Thompson JR. Should acute scaphoid fractures be fixed? A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2005, 87: 2160–8.
- Herbert TJ, Krimmer H. Scaphoid fractures-internal fixation using the Herbert screw system. In: Gelberman RH (Ed.) *Master techniques in orthopaedic surgery: The wrist 2nd Edition.* New York, Raven Press, 2000: 87–104.
- Karle B, Mayer B, Kitzinger HB, Frohner S, Schmitt R, Krimmer H. Kahnbeinfrakturen – Operative oder konservative Behandlung? Eine CT-basierte Klassifikation. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2005, 37: 260–6.
- Krimmer H, Krapohl B, Sauerbier M, Hahn P. Posttraumatischer karpaler Kollaps. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 1997, 29: 228–33.
- Krimmer H, Schmitt R, Herbert T. Kahnbeinfrakturen – Diagnose, Klassifikation und Therapie. *Der Unfallchirurg.* 2000, 103: 812–9.
- Krimmer H. Management of acute fractures and nonunions of the proximal pole of the scaphoid. *J Hand Surg Br.* 2002, 27: 245–8.
- Krimmer H. Scaphoid fracture repair using the Herbert screw system (HBS). *Atlas of the Hand Clinics.* 2003, 8: 57–66.
- Kusano N, Churei Y, Shiraishi E, Kusano T. Diagnosis of occult carpal scaphoid fracture: a comparison of magnetic resonance imaging and computed tomography techniques. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2002, 6: 119–23.
- Moser VL, Krimmer H, Herbert TJ. Minimal invasive treatment for scaphoid fractures using the cannulated Herbert screw system. *Tech Hand Up Extrem Surg.* 2003, 7: 141–6.
- Schädel-Höpfner M, Marent-Huber M, Sauerbier M, Pillukat T, Eisenschenk A, Siebert HR. Operative versus konservative Behandlung von unverschobenen Kahnbeinfrakturen. Ergebnisse einer Multicenter Kohort Studie. *Der Unfallchirurg.* 2010, 113: 804, 6–13.

3.8 Distales Radioulnargelenk (DRUG)

Michael Sauerbier, Olaf Wölfle

3.8.1 Einleitung

Das distale Radioulnargelenk (DRUG) wurde lange Zeit wenig beachtet, und seine Pathologie war im Gegensatz zu den in unmittelbarer Nähe befindlichen Radiokarpal- und Mediokarpalgelenken nicht Gegenstand ausgiebiger Forschung. Grund dafür war die Ansicht, dieses Gelenk sei lediglich ein zusätzliches Element der gesamten Handgelenk-Unterarm-Funktion.

Inzwischen wurde jedoch klinisch und experimentell nachgewiesen, dass das DRUG einer der Hauptstabilisatoren des Unterarms ist. Neben der Membrana interossea antebrachii, der Unterarmmuskulatur und dem proximalen Radioulnargelenk (PRUG) ist es maßgeblich an der stabilen Umwendbewegung des Unterarms beteiligt. Diese Bewegungen – Pro- und Supination – sorgen für die nötige Freiheit, die Hand entsprechend einsetzen zu können (Van Schoonhoven et al. 2000; Linscheid 1992; Sauerbier und Unglaub 2009).

Eine gestörte oder schmerzhafte Beweglichkeit der Unterarmdrehbewegung wird von den betroffenen Patienten als starke Beeinträchtigung ihrer Lebensqualität wahrgenommen. Während Pronationsbehinderungen in gewissem Grad durch Abduktion des Arms im Schultergelenk ausgeglichen werden können, kann eine Einschränkung der Supinationsbewegung nicht in anderen Gelenken kompensiert werden und führt damit zu einem wesentlichen Verlust der Armfunktion.

Da die Drehbewegung des Unterarms durch eine gleichzeitige Rotation im proximalen und distalen Radioulnargelenk, welche durch Radius und Ulnaschaft miteinander gekoppelt sind, gewährleistet wird, können Bewegungsstörungen der Unterarmdrehbewegung sowohl auf Störungen im proximalen oder im distalen Radioulnargelenk als auch auf Achsabweichungen der langen Unterarmknochen sowie Verletzungen der komplexen, für die Gelenkstabilität verantwortlichen Weichteilstrukturen beruhen.

Da es das primäre Ziel sein muss, die Anatomie und Funktion der Unterarmdrehbewegung möglichst genau zu rekonstruieren, ist sowohl bei klinischen Beschwerden nach frischen Verletzungen als auch bei arthrotischen Deformitäten eine exakte Röntgen- und Funktionsanalyse der beteiligten Gelenke und der Weichteilstrukturen unabdingbar.

3.8.2 Anatomie und Biomechanik

Die Konkavität der Incisura ulnaris des Radius und die Konvexität der Circumferentia articularis am Ulnakopf formen das DRUG. Den zentralen Teil des ulnokarpalen Komplexes bildet der sog. TFCC (= triangulärer fibrocartilaginärer Komplex). Für die Komplexität der Bewegungen und die Stabilität des DRUG sind die

radioulnaren und ulnokarpalen Bänder, der Meniscus ulnocarpalis, die Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris (ECU), das Lig. collaterale carpi ulnare sowie weitere akzessorische Bänder zuständig.

Radius und Ulna führen während der Pro- und Supination Rotations- und Translationsbewegungen durch, die durch die Kongruenz ihrer Gelenkoberflächen begünstigt werden. Kommt es zu Verletzungen von wichtigen Strukturen bzw. Stabilisatoren des DRUG, führt dies unbehandelt mittel- oder langfristig zu schmerzhafter Arthrose mit Einschränkung von Kraft und Beweglichkeit im Handgelenk.

Die Unterarmdrehbewegung findet sowohl im proximalen als auch im distalen Radioulnargelenk statt. Radius und Ulna sind durch die Membrana interossea miteinander gekoppelt. Die Ulna stellt dabei die fixierte Längsachse des Unterarms dar, während sich der Radius um die Ulna dreht. Während im proximalen Radioulnargelenk eine reine Drehbewegung des Radiuskopfs gegenüber der Ulna stattfindet, findet im DRUG neben der Rotation des Radius um den Ulnakopf herum eine zusätzliche Translationsbewegung statt, wobei der Radius in der Pronation eine Bewegung nach proximal-palmar, in der Supination nach distal-dorsal vollführt (Van Schoonhoven und Prommersberger 2009) (> Abb. 3.8-1).

Neben direkten Verletzungen des proximalen oder distalen Radioulnargelenks führt auch jede Verletzung, aus der eine Änderung der Achsausrichtung von Radius oder Ulna resultiert, zu einer Störung der Unterarmdrehbewegung. So führt bereits eine Fehlstellung der Unterarmknochen von 20° im mittleren Drittel zu einem Verlust der Unterarmdrehbewegung von 30° (Matthews et al. 1982).

Wesentlich für einen störungsfreien Funktionsablauf der Unterarmdrehbewegung ist die Stabilität des Systems aus knöchernen und ligamentären Strukturen (Af Ekenstam und Hagert 1985; Schuind et al. 1991). Während die Stabilität des proximalen Radioulnargelenks im Wesentlichen durch das Lig. anulare und die Stabilität des Unterarmsystems durch die Membrana interossea gewährleistet wird (Skahan et al. 1997; Nakamura et al. 1999), erfolgt die Stabilisation des distalen Radioulnargelenks über ein ausgesprochen komplexes System unterschiedlicher Weichteilstrukturen.

Hauptstabilisator ist hierbei der ulnokarpale Bandkomplex (TFCC), der palmar durch das Lig. radioulnare palmare sowie weiter proximal durch den M. pronator quadratus verstärkt wird. Die streckseitige Weichteilstabilisierung wird durch das Lig. radioulnare dorsale und die ECU-Sehne einschließlich ihrer Sehnenscheide sowie das Retinaculum extensorum gewährleistet (Schmidt et al. 1998).

Das funktionelle Zusammenspiel dieser Weichteilstrukturen ist mit einer Mütze vergleichbar, die über den Ulnakopf gezogen Radius und Ulna fest verbindet, trotzdem aber das notwendige Bewegungsausmaß erlaubt (Van Schoonhoven und Lanz 1998) (> Abb. 3.8-2).

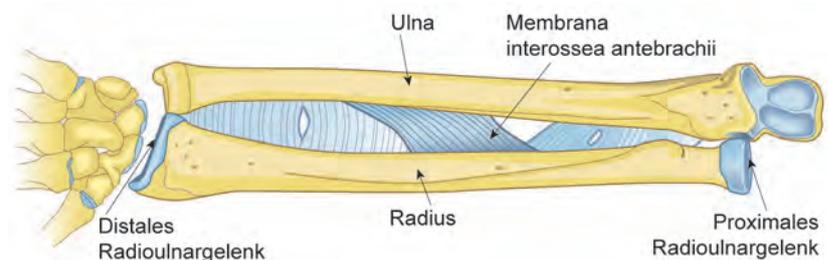
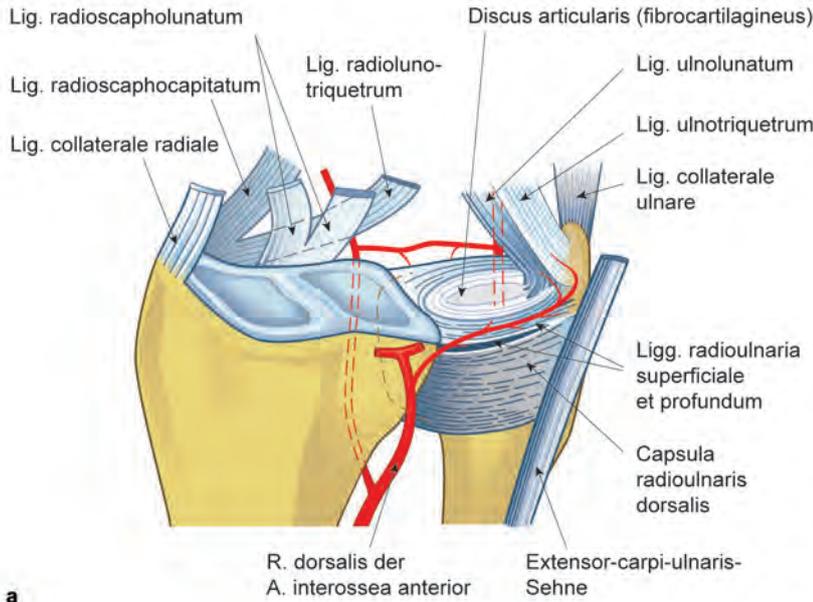
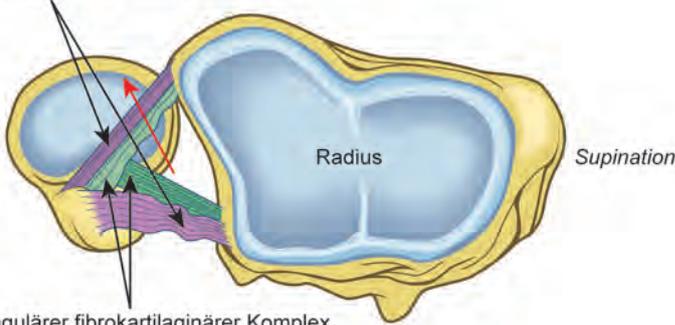


Abb. 3.8-1 Der Unterarm besteht aus drei wichtigen Komponenten: dem proximalen Radioulnargelenk, dem distalen Radioulnargelenk und der Membrana interossea.



a

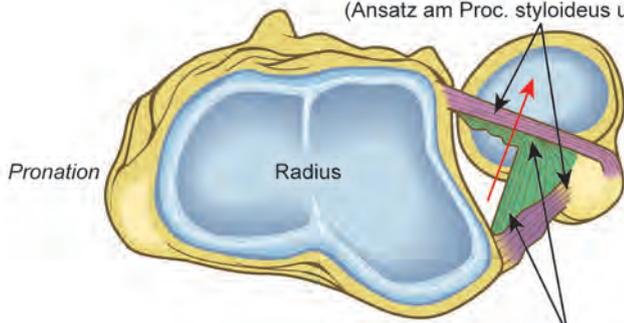
Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex, oberflächlicher Anteil (Ansatz am Proc. styloideus ulnae)



Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex, tiefer Anteil - Lig. subcruentum (Ansatz an der Fovea ulnaris)

b

Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex (TFCC), oberflächlicher Anteil (Ansatz am Proc. styloideus ulnae)



Triangulärer fibrocartilaginärer Komplex, tiefer Anteil - Lig. subcruentum (Ansatz an der Fovea ulnaris)

c

Abb. 3.8-2 a) Der wichtigste intrinsische Stabilisator des distalen Radioulnargelenks ist der trianguläre fibrocartilaginäre Komplex (TFCC). Dieser besteht aus oberflächlichen (grün) und tiefen (blau) radioulnaren Fasern, dem diskulären und diskotriquetralen Band sowie dem zentralen Diskus (weiß). Der Diskus ist für die Kraftübertragung vom medialen Karpus zur distalen Ulna verantwortlich. Die vaskularisierten radioulnaren Bänder (grün und blau) werden von dorsalen und palmaren Ästen der A. interossea posterior ernährt und sind für die stabile Führung der radioulnaren Einheit um die Ulna herum verantwortlich.

b) In Supination kommt es zu einer Anspannung der dorsalen tiefen Fasern des Lig. subcruentum sowie der oberflächlichen palmaren TFCC-Fasern, während es in Pronation (c) zu einer Anspannung der palmaren tiefen Fasern des Lig. subcruentum sowie gleichzeitiger Anspannung der oberflächlichen dorsalen TFCC-Fasern kommt. Ein basalnaher Abriss des Processus styloideus ulnae bedingt eine Instabilität des TFCC-Komplexes.

In der Neutralposition hält der Radius etwa 80 % der Übertragungskraft des DRUG, durch eine Resektion der distalen Ulna erhöht sich diese Belastung auf 100 % (Stuart et al. 2000).

Ein Hauptaugenmerk in Diagnostik und Therapie von Instabilitäten des DRUG liegt im TFCC. Diese Struktur besteht aus einer knorpeligen Scheibe (Diskus), dem palmaren und dem dorsalen radioulnaren Bandapparat sowie der ulnarseitigen Gelenkkapsel

und der Sehnenscheide des ECU. Eine zusätzliche palmarseitige Stabilisierung wird durch das Lig. ulnolunatum, das ulnotriquetrale Ligament sowie das Lig. ulnocapitatum gewährleistet, wobei dem palmaren und dem dorsalen radioulnaren Band der Hauptanteil der Stabilisierung zuzuordnen ist (Megerle und Sauerbier 2009).

Der TFCC teilt sich als Hauptstabilisator in die beiden Schichten des oberflächlichen Diskus mit Ansatz am Proc. styloideus ulnae

sowie eine tiefe Schicht, das Lig. subcruratum, mit Ansatz im Bereich der Fovea der Ulna.

3.8.3 Diagnostik

Diagnostik und Behandlung der Instabilität des DRUG sowie der posttraumatischen bzw. degenerativen Arthrose stellen den Behandler vor eine große Anzahl zu lösender Probleme. In allen Fällen der eingeschränkten Unterarmrotationsfähigkeit ist die Untersuchung des Ellenbogengelenks mit seinem proximalen Radioulnargelenk (PRUG) in die sorgfältige Untersuchung und die differenzialdiagnostischen Überlegungen mit einzubeziehen.

Der **Anamnese** kommt in der Diagnostik der Störungen eine große Bedeutung zu. Beginn und Entwicklung sowie Ausprägung und Lokalisation der Beschwerden müssen sorgfältig hinterfragt werden. Begleiterkrankungen entzündlicher und degenerativer Natur sind zu ergründen. Bei Unfällen muss die exakte Unfallanamnese erhoben werden.

Die **klinische Untersuchung** zeigt bereits signifikante Achsabweichungen oder eine Prominenz des Ulnakopfs an, wobei hier immer der Vergleich zur Gegenseite herangezogen werden muss. Da das distale Radioulnargelenk, das Ulnokarpalgelenk, das lunotriquetrale Gelenk und das proximale Radioulnargelenk anatomisch und funktionell eng miteinander gekoppelt sind, ist eine genaue Analyse der bestehenden Gelenkpathologie unabdingbar.

Aktives und passives Bewegungsausmaß sind exakt zu untersuchen. Die Rotation muss bei 90° gebeugtem Ellenbogengelenk und eng an den Oberkörper anliegenden Oberarmen erfolgen, um eine Kompensationsbewegung im Schultergelenk auszuschließen.

Druck- und Schmerzpunkte sind zu erfassen. Provokationstests in Form von Supination und Pronation gegen Widerstand müssen durchgeführt werden. Eingeschränkte Beweglichkeit mit Krepitationen bei Pronation und Supination weisen auf eine Arthrose des DRUG hin, ein Druckschmerz im Bereich der Fovea ulnaris zwischen ECU- und FCU-Sehne zeigt eine Schädigung im Bereich des TFCC bzw. des ulnokarpalen Bandkomplexes an (Tay et al. 2007) und erhärtet die Indikation zur Arthroskopie des Handgelenks. Die Überprüfung der Stabilität des Gelenks geschieht mittels des „Piano Key Tests“, bei dem in Pronationsstellung des Unterarms die distale Ulna bzw. der Ulnakopf in dorsopalmarer Richtung gedrückt wird (Morrissy und Nalebuff 1979). Wir bevorzugen die Untersuchung mit aufliegendem Unterarm auf dem Untersuchungstisch mit 90° gebeugtem Ellenbogengelenk. Radius und Ulna werden dann mit beiden Händen in palm dorsaler Richtung gegeneinander bewegt. Bei Vorliegen einer Instabilität des DRUG kann der Ulnakopf komplett aus der Incisura ulnaris des Radius herausluxiert werden.

Die Untersuchung von Subluxationen kann durch individuell unterschiedliche Gelenkklaxizitäten erschwert werden.

Eine Tendinitis der ECU-Sehne oder eine Instabilität des LT-Bands können die gleichen Symptome verursachen wie degenerative Veränderungen des DRUG. Auch eine Pisotriquetralarthrose ist klinisch und radiologisch auszuschließen.

Eine gesteigerte anterioposteriore Translation der Ulna gegenüber dem Radius durch Druck auf den Ulnakopf weist auf eine Instabilität des DRUG hin. Da die Translationsbewegung des Gelenks mit der Unterarmposition variiert und individuelle Unterschiede zeigt, muss dieser Test in mehreren Positionen des Unterarms durchgeführt und mit der Gegenseite verglichen werden.

Radiologisch ist auf eine exakte Darstellung des Handgelenks in zwei Ebenen zu achten. Eine technisch unsaubere Darstellung des Handgelenks von seitlich kann eine Fehlstellung im Radioulnargelenk sowohl vertuschen als auch vortäuschen. Es empfiehlt sich, immer eine Röntgendiagnostik des gesamten Unterarms einschließlich des Ellenbogengelenks durchzuführen, um Kombinationsverletzungen auszuschließen.

Computertomografisch kann eine Instabilität des distalen Radioulnargelenks durch Aufnahmen in Pronation, Supination und Neutralstellung nachgewiesen werden (Schmitt et al. 1996), wobei der Seitenvergleich in identischen Positionen des Unterarms erforderlich ist.

Das **MRT** hat seinen Stellenwert in der Diagnostik der TFCC-Läsionen, wobei Sensitivität und Spezifität stark vom Untersucher und von der technischen Ausstattung des MRT abhängig sind. Obwohl sich die Sensitivität der MR-Arthrografie jener der Arthroskopie angenähert hat, kann sie derzeit die Arthroskopie des Handgelenks nicht ersetzen, stellt aber ein nützliches zusätzliches diagnostisches Verfahren in der Indikationsstellung zu chirurgischen Maßnahmen am Handgelenk dar (Meier et al. 2005).

Der **Szintigrafie** kommt in der Diagnostik der Veränderungen des DRUG nur noch sehr geringe Bedeutung zu. Die Diagnostik des Ulna-Impaction-Syndroms, die früher im Szintigramm eine Anreicherung in Ulnakopf, Lunatum oder Triquetrum zeigte, ist heute eine Domäne der MRT-Diagnostik.

Die **Arthroskopie** des Radio- und Ulnokarpalgelenks sowie des Mediokarpalgelenks hat einen besonderen Stellenwert bei der Diagnostik und Therapie von Verletzungen und Degenerationen des TFCC und des ulnokarpalen Bandapparats, von Knorpelschäden sowie Verletzungen der ligamentären Strukturen. Die direkte Arthroskopie des DRUG ist in ihrer Aussagekraft oft durch eine schlechte Einsicht in das Gelenk beschränkt.

