

**Aus der Klinik für Unfall- und Handchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. J. Windolf**

**Therapie der Skaphoidpseudarthrose
Eine systematische Literaturanalyse**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

**Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf**

vorgelegt von

Tina Hellige

2009

**Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf**

gez: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: PD Dr. Schädel-Höpfner
Koreferent: PD Dr. Jäger

Meinen Eltern und David

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1. Entstehung und Relevanz der Skaphoidpseudarthrose.....	1
1.1.1. Von der Skaphoidfraktur bis zur Skaphoidpseudarthrose.....	1
1.1.2. Bedeutung der Skaphoidpseudarthrose	2
1.2. Diagnostik der Skaphoidpseudarthrose.....	3
1.2.1. Klinische Befunde.....	3
1.2.2. Konventionelle Röntgendiagnostik	4
1.2.3. Computertomographie.....	4
1.2.4. Kernspintomographie	4
1.2.5. andere Verfahren.....	4
1.3. Einteilung der Skaphoidfraktur	5
1.3.1. Einteilung der Pseudarthrose	6
1.4. Therapie der Skaphoidpseudarthrose	8
1.4.1. Operationsverfahren.....	10
1.4.1.1. Knochenverpflanzung mit Osteosynthese	10
1.4.1.2. Knochenverpflanzung ohne Osteosynthese	10
1.4.1.3. Matti-Russe-Plastik (Russe-1-Operation).....	10
1.4.1.4. Gefäßgestielter Knochenspan vom distalen Radius	10
1.4.1.5. Mikrovaskulär gestielter, freier Knochenspan	11
1.4.1.6. Osteosynthese ohne Knochenverpflanzung.....	11
1.4.1.7. Russe-Operation mit autogenem Knochentransplantat zum Ersatz des proximalen Kahnbeinpols (Russe-2-Operation).....	11
1.4.1.8. PRC (Proximal Row Carpectomy).....	11
1.4.1.9. Mediokarpale Teilarthrodese	12
1.4.1.10. Resektionsarthroplastik.....	12
1.4.1.11. Styloidektomie am Radius	12
1.4.1.12. Handgelenkendoprothese	12
1.4.1.13. Vollständige Handgelenksarthrodese	13
1.4.1.14. Denervation nach Wilhelm	13
2. Zielstellung	14
3. Methode	15
3.1. Themenpriorisierung	15
3.2. Suchstrategie	17
3.3. Kriterien der Berücksichtigung von Studien.....	18
3.4. Datenerfassung und Datenkategorisierung.....	19
3.4.1. Allgemeine Daten	19
3.4.2. Diagnose	20
3.4.3. Intervention	20
3.4.4. Ergebnisbewertung (outcome measures).....	21
4. Ergebnisse	25
4.1. Identifizierte Studien	25
4.2. Methodologische Qualität und Evidenz-Niveau	26
4.3. Einteilung der Studien	27
4.4. Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose. 29	
4.4.1. Vergleichende Studien.....	30
4.4.1.1. Herbert Schraube oder AO-Schraube ohne Knochenverpflanzung	30
4.4.1.2. Matti-Russe-Technik mit Knochenverpflanzung oder Herbert Schraube ohne Knochenverpflanzung.....	31
4.4.1.3. Knochentransplantat und Schraube oder präzise Knochentransplantation	

Inhaltsverzeichnis

ohne Osteosynthese.....	32
4.4.1.4. Verschiedene Schraubentypen bzw. Drähte und Knochentransplantat	32
4.4.1.5. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen	33
4.4.2. Fallserien.....	33
4.4.2.1. Schraubenosteosynthese ohne Knochenverpflanzung	33
4.4.2.2. Kirschnerdrahtosteosynthese ohne Knochenverpflanzung	34
4.4.2.3. Keilförmiges kortikospongiöses Knochentransplantat ohne Osteosynthese.....	34
4.4.2.4. Knochentransplantat und Drahtosteosynthese.....	34
4.4.2.5. Spongiosaplastik und Schraubenosteosynthese	35
4.4.2.6. Spaninterposition und Schraubenosteosynthese.....	36
4.4.2.7. Matti-Russe-Technik.....	36
4.4.2.8. Gefäßgestielter Knochenspan ohne Osteosynthese	37
4.4.2.9. Ender-Platte mit Knochenverpflanzung	37
4.4.2.10. Schraubenosteosynthese und Styloidektomie	38
4.4.2.11. Konservative Behandlung	38
4.4.2.12. Fallserien: Schlussfolgerungen	38
4.5. Skaphoidpseudarthrose des proximalen Drittels ohne Arthrose	40
4.5.1. Vergleichende Studien.....	41
4.5.1.1. Autologer Knochenspan allein oder autologer Knochenspan plus OP-1 oder allogener Knochenspan plus OP-1	41
4.5.1.2. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen	42
4.5.2. Fallserien.....	42
4.5.2.1. Schraube und Knochentransplantat	42
4.5.2.2. Andere Verfahren	43
4.5.2.3. Fallserien: Schlussfolgerungen	43
4.6. Skaphoidpseudarthrose mit Arthrose	45
4.6.1. Vergleichende Studien.....	46
4.6.1.1. Mediokarpale Teilarthrodese oder Totalarthrodese.....	46
4.6.1.2. Four Corner Fusion durch Spider Plate oder konventionelle Technik.....	47
4.6.1.3. Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC) oder Four Corner Fusion (FCF) / Mediokarpale Teilarthrodese.....	47
4.6.1.4. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen	48
4.6.2. Fallserien.....	48
4.6.2.1. Mediokarpale Teilarthrodese	48
4.6.2.2. Skaphoid-Resektion ohne Interposition.....	48
4.6.2.3. Resektions-Interpositions-Arthroplastik.....	49
4.6.2.4. Resektion der proximalen Handwurzelreihe (Proximal Row Carpectomy) ..	49
4.6.2.5. Totalendoprothese.....	50
4.6.2.6. Fallserien: Schlussfolgerungen	50
5. Diskussion	51
5.1. Evidenzbasierte Chirurgie	51
5.2. Chirurgische Studienqualität am Beispiel der Skaphoidpseudarthrose	54
5.3. Klassifikation und diagnoseabhängige Studienselektion	55
5.4. Zielkriterien und Vollständigkeit der Datenerfassung.....	57
5.5. Vielfalt der therapeutischen Verfahren	58
5.6. Therapeutische Empfehlungen.....	59
5.7. Konsequenzen für die zukünftige Forschung zur Skaphoidpseudarthrose ..	60
6. Zusammenfassung.....	62
7. Tabellen.....	63
8. Literaturverzeichnis	95
Curriculum vitae.....	101

Inhaltsverzeichnis

Ehrenwörtliche Erklärung.....	102
Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	103
Danksagung	103

1. Einleitung

1.1. Entstehung und Relevanz der Skaphoidpseudarthrose

Skaphoidpseudarthrosen entstehen durch die ausbleibende knöcherne Heilung der häufigsten Fraktur der Handwurzel, der Skaphoidfraktur. Sie führen in den meisten Fällen zu einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung des Handgelenkes und enden nach unterschiedlich langen Zeiträumen in einer Handgelenkarthrose.

Eine Skaphoidpseudarthrose (nonunion) ist definiert als fehlende knöcherne Durchbauung einer Fraktur sechs Monate nach dem Trauma. Davon zu unterscheiden ist die verzögerte Knochenheilung (delayed union), von der man spricht, wenn nach 3 Monaten noch keine Frakturdurchbauung eingetreten ist, jedoch noch mit einer Heilung gerechnet werden kann [46].

Von der Skaphoidfraktur betroffen sind überwiegend junge, aktive Männer im dritten bis fünften Lebensjahrzehnt. Sie ist die bei weitem häufigste Fraktur der Handwurzelknochen [12, 20, 100].

1.1.1. Von der Skaphoidfraktur bis zur Skaphoidpseudarthrose

Die typische Unfallursache ist der Sturz auf das dorsalexthendierte Handgelenk (oft als Sportunfall, besonders bei so genannten Fun-Sportarten wie Inlineskating, Mountainbiking und Kickboarding). Dabei erfolgt die Krafteinleitung rechtwinklig zur Achse des Kahnbeins, in der Regel über das Tuberculum scaphoidei. Das Ligamentum radioscapocapitatum verhindert eine Luxation des proximalen Skaphoidpols nach palmar. Es kommt somit bei ausreichender Krafteinwirkung zu einer Frakturierung des Skaphoids entlang dieser stabilen Bandstruktur. Abhängig von der Position der Hand beim Aufprall (Ulnarduktion oder Radialduktion) verläuft die Frakturlinie weiter proximal oder distal. Die Stabilität des Bruches hängt vom Verlauf der Frakturlinie sowie auch von evtl. zusätzlichen Verletzungen des Bandapparates ab [33, 113]. Seltener wird eine Skaphoidfraktur durch ein direktes Anpralltrauma oder einen Hochenergie-Unfall verursacht.

Die Skaphoidfraktur ist häufig mit weiteren Verletzungen des Karpus und des Handgelenks assoziiert. Sie kann auch Teil einer komplexen Handwurzelverletzung im Sinne einer transskaphoidalen perilunären Luxation (de-Quervain-Fraktur) oder ihrer Varianten sein [12, 37, 43, 47, 53, 71, 96].

Eine typische und schwerwiegende Komplikation nach einer Skaphoidfraktur ist die

Ausbildung einer Pseudarthrose. Die Entstehung einer derartigen Pseudarthrose wird durch verschiedene Umstände begünstigt.

Oftmals sucht der Patient nicht sofort einen Arzt auf, da das Leitsymptom Schmerz bagatellisiert wird. Die initialen, durch die Fraktur und das Hämarthros des Handgelenkes bedingten Schmerzen klingen nach kurzer Zeit ab und es bestehen zunächst keine funktionellen Einschränkungen.

Des Weiteren kann eine unzureichende Diagnostik der Grund für die Ausbildung einer Pseudarthrose sein. Häufig ist der Frakturspalt unmittelbar nach dem Trauma auf Röntgen-Standardaufnahmen nicht sichtbar. Mitunter gelingt erst die Diagnosestellung durch konventionelle Röntgenbilder nach ca. zwei Wochen, wenn Resorptionsvorgänge am Knochen den Frakturspalt sichtbar werden lassen. Als sicherste diagnostische Methode gilt die Computertomographie der Handwurzel in Dünnschichttechnik, die einerseits Frakturnachweis oder –ausschluss erlaubt und andererseits wesentlich für die Therapieplanung ist [14, 35, 59, 76, 85].

Auch eine inadäquate konservative oder operative Therapie, d.h. eine zu kurze oder inkonsequente Ruhigstellung oder einer fehlerhafte Operationstechnik kann Ursache für das Ausbleiben einer knöchernen Konsolidierung sein [6].

Schließlich sei auf die besondere Durchblutung des Kahnbeines hingewiesen, dessen nutritive Gefäße überwiegend von distal über die Tuberositas eintreten. Damit muss insbesondere bei weit proximal gelegenen Frakturen mit Durchblutungsstörungen des proximalen Fragmentes gerechnet werden. Diese Minderversorgung kann neben der Pseudarthrose zur Nekrose des proximalen Polfragmentes führen [6, 20, 89, 103].

1.1.2. Bedeutung der Skaphoidpseudarthrose

Eine nicht oder nur symptomatisch behandelte Skaphoidpseudarthrose führt in den meisten Fällen nach Jahren zu einer Arthrose und Invalidisierung des Patienten. Damit verbunden sind Schmerzen und eine erhebliche Bewegungseinschränkung. Jede symptomatische Skaphoidpseudarthrose sollte daher zur Vermeidung dieser Spätschäden operativ saniert werden. Je früher die Kahnbeinpseudarthrose versorgt wird, desto besser ist die Prognose. Die entscheidende Präventionsmassnahme hinsichtlich der Entwicklung einer Handgelenkarthrose besteht in der rechtzeitigen Diagnosestellung und der frühzeitigen Einleitung einer adäquaten Therapie.

Bei dem betroffenen Patientenkollektiv handelt es sich in der Regel um junge

Männer, die oftmals nicht nur aufgrund ihrer sportlichen Aktivität auf eine funktionstüchtige Hand angewiesen sind. Viele von ihnen sind in handwerklichen Berufen beschäftigt. Ein Berufsausfall bedeutet somit immense Kosten für die soziale Gemeinschaft sowohl im Falle einer längeren Krankheitsdauer, als auch bei einer eventuellen Berufsunfähigkeit. Zudem sind der Erhalt bzw. die Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit ein wichtiges Kriterium für den Erfolg einer jeden Handgelenkoperation. Die Hauptursachen für einen beruflichen Wechsel des Patienten stellen vor allem eine herabgesetzte Griffstärke, persistierende Schmerzen und langwierige Rehabilitationsmaßnahmen dar. In der Literatur wird berichtet, dass zwischen 3% und 15% der Patienten einen Arbeitsplatzwechsel vornehmen mussten [26], [63], [115].

Sehr oft beträgt der Zeitraum vom Unfalltag bis zum Auftreten von Symptomen mehrere Monate bis Jahre. Es wird über Zeitspannen von bis zu 30 Jahren zwischen dem auslösenden Trauma (Fraktur des Skaphoids) und der definitiven Diagnosestellung berichtet [51].

Zudem ist mit durchschnittlich 61% häufiger die dominante Hand betroffen [26], [51], [63], [69], [72]. Eventuell liegt dem eine reflektorische Abwehr (bei einem Sturz der Aufprall) mit der stärkeren Hand zugrunde, was aber durch Literaturangaben nicht belegt werden kann.

1.2. Diagnostik der Skaphoidpseudarthrose

Während die Diagnostik einer frischen Skaphoidfraktur problematisch sein kann, bereitet die Entdeckung einer Skaphoidpseudarthrose weniger Schwierigkeiten. Anamnese und klinische Befunde können erste Hinweise geben, die Diagnose wird jedoch durch bildgebende Verfahren gestellt. Technische Verbesserungen, insbesondere der Schnittbildverfahren, erlauben eine gute Beurteilung der Verletzungsfolgen im komplexen karpalen Gefüge und lassen Aussagen zu Prognose und therapeutischen Optionen zu.

1.2.1. Klinische Befunde

Die klinischen Befunde der Skaphoidpseudarthrose sind oftmals unspezifisch, zudem kann sie über einen langen Zeitraum symptomlos verlaufen.

1. Druckempfindlichkeit über der Tabatière
2. Schmerzen im Handgelenk, die bei Belastung zunehmen

3. Diffuser, schwer zu lokalisierender Schmerz des Handgelenkes bei aktiven und passiven Bewegungen
4. Bewegungseinschränkung des Handgelenkes
5. Kraftminderung
6. Schwellung

1.2.2. Konventionelle Röntgendiagnostik

Die Standard-Röntgendiagnostik zum Nachweis einer Skaphoidpseudarthrose erfordert ähnlich wie zur Diagnostik einer Skaphoidfraktur Röntgenaufnahmen des Handgelenkes in zwei Ebenen und eine Kahnbein-Zielaufnahme nach Stecher [19, 102]. Pseudarthrose-Zeichen in der konventionellen Radiographie sind die Resorptionszone im ehemaligen Frakturspalt, sklerosierte Fragmentflächen, Formveränderungen der Fragmente und arthrotische Veränderungen des Handgelenkes.

1.2.3. Computertomographie

Die Computertomographie ist unverzichtbar für die Erkennung des Ausmaßes der Arthrose. Zum einen sollte sie bei klinischem Verdacht und fehlendem radiologischem Nachweis angewandt werden, zum anderen dient sie der Operationsplanung. Die CT sollte in 1mm Schichtdicke mit sagittaler Rekonstruktion (parallel zur Längsachse des Skaphoids) durchgeführt werden [60].

1.2.4. Kernspintomographie

Die Kernspintomographie erlaubt insbesondere eine exakte Beurteilung der Fragmentvitalität. Dies ist vor allem bei länger bestehenden Pseudarthrosen und kleinen proximalen Fragmenten sinnvoll. Die Durchblutungssituation hat direkten Einfluss auf die Auswahl des Therapieverfahrens.

1.2.5. andere Verfahren

Wie bei der Skaphoidfraktur kommt der Skelettszintigraphie und der Sonographie bei der Diagnostik von Pseudarthrosen keine wesentliche Bedeutung zu.

1.3. Einteilung der Skaphoidfraktur

Lokalisation

Skaphoidfrakturen können entsprechend ihrer Lokalisation unterteilt werden. Brüche des mittleren Drittels sind bei weitem häufiger als solche des distalen und proximalen Drittels [12, 34, 64, 71, 89, 97].

- Proximales Drittel (20%)
- Mittleres Drittel (70%)
- Distales Drittel (10%)

Frakturverlauf (Böhler, Russe)

Eine weitere klassische Einteilung der Skaphoidfrakturen berücksichtigt den Frakturverlauf [12, 89].

- horizontal schräg
- quer
- vertikal schräg

Diese Einteilung ist von therapeutischer Konsequenz, da die Instabilität der Fraktur und damit das Pseudarthrosenrisiko von den horizontal-schrägen über die queren zu den vertikal-schrägen Verläufen zunimmt. Allerdings sind die Querfrakturen (des mittleren Drittels) bei weitem am häufigsten anzutreffen.

Herbert-Klassifikation

Die derzeit gebräuchlichste Einteilung der Kahnbeinbrüche stammt von Herbert [43]. Nach dieser Klassifikation werden Frakturen und Pseudarthrosen in vier große Hauptgruppen (A-D) zusammengefasst und dann in Subgruppen weiter differenziert.

Typ A: stabile Frakturen

- A1 Frakturen durch das Tuberculum
- A2 inkomplette Fraktur der Kahnbeintaille (Waist)

Typ B: instabile Frakturen

- B1 distale Schrägfraktur
- B2 komplette Fraktur der Kahnbeintaille (Waist)
- B3 proximale Polfraktur
- B4 transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur

Typ C: verzögerte Heilung (delayed union): verzögert heilender Bruch jeglicher Lokalisation (keine Zeichen der knöchernen Durchbauung drei bis sechs Monate nach Behandlungsbeginn)

Typ D: Pseudarthrose (nonunion)

Für die Pseudarthrose unterscheidet Herbert weitere fünf Untergruppen (s. unten). Die Unterscheidung in stabile und instabile Frakturen berücksichtigt die Frakturlokalisation, den Frakturverlauf, das Dislokationsausmaß, die Anzahl der Fragmente und die evtl. Einbeziehung der Skaphoidfraktur in eine komplexe Karpusverletzung.

Krimmer-Klassifikation

Das therapeutisch und prognostisch wichtige Kriterium der Frakturinstabilität wurde in der Klassifikation von Krimmer [59] berücksichtigt, die eine Modifikation der Einteilung von Herbert darstellt. Die genaue Beschreibung der Frakturmorphologie und die Unterscheidung zwischen stabilen und instabilen Frakturen erfordert die Durchführung einer Computertomographie in Dünnschicht- Technik mit parasagittalen Rekonstruktionen in Längsachse des Skaphoids.

Typ A: stabile, frische Frakturen

- A1 Fraktur des Tuberculum
- A2 undislozierte Rißfraktur mit quere Verlauf im mittleren oder distalen Drittel

Typ B: instabile, frische Frakturen

- B1 Schrägfraktur
- B2 dislozierte oder klaffende Fraktur
- B3 Fraktur des proximalen Drittels
- B4 transskaphoidale perilunäre Luxationsfraktur

Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen

Eine weitere, bisher jedoch weniger gebräuchliche Möglichkeit, Skaphoidfrakturen einzuteilen, stellt die Klassifikation der Kahnbeinfrakturen nach der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) dar [79]. Hier werden drei Gruppen mit jeweils drei Untergruppen beschrieben.

1.3.1. Einteilung der Pseudarthrose

Wie oben schon beschrieben, finden sich die Pseudarthrosen in der Frakturklassifikation nach Herbert in der Gruppe D wieder, die noch weiter differenziert werden können [45].

Typ 1: Pseudarthrose mit straffer, fibröser Überbrückung, jedoch kein karpaler Kollaps und keine degenerativen Zeichen

Typ 2: Pseudarthrose ohne Dislokation, geringe pathologische Beweglichkeit und geringer karpaler Kollaps

Typ 3: Pseudarthrose mit mäßiger Dislokation, verstärkte pathologische Beweglichkeit, resorptive Veränderungen, deutlicher karpaler Kollaps (DISI- dorsal intercalated segment instability), klinisch eingeschränkte Funktion des Handgelenks, radiologisch manifeste Arthrosezeichen

Typ 4: Pseudarthrose mit erheblicher Dislokation der einzelnen Fragmente, starke resorptive Veränderungen, erhebliche radiokarpale Arthrose, fixierter karpaler Kollaps, klinisch eingeschränkte Funktion des Handgelenks

Typ 5: Pseudarthrose mit erheblicher Dislokation und zunehmendem Zerfall des proximalen Fragments (ischämische Nekrose), fortgeschrittene Arthrose, fixierter karpaler Kollaps, klinisch zunehmende Einschränkung der Handgelenksbeweglichkeit

1.3.2. Einteilung der Arthrose bei Skaphoidpseudarthrose

Kommt es in der Folge einer Skaphoidpseudarthrose zu einem Aufbrechen des karpalen Gefüges so spricht man nach Krakauer et al. [57] von einem SNAC (skaphoid nonunion advanced collapse) wrist. Diese besondere Form der Handgelenkarthrose und des karpalen Kollapses ist morphologisch mit den Folgen eines chronisch skapholunären Bandschadens völlig identisch. Die Folge der skapholunären Dissoziation wird jedoch nach Watson und Ballet [112] als SLAC (scapholunate advanced collapse) wrist bezeichnet. In beiden Fällen läuft der karpale Kollaps in drei typischen Stadien ab [57, 112], deren Unterscheidung von erheblicher therapeutischer und prognostischer Relevanz ist.

Tab. 1.: Stadien des Scaphoid nonunion advance collapse (SNAC) nach Krakauer et al. [57]

Stadium	Ausmaß der Arthrose
I	beschränkt auf Processus styloideus radii
II	gesamtes radioskaphoidales Gelenk
III	zusätzliche mediokarpale Arthrose (zwischen dem Kapitatumkopf und den korrespondierenden Gelenkflächen des Lunatum sowie des proximalen Skaphoidfragments)

Im Stadium I werden rekonstruktive Maßnahmen mit Wiederherstellung des Skaphoids als noch möglich angegeben. Im Stadium II wird eine Skaphoid-Rekonstruktion aufgrund der fortgeschrittenen Arthrose als nicht mehr sinnvoll

erachtet. Im Stadium III bleiben nur noch die sogenannten „Rettungsoperationen“.