Zur Überprüfung des TFCC dienen das sog. Foveazeichen sowie der Ulna-Stress-Test.

Beim **Foveazeichen** wird ein Fingerdruck auf das ulnare Handgelenk zwischen ECU- und FCU-Sehnen direkt distal des Proc. styloideus ulnae ausgeübt. Wird dabei ein deutlicher Schmerz (= positives Foveazeichen) angegeben, ist dies ein Hinweis auf eine Schädigung im Bereich des TFCC (Tay et al. 2007).

Für den **Ulna-Stress-Test** wird der Unterarm vertikal mit dem Ellenbogen auf dem Untersuchungstisch aufgestellt. Es wird nun bei ulnar deviiertem Handgelenk in Längsrichtung ein Druck auf das distale Radioulnargelenk ausgeübt und gleichzeitig das Gelenk passiv proniert und supiniert. Auch hier weist ein schmerzhafter Test auf eine TFCC-Läsion hin.

Beim **Pisiforme-Lift-Test** wird die distale Ulna nach palmar gedrückt, während gleichzeitig das Pisiforme nach streckseitig gedrückt wird. Hierdurch wird ein zusätzlicher Druck auf den TFCC ausgeübt.

Der **lunotriquetrale Ballotement-Test** (Reagan et al. 1984) informiert über die lunotriquetrale Stabilität. Hierbei werden Lunatum und Triquetrum gegeneinander ballotiert.

3.8.4 Pathologie des DRUG

Instabilitäten des DRUG

Die Instabilitäten des DRUG lassen sich in akute und chronische Instabilitäten einteilen. Isolierte Instabilitäten des DRUG ohne knöcherne Beteiligung sind selten und erfordern eine erhebliche

Krafteinwirkung auf das Gelenk. Häufiger treten Instabilitäten des DRUG kombiniert mit knöchernen Verletzungen von Radius und/oder Ulna auf. Vor ligamentären Rekonstruktionen des DRUG sollte auf jeden Fall eine Korrektur der begleitenden knöchernen Verletzungen erfolgen.

Instabilitäten des DRUG sind oftmals Folge einer partiellen oder vollständigen Resektion des Ulnakopfs im Sinn einer erfolgten Rettungsoperation nach DRUG-Arthrose.

Eine transversale Instabilität der Ulna gegen den Radius wird als **Ulna-Impingement-Syndrom** bezeichnet und heute am besten durch Implantation einer Ulnakopfprothese therapiert. Der Begriff des **Ulna-Impaction-Syndroms** beschreibt eine erhöhte ulnarseitige longitudinale Kraftübertragung durch kongenitale oder posttraumatische positive Ulna-Varianz. Hierfür stehen therapeutisch arthroskopische Verfahren wie Diskusdebridement sowie die Wafer-Operation (18) oder eine Ulna-Verkürzungs-Osteotomie zur Verfügung.

Akute Instabilität des DRUG

Isolierte Luxationen oder Subluxationen des DRUG treten in der Regel nach Stürzen auf den ausgestreckten Unterarm oder durch plötzliche Gewalteinwirkungen, wie z. B. den Rückschlag einer Bohrmaschine, auf und manifestieren sich meist als dorsale Luxationen. Obwohl die Ulna die feststehende Achse des Unterarms bildet, um welche der Radius herum rotiert, werden Dislokationen des DRUG im Allgemeinen entsprechend der Position des Ulnakopfs zum Radius benannt.

Die **Therapie** der frischen DRUG-Instabilität konzentriert sich auf die Wiederherstellung der gerissenen Weichteilstrukturen, insbesondere auf die Rekonstruktion der Strukturen des TFCC.

In den meisten Fällen liegt ein Abriss des TFCC von seiner ulnaren Anheftung im Sinn einer Palmer-1-B-Läsion vor (Palmer 1989). Ist das Gelenk leicht reponibel, ist ein **konservativer Therapieversuch** durch Immobilisation des Unterarms in Supinationsstellung (stabile Gelenkposition) für sechs Wochen gerechtfertigt. Alternativ kann der Unterarm mit 1,6-mm-Kirschner-Drähten transfixiert werden, um eine sichere Immobilisation des distalen Radioulnargelenks zu gewährleisten (Megerle und Sauerbier 2009).

Im Allgemeinen wird jedoch der **operativen Stabilisierung** des DRUG der Vorzug gegeben. Dies geschieht heute in der Regel durch eine arthroskopische Naht der Palmer-1-B-Verletzung durch die verschiedenen beschriebenen Techniken.

Ist ein offenes Vorgehen erforderlich, werden über einen Zugang durch das fünfte Strecksehnenfach TFCC und Ulnakopf dargestellt, und es wird ein Bohrkanaal von der streckseitigen Ulna durch die Fovea gelegt. Der TFCC wird dann durch eine oder mehrere transossäre 2/0-monofile nichtresorbierbare Nähte in Neutralposition des Unterarms wiederangeheftet. Postoperativ ist eine Ruhigstellung zunächst im Oberarmgips für mindestens drei bis vier Wochen erforderlich, anschließend weitere drei bis vier Wochen durch eine rotationsverhindernde Scharnierschiene.

In den meisten Fällen wird die frische DRUG-Instabilität von einer distalen Radiusfraktur im Sinne einer Galeazzi-Fraktur begleitet (Lendemans et al. 2008) (➤ Abb. 3.8-3).

Im Fall einer seltenen Essex-Lopresti-Verletzung (Essex-Lopresti 1951) liegt eine Fraktur des Radiuskopfes zusammen mit einer Ruptur der Membrana interossea und einer Luxation des DRUG vor, woraus eine longitudinale und transversale Instabilität resultiert.



Abb. 3.8-3 Galeazzi-Fraktur mit Zerreißung des distalen Radioulnargelenks vor und nach osteosynthetischer Versorgung und Rekonstruktion des distalen Radioulnargelenks. Später erfolgte noch eine sekundäre Radiuskorrektur-Osteotomie zur Behebung der erheblichen palmaren Abkipfung der Radiusgelenkfläche.

Eine frakturbedingte Verkürzung des Radius um mehr als 5–7 mm führt zu einer zusätzlichen Verletzung eines oder beider Radioulnargelenke (PRUG und/oder DRUG) (Adams 1993). Eine Wiederherstellung des TFCC ist dann erst nach einer stabilen Rekonstruktion der Radiusfraktur möglich.

Trotz allem ist ein TFCC-Abriss nicht zwangsläufig mit einer Instabilität des DRUG vergesellschaftet, da sekundäre Stabilisato-

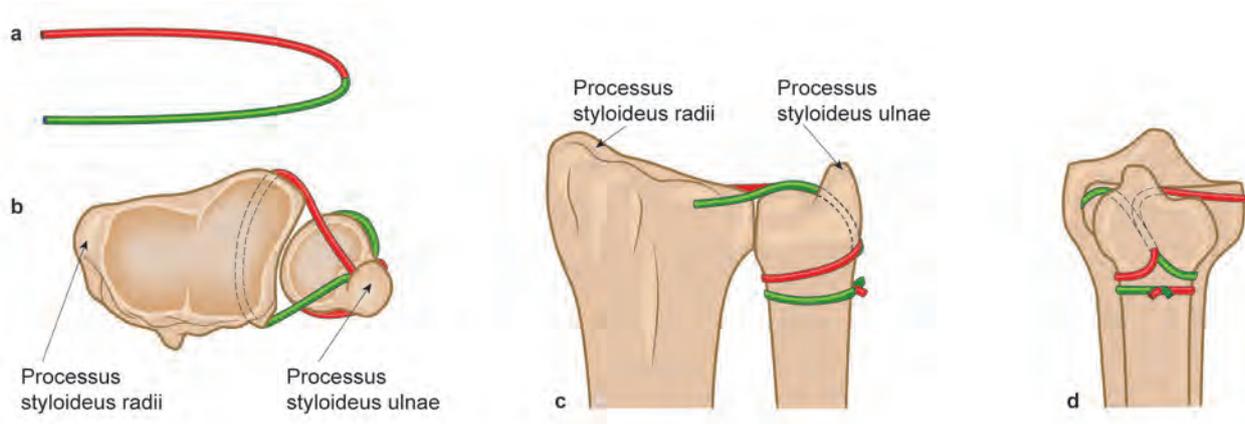


Abb. 3.8-4 Operation nach Adams. Rekonstruktion des radiulnaren Bandapparats durch freies Sehnenstransplantat.

ren oftmals eine ausreichende Gelenkstabilität aufrechterhalten (Megerle und Sauerbier 2009).

Primäres Ziel ist die achs- und winkeltgerechte Reposition einer evtl. Fraktur, um eine posttraumatische Arthrose des DRUG durch Instabilitäten und Inkongruenzen der Gelenkflächen des DRUG zu vermeiden. Im Anschluss an die erfolgte Reposition und Stabilisierung des Radius muss die Stabilität des DRUG intraoperativ überprüft werden. Im Fall einer verbliebenen Instabilität sollte eine operative Stabilisierung des DRUG erfolgen.

Wird die Instabilität des DRUG durch eine basisnahe Fraktur des Proc. styloideus ulnae verursacht, sollte dieser durch eine Zuggurtungsosteosynthese oder eine ähnlich stabile Osteosynthese refixiert werden (Luther 2007).

Die meisten Frakturen des Proc. styloideus ulnae verursachen jedoch keine Instabilität des DRUG und müssen daher nicht refixiert werden.

Chronische Instabilität des DRUG

Die chronische Instabilität des DRUG ist oftmals die Folge einer in Fehlstellung verheilten Radiusfraktur, kann aber auch isoliert nach Bandverletzungen oder als Folge angeborener Fehlbildungen des Unterarms vorkommen. Sie manifestiert sich in einer ulnarseitigen **Schmerzsymptomatik** in Verbindung mit einer **Rotationsbehinderung** des Unterarms sowie evtl. einem „Clunking“ während der Rotationsbewegung.

Die Stabilität des DRUG hängt in hohem Maß von der Stabilität des Kapsel-Bandapparats, insbesondere des TFCC, ab. Während frische Instabilitäten normalerweise mit Frakturen des Radius oder der Ulna vergesellschaftet sind, tritt die chronische Instabilität hauptsächlich als Folge einer in Fehlstellung verheilten Radiusfraktur auf. Vor der Rekonstruktion des Kapsel-Bandapparats sollte in diesen Fällen immer eine Korrektur der fehlerverheilten knöchernen Situation vor stabilisierenden Maßnahmen am Kapsel-Bandapparat diskutiert werden (Megerle und Sauerbier 2009).

Die unbehandelte Instabilität des DRUG führt im Verlauf meist zur Arthrose in diesem Gelenk. Die Behandlung der chronischen DRUG-Instabilität gestaltet sich schwierig, und häufig verbleiben trotz allem deutliche Restbeschwerden. Bei der Therapieauswahl müssen zunächst andere Ursachen der Beschwerden wie ein Ulna-Impaction-Syndrom oder eine schon bestehende DRUG-Arthrose ausgeschlossen werden.

Konservative Therapieversuche wie eine Schienenbehandlung mit Einschränkung der Unterarmdrehbeweglichkeit sind nur in



Abb. 3.8-5 a) und b) Chronische Instabilität des distalen Radioulnargelenks; c) und d) Metallentfernung am Radius und Stabilisierung des DRUG mittels Operation nach Adams. Das Sehnenstransplantat wurde durch einen MITEK-Anker zusätzlich stabilisiert.

Ausnahmefällen und nur bei Patienten zu diskutieren, die keinen allzu großen Anspruch an ihre Handgelenksfunktion erheben.

Unser bevorzugtes Behandlungsverfahren zur Therapie der chronischen DRUG-Instabilität ist die von Adams beschriebene **radiulnare Bandrekonstruktion** (Adams und Berger 2002) (> Abb. 3.8-4).

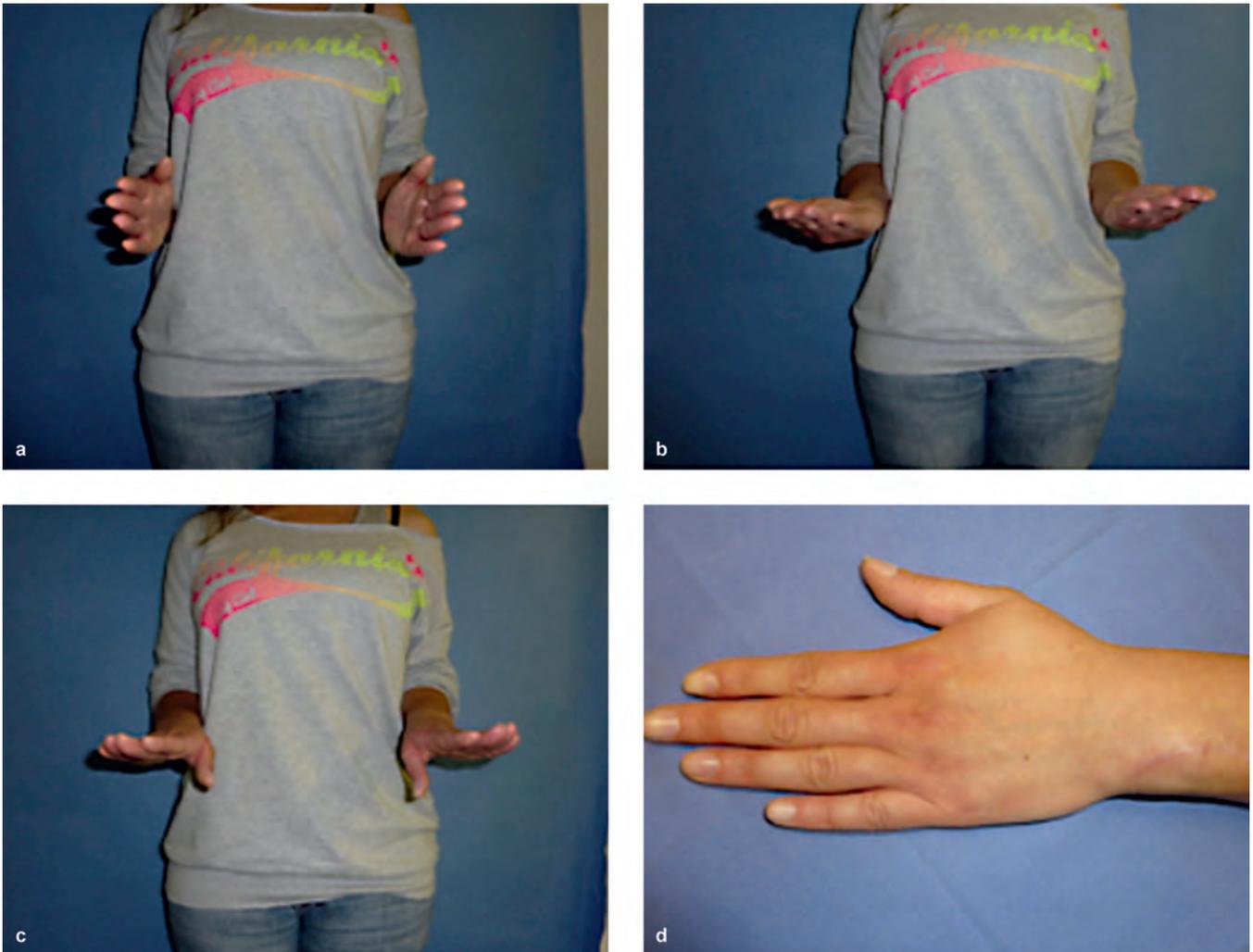


Abb. 3.8-6 Funktionelles Ergebnis sowie Narbenverlauf nach Stabilisierung des DRUG mittels Operation nach Adams. Gleiche Patientin wie in > Abb. 3.8-5.

Der Zugang erfolgt durch das fünfte Strecksehnenfach, das Gelenk wird mittels eines L-förmigen Kapsellappens eröffnet. Der TFCC wird inspiziert und ggf. anatomisch mit einem Sehnentransplantat rekonstruiert.

Unter Röntgenkontrolle wird ein 3,5-mm-Bohrkanal durch den Radius nahe der Incisura ulnaris des Radius von streckseitig nach beugeseitig gebohrt, ein weiterer Bohrkanal wird dann von distal nach proximal von der Fovea ulnaris zur ulnaren Seite des Ellenhalses palmar der ECU-Sehne angelegt. Es wird dann ein freies Transplantat der Palmaris-longus-Sehne in den Bohrkanal des Radius eingezogen, beide Enden des Sehnentransplantats werden dann über die Fovea ulnaris durch den Bohrkanal ulnaris gezogen und um den Ulnahals herumgeschlungen.

In Neutralposition des Unterarms erfolgt die Reposition des DRUG, Radius und Ulna werden mit zwei Kirschner-Drähten transfixiert und die beiden Sehnenenden werden unter der entsprechenden Vorspannung mit sich selbst vernäht; ggf. erfolgt zusätzlich eine knöcherne Fixation mithilfe eines Knochenankers (> Abb. 3.8-5, > Abb. 3.8-6).

Postoperativ erfolgt eine sechswöchige Ruhigstellung im Oberarmgipsverband.

Ulna-Impaction-Syndrom

Im Ulnokarpalgelenk wird über eine relativ kleine Kontaktfläche eine erhebliche Kraft in longitudinaler Richtung übertragen. Entsprechend ist dieses Gelenk für degenerative Veränderungen prädisponiert.

Beim Ulna-Impaction-Syndrom kommt es zu einer schmerzhaft gestörten Kraftübertragung im ulnokarpalen Gelenkteil in longitudinaler Richtung (Krimmer 1998). Eine Einklemmung des TFCC zwischen Ulnakopf und Lunatum führt bei akuter Druckbelastung zu Einrissen, bei chronischer Belastung zu degenerativen Veränderungen des TFCC.

Unglaub et al. konnten in einer Studie nachweisen, dass als Folge von zentralen TFCC-Verletzungen und bei Patienten mit Ulna-plus-Variante signifikant mehr apoptotische Zellen in degenerativen TFCC-Veränderungen nachzuweisen sind als bei Patienten mit neutraler Ulnalänge (Unglaub et al. 2008; Unglaub et al. 2009).

Palmer (1989) unterscheidet traumatische Typ-I-Läsionen und degenerative Typ-II-Läsionen des TFCC:

- **Typ I A:** zentrale Diskusperforation
- **Typ I B:** ulnare TFCC-Ablösung
- **Typ I C:** distale TFCC-Ablösung der knöchernen Insertionen am Os lunatum und Os triquetrum
- **Typ I D:** TFCC-Ablösung vom radialen Ansatz mit oder ohne assoziierte Radiusfraktur

- **Typ II A:** Aufrauung der TFCC-Oberfläche
- **Typ II B:** zusätzlicher Knorpelschaden am Os lunatum und/oder Ulnakopf
- **Typ II C:** TFCC-Perforation mit Knorpelschaden am Os lunatum und/oder Ulnakopf
- **Typ II D:** zusätzlich Zerreißung des LT-Ligaments
- **Typ II E:** zusätzlich ulnokarpale Arthrose und DRUG-Arthrose.

Klinisch zeigen sich ulnokarpal lokalisierter Schmerz, evtl. lokalisierte Schwellungen und eine verminderte oder schmerzhafte Unterarmdrehbewegung. Der Schmerz kann durch eine Ulnardeviation unter Belastung durch Faustschluss verstärkt werden, insbesondere bei aktiver Supination oder Pronation. Insgesamt ähnelt die Beschwerdesymptomatik jener der akuten TFCC-Verletzung.

Das Ulna-Impaction-Syndrom darf nicht verwechselt werden mit dem Ulna-impingement-Syndrom, bei dem es sich um eine schmerzhafte Berührung eines resezierten Ulnastumpfs gegen die distale Radiusmetaphyse handelt, so z. B. nach Resektion der distalen Ulna oder Kapandji-Sauvé-Operation (Sauerbier et al. 2003).

Entscheidende Bedeutung kommt beim Ulna-Impaction-Syndrom der so genannten **Ulna-Varianz** zu. Beim statischen Ulna-Impaction-Syndrom zeigt sich auf der standardisierten Röntgenaufnahme des Handgelenks in zwei Ebenen in Neutralstellung des Unterarms eine positive Ulna-Varianz, die beim so genannten dynamischen Ulna-Impaction-Syndrom erst in der Belastungsaufnahme (Zusammendrücken eines Balls in der posteroanterioren Aufnahme) auftaucht (Friedmann et al. 1993).

Relativ selten sind angeborene, dann meist beidseitige Variationen. Häufigere Ursachen einer positiven Ulna-Varianz sind eine relative Verkürzung des Radius durch insuffizient reponierte distale Radiusfrakturen mit daraus resultierendem relativem ulnarem Vorschub, Essex-Lopresti-Verletzungen oder Wachstumsstörungen des Radius nach frühzeitigem Verschluss der Radiusepiphyse.