1.4. Therapie der Skaphoidpseudarthrose

Im Falle des Vorliegens einer Skaphoidpseudarthrose wird grundsätzlich angestrebt, die Stabilität und Form des Kahnbeins wiederherzustellen und dadurch die Entstehung einer Arthrose mit schmerzhafter Funktionseinschränkung des Handgelenkes zu verhindern. Auch asymptotische Pseudarthrosen sollten grundsätzlich mit dem Ziel der Arthroseprävention saniert werden.

Indikationsstellung

Die Wahl des Operationsverfahrens ist einerseits von der Ausgangslage abhängig. Kriterien für die Verfahrenswahl sind:

- Lokalisation der Pseudarthrose
- Alter der Pseudarthrose
- Durchblutung und Größe der Fragmente
- Vorhandensein arthrotischer Veränderungen des Handgelenkes
- Voroperationen am betroffenen Kahnbein
- Funktionsanspruch des Patienten

Andererseits ist die Wahl der Operationsmethode vom Behandler, dessen Erfahrungen und Präferenzen abhängig. Vielfach lassen die vorliegenden klinischen und radiologischen Befunde mehrere operative Verfahren zu. In diesen Fällen ist eine unabhängige Einschätzung der Effektivität der existierenden Methoden erforderlich, um das am besten für den Patienten geeignete Verfahren wählen zu können.

Durch eine symptomatische konservative Therapie können ausschließlich die Schmerzen sowie die Funktionsstörung beeinflusst werden. Eine einmal etablierte Pseudarthrose kann nur durch eine Operation zur knöchernen Stabilisierung gebracht werden.

Je nach Durchblutungssituation der einzelnen Fragmente, nach Stadium der Pseudarthrose und der eventuell schon bestehenden Arthrose im Handgelenk müssen die einzelnen zur Verfügung stehenden Verfahren ausgewählt werden.

Es wird zwischen rekonstruktiven Eingriffen und Rettungs-Operationen unterschieden.

Rekonstruktive Verfahren

Durch die rekonstruktiven Verfahren versucht man, Stabilität und Morphologie des

Skaphoids wiederherzustellen. Hierzu zählen:

- Kombination von Knochenverpflanzung und Osteosynthese
- alleinige freie Knochenverpflanzung: Spongiosa oder kortikospongiöser Span
- Matti-Russe-Plastik als Sonderform der freien Knochenverpflanzung ohne Osteosynthese
- gefäßgestielte Knochenspäne vom distalen Radius
- mikrovaskulär gestielte, freie Knochenspäne
- alleinige Osteosynthese ohne Knochenverpflanzung
 - Kahnbeinschraube nach Herbert oder andere Schrauben
 - Bohrdrahtosteosynthese
 - Ender-Platte
- Russe-Operation mit autogenem Knochentransplantat zum Ersatz des proximalen Kahnbeinpols

Rekonstruktive Verfahren können dann zur Anwendung kommen, wenn eine knöcherne Wiederherstellung bei fehlender Arthrose möglich ist. Soll nur noch ein palliativer Eingriff vorgenommen werden, so bieten sich die so genannten Rettungsoperationen an.

Rettungsoperationen

Bei den Rettungsoperationen (salvage procedures) kann die vollständige Funktionsfähigkeit der Hand nicht mehr erreicht werden, sie dienen vielmehr der Schmerzreduktion unter angestrebter Erhaltung einer Teilfunktion.

- Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC, proximal row carpectomy)
- Mediokarpale Arthrodese mit Resektion des Kahnbeins (four corner fusion)
- Resektionsarthroplastik
- Styloidektomie am Radius
- Handgelenkendoprothese
- vollständige Handgelenkarthrodese (Panarthrodese)
- Denervation des Handgelenks nach Wilhelm

Die Vielfalt der existierenden Therapiekonzepte macht eine systematische Bewertung der Publikationen erforderlich. Bezüglich der Therapie der Skaphoidpseudarthrose besteht, wie für die meisten handchirurgischen Fragestellungen, noch immer Unklarheit darüber, wann welches Verfahren angewandt werden sollte. Für den behandelnden Arzt ist es wichtig zu wissen, bei welcher Ausgangslage durch Anwendung einer bestimmten Methode welche

Ergebnisse, wie z.B. Fusionsrate, Bewegungsausmaß, Schmerzen und Komplikationen zu erwarten sind.

1.4.1. Operationsverfahren

1.4.1.1. Knochenverpflanzung mit Osteosynthese

Die Knochentransplantation mit Osteosynthese ist das am häufigsten angewandte Therapieverfahren bei Skaphoidpseudarthrose. Hierbei wird körpereigener Knochen, beispielsweise vom Beckenkamm, entnommen und nach Anfrischung der Pseudarthrose in den vorhandenen Knochendefekt eingesetzt. Zusätzlich wird der Knochen über ein Osteosyntheseverfahren, zumeist in Form einer Verschraubung, stabilisiert.

1.4.1.2. Knochenverpflanzung ohne Osteosynthese

Wird nach der Pseudarthrosenresektion allein durch die Knochentransplantation eine ausreichende Stabilität des Kahnbeines erzielt, kann auf eine Osteosynthese unter Inkaufnahme einer längeren Ruhigstellung verzichtet werden.

1.4.1.3. Matti-Russe-Plastik (Russe-1-Operation)

Einen großen Fortschritt in der Behandlung der Skaphoidpseudarthrose stellte die von Matti [87] und später von Russe [87] propagierte Methode dar. 1937 kam dieses Verfahren erstmalig zum Einsatz. Matti verwendete kleine Spongiosachips, die er dem Beckenkamm entnahm und in das zuvor von sklerotischen und avitalen Anteilen befreite Kahnbein einsetzte. Russe modifizierte diesen Eingriff indem er einen kreuzförmigen kortikospongiösen Beckenkammspan exakt in den Defekt des Kahnbeines einfaltete und so auf eine Osteosynthese verzichten konnte.

1.4.1.4. Gefäßgestielter Knochenspan vom distalen Radius

Ein gestieltes vaskularisiertes Knochentransplantat kann vom distalen Radius entnommen werden. Die Durchblutung des Transplantates erfolgt retrograd über Äste der Arteria radialis. Am häufigsten verwendet wird das an der sehr konstant vorkommenden Arterie zwischen erstem und zweitem Strecksehnenfach (1.2 interkompartimentelle supraretinakuläre Arterie) gestielte Transplantat [117]. Das Transplantat wird unter den radialen Handgelenkstrecksehnen zum Skaphoid transponiert und nach entsprechendem Modellieren in das Kahnbein eingebracht.

Die Stabilisierung des eingebrachten vaskularisierten Knochentransplantates kann mit Kirschnerdrähten oder einer für das Kahnbein geeigneten Schraube durchgeführt werden. Als Vorteil dieser Technik wird die Möglichkeit der Transplantation von gut durchblutetem Knochengewebe angesehen.

1.4.1.5. Mikrovaskulär gestielter, freier Knochenspan

Hier wird ein mikrovaskulär angeschlossener Knochenspan zur Defektauffüllung verwendet, beispielsweise dem Beckenkamm (*A. circumflexa ilium profunda*). In der Regel erfolgt eine Osteosynthese mit Kirschnerdrähten oder durch eine Schraube.

1.4.1.6. Osteosynthese ohne Knochenverpflanzung

Bei kleinen Pseudarthrosezonen und / oder erst kurzzeitig bestehender Pseudarthrose kann eine alleinige Osteosynthese ohne Knochenverpflanzung durchgeführt werden. Die gebräuchlichsten Implantate hierfür sind Kahnbeinschrauben vom Herbert-Typ. Seltener erfolgt die Osteosynthese allein durch Drähte. Eine andere Möglichkeit stellt die Ender-Platte dar. Bei dieser Technik werden nach Ausräumung des Pseudarthrosenspaltes die Hauptfragmente mit Hilfe einer hakenförmigen Platte fixiert [49].

1.4.1.7. Russe-Operation mit autogenem Knochentransplantat zum Ersatz des proximalen Kahnbeinpols (Russe-2-Operation)

Bei Vorliegen eines sehr kleinen und schlecht durchbluteten Fragmentes ist dessen Ersatz durch ein körpereigenes Knochentransplantat, welches z.B. vom Beckenkamm entnommen werden kann, möglich.

Nach Darstellung der Pseudarthrose kann das kleine proximale Fragment entfernt und die distale Fläche der Pseudarthrose angefrischt werden. Ein der Größe des Defektes entsprechendes freies, kortikospöngiöses Transplantat wird von der kontralateralen Seite der Spina iliaca anterior superior entnommen und an das distale Fragment angepasst und planadaptiert. Die Transplantatfixierung erfolgt wie bei einer Spanbolzung oder durch eine Osteosynthese mit Drähten und/oder einer Schraube [62, 88].

1.4.1.8. PRC (Proximal Row Carpectomy)

Die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe ist ein bewegungserhaltender

Eingriff, bei dem ein arthrosefreies Neogelenk zwischen Fossa lunata des distalen Radius und Kapitatumpopf entsteht. Diese Operation ist besonders beim karpalen Kollaps infolge einer Skaphoidpseudarthrose (SNAC) oder einer skapholunären Dissoziation angezeigt. Voraussetzung ist das Fehlen einer mediokarpalen Arthrose und eine intakte Knorpelfläche des Kapitatumpopfes, weshalb Patienten mit SNAC / SLAC wrist Stadium 3 ausscheiden. Neben der Entfernung der proximalen Handwurzelreihe erfolgt meist zusätzlich eine partielle Denervation durch Resektion des N. interosseus posterior.

1.4.1.9. Mediokarpale Teilarthrodese

Hier stellt der karpale Kollaps mit Arthrose des mediokarpalen Gelenkes die Hauptindikation dar. Voraussetzung ist ein arthrosefreies Gelenk zwischen Lunatum und Radius. Der Eingriff kann auch im Stadium 3 von SNAC / SLAC wrist angewendet werden. Das Skaphoid wird vollständig reseziert und eine Arthrodese zwischen Kapitatum, Lunatum, Hamatum und Triquetrum mittels Kirschner-Drähten, Schrauben oder einer sog. Spider-Platte durchgeführt. Ziel ist die Schmerzreduktion und die Erhaltung einer Restbeweglichkeit.

1.4.1.10. Resektionsarthroplastik

Alternativ zur Proximal Row Carpectomy und zur mediokarpalen Teilarthrodese kann als seltenerer Eingriff die partielle oder vollständige Resektion des Skaphoids unter der Vorstellung erfolgen, arthrotisch veränderte Gelenkabschnitte, z.B. zwischen distalem Fragment und Radiusstyloid, auszuschalten. Zusätzlich kann in den entstandenen Resektionsraum ein Interponat (z.B. autologe Sehne) im Sinne einer Interpositionsarthroplastik eingefügt werden.

1.4.1.11. Styloidektomie am Radius

Die Entfernung des Speichengriffel-Fortsatzes kann als modifizierte Resektionsarthroplastik ebenfalls mit dem Ziel der Ausschaltung des arthrotisch veränderten radialen Gelenkabschnittes erfolgen.

1.4.1.12. Handgelenkendoprothese

Ein weiteres bewegungserhaltenendes Verfahren stellt die Implantation einer Handgelenkendoprothese dar. Hierfür existieren zahlreiche Endoprothesentypen.

Trotz zahlreicher biomechanischer und klinischer Untersuchungen und Studien existiert bislang noch keine Handgelenkendoprothese mit einer zufriedenstellenden Belastbarkeit und ausreichenden Haltbarkeit.

1.4.1.13. Vollständige Handgelenksarthrodese

Als letzte Möglichkeit zur Therapie der schmerzhaften Arthrose des Handgelenkes nach erfolglos therapierter Kahnbeinpseudarthrose steht die vollständige Handgelenkversteifung zur Verfügung.

Nach dorsaler Eröffnung des Handgelenks unter Schonung der Extensorensehnen, werden das Radiokarpal- sowie die interkarpalen Gelenke entknorpelt. Danach folgt die Entnahme von Spongiosa, bevorzugt aus dem Beckenkamm, die zur Auffüllung des entstandenen Defekts dient. Bei größeren knöchernen Defekten kann ein kortikospongioser Span zur Anwendung kommen. Die Arthrodese zwischen distalem Radius und Metakarpale 2 oder 3 erfolgt mit einer Kleinfragment-Platte oder einer speziellen Handgelenk-Arthrodese-Platte in leichter Dorsalextension von 10-20 Grad.

1.4.1.14. Denervation nach Wilhelm

Die Methode stellt eine häufig angewandte palliative Therapie dar und dient der Schmerzausschaltung bzw. -reduktion bei Erhaltung der noch vorhandenen Restbeweglichkeit des Handgelenkes. Die Technik wurde 1965 von Wilhelm beschrieben [114] und beinhaltet die Neurotomie einzelner oder aller das Handgelenk innervierenden Fasern:

- Nervus interosseus posterior
- Ramus articularis nervi cutaneus antebrachii radialis
- Ramus articularis nervi radialis
- Nervus interosseus palmaris
- Ramus palmaris nervi mediani
- Rami perforantes nervi ulnaris
- Ramus dorsalis manus nervi ulnaris
- Nervus cutaneus antebrachii posterior

Für die Durchtrennung der Nervenbahnen genügt z.T. die blinde Weichteildurchtrennung bzw. das Ablösen der Subkutis von der Faszie.

2. Zielstellung

Die Skaphoidpseudarthrose resultiert aus einer Heilungsstörung der häufigsten Handwurzelfraktur, dem Kahnbeinbruch. Es handelt es um ein sehr relevantes klinisches Problem, für das zahlreiche, vielfach stark voneinander abweichende Therapiekonzepte existieren. Die hierzu vorliegenden Publikationen wurden bisher noch nicht systematisch evaluiert.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, mit dem Mittel der höchsten Evidenz einer systematischen Übersichtsarbeit alle vorhandenen Arbeiten zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose zu bewerten und, sofern möglich, evidenzbasierte Behandlungsempfehlungen zu formulieren.

Im Rahmen einer systematischen Literaturanalyse sollen alle zu diesem Thema verfügbaren Publikationen durch eine umfassende Suche identifiziert, nach einheitlichen Kriterien selektiert und bewertet sowie die relevanten Ergebnisse zusammengefasst werden. Sofern qualitativ hochwertige kontrollierte Studien mit homogenen Daten vorliegen, soll die Zusammenfassung der Resultate in Form einer Meta-Analyse erfolgen. Alle weiteren erfassten Ergebnisse werden in deskriptiver Form dargestellt. Wenn methodologisch zulässig, sollen therapeutische Empfehlungen abgeleitet werden.

3. Methode

3.1. Themenpriorisierung

Die Effektivität von Behandlungskonzepten für die komplexen Verletzungen und Erkrankungen der Hand basiert oftmals auf nur wenigen Daten und Studien, in vielen Fällen auch nur auf tradierten Konzepten, die unzureichend evaluiert sind.

Dies hat die Deutsche Gesellschaft für Handchirurgie (DGH) dazu bewogen, besonders relevante klinische Themen zu identifizieren und hierzu systematische Literaturrecherchen durchzuführen. Diese Themenpriorisierung erfolgte durch eine Umfrage bei den 30 führenden handchirurgischen Zentren Deutschlands. Aufgrund der Vielzahl möglicher Fragestellungen erfolgte zunächst eine Beschränkung auf besonders relevante und aktuelle Themen. Diese Themenliste wurde den handchirurgischen Experten mit der Bitte vorgelegt, ein Ranking zu den vorgegebenen Themen vorzunehmen.

Die aufgeführten Themen sollten nach dem Schulnotensystem bewertet werden (1 = sehr relevant bis 5 = nicht relevant). Die Befragung anhand von Papierfragebögen erfolgte vom Juni bis Oktober 2006. 29 von 30 angeschriebenen Experten antworteten. Anhand der Mittelwerte der Themen-Benotung konnte ein Ranking erfolgen (Tabelle 2). Themen von hoher Priorität zeichneten sich dabei durch kleine Zahlenwerte aus.

Als besonders relevant wurden drei Verletzungen bzw. Erkrankungen der Handwurzel eingeschätzt, von denen der skapholunäre Bandschaden und die Lunatumnekrose Inhalt separater systematischer Übersichtsarbeiten sind. Neben diesen beiden Themen bestand offensichtlich unter den Experten bezüglich der Skaphoidpseudarthrose der höchste Bedarf an evidenzbasierten Therapieempfehlungen.

Tabelle 2: Ergebnis der Themenpriorisierung durch handchirurgische Experten (n=29)

Thema	Score
Skapholunärer Bandschaden	1,48
Lunatumnekrose	1,66
Skaphoid-Pseudarthrose	1,69
TFCC-Schaden	1,86
Skaphoidfraktur	2,14
Ulna-Impaction-Syndrom	2,17
SLAC/ SNAC	2,21
Perilunäre Luxation	2.28
Beugesehnen-Rekonstruktion	2,28
Sulcus-Ulnaris-Syndrom	2,34
Nerventransplantation	2,45
Vaskuläre gestielte Lappenplastiken	2,46
Fingerkuppdefekte	2,52
DRUG- Arthrose	2,59
Direkte Nervenkoaptierung	2,59
dorsale Endglied-Basisfraktur	2,83
PIP-Luxation	2,83
Pars terminalis des Streckapparates	2,83
Motorische Ersatz-Operationen	2,86
STT-Arthrose	2,90
Verbrennung	2,90
Nachbehandlung nach Replantation	3,07
Ulnare SB-Ruptur D1	3,28
Supkapitale MHK5	3,31

3.2. Suchstrategie

Es erfolgte eine systematische Literaturrecherche in Pubmed und der Cochrane Library für Publikationen ab dem Jahr 1966. Nach Durchsicht der Abstracts wurden potentiell relevante Artikel in Kopie beschafft. Die Datenbankrecherche wurde durch eine Handsuche von in der Datenbank nicht gelisteten relevanten Zeitschriften und die Ermittlung von Sekundärliteratur über die Literaturverzeichnisse ergänzt. Eine Beschränkung auf Artikel in englischer und deutscher Sprache erfolgte nicht.

Die Suche wurde am 23.11.2006 begonnen und erfolgte bis zum 31.12.2007. Seit dem 01.01.2008 wurde die Suche über automatische Such-Updates unter Verwendung der u.g. Such-Strategien fortgesetzt.

Es wurden folgende Suchabfragen verwendet:

1. ("wrist injuries"[MeSH Terms] OR "wrist injuries"[TW]) AND ("therapy"[TW] OR "treatment"[TW] OR "surgery"[TW] OR "orthopaedic procedure"[TW] OR "outcome"[TW] OR "controlled trial"[TW]) OR "management"[TW]) OR "Clinical Trial[PT]"
2. ("scaphoid nonunion"[TW]) OR "scaphoid non-union"[TW]) AND ("therapy"[TW] OR "treatment"[TW] OR "surgery"[TW] OR "orthopaedic procedure"[TW] OR "outcome"[TW] OR "controlled trial"[TW]) OR "management"[TW]) OR "Clinical Trial[PT]"
3. ("carpal navicular"[TW]) AND ("therapy"[TW] OR "treatment"[TW] OR "surgery"[TW] OR "orthopaedic procedure"[TW] OR "outcome"[TW] OR "controlled trial"[TW]) OR "Clinical Trial[PT]"

3.3. Kriterien der Berücksichtigung von Studien

Da die Zielstellung der Arbeit die Bewertung von operativen Behandlungsmethoden war, wurde die Literatursuche auf Therapiestudien beschränkt. Angestrebt wurde die Analyse von Studien mit einem hohen Evidenzniveau entsprechend dem Schema des Centre for Evidence-based Medicine in Oxford (Tabelle 3).

Tabelle 3: Evidenzlevel des Centre for Evidence-based Medicine Oxford

Studienbeschreibung	Evidenz-Level	Empfehlungsgrad
Systematischer Review (mit Homogenität) von randomisierten kontrollierten Studien	1a	A
Mindestens eine randomisierte kontrollierte Studie (mit engen Konfidenzintervallen)	1b	
Alles- oder Nichts- Fallserien	1c	
Systematisches Review (mit Homogenität) von Kohortenstudien	2a	B
Mindestens eine Kohortenstudie (oder auch RCT schlechter Qualität)	2b	
“Outcome“-Forschung	2c	
Systematisches Review (mit Homogenität) von Fall-Kontroll- Studien	3a	C
Einzelne Fall-Kontroll-Studie	3b	
Fallserien (und Kohortenstudien und Fall-Kontroll Studien niedriger Qualität)	4	D
Expertenmeinung ohne Studienhintergrund oder basiert auf physiologischen Prinzipien, Laborforschung etc.	5	

Bei einem Mangel an hochwertigen Studien sollten auch Studien mit einem niedrigeren Evidenzniveau berücksichtigt werden. Folgende Studientypen wurden für die Auswertung in Betracht gezogen (Tabelle 4):

- randomisierte kontrollierte Studien (RCT – Randomized Controlled Trial) (Evidenz-Level 1b)
- quasi-randomisierte Studien (Evidenz-Level 1b), d.h. Studien bei denen die

Zuteilung zum Therapieverfahren nicht streng zufällig, sondern z.B. nach Geburtsdatum, Aufnahme­nummer u.a. erfolgte

- Kohortenstudien hoher Qualität (Evidenz-Level 2b)
- Kohortenstudien niedriger Qualität (Evidenz-Level 4)
- Fallserien mit mindestens fünf Fällen (Evidenz-Level 4)

Nicht in die Auswertung einbezogen wurden folgende Studien und Publikationstypen:

- Fallserien mit weniger als fünf Fällen (Evidenz-Level 4)
- Fallberichte (Case Reports) (Evidenz-Level 4)
- Laborforschung (Evidenz-Level 5)
- Expertenmeinungen (Evidenz-Level 5)

Tabelle 4: Berücksichtigte und ausgeschlossene Studientypen und Publikationen

Studienbeschreibung	Evidenz-Level	Berücksichtigung
Randomisierte kontrollierte Studien (RCT)	1b	ja
Quasi- randomisierte kontrollierte Studien	1b	ja
Kohortenstudien hoher Qualität	2b	ja
Kohortenstudien niedriger Qualität	4	ja
Fallserien mit mindestens 5 Fällen	4	ja
Fallserien mit weniger als 5 Fällen	4	nein
Fallberichte (Case Reports)	4	nein
Laborforschung	5	nein
Expertenmeinung	5	nein

3.4. Datenerfassung und Datenkategorisierung

3.4.1. Allgemeine Daten

Ausgewertet wurden Therapiestudien mit mindestens fünf Patienten beiderlei Geschlechts und aller Altersgruppen mit einer Skaphoidpseudarthrose. Erfasst wurden folgende allgemeine Daten:

Fallzahl insgesamt

- Anzahl der nachuntersuchten Fälle
- Anzahl weiblicher und männlicher Patienten
- Alter (Mittelwert, Range)
- Nachuntersuchungszeitraum (Mittelwert, Range)

3.4.2. Diagnose

Die Diagnosen aller behandelten Patienten wurden erfaßt, auch wenn für bestimmte Studien mehrere und von der Skaphoidpseudarthrose abweichende Diagnosen vorlagen. Die Lokalisation der Pseudarthrose wurde registriert. Bezüglich des Alters der Schädigung wurde ein Zeitraum von mindestens 6 Monaten gefordert. Sofern vorhanden, wurden detaillierte Angaben zum Alter der Läsion (in Monaten) erfaßt und dokumentiert.