Eine Zunahme der Ulna-Varianz um 2,5 mm führt in Leichenstudien zu einem Anstieg der Kraftübertragung des Gelenks um 42 % (Palmer und Werner 1984). Besonders in Pronation kann es beim kraftvollen Faustschluss zu einer physiologischen Zunahme der Ulna-Varianz um 2 mm kommen (Adams 2010).

Häufig zeigen sich zystische Veränderungen im Bereich der durch das Impaction-Syndrom erhöhten Belastungszone des Lunatums, die sich auch im MRT durch eine vermehrte Knochenödembildung in diesem Belastungsbereich manifestiert und nicht mit einer Veränderung des Lunatums im Sinne einer Lunatumnekrose verwechselt werden darf.

Vor der operativen Therapie sollte ein **konservativer Therapieversuch** unternommen werden. Als konservative Möglichkeiten bieten sich neben der üblichen antiinflammatorisch-analgetischen Therapie durch nichtsteroidale Antirheumatika sowie begleitende physiotherapeutische und ergotherapeutische Maßnahmen insbesondere temporäre Schienenruhigstellungen sowie lokale Kortikoid-Injektionen an.

Führen diese Maßnahmen nicht zum Erfolg und liegt keine Arthrose des DRUG vor, sollte durch **operative Maßnahmen** versucht werden, die ulnokarpale Kraftübertragung zu reduzieren.

Die primäre Therapie des symptomatischen Ulna-Impaction-Syndroms ist das **arthroskopische Débridement** des TFCC. In der Literatur werden für diese Therapieform Erfolgsraten zwischen 67 % und 87 % angegeben, wobei nicht geklärt ist, ob der Erfolg des arthroskopischen Diskusdébridements von der Ulna-Varianz abhängig ist (Krimmer et al. 1998; Beyermann et al. 2002; Beyermann et al. 1999). Führt das arthroskopische Diskusdébridement

nach etwa zwölf Wochen zu keiner ausreichenden Beschwerdefreiheit, so ist zur Dekompression des Diskus bzw. des TFCC eine Ulna-Verkürzungs-Osteotomie indiziert.

Sie hat den Vorteil, dass das DRUG und der TFCC nicht direkt tangiert werden müssen. Der gleichzeitigen Straffung der ulnokrarpalen Ligamente wird ein zusätzlicher positiver Effekt bei einer begleitend vorliegenden lunotriquetralen Instabilität oder Instabilität des DRUG zugesprochen.

Die **Ulna-Verkürzungs-Osteotomie** wurde erstmals 1941 von Milch beschrieben und hat seither viele operationserleichternde Modifikationen erfahren.

Krimmer (Moser et al. 2007) entwickelte eine 7-Loch-Titan-Gleitplatte und verringerte damit postoperative Komplikationen wie Pseudarthrosenbildung, auch eine Metallentfernung dieser Platte ist nur in Ausnahmefällen notwendig. Hierbei wird die Ulna nach Resektion einer Knochenscheibe mithilfe einer 7-Loch-LCDC-Platte um mehrere Millimeter verkürzt. Eine genaue präoperative Planung bezüglich der Größe der zu resezierenden Scheibe ist erforderlich, ein Drehfehler ist unbedingt zu vermeiden. Über die Durchführung einer schrägen oder queren Osteotomie besteht in der Literatur keine Einigkeit. Die von uns präferierte schräge Osteotomie bietet den Vorteil einer den Osteotomiespalt überbrückenden zusätzlichen Zugschraube.

Die Ulna-Verkürzungs-Osteotomie ist eine technisch anspruchsvolle Operation, deren Pseudarthrosenrate in der Literatur mit bis zu 10 % angegeben wird (Tränkle et al. 2000). Da häufig Narbenbeschwerden oder Irritationen durch die Platte berichtet werden, bevorzugen wir wie viele andere Autoren (Löw et al. 2003) einen ulnopalmaren Zugang mit einem Plattenlager auf der palmaren Fläche der Ulna, sodass die Platte dann in neutralen Position des Unterarms ausreichend mit Weichteilgewebe bedeckt ist.

Zahlreiche Studien zeigen für die Ulna-Verkürzungs-Osteotomie bei standardisierter Technik in 79–90 % gute oder sehr gute Ergebnisse bezüglich Schmerzreduktion und Wiedererlangung der Funktion (Chen und Wolfe 2003; Chun und Palmer 1993; Wehbe und Cazzilli 1995). Eine Metallentfernung ist nicht erforderlich. Falls der Patient dies unbedingt wünscht, sollte die Platte frühestens 1,5 Jahre nach vollständiger knöcherner Konsolidierung entfernt werden, um eine Refraktur zu vermeiden.

Eine im Jahr 1992 von Feldon et al. beschriebene Methode der partiellen Resektion der distalen Ulna wird als **Wafer-Operation** bezeichnet. Hierbei werden in einer offenen Operationsmethode die distalen 2–4 mm des Ulnakopfs reseziert, wobei der Proc. styloideus und der foveale Ansatz des TFCC von der Resektion ausgespart bleiben. Ein gleichzeitiges Diskusdébridement ist möglich, das Ulnokarpalgelenk selbst muss nicht exponiert werden.

Obwohl die Wafer-Operation primär als offene Operationsmethode beschrieben wurde, wird sie heute meist arthroskopisch durch Abfräsen einiger Millimeter des Ulnakopfs durchgeführt. Beide Methoden haben sich im deutschsprachigen Raum nicht entscheidend durchsetzen können.

In einer retrospektiven Studie von Feldon et al. (1992) wurden in 13 Fällen gute oder sehr gute Ergebnisse der „Wafer Procedure“ berichtet. Trotz guter Endergebnisse wird über eine lange postoperative Erholungszeit berichtet. In einer vergleichenden Studie zwischen Ulna-Verkürzungs-Osteotomie und Wafer-Operation waren die Ergebnisse hinsichtlich Schmerzreduktion und Funktion nahezu identisch, wobei Reoperationen, meist durch Plattendislokationen bedingt, in der Gruppe der Ulna-Verkürzungs-Osteotomien häufiger anzutreffen waren (Constantine 2000).

Das Ausmaß der möglichen Verkürzung ist bei der Wafer-Operation jedoch auf 2 mm limitiert und stellt bei Zunahme eine Präarthrose dar; aus diesem Grunde sollte man bei jüngeren Patienten der Ulna-Verkürzungs-Osteotomie den Vorzug geben.

Arthrose im distalen Radioulnargelenk

Degenerative oder auch arthrotische und inflammatorische Behinderungen im DRUG führen zu ausgeprägten Beschwerden am Handgelenk und gehen meist mit Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Kraftlosigkeit und Instabilität einher (Sauerbier et al. 2003). Die häufigste Ursache einer Inkongruenz im DRUG ist die in Fehlstellung verheilte extraartikuläre distale Radiusfraktur, meist kombiniert mit Verletzungen des TFCC.

Die Kombination aus dorsaler (Colles-Fraktur) oder palmarer (Smith-Fraktur) Verkipfung des distalen Radius und der durch die Einstauchung bedingten Verkürzung des distalen Radiusfragments mit Veränderung des ulnaren Inklinationwinkels und evtl. gleichzeitig bestehender Rotationsfehlstellung führt zu einer Verkantung der Incisura ulnaris gegenüber dem Ulnakopf (Prommersberger und Lanz 1999). Klinisch manifestiert sich dies in einem prominent stehenden Ulnakopf mit schmerzhaft eingeschränkter Unterarmdrehbeweglichkeit.

Das primäre Ziel muss sein, diese Fehlstellung durch eine adäquate Primärbehandlung der distalen Radiusfraktur zu verhindern oder vor Entstehung der ansonsten unausweichlichen Sekundärarthrose durch eine dreidimensionale Korrekturosteotomie die Inkongruenz der Gelenkflächen zu beheben.

Selbstverständlich ist auch eine dislozierte Ulnafraktur, wenn gleich diese eher selten ist, achsengerecht zu reponieren und osteosynthetisch zu versorgen. Liegt eine Fraktur des Ulnakopfs vor, so ist auch hier eine primäre anatomiegerechte Versorgung zu fordern. Eine Resektion des Ulnakopfs sollte möglichst vermieden werden (Prommersberger und Lanz 1999), da der Verlust des Ulnakopfs oftmals zu einer transversalen Instabilität mit Ausbildung eines Ulna-Impingement-Syndroms führt.

Cooney et al. (1991) berichten, dass bei 31 % aller Patienten nach distaler Radiusfraktur lange andauernde Beschwerden, insbesondere ulnokarpal bzw. im Bereich des TFCC, verbleiben. Diese Beschwerden am Handgelenk äußern sich in Form von Schmerzen, Bewegungseinschränkung, Kraftlosigkeit und Instabilität. Selbst bei korrekter Reposition der Fraktur und Nachweis einer knöchernen Durchbauung können diese klinischen Beschwerden persistieren (Frykman 1967).

Die Inzidenz der Arthrose im DRUG (19 %) nach distalen Radiusfrakturen ist vergleichbar mit der Inzidenz der Radiokarpalarthrose. Die Arthrose im DRUG wird Untersuchungen zufolge jedoch signifikant häufiger symptomatisch (Fernandez 2006). Neben der posttraumatischen DRUG-Arthrose kommen zusätzlich auch rheumatische oder inflammatorische Veränderungen, Längenabweichungen von Ulna und Radius sowie Verletzungen der stabilisierenden Weichteilstrukturen als Ursachen der Arthrose in Betracht.

Erfolgen bei Patienten mit Fehlstellungen, Schmerzen und schlechter Funktion im DRUG nicht rechtzeitig rekonstruktive operative Maßnahmen, muss mit ausgeprägter schmerzhafter Einschränkung der Unterarmdrehbewegung sowie Handgelenksinstabilität und -kraftlosigkeit gerechnet werden.

Die **chirurgischen Möglichkeiten** zur Behandlung der manifesten DRUG-Arthrose sind eingeschränkt, und derzeit steht kein

Verfahren zur Verfügung, um die ursprünglichen Knorpel-Gelenk-Verhältnisse wiederherzustellen.

Als Behandlung der Wahl gelten die so genannten **Rettungsoperationen**. Hierzu zählen resezierende Verfahren an der distalen Ulna, bei denen es sich immer um Rettungsoperationen handelt, die eine anatomische Wiederherstellung des DRUG ausschließen.

Als Operationsverfahren stehen zur Verfügung:

- Die komplette Resektion des Ulnakopfs (sog. Darrach-Operation) (Buck-Gramcko 1990)
- Die Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik des Ulnakopfs nach Bowers (Bowers 1985; Bowers 1992)
- Die „Matched Distal Ulnar Resection“ nach Watson (Watson und Gabuzda 1992; Watson et al. 1986)
- Die distale radioulnare Arthrodesen nach Kapandji-Sauvé mit Bildung einer Pseudarthrose zwischen Radius und Ulna proximal der Arthrodesen (Condamine et al. 1992; Kapandji 1986)
- Die Implantation einer Ulnakopfprothese (Sauerbier et al. 2002; Van Schoonhoven et al. 2000; Sauerbier et al. 2009; Masaoka et al. 2002; Schecker 2008)

Folgende Verfahren finden nur in sehr begrenzten und speziellen Fällen ihre Indikation:

- Die „Wide Excision“ der Ulna (Wolfe et al. 1998)
- Die Bildung eines „One-Bone Forearms“ (Castle 1974)

3.8.5 Chirurgische Behandlungsmöglichkeiten der distalen Radioulnargelenks-Arthrose

Erfolgen bei Patienten mit Fehlstellungen und schlechter Funktion im distalen Radioulnargelenk (DRUG) nach Radiusfrakturen und/oder Verletzungen im DRUG-/TFCC-Bereich nicht rechtzeitig rekonstruktive operative Maßnahmen, kommt es meist zur Arthrose im DRUG, die dann konsekutiv zu Schmerz mit ausgeprägten funktionellen Einschränkungen, Kraftlosigkeit im Unterarm-/Handgelenkbereich und Instabilität führt. Die bislang am häufigsten durchgeführte operative Methode zur Behandlung des deformierten DRUG ist die Resektion des gesamten Ulnakopfs (Darrach-Operation). Trotz technischer Modifikationen des Verfahrens sowie der Entwicklung von Weichteilstabilisierungsoperationen kann das Fehlen des Ulnakopfs zur Instabilität am Unterarm mit der Entwicklung von Schmerzen und Kraftmangel führen. Bei der schmerzhaften Instabilität handelt es sich meist um das so genannte dynamische radioulnare Impingement, jedoch besteht zusätzlich häufig auch eine dorsopalmare Instabilität.

Sauerbier et al. wiesen in einer experimentellen Studie nach, dass die Darrach-Operation zu einer ausgedehnten Instabilität am Unterarm mit signifikanter Translokation des Radius nach ulnar und daraus resultierender dynamischer radioulnarer Konvergenz bzw. radioulnarem Impingement führt und dass diese Veränderungen bei der Darrach-Operation häufiger auftreten als nach der Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik nach Bowers (Sauerbier et al. 2003).

Die Entwicklung der Ulnakopfprothese hat die chirurgische Behandlung der DRUG-Arthrose revolutioniert und die Weichteilstabilisierungsoperationen nach misslungenen Rettungseingriffen am DRUG verdrängt. Die Implantation einer Ulnakopfprothese stellt die Stabilität im distalen Radioulnargelenk und am Unterarm durch Ersatz des Ulnakopfs und anatomische Rekonstruktion des TFCC wieder her.

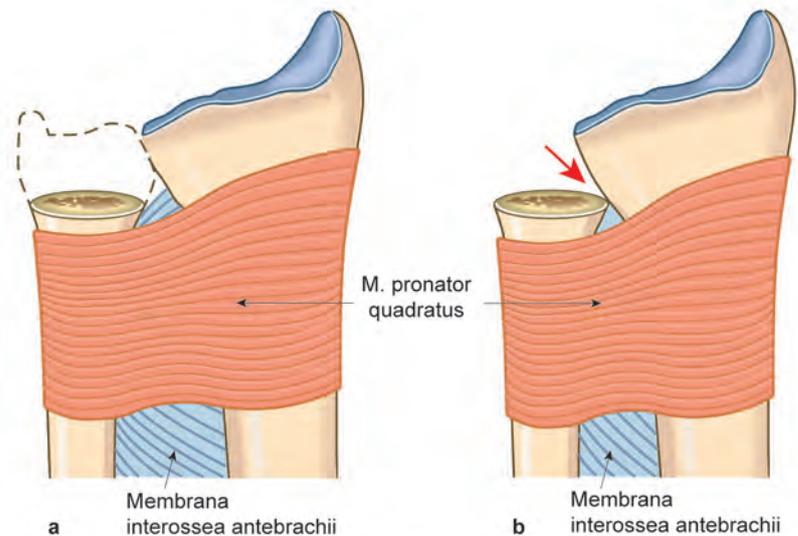


Abb. 3.8-7 Nach Resektion des Ulnakopfs weist der Ulnaschaft eine transversale Instabilität auf und schlägt an den distalen Radius an. Es kommt zum sog. radioulnaren Impingement.

Aufgrund der guten Resultate zur Korrektur fehlgeschlagener Rettungsoperationen mit der Ulnakopfprothese setzen wir diese mittlerweile auch primär zur Behandlung der DRUG-Arthrose erfolgreich ein. Auch eine frühzeitige Rekonstruktion nach irreversibel zerstörter DRUG-Gelenkfläche mit einer Ulnakopfprothese erscheint uns ein erfolgversprechendes Verfahren zu sein.

Die komplette Resektion des Ulnakopfs (Darrach-Operation)

Das bislang am häufigsten angewendete Verfahren bei der schmerzhaften DRUG-Arthrose ist die Resektion der distalen Ulna bzw. des kompletten Ulnakopfs. Üblicherweise werden etwa 2,5 cm der distalen Ulna unter Einschluss des gesamten Ulnakopfs reseziert.

Obwohl die Operationsmethode der kompletten Resektion des Ulnakopfs den Namen Darrach-Operation trägt, wurde diese Technik, wie Buck-Gramcko anhand einer Literaturrecherche im Jahre 1990 darstellte, bereits Mitte des 19. Jahrhunderts von mehreren anderen Autoren beschrieben (Buck-Gramcko 1990).

Hauptindikation für eine komplette Resektion des Ulnakopfs ist die schmerzhafte Arthrose des distalen Radioulnargelenks, verbunden mit Schmerzen und Bewegungseinschränkungen. Die Operation wird auch bei rheumatoider Arthritis durchgeführt, birgt hier aber die erhöhte Gefahr der ulnaren Translation des Karpus.

Über einen dorsalen Zugang erfolgt die Eröffnung des fünften Strecksehnenfachs. Das Retinaculum extensorum wird an der dorsalen Radiuslippe im Bereich der Basis des vierten Strecksehnenfachs abgelöst. Dann wird ein ulnar gestielter kapsuloretinakulärer Lappen unter Einschluss der DRUG-Kapsel präpariert. Es erfolgt die Resektion der distalen Ulna parallel zur proximalen Kante der Incisura ulnaris des Radius, der Proc. styloideus wird komplett entfernt bzw. von den Weichteilen abgelöst. Anschließend wird die DRUG-Kapsel um den Stumpf der distalen Ulna geschlungen und verschlossen. Der übrige Teil des Kapsellappens wird an der dorsalen Radiuslippe transossär refixiert.

Eine Rekonstruktion des fünften Streckerfachs erfolgt nicht, die Sehne des Extensor digiti minimi verbleibt subkutan.

Eine Anspannung der Unterarmmuskulatur führt zur Kompression von Radius und Ulna (Linscheid 1992). Nach Resektion



Abb. 3.8-8 Radioulnares Impingement bei Zustand nach Handgelenksarthrodese und Ulnakopfresektion nach Darrach.

der distalen Ulna fehlt das distale Widerlager dieser Kompression und somit kommt es zur erhöhten Tendenz für eine radioulnare Konvergenz (> Abb. 3.8-7, > Abb. 3.8-8).

Af Ekenstam dokumentierte eine Schmerzreduktion nach Darrach-Operation in lediglich der Hälfte der Fälle (Af Ekenstam 1982) sowie eine auf die Hälfte reduzierte grobe Kraft. Trotz der bekannten postoperativen Problematik wird die Darrach-Operation wohl aufgrund der einfachen OP-Technik sowie der zunächst erreichten Schmerzreduktion häufig durchgeführt (Linscheid 1992). Bieber et al. (1988) berichteten jedoch aus einem großen Krankengut von 288 Patienten, dass nach Resektion der distalen Ulna bei nicht adäquater postoperativer Stabilität am distalen Unterarm die Resultate schlechter sein können als ohne Operation. Ein radioulnares Impingement sahen Bieber et al. in ihrer Studie bei 55 % der operierten Patienten.

Während die Darrach-Operation wegen der geringeren Anforderungen an eine Belastbarkeit bei Rheumatikern akzeptable Ergebnisse erzielt, versagt diese Methode jedoch meist bei der Therapie der idiopathischen oder posttraumatischen Arthrose.

Zur Behebung des instabilen Ulnastumpfs wurden diverse Tenodesen wie der Pronator-Quadratus-Interpositions-lappen oder die ECU-/FCU-Tenodese (Breen-Jupiter-Tenodese) beschrieben, jedoch konnte in einer biomechanischen Studie nachgewiesen werden, dass auch diese weichteilstabilisierenden Operationsme-

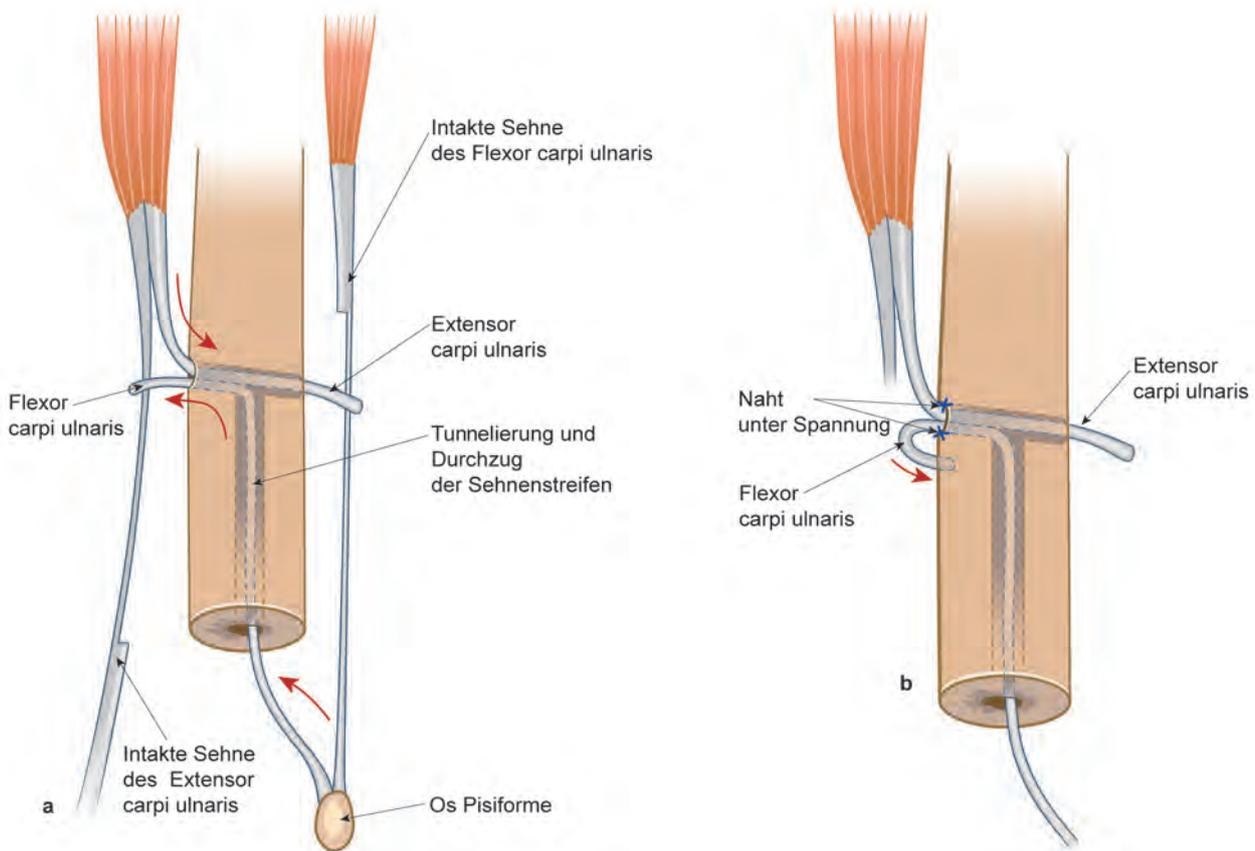


Abb. 3.8-9 Darstellung der ECU-/FCU-Tenodese (Breen und Jupiter 1989). Bildung eines distal gestielten Sehnenstreifens der FCU-Sehne und eines proximal gestielten Sehnenstreifens der ECU-Sehne. Der FCU-Sehnen-Streifen wird proximal durch den osteotomierten Markraum der Ulna durch einen vertikal geführten Bohrkanal der Ulnadiaphyse wieder ausgeleitet. Der ECU-Sehnen-Streifen wird durch den gleichen Bohrkanal geführt, dann mit dem FCU-Sehnen-Streifen verwoben und durch eine Naht gesichert.

thoden nicht zum gewünschten Erfolg führen (Sauerbier et al. 2002) (> Abb. 3.8-9).

Die Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik des Ulnakopfs nach Bowers

Um die klinischen Probleme nach kompletter Ulnakopfresektion zu reduzieren, etablierte Bowers (Bowers 1985) ein Verfahren zur Behandlung der DRUG-Arthrose.

Bei der von Bowers (Bowers 1985) beschriebenen Operationsmethode, auch Hemiresektions-Interpositions-Technik genannt, erfolgt eine schräge Resektion des Ulnakopfs. Die Eröffnung des DRUG findet in gleicher Weise wie oben statt. Es erfolgt dann mit der oszillierenden Säge die schräge Resektion des Ulnakopfs, wobei besonderes Augenmerk darauf zu richten ist, die ulnokarpalen Bandverbindungen intakt zu lassen und die Ansatzstellen der Ligg. radioulnare dorsale und palmare an der Basis des Proc. styloideus nicht zu verletzen. Der ulnar gestielte kapsuloretinakuläre Lappen wird dann in den entstandenen Defekt zwischen Radius und Ulna eingeschlagen und mit der palmaren Handgelenkscapsel vernäht, wodurch eine stabile Interposition von Weichteilgewebe ein Impingement verhindern soll (> Abb. 3.8-10, > Abb. 3.8-11). Als Interposition kann, wie ursprünglich von Bowers vorgeschlagen, eine aufgerollte Sehne des M. palmaris longus verwendet werden.

Trotz Modifikation dieser Operationstechnik mit verschiedenen Tenodesen oder der von Johnson entwickelten Pronator-quadri-Interposition verbleiben bei nicht wenigen Patienten nach

Verlust oder Teilverlust des Ulnakopfs und der daraus resultierenden Instabilität am distalen Unterarm Beschwerden, die sich im Sinne von Kraftmangel und schmerzhaftem „Schnappen“ zwischen Radius und Ulna insbesondere bei der Umwendbewegung manifestieren (Af Ekenstam et al. 1982; Bell et al. 1985; Bieber et al. 1988; Field et al. 1993; Garcia-Elias 2002).

Bei der nach Verlust des Ulnakopfs entstehenden Instabilität von Radius und Karpus relativ zur Ulna kann es sich sowohl um eine anteriore/posteriore als auch um eine radioulnare Translation zwischen Ulnastumpf und Radiusmetaphyse handeln (> Abb. 3.8-12) (Sauerbier et al. 2003; Af Ekenstam et al. 1982; Bell et al. 1985; Bieber et al. 1988; Garcia-Elias 2002).

Anhand einer experimentellen biomechanischen Studie konnte Sauerbier (Sauerbier et al. 2003) zeigen, dass

- die Resektion der distalen Ulna eine ausgeprägte Instabilität am Unterarm mit signifikanter Translokation des Radius nach ulnar und daraus resultierender dynamischer radioulnarer Konvergenz bzw. radioulnarem Impingement verursacht,
- die Ulnakopf-Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik nach Bowers mit ulnar gestieltem kapsuloretinakulärem Lappen zu einer signifikant geringeren radioulnaren Konvergenz führt als die Darrach-OP und
- die festgestellte dorsopalmare Translokation im Experiment zu uneinheitlich war, um generelle Aussagen über die Stellung der Ulna bzw. des Radius bei bestimmten Positionen vornehmen zu können.

Neueren Erkenntnissen zufolge kann somit auch durchaus die primäre Implantation einer Ulnakopfprothese in Betracht gezogen werden.

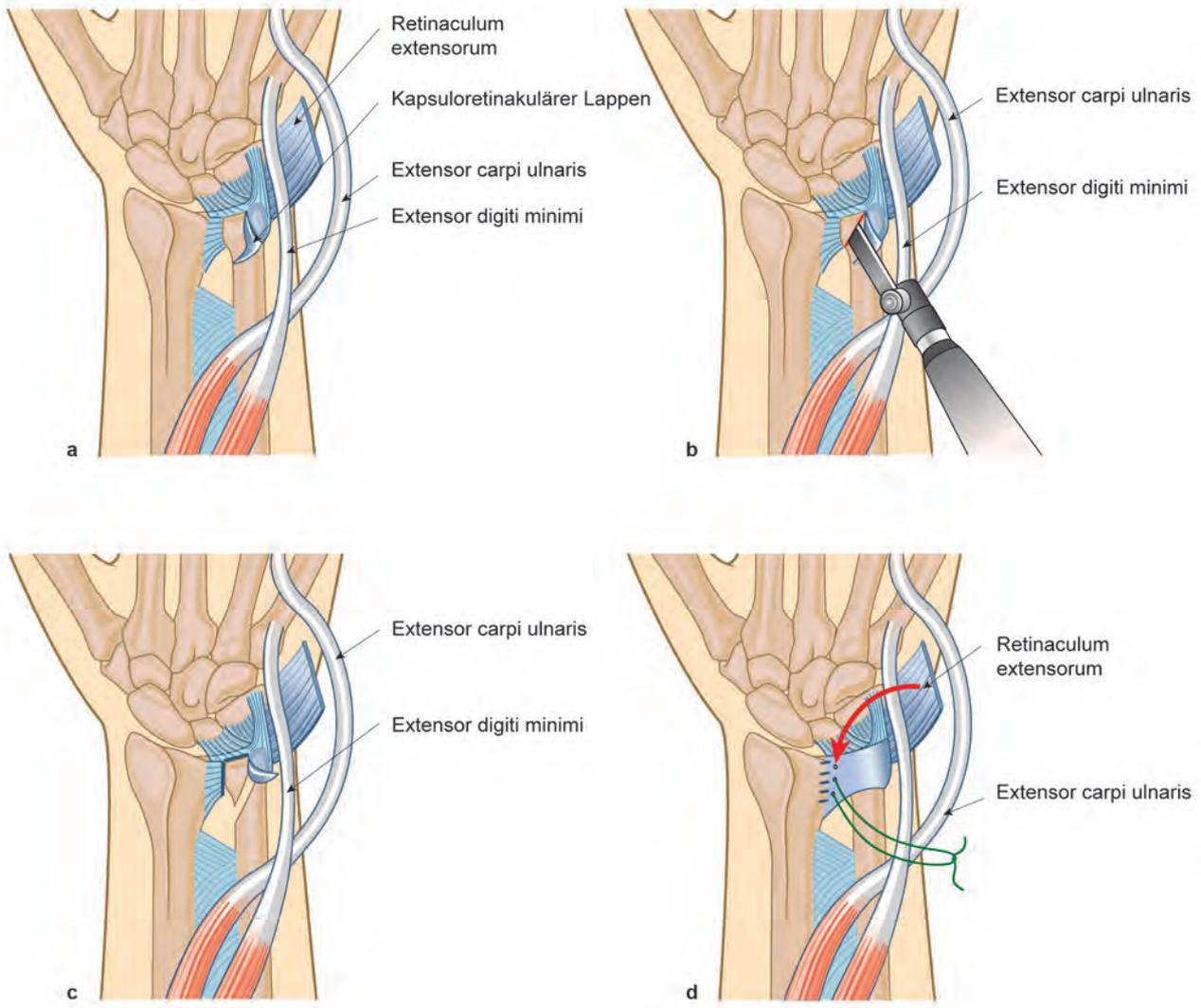


Abb. 3.8-10 a) Darstellung des distalen Radioulnargelenks durch Hebung eines ulnar gestielten Kapsellappens. b) Der Ulnakopf wird mittels einer oszillierenden Säge unter Belassung des Proc. styloideus ulnae sowie seiner ligamentären Anhaftung und des Diskus reseziert. c) Der Kapsellappen wird in den entstandenen Defekt interponiert und mit der palmaren DRUG-Kapsel vernäht (d).



Abb. 3.8-11 Röntgenuntersuchung nach Ulnakopf-Hemiresektions-Arthroplastik nach Bowers.



Abb. 3.8-12 Radioulnares Impingement nach Ulnakopf-Hemiresektions-Arthroplastik nach Bowers.



Abb. 3.8-13 Röntgenkontrolle nach Wide Excision der Ulna.

Experimentelle biomechanische Daten von Masaoka (Masaoka et al. 2002) sowie Sauerbier (Sauerbier et al. 2002a/b; Sauerbier et al. 2011) konnten die biomechanische Überlegenheit von Ulnakopfprothesen gegenüber den konventionellen Resektions- und Weichteilstabilisationsverfahren an der distalen Ulna aufzeigen und werden durch klinische Studien bestätigt (Van Schoonhoven et al. 2000).

Die „Matched Distal Ulnar Resection“ nach Watson

Bei dieser von Watson (Watson und Gabuzda 1992; Watson 1986) beschriebenen Operationsmethode verbleibt wie bei der Bowers-Operation der Proc. styloideus ulnae mit dem TFCC und dem distalen ulnaren Bandapparat intakt. Die distale Ulna wird in einer langen, weichen, konvexen Kurve, welche der Form der gegenüberliegenden konkaven Radiusmetaphyse folgt, langstreckig reseziert. Aber auch diese Methode kann das postoperative radioulnare Impingement nicht verhindern und hat im deutschsprachigen Raum wenig Zustimmung erfahren, sodass sie hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden soll. Die klinischen Ergebnisse sind mit denen der Bowers-Operation vergleichbar.

Die Wide Excision der distalen Ulna

Da die Resektion des Ulnakopfs mit einer häufigen postoperativen schmerzhaften Instabilität behaftet ist, wurde nach alternativen Behandlungsmöglichkeiten gesucht.

Wolfe (Wolfe et al. 1998) beschreibt in einer Multicenterstudie die im Durchschnitt nach 22 Monaten erhobenen postoperativen Ergebnisse nach Durchführung einer so genannten „wide excision of the ulna“, definiert als Resektion von 25% bis 50% der Länge der Ulna bei zwölf Patienten, davon acht Patienten nach fehlgeschlagenen Rettungsoperationen des distalen Radioulnargelenks (> Abb. 3.8-13). Er berichtet hier über gute oder sehr gute Ergebnisse bei neun der zwölf Patienten. Jedoch kann auch die Wide Excision der Ulna ein dann weiter proximal gelegenes radioulnares Impingement nicht verhindern. Somit findet diese Methode

ihre Indikation hauptsächlich in der Therapie von Knochentumoren der Ulna oder in der Durchführung einer septischen Handgelenksarthrodese unter Verwendung der resezierten gefäßgestielten Ulna als Transplantat am Karpus (Germann et al. 2001).

Die distale radioulnare Arthrodese nach Kapandji-Sauvé

Die 1936 von Sauvé und später von Kapandji beschriebene Operation beinhaltet eine Arthrodese des distalen Radioulnargelenks mit gleichzeitiger Pseudarthrose zwischen Radius und Ulna durch eine Segmentresektion der Elle proximal des DRUG, um die Unterarmdrehbeweglichkeit zu erhalten bzw. wiederzuerlangen.

Der Vorteil dieser Technik gegenüber den zuvor beschriebenen resezierenden Verfahren liegt im Erhalt des Ulnakopfs als ulnarem Stützpfiler des Handgelenks und der Vermeidung der ulnaren Translokation des Karpus (Carter und Stuart 2000; Millroy et al. 1992; Lichtmann et al. 1998), sodass diese Methode ihre Indikation neben der DRUG-Arthrose auch in der Destruktion des DRUG bei rheumatoider Arthritis findet.

Nachteilig an dieser Methode ist das auf die Instabilität des Ulnastumpfs zurückzuführende radioulnare Impingement zwischen Ellenstumpf und Radius (Carter und Stuart 2000; Millroy et al. 1992; Lichtmann et al. 1998; Czermak et al. 2007; Sauerbier 2002b). Zusätzlich kann es zu einer dorsopalmaren Instabilität der Ulna kommen. Die von der Mayo-Klinik-Gruppe um Berger durchgeführten biomechanischen Studien über die Resultate der resezierenden Operationstechniken am DRUG lassen vermuten, dass die Kapandji-Sauvé-Operation hinsichtlich der radioulnaren Konvergenz biomechanisch der Darrach-Operation entspricht (Czermak et al. 2007).

Präoperativ wird anhand standardisiert angefertigter Röntgenaufnahmen ein eventuell vorliegender ulnarer Vorschub im Vergleich zur Gegenseite bestimmt. Nach Darstellung des distalen Endes der Ulna und des Radioulnargelenks erfolgt die Bestimmung der Osteotomiehöhe unter Berücksichtigung eines eventuell zu korrigierenden ulnaren Vorschubs. Zur Vermeidung möglicher Instabilitäten sollte die Osteotomiestelle möglichst weit distal gewählt werden. Etwa 2 cm proximal des Ulnaendes wird ein etwa 15 mm langes Ulnasegment reseziert. Das DRUG wird eröffnet und entknorpelt, das zuvor entnommene Ulnasegment wird zwischen Ulna und Radius interponiert und nachdem der Ulnakopf auf das korrekte Niveau eingestellt wurde, erfolgt die Stabilisierung der Arthrodese mittels einer Zugschraube (> Abb. 3.8-14). Anschließend werden die beiden freien Ulnaenden mit dem umgeschlagenen M. pronator quadratus ummantelt. Die postoperative Ruhigstellung erfolgt für vier bis sechs Wochen im Unterarmgips. Die Methode mittels Spaninterposition und Einbringung zweier Zugschrauben (> Abb. 3.8-15) sollte aufgrund des damit verbundenen Erfordernisses, die Osteotomiestelle weiter nach proximal zu verlagern, vermieden werden.

Das mit der Kapandji-Sauvé-Operation direkt konkurrierende Verfahren stellt die Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik nach Bowers dar, da hier nicht der komplette Ulnakopf reseziert wird und die ulnaren Bandverbindungen zwischen Karpus und Ulnakopf sowie ein intakter Diskus erhalten bleiben (Lichtmann et al. 1998). Czermak et al. (2007) konnten zeigen, dass mit der Operation nach Kapandji-Sauvé eine signifikante Verbesserung der Unterarmdrehbeweglichkeit, der groben Kraft und der Schmerzreduktion erreicht werden konnte. Die erzielten Resultate waren vergleichbar mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen

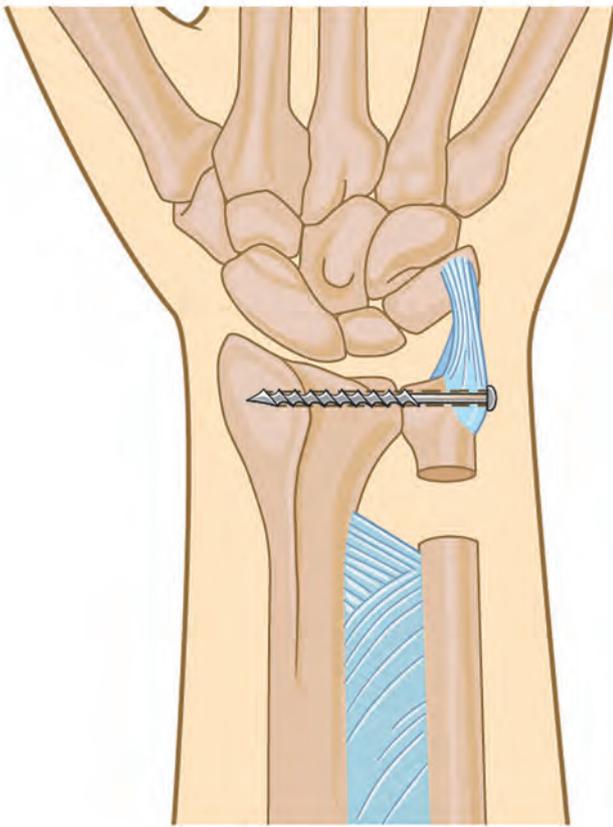


Abb. 3.8-14 Operation nach Kapandji-Sauvé. Das distale Radioulnargelenk ist fusioniert und eine proximal davon gelegene Pseudarthrose erlaubt die Unterarmdrehbewegung.



Abb. 3.8-15 Radioulnares Impingement bei Zustand nach Kapandji-Sauvé-Operation a) Aufnahme ohne Belastung. b) Aufnahme unter Belastung des Handgelenks (Aufnahme nach Lees und Scheker).

von Zimmermann (Zimmermann et al. 2003a; Zimmermann et al. 2003b), Borisch und Haußmann (Borisch und Haußmann 1998) sowie Haferkamp (Haferkamp et al. 2003), zeigten jedoch insgesamt wenig zufriedenstellende DASH-Werte.

Das postoperative Ergebnis im Vergleich zwischen der Kapandji-Sauvé-Operation und der Ulnakopf-Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik nach Bowers hinsichtlich Beweglichkeit und Schmerzreduktion ist in der Literatur vergleichbar (Lichtmann et al. 1998; Van Schoonhoven 2003).

Trotz relativ guter Ergebnisse sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich bei der Kapandji-Sauvé-Operation um einen Rettungseingriff handelt: Er kann zwar zu einer Schmerzreduktion führen, aber im Fall des Versagens der Operation mit postoperativem Impingement-Syndrom wie die Darrach-Operation zu erheblichen, dann kaum lösbaren Problemen führen, was sich letztlich bei allen Rettungsoperationen zeigt (Sauerbier 2002b). Bei der Kapandji-Sauvé-Technik wird im Vergleich zur Darrach-Operation das Problem lediglich weiter nach proximal verlagert (> Abb. 3.8-15).

Die Indikationen zur Operation sollten streng gestellt werden, und die heute zur Verfügung stehenden neuen endoprothetischen Verfahren in Form einer primären Implantation einer Ulnakopfprothese sollten auf alle Fälle in den Entscheidungsprozess einbezogen werden (Sauerbier 2002b; Scheker et al. 2001; Van Schoonhoven et al. 2000). Bei fehlgeschlagener Sauvé-Kapandji-Operation ist die Implantation einer Ulnakopfprothese als Rückzugsmöglichkeit zwar grundsätzlich vorhanden, aber mit erheblich größerem operativem Aufwand und technischer Schwierigkeit verbunden als bei der Operation nach Bowers oder Watson (Fernandez et al. 2006).