Im Falle des Vorliegens einer von der Pseudarthrose ausgehenden Handgelenkarthrose (SNAC wrist – scapholunate advanced collapse) erfolgte die Einteilung des Schweregrades nach Krakauer et al. [57].

- SNAC wrist Stadium 1: Arthrose nur im Bereich des Radiusstyloids
- SNAC wrist Stadium 2: Arthrose des gesamten radioskaphoidalen Gelenkabschnitts
- SNAC wrist Stadium 3: radiokarpale und mediokarpale Arthrose

Voroperationen und Vorschäden sowie relevante ipsilaterale Verletzungen an der betroffenen Extremität wurden erfaßt, sofern diesbezügliche Angaben vorlagen.

3.4.3. Intervention

Die in den Studien beschriebenen Behandlungsinterventionen wurden kategorisiert und folgenden Gruppen zugeordnet:

- Kombination von Knochenverpflanzung und Osteosynthese
- alleinige freie Knochenverpflanzung: Spongiosa oder kortikospongiöser Span
- Matti-Russe-Plastik
- gefäßgestieltes Knochentransplantat
- alleinige Osteosynthese ohne Knochenverpflanzung
- Russe-Operation zum Ersatz des proximalen Kahnbeinpols
- Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC, proximal row carpectomy)
- Mediocarpale Arthrodesen mit Resektion des Kahnbeins (four corner fusion)
- Resektionsarthroplastik
- Styloidektomie am Radius
- Handgelenkendoprothese
- vollständige Handgelenkarthrodesen
- Denervation des Handgelenks nach Wilhelm

3.4.4. Ergebnisbewertung (outcome measures)

Alle in den Studien verwendeten Messgrößen zur Ergebnisbewertung wurden erfasst. Unterschieden wurde zwischen Funktion (Beweglichkeit, Kraft), Schmerz, subjektiver Bewertung durch die Patienten, Lebensqualität (DASH-Score, SF36) und Komplikationen (Tabelle 5). Für alle Messwerte wurden, sofern vorliegend, Mittelwert und Spannbreite (Range) registriert.

Beweglichkeit des Handgelenkes: Da Angaben zur Radial- und Ulnarduktion sowie zur Unterarmdrehfähigkeit kaum publiziert werden, wurde als wichtigster Parameter für die Beweglichkeit die aktive Extension und Flexion erfasst. Angestrebt wurde die Erfassung des Bewegungsausmaßes in Prozent der unverletzten Gegenseite. Wenn eine derartige Zahlenangabe in der Studie fehlte, wurde das summarische Bewegungsausmaß für Extension und Flexion in Grad in Beziehung zu einem Normwert von 130 Grad gesetzt und in eine Prozentangabe umgerechnet.

Kraft: In der Mehrzahl der Studien wurde die grobe Kraft beim Faustschluss (Grip strength) gemessen und in Prozent der gesunden Gegenseite angegeben. Vereinzelt vorliegende Angaben zur Stärke des Pinchgriffes (Zangengriff) wurden nicht ausgewertet.

Schmerz: Einbezogen wurden Angaben zur Schmerzbeurteilung anhand einer visuellen Analogskala (VAS) von 0 bis 100. Angestrebt wurde die separate Erfassung von Ruheschmerzen und von Schmerzen unter Belastung. Fehlte diese Differenzierung wurden die Werte der globalen Schmerzbeurteilung mittels VAS registriert. Sofern eine Schmerzquantifizierung über eine VAS in einer Studie nicht vorlag, wurde eine prozentuale Zuordnung der Patienten zu drei Schmerzniveaus (kein Schmerz, geringer bis moderater Schmerz, starker Schmerz) vorgenommen.

Lebensqualität und Gebrauchsfähigkeit: Zur Beurteilung der Gebrauchsfähigkeit der Hand und der damit verbundenen Lebensqualität wird in der Handchirurgie der DASH-Fragebogen (Disability of Arm Shoulder Hand Questionnaire) bevorzugt, ein 1996 von der amerikanischen „upper extremity collaborative group“ entwickeltes Verfahren zur Erfassung von Einschränkungen an der oberen Extremität [4, 5]. Es handelt sich dabei um einen inzwischen auch im deutschen Sprachraum validierten „Self-report-Fragebogen“ [38], der die subjektive Einschätzung des Patienten in Bezug auf seinen derzeitigen Zustand ermöglicht. Für den einzelnen Patienten können Punktwerte zwischen 0 (bester Wert, keine Einschränkung) und 100 (schlechtester Wert, maximale Einschränkung) gemessen werden. Der DASH-Score,

mit dem die für den Patienten relevantesten Outcome-Parameter Lebensqualität und Gebrauchsfähigkeit am besten erfasst werden können, stellt das primäre Zielkriterium der Datenanalyse dar.

Subjektive Gesamtwertung durch die Patienten: Die Gesamt-Zufriedenheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis wurde in den Kategorien „sehr zufrieden“, „zufrieden“, „unentschlossen“, „unzufrieden“ und „sehr unzufrieden“ prozentual erfasst.

Komplikationen: Alle in den Publikationen aufgeführten Komplikationen wurden in prozentualer Häufigkeit erfasst. Hierbei wurden auch radiologisch nachgewiesene Komplikationen registriert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Ergebnis Bewertung (outcome measures)

Zielkriterium	Messinstrument	Messgröße
Funktion	Extension / Flexion des Handgelenkes Kraft beim Faustschluss	% der Gegenseite % der Gegenseite
Schmerz	Visuelle Analogskala	Punktzahl 0-100
Lebensqualität	DASH- Fragebogen	Punktzahl 0-100
Subjektive Gesamtbewertung	Gesamt-Zufriedenheit des Patienten	5 Kategorien
Komplikationen	Rezidiv-Pseudarthrose Fusionsrate Folgeoperationen Infektion CRPS Andere	% der Fallzahl % der Fallzahl % der Fallzahl % der Fallzahl % der Fallzahl % der Fallzahl
Objektive Gesamtbewertung	Handgelenk-Score	Punktzahl 0-100

Gesamtbewertung: Zur zusammenfassenden Bewertung wurde der Mayo Wrist Score (Cooney-Score) [21] herangezogen, der in zahlreichen Nachuntersuchungen zur Ergebnisbewertung am Handgelenk zur Anwendung kam. In dem Score gehen Schmerzen, Arbeitsfähigkeit, Beweglichkeit und Kraft zu jeweils 25% ein, wobei maximal 100 Punkte und minimal kein Punkt erreicht werden kann (Tabelle 6). Der

Mayo Wrist Score nach Cooney, der eine Modifikation des Scores von Green und O'Brien [40] darstellt, wurde im Jahr 2000 von Krimmer weiterentwickelt [61] (Tabelle 7). Da auch anhand des Krimmer-Scores maximal 100 und minimal 0 Punkte vergeben werden können und sich die Bewertungskriterien zwischen diesem und dem Mayo Wrist Score nicht grundlegend unterscheiden, wurden die Angaben beider Scores in die Auswertung einbezogen.

Tabelle 6: Mayo Wrist Score nach Cooney [21].

Zielkriterium	Messwert	Punktzahl	Zielkriterium	Messwert	Punktzahl
Pain	no pain	25	Functional status	returned to regular employment	25
	mild, occasional	20		restricted employment	20
	moderate, tolerable	15		able to work, unemployed	15
	severe to intolerable	0		unable to work because of pain	0
Range of motion	100%	25	Grip strength	100%	25
	75 - 100 %	15		75 - 100 %	15
	50 - 75 %	10		50 - 75 %	10
	25 - 50 %	5		25 - 50 %	5
	0 - 25%	0		0 - 25%	0

Bewertung: Excellent 90 – 100 Punkte, Good 80 – 90 Punkte, Fair 65 – 80 Punkte, Poor < 65 Punkte

Tabelle 7: Modifizierter Handgelenk-Score nach Krimmer [61].

Zielkriterium	messwert	Punktzahl	Zielkriterium	Messwert	Punktzahl
Schmerz	Schmerzfrei	20	Gebrauchsfähigkeit	normal, keine Einschränkung	30
	nur unter Belastung	15		Einschr. nur bei spez. Tätigkeit.	20
	Ruhschmerz	10		erhebliche Einschränkungen	10
	stark, unerträglich	0		starke Einschr. bereits im Alltag	0
Bewegungsausmaß	> 100°	20	Kraft	> 75 - 100 %	30
	> 60 - 100°	15		> 50 - 75 %	20
	> 30 – 60°	10		> 25 - 50 %	10
	≤ 30°	0		0 - 25%	0

Bewertung: sehr gut > 80 - 100 Punkte, gut > 65 – 80 Punkte, befriedigend > 50- 65 Punkte, schlecht 0 - 50 Punkte

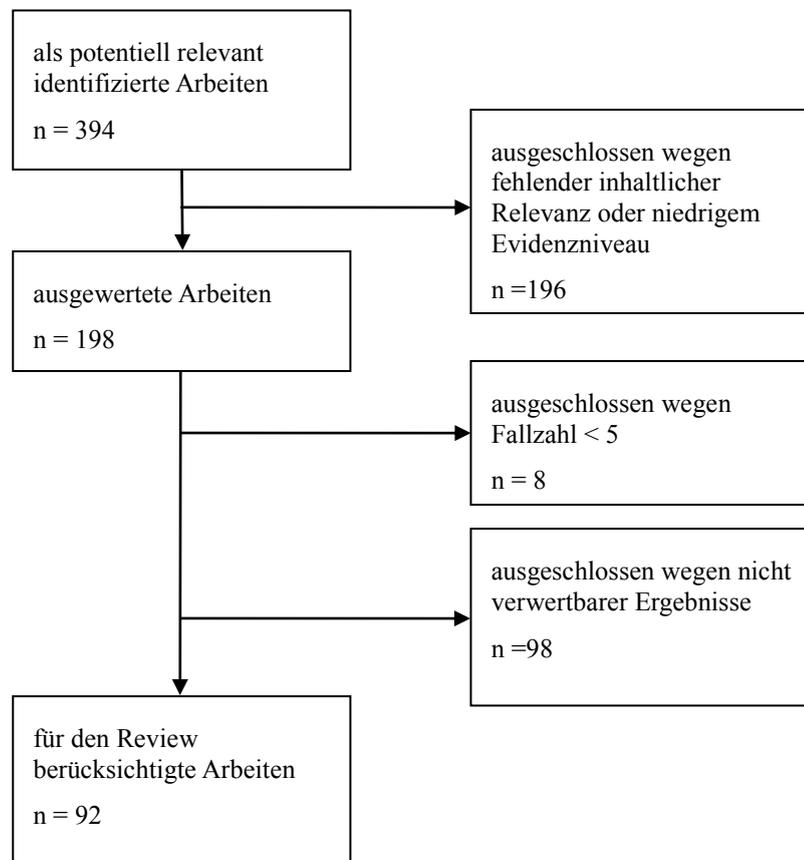
4. Ergebnisse

Die Daten der detailliert analysierten Studien finden sich in tabellarischer Form (Tabellen 1 bis 25) am Schluss der Arbeit.

4.1. Identifizierte Studien

Durch die Literatursuche in Pubmed und in der Cochrane Library sowie in nicht gelisteten Zeitschriften und den Literaturverzeichnissen der gefundenen Artikel konnten 394 Arbeiten als potentiell relevant identifiziert werden. Von diesen 394 Arbeiten waren 198 Publikationen inhaltlich relevant. 196 Arbeiten wurden wegen fehlender inhaltlicher Relevanz und / oder eines zu geringen Evidenzniveaus (Laborforschung, Expertenmeinung) ausgeschlossen. Von 198 relevanten Publikationen wurden 8 Arbeiten wegen zu kleiner Fallzahlen ($n < 5$) ausgeschlossen. Weitere 98 Arbeiten konnten wegen nicht auswertbarer oder unzureichender Ergebnisse nicht berücksichtigt werden. Somit konnten 92 Arbeiten für die systematische Übersichtsarbeit zur Skaphoidpseudarthrose verwertet werden (Abbildung 1).

Abbildung 1: Anzahl der durch den Review-Prozeß identifizierten und evaluierten Arbeiten.
Modifizierter Quorum-Flow-Chart in Anlehnung an Moher et al. (1999) [73]



4.2. Methodologische Qualität und Evidenz-Niveau

Unter den 92 berücksichtigten Publikationen fand sich nur eine randomisierte kontrollierte Studie (RCT – Randomized Controlled Trial) und keine kontrollierte klinische Studie (CCT – Controlled Clinical Trial). Deshalb war eine Datenauswertung im Sinne einer Meta-Analyse nicht möglich.

Die Beurteilung des Evidenzniveaus der ausgewerteten Studien erfolgte nach dem Schema des Centre for Evidence-based Medicine in Oxford (Tabelle 3). Dabei zeigte sich, daß das Evidenzniveau der 92 Publikationen grundsätzlich als niedrig beurteilt werden mußte (Tabelle 8). Es wurde ein RCT (Evidenz Level 1b), 81 Fallserien (Evidenz-Level 4) und lediglich 10 Kohortenstudien identifiziert.

Von 10 Kohortenstudien konnten keine dem Evidenz-Level 2b zugeordnet werden. Aufgrund methodologischer Mängel und unvollständiger Daten wurden diese 10

Studien dem Evidenz-Level 4 zugeordnet.

Wegen des Fehlens randomisierter und kontrollierter Studien und des Mangels an aussagefähigen Kohortenstudien wurde es als erforderlich erachtet auch die Ergebnisse von Fallserien in die Datenanalyse einzubeziehen. Deshalb wurden zusätzlich die 81 identifizierten Fallserien detailliert ausgewertet.

Tabelle 8: Übersicht zum Evidenzgrad [80] der gefundenen Literatur (92 ausgewertete Studien)

Studientyp	Evidenz-Level	Studien-Anzahl
RCT	1b	1
prospektive Kohortenstudien	2b	0
retrospektive Kohortenstudien	2b	0
retrospektive Kohortenstudien niedriger Qualität	4	10
Fallserien	4	81

4.3. Einteilung der Studien

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen, Therapieoptionen und Heilungschancen wurde eine Einteilung der Skaphoidpseudarthrosen wie folgt vorgenommen:

- Pseudarthrosen des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose
- Pseudarthrosen des proximalen Drittels ohne Arthrose
- Pseudarthrosen mit Arthrose

Bei der Pseudarthrose im mittleren und distalen Drittel werden rekonstruktive Operationen angewandt, die im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen sehr gute postoperative klinische Ergebnisse und Konsolidierungsraten aufweisen. Bei Pseudarthrosen im proximalen Drittel ist die Ausgangslage schwieriger, jedoch unterscheiden sich die therapeutischen Optionen kaum. Die Heilungsrate ist allerdings schlechter.

Davon zu unterscheiden sind Skaphoidpseudarthrosen mit bereits bestehender Arthrose. In diesem Fall kommen meist nur noch so genannte Rettungsoperationen mit dem Ziel der Schmerzlinderung und des Bewegungserhaltes zum Einsatz. Eine

Wiederherstellung des Handgelenkes ist jedoch nicht mehr möglich.

In den meisten Studien wurden Pseudarthrosen des mittleren Drittels untersucht. Es kamen mit 9 Publikationen nur wenige Arbeiten zur proximalen Skaphoidpseudarthrose zur Auswertung.

Tabelle 9: Übersicht über die Einteilung der Studien

Art der Schädigung	Studien- Anzahl
Pseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose	68
Pseudarthrose des proximalen Drittels ohne Arthrose	9
Pseudarthrose mit Arthrose	14

4.4. Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose

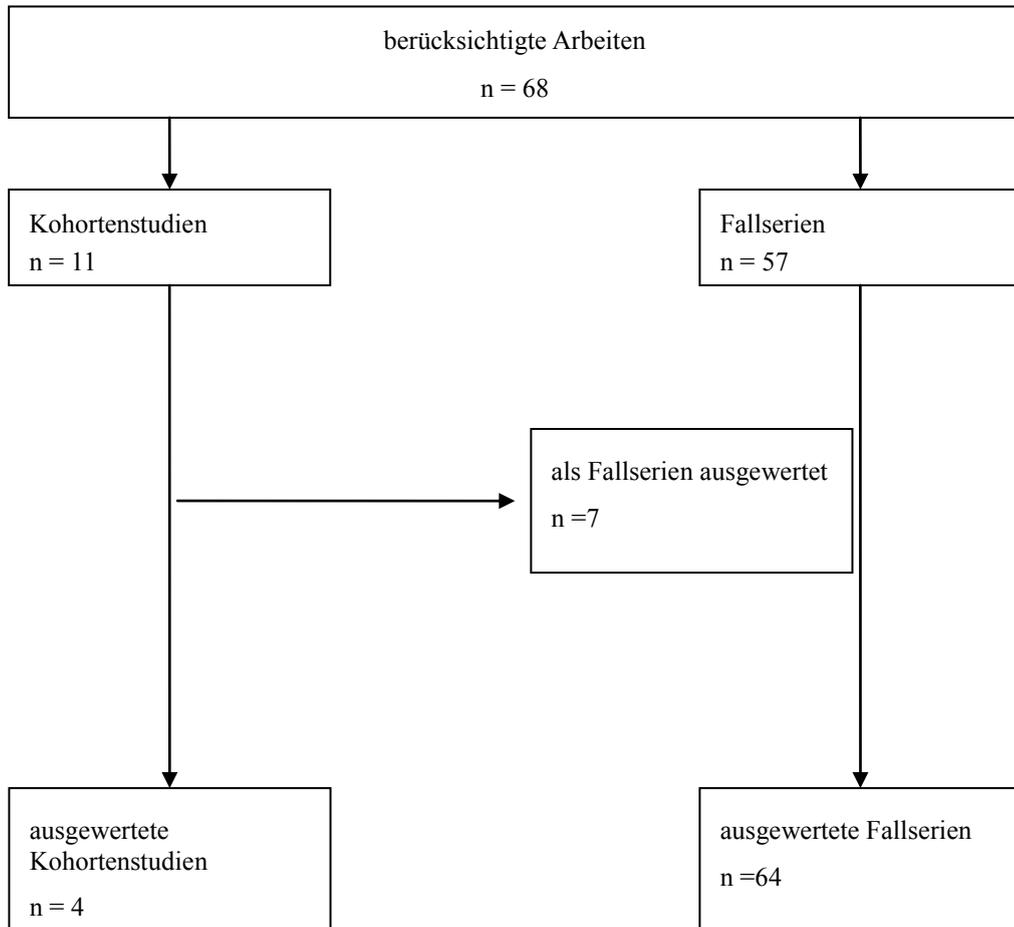
Es wurden 68 Studien zu Therapieverfahren bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose ausgewertet. Überwiegend handelte es sich um Fallserien (57 Studien) und nur in 11 Fällen um Kohortenstudien.

Sieben Kohortenstudien verglichen ein Therapieverfahren bei unterschiedlichen Diagnosen, von denen nur eine einer Skaphoidpseudarthrose entsprach. Die Ergebnisse waren zwischen diesen Diagnose-Kohorten trennbar. Aus diesem Grund wurde nur der Arm der Studie ausgewertet, in dem Patienten mit Skaphoidpseudarthrose eingeschlossen worden waren. Diese sieben Studien gingen entsprechend als Fallserien in die Auswertung ein.

Von den dann verbleibenden 4 retrospektiven Kohortenstudien mussten alle einem Evidenz-Grad 4 zugeordnet werden. Keine der retrospektiven Kohortenstudien konnte mit einem Evidenz-Level 2b als höherwertig eingestuft werden.

Entsprechend kamen schließlich 4 vergleichende Studien (Kohortenstudien) und 64 Fallserien zur Auswertung (Abbildung 2).

Abbildung 2: Anzahl und Auswertung der Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose



4.4.1. Vergleichende Studien

4.4.1.1. Herbert Schraube oder AO-Schraube ohne Knochenverpflanzung

Trumble et al. [107] verglichen 1996 die Ergebnisse der Osteosynthese durch Herbert-Schraube und der kanülierten AO-Schraube (Tabelle 11). Die beiden Kohorten unterschieden sich kaum hinsichtlich der Patientenzahl (16 Patienten in der Gruppe der Herbert Schraube und 18 Patienten in der Referenzgruppe mit der AO-Schraube), dem Alter der Patienten und der Zeitspanne zwischen ursächlichem Unfall und Behandlung der Pseudarthrose (14 bzw. 13 Monate). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei den Patienten mit Herbert Schraube bei 69 Monaten bzw. bei der AO-Schraube bei 29 Monaten. Klinische und radiologische Untersuchungen zeigten, dass der Schweregrad der Skaphoiddeformität in beiden Gruppen gleich stark ausgeprägt war.

Die postoperative Griffstärke im Vergleich zur Gegenseite betrug in der AO-Gruppe

77% während die Herbert Gruppe einen durchschnittlichen Wert von 68% aufwies. Ähnlich verhielt es sich mit der postoperativen Beweglichkeit. Auch hier konnte in der AO-Gruppe ein etwas besseres Ergebnis erzielt werden (83% vs. 77% im Vergleich mit der Gegenseite). Die Dauer der knöchernen Konsolidierung betrug in der Herbert-Gruppe 18 Wochen, während die Fusionsrate in der AO-Gruppe mit 34 Wochen angegeben wurde. Hier ist ersichtlich, dass zwischen der knöchernen Heilung und der postoperativen Griffstärke ein Zusammenhang besteht: eine kürzere Konsolidierungszeit war mit einer größeren postoperativen Griffstärke und einem größeren Bewegungsausmaß assoziiert.

Die vorliegende Studie legt insgesamt ihren Schwerpunkt auf die Auswertung der postoperativen Verbesserung des SLA (scapholunate angle) bzw. RLA (radiolunate angle), welche beide für diese systematische Übersichtsarbeit nicht relevant waren. Abschließend ist zu sagen, dass die Heilungsrate unabhängig vom Schraubentyp signifikant kürzer war, wenn die Schraube zentral im ersten Drittel des Skaphoids platziert wurde. Dies erfolgte bei 17 von 18 kannülierten AO-Schrauben und bei 7 von 16 Herbert Schrauben.