Der One-Bone Forearm

Bei diesem Verfahren werden nach Resektion des Ulnakopfs Radius und Ulna distal fusioniert, ohne dann wie bei der Kapandji-Sauvé-Operation ein Segment der Ulna proximal der Fusionsstelle zu reseziieren (Castle 1974).

Ein schmerzhaftes radioulnares Impingement wird somit zwar verhindert, jedoch um den Preis der dann nicht mehr möglichen Unterarmdrehung, sodass diese Methode lediglich bei diaphysären Defekten nach Tumorresektionen, Osteomyelitiden oder schweren Traumata und Kriegsverletzungen eine begrenzte Indikation findet.

Ulnakopfprothese

Kommt es nach Durchführung einer der genannten „Rettungsoperationen“ zu einer postoperativen Instabilität mit schmerzhaftem Impingement-Syndrom, so gab es lange Zeit keine weitere Möglichkeit der operativen Verbesserung für den Patienten. In den letzten Jahren haben Innovationen im Bereich der Endoprothetik zur Entwicklung von Ulnakopfprothesen geführt und dadurch die zeitweise schlechten Resultate nach Rettungsoperationen am distalen Radioulnargelenk deutlich verbessert.

Bei allen Rettungsoperationen kommt es biomechanisch zum dynamischen radioulnaren Impingement bzw. zur radioulnaren Konvergenz. Erst mit der Entwicklung der Ulnakopfprothese bietet sich heute wieder die Möglichkeit, dem Patienten in dieser Situation eine operative Lösung anbieten zu können; durch die Implantation einer Ulnakopfprothese kann ein radioulnares Impingement suffizient verhindert werden (Sauerbier 2002b).

Die Gruppen um Herbert und van Schoonhoven sowie um Berger und Cooney aus der Mayo Klinik in Rochester, Minnesota/USA, entwickelten Ulnakopf-Prothesenmodelle, die inzwischen etabliert sind und nach fehlgeschlagener Darrach- oder Bowers-Operation eingesetzt werden können.



Abb. 3.8-16 Patient mit Arthrose des DRUG und Ulna-Impaction-Syndrom. Primäre Implantation eine Ulnakopfprothese (Small Bone Innovations, Morrisville, PA, USA).

Auch fehlgeschlagene Kapandji-Sauvé-Operationen mit schmerzhafter Unterarminstabilität können durch die Implantation einer Ulnakopfprothese behoben werden (Van Schoonhoven et al. 2012; Sauerbier und Unglaub 2009; Fernandez et al. 2006; Berger und Cooney 2005; Frykman 1967), entweder durch distale Resektion und Implantation einer regulären Revisionsprothese (Van Schoonhoven und Lanz 1998) oder in der Technik nach Fernandez (2006), der die distale Fusion belässt und darunter eine sphärische Prothese platziert (➤ Abb. 3.8-16).

Ulnakopfprothesen führen zu einer deutlichen Reduktion der Schmerzsymptomatik sowie verbesserter Umwendbewegung und Kraft. Die Vorteile gegenüber anderen herkömmlichen Rettungsoperationen wurden von Sauerbier et al. (Sauerbier et al. 2011; Sauerbier et al. 2003; Sauerbier et al. 2002a/c; Scheker 2008) in experimentellen Studien nachgewiesen. Dabei kam heraus, dass die Resektion der distalen Ulna bei allen Belastungen zu einer starken Instabilität des Unterarms mit Bewegungen des Radius an die Ulna von 0,9–0,38 cm in Vergleich zu intakten Radioulnargelenken führt. Die Implantation einer Ulnakopfprothese stellte die Stabilität des Radioulnargelenks effektiv wieder her. Die Studie zeigte nach Implantation einer Ulnakopfprothese signifikant bessere Ergebnisse als nach Darrach- und weichteilstabilisierenden Operationen.

Mittlerweile werden Ulnakopfprothesen durchaus auch als primäres Operationsverfahren zur Behandlung der DRUG-Arthrose erfolgreich eingesetzt (➤ Abb. 3.8-17) (Vonier et al. 2012; Müller et al. 2004; Krimmer 1998). Die klinischen Frühresultate sowohl mit der Herbert-Ulnakopfprothese (Scheker 2008) als auch die eigenen Resultate mit der SBI-Ulnakopf-Prothese (Small Bone Innovation, Morrisville, PA, USA) bei mittlerweile 30 Patienten sind vielversprechend (Müller et al. 2004). Interessanterweise zeigt sich bei Nachuntersuchungen eine Umgestaltung („Remodeling“) in der Incisura ulnaris des Radius, Prothesenkopf und Gelenkfläche bilden ein „Neogelenk“ aus.

Die Patienten berichten von einer deutlichen Schmerzlinderung sowie einer Kraftzunahme, v. a. bei der Umwendbewegung. Die Resultate zeigen eine postoperative Grobkraft von 75 % der Gegenseite sowie zufriedenstellende Werte auf der visuellen Schmerzskala (VAS 0–100) von im Durchschnitt 12 in Ruhe und 30 bei Belastung. Die Umwendbewegung beträgt postoperativ 78 % im Vergleich zur Gegenseite. Der derzeitige Nachbeobachtungszeitraum beim eigenen Patientenkollektiv liegt bei 18 Monaten (20 evaluierte Patienten), Langzeitergebnisse von mehr als zehn Jahren mit konstanten Resultaten liegen aus der Arbeitsgruppe Schoonhoven bereits vor

(Van Schoonhoven et al. 2012). Interessanterweise sind die funktionellen Ergebnisse bei jenen 13 Patienten, die eine primäre Rekonstruktion des DRUG durch Prothese ohne vorhergehende Rettungsoperation erhalten haben, deutlich besser als bei den Patienten, die bereits voroperiert waren (Enderle 2010).

Die biomechanischen experimentellen Daten unterstützen das klinische Vorgehen, den Einbau einer Ulnakopfprothese den Weichteilstabilisierungsverfahren nach fehlgeschlagenen Rettungsoperationen, aber auch frühzeitig nach traumatischer Zerstörung der Incisura ulnaris des Radius bzw. des Ulnakopfs – selbst nach Kapandji-Sauvé-Operationen mit unveränderter schmerzhafter Handgelenkinstabilität – vorzuziehen und diese ggf. auch als primäres Rekonstruktionsverfahren einzusetzen. Dieses Vorgehen wird gestützt durch die guten Langzeitergebnisse der Arbeitsgruppe um van Schoonhoven (Van Schoonhoven et al. 2012).

Operationstechnik

Wie bei allen Eingriffen am DRUG muss eine Verletzung des streckseitigen Nervus-ulnaris-Astes beim Zugang zum Gelenk unbedingt vermieden werden. Nach Zugang zum DRUG durch das fünfte Streckerfach wird die Kapsel des Gelenks dann an ihrem dorsalen Ansatz an der Incisura ulnaris des Radius abgelöst, die Sehnenscheide des ECU sollte wegen ihrer stabilisierenden Funktion auf das DRUG nicht eröffnet werden. Nach Heben eines ulnarseitig gestielten kapsuloretinakulären Lappens ist das DRUG freigelegt. Es erfolgt dann die Resektion der distalen Ulna unter sorgfältiger Schonung der distalen ulnokarpalen Bandstrukturen, evtl. Einrisse des TFCC können jetzt débridiert werden.

Nun wird der Prothesenschaft eingepasst, mithilfe einer Probeprothese werden klinisch und radiologisch der regelrechte Sitz und die regelrechte Länge der Prothese kontrolliert. Eine positive ulnare Varianz ist unbedingt zu vermeiden, um ein dann nur schwer therapierbares Ulna-Impaction-Syndrom zu verhindern. In Neutralposition des Unterarms sollte die ulnare Varianz 0 bis -2 mm betragen (Megerle und Sauerbier 2009). Gegebenenfalls wird nun die Prothese am Kapsel-Bandapparat stabilisiert sowie der Kapsellappen am Radius mittels transossärer geflochtener Nähte der Stärke 0 rekonstruiert.

Da das postoperative Ergebnis stark von einer stabilen Weichteilführung der Prothese abhängig ist, sollte die Indikation bei Patienten mit starker vorbestehender Instabilität des DRUG eng gestellt werden (Megerle und Sauerbier 2009), so z. B. bei Rheumati-



Abb. 3.8-17 Implantation einer „custom-made“ Ulnakopfprothese mit sphärischem Prothesenkopf (KSL-Martin, Tuttlingen) nach fehlgeschlagener Kapandji-Sauvé-Operation. a) und b) Posterior-anteriore und seitliche Aufnahme. c) Radioulnares Impingement. d) und e) Zustand nach Implantation einer Ulnakopfprothese.

kern oder wenn mehrere Voroperationen zu einer Schwächung der ligamentären Stabilisierung des DRUG geführt haben.

Kontraindiziert ist die Implantation einer Ulnakopfprothese bei massiver Osteoporose, d. h., wenn die Qualität des Knochens eine ossäre Integration des Prothesenschafts nicht gewährleisten kann.

Van Schoonhoven sieht auch eine verbleibende Instabilität oder Dislokation des DRUG nach einer Essex-Lopresti-Verletzung oder nach einer vorausgegangenen Radiusköpfchenresektion als Kontraindikation einer Ulnakopfprothese an, da der distale Kapsellappen nicht stabil genug erscheint, die in diesen Fällen vorliegende longitudinale Instabilität des Unterarms zu kompensieren, was dann zu einer erneuten Dislokation bzw. Instabilität des DRUG führt (Van Schoonhoven 2009).

Im Fall einer sekundären Implantation einer Ulnakopfprothese ist die genaue präoperative Planung von essenzieller Bedeutung.

So ist zu überlegen, ob eine Prothese mit einem Normalschaft oder eine Revisionsprothese mit einem verlängerten Prothesenhals (> Abb. 3.8-18) oder im Fall einer vorausgegangenen massiven Kürzung der Ulna sogar die Implantation einer „custom made“ Prothese als Sonderanfertigung erforderlich ist.

Scheker entwickelte eine gekoppelte Total-Endoprothese für das distale Radioulnargelenk, die sich von den Ulnakopfprothesen dadurch unterscheidet, dass alle drei Komponenten des distalen Radioulnargelenks, nämlich die Incisura ulnaris des Radius, der Ulnakopf und der TFCC, ersetzt werden. Mit dieser Prothese ist ein Ersatz des Radioulnargelenks auch bei insuffizientem Bandapparat möglich (Scheker 2008) (> Abb. 3.8-19a-c).

In einer Nachuntersuchung von 31 Patienten bis zu neun Jahre nach Implantation fanden Laurentin-Pérez et al. (Laurentin-Pérez et al. 2008) eine Verbesserung der Pronation von im Mittel 65,5°



Abb. 3.8-18 a) Radioulnares Impingement nach Handgelenksarthrodese und Darrach-Operation. b) Implantation einer Ulnakopfprothese (Revisionsprothese).

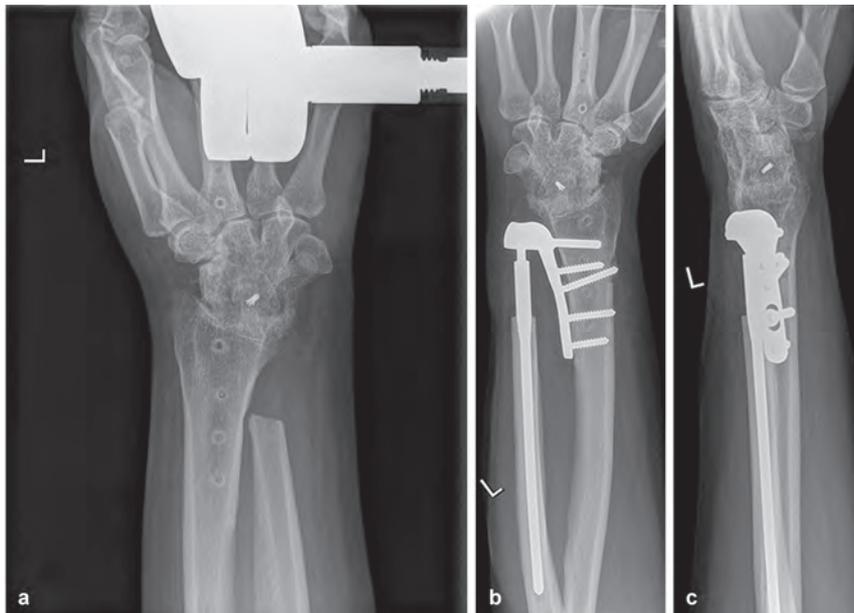


Abb. 3.8-19 Röntgenbild bei einer 40-jährigen Patientin mit multiplen Voroperationen am Handgelenk (u. a. Kompletterversteifung, Mehrfachresektion der distalen Ulna). Die Patientin hat ausgeprägte Schmerzen, verbunden mit dynamischem radioulnarem Impingement (a: Aufnahme unter Last nach Lees/Scheker) und Kraftmangel. Auf Grund des ausgeprägten Befundes mit relativ kurzem Ulnastumpf erfolgte die Implantation einer gekoppelten Ulnakopfprothese (Scheker-Prothese, Fa. Aptis Medical, LLC, Louisville, KY, USA). Die Röntgenbilder des Unterarmes p. a. und seitlich (b, c) zeigen eine gute Lage der Prothese ohne Anzeichen der Lockerung.

auf 74° und der Supination von 53° auf 70° mit weitgehender Schmerzreduktion. Die Kraft der Patienten konnte von im Mittel 10 kg auf 24 kg verbessert werden.

3.8.6 Zusammenfassung

Pathologische Veränderungen des DRUG sind häufig die Ursache für schmerzhafte ulnarseitige Gelenkbeschwerden sowie Probleme der Unterarmrotation und führen zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Funktion des Handgelenks und Arms. Während der Unterarmdrehbewegung ist die Ulna die stabile Achse, um die der Radius herum rotiert. Radius, Ulna, proximales und distales

Radioulnargelenk sowie die Membrana interossea bilden eine funktionelle Einheit, deren Unversehrtheit bzw. regelrechte Rekonstruktion ein wesentlicher Aspekt der Unterarmdrehbeweglichkeit darstellt.

Wegen der knöchernen Inkongruenz von Ulnakopf und Incisura ulnaris des Radius hängt die Stabilität des DRUG in hohem Maße von bindegewebigen und ligamentären Stabilisatoren, insbesondere vom TFCC, ab. Eine akute Instabilität des DRUG ist üblicherweise mit Frakturen von Radius oder Ulna vergesellschaftet, eine chronische Instabilität ist meist die Folge fehlverheilter Radiusfrakturen.

Eine unbehandelte Instabilität des DRUG kann zur Ausbildung einer Arthrose des distalen Radioulnargelenks führen und sollte

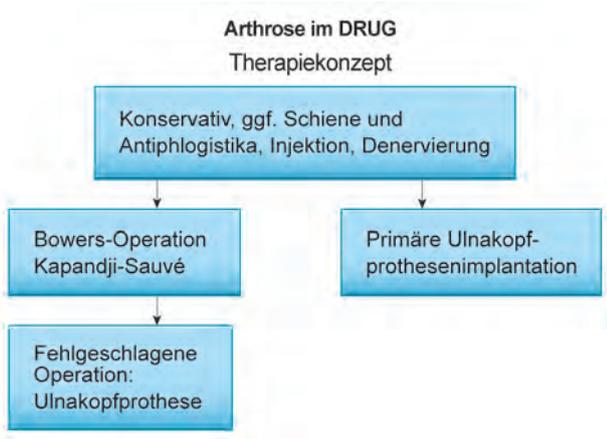


Abb. 3.8-20 Behandlungsalgorithmus der Therapie der DRUG-Arthrose.

dementsprechend konsequent, z. B. durch eine Bandplastik nach Adams, therapiert werden.

Als Behandlungsoption bei bestehender DRUG-Arthrose steht resezierenden Verfahren wie der kompletten Resektion der distalen Ulna (Darrach-OP), Ulnakopf-Hemiresektions-Interpositions-Arthroplastik nach Bowers oder der Operation nach Kapandji-Sauvé heute in zunehmendem Maße die primäre Implantation einer Ulnakopfprothese gegenüber, welche die bekannten postoperativen Probleme der so genannten Rettungsoperationen, wie ein radioulnares Impingement-Syndrom, vermeidet.

Aber auch nach fehlgeschlagenen Rettungsoperationen, selbst nach einer Kapandji-Sauvé-Operation kann eine suffiziente Gelenkfunktion durch Implantation einer Ulnakopfprothese wieder erreicht werden (> Abb. 3.8-20).

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

- Adams BD, Berger RA. An anatomic reconstruction of the distal radioulnar ligaments for posttraumatic distal radioulnar joint instability. *J Hand Surg (Am)*. 2002; 27(2): 243–251.
- Af Ekenstam F, Hagert CG. Anatomical studies on the geometry und stability of the distal radioulnar joint. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1985; 19:17–25.
- Berger RA, Cooney WP 3rd. Use of an ulnar head endoprosthesis for treatment of an unstable distal ulnar resection: review of mechanics, indications, and surgical technique. *Hand Clin*. 2005; 21: 603–620.
- Kapandji IA: Opération de Kapandji-Sauvé. Techniques et indications dans les affections non rhumatismales. *Ann Chir Main*. 1986; 5:181–193.
- Sauerbier M, Hahn ME, Fujita M, Neale PG, Berglund LJ, An KN, Berger RA. Biomechanical evaluation of the dynamic radioulnar convergence after ulnar head resection, two soft tissue stabilization methods of the distal ulna and ulnar head prosthesis implantation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2011; 131: 15–26.
- Sauerbier M, Enderle E, Arsalan-Werner A, Vetter M, Vonier D. Ulnar Head Replacement and Related Biomechanics. *J Wrist Surg* 2013; 2: 27–32.
- Scheker LR: Implant Arthroplasty for the Distal Radioulnar Joint. *J Hand Surg Am*. 2008; 33:1639–44.
- Van Schoonhoven J, Lanz U. „Rund um den Ellenkopf“: Verletzungsmuster und Klassifikationen. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1998; 30: 351–360.
- Van Schoonhoven J, Mühlendorfer-Fodor M, Fernandez DL, Herbert TJ. Salvage of failed resection arthroplasties of the distal radioulnar joint using an ulnar head prosthesis: Long term results. *J Hand Surg (Am)*. 2012; 37: 1372–1380.
- Van Schoonhoven, J, Kall S, Schober F, Prommersberger KJ, Lanz U. Die Hemiresektions-Interpositionsarthroplastik als Rettungsoperation bei Arthrodese des distalen Radioulnargelenkes. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2003; 35: 175–180.
- Vonier D, Enderle E, Sauerbier M. Die Behandlung der Arthrose des distalen Radioulnargelenkes. *Unfallchirurg*. 2012; 115: 589–597.

5.4 Vaskularisierte Knochentransplantation

5.4.1 Freie vaskularisierte Fibulatransplantation

Andreas Eisenschenk

Im Rahmen der Weiterentwicklung der mikrochirurgischen Techniken erfolgte geringfügig zeitversetzt zu den Tiermodellen um 1973 (McCulloch und Frederickson 1973) die klinische Anwendung der freien vaskularisierten Knochentransplantate. Die erste Beschreibung der Hebetchnik einer freien vaskularisierten Fibula wurde 1975 von Taylor und Kollegen veröffentlicht.

Bei einem freien vaskularisierten Fibulatransplantat handelt es sich um eine Verlagerung eines Knochenanteils mit einer eigenständigen periostalen und/oder endostalen Blutversorgung vom Spender- zum Empfängerort. Die für die Blutzirkulation des Knochens notwendige Arterie und Vene wird durchtrennt und am Empfängerort anastomosiert. Dadurch kann die periostale und/oder endostale Durchblutung aufrechterhalten werden und das Knochentransplantat bleibt nach der Transplantation vital (Eisenschenk et al. 1994).

Generell kann man zwei Durchblutungssysteme der Fibula (Röhrenknochen) unterscheiden: das zentrale medulläre und das periphere muskuloperiostale Gefäßsystem. Beide ergänzen sich und sind durch Anastomosen miteinander verbunden. Tierexperimentelle Studien haben bewiesen, dass sowohl das medulläre als auch das periostale Gefäßsystem alleine in der Lage ist, ein vaskularisiertes Knochentransplantat zu versorgen (Berggren et al. 1982; Leung 1989).

Vorteile

Das freie vaskularisierte Fibulatransplantat

- ist ein eigenständiges periostal und/oder endostal transplantierbares, sehr stabiles kortikales Knochensegment,
- kann große Knochendefekte (bis zu ca. 30 cm) überbrücken,
- kann osteokutan, osteomuskulokutan oder osteomuskulär gehoben werden,
- kann vielfach osteotomiert (Formanpassung, Doppelung) werden,
- reagiert auf Belastungen wie ein normaler Knochen (Frakturheilung, Hypertrophie),
- hat eine normale Infekteresistenz und kann im schlechten Knochenwirtschlager einheilen (z. B. bei Zustand nach Strahlen- und/oder Chemotherapie, Kontamination).

Nachteile

Aus der Hebung eines freien vaskularisierten Fibulatransplantats resultiert der Verlust einer Unterschenkelarterie (A. peronea) und deren Begleitvenen. Das Osteosynthesematerial wird evtl. entfernt (eine in die distale Restfibula evtl. eingebrachte Stellschraube muss entfernt werden). Die Transplantathebung ist zeitaufwändig und schwierig.

Indikationen

Das freie vaskularisierte Fibulatransplantat dient an der oberen Extremität zur Knochendefektüberbrückung (osteokutan, osteo-

muskulokutan, osteomuskulär) von etwa 6–30 cm. Derartige Knochendefekte können nach Tumorresektionen, durch kongenitale Erkrankungen, nach Trauma (direkte Knochenverluste, Osteomyelitiden, Pseudarthrosen) oder nach Strahlen- und/oder Chemotherapie im Bereich der oberen Extremität entstehen. Auch der Ersatz einer Wachstumszone (Radius) bei Zerstörung kann indiziert sein. Revaskularisationsindikationen für die freie vaskularisierte Fibula im Bereich der oberen Extremität, wie z. B. bei beginnender Hüftkopfnekrose, sind nicht bekannt.

Präoperative Vorbereitungen

Zur Festlegung einer Operationsstrategie ist die präoperative Diagnostik unerlässlich. Je mehr Informationen im Vorfeld gewonnen werden, desto besser kann strategisch geplant werden. Intraoperative Überraschungen werden hierdurch minimiert.

Neben der allgemeinen Anamnese des Patienten muss die Empfängerregion ausgiebig beurteilt werden. Hierzu zählen die Qualität des Wirtschlagers inkl. der Gesamtweichteilsituation und die Möglichkeiten von Gefäßanschlüssen (Hierner und Wolf 2011). Zur präoperativen Beantwortung dieser Fragen sind, je nach Situation, konventionelles Röntgen, MRT und CT obligat. Die Gefäßsituation in der Spender- und Empfängerregion kann mittels Doppler-Sonografie, konventioneller Angiografie oder digitaler Subtraktionsangiografie durchgeführt werden. Die Anfertigung einer Operationskizze des Empfängerbereichs mit Festlegung der zu erwartenden distalen und proximalen Resektionslinie und der Transplantatlänge sollte immer stattfinden.

Operation

Am häufigsten wird der **laterale Zugang** von Gilbert (1979) angewendet, der eine Modifikation der ursprünglich posterioren Freilegung der Fibula nach Taylor et al. (1975) darstellt.

Der Patient wird in Rückenlage positioniert. Auf der Spenderseite wird die Beckenhälfte ein wenig erhöht, das Hüftgelenk gebeugt und eine Knierolle untergelegt (➤ Abb. 5.4-1). Möglich ist eine Markierung der Perforatoren mittels Doppler-Sonografie auf der Haut. Anschließend erfolgt die Anlage der Blutleere. Nun werden der Fibulakopf auf der Haut sowie der zu vermutende Verlauf des N. peroneus im Bereich des Fibulakopfs markiert. Nach der Markierung wird eine gerade Verbindung (Schnittlinie) zwischen dem Fibulakopf und dem Malleolus lateralis eingezeichnet. Diese Schnittlinie wird optisch in fünf gleiche Teile unterteilt (➤ Abb. 5.4-1). Die mittleren drei Fünftel sind die maximale knöchern zu hebende Transplantatlänge. Die Schnittlinie kann oder muss je nach Transplantatlänge häufig bis weit in das proximale und distale Fünftel eröffnet werden.

Sofern nur ein kleines Fibulatransplantat (z. B. 10 cm) benötigt wird, sollte die Resektionshöhe das mittlere Fünftel mit einschließen, da hier mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Foramen nutricium mitgenommen wird. Wird eine Monitorhautinsel oder eine zusätzliche Hautdeckung benötigt, ist die Stielpräparation distal am einfachsten (der Stiel durchquert hier kaum Soleusmuskelmasse).

Die Haut wird inkl. Subkutangewebe inzidiert und anschließend die Muskelfaszie der Länge nach eröffnet (➤ Abb. 5.4-2). Nun stellen sich die Mm. peroneus brevis et longus sowie der M. soleus dar. Der M. soleus besitzt schräg verlaufende Muskelfasern, die Peroneusmuskulatur eine längs verlaufende Faserung. Zwischen dem

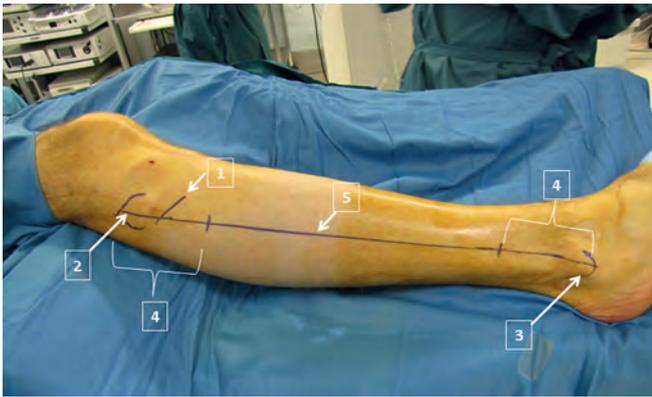


Abb. 5.4-1 Lagerung der unteren Extremität in leichter Innenrotation. Die blaue Linie (5) markiert den Hautschnitt; Fibulakopf (2); Malleolus lateralis (3); Einteilung in fünf Fünftel (4) markiert je ein proximales und distales Fünftel der Fibula. Verlaufsmarkierung des Nervus peroneus communis (1).

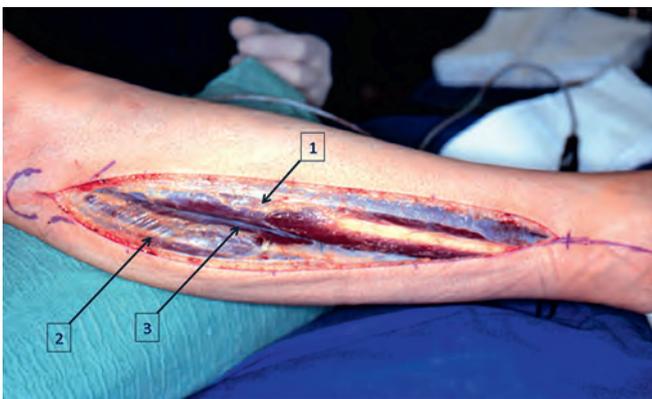


Abb. 5.4-2 Darstellung der Muskulatur nach Hautschnittöffnung: Peronealmuskelloge (1), M. soleus (2), Eintrittspunkt in Richtung Dorsalrand der Fibula (3).

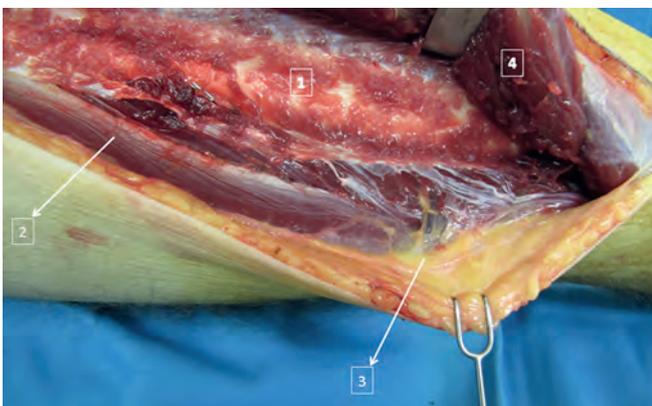


Abb. 5.4-3 Darstellung der lateralen Fibula und des Gefäßstiels für die Monitorhautinsel: Fibula distal mit Periost und belassener Restmuskulatur (1), M. soleus (2), distaler Gefäßstiel zur Hebung einer Monitorhautinsel (3), Peronealmuskelloge präpariert und angehoben (4).

M. soleus und der Peroneusgruppe liegt die Eintrittspforte. Diese darf nicht verfehlt werden. Eine Hilfe besteht darin, dass bei Palpation der Fibula die dorsale Kante getroffen wird. Sollte man die Fibula mittig treffen, wäre man i. d. R. zu weit ventral (Eintritt zwischen der Peroneusgruppe ist falsch). Unter mikrochirurgischem Erhalt des Periosts erfolgt unter Belassung von Muskelanteilen (ca. 1 mm Schicht) die laterale Freilegung der Fibula bis zum Septum intermusculare anterius (trennt Peroneus- von der Extensorenloge). Die Peroneusmuskulatur und der M. soleus werden mit dem Spreizer zur Seite gehalten. Die laterale Fibulafläche stellt sich nun

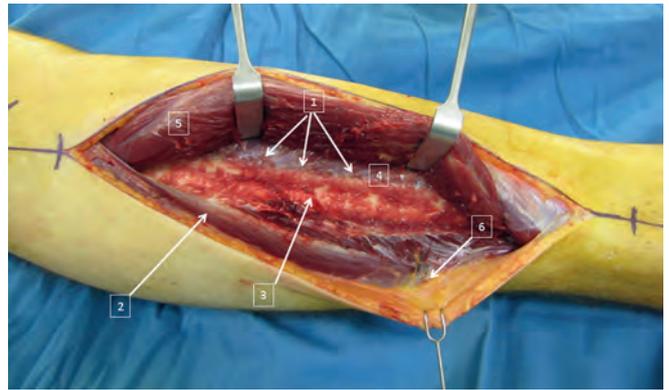


Abb. 5.4-4 Darstellung der Fibula nach Präparation und Lösung der Peronealmuskelloge mit Darstellung des Monitorgefäßstiels. Darstellung des Septum intermusculare anterius, das den Übergang zur Extensorenloge darstellt (1), M. soleus (2), laterale Fibula mit Periost und belassener Muskulatur (3); die durchscheinende Extensorenloge (4); Peronealmuskulatur abpräpariert (5), Gefäßstiel zur Hebung einer Monitorhautinsel (6).

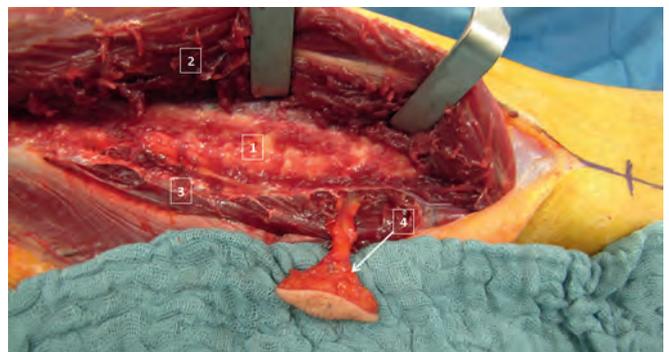


Abb. 5.4-5 Darstellung der lateralen Fibula nach mikrochirurgischer Präparation der Monitorhautinsel. Darstellung der lateralen Fibula mit Periost und belassener Muskulatur (1), Peronealmuskelloge (2), M. soleus (3), präparierte Monitorhautinsel (4).

mit dem Periost und der Muskelmanschette dar. Bei gleichzeitiger Hebung einer Hautinsel dürfen die laterodorsalen Gefäße nicht verletzt werden. Diese zur Haut führenden Gefäße sind mikrochirurgisch gut sichtbar (Eisenschenk et al. 1994).

Wird eine Hautinsel gewünscht, muss diese jetzt präpariert werden (> Abb. 5.4-3, > Abb. 5.4-4, > Abb. 5.4-5). Geht der Gefäßstiel durch den M. soleus, wird Muskulatur um den Stiel herum belassen und anschließend die gewünschte kutane Größe umschnitten. Bei größeren kutanen Arealen können auch mehrere Gefäßstiele präpariert werden.

Das Septum intermusculare anterius wird nun von proximal und distal der Länge nach vorsichtig eröffnet. Als Nächstes werden die Osteotomien durchgeführt (> Abb. 5.4-6). Proximal wie distal ist der Vorgang gleich. Die Länge des Transplantats wird ausgemessen, und die Osteotomielinien werden festgelegt. Ventral und dorsal wird ein Hohmann-Hebel eingesetzt und mit der Säge der Knochen durchtrennt. Am proximalen und distalen Ende des Fibulatransplantats werden kräftige chirurgische Klemmen angesetzt. Das Transplantat wird außenrotiert. So kann nun (unter der Extensorenloge hindurch) bis zur bereits erkennbaren Membrana interossea unter Erhalt des Periosts mit Muskelmanschette diese dargestellt werden. Die Membrana interossea wird nun von proximal und distal der Länge nach vorsichtig eröffnet (enge Lagebeziehung zur A. tibialis und deren Begleitvenen!).

Distal werden jetzt die Peronealgefäße unterbunden. Das Transplantat wird im distalen Bereich mit der Klemme nach lateral in

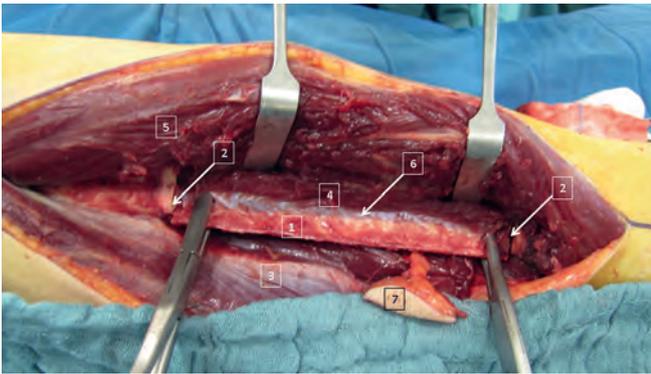


Abb. 5.4-6 Darstellung der Fibula nach Osteotomie und gelöster Extensorenloge in Außenrotation: medioventrale Fibulafläche mit Periost und belasteter Muskulatur (1), Osteotomiebereich (2), M. soleus (3), Extensorenloge (4), Peronealmuskelloge (5), Membrana interossea (6), Monitorhautinsel (7).

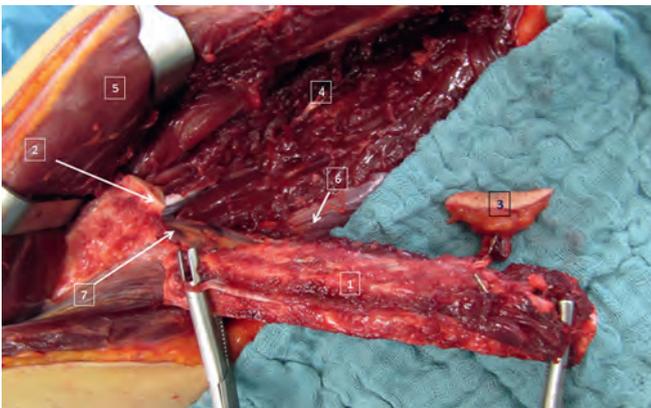


Abb. 5.4-7 Darstellung der gehobenen Fibula mit Monitorhautinsel mit Peronealgefäßen. Mediale Ansicht der gehobenen Fibula mit Restmuskulatur vom M. tibialis posterior in Außenrotation (1), Osteotomiestelle der Fibula (2), Monitorhautinsel (3), gelöste Tibialis-posterior-Muskulatur (4), Peronealmuskelloge (5), M. soleus (6), Peronealgefäße (7).

Außenrotation positioniert. Die Tibialis-posterior-Muskulatur wird unter Sicht medial der Peronealgefäße nach proximal durchtrennt. Der Peronealgefäßstiel wird je nach Transplantatlänge bis maximal zur Bifurkation präpariert. Medial dieses Präparationswegs liegt wenige Millimeter entfernt der N. tibialis posterior mit den Tibialis-posterior-Gefäßen.

Unter ständiger Innen- und Außenrotation wird der M. flexor hallucis longus von dem Fibulatransplantat gelöst (unter jeweiliger Sicht der Peronealgefäße des Transplantats).

Die Blutleere wird eröffnet und die Durchblutung überprüft. Nach der Blutstillung wird das Transplantat temporär am Gefäßstiel liegengelassen, bei Bedarf eine Stellschraube im Bereich der distalen Restfibula gesetzt und die Empfängerregion weiter vorbereitet (➤ Abb. 5.4-7).

Nach Absetzung des Transplantats durch Ligaturen und dem Einlegen einer Redon-Drainage erfolgt der schichtweise Wundverschluss.

Postoperative Behandlung

Die operierte Spenderextremität wird in einem Verband ruhiggestellt, die Übungsbehandlung beginnt am ersten postoperativen Tag mit zügigem Belastungsaufbau (Antithrombose-therapie). Die Vollbelastung sollte nach 14 Tagen erreicht sein.

Komplikationen

- Unzureichende präoperative Planung mit falscher Transplantatlänge (Extremitätenverkürzung, Transplantatverlust)
- Transplantatverlust durch Verletzung der Transplantatgefäße bei der Hebung
- Verletzung des N. peroneus communis oder des N. peroneus superficialis (Hautschnitt, scharfe Wundspreizer, Haken)
- Verletzung des N. tibialis posterior, der A. tibialis posterior und anterior sowie deren jeweiligen Begleitvenen, da enge Lagebeziehungen vorliegen
- Zu frühe Trennung der peronealen Gefäße nach Hebung des Fibulatransplantats in Blutleere (30 Minuten Perfusion nach Öffnen der Blutleere)
- Valgusdeformität bei Kindern nach Fibulaentnahme bis zum ca. 12. Lebensjahr möglich (Gilbert und Razaboni 1988)

AUSGEWÄHLTE LITERATUR

- Berggren A, Weiland AJ, Östrup LT. Bone scintigraphy in evaluating the viability of composite bone grafts revascularized by microvascular anastomoses, conventional autogenous bone grafts, and free non-revascularized periosteal grafts. *J Bone Joint Surg.* 1982; 64-A: 799–809.
- Eisenschank A, Lehnert M, Weber U. Die freie, gefäßgestielte Fibulatransplantation zur Überbrückung von Knochendefekten. *Operat Orthop Traumatol.* 1994; 6: 107–118.
- Gilbert A. Surgical techniques: vascularized transfer of the fibular shaft. *Int J Microsurg.* 1979; 1: 100–4.
- Gilbert A, Razaboni RM. Free vascularized bone transfer in children. In: Brunelli G (Hrsg.). *Textbook of microsurgery.* Milano, Parigi, Barcelona, Messico, San Paolo: Masson; 1988. p. 361–367.
- Hierner R, Wolf K. Vaskularisierte Knochentransplantate. *Obere Extremität.* 2011; 6: 159–169.
- Leung PC. *Current trends in bone grafting.* Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: Springer; 1989.
- McCulloch DW, Frederickson JM. Neovascularized rib graft to reconstruct mandibular defects. *Can J Otolaryngol.* 1973; 2: 96.
- Taylor GI, Miller GD, Ham FJ. The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques. *Plast Reconstr Surg.* 1975; 55(5): 533–44.

5.4.2 Gestielte vaskularisierte Knochentransplantation

Afshin Rahmanian-Schwarz

Einleitung

Für die Behandlung von Pseudarthrosen und Nekrosen der Handwurzelknochen sind zahlreiche Verfahren beschrieben. Die Verwendung von Knochentransplantaten kombiniert mit Osteosyntheseverfahren hat sich mittlerweile als eine effektive Methode in der Karpuschirurgie etabliert. Im Vergleich zu nichtvaskularisierten Knochentransplantaten haben ihre vaskularisierten Analoga durch eine konstante Vaskularisation des Knochentransplantats eine höhere Überlebens- und Einheilungsrate mit einer verbesserten Integration im umgebenden Gewebe. Daher werden gestielte, vaskularisierte Knochentransplantate trotz des hohen operationstechnischen Aufwands zunehmend zur Therapie von avaskulären Knochennekrosen und Pseudarthrosen eingesetzt (➤ Kap. 3.5). Ziel ist es, eine Krankheitsprogression mit karpalem Kollaps und Arthrose zu verhindern und somit die Handgelenkfunktion zu erhalten bzw. zu verbessern. Verschiedene Entnahmemöglichkeiten für vaskulär gestielte Knochentransplantate wurden bereits in der Literatur beschrieben. ➤ Tabelle 5.4-1 gibt einen kurzen Überblick über die möglichen Entnahmestellen.