4.4.1.2. Matti-Russe-Technik mit Knochenverpflanzung oder Herbert Schraube ohne Knochenverpflanzung

Parkinson et al. [77] berichteten 1989 über die Nachuntersuchungsergebnisse (Tabelle 12) von 19 Patienten nach Matti-Russe-Plastik mit Knochenverpflanzung und 16 Patienten nach Herbert Schraube ohne Knochenverpflanzung. Der durchschnittliche Zeitraum bis zur Behandlung betrug bei beiden Gruppen 10 Monate.

Es bestand kein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Bewegungsausmaßes zwischen den beiden Gruppen. Die Dorsalflexion war durchschnittlich um 25 Grad herabgesetzt und die Palmarflexion im Schnitt um 20 Grad.

Die knöchernen Konsolidierungsrate zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren. Tendenziell fand sich nach der Herbert-Schraube eine bessere knöchernen Heilungsrate (74% vs. 71%).

4.4.1.3. Knochentransplantat und Schraube oder präzise Knochentransplantation ohne Osteosynthese

Maruthainar et al. [70] führten bei Patienten mit Skaphoidpseudarthrose eine Knochentransplantation kombiniert mit einer Schraube durch und verglichen die Ergebnisse mit einer Patientengruppe, die sich einer so genannten präzisen Knochentransplantation ohne Osteosynthese unterzogen. Die Fallzahlen (20 Patienten) in den Gruppen und der mittlere Nachuntersuchungszeitraum unterschieden sich nicht. Die durchschnittliche Zeitspanne vom ursächlichen Unfall bis zur Behandlung lag zwischen 17 Monaten bei der Kohorte mit Schraube bzw. 26 Monate bei der Gruppe, die keine Osteosynthese erhielt.

Mit einer Fusionsrate von 80% bei einem Knochentransplantat ohne Verwendung einer Schraube lag diese deutlich höher als bei der Vergleichsgruppe. Hier betrug sie 60%. Der Zeitraum bis zur knöchernen Konsolidierung betrug 6 Monate in der Gruppe, die ein Knochentransplantat und eine Schraube erhielt bzw. 8 Monate in der Gruppe, die mit einer präzisen Knochentransplantation therapiert wurde.

Weiterhin wurde von den Autoren festgestellt, dass zwischen der Zeit vom Trauma bis zur Therapie und der Fusionsrate keine Korrelation bestand: trotz länger bestehender Pseudarthrose erreichte das Kollektiv, welches eine präzise Knochentransplantation erhielt eine bessere Heilungsrate (Tabelle 13).

4.4.1.4. Verschiedene Schraubentypen bzw. Drähte und Knochentransplantat

Komurcu et al. [56] untersuchten anhand von vier Kohorten mit Fallzahlen zwischen 5 und 19 Patienten die Ergebnisse nach Einsatz verschiedener Schrauben bzw. Drähte in Kombination mit einem Knochentransplantat. Die vier Kohorten wiesen für Alter und Dauer der bestehenden Diagnose keine signifikanten Unterschiede auf. Beweglichkeit und Grobkraft waren nach AO-Schraube bzw. Herbert-Schraube geringfügig besser. Die Anzahl der Patienten mit postoperativer Schmerzfreiheit zeigten keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Über postoperative Ruheschmerzen klagten 10% der Patienten, die mit zwei Kirschnerdrähten versorgt wurden.

Die bessere knöcherne Durchbauung sprach für den Einsatz von Schrauben kombiniert mit Knochentransplantat verglichen mit Kirschnerdrähten und einem Knochentransplantat bzw. Kirschnerdrähten und einem gestielten Knochentransplantat (Tabelle 14).

4.4.1.5. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen

Die vorliegenden vergleichenden Studien können die Überlegenheit eines Therapieverfahrens bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose nicht belegen. Die Outcome Parameter waren insgesamt sehr dürftig, daher können die Studien nur bedingt als aussagekräftig angesehen werden.

- Die AO Schraube allein ohne Knochenverpflanzung führte zu etwas besseren klinischen Ergebnissen, allerdings mit einer längeren Dauer bis zur knöchernen Fusion.
- Die Matti-Russe-Technik mit Knochenverpflanzung und die Herbert Schraube ohne Knochenverpflanzung führten zu nahezu identischen klinischen Ergebnissen.
- Die präzise Knochentransplantation ohne Osteosynthese führte zu einer deutlich höheren Fusionsrate als eine Knochentransplantation und Schraubenosteosynthese.
- Der Einsatz von Schrauben kombiniert mit einem Knochentransplantat wies eine bessere knöcherne Konsolidierung auf, verglichen mit dem Einsatz von Kirschnerdrähten kombiniert mit einem Knochentransplantat.

Es stellte sich kein Verfahren als überlegen dar. Aus diesem Grund und wegen des niedrigen Evidenzniveaus der dargestellten Studien ist die Ableitung von Therapieempfehlungen nicht möglich.

4.4.2. Fallserien

4.4.2.1. Schraubenosteosynthese ohne Knochenverpflanzung

Es wurden fünf Studien ausgewertet, in denen bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose die alleinige Schraubenosteosynthese ohne Knochenverpflanzung als Therapieverfahren angewendet wurde. In den fünf Fallserien betrug die Nachuntersuchungsquote zwischen 87% und 100%, der mittlere Nachuntersuchungszeitraum schwankte zwischen 13 Monaten und 82 Monaten. Das mittlere Alter der Patienten lag zwischen 22 und 29 Jahren.

Die höchste Fusionsrate und die höchste Anzahl an Patienten mit postoperativer Schmerzfreiheit erreichte Slade et al. [99] (jeweils 100%). Die restlichen Arbeiten berichteten über deutlich geringere Fusionsraten. Diese lagen zwischen 64% bei

Radford et al [82] und 100% bei Slade.

Adams et al [1] konnte die besten klinischen Ergebnisse erzielen. Zum einen erreichte er ein postoperatives Bewegungsausmaß von 123 Grad (im Vergleich Slade: 110 Grad), zum anderen erreichte er eine Griffstärke von 78%.

Es lagen nur uneinheitliche Resultate zu wenigen Outcome-Parametern vor (Tabelle 15).

4.4.2.2. Kirschnerdrahtosteosynthese ohne Knochenverpflanzung

Bahri et al. [9] konnten 66 Patienten nach perkutaner Osteosynthese mit Bohrdrähten (Kirschnerdrähten) bei bestehender Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels nachuntersuchen. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei 48 Monaten. Die postoperative Beweglichkeit (Extension/Flexion) betrug 120 Grad, die Fusionsrate wurde mit 89% angegeben. Angaben zur Griffstärke oder zur postoperativen Schmerzbewertung der Patienten wurden nicht gemacht (Tabelle 16).

4.4.2.3. Keilförmiges kortikospongiöses Knochentransplantat ohne Osteosynthese

Es wurden vier Fallserien zum Therapieverfahren des keilförmigen kortikospongiösen Knochentransplantats bei Skaphoidpseudarthrose ausgewertet. Der Zeitraum zwischen ursächlichem Unfall und Behandlung der Pseudarthrose schwankte zwischen 13 Monaten und 35 Monaten.

Alle Publikationen wurden zwischen 1995 und 2005 durchgeführt und wiesen eine Fallzahl zwischen 33 und 58 Patienten auf. In allen vier Arbeiten wurden 100% der Patienten nachuntersucht. Der Nachuntersuchungszeitraum lag im Mittel zwischen 42 Monaten und 106 Monaten. Die knöchernerne Konsolidierung lag zwischen 72% (Chantelot et al. [17]) und 95% (Carpentier et al. [16] und Egli et al. [32]).

Trotz der hohen Fusionsrate gab Egli jedoch nur bei 50% seiner Patienten postoperativ eine Schmerzfreiheit an.

Das postoperative Bewegungsausmaß lag bei allen Arbeiten rund bei 110 Grad, während die Griffstärke Werte zwischen 80% und 97% im Vergleich mit der gesunden Gegenseite aufwies (Tabelle 17).

4.4.2.4. Knochentransplantat und Drahtosteosynthese

Es wurden sieben Arbeiten ausgewertet, die sich der Therapie der

Skaphoidpseudarthrose mittels Drahtosteosynthese und Knochentransplantat widmeten.

Die Publikationen wurden in der Zeit von 1987 bis 2003 bei einer Nachuntersuchungsquote von 70 bis 100% publiziert. Die Fallzahl lag zwischen 11 und 43 Patienten, das Durchschnittsalter lag bei 22 bis 36 Jahren. Bei allen fünf Fallserien konnte eine Zeitspanne zwischen Unfall und Behandlung ermittelt werden, die zwischen 10 und 62 Monaten lag.

Das mittlere postoperative Bewegungsausmaß wurde in drei Arbeiten angegeben und schwankte zwischen 86 und 132 Grad, die postoperative Griffstärke wurde zweimal mit über 80% angegeben, Takami et al. [105] berichtete sogar über 99% im Vergleich zur gesunden Gegenseite. Angaben zur postoperativen Schmerzreduktion fehlen in dieser Studie allerdings. Lediglich Peltó-Vasenius et al. [78] gaben 1995 bei 57% seiner Patienten eine postoperative Schmerzfreiheit an, Akmaz et al. [3] und Kawai et al. [54] gaben 2003 und 1988 die höchsten Fusionsrate von 100% an, während Akmaz bei 58% seiner Patienten immerhin noch einen Ruheschmerz vermerkt.

Insgesamt lagen die Ergebnisse der Konsolidierung bei 64% bis 100% (Tabelle 18).

4.4.2.5. Spongiosaplastik und Schraubenosteosynthese

Es wurden 18 Arbeiten ausgewertet, die zwischen 1987 und 2005 durchgeführt wurden. Die Nachuntersuchungsquote lag zwischen 65% und 100%, das mittlere Alter der Patienten zwischen 20 und 30 Jahren. Im Schnitt lag die Zeitspanne zwischen ursächlichem Unfall und Behandlung zwischen 10 Monaten und 51 Monaten.

Bei der Behandlung der Skaphoidpseudarthrose mittels Schraube und Knochentransplantat konnten Fusionsraten erreicht werden, die zwischen 53% (Robbins et al 1995 [86]) und 100% (Nakamura et al 1987 [75]) lagen. Die Fusionsraten der restlichen Arbeiten betrugen zwischen 80% und 90%.

Die Griffstärke der geschädigten Hand wurde zum Großteil zu 90% im Vergleich zur gesunden Gegenseite erreicht. Richards et al. [84] erzielte 1991 98% im Vergleich zur Gegenseite. Das mittlere Bewegungsausmaß wies hingegen eine große Spannbreite auf: Cooney et al. [22] berichteten über 97 Grad postoperativ, während Richards einen Mittelwert von 150 Grad verzeichneten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei dieser Therapieform große

Schwankungen bezüglich der Ergebnisse festgestellt werden konnten. Dies betraf zum einen die klinischen Resultate, zum anderen aber auch die Heilungsrate (siehe oben). Die Arbeiten von Martini et al. [68] und Sukul et al. [104] wiesen außer der prozentualen Rate an knöchernen Konsolidierungen keine weiteren Outcome Kriterien auf (Tabelle 19).

Eine Korrelation der Fusionsrate mit der postoperativen Schmerzreduktion lag nicht vor, da selbst bei Fusionsraten um 90% im Schnitt nur bei 60% der Patienten komplette Schmerzfreiheit erreicht werden konnte.

4.4.2.6. Spaninterposition und Schraubenosteosynthese

Zwei Arbeiten verglichen die Ergebnisse nach keilförmigem Knochentransplantat und dem Einsetzen einer Schraube bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose. Beide Fallserien erzielten eine Fusionsrate von 100% bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 19 bzw. 23 Monaten. Die postoperative ROM im Vergleich zur Gegenseite wies bei den beiden Arbeiten keinen signifikanten Unterschied auf (89% bzw. 92%). Weder del Pindal et al. [27] noch Tsuyuguchi et al. [108] gingen auf die postoperative Schmerzsituation der Patienten ein (Tabelle 20).

4.4.2.7. Matti-Russe-Technik

Es wurden neun Studien zum Therapieverfahren der Matti-Russe-Technik bei Skaphoidpseudarthrose ausgewertet. Alle Arbeiten wurden zwischen 1985 und 2004 durchgeführt und wiesen Nachuntersuchungsquoten zwischen 63% und 100% auf.

Die Zeit vom ursächlichen Unfall bis zur Behandlung betrug im Schnitt zwischen 15 und 25 Monaten, das mittlere Patientenalter lag zwischen 23 und 54 Jahren. Die Fusionsrate wurde bei nahezu allen Studien angegeben und schwankte zwischen 61% bei Warren-Smith et al. [111] und 86% bei Kukla et al. [62]. Eine Fusionsrate von 100% wurde in keiner der Arbeiten erreicht.

Trotz einer hohen Fusionsrate berichtete Kukla bei rund einem Drittel seiner Patienten von einem postoperativen Belastungsschmerz. Die höchste Schmerzreduktion erreichte Gröner et al. [41] mit 68%.

Die postoperative Griffstärke wird lediglich in drei Arbeiten angegeben und liegt zwischen 75% bei Stark et al. [101] und 96% bei Green et al. [39] im Vergleich mit der gesunden Gegenseite (Tabelle 21).

4.4.2.8. Gefäßgestielter Knochenspan ohne Osteosynthese

Es wurden 13 Arbeiten ausgewertet, die ein gefäßgestieltes Knochentransplantat bei Skaphoidpseudarthrose als Therapieverfahren anwendeten. Zwölf Arbeiten berichteten über eine Nachuntersuchungsquote von 100%, lediglich Dailiana et al. [25] erreichte 2004 nur 32% und Sauerbier et al. [92] 43%.

Das mittlere Alter der Patienten lag zwischen 23 und 33 Jahren, die Zeitspanne vom ursächlichen Unfall bis zur Behandlung lag zwischen 8 und 48 Monaten. Die Häufigkeit von Vor-Operationen lag für die einzelnen Studien zwischen 6% und 80%. In 39% der Arbeiten fanden sich keine Angaben über erfolgte Voroperationen und in 23% der Studien waren die Patienten nicht voroperiert.

Bei acht Studien konnte eine Fusionsrate von 100% erzielt werden, Bertelli et al. [10] gab mit 88% die niedrigste Rate an knöchernen Konsolidierungen an.

Trotz dieser hohen Konsolidierungsraten konnte postoperativ keine komplette Schmerzfreiheit erreicht werden. Sauerbier gab bei nur 13% seiner Patienten Schmerzfreiheit an. Ebenfalls erreichte keine der Arbeiten eine Griffstärke, die der gesunden Gegenseite entsprach. Das beste Ergebnis erzielte Zaidenberg et al. [117] mit 95% im Vergleich mit der gesunden Hand.

Das postoperative Bewegungsausmaß schwankte zwischen 80 Grad bei Harpf et al. [42] und 170 Grad bei Uerpaiojkit [109] et al..

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei der Therapie der Skaphoidpseudarthrose mit gefäßgestieltem Knochentransplantat hinsichtlich der Fusionsrate sehr gute Ergebnisse erreicht wurden (Tabelle 22).

4.4.2.9. Ender-Platte mit Knochenverpflanzung

Huene et al. [49] untersuchten 1991 den Einsatz der Ender-Platte bei 20 Patienten zwischen 16 und 48 Jahren (Durchschnittsalter 32 Jahre). Die Patienten wurden nach einem Zeitintervall zwischen 12 und 36 Monaten nachuntersucht. Die Follow-up Rate lag bei 100%.

Bei einer knöchernen Konsolidierung von 95% waren über die Hälfte der Patienten postoperativ schmerzfrei (Tabelle 23). Über das postoperative Bewegungsausmaß lagen keine Angaben vor.

4.4.2.10. Schraubenosteosynthese und Styloidektomie

Brostrom et al. [15] untersuchte im Jahr 1986 17 Patienten zwischen 19 und 65 Jahren, die sich bei bestehender Skaphoidpseudarthrose einer Styloidektomie mit einer Schraube zur Stabilisierung des Kahnbeins unterzogen.

Nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 192 Monaten, konnte bei 35% der Patienten eine Schmerzfreiheit bei einer Konsolidierungsrate von 65% festgestellt werden. Das postoperative Flexions-/Extensionsausmaß betrug 70% verglichen mit der Gegenseite (Tabelle 24).

4.4.2.11. Konservative Behandlung

Drei Arbeiten wurden ausgewertet, die unterschiedliche konservative Behandlungsmöglichkeiten bei der Skaphoidpseudarthrose anwendeten (elektrische Stimulation und Gips, elektrische Stimulation allein und Ultraschall). Die drei Studien wiesen für das Alter der Patienten und den Nachuntersuchungszeitraum keine relevanten Unterschiede auf.

Die beiden Fallserien von Adams et al. [2] bzw. Bora et al. [13] erreichten Fusionsraten von 69% bzw. 71%, während Ricardo et al. [83] in seiner Doppelblindstudie 100% erzielte. Seine Patienten wiesen auch eine bessere Beweglichkeit gegenüber Bora auf (93 Grad vs. 70 Grad). Die Griffstärke zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen die mit elektrischer Stimulation behandelt wurden.

Keine der Arbeiten machte Angaben zur Schmerzbewertung der Patienten (Tabelle 25).

4.4.2.12. Fallserien: Schlussfolgerungen

Auch bei den vorliegenden Fallserien kann die Überlegenheit eines Therapieverfahrens bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose nicht belegt werden. Es können lediglich die Ergebnisse der analysierten Fallserien zusammengefasst werden (s. Tabelle 26).

- Bei der Therapie der Skaphoidpseudarthrose mit Hilfe der Knochentransplantation und Osteosynthese (Schraube) können große Schwankungen hinsichtlich der klinischen Resultate und der knöchernen Konsolidierung festgestellt werden. Eine Korrelation zwischen Fusionsrate und postoperativer Schmerzreduktion lag hier nicht vor.

Ergebnisse

- Keine der Studien, die die Matti-Russe-Technik als Therapie anwendeten, konnte eine Heilungsrate von 100% erreichen.
- 8 von 13 Studien, die einen gefäßgestielten Knochenspan einsetzten berichteten über sehr gute Ergebnisse hinsichtlich der Fusionsrate (100%).

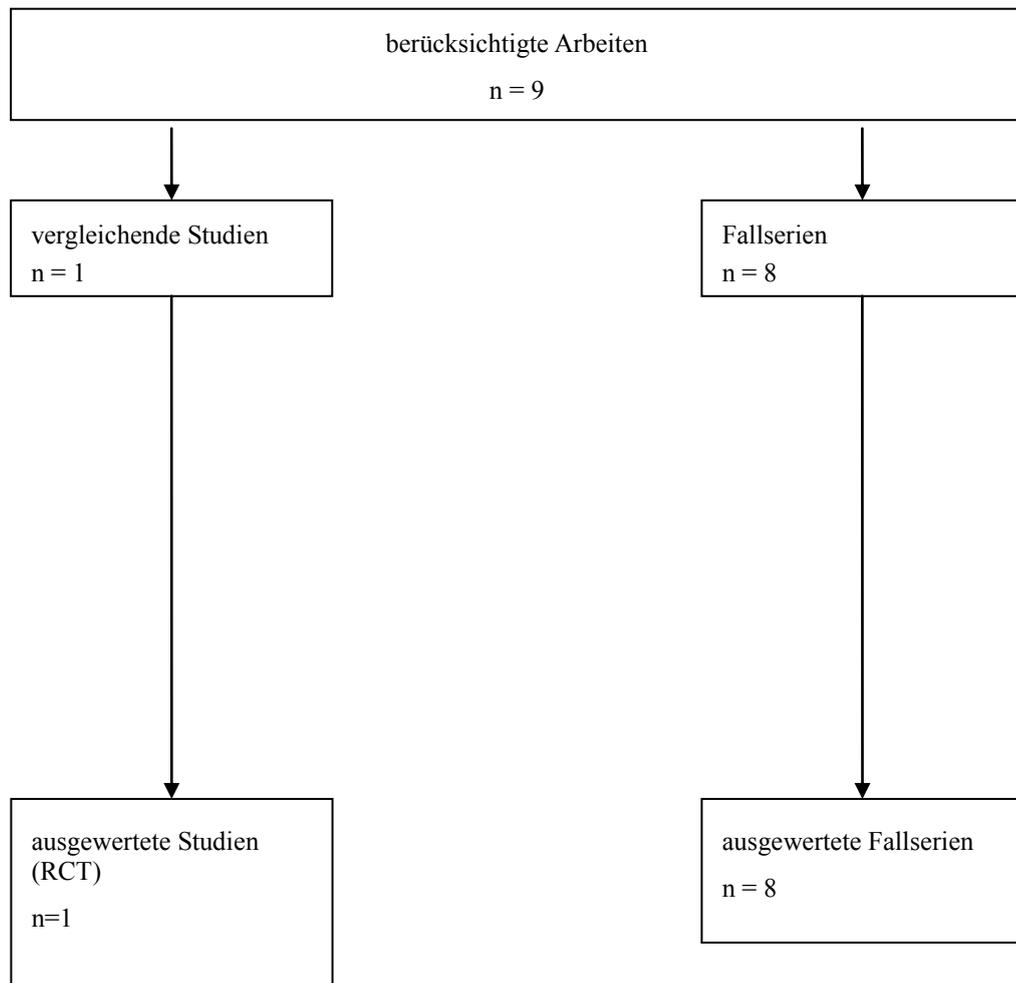
Ähnlich wie bei den vergleichenden Studien, stellte sich auch hier kein Verfahren als überlegen dar, aus diesem Grund können ebenfalls keine Handlungsempfehlungen ausgesprochen werden. Allerdings führte der Einsatz von gefäßgestielten Spänen tendenziell zu den besten Ergebnissen.

4.5. Skaphoidpseudarthrose des proximalen Drittels ohne Arthrose

Es wurden 9 Studien zu Therapieverfahren bei Skaphoidpseudarthrose des proximalen Drittels ohne Arthrose ausgewertet. Überwiegend handelte es sich um Fallserien (8 Studien) und nur in einem Fall um eine randomisierte, kontrollierte Studie (RCT). Der RCT verglich den Einsatz von autologem bzw. allogenen Knochenspan mit oder ohne osteogenic protein 1.

Die verbleibenden 8 Fallserien verglichen verschiedene Therapieverfahren, die bei der proximalen Skaphoidpseudarthrose zur Anwendung kommen können. Hier konnten drei Arbeiten zusammengefasst werden. Diese Fallserien untersuchten den Einsatz von einer Schraube kombiniert mit einem Knochentransplantat. Die weiteren fünf Studien müssen aufgrund der Diversität der Verfahren separat betrachtet und können bezüglich ihrer Ergebnisse nicht direkt verglichen werden (Abbildung 3).