7.1 Handtherapie (Ergo- und Physiotherapie) in der Handchirurgie

7.1.1 Allgemeines und Verordnungspraxis

Martin Krell

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Handchirurgie als ärztliche Fachdisziplin weltweit etabliert und ist heute aus der medizinischen Versorgung nicht mehr wegzudenken.

Wie in allen Medizinbereichen müssen sich auch die Heilhilfsberufe, hier vor allem Ergo- und Physiotherapie, an den Fortschritt der medizinischen Erkenntnisse und die darauf basierenden ärztlichen Leistungen anpassen. Zur Unterstützung der Arbeit der Handchirurgen stellen sich die Therapeuten auf die besonderen Anforderungen der Handrehabilitation ein.

Bei diesem Anpassungsprozess kann weder die Ergo- noch die Physiotherapie die Erfordernisse an die Rehabilitation von Patienten nach handchirurgischen Operationen einzeln abdecken. Es hat sich – vergleichbar mit der Qualifikation des Handchirurgen – die Hinwendung von einer struktur- zu einer körperregionorientierten Spezialisierung als notwendig erwiesen. Nur durch die Verbindung relevanter Inhalte beider Therapieberufe in einer Person ist die zeitgleiche Bereitstellung ergo- und physiotherapeutischer Maßnahmen strukturell gesichert und somit eine moderne Handtherapie möglich.

Die Entwicklung und Bereitstellung einer adäquaten Qualifizierungsmöglichkeit für Ergo- und Physiotherapeuten stand also auf dem Pflichtenheft der relevanten Fachgesellschaften, allen voran die Deutsche Gesellschaft für Handchirurgie (DGH) und die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Handtherapie (DAHTH). Dieser Aufgabe widmeten sich die beiden Fachgesellschaften seit 2002 intensiv – in enger Zusammenarbeit und im Einvernehmen mit weiteren wichtigen Ärztesellschaften und den therapeutischen Partnergesellschaften unserer Nachbarstaaten unter dem Dach der European Federation of Societies for Hand Therapy (EFSHT).

Mit der berufsbegleitenden Weiterbildung „Handtherapie“ der DAHTH steht diese Weiterbildungsmöglichkeit nun seit 2005 zur Verfügung und 2009 erhielten die ersten Absolventen der entsprechenden Ausbildungsmodule nach einer Prüfung das Gütesiegel als zertifizierter Handtherapeut.

Das deutsche Gesundheitswesen steht hinsichtlich der therapeutischen Versorgung von Handverletzten am Anfang der Verbesserung von Struktur- und Prozessqualität. Noch gibt es erst wenige nach dem neuen Standard qualifizierte Handtherapeuten. Aber der Anfang ist gemacht und eine Beschleunigung der gewünschten Entwicklung ist bereits erkennbar.

Dieses Kapitel soll den aktuellen Stand der Handtherapie wiedergeben, obgleich die direkte Verordnung der Leistung „Handtherapie“ zurzeit noch nicht möglich ist, sondern als Krankengymnastik oder Ergotherapie erfolgen muss. Langfristig ist ganz klar das Ziel, die Verordnung Handtherapie in den Heilmittelkatalog aufzunehmen mit der Maßgabe, dass diese Behandlung dann auch von zertifizierten Handtherapeuten durchgeführt wird.

Handtherapie – eine notwendige Spezialisierung

Die Spezialisierung der Ärzte zu Handchirurgen hat sich weltweit durchgesetzt, da die große Menge an Handverletzungen und die hohe Verdichtung zahlreicher funktionswichtiger, motorischer und sensorischer Strukturen auf kleinem Raum Fachärzte erfor-

dert, die zeitnah komplexe und qualitativ hochwertige Versorgung gewährleisten müssen.

Mit dieser Spezialisierung entwickeln sich auch die handchirurgischen Operationstechniken und die damit verbundenen Nachbehandlungsstrategien fortwährend weiter. Neben der Erreichung geringerer Komplikationsraten und besserer Funktionsergebnisse ihrer ärztlichen Interventionen haben die Handchirurgen auch eine Optimierung der postoperativen Heilung zum Ziel. Nicht zuletzt, um die gesellschaftlich relevante Dauer der Arbeitsunfähigkeit so gering wie möglich zu halten, müssen auch die Rehabilitationsphasen der Betroffenen optimal gestaltet werden.

Für eine bestmögliche, effektive Rehabilitation einer Handverletzung sind spezifisches medizinisches und therapeutisches Fachwissen, aber auch Erkenntnisse der Rehabilitationswissenschaften sowie qualitätsorientierte Organisationsstrukturen wichtig.

Handtherapie beginnt meist unmittelbar postoperativ

In den ersten zwei Wochen nach dem Eingriff kann eine qualifizierte handtherapeutische Behandlung die größte Wirkung entfalten. Die Entwicklung von chronisch regionalen Schmerzsyndromen (CRPS) nimmt meist schon in den ersten Tagen ihren Lauf und unerwünschte Adhäsionen manifestieren sich im Rahmen der physiologischen Heilungsmechanismen in dieser Zeit ebenso, wie die Reaktion des Weichteilapparats auf Nichtbewegungen dort ihren Anfang nimmt. Es ist also – vergleichbar mit der Rehabilitation bei Knie- und Hüftoperationen – auf jeden Fall anzustreben, dass Handverletzte ihre Rehabilitation möglichst früh beginnen (> Abb. 7.1-1).

Gerade in den ersten Wochen nach einer Operation oder Verletzung sind also die umfassende Qualifikation, die Reaktionsfähigkeit, aber auch die Anpassungsfähigkeit von Handtherapeuten besonders gefragt.

Qualitätsgesicherte Handtherapie

Eine effiziente Handrehabilitation hängt neben den besonderen Fähigkeiten der Fachärzte und der Bereitschaft der Patienten we-



Abb. 7.1-1 Frühmobilisation nach handchirurgischem Eingriff.

sentlich von der handtherapeutischen Qualifikation und Erfahrung der Therapeuten ab.

Auf einen möglichst günstigen Verlauf einer Handverletzung wirken sich jenseits der individuellen Situation des Betroffenen verschiedene Faktoren positiv aus:

- Handchirurgische/handtherapeutische Spezialisierung von Arzt und Therapeut
- Frühzeitig beginnende Rehabilitationsmaßnahmen
- Enge Zusammenarbeit zwischen den Leistungserbringern
- Gemeinsame Verwendung evidenzbasierter Behandlungsrichtlinien
- Kurze Reaktionszeiten bei der Anpassung der therapeutischen Maßnahmen
- Adäquate Behandlungszeiten

Ziel ist es, möglichst viele positive Faktoren gesichert zu etablieren, um die Handrehabilitation in Deutschland qualitativ möglichst optimal zu gestalten.

Welches Heilmittel für welchen Zweck?

Ärzte, die Handtherapie verordnen möchten, kommen nicht umhin, mit den Heilmittelerbringern zu kommunizieren, um die je-

Tab. 7.1-1 Verordnungspraxis und Behandlungsmethoden in der Handtherapie.

Verordnungsfähige Heilmittel	Maßnahmen in der Handtherapie
Ergotherapie <ul style="list-style-type: none"> • Motorisch-funktionelle Behandlung • Sensomotorisch-perzeptive Behandlung • Psychisch-funktionelle Behandlung • Schienenbau • Umfeldabklärung • Thermische Behandlung 	Ergo- und physiotherapeutische Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Assessment • Anamnese • Aktive Bewegungsübungen • Mobilisation • Schienenversorgung • Edukation und Coaching • Nichtmedikamentöse Schmerzbehandlung • Kognitive Therapie • Physikalische Therapie • Sensibilitätstraining • Narbenbehandlung • Selbsthilfetraining (ADL)
Physiotherapie <ul style="list-style-type: none"> • Krankengymnastik • Manuelle Therapie • KG-ZNS (neurologische Krankengymnastik) • Manuelle Lymphdrainage • Heilmittelkombination D1 • Diverse physikalische Maßnahmen 	

weils passende Heilmittelverordnung für die handtherapeutischen Leistungen festzulegen, abhängig von den Versorgungsmöglich-

Tab. 7.1-2 Eignung therapeutischer Leistungen für die Handtherapie

		Verordnungsfähige Leistungen in Ergo- und Physiotherapie								
		Physiotherapie ²					Ergotherapie ²			
Leistungen in der Handtherapie	Handtherapie DAHTH ¹	Krankengymnastik	Manuelle Therapie	Massage	Elektrotherapie	Kälte-, Wärmebehandlung	Motorisch-funktionelle Behandlung	Sensomotorisch-perzeptive Behandlung	Schienenbau	Thermische Behandlung
Strukturierte Frühbehandlung	++	0	0	--	--	--	0	0	--	--
Assessment	++	+	+	--	--	--	+	+	--	--
Anamnese	++	++	++	+	--	--	++	++	+	--
Aktive Bewegungsübungen	++	+	+	--	--	--	++	++	--	--
Mobilisation	++	+	++	0	--	--	+	+	--	--
Schienenversorgung ³	++	--	--	--	--	--	0	0	+	--
Edukation und Coaching	++	+	+	--	--	--	+	+	--	--
Nichtmedikamentöse Schmerzbehandlung	++	+	+	0	0	0	+	+	--	--
Kognitive Therapie	++	+	+	--	--	--	++	++	--	--
Physikalische Therapie	++	+	+	--	++	++	+	+	--	+
Sensibilitätstraining	++	0	0	--	-	0	+	+	--	--
Narbenbehandlung	++	+	+	+	0	-	0	0	--	--
Selbsthilfetraining (ADL)	++	0	0	--	--	--	++	++	--	--

++ sehr gut geeignet, + gut geeignet, 0 im Prinzip möglich, - eher ungeeignet, -- ungeeignet

¹ Nicht direkt verordnungsfähig. Mit Handtherapeut wg. Rezeptierung abklären.

² Ergo- und Physiotherapeuten ohne handtherapeutische Weiterbildung und Berufserfahrung. Mit zunehmendem handtherapeutischem Spezialisierungsgrad sind Annäherungen an die Qualifikation der DAHTH e. V. zu erwarten.

³ Schienen können von Physiotherapeuten zulasten der GKV nicht abgerechnet werden. Physiotherapeuten mit DAHTH-Qualifikationen sollten bei BG- und Privatpatienten Anträge auf Kostenübernahme stellen können.

Diese Aufstellung ist das Ergebnis der Einschätzung von berufserfahrenen Fachtherapeuten. Ausnahmen bestätigen auch hier wie immer die Regel und Streuungen im Detail sind selbstverständlich möglich.

Tab. 7.1-3 Verordnungsvorschlag: Basisverordnung, passend für die meisten Verletzungen an der Hand

	Ergotherapie	Physiotherapie
Indikationsschlüssel GKV Leistungsziffer BG	SB2 BG 11.1	EX3a/b oder c BG 8101 (Zeitintervall 3)
Übliches Heilmittel	Motorisch-funktionelle Behandlung	Krankengymnastik (Zeitintervall 3 auf Verordnung)
Behandlungen/Rezept	10	6
Behandlungsfrequenz	1–3 (anfänglich höherer Behandlungsbedarf, der sich frühzeitig verringert)	2–4 (wie Ergotherapie, aber aufgrund kürzerer Behandlungszeit häufigere Behandlung nötig)
Behandlungen/Regelfall	20	30
Zusätzliche Leistungen	Schienen (Vorgabe GKV: Bezeichnung der Schiene XY n. Maß unter „Besonderheiten“ aufführen) Thermische Behandlung	Verschiedene physikalische Maßnahmen > Tab. 7.1-2 Manuelle Lymphdrainage auf getrennter Verordnung
Regelfallüberschreitung (nur GKV)	Kurze medizinische Begründung ist Pflicht	Kurze medizinische Begründung ist Pflicht

Tab. 7.1-4 Verordnungsvorschlag: bei schweren Funktionsstörungen, z. B. CRPS oder schwere Handverletzungen

	Ergotherapie	Physiotherapie
Indikationsschlüssel GKV Leistungsziffer BG	SB6 BG 11.2	EX3a/b oder c BG 8101 (Zeitintervall 4 bis 6)
Übliches Heilmittel	Sensomotorisch-perzeptive Behandlung	Krankengymnastik
Behandlungen/Rezept GKV	10	6
Behandlungsfrequenz	2–4	3–5 (wie Ergotherapie, aber aufgrund kürzerer Behandlungszeit häufigere Behandlung nötig)
Behandlungen/Regelfall GKV	30	30
Zusätzliche Leistungen	Schienen (Vorgabe GKV: Bezeichnung der Schiene XY n. Maß unter „Besonderheiten“ aufführen) Thermische Behandlung	Verschiedene physikalische Maßnahmen > Tab. 7.1-2 Manuelle Lymphdrainage auf getrennter Verordnung
Regelfallüberschreitung (nur GKV)	Kurze medizinische Begründung ist Pflicht	Kurze medizinische Begründung ist Pflicht

keiten vor Ort. Die wichtigsten ergo- und physiotherapeutischen Maßnahmen in der Handtherapie zeigt > Tabelle 7.1-1.

Aus > Tab. 7.1-2 geht genauer hervor, welche handtherapeutischen Leistungen von den aktuell verordnungsfähigen Heilmitteln von Ergo- und Physiotherapie in welchem Ausmaß erfüllt werden können.

Wie kann Handtherapie verordnet werden?

Handtherapie kann als feststehende therapeutische Leistung in Deutschland noch nicht verordnet werden. Die behandelnden Ärzte müssen Ergo- und/oder Physiotherapie verordnen, um ihre Patienten ordnungsgemäß mit passenden therapeutischen Maßnahmen/Heilmitteln versorgt zu wissen.

Qualitätssichernde Prozesssteuerung ist bei den nachstationären, ambulanten Rehabilitationsmaßnahmen über die reine Zuordnung von Heilmitteln zur Patientendiagnose nicht möglich. Es bedarf begleitender Maßnahmen, um eine adäquate therapeutische Versorgung gewährleisten zu können. Dem verordnenden Arzt stehen hierfür mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

- Die Aushändigung eines spezifischen Behandlungsplans, an dem sich Therapeut und Patient orientieren können/müssen
- Ergänzende Informationen auf der Heilmittelverordnung, z. B. auch Hinweise darauf, dass die Behandlung spezielles Wissen des Therapeuten voraussetzt
- Direkter Kontakt mit den behandelnden Therapeuten (z. B. durch einen Vermerk auf der Heilmittelverordnung „Bitte um telefonische Rücksprache“)
- Aushändigung einer Liste qualifizierter Therapieeinrichtungen

Auch wenn die Variationsmöglichkeiten der Heilmittelversorgung sehr zahlreich sind, so lassen sich dennoch einige Verordnungsvarianten beschreiben, die für die therapeutische Behandlung von Handpatienten besser geeignet sind (> Tab. 7.1-3, > Tab. 7.1-4).

7.1.2 Behandlungsmethoden in der Handtherapie

Thilo Kromer

Assessment

Eine wichtige Grundlage für die Befunderhebung in der Handtherapie bildet die ICF der WHO, die eine Einteilung von Fähigkeiten und Einschränkungen des Patienten in die Bereiche Teilhabe, Aktivitäten und Partizipation erlaubt und Kontextfaktoren (Umweltfaktoren, persönliche Faktoren) berücksichtigt. Diese Aspekte werden sowohl in die Befunderhebung als auch in die therapeutischen Überlegungen und Ansätze, individualisiert für jeden einzelnen Patienten, mit einbezogen.

Die klinische Befunderhebung am Patienten kann in Anamnese, Inspektion, physische Untersuchung und spezifische Palpation eingeteilt werden. Um eine Verlaufskontrolle und einen Effektivitätsnachweis zu gewährleisten, kommen in diesem Rahmen, entsprechend der Indikation und Zielsetzung, für den deutschen Sprachraum validierte Messmethoden zum Einsatz (> Abb. 7.1-2). Die Befunderhebung kann zudem durch Informationen aus OP-Berichten, bildgebenden Verfahren wie z. B. MRT, Röntgen, CT oder Ultraschall ergänzt werden.

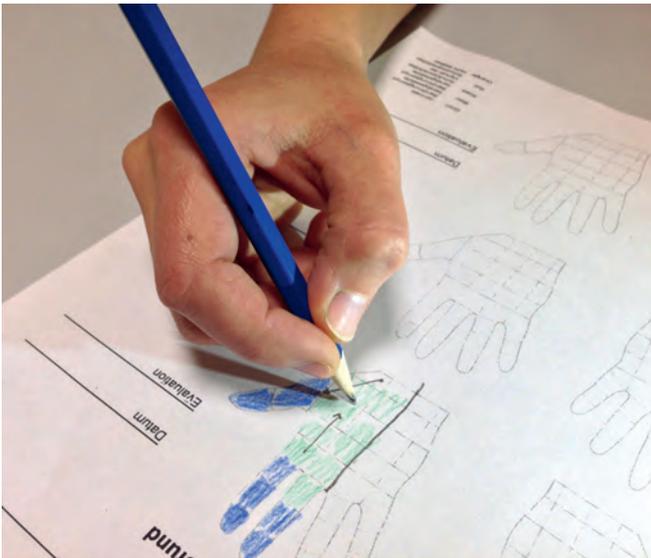


Abb. 7.1-2 Messung der Sensibilität.

Anamnese

Im Rahmen der Anamnese werden neben den demografischen Daten des Patienten Angaben zu beruflicher Tätigkeit, Freizeitaktivitäten und dem sozialen Status/Umfeld erhoben. Hierdurch bekommt der Therapeut einen ersten Eindruck von den Anforderungen, die der Patient in Beruf und Alltag zu bewältigen hat. Auch die Unterstützung durch das soziale Umfeld und die Möglichkeit der Selbstversorgung können in diesem Rahmen geklärt werden. Anschließend wird zusammen mit dem Patienten sein Hauptproblem erarbeitet und die momentan wichtigsten Einschränkungen der Teilhabe und der Aktivitäten in Beruf und Alltag definiert. Gemeinsam werden dann diese Einschränkungen entsprechend der Dringlichkeit geordnet. Im nächsten Schritt werden die Ziele definiert, die mit der anschließenden Therapie erreicht werden sollen.

Zum Zeitpunkt der Befunderhebung können die (Teil-)Ziele und Erwartungen des Patienten zunächst grob formuliert und im weiteren Verlauf, wenn mehr und mehr Informationen zur Verfügung stehen, verfeinert werden. Hierbei wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die Zielformulierung positiv formuliert, realistisch, erreichbar, zeitlich fixiert und messbar erfolgt.

Im zweiten Schritt werden die bestehenden Symptome erfasst, in eine Körpertabelle eingetragen und entsprechend ihrer Wichtigkeit geordnet. Um die Symptome einer bestimmten Struktur, Quelle oder einem Schmerzmechanismus zuordnen zu können, werden für jedes einzelne Symptom Qualität, Intensität, Häufigkeit und Lokalisation erfasst sowie die Beziehung der Symptome zueinander geklärt. Der bisherige Verlauf sowie das Symptomverhalten über 24 Stunden werden erfragt und symptomprovozierende bzw. symptomlindernde Faktoren erarbeitet, die erste Hinweise auf therapeutische Ansätze geben können. Außerdem werden Kontextfaktoren erfasst, die zur Symptomatik des Patienten beitragen, sie aufrechterhalten oder eine Therapie behindern könnten. Falls notwendig, wird hierzu auch eine Fremdanamnese durchgeführt.

Zuletzt sollten vor der physischen Untersuchung Faktoren erfragt werden, die Vorsichtsmaßnahmen für die Untersuchung und Behandlung oder sogar eine Kontraindikation darstellen könnten. Hierzu gehören Funktions-, Bewegungs- und Belastungslimitierungen nach operativen Eingriffen, Nebenerkrankungen wie z. B. Osteoporose, Diabetes mellitus, Hypertonie oder die Einnahme

von Schmerzmitteln, blutverdünnenden Medikamenten oder die langfristige Einnahme von Cortison.

Aus der bisherigen Information kann der Therapeut den Schweregrad und den Grad der Irritierbarkeit einschätzen und Inhalt, Umfang sowie Intensität der physischen Untersuchung und Behandlung entsprechend dosieren.

Inspektion

Über den Gesichtssinn nehmen Therapeuten bewusst und unbewusst eine große Menge an Informationen auf. Der Prozess der Inspektion beginnt im Grunde beim ersten Kontakt mit dem Patienten und endet erst mit Abschluss der Therapie. Wichtig zu beobachten und zu beurteilen wären der Allgemeinzustand des Patienten, die Qualität und Quantität der aktiven Bewegungsabläufe, Kompensationsmechanismen und das Krankheitsverhalten des Patienten, aber auch das Tragen oder Benutzen verschiedener Hilfsmittel, Schienen oder Orthesen. Bei der lokalen Inspektion stehen unter anderem eventuelle trophische Störungen, Verfärbungen, Schwellungen, Muskelatrophien, Deformitäten, Druckstellen, die Schweißsekretion sowie der Zustand des Wundgebiets und der Narbe im Vordergrund. Die Beurteilung erfolgt mit den entsprechenden Methoden, die Ergebnisse werden schriftlich fixiert.

Physische Untersuchung

Angelehnt an die Informationen aus Anamnese und Inspektion werden, bei der physischen Untersuchung individuelle Fähigkeiten und Einschränkungen der Körperstrukturen und -funktionen, der Aktivitäten und der Teilhabe mit unterschiedlichen Test- und Messverfahren erfasst und bewertet.

Bei der Analyse und Differenzierung des neuromuskuloskeletalen Systems werden schwerpunktmäßig diejenigen Körperfunktionen und -strukturen untersucht, die in direkter Beziehung zum Hauptproblem und zu den funktionellen Einschränkungen des Patienten stehen. Hierbei kommen Techniken zur Bereichslokalisierung, zur spezifischen Provokation und zur Linderung einzelner Strukturen, aktive, passive und translatorische Bewegungen, Stabilitätstests sowie spezifische Dehn- und Widerstandstests zum Einsatz.

Eine Beteiligung des Nervensystems wird zum einen mit neuralen Spannungs- und Gleittests beurteilt, zum anderen gibt der neurologische Status Auskunft darüber, welchen Beitrag das periphere oder zentrale Nervensystem zur klinischen Präsentation des Patienten leistet. Eine spezifische Palpation der am klinischen Bild beteiligten Strukturen rundet die physische Untersuchung ab, die Reaktion auf die Probebehandlung bekräftigt oder mindert die Wahrscheinlichkeit der gestellten Hypothesen.

Die Bereiche der Aktivitäten und der Teilhabe werden im Wesentlichen durch standardisierte Tests und Fragebögen erfasst. Hierzu zählen z. B. generische Fragebögen wie der SF-36 bzw. der SF-12 und der EQ-5D, auf die obere Extremität bezogene Fragebögen wie z. B. der DASH und gelenkspezifische Bögen wie die deutsche Version des PRWG. Die Ausbildung zum Handtherapeuten der DAHTH vermittelt eine entsprechende Bandbreite an Testmöglichkeiten und befähigt die Therapeuten somit, die für die einzelnen Bereiche notwendigen und indizierten Messinstrumente auszuwählen und einzusetzen.

Die gesammelten Informationen aus der klinischen Befunderhebung sowie alle Zusatzinformationen bieten eine stabile Grundlage für eine erste Hypothesenbildung und Behandlungsplanung,

die im Rahmen des Clinical Reasoning ständig auf ihre Aktualität und Effektivität reflektiert und entsprechend angepasst werden kann.

Aktive Bewegungsübungen

Aktive Bewegungsübungen sind ein zentraler Baustein in der Handrehabilitation und werden in der Regel parallel zu anderen therapeutischen Maßnahmen durchgeführt (> Abb. 7.1-3). Sie zeichnen sich dadurch aus, dass die Bewegungen vom Patienten selbst durchgeführt werden. Sie können zur Beweglichkeits-, Ausdauer-, Kraft-, Koordinationsverbesserung oder zur Steigerung der Belastbarkeit dienen und isoliert in einzelnen Gelenken oder in komplexeren Bewegungsketten ausgeführt werden. Letztendlich sind sie auf eine Funktionsverbesserung ausgerichtet. Sie können subjektbezogen sein, wie z. B. Oppositionsübungen oder Übungen aus dem Kleinert/Washington-Regime. Im Gegensatz dazu stehen die objektbezogenen Übungen, die darauf ausgelegt sind, dass Gegenstände vom Patienten manipuliert werden.

Des Weiteren werden **funktionsbezogene** und **tätigkeitsbezogene** Übungen unterschieden:

- Zu den aktiven funktionsbezogenen Übungen gehören z. B. Faustschlussübungen mit Theraband oder Therapienetze.
- Tätigkeitsbezogene Übungen sind immer in sinnvolle komplexe Handlungsabläufe integriert und haben die Bewältigung von Alltagsaktivitäten zum Ziel. Die Patienten werden dazu angehalten, Eigenübungen auszuführen, die in der Therapiesituation immer wieder kontrolliert, optimiert und adaptiert werden.

Mobilisation

Der in diesem Kapitel verwendete Überbegriff der „Mobilisation“ bezieht sich auf die Wiederherstellung der vollständigen passiven und aktiven Beweglichkeit der geschädigten oder versorgten Strukturen der Hand sowie der oberen Extremität. Die biomechanisch einwandfreie Beweglichkeit ist eine wichtige Voraussetzung für die volle Funktionsfähigkeit der Hand und der oberen Extremität in Alltag, Beruf oder Sport.

Im Rahmen der Handtherapie werden daher verschiedenste Mobilisationstechniken eingesetzt mit dem Ziel, das vollständige akti-

ve und passive Bewegungsausmaß wiederzuerlangen oder zu erhalten (> Abb. 7.1-4). Die Auswahl der Techniken orientiert sich dabei grundsätzlich an den Einschränkungen des Patienten gemäß ICF, Vorgaben sowie Vorsichtsmaßnahmen, die sich z. B. durch operative Eingriffe, Nebenerkrankungen oder Medikamenteneinnahme ergeben, und an den mit dem Patienten gemeinsam erarbeiteten Zielen. Da in der frühen posttraumatischen und postoperativen Nachsorge vor allem die beeinträchtigten Körperstrukturen und -funktionen im Mittelpunkt stehen, ist die spezifische Untersuchung die entscheidende Grundlage für die Mobilisationsbehandlung. Sie identifiziert die für die vorliegende Einschränkung verantwortlichen Strukturen bzw. Mechanismen und ermöglicht somit, eine entsprechende Intervention auszuwählen. Das Resultat der Probebehandlung zeigt, inwieweit die Auswahl adäquat war oder die Analyse verfeinert und/oder die Intervention entsprechend angepasst werden muss. Da im Verlauf der Rehabilitation die Ursachen wechseln können, muss der Prozess der Analyse, Behandlung und des Verwertens der Behandlungsergebnisse sich ständig wiederholen.

Schienenversorgung in der Handtherapie

Martin Behrendt

Die Versorgung von Handverletzungen und -erkrankungen mit niederthermoplastischen Kunststoffschienen ist schon seit Jahren fester Bestandteil in der Handtherapie. Sie werden sowohl in der konservativen als auch in der postoperativen Therapie eingesetzt, so z. B. im Bereich der Handchirurgie, der Rheumatologie, der Orthopädie, der Neurologie oder der Pädiatrie.

Niederthermoplastische Schienen können im Gegensatz zu einer Gipsversorgung minimal gelenkübergreifend und passgenau an die Hand des Patienten angeformt werden. Das Material ist leichter als Gips, gewährleistet z. B. durch Perforierung eine gute Belüftung der Haut und erlaubt es außerdem, die Schiene jederzeit zu korrigieren und an die wechselnden Konditionen der Hand des Patienten im Laufe der Rehabilitation anzupassen. Da die Schienen mit Klettverschlüssen fixiert werden, können sie problemlos zur Reinigung und während der Handtherapie an- und abgelegt werden. Oft werden statische Schienen zunächst in der Akutphase eingesetzt, um die verletzten Strukturen zu schützen und dafür zu

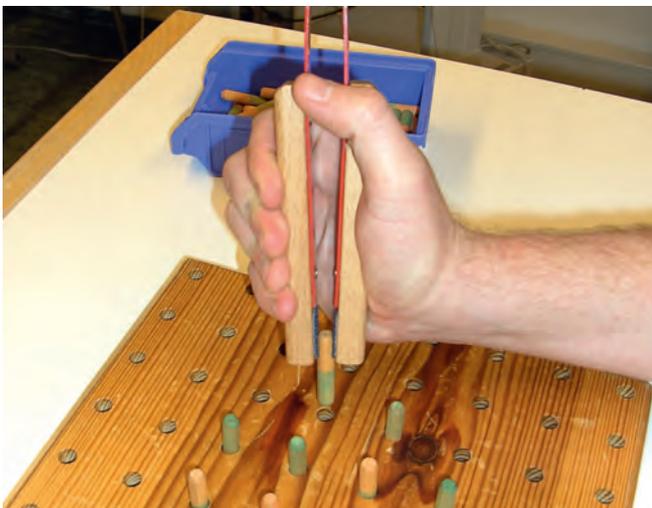


Abb. 7.1-3 Aktive Bewegungsübungen.



Abb. 7.1-4 Handgelenksmobilisation.

sorgen, dass die physiologischen Wundheilungsprozesse ungestört ablaufen sowie Entzündung und Schwellung in Ruhe abklingen können. Gegen Ende der Akutphase können statisch-serielle, statisch-progressive oder dynamisch-elastische Schienentypen in Abhängigkeit von der vorangegangenen Verletzung bzw. der Operation die aktive und passive Frühmobilisation unterstützen, wie z. B. bei der Nachbehandlung von Sehnennähten. Hierbei bildet eine statische Grundschiene oft die Basis, die durch das Anbringen von Auslegersystemen zu einer dynamischen oder statisch-progressiven Schiene erweitert wird. Schienen gewährleisten durch Ruhigstellung, Schutz oder Korrektur im Grunde 24 Stunden Therapie und bieten darüber hinaus die Möglichkeit zur Frühmobilisation nach übungstabiler operativer Versorgung.

Statische Schienen

Statische Schienen bestehen aus einem oder mehreren festen, nicht beweglichen Teilen (> Abb. 7.1-5) und bilden oft die Grundlage für dynamische Schienen.

Ziele statischer Schienen:

- Schutz instabiler Knochen- oder Sehnenverbindungen
- Korrektur von Gelenkfehlstellungen (z. B. bei Rheumatikern)
- Immobilisation bei entzündlichen Prozessen und Schmerzen (z. B. beim Karpaltunnelsyndrom)
- Immobilisation bei Arthrosen oder nach Arthrodesen
- Vorbeugung von Deformitäten und Kontrakturen
- Kompensation von Nervenläsionen (z. B. bei der Opponenslähmung)
- Redression und Dehnung (z. B. bei kindlichen Fehlbildungen oder Kamptodaktylien)
- Unterstützung der Handfunktion (z. B. des Faustschlusses)

Indikationen:

- Rheumatische Erkrankungen
- Akute Infektionen
- Akute Nervenkompressionssyndrome, Nervenverletzungen, Nervennähte
- Kontrakturen unterschiedlichster Genese
- Beuge- und Streckdefizite
- Akute Sehnenverletzungen
- Osteosynthesen
- Arthrodesen
- CRPS (im Frühstadium)

Kontraindikationen:

- Lange bestehende Kontrakturen, die konservativ nicht mehr behandelt werden können
- Beugesehnenverklebungen, die konservativ nicht mehr erfolgreich behandelt werden können



Abb. 7.1-5 Statische Schiene.

- Starkes Ödem
- Offene Wunden, auf die kein Druck ausgeübt werden darf
- Durchblutungsprobleme
- Fehlende Compliance des Patienten

Weitere Kontraindikationen ergeben sich aus der aktuellen Präsentation des Patienten und es muss im Einzelfall überlegt werden, inwieweit eine Schiene für die entsprechende Situation abgewandelt werden kann oder adäquate Materialien eingesetzt werden müssen.

Die Tragezeiten richten sich in der Regel nach der jeweiligen Indikation. So sollten z. B. Lagerungsschienen nach Frakturen, die zum Schutz und zur Ruhigstellung dienen, permanent über den vom Arzt festgelegten Zeitraum getragen werden. Schienen, die die Handfunktion unterstützen und Gelenkfehlstellungen vorbeugen sollen, wie bei peripheren Nervenläsionen oder rheumatischen Erkrankungen, werden vorwiegend tagsüber getragen, während Schienen zur Kontrakturprophylaxe bzw. -behandlung stundenweise am Tag, durchaus aber auch nachts getragen werden können.

Dynamische Schienen

Dynamische Schienen sind aus zwei oder mehreren Teilen gefertigt, die durch mechanische Systeme beweglich miteinander verbunden sind (> Abb. 7.1-6). Meistens bildet eine statische Schiene die Grundlage für das Anbringen starrer oder mobiler Auslegersysteme mit elastischen Elementen wie z. B. Federzügen, Spiral- und Metallfedern, Gummibändern oder Spanndrähten.

Ziele:

- Entlastung oder Funktionsersatz von Strukturen, die nicht belastet werden dürfen, z. B. nach Beuge- oder Strecksehnennähten oder nach Fingerendoprothetik unmittelbar postoperativ
- Erhalt der in der Operation erreichten Beweglichkeit wie z. B. nach Teno- und/oder Arthrolysen
- Aufdehnung kontrakter Gelenke bei Narben oder Sehnenverklebungen (Redression/Quengelung durch korrektive Schienen)
- Ersatz fehlender Motorik durch Muskellähmungen wie z. B. nach peripheren Nervenläsionen oder nach Plexus-brachialis-Läsionen

Indikationen:

- Postoperative Nachbehandlung von Sehnennähten
- Postoperative Nachbehandlung von Teno-Arthrolysen
- Zum Funktionsersatz bei peripheren Nerven- oder Plexusläsionen



Abb. 7.1-6 Dynamische Schiene.

- Zur Verbesserung der passiven Gelenkbeweglichkeit bzw. des Sehnengleitens bei Kontrakturen und Verklebungen unterschiedlichster Genese

Kontraindikationen:

- Bereits lange bestehende Kontrakturen, die konservativ nicht mehr behandelt werden können
- Beugesehnenverklebungen, die konservativ nicht mehr erfolgreich behandelt werden können
- Starkes Ödem
- Offene Wunden, auf die kein Druck ausgeübt werden darf
- Durchblutungsprobleme
- Fehlende Compliance des Patienten
- Hypertonus (Spastizität)

Weitere Kontraindikationen ergeben sich aus dem aktuellen Krankheitsbild, es muss im Einzelnen überlegt werden, inwieweit eine Schiene abgewandelt werden kann oder adäquate Materialien eingesetzt werden müssen.

Bei dynamischen Schienen richtet sich die Tragedauer nach Zweck und Therapieziel. Soll die Schiene korrigierend wirken, empfiehlt es sich, nach ein bis zwei Stunden zunächst deren Wirkung auf Haut und Gefäße zu überprüfen, um Druckstellen zu vermeiden. Meist werden solche redressierenden Schienen tagsüber stundenweise und nur in Ausnahmefällen nachts getragen. Ein regelmäßiges Tragen mit einem milden Zug erzielt bessere Ergebnisse als ein kurzfristiges Tragen mit einem zu hohen Zug, der das Gewebe überlastet oder sogar schädigt.

Schienen zur Frühmobilisierung unter Entlastung nach Sehnennähten werden bis zum Abschluss der Sehnenheilung permanent, also auch nachts, getragen. Hier empfiehlt sich ebenfalls eine Kontrolle der Passgenauigkeit ca. eine Stunde nach Anfertigung. Wichtig dabei ist, dass sowohl der Patient und seine Angehörigen als auch das interdisziplinäre Team darin instruiert werden, wann und wie die einzelnen Schienen getragen werden müssen, was diese bewirken sollen und was und wie oft der Patient mit diesen Schienen korrekt üben soll.

Kontrolle und Verlauf

Der Patient sollte in regelmäßigen Abständen zur Schienenkontrolle erscheinen, da sich die Hand und somit auch der Sitz der Schiene im Laufe der Behandlung verändern können, wie z. B. durch das Anschwellen der Hand. Die Schienenkontrollen sollten in Absprache mit dem behandelnden Arzt zunächst nach 14 Tagen (nach Fadenzug) und dann im Verlauf in vier- bis sechswöchigen Abständen erfolgen. Hierbei werden aktive und passive Gelenkmessungen zur Verlaufskontrolle sowie eine Kontrolle auf trophische Störungen und Druckstellen durchgeführt.

Statisch-progressive Schienen

Statisch-progressive Schienen sind statische Schienen mit einem Ausleger, bei dem anstatt des elastischen Elements (Gummi oder Feder) ein starres Element verwendet wird, wie z. B. Band-/Kurbelsysteme, ein Gewinde oder auch verstellbare Klettzüge (➤ Abb. 7.1-7). So ist es möglich, das Gelenk in seiner bisher erreichten Endposition zu lagern bzw. zu fixieren.

Ziel/Wirkung auf das Gewebe:

- Steigerung der passiven Gelenkbeweglichkeit (PROM) durch Remodellierung des Bindegewebes durch langen, milden Dehnungsreiz; Beeinflussung der Anordnung und der Verbindungen des Bindegewebes (kollagene Fasern und deren Cross Links)

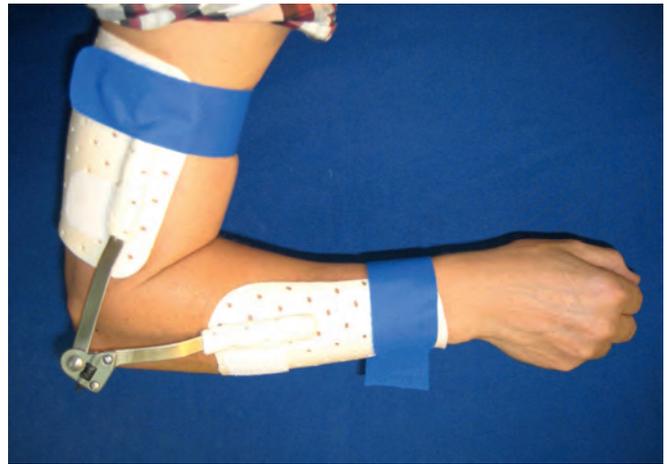


Abb. 7.1-7 Statisch-progressive Schiene.

Indikationen:

- Kontrakturen unterschiedlichster Genese mit federndem, elastischem Endgefühl
- Besonders sinnvoll bei hartnäckigen, alten Kontrakturen mit festem Endgefühl

Kontraindikationen:

- Kontrakturen mit hartem und damit unelastischem Anschlag
- Patienten mit schlechter Compliance
- Gelenkinstabilitäten
- Akute Infektionen
- Durchblutungsstörungen
- Freie passive Gelenkbeweglichkeit (PROM) mit aktivem Streck- oder Beugedefizit

Vorteile:

- Gute Wirkung bei alten, hartnäckigen Kontrakturen
- Gewährleistet einen dauerhaften Dehnreiz in der maximal möglichen Endstellung des Gelenks ohne die Möglichkeit, in die Gegenrichtung zu bewegen (optimaler Reiz für das Gewebe).
- Der Reiz ist fein dosierbar.
- Der Patient kann selbst die Zugstärke wählen und einstellen.
- Die Schiene kann längere Zeit, evtl. auch nachts, mit mildem Zug getragen werden.
- Die Schienen werden von Patienten grundsätzlich gut angenommen.
- Führt in der Regel zu guten Erfolgen

Nachteile/Vorsichtsmaßnahmen:

- Sehr gute Compliance des Patienten nötig
- Bei zu hohen Dehnreizen können Druckstellen bis hin zu Knorpelschäden entstehen.
- Es sind eine intensive und detaillierte Einweisung des Patienten zum Umgang mit der Schiene sowie eine regelmäßige Kontrolle durch den Therapeuten notwendig.

Die Schienen sollten mehrmals täglich, mindestens jedoch zwei bis drei Stunden ohne Unterbrechung getragen werden. Dabei wird das zu mobilisierende Gelenk bis an den Endpunkt des Bewegungsausmaßes eingestellt; hierbei ist es wichtig, dass der Patient die Position gut tolerieren kann. Danach wird die Endposition durch Zurückdrehen des Gelenks um ca. 5° verringert. Wird die Schiene vom Patienten gut vertragen, kann sie auch nachts angelegt werden, der Patient kann somit die Hand tagsüber einsetzen.

Mehr Informationen unter www.handschienen.de.

Erhältlich in jeder Buchhandlung
oder im Elsevier Webshop



Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten. Stand 04/2015

Die Handchirurgie

926 S., 1.048 farb. Abb., 350 s/w Abb., geb.

ISBN: 978-3-437-23635-8

€ [D] 299,99 / € [A] 308,40

Empowering Knowledge