Abbildung 3: Anzahl und Auswertung der Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose des proximalen Drittels ohne Arthrose



4.5.1. Vergleichende Studien

4.5.1.1. Autologer Knochenspan allein oder autologer Knochenspan plus OP-1 oder allogener Knochenspan plus OP-1

Es wurde ein RCT ausgewertet, bei dem autologer bzw. allogener Knochenspan aus dem Beckenkamm entnommen wurde und entweder mit oder ohne OP-1 (osteogenic protein 1) als Therapieverfahren bei der proximalen Skaphoidpseudarthrose angewendet wurde. In der vorliegenden Studie fanden sich keine Angaben zu Art des Randomisierungsverfahrens.

Bilic et al. [11] bildeten drei vergleichbare Kollektive bezüglich Anzahl, Alter und Dauer der bestehenden Pseudarthrose bei den Patienten. Aufgrund der sehr kleinen

Fallzahlen pro Gruppe ist keine statistische Analyse möglich (n=6: autologer Knochenspan, n=6: autologer Knochenspan mit OP-1, n=5: allogener Knochenspan mit OP-1).

Nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 24 Monaten betrug die postoperative Ulnar-/Radialdeviation bei dem Patientenkollektiv mit autologem Knochenspan 10 Grad weniger im Vergleich zu den beiden Gruppen, die entweder autologen bzw. allogenen Knochenspan mit OP-1 erhielten (82 Grad vs. 92 Grad). Für die Extension/Flexion war der Bewegungsumfang nach OP-1-Anwendung ebenfalls besser (144 Grad bzw. 147 Grad vs. 137 Grad).

Der postoperative Belastungsschmerz trat bei der Gruppe mit autologem Knochenspan ohne OP-1 bei 100% der Patienten auf, während in den Vergleichsgruppen mit OP-1 bzw. mit allogenen Knochenspan und Op-1 keiner der Patienten bzw. nur 50% der Patienten Belastungsschmerzen angaben. Angaben zur Konsolidierungsrate wurden nicht gemacht (Tabelle 27).

4.5.1.2. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen

Aus der vorliegenden vergleichenden Studie zum Therapieverfahren bei proximaler Pseudarthrose ohne Arthrose kann gefolgert werden, dass die zusätzliche Anwendung von OP-1 bei Beckenkammspan-Interposition zwar zu geringfügig besseren klinischen Ergebnissen und geringeren Schmerzen führte. Jedoch sind wegen zu geringer Fallzahlen keine therapeutischen Schlussfolgerungen möglich.

4.5.2. Fallserien

4.5.2.1. Schraube und Knochentransplantat

Es wurden drei Fallserien zum Therapieverfahren der Knochenverpflanzung mit Osteosynthese bei proximaler Skaphoidpseudarthrose ausgewertet. Die Anzahl der Patienten lag zwischen 12 und 16 bei De Maggdd et al [29] und Inoue [51] und 75 bei Wilhelm et al. [115]

Die klinischen Resultate zeigten bei den Arbeiten von De Maggdd und Inoue et al. [52] sehr ähnliche Angaben hinsichtlich des Bewegungsumfangs (117 Grad bzw. 113 Grad) und der Griffstärke im Vergleich zur Gegenseite (84% bzw. 90%).

Inoue konnte bei 63% der Patienten eine postoperative Schmerzfreiheit erreichen, während Wilhelm im Vergleich 38% erzielte.

Die Fusionsrate lag bei De Maggdd etwas höher als bei Inoue (91% vs. 81%). Bei Wilhelm fanden sich keine Angaben zur Fusionsrate (Tabelle 28).

4.5.2.2. Andere Verfahren

Es wurden fünf weitere Studien zum Therapieverfahren bei proximaler Skaphoidpseudarthrose ausgewertet. Zur Anwendung kamen die Herbert Schraube, die Matti-Russe-Plastik ohne Osteosynthese, ein vaskularisiertes Knochentransplantat allein, ein vaskularisiertes Knochentransplantat kombiniert mit einer Schraube und ein Silikonersatz.

Die Nachuntersuchungsquote betrug zwischen 94% und 100% und der Nachuntersuchungszeitraum schwankte zwischen 26 Monaten und 78 Monaten. Alle Patienten wiesen eine Pseudarthrose im proximalen Drittel auf, die zwischen 13 und 97 Monaten nach dem ursächlichen Unfall behandelt wurde.

Die Fusionsrate variierte zwischen 49% nach alleiniger Schraubenosteosynthese (Herbert und Fisher, 1999 [45]) bis 85% nach vaskularisiertem Knochentransplantat und Schraube (Kirkeby et al., 2006 [55]). In den meisten Studien wurden durch Knochentransplantationen Fusionsraten über 80% erzielt.

Bezüglich klinischer Ergebnisse fanden sich lediglich in zwei Arbeiten Angaben zum Bewegungsausmaß (96 Grad bei Gabl et al. [36] bzw. 117 Grad bei Sauerbier et al. [93]). Die postoperative Griffstärke wird lediglich bei Sauerbier mit 88% im Vergleich zur gesunden Gegenseite beschrieben.

Das dritte beschriebene Outcome Kriterium war die postoperative Schmerzfreiheit. In keiner Studie konnte bei allen Patienten Schmerzfreiheit erzielt werden. Offensichtlich bestand keine Korrelation zwischen der Fusionsrate und den Schmerzen, da trotz guter radiologischer Ausheilung beispielsweise Sauerbier nur bei 13% seiner Patienten Schmerzfreiheit verzeichneten, während Herbert et al. [45] mittels alleiniger Osteosynthese einen Wert von 85% erreichte (siehe Tabelle 29).

4.5.2.3. Fallserien: Schlussfolgerungen

Die ausgewerteten Fallserien lassen therapeutische Empfehlungen nicht zu. Es können wiederum nur die Ergebnisse zusammenfassend beschrieben werden. Insgesamt sind die klinischen Resultate etwas schlechter im Vergleich zu den Ergebnissen bei Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels.

- Nach Knochentransplantation mit Osteosynthese werden nahezu die gleichen

Ergebnisse

Ergebnisse hinsichtlich der Griffstärke im Vergleich zur gesunden Hand erzielt wie bei dem Einsatz eines allogenen bzw. autologen Knochenspanns mit OP-1, allerdings bei wesentlich schlechterem Bewegungsausmaß

- Keine der Arbeiten berichtet über eine Heilungsrate von 100%

4.6. Skaphoidpseudarthrose mit Arthrose

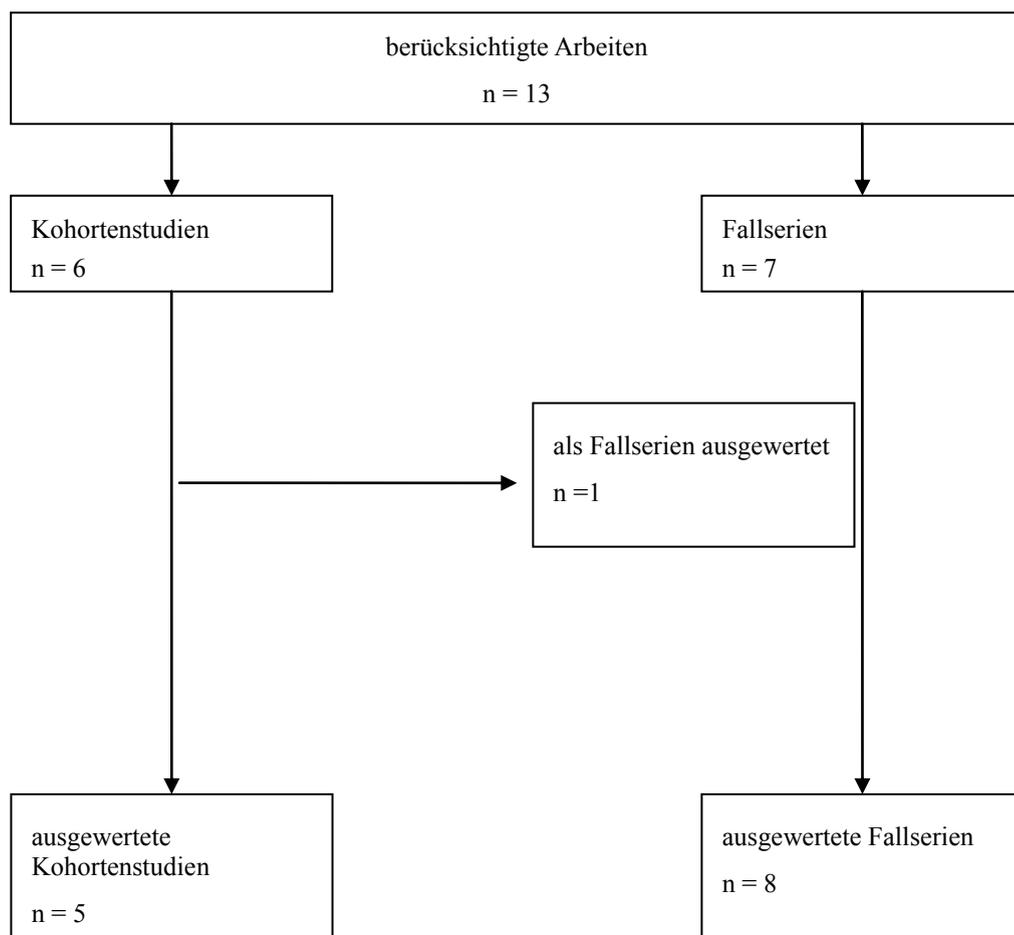
In nahezu allen Studien waren sowohl Patienten mit einer Arthrose als Folge einer Skaphoidpseudarthrose, als auch Patienten mit einer Arthrose als Folge einer skapholunären Bandschädigung eingeschlossen worden. Sowohl beim Scaphoid Nonunion Advanced Collapse (SNAC) als auch beim Scapholunate Advanced Collapse (SLAC) läuft die Arthrose gleichförmig in drei Stadien ab, die nacheinander den Bereich des Radiusstyloids, die gesamte radioskaphoidale Gelenkfläche und schließlich das mediokarpale Gelenk einbezieht. Deshalb wurden auch alle jene Studien ausgewertet, bei denen neben Patienten mit SNAC wrist auch solche mit SLAC wrist eingeschlossen waren.

Das Evidenzniveau der vorliegenden Arbeiten war insgesamt sehr niedrig. Keine der sechs Kohortenstudien wies eine hohe Qualität auf (Evidenzlevel 2b).

Eine der Kohortenstudien verglich zwei unterschiedliche Therapieverfahren, wobei jeweils in einem Arm von der Skaphoidpseudarthrose abweichende Diagnosen eingeschlossen wurden. Dieser Arm wurde entsprechend von der weiteren Auswertung ausgeschlossen und nur der verbleibende Arm als Fallserie analysiert (s. Flowchart).

Entsprechend kamen fünf vergleichende Studien und acht Fallserien zur Auswertung.

Ergebnisse



4.6.1. Vergleichende Studien

4.6.1.1. Mediokarpale Teilarthrodese oder Totalarthrodese

Krimmer et al. [61] verglichen im Jahr 2000 die Ergebnisse nach mediokarpaler Teilarthrodese und totaler Handgelenksarthrodese. Es wurden Kohorten von 97 bzw. 41 Patienten nachuntersucht. In beiden Arbeiten wurden Patienten mit SLAC wrist und SNAC wrist untersucht, die zu mindestens 75% Arthrosen vom Stadium 3 aufwiesen.

Die klinischen Ergebnisse zeigten nach mediokarpaler Teilarthrodese eine deutliche Reduzierung der Handgelenksbeweglichkeit auf 44% im Vergleich mit der Gegenseite. Nach totaler Handgelenksarthrodese war die Grobkraft mit 72% gegenüber 65% nach mediokarpaler Teilarthrodese geringfügig erhöht.

Der DASH-Score (33 vs. 54 Punkte) und der Handgelenk-Score (70 vs. 52 Punkte) zeigten bessere Werte für die FCP (four corner fusion) im Vergleich zur

Totalarthrodese (Tabelle 30).

4.6.1.2. Four Corner Fusion durch Spider Plate oder konventionelle Technik

Vance et al. [110] verglichen 2005 zwei Kollektive mit SLAC und SNAC, die sich der Therapie der Four Corner Fusion unterzogen. Die Fixation erfolgte in einer Kohorte (27 Patienten) mittels einer Spider-Platte, in der anderen Kohorte (31 Patienten) mittels Kirschnerdrähten, der Herbert-Schraube und Stablern (Klammern).

Beide Gruppen erreichten eine Nachuntersuchungsrate von 100% bei einem durchschnittlichen Patientenalter von 40 Jahren (Tabelle 31).

Nach 14 Monaten im Durchschnitt konnte bei der Gruppe, die mit einer Platte versorgt wurde eine Beweglichkeit von 48% im Vergleich mit der Gegenseite erzielt werden. Ein ähnliches Resultat erreichte die Vergleichsgruppe, allerdings gaben hier zusätzlich 26% der Patienten eine postoperative Schmerzfreiheit bei einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 59 Monaten an. Der DASH score betrug 8 während dieser bei den Patienten, die mittels Platte versorgt wurden, mit einem Durchschnittswert von 27 angegeben wurde. Die Griffstärke im Vergleich mit der gesunden Hand unterschied sich in beiden Kohorten kaum (70% vs 79%).

4.6.1.3. Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC) oder Four Corner Fusion (FCF) / Mediokarpale Teilarthrodese

Drei Arbeiten [18, 66, 116] verglichen die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe mit der Four Corner Fusion (mediokarpale Teilarthrodese) bei SNAC bzw. SLAC wrist. Die Größe der Patientenkollektive schwankte pro Arm zwischen 11 und 23. Der Mittelwert des Patientenalters lag zwischen 46 Jahren und 58 Jahren (Tabelle 32).

Cohen erreichte bei seinen Patienten in beiden Gruppen vergleichbare Ergebnisse. Wyrick erzielte die höchste postoperative Restbeweglichkeit in beiden Gruppen, wobei die PRC - Gruppe mit 115 Grad deutlich überlegen war. Die Griffstärke lag bei diesen Patienten bei 94% im Vergleich zur Gegenseite, während die anderen Arbeiten über Werte unter 80% berichten. Eine postoperative Schmerzfreiheit konnte bei 82% der Patienten erreicht werden, das sind über 30% mehr als bei den anderen Arbeiten.

Der DASH score wurde lediglich bei Lukas angegeben und betrug 36 in der PRC-Gruppe bzw. 30 in der Gruppe, die eine mediokarpale Teilarthrodese erhielten.

4.6.1.4. Vergleichende Studien: Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Arbeit von Krimmer mit Einsatz der Totalarthrodese, die Fixation durch eine Platte von Vance und die Resektion der proximalen Handwurzelreihe in der Studie von Cohen fast identische Ergebnisse hinsichtlich der postoperativen Griffstärke im Vergleich mit der Gegenseite erzielten. Auch der DASH score lag in einem sehr ähnlichen Bereich (33 bei Krimmer und 27 bei Vance). Eine Angabe zur postoperativen Schmerzbelastung wurde allerdings nur in der Arbeit von Vance gemacht.

Bei Einsatz einer mediokarpalen Teilarthrodese gab Krimmer wiederum einen vergleichbaren Wert hinsichtlich der Griffstärke an, wie Lukas nach Resektion der proximalen Handwurzelreihe (65% bzw. 67%).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Vergleich PRC – FCF ähnliche Ergebnisse bezüglich klinischer Ergebnisse und Schmerzreduktion erreichte, allerdings zeigte Wyrick in seiner Arbeit, dass die PRC der FCR hinsichtlich des postoperativen Outcomes deutlich überlegen war.

4.6.2. Fallserien

4.6.2.1. Mediokarpale Teilarthrodese

Zwischen dem Jahr 2000 und 2006 untersuchten zwei Studien den Einsatz einer mediokarpalen Teilarthrodese bei bereits bestehender SNAC bzw. SLAC wrist. Sauerbier et al. [91] schlossen 31 bzw. Dacho et al. [24] 49 Patienten in die Studie ein.

Das Patientenalter lag im Durchschnitt zwischen 40 Jahren und 50 Jahren (Tabelle 33). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum schwankte zwischen 15 Monaten und 49 Monaten.

Sauerbier konnte bei 16% seiner Patienten eine komplette Schmerzfreiheit erzielen. Die postoperative Griffstärke der geschädigten Hand wurde bei beiden Arbeiten mit vergleichbaren Werten zwischen 60% und 70% angegeben. Die Handgelenksbeweglichkeit betrug bei Dacho und Sauerbier rund 60 Grad. Der DASH score wurde bei Dacho mit rund 30 bzw. bei Sauerbier mit 37 angegeben.

4.6.2.2. Skaphoid-Resektion ohne Interposition

Es wurden zwei Arbeiten zum Therapieverfahren der Skaphoid-Resektion bei

Skaphoidpseudarthrose mit zusätzlich bestehender Arthrose ausgewertet. Wegen der vorliegenden Arthrose kamen die Patienten nicht für eine Knochentransplantation infrage. Bei den Studien handelt es sich um Fallserien mit einer Nachuntersuchungsquote von 100%. Drac et al. [30] erreichte nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 10 Monaten deutlich bessere Ergebnisse hinsichtlich der postoperativen Beweglichkeit. Die Extension bzw. Flexion (ROM) betrug 155 Grad im Vergleich zu 92 Grad bei Malerich et al. [67] Die Griffstärke war bei Drac geringfügig mit 80% gegenüber 75% erhöht. Keiner der Patienten gab bei Drac postoperativ einen Ruheschmerz an (Tabelle 34).

4.6.2.3. Resektions-Interpositions-Arthroplastik

Ashcroft et al. [8] und Eaton et al. [31] konnten 7 bzw. 12 Patienten nach Sehneninterpositionsarthroplastik nachuntersuchen. Die Indikation für dieses Verfahren war bei den Patienten mit Skaphoidpseudarthrose entweder im proximalen oder mittleren oder distalen Fragment die aussichtslose Schmerzsituation und die fehlende Rekonstruktionsmöglichkeit des Kahnbeins aufgrund der bereits bestandenen degenerativen Veränderungen.

Die mittlere Zeitspanne von ursächlichem Unfall bis zur Behandlung der Skaphoidpseudarthrose betrug zwischen 108 und 138 Monaten. 29% der Patienten bei Ashcroft bzw. 75% der Patienten bei Eaton waren nach der Operation schmerzfrei und wiesen bei Eaton eine Beweglichkeit von 146 Grad auf, bzw. erreichten bei Ashcroft ein Extensions-/Flexionsausmaß von 78% im Vergleich zur gesunden Gegenseite (Tabelle 35).

4.6.2.4. Resektion der proximalen Handwurzelreihe (Proximal Row Carpectomy)

Es wurde eine Studie zum Therapieverfahren der Rettungsoperationen bei Skaphoidpseudarthrose ausgewertet, bei der es sich um eine Fallserie handelt.

Tomaino et al. [106] untersuchte 1994 sieben Patienten mit einem Durchschnittsalter von 35 Jahren in einem Zeitraum zwischen 36 und 96 Monaten nach (Tabelle 36).

Bei 43% der Patienten stellte sich eine postoperative Schmerzfreiheit ein, die mit einer Griffstärke von 71% im Vergleich mit der gesunden Hand einherging. Weitere Ausheilungsergebnisse waren der Arbeit nicht zu entnehmen.

4.6.2.5. Totalendoprothese

Es lag nur eine Arbeit vor, die die Totalendoprothese als Therapieverfahren bei Skaphoidpseudarthrose mit Arthrose anwendete. Levadoux et al. [65] konnten 14 Patienten nach einem mittleren Zeitraum von 47 Monaten nachuntersuchen. Hierbei gaben 72% der Patienten postoperativ eine Schmerzfreiheit an und wiesen postoperativ eine mittlere Flexion im Handgelenk von 48 Grad und eine mittlere Extension von 41 Grad auf. Die mittlere Radialdeviation betrug nach der Operation 12 Grad bzw. die Ulnardeviation 22 Grad. Dies bedeutet hinsichtlich des präoperativen Zustandes eine Verbesserung um rund 50%. Angaben zur Griffstärke fehlten (Tabelle 37).

4.6.2.6. Fallserien: Schlussfolgerungen

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Arbeiten hinsichtlich einiger gemessener Funktionsparameter nicht unterscheiden. Beispielsweise erreicht Malerich bei seinen Patienten nach Durchführung einer Skaphoid- Resektion ohne Interposition ein ähnlich gutes Ergebnis wie Eaton bei Therapie mit Resektions-Interpositionsarthroplastik in Bezug auf die Anzahl der Patienten, die nach Therapie schmerzfrei sind (68% bzw. 75%). Die Beweglichkeit im Vergleich mit der gesunden Gegenseite unterscheidet sich bei den beiden Arbeiten allerdings deutlich: während Eaton 146 Grad erreicht, berichtet Malerich über einen Wert von 92 Grad. Drac hingegen erreichte nach Durchführung der Skaphoid- Resektion ohne Interposition sogar einen ROM von 155 Grad. Sennwald und Simmen kamen auf ein Resultat von 51 Grad bzw. 55 Grad nach Therapie durch die mediokarpale Teilarthrodese.

Die postoperative Griffstärke der operierten Hand im Vergleich zur gesunden Hand schwankte zwischen 50% bei Viegas und 80% bei Drac.

Augrund dieser Diversität der erzielten Resultate bei Durchführung unterschiedlicher Therapieverfahren bei Skaphoidpseudarthrose mit bereits bestehender Arthrose erwies sich kein Verfahren als über- bzw. unterlegen. Auch hier muss also individuell entschieden werden, da eine eindeutige Therapieempfehlung nicht ausgesprochen werden kann (Tabelle 38).

5. Diskussion

5.1. Evidenzbasierte Chirurgie

Sackett formuliert: „Evidenzbasierte Medizin (EbM) ist der gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen Evidenz für Entscheidungen in der medizinischen Versorgung individueller Patienten. Die Praxis der EbM bedeutet die Integration individueller klinischer Expertise mit der besten verfügbaren externen Evidenz aus systematischer Forschung“ [90].

Das Auffinden der besten Evidenz für eine klinische Fragestellung stellt ein erhebliches Problem dar. Die riesige und weiterhin zunehmende Menge an Informationen in Form von wissenschaftlichen Publikationen stellt für den mit vielerlei Problemen beschäftigten, klinisch tätigen Arzt eine erhebliche Hürde in seinem Bemühen dar, den aktuellen Wissensstand zu kennen. Darüber hinaus sind die publizierten Informationen vielfach von schlechter Qualität [48].

Die EbM beruht auf der Grundlage klinischer Studien, die mit Daten einen Sachverhalt entweder erhärten oder widerlegen. Allerdings beschäftigt sich die EbM nicht selbst mit der Durchführung von Untersuchungen oder klinischen Studien, sondern nutzt vielmehr ihre Ergebnisse.

Unter der Praxis der EbM im engeren Sinne versteht man eine Vorgehensweise des medizinischen Handelns, Patienten individuell auf der Basis der besten zur Verfügung stehenden Daten zu versorgen. Das beinhaltet auch den Verzicht auf Therapie, d.h. zu wissen, wann keine Therapie anzubieten besser für den Patienten ist als irgendeine operative Therapie unbedingt anzubieten.

Im Idealfall sollten hierfür beantwortbare Fragen formuliert werden und eine Literatursuche mit anschließender kritischer Analyse der Artikel stattfinden. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten dann am Behandlungserfolg des Patienten überprüft werden. Die Realität zeigt allerdings immer wieder, dass dies in dieser Form nicht möglich ist.

Evidenzbasierte Medizin sollte nach David Sackett die Integration der besten externen Evidenz mit individueller klinischer Erfahrung und Patientenpräferenzen verbinden [44]. Das bedeutet, dass chirurgische Technik und Expertise zusammen mit den Wünschen des jeweiligen Patienten die Säulen der evidenzbasierten Medizin bilden.

Die evidenzbasierte Medizin setzt sich deshalb das Ziel, die Qualität der veröffentlichten Daten zu analysieren und zu überprüfen und damit die Entwicklung zu verbessern.

Kritiker sehen in der evidenzbasierten Medizin das Problem, große Studien auf den einen speziellen Einzelfall anzuwenden. Der Einzelne erhält keine individuelle Therapie mehr, sondern wird als Durchschnittspatient betrachtet und behandelt. Des Weiteren argumentieren Kritiker, dass individuelle Entscheidungen bei der EbM zu wenig oder überhaupt nicht berücksichtigt werden.

Die Bedeutung der evidenzbasierten Medizin für die Chirurgie ist bis dato nicht ausreichend beachtet worden. Es besteht ein deutlicher Mangel an hochwertiger Evidenz. Die wesentlichen Fortschritte sind in chirurgischen Disziplinen, verglichen mit anderen Fachrichtungen, nicht durch die Anwendung der evidenzbasierten Medizin erreicht worden [7].

Viele Verfahren wurden in der Vergangenheit über einen nicht transparenten und somit nicht wissenschaftlich reproduzierbaren Weg in die Patientenversorgung eingeführt. Die nötige Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Studien setzten allerdings auch ein hohes Maß an Standardisierung voraus, das in der Chirurgie natürlich nicht nur die Operation, sondern auch das gesamte perioperative Procedere betrifft.

Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen sind in den letzten Jahren zu einem immer wichtigeren Teil der medizinischen Literatur geworden. Dies liegt zum einen an der immer schneller wachsenden Menge klinischer Studien, die in der oft nur sehr knapp bemessenen Zeit der Ärzte schwer zu bewältigen sind, zum anderen sind systematische Übersichtsarbeiten ein guter Weg, wissenschaftliche Antworten auf Fragen der klinischen Praxis mit nur minimaler Verzerrung (Bias) zu erhalten.

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden die Begriffe systematischer Review und Metaanalyse oft als Synonym verwendet, sie beschreiben allerdings zwei verschiedene Aspekte. Unter einem systematischen Review versteht man das systematische Vorgehen bei der Zusammenfassung aller Studien, um sie in standardisierter, objektiver Form auszuwerten. Hier werden Forschungsergebnisse verschiedener Studien zusammengefasst und kritisch bewertet, wobei jeder einzelne Schritt, von der Literaturrecherche bis zur Datenanalyse nachvollziehbar ist. Die Metaanalyse beschreibt hingegen eine quantitative Methode, um die Ergebnisse der Einzelstudien statistisch zu kombinieren.

Häufig handelt es sich bei den Ergebnissen von Studien mit einem kleinen Patientenkollektiv um Zufallsbefunde. Zudem ist die Wiederholbarkeit einer wissenschaftlichen Erkenntnis ein wichtiges Kriterium für die Aussagekraft des Resultats.

Die Wahrscheinlichkeit einer verlässlichen Aussage durch eine Metaanalyse mehrerer randomisierter kontrollierter Studien ist wesentlich höher als die Wahrscheinlichkeit, einer Fehleinschätzung zu unterliegen.

Ein häufiger Kritikpunkt bei der Interpretation von Studien sind die Biasquellen im Forschungs- bzw. Publikationsprozess. Es wird zwischen verschiedenen Formen der Verzerrung unterschieden. Studien, die ein signifikantes Ergebnis aufweisen, werden öfter und schneller publiziert, während die Veröffentlichung sogenannter "negativer" Studien oftmals unterbleibt. Dieses Phänomen wird als Publikationsbias bezeichnet. Der Retrieval-Bias beschreibt das häufige Fehlen einer sicheren Methode, veröffentlichte Studien aufzufinden, während die selektive Darstellung der Resultate, sprich einer Protokollabweichung in der Publikation, durch den Reporting-Bias zum Ausdruck kommt. Zuletzt sei auf den English bzw. Non-English language bias hingewiesen. Viele nicht in Englisch verfasste Arbeiten werden nicht in PubMed publiziert.

Der Zwang zu zeitgerechten und begründeten Entscheidungen führt zu der Notwendigkeit, einer systematischen und validen Beurteilung der Effektivität medizinischer Interventionen [74]. Dementsprechend stellen systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen fundamentale Entscheidungshilfen für die Unterstützung von Ärzten dar. Der niedergelassene oder in der Klinik tätige Arzt ist deshalb häufig darauf angewiesen, dass die Ergebnisse relevanter Studien in derartigen Übersichtsarbeiten zusammengefasst werden.

Systematische Literaturanalysen beginnen mit der Formulierung einer klaren Fragestellung und der Entwicklung von klinisch relevanten Selektionskriterien um entscheiden zu können, welche Studien in die Übersichtsarbeit eingeschlossen werden können. Es folgt eine systematische Literaturrecherche mit dem Ziel, alle Studien zu identifizieren, die potentiell den Einschlusskriterien entsprechen. Jede identifizierte Studie muss hinsichtlich ihrer Methodik und ihrer Ergebnisse kritisch bewertet werden. Während dieses Review-Prozesses kann anhand der Qualität der Primärdaten und insbesondere des Ausmaßes der Heterogenität entschieden werden, ob ein statistisches Pooling der Ergebnisse im Sinne einer Metaanalyse

erfolgen kann [94]. Ist die Qualität der Studien und der publizierten Daten reduziert, ist eine Ableitung von Behandlungsempfehlungen erschwert oder sogar unmöglich. In derartigen Fällen kann lediglich eine deskriptive Auswertung der gefundenen Literaturergebnisse erfolgen.

Eine Bestandsaufnahme klinischer Studien in der Chirurgie ergab im Jahre 2002 einen Anteil von 2,8% an randomisiert kontrollierten Studien (randomized controlled trial, RCT) [7].

5.2. Chirurgische Studienqualität am Beispiel der Skaphoidpseudarthrose

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, anhand der Ergebnisse einer systematischen Literaturrecherche evidenzbasierte Therapieempfehlungen unter besonderer Indikationsstellung und für die Prävention der Skaphoidpseudarthrose vorzulegen.

Nach Durchsicht aller Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose musste festgestellt werden, dass lediglich ein RCT gefunden werden konnte. Der überwiegende Teil der Studien wies ein sehr niedriges Evidenzniveau auf. Aus diesem Grund musste auf Studien mit einem geringeren Evidenzgrad ausgewichen werden.

Hauptziel der Bewertung der Studien war die Beurteilung des funktionellen Outcomes nach der operativen Versorgung der Patienten nach Skaphoidpseudarthrose. Gemäß der zugrunde liegenden Scores unterschieden wir nach der Fusionsrate das funktionelle Ergebnis und die postoperative Schmerzsituation der Patienten.

Angestrebt wurde die Analyse von Studien mit einem hohen Evidenzniveau entsprechend dem Schema des Centre for Evidence-based Medicine in Oxford (Tabelle 3). Es gab zwar sehr viele Studien, die ein geeignetes Verfahren für verschiedene Stadien der Skaphoidpseudarthrose untersuchten, die Qualität und damit verbunden das Evidenzlevel der Arbeiten musste allerdings in den meisten Fällen als gering eingestuft werden. Viele Publikationen führten keine strikte Trennung der Kohorten bei den Ergebnissen durch, wiesen nur eine kleine Fallzahl an untersuchten Patienten (kleiner 5) auf oder berichteten über sehr dürftige Resultate, aus denen keine Schlussfolgerungen bezüglich der angewendeten Technik gezogen werden konnten.

Die meisten Studien fanden sich zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose. Dies liegt an der Frakturhäufigkeit, die für diese beiden Lokalisationen zusammen fast 80% beträgt. Die Heilungsraten fielen

hier relativ hoch aus, dennoch wurde der funktionelle Zustand der gesunden Gegenseite nicht erreicht. Es fanden sich deutlich weniger Publikationen zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose im proximalen Drittel ohne Arthrose.

Obwohl die Skaphoidfraktur die bei weitem häufigste Fraktur der Handwurzelknochen ist und die daraus resultierende Pseudarthrose eine häufige Komplikation darstellt, gibt es bisher keine Daten, bei der sich eine Therapie für Skaphoidpseudarthrosen des proximalen, mittleren oder distalen Drittels ohne Arthrose oder bei Skaphoidpseudarthrose mit schon bestehender Arthrose als überlegen herausstellte.

5.3. Klassifikation und diagnoseabhängige Studienselektion

Eine Skaphoidpseudarthrose entwickelt sich vor allem, wenn die frische Skaphoidfraktur übersehen bzw. nicht adäquat konservativ oder operativ behandelt wurde.

Die ausbleibende knöcherne Konsolidierung geht häufig mit Schmerzen und einer Bewegungseinschränkung des Handgelenks einher. Des Weiteren führen veraltete Kahnbeinpseudarthrosen langfristig zu einem karpalen Kollaps (SNAC-Wrist) bzw. zur Handgelenksarthrose. Die Arthrose wird entsprechend der Ausdehnung im Handgelenk in 3 Stadien unterteilt (SNAC-Wrist I-III), für welche stadiengerechte operative Verfahren zur Verfügung stehen. Eine Rekonstruktion des Skaphoids ist nur im Stadium I sinnvoll, im Stadium II haben sich die bewegungserhaltenden Verfahren der mediokarpalen Teilarthrodese und der Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (PRC) etabliert, während im Stadium III die mediokarpale Teilarthrodese, die Totalarthrodese oder die Denervierung zur Anwendung kommen können.

Mit diagnoseabhängiger Studienselektion ist gemeint, dass versucht wurde, die Studien nach der Diagnose, d.h. dem Krankheitsstadium zu selektionieren und gruppieren, um eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können. Hierbei stellte sich aber heraus, dass es aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Klassifikationen oder aufgrund fehlender Angaben zur Klassifikation zu Einschränkungen kam.

In der überwiegenden Zahl der Studien wurde die Pseudarthrose nicht genauer definiert sondern, es wurde die Lokalisation der ursprünglichen Kahnbeinfraktur angegeben (proximales, mittleres oder distales Drittel).

In einigen anderen Arbeiten wurde der Frakturverlauf berücksichtigt, dh. die Autoren

treffen eine Aussage über den Bruch (horizontal schräg, quer oder vertikal schräg), der dann im Verlauf zu einer Pseudarthrose wurde.

Die heute gebräuchlichste Einteilung der Skaphoidfrakturen von Herbert wurde wiederum nur in einigen Studien verwendet. Hier werden die Frakturen in vier große Hauptgruppen unterteilt (A-D), die Kahnbeinpseudarthrose ist in der Subgruppe D zu finden. Für die Pseudarthrose verwendet Herbert fünf weitere Untergruppen, die allerdings in nicht allen Arbeiten, die diese Klassifikation gewählt haben, aufgeführt werden.

Eine weitere Unterteilung der Pseudarthrosen, von welcher in den Studien Gebrauch gemacht wurde, richtet sich nach dem Zeitintervall zwischen Fraktur und diagnostizierter Pseudarthrose und unterscheidet nur zwischen verspäteter Konsolidierung, d.h. wenn die Heilung länger als 3 Monate benötigt (delayed union) oder Pseudarthrose, wenn eine knöcherne Konsolidierung nach 6 Monaten noch nicht stattgefunden hat (nonunion).

Nicht zuletzt sei darauf hingewiesen, dass beispielsweise Crawford et al [23] von der Behandlung der Skaphoidpseudarthrose spricht, bei näherer Betrachtung fällt allerdings auf, dass es sich um B1, B2 und B4 Frakturen nach Herbert handelt.

Aufgrund dieser vielfältigen Unterteilungsmöglichkeiten der Skaphoidpseudarthrose und der Tatsache, dass die Trennung der Ergebnisse hinsichtlich der Patientenkollektive, welche nur eine Fraktur und denen, die bereits eine etablierte Pseudarthrose aufwiesen, oft nicht eindeutig war, kam es zu einer Limitation der Literaturanalyse.

Der gesamte Pool an gefundenen Arbeiten zum Thema Therapie der Skaphoidpseudarthrose wurde deshalb in drei große Unterbereiche unterteilt: Arbeiten zum Thema Pseudarthrosen des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose, Pseudarthrosen des proximalen Drittels ohne Arthrose und Pseudarthrosen mit Arthrose. Bei jedem dieser drei Bereiche wurde weiterhin zwischen vergleichenden Studien und Fallserien differenziert. Diese wurden jeweils separat betrachtet und ausgewertet.

Die unterschiedliche Studienanzahl spiegelt die Häufigkeit der Pseudarthrosen an den jeweiligen Lokalisationen wieder: 68 Arbeiten, die sich der Therapie des mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose widmen; 9 Arbeiten, die sich mit der Therapie des proximalen Drittels ohne Arthrose und 14 Arbeiten, die sich mit der Therapie der Pseudarthrose mit bereits bestehender Arthrose beschäftigen.

5.4. Zielkriterien und Vollständigkeit der Datenerfassung

Um eine Vergleichbarkeit der Studien zu erzielen, musste die Zahl der Zielkriterien auf eine überschauliche Anzahl bei der Auswertung dezimiert werden (siehe Tabellen im Anhang). Nicht jede Studie hatte die gleichen Endpunkte und entsprechend auch nicht die gleichen Outcome-Parameter. Gerade hinsichtlich des postoperativen Bewegungsausmaßes variierte die Wahl der Messmethode und die Angabe des Wertes. Einige Arbeiten beschrieben die Ergebnisse in Grad nach der Neutral-Null-Methode, andere gaben den Prozentwert des Bewegungsumfanges im Vergleich mit der Gegenseite an. Die Grobkraft der operierten Hand wurde mit Hilfe des Dynamometers nach Dexter oder Jamar gemessen und wurde in so gut wie allen Studien mit der gesunden Gegenseite verglichen.

Zielkriterien bei der Beurteilung der verschiedenen Therapieverfahren der Skaphoidpseudarthrose stellten verschiedene Outcome Parameter wie folgt dar: die postoperative Extension und Flexion im Vergleich zur Gegenseite, die postoperative Griffstärke im Vergleich zur Gegenseite, die subjektive postoperative Schmerzbewertung der Patienten und die Dauer bis zur knöchernen Konsolidierung. Hinsichtlich der Datenerfassung wurde das Publikationsjahr der Studie, der Studientyp, das Evidenzlevel, die Fallzahl, die Anzahl der nachuntersuchten Fälle, das Verhältnis der nachuntersuchten Fälle und der ursprünglichen Fallzahl, das Patientenalter als Mittelwert, die genaue Diagnosestellung und das angewandte Therapieverfahren aufgeführt.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die in der Einleitung unter Ergebnisbewertung beschriebenen Zielkriterien in ihrer Vollständigkeit in nur wenigen Arbeiten anzutreffen waren. In vielen Arbeiten wurden diese sinnvollen Outcome Measures nicht angewandt. Aus diesem Grund konnten einige Studien überhaupt nicht und weitere Arbeiten nur unzureichend verwendet werden.

Um eine Vergleichbarkeit der Arbeiten zu erhalten, mussten die Outcome-Parameter eruiert werden, die in der überwiegenden Zahl der Studien auch untersucht wurden. Hierbei handelte es sich um die oben aufgeführten Parameter.

Zielkriterien wie die Lebensqualität und die Gebrauchsfähigkeit anhand des DASH-Fragebogens, die subjektive Gesamtbewertung, d.h. die Gesamtzufriedenheit des Patienten und die Rate an postoperativen Komplikationen, wurden in nur wenigen Arbeiten berücksichtigt. Dies ist insofern von großer Bedeutung, da der DASH-Score

das primäre Kriterium der Datenanalyse darstellte.

Das Fehlen von wesentlichen Kriterien muss als Hinweis auf eine unzureichende Studienqualität gedeutet und kann als Ansatzpunkt für zukünftige Studien interpretiert werden. Es wäre für zukünftige Studien wünschenswert, dass die erwähnten Kriterien Gegenstand der Untersuchungen werden würden. Dies würde einerseits eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Therapieverfahren ermöglichen und damit eher Rückschlüsse hinsichtlich der Resultate gewährleisten, andererseits würde somit eine höhere Studienqualität erreicht werden.

5.5. Vielfalt der therapeutischen Verfahren

Bis zum jetzigen Zeitpunkt herrscht immer noch kein Konsens über die effektivste Therapie der Skaphoidpseudarthrose. Es existieren verschiedene Operationsverfahren, dennoch gibt es bisher keine Daten, die belegen, welches die besten postoperativen Ergebnisse hinsichtlich Schmerzreduktion, Bewegungsumfang und Patientenzufriedenheit aufweisen.

Die Vielfalt der eingesetzten therapeutischen Verfahren läßt mehrere Interpretationen zu. Im positiven Sinne kann diese Methodenvielfalt als notwendige Folge der morphologischen Vielgestaltigkeit der Skaphoidpseudarthrose aufgefasst werden. Die unterschiedlichen Lokalisationen und Alter der Pseudarthrose sowie die drei Stadien der Arthrose bedürfen dementsprechend eines abgestuften und differenzierten therapeutischen Konzeptes.

Im negativen Sinne aber ist die Methodenvielfalt Ausdruck einer erheblichen therapeutischen Unsicherheit. Wenn, wie in der Literaturanalyse gezeigt, für identische Erkrankungsformen zahlreiche und ganz unterschiedliche Behandlungsmethoden angewendet werden, kann dies nur in einer Weise interpretiert werden: Keines der existierenden Verfahren hat sich den anderen als überlegen erwiesen. Dafür gibt es wiederum zwei mögliche Gründe. Entweder sind die Verfahren tatsächlich gleich gut oder gleich schlecht für die Behandlung der Erkrankung geeignet. Oder es liegen keine hochwertigen vergleichenden Studien vor, die die Überlegenheit oder Gleichwertigkeit einzelner Therapieverfahren mittels geeigneter Designs und anhand relevanter Zielkriterien nachweisen. Leider muß aufgrund der nachgewiesenen niedrigen Qualität der Studien der Schluß gezogen werden, daß die zweite Annahme, nämlich ein Mangel an geeigneten Studien, zutrifft.

5.6. Therapeutische Empfehlungen

Obwohl die Skaphoidfraktur die bei weitem häufigste Fraktur der Handwurzelknochen ist und die daraus resultierende Pseudarthrose eine häufige Komplikation darstellt, gibt es bisher keine Daten, bei der sich eine Therapie sowohl bei Skaphoidpseudarthrose des proximalen, mittleren und distalen Drittels ohne Arthrose, als auch bei Skaphoidpseudarthrose mit schon bestehender Arthrose als überlegen herausstellt.

Das Ziel der Arbeit war es, Studien hinsichtlich dieser Problematik zu finden, zu analysieren und anschließend zu bewerten und wenn möglich eine Therapieempfehlung auszusprechen.

Angestrebt wurde die Analyse von Studien mit einem hohen Evidenzniveau entsprechend dem Schema des Centre for Evidence-based Medicine in Oxford (Tabelle 3). Es gab zwar sehr viele Studien, die ein grundsätzlich geeignetes Verfahren für verschiedene Stadien der Skaphoidpseudarthrose untersuchten, die Qualität und damit verbunden das Evidenzlevel der Arbeiten musste allerdings in den meisten Fällen als gering eingestuft werden. Viele Publikationen führten keine strikte Trennung der Kohorten bei den Ergebnissen durch, wiesen nur eine kleine Fallzahl an untersuchten Patienten (kleiner 5) auf oder berichteten über sehr dürftige Resultate, aus denen keine Schlussfolgerungen bezüglich der angewendeten Technik gezogen werden konnten.

Die Knochentransplantation und Osteosynthese mittels einer Herbertschraube gilt heute als das Verfahren der ersten Wahl. Hier ist eine ausreichende Stabilität gewährleistet und eine Frühmobilisation möglich. Ein weiterer Vorteil ist eine kurze Ruhigstellung im Gips verglichen mit anderen Operationstechniken. Eine Metallentfernung ist nicht nötig.

Die Matti-Russe-Technik ist aufgrund der langen Immobilisationsdauer etwas mehr in den Hintergrund gerückt. In einigen Fällen ist sie dennoch indiziert und liefert gute Ergebnisse [58], [63], [81]. Die Möglichkeit der Interposition eines gefäßgestielten Spans wird immer häufiger angewandt und liefert sehr gute Resultate. Allerdings handelt es sich um ein operativ anspruchsvolles Verfahren.

Sowohl die Ender Platte als auch der Silikonersatz als mögliche Rettungsoperation haben sich nicht bewährt und werden nur noch in seltenen Fällen angewendet.

5.7. Konsequenzen für die zukünftige Forschung zur Skaphoidpseudarthrose

Die Publikationen zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose repräsentieren ein breites Spektrum verschiedener Interventionen mit sehr heterogenen Ergebnissen. Die existierenden Studien weisen ein insgesamt niedriges Evidenzniveau auf.

Es besteht somit ein erheblicher Bedarf für hochwertige klinische Studien. Die Skaphoidpseudarthrose erfüllt alle für solche Studien wichtigen Voraussetzungen. Demnach sollte eine Studie durchführbar (feasible), interessant (attraktiv), neu, ethisch und relevant sein (finer-Prinzip nach Hulley et al.) [50]

Erfreulicherweise sind Bedingungen für die Planung und Durchführung derartiger Studien in Deutschland günstiger geworden. Einerseits ist das Bewusstsein für die Notwendigkeit hochwertiger klinischer Forschung gewachsen [98], andererseits ist die Skaphoidpseudarthrose unverändert ein hochattraktives handchirurgisches Thema [95].

Ziel zukünftiger Forschungsarbeit sollten kontrollierte, idealerweise randomisierte Therapiestudien sein, die anhand patientenorientierter Zielkriterien effektive Behandlungsmethoden selektieren und die Ableitung von Behandlungsempfehlungen zulassen.

Nicht nur ökonomische Zwänge machen die Ausweitung der evidenzbasierten Medizin notwendig, auch die Verantwortung dem Patienten gegenüber macht es unerlässlich, wissenschaftlich gesicherte Verfahren anzuwenden. Gerade bei komplexen Krankheitsbildern wie der Skaphoidpseudarthrose sollten alle Maßnahmen durch höchste Evidenz abgesichert werden.

Es müssen Strukturen geschaffen werden, damit klinische Studien möglichst standardisiert durchgeführt und Patienten leicht rekrutiert werden können. Um weiterhin eine hochwertige Medizin zu ermöglichen, müssen in den kommenden Jahren Forschungszentren entstehen, die dies umsetzen können. Hierfür wäre eine nationale und internationale Vernetzung hilfreich.

Weiterhin besteht auch Bedarf an der Optimierung der methodischen Forschung. Evidenzbasierte Medizin ist erlernbar. Ärzte sollten statistische Kenntnisse vermittelt bekommen, die sie einerseits Studien durchführen und andererseits Studien beurteilen lassen. Durch Schulung der systematischen Herangehensweise der evidenzbasierten Medizin kann der Kliniker kritische Reflexion erlernen.

Es wird sich in den kommenden Jahren zeigen, ob und wenn welches Operationsverfahren als Goldstandard betrachtet und zukünftig dem betroffenen

Patienten individuell empfohlen werden kann.

Viel wichtiger jedoch sind eine suffiziente Diagnostik nach ursächlichem Unfall und eine konsequente Therapie der Fraktur, um dadurch ein Pseudarthrosrisiko schon im Vorfeld zu verhindern.

6. Zusammenfassung

Die Therapie der Skaphoidpseudarthrose stellt ein bedeutsames medizinisches und ökonomisches Problem dar. Noch immer gibt es keine evidenzbasierten Empfehlungen hinsichtlich der Behandlungsverfahren im Sinne einer S3-Leitlinie. Die Expertenmeinungen und die bereits publizierten Studien kommen nicht zu eindeutigen Ergebnissen, welche Form der kurativen bzw. palliativen Behandlung wann angewandt werden soll. Es stellt sich die Frage, ob die Versorgung von Patienten mit bereits bestehender Skaphoidpseudarthrose heute dem Standard entspricht.

Aus dieser Perspektive heraus, begannen wir mit der zielgerichteten Literaturrecherche in anerkannten Suchmaschinen und anschließend mit der Durchsicht der gefundenen Artikel. Nach Festlegung der Zielkriterien für die anschließende Auswertung und Vervollständigung der Daten konnten bereits im Prozess der Analyse von Material und Methoden der Publikationen über die Hälfte der gesichteten Arbeiten die Kriterien nicht erfüllen und somit nicht weiter in die Wertung miteinfließen.

Nach Abschluss der kompletten Auswertung lagen nur wenige Studien mit einem höheren Evidenzniveau vor, die einander entsprechende Parameter hinsichtlich des Outcomes nach der jeweiligen Operation wählten und somit miteinander verglichen werden konnten.

Die insgesamt sehr seltenen Ergebnisse müssen als Anreiz gewertet werden, sich dem Thema „Therapie der Skaphoidpseudarthrose“ zukünftig differenziert zu nähern. Auf der einen Seite muss die Qualität der bereits existierenden Studien verbessert werden, andererseits können weitere, neu durchgeführte Studien die aktuelle Publikationslage sinnvoll ergänzen. Darüber hinaus kann die genaue Einteilung der Lokalisation der vorliegenden Skaphoidpseudarthrose zum einen bei der Wahl des jeweiligen operativen Verfahrens helfen, zum anderen hat sie darüber hinaus auch therapeutische Relevanz.

Die optimierte Versorgung von Patienten mit Skaphoidpseudarthrose stellt somit weiterhin eine große Herausforderung dar. Die Arbeit hat nicht den Anspruch einer abschließenden, sondern vielmehr einer orientierenden Bewertung der operativen Versorgung.

7. Tabellen

Tabelle 11 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Trumble et al. [107] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Herbert Schraube oder AO-Schraube ohne Knochenverpflanzung

Erstautor	Trumble	
Publikationsjahr	1996	
Studientyp	Kohortenstudie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	16	18
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	16	18
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	27 (17-48)	28 (15-45)
Diagnose	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Herbert-Schraube	AO-Schraube
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	14	13
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	69 (40-84)	29 (26-44)
Extension/Flexion postop. Vergleich zur Gegenseite [%]	77	83
Griffstärke postop. zur Gegenseite [%]	69	78
Fusionsdauer [Wochen]	18	34

Tabellen

Tabelle 12 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Parkinson et al [77] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Matti-Russe-Technik mit Knochenverpflanzung oder Herbert Schraube ohne Knochenverpflanzung

Erstautor	Parkinson	
Publikationsjahr	1989	
Studientyp	Kohortenstudie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	19	16
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	19	16
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	23 (15-44)	27 (18-41)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Matti-Russe	Herbert Schraube
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	10	
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	55	15
ROM Extension/Flexion [Grad]	135	135
Fusionsrate [%]	71	74

Tabellen

Tabelle 13 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Maruthainar et al [70] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Schraube und Knochentransplantat oder exakte Knochentransplantation

Erstautor	Maruthainar	
Publikationsjahr	2000	
Studientyp	Kohortenstudie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	20	
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	20	
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	27 (13-69)	30 (18-50)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Schraube und Knochentransplantat	exakte Knochentrans- plantation
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	17	26
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	9 (2-25)	8 (3-19)
Dauer bis zur knöchernen Konsolidierung [Monate]	6	8
Fusionsrate [%]	60	80

Tabellen

Tabelle 14 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Körmucu et al [56] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch verschiedene Schrauben und Knochentransplantation

Erstautor	Körmucu			
Publikationsjahr	2001			
Studientyp	Kohortenstudie			
Evidenz-Level	4			
Fallzahl	5	8	19	10
Follow-up-Rate [%]	100			
nachuntersuchte Fälle	5	8	19	10
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	24 (18-41)			
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose			
Therapie	2 Kirschnerdrähte und pedicled Knochentransplantat	AO-Schraube und Knochentransplantat	Herbert-Schraube und Knochentransplantat	2 Kirschnerdrähte und Knochentransplantat
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	21			
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	29 (12-60)			
	116	119	120	111
Griffstärke [%]	84	87	89	85
Schmerz kein [%]	60	63	58	60
Schmerz Ruhe [%]	0	0	0	10
Fusionsrate [%]	80	88	90	80

Tabellen

Tabelle 15 Patientendaten und Ergebnisse von 5 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Schraubenosteosynthese ohne Knochenverpflanzung

Erstautor	Adams	Leyshon	Radford	Slade	Wozsasek
Publikationsjahr	1988	1984	1990	2003	1991
Studientyp	Fallserie	Fallserie	Fallserie	Fallserie	Fallserie
Evidenzlevel	4				
Fallzahl	15	10	50	15	33
Follow-up-Rate [%]	87	100	100	100	100
nachuntersuchte Fälle	13	10	50	15	33
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	28 (15-69)	25 (17-34)	22 (12-60)	20 (17-28)	29 (16-28)
Diagnose	Skaphoidpseudarthrose				
Therapie	Herbert-Schraube	AO-Schraube	Herbert-Schraube	Kompressions-Schraube	Kanülierte Schraube
Zeit bis zur Behndl. [Monate] Mittelwert	25				
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	17 (13-27)	37 (10-144)	13 (3-48)		82
ROM Extension/Flexion [Grad]	123			110	
Griffstärke [%]	78				
Schmerz kein [%]				100	
Schmerz Ruhe [%]			14	0	
Schmerz Belastung [%]				0	
Fusionsrate [%]	67	80	64	100	82

Tabellen

Tabelle 16 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Bahri et al [9] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Kirschnerdrähte

Erstautor	Bahri
Publikationsjahr	2000
Studientyp	Fallserie
Evidenz-Level	4
Fallzahl	77
Follow-up-Rate [%]	89
nachuntersuchte Fälle	66
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	30 (17-48)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose
Therapie	Kirschnerdrähte
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	48
ROM Extension/Flexion [Grad]	120
Fusionsrate [%]	89

Tabellen

Tabelle 17 Patientendaten und Ergebnisse von 4 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch keilförmiges kortikospongioses Knochentransplantat

Erstautor	Bullens	Carpentier	Chantelot	Eggli
Publikationsjahr	2005	1995	2005	2002
Studientyp	Fallserie			
Evidenz-Level	4			
Fallzahl	33	38	58	37
Follow-up-Rate [%]	100			
nachuntersuchte Fälle	33	38	58	37
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	34 (19-69)	28 (14-53)	36 (20-62)	31 (21-52)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose			
Therapie	Kortikospongioses Knochentransplantat			
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	13	20	35	31
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	42 (12-84)	26 (6-27)	106 (19-212)	68 (26-141)
ROM Extension/Flexion [Grad]		110	112	106
Griffstärke [%]	97	80		88
Schmerz kein [%]			59	49
Schmerz Belastung [%]			36	
Schmerz nach VAS in Ruhe Mittelwert	12			
Fusionsrate [%]	88	95	72	95

Tabellen

Tabelle 18: Patientendaten und Ergebnisse von 7 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Draht und Knochentransplantat

Erstautor	Akmaz	Antti-Poika	Kawai	Pelto-Vasenius	Takami	Tsai	Watson
Publikationsjahr	2003	1987	1988	1995	2000	2002	1993
Studientyp	Fallserie						
Evidenzlevel	4						
Fallzahl	12	11	8	20	43	5	36
Follow-up-Rate [%]	100	100	100	70	100	100	100
nachuntersuchte Fälle	12	11	8	14	43	5	36
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	22 (20-35)	36 (21-69)	24 (16-31)	24 (15-41)	22 (13-47)	42 (24-55)	28 (9-65)
Diagnose	Skaphoidpseudarthrose						
Therapie	Draht und Knochentransplantat						
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	10	15	59	62	33		36
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	25 (22-35)	14 (4-26)	15 (5-26)	68 (57-77)	30 (12-108)	20 (18-25)	60 (3-132)
ROM							
Extension/Flexion [Grad]	86			114	132		
Griffstärke [%]			90	87	99		88
Schmerz kein [%]				57			
Schmerz Ruhe [%]	58						
Fusionsrate [%]	100	91	100	64	98	80	89

Tabellen

Tabelle 19: Patientendaten und Ergebnisse von 18 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Schraube und Knochentransplantat

Erstautor	Casteur	Cooney	Daecke	Daly	Inoue
Publikationsjahr	1999	1988	2005	1996	1997
Studientyp	Fallserie				
Evidenz-Level	4				
Falzzahl	25	21	50	15	160
Follow-up-Rate [%]	88	100	100	100	99
nachuntersuchte Fälle	22	21	50	15	158
Pat. alter [Jahre] Mittelw. (range)	27 (15-62)	23 (16-56)	28 (16-56)	28 (18-54)	24 (13-63)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose				
Therapie	Herbert-Schraube und Knochentransplantat				
Zeit bis zur Behndl. [Monate] Mittelwert	10	20			50
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	18 (6-40)		144 (116-182)	14 (6-25)	24
ROM					
Extension/Flexion [Grad]	130	97	119		
Griffstärke [%]	84	75		92	
Schmerz kein [%]	58		40		
Schmerz Ruhe [%]			2		
Schmerz Belastung [%]			46		
Fusionsrate [%]	86	71	84	86	90

Tabellen

Erstautor	Krimmer	Manske	Martini	Nakamura	Nakamura	Nakamura	Pelto-Vasenius	Preisser
Publikationsjahr	1999	1988	1993	1987	1993	1995	1995	1998
Studientyp	Fallserie							
Evidenz-Level	4							
Fallzahl	26	22	34	8	36	14	14	131
Follow-up-Rate [%]	88	100	100	100	100	71	71	80
nachuntersuchte Fälle	23	22	34	8	36	10	10	105
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	29 (19-45)	24 (16-36)	28 (16-50)	22 (13-39)	25 (17-37)	25 (18-35)	25 (18-35)	27 (14-59)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose							
Therapie	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat							
Zeit bis zur Behndl. [Monate] Mittelwert		26		10	121	13	13	18
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	29 (11-58)		(6-27)	13 (8-16)	20 (15-56)	58 (26-52)	58 (26-52)	54 (12-130)
ROM Extension/Flexion [Grad]	115			132		123	123	110
Griffstärke [%]	90			90	77	96	96	92
Schmerz kein [%]	30	72			43	50	50	37
Schmerz Ruhe [%]	17							
Schmerz Belastung [%]	52							37
Fusionsrate [%]	74	73	94	100	94	60	60	89

Tabellen

Erstautor	Rajagopalan	Richards	Robbins	Smith	Sukul	Warren-Smith
Publikationsjahr	1999	1991	1995	1991	1990	1988
Studientyp	Fallserie					
Evidenz-Level	4					
Fallzahl	21	10	26	36	42	24
Follow-up-Rate [%]	100	100	65	100	100	92
nachuntersuchte Fälle	21	10	17	36	42	22
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	30 (17-55)	25 (21-32)	20 (13-39)		28 (18-54)	26 (17-35)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose					
Therapie	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat	AO/ASIF-Schraube und Knochen- transplantat	Herbert-Schraube und Knochen- transplantat
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	51		31			30
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	48 (17-55)	30 (24-46)	31	18	(12-120)	16 (6-35)
ROM Extension/Flexion [Grad]	98	150	106			126
Griffstärke [%]	81	98		91		
Schmerz kein [%]		70				
Schmerz Ruhe [%]	5					
Schmerz Belastung [%]	43					
Fusionsrate [%]		90	53	83	91	82

Tabelle 20 Patientendaten und Ergebnisse der Studien von Del Pinal et al [28] und Tsuyuguchi et al [108] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch eine Schraube und ein keilförmiges Knochentransplantat

Erstautor	Del Pinal	Tsuyuguchi
Publikationsjahr	2001	1995
Studientyp	Fallserie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	7	11
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	7	11
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	19 (17-25)	29 (15-56)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Schraube und keilförmiges Knochentransplantat	
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert		20
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	23 (12-38)	19 (12-)
ROM Extension/Flexion [Grad]		118
ROM postop. zur Gegenseite [%]	92	89
Griffstärke [%]	102	
Fusionsrate [%]	100	

Tabellen

Tabelle 21 Patientendaten und Ergebnisse von 9 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch die Matti-Russe-Technik

Erstautor	Dacho	Green	Gröner	Jaroma	Jiranek	Kukla	Schneider	Stark	Warren-Smith
Publikationsjahr	2004	1985	1995	1985	1992	1992	1982	1987	1988
Studientyp	Fallserie								
Evidenz-Level	4								
Fallzahl	84	45	60	23	26	7	41	43	28
Follow-up-Rate [%]	100	100	100	87	100	100	76	63	100
Nachunter-suchte Fälle	84	45	60	20	19	7	31	27	28
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	54 (24-57)	25 (16-48)	25 (16-36)	33 (15-57)	22 (16-43)	31 (20-54)	21 (14-29)	30	23 (15-34)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose								
Therapie	Matti-Russe								
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	24	17				25	21		15
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	88 (18-140)	37 (6-77)	84 (18-162)		132 (84-216)	153 (60-216)	18 (6-54)	144 (84-204)	34 (7-111)
ROM Extension/Flexion [Grad]	114	127					88		111
Griffstärke [%]	92	96			81			75	91
Schmerz kein [%]	25		68	50	23			63	
Schmerz Ruhe [%]					4			7	
Schmerz Belastung [%]	55			40	19	29			
Fusionsrate [%]	82	75	85	78	81	86	87	81	61

Tabellen

Tabelle 22 Patientendaten und Ergebnisse von 13 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch ein gefäßgestelltes Knochentransplantat

Erstautor	Bertelli	Boyer	Dailiana	Dailiana	Dailiana	Doi	Fernandez	Harpf
Publikationsjahr	2004	1998	2004	2006	2000	1995	2001	
Studientyp	Fallserie							
Evidenz-Level	4							
Fallzahl	24	10	47	9	10	11	21	
Follow-up-Rate [%]	100	100	32	100	100	100	100	
nachuntersuchte Fälle	24	10	15	9	10	11	21	
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	34 (27-51)	28 (18-48)	26 (18-20)	25 (15-40)	33 (15-60)	26 (19-35)	28 (17-52)	
Voroperation wg. Skaphoidpseudarthrose	6		0		80	55		
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose							
Therapie	Gefäßgestelltes Knochentransplantat							
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	96	19	48	22				
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	12	17 (14-23)	18 (6-27)	22 (7-24)	42 (26-66)	60 (30-132)	88 (12-168)	
ROM Extension/Flexion [Grad]	84	106		111	120	117	80	
Griffstärke [%]		77		86	83	88		
Schmerz kein [%]	69		67	100	80		90	
Schmerz Ruhe [%]	1,8			0				
Schmerz Belastung [%]	88			0				
Fusionsrate [%]		60	100	100	100	91	90	

Tabellen

Erstautor	Matholin	Matholin	Matholin	Sauerbier	Sawaizumi	Uerpaiojkit	Zaidenberg
Publikationsjahr	1998	1998	1998	2001	2003	2000	1991
Studientyp	Fallserie						
Evidenz-Level	4						
Fallzahl	17	15	35	7	10	10	11
Follow-up-Rate [%]	100	93	43	100	100	100	100
nachuntersuchte Fälle	17	14	15	7	10	10	11
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	29 (18-41)	34 (26-44)	28 (17-42)	23 (23-3)	30 (18-40)	30 (18-40)	26 (18-56)
Voroperation wg. Skaphoidpseudarthrose	0	0	33	36			
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose						
Therapie	Gefäßgestieltes Knochentransplantat						
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert			36	10	8	27	
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	16 (12-36)	60 (24-84)	30 (12-48)	12 (5-22)		130	
ROM Extension/Flexion [Grad]	115	103	90	119	170	95	
Griffstärke [%]		50			73		
Schmerz kein [%]	71	71	13		100		
Schmerz Ruhe [%]					0	0	
Schmerz Belastung [%]		29	70		0	46	
Fusionsrate [%]	100	93	100	100	100	100	100

Tabellen

Tabelle 23 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Hueneet al. [49] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch die Ender Platte und Knochenverpflanzung

Erstautor	Huene
Publikationsjahr	1991
Studientyp	Fallserie
Evidenz-Level	4
Fallzahl	20
Follow-up-Rate [%]	100
nachuntersuchte Fälle	20
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	32 [16-48]
Diagnose:	Skaphoid- pseudarthrose
Therapie	Ender Platte
Zeit bis zur Behndl. [Monate] Mittelwert	
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	[12-36]
Extension/Flexion postop.Gegenseite [%]	
Griffstärke [%]	
Schmerz kein [%]	55
Schmerz Belastung [%]	
Fusionsrate [%]	95

Tabelle 24 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Brostrom et al. [15] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch die Styloidektomie und einer Kompressionssschraube

Erstautor	Brostrom
Publikationsjahr	1991
Studientyp	Fallserie
Evidenz-Level	4
Fallzahl	17
Follow-up-Rate [%]	100
nachuntersuchte Fälle	17
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	31 (19-65)
Diagnose:	Skaphoid- pseudarthrose
Therapie	Styloidektomie und Kompressions- schraube
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	34
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	192 (156-228)
Extension/Flexion postop.Gegenseite [%]	70
Schmerz kein [%]	35
Fusionsrate [%]	65

Tabellen

Tabelle 25 Patientendaten und Ergebnisse von 3 Studien zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch konservative Behandlung

Erstautor	Adams	Bora	Ricardo
Publikationsjahr	1992	1981	2006
Studientyp	Fallserie		Doppelblindstudie
Evidenz-Level	4	4	
Fallzahl	54	17	21
Follow-up-Rate [%]	100		
nachuntersuchte Fälle	54	17	21
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	26 (14-46)	25 (16-37)	27 (17-48)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose		
Therapie	PEMF und Gips	Elektrische Stimulation	Ultraschall
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	35	25	38
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	9 (1-33)	17 (6-54)	27 (12-48)
Ex/Flex Vergleich zur Gegenseite [%]	84		
ROM Extension/Flexion [Grad]		70	93
Griffstärke [%]	77	76	
Fusionsrate [%]	69	71	100

Tabelle 26 Zusammenfassung der Fallserien bei Pseudarthrose des mittleren und distalen Drittels

Verfahren	Schraubenosteosynthese ohne Knochenverpfanzung	Kirschnerdrahtosteosynthese ohne Knochenverpfanzung	keilförmiges kortikospongioses Knochentransplantat	Knochentransplantat und Drahtosteosynthese	Spongiosoplastik und Schraubenosteosynthese	Spaninterposition und Schraubenosteosynthese
Anzahl der Studien	5	1	4	7	18	2
Gesamt-Falzzahl	123	77	42	19	39	9
Follow-up-Rate [%] (range)	87-100	89	100	70-100	65-100	100
Gesamtzahl der nachuntersuchten Fälle	121	66	42	18	35	9
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	13-82	48	26-100	20-68	13-144	19-23
Mittlerer ROM [Grad] (range)	110-123	120	106-110	86-132	97-150	89-92
Mittlere Griffstärke (range)	78		80-97	87-99	75-98	102
Mittlerer postop. Schmerz kein (range)	100		49-59	58	30-72	
Mittlere Fusionsrate (range)	64-100	89	72-95	64-100	53-100	100

Tabellen

Verfahren	Matti-Russe-Technik	Gefäßgestellter Knochenspan	Ender Platte	Schrauben-osteosynthese und Styloidektomie	Konservative Behandlung
Anzahl der Studien	9	13	1	1	3
Gesamt Fallzahl	40	17	20	17	31
Follow-up-Rate [%] (range)	63-100	32-100	100	100	100
Gesamtzahl der nachuntersuchten Fälle	36	13	20	17	31
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	18-153	12-130	12-36	156-228	9-27
Mittlerer ROM [Grad] (range)	88-127	80-170			70-93
Mittlere Griffstärke (range)	75-92	50-88			76-77
Mittlerer postop. Schmerz kein (range)	23-68	13-100	55	35	
Mittlere Fusionsrate (range)	61-86	60-100	95	65	60-100

Tabellen

Tabelle 27 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Bilic et al [11] zur Therapie der proximalen Skaphoidpseudarthrose durch autologen bzw. allogenen Knochenpan mit bzw. ohne OP-1 (osteogenic protein)

Erstautor	Bilic	
Publikationsjahr	2006	
Studientyp	RCT	
Evidenz-Level	1b	
Fallzahl	6	5
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	6	5
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	23 (15-30)	23 (15-30)
Diagnose:	Prox. Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Autologous iliac graft	Allogenic iliac graft/OP-1
Dauer der Pseudarthrose Mittelwert [Mo]	15	14
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	24	
Mittlere Radial/Ulnar Deviation postop. [Grad]	82	92
ROM Extension/Flexion [Grad]	137	147
Griffstärke [%]		
Ruheschmerz [%]	0	
Belastungsschmerz [%]	100	0
		50

Tabellen

Tabelle 28 Patientendaten und Ergebnisse von 3 Studien zur Therapie der proximalen Skaphoidpseudarthrose durch Schrauben und Knochentransplantation

Erstautor	De Maagdd	Inoue	Wilhelm
Publikationsjahr	1989	1997	1999
Studientyp	Fallserie		
Evidenz-Level	4		
Fallzahl	12	16	75
Follow-up-Rate [%]	100	100	89
nachuntersuchte Fälle	12	16	67
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	(17-37)	(17-43)	
Diagnose:	Prox. Skaphoidpseudarthrose		
Therapie	Schraube und Knochentransplantat		
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	25 (12-49)		
ROM Extension/Flexion [Grad]	117	113	
Griffstärke [%]	84	90	
Schmerz kein [%]		63	38
Schmerz Belastung [%]			5
Schmerz nach VAS in Ruhe Mittelwert			35
Fusionsrate [%]	92	81	

Tabellen

Tabelle 29 Patientendaten und Ergebnisse von 5 Studien zur Therapie der proximalen Skaphoidpseudarthrose durch verschiedene Verfahren

Erstautor	Beutel	Gabl	Kirkeby	Herbert	Sauerbier
Publikationsjahr	1999	1999	2006	1999	1999
Studientyp	Fallserie				
Evidenz-Level	4				
Fallzahl	11	15	13	69	34
Follow-up-Rate [%]	100				
nachuntersuchte Fälle	11	15	13	69	32
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	37 (17-62)	30 (17-45)	26 (13-38)	34	24
Diagnose:	Prox. Skaphoidpseudarthrose				
Therapie	Silikon Ersatz	Gefäßgestieltes Knochen- transplantat	Schraube und gefäßgestieltes Knochen- transplantat	Herbert Schraube	Matti-Russe
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	97	27			27
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	78 (36-156)	27 (9-84)			66 (36-144)
ROM Extension/Flexion [Grad]		96			117
Griffstärke [%]				85	
Schmerz kein [%]	27	40			13
Schmerz Ruhe [%]					6
Schmerz Belastung [%]	45	40			
Fusionsrate [%]		80	85	49	81

Tabellen

Tabelle 30 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Krimmer et al [61] zur Therapie bei SLAC/SNAC durch mediokarpale Teilarthrodese oder Totalarthrodese

Erstautor	Krimmer	
Publikationsjahr	2000	
Studientyp	Kohortenstudie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	41	97
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	41	97
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	51 (23-69)	29 (24-76)
Diagnose:	SLAC/SNAC	
Therapie	Totalarthrodese	mediokarpale Teilarthrodese
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	32 (6-65)	29 (6-59)
Extension/Flexion postop. Vergleich zur Gegenseite [%]		44
Griffstärke [%]	72	65
DASH score	33	45
Handgelenksscore	52	70

Tabellen

Tabelle 31 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Vance et al.[110] zur Therapie bei SLAC/SNAC durch Four corner Fusion

Erstautor	Vance	
Publikationsjahr	2005	
Studientyp	Kohortenstudie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	27	31
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	27	31
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	41 (15-63)	42 (19-75)
Diagnose:	SLAC/SNAC	
Therapie	Fixation durch eine Platte	Fixation durch Drähte/Herbert- Schraube
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	14	59
ROM Ex./Flex. postop.Vergleich zur Gegenseite [%]	48	50
Schmerz kein [%]	7	26
Griffstärke [%]	70	79
DASH score	27	8

Tabellen

Tabelle 32 Patientendaten und Ergebnisse von 3 Studien zur Therapie von SLAC/SNAC durch Resektion der proximalen Handwurzelreihe bzw. Four Corner Fusion/ Mediokarpale Teilarthrodese

Erstautor	Cohen		Lukas		Wyrick	
Publikationsjahr	2001		2003		1995	
Studientyp	Kohortenstudie					
Evidenz-Level	4					
Fallzahl	23	23	14	12	20	11
Follow-up Rate [%]	83	(§)	71	83	85	100
nachuntersuchte Fälle	19	19	10	10	17	11
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	47 [24-70]	48 [32-73]	58 [44-70]	56 [36-67]	46 [31-65]	46 [27-70]
Diagnose:	SLAC / SNAC					
Therapie	PRC	FCF	PRC	Mediokarpale Teilarthrodese	PRC	FCF
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	28 [12-58]	19 [12-36]	17 [7-25]	14 [7-27]	27 [12-58]	37 [12-91]
ROM						
Extension/Flexion [Grad]	80	81	69	71	95	115
Griffstärke [%]	79	71			74	94
Schmerz kein [%]			50	58	59	82
Schmerz Belastung [%]						
DASH			36	30		

Tabellen

Tabelle 33 Patientendaten und Ergebnisse von 2 Studien zur Therapie von SLAC/SNAC durch eine mediokarpale Teilarthrodese

Erstautor	Dacho	Sauerbier
Publikationsjahr	2006	2000
Studientyp	Fallserie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	49	55
Follow-up-Rate [%]	100	56
nachuntersuchte Fälle	49	31
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	49 (29-67)	41
Diagnose:	SLAC/SNAC	
Therapie	Mediokarpale Teilarthrodese	
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	47 (9-91)	15 (3-36)
ROM Extension/Flexion [Grad]	56	60
Griffstärke [%]	76	60
Schmerz kein [%]		16
DASH	26	39

Tabellen

Tabelle 34 Patientendaten und Ergebnisse der Studien von Drac et al [30] und Malerich et al [67] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Skaphoid-Resektion

Erstautor	Drac	Malerich
Publikationsjahr	2006	2002
Studientyp	Fallserie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	8	19
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	8	19
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	37 (24-57)	40 (28-88)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Skaphoid-Resektion	
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert	57	150
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	10 (6-24)	49 (28-88)
ROM Extension/Flexion [Grad]	155	92
Griffstärke [%]	80	75
Schmerz kein [%]		68
Schmerz Ruhe [%]	0	

Tabellen

Tabelle 35 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Ashcroft et al. [8] und Eaton et al [31] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Sehneninterpositionsarthroplastik

Erstautor	Ashcroft	Eaton
Publikationsjahr	1993	1989
Studientyp	Fallserie	
Evidenz-Level	4	
Fallzahl	7	12
Follow-up-Rate [%]	100	
nachuntersuchte Fälle	7	12
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	42 (26-52)	38 (26-58)
Diagnose:	Skaphoidpseudarthrose	
Therapie	Sehneninterpositionsarthroplastik	
Zeit bis zur Behandl. [Monate] Mittelwert		138
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	108 (54-216)	44 (8-108)
ROM Extension/Flexion [Grad]		146
Schmerz kein [%]	29	75

Tabelle 36 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Tomaino et al. [106] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch die Resektion der proximalen Handwurzelreihe (PRC)

Erstautor	Tomaino
Publikationsjahr	1994
Studientyp	Fallserie
Evidenz-Level	4
Fallzahl	7
Follow-up-Rate [%]	100
nachuntersuchte Fälle	7
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	35 (26-46)
Diagnose:	Skaphoid- pseudarthrose
Therapie	PRC
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	69 (36-96)
Griffstärke [%]	71
Schmerz kein [%]	43

Tabelle 37 Patientendaten und Ergebnisse der Studie von Levadoux et al [65] zur Therapie der Skaphoidpseudarthrose durch Totalarthrodese

Erstautor	Levadoux
Publikationsjahr	2003
Studientyp	Fallserie
Evidenz-Level	4
Fallzahl	14
Follow-up-Rate [%]	100
nachuntersuchte Fälle	14
Pat.alter [Jahre] Mittelw. (range)	63 (56-75)
Diagnose:	Skaphoid- pseudarthrose
Therapie	Totalarthrodese
mittlerer Follow-up [Mo] (range)	47 (12-96)
Mittlere postop.Flexion in [Grad]	48
Mittlere postop. Extension [Grad]	41
Mittlere postop.Radialdeviation [Grad]	12
Mittlere postop. Ulnardeviation [Grad]	22
Schmerz kein [%]	72

Tabellen

Tabelle 38 Zusammenfassung der Fallserien bei Pseudarthrose mit Arthrose

Verfahren	Mediokarpale Teilarthrodese	Skaphoid- Resektion	Sehneninter- positions- arthroplastik	PRC	Totalprothese
Anzahl der Studien	3	2	2	1	1
Gesamt-Fallzahl	39	14	10	7	14
Follow-up-Rate [%] (range)	56-100	100	100	100	100
Gesamtzahl der nachuntersuchten Fälle	30	14	10	7	14
mittlerer Follow-up [Monate] (range)	13-47	10-49	44-108	36-96	46-75
Mittlerer ROM [Grad] (range)	56-71	92-155	146		89
Mittlere Griffstärke (range)	58-76	75-80		71	
Mittlerer DASH (range)	29-39				
Mittlerer postop. Schmerz kein (range)	16-58	68	29-75	43	72

8. Literaturverzeichnis

1. **Adams BD, Blair WF, Reagan DS, Grundberg AB**. Technical factors related to Herbert screw fixation. *J Hand Surg [Am]*. 1988; 13 (6) : 893-9.
2. **Adams BD, Frykman GK, Taleisnik J**. Treatment of scaphoid nonunion with casting and pulsed electromagnetic fields: a study continuation. *J Hand Surg [Am]*. 1992; 17 (5) : 910-4.
3. **Akmaz I, Kiral A, Pehlivan O, Mahirogullari M, Solakoglu C, Rodop O**. Biodegradable implants in the treatment of scaphoid nonunions. *Int Orthop*. 2004; 28 (5) : 261-6.
4. **Amadio PC**. Outcomes assessment in hand surgery. What's new? *Clin Plast Surg*. 1997; 24 (1) : 191-4.
5. **Amadio PC**. What's new in hand surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2001; 83-A (3) : 473-7.
6. **Amadio PC, Taleisnik J**. *Fractures of the carpal bones*. Vol. 1 New York, Edinburgh, London, Melbourne, Tokyo: Churchill Livingstone; 1999. (Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, eds. Operative Hand Surgery).
7. **Ärzteblatt D**. *Deutsches Ärzteblatt*. 2004; 101 (6) .
8. **Ashcroft GP, D'Netto DC, Alsindi Z**. Silicone replacement for non-union of the scaphoid. 7 cases followed for 9 (5-18) years. *Acta Orthop Scand*. 1993; 64 (4) : 472-4.
9. **Bahri H, Baccari S, Maalla R, Ennouri KH, Tarhouni L**. [Treatment of pseudarthrosis of the carpal scaphoid bone by percutaneous pinning. Apropos of 74 cases]. *Chir Main*. 2000; 19 (2) : 75-81.
10. **Bertelli JA, Tacca CP, Rost JR**. Thumb metacarpal vascularized bone graft in long-standing scaphoid nonunion--a useful graft via dorsal or palmar approach: a cohort study of 24 patients. *J Hand Surg [Am]*. 2004; 29 (6) : 1089-97.
11. **Bilic R, Simic P, Jelic M, et al**. Osteogenic protein-1 (BMP-7) accelerates healing of scaphoid non-union with proximal pole sclerosis. *Int Orthop*. 2006; 30 (2) : 128-34.
12. **Böhler L, Trojan E, Jahna H**. Behandlungsergebnisse von 734 frischen einfachen Brüchen des Kahnbeinkörpers der Hand. *Wiederherstellungschir Traumatol*. 1954; II: 86-111.
13. **Bora FW, Jr., Osterman AL, Brighton CT**. The electrical treatment of scaphoid nonunion. *Clin Orthop Relat Res*. 1981 (161) : 33-8.
14. **Breederveld RS, Tuinebreijer WE**. Investigation of computed tomographic scan concurrent criterion validity in doubtful scaphoid fracture of the wrist. *J Trauma*. 2004; 57 (4) : 851-4.
15. **Brostrom LA, Stark A, Svartengren G**. Non-union of the scaphoid treated with styloidectomy and compression screw fixation. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1986; 20 (3) : 289-91.
16. **Carpentier E, Sartorius C, Roth H**. Scaphoid nonunion: treatment by open reduction, bone graft, and staple fixation. *J Hand Surg [Am]*. 1995; 20 (2) : 235-40.
17. **Chantelot C, Frebault C, Limousin M, Robert G, Migaud H, Fontaine C**. [Long-term outcome of non-vascularized grafts for carpal scaphoid nonunion: 58 cases with 8.8 year follow-up]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2005; 91 (8) : 724-31.
18. **Cohen MS, KS**. Degenerative arthritis of the wrist: proximal row carpectomy versus scaphoid excision and four-corner arthrodesis. *J Hand Surg [Am]*. 2001; 26 (1) : 94-104.

19. **Compson JP, Waterman JK, Heatley FW**. The radiological anatomy of the scaphoid. Part 2: Radiology. *J Hand Surg [Br]*. 1997; 22 (1) : 8-15.
20. **Cooney WP, 3rd, Dobyns JH, Linscheid RL**. Nonunion of the scaphoid: analysis of the results from bone grafting. *J Hand Surg [Am]*. 1980; 5 (4) : 343-54.
21. **Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL**. Difficult wrist fractures. Perilunate fracture-dislocations of the wrist. *Clin Orthop Relat Res*. 1987 (214) : 136-47.
22. **Cooney WP, Linscheid RL, Dobyns JH, Wood MB**. Scaphoid nonunion: role of anterior interpositional bone grafts. *J Hand Surg [Am]*. 1988; 13 (5) : 635-50.
23. **Crawford RJ, Gupta A, Risitano G, Burke FD**. The use of totally de-proteinized heterologous bone graft in non-union of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]*. 1991; 16 (2) : 153-5.
24. **Dacho A, Grundel J, Holle G, Germann G, Sauerbier M**. Long-term results of midcarpal arthrodesis in the treatment of scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC-Wrist) and scapholunate advanced collapse (SLAC-Wrist). *Ann Plast Surg*. 2006; 56 (2) : 139-44.
25. **Dailiana ZH, Zachos V, Varitimidis S, Papanagiotou P, Karantanias A, Malizos KN**. Scaphoid nonunions treated with vascularised bone grafts: MRI assessment. *Eur J Radiol*. 2004; 50 (3) : 217-24.
26. **Daly K, Gill P, Magnussen PA, Simonis RB**. Established nonunion of the scaphoid treated by volar wedge grafting and Herbert screw fixation. *J Bone Joint Surg Br*. 1996; 78 (4) : 530-4.
27. **del Pinal F**. Treatment of nonunion of the scaphoid by a limited combined approach. *J Bone Joint Surg Br*. 2001; 83 (1) : 78-82.
28. **del Pinal FA**. Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]*. 2001; 26 (3) : 273-4.
29. **DeMaagd RL, Engber WD**. Retrograde Herbert screw fixation for treatment of proximal pole scaphoid nonunions. *J Hand Surg [Am]*. 1989; 14 (6) : 996-1003.
30. **Drac P, Manak P, Pieranova L**. Distal scaphoid resection arthroplasty for scaphoid nonunion with radioscapoid arthritis. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2006; 150 (1) : 143-5.
31. **Eaton RG, Akelman E, Eaton BH**. Fascial implant arthroplasty for treatment of radioscapoid degenerative disease. *J Hand Surg [Am]*. 1989; 14 (5) : 766-74.
32. **Eggl S, Fernandez DL, Beck T**. Unstable scaphoid fracture nonunion: a medium-term study of anterior wedge grafting procedures. *J Hand Surg [Br]*. 2002; 27 (1) : 36-41.
33. **Filan SL, Herbert TJ**. Herbert screw fixation of scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1996; 78 (4) : 519-29.
34. **Fisk GR**. Carpal instability and the fractured scaphoid. *Ann R Coll Surg Engl*. 1970; 46 (2) : 63-76.
35. **Frahm R, Lowka K, Vinee P**. [Computerized tomography diagnosis of scaphoid fracture and pseudarthrosis in comparison with roentgen image]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1992; 24 (2) : 62-6.
36. **Gabl M, Reinhart C, Lutz M, et al**. Vascularized bone graft from the iliac crest for the treatment of nonunion of the proximal part of the scaphoid with an avascular fragment. *J Bone Joint Surg Am*. 1999; 81 (10) : 1414-28.
37. **Garcia-Elias M, Irisarri C, Henriquez A, et al**. Perilunar dislocation of the carpus. A diagnosis still often missed. *Ann Chir Main*. 1986; 5 (4) : 281-7.
38. **Germann G, Harth A, Wind G, Demir E**. [Standardisation and validation of the German version 2.0 of the Disability of Arm, Shoulder, Hand (DASH) questionnaire]. *Unfallchirurg*. 2003; 106 (1) : 13-9.

39. **Green DP**. The effect of avascular necrosis on Russe bone grafting for scaphoid nonunion. *J Hand Surg [Am]*. 1985;10 (5) :597-605.
40. **Green DP, O'Brien ET**. Classification and management of carpal dislocations. *Clin Orthop Relat Res*. 1980 (149) :55-72.
41. **Groner R, Zellner PR**. [Results of follow-up of Matti-Russe surgical treatment of scaphoid pseudarthroses]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1995;27 (1) :43-5.
42. **Harpf C, Gabl M, Reinhart C, et al**. Small free vascularized iliac crest bone grafts in reconstruction of the scaphoid bone: a retrospective study in 60 cases. *Plast Reconstr Surg*. 2001;108 (3) :664-74.
43. **Herbert TJ**. *The fractured scaphoid* St. Louis: Quality Medical Publishing; 1990.
44. **Herbert TJ**. Letter: Non-union of the scaphoid. *Br Med J*. 1974;4 (5943) :531.
45. **Herbert TJ, Filan SL**. Proximal scaphoid nonunion-osteosynthesis. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1999;31 (3) :169-73.
46. **Herbert TJ, Fisher WE**. Management of the fractured scaphoid using a new bone screw. *J Bone Joint Surg Br*. 1984;66 (1) :114-23.
47. **Herzberg G, Comtet JJ, Linscheid RL, Amadio PC, Cooney WP, Stalder J**. Perilunate dislocations and fracture-dislocations: a multicenter study. *J Hand Surg [Am]*. 1993;18 (5) :768-79.
48. **Horton R**. Surgical research or comic opera: questions, but few answers. *Lancet*. 1996;347 (9007) :984-5.
49. **Huene DR, Huene DS**. Treatment of nonunions of the scaphoid with the Ender compression blade plate system. *J Hand Surg [Am]*. Vol. 16; 1991:913-22.
50. **Hulley SB, Cummings SR, Browner WS, Grody D, Hearst N, Newman TB**. Designing Clinical Research. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
51. **Inoue G, Shionoya K, Kuwahata Y**. Herbert screw fixation for scaphoid nonunions. An analysis of factors influencing outcome. *Clin Orthop Relat Res*. 1997 (343) :99-106.
52. **Inoue G, Shionoya K, Kuwahata Y**. Ununited proximal pole scaphoid fractures. Treatment with a Herbert screw in 16 cases followed for 0.5-8 years. *Acta Orthop Scand*. 1997;68 (2) :124-7.
53. **Inoue G, Tanaka Y, Nakamura R**. Treatment of trans-scaphoid perilunate dislocations by internal fixation with the Herbert screw. *J Hand Surg [Br]*. 1990;15 (4) :449-54.
54. **Kawai H, Yamamoto K**. Pronator quadratus pedicled bone graft for old scaphoid fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1988;70 (5) :829-31.
55. **Kirkeby L, Baek Hansen T**. Vascularized bone graft for the treatment of non-union of the scaphoid. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2006;40 (4) :240-3.
56. **Komurcu M, Basbozkurt M, Gur E**. Surgical treatment results in scaphoid nonunion. *J South Orthop Assoc*. 2001;10 (4) :215-20.
57. **Krakauer JD, Bishop AT, Cooney WP**. Surgical treatment of scapholunate advanced collapse. *J Hand Surg [Am]*. 1994;19 (5) :751-9.
58. **Krimmer H, Kremling E, van Schoonhoven J, Prommersberger KJ, Hahn P**. Proximal scaphoid pseudarthrosis--reconstruction by dorsal bone screw and spongiosa transplantation. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1999;31 (3) :174-7.
59. **Krimmer H, Schmitt R, Herbert T**. Kahnbeinfrakturen. Diagnostik, Klassifikation und Therapie. *Unfallchirurg*. 2000;103 (10) :812-9.
61. **Krimmer H, Wiemer P, Kalb K**. [Comparative outcome assessment of the wrist joint--mediocarpal partial arthrodesis and total arthrodesis]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2000;32 (6) :369-74.
62. **Kukla C, Wozasek GE**. [Long-term results of Russe modified scaphoid screw fixation II]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1992;24 (5) :267-72.

63. **Küntscher M, Trankle M, Sauerbier M, Germann G, Bickert B.** [Management of proximal scaphoid bone pseudarthroses and fractures with the mini-Herbert screw via a dorsal approach]. *Unfallchirurg*. 2001;104 (9) :813-9.
64. **Leslie IJ, Dickson RA.** The fractured carpal scaphoid. Natural history and factors influencing outcome. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63-B (2) :225-30.
65. **Levadoux M, Legre R.** Total wrist arthroplasty with Destot prostheses in patients with posttraumatic arthritis. *J Hand Surg [Am]*. 2003;28 (3) :405-13.
66. **Lukas B HF, Englert A, Backer K.** [The treatment of carpal collapse: proximal row carpectomy or limited midcarpal arthrodesis? A comparative study]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2003;35 (5) :304-9.
67. **Malerich MM, Littler JW, Eaton R.** Distal scaphoid resection arthroplasty for the treatment of patients with degenerative arthritis secondary to scaphoid nonunion. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2002;6 (2) :98-102.
68. **Martini AK.** [Experiences with the Herbert screw]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1993;25 (4) :211-6.
69. **Martini AK, Schiltenswolf M.** [Changes in the wrist joint in spontaneous course of scaphoid pseudarthrosis]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1995;27 (4) :201-7.
70. **Maruthainar N, Rasquinha VJ, Gallagher P.** The treatment of scaphoid nonunion. A review of a novel technique using precision bone grafting compared with Herbert screw fixation and bone graft. *J Hand Surg [Br]*. 2000;25 (5) :427-30.
71. **Mettler MO.** *Bericht über 357 Skaphoidfrakturen von 1971 bis 1977. Ergänzung und Vergleich zur Studie über 669 Fälle bis 1970* Stuttgart: Hippokrates; 1982. (Buck-Gramcko D, Nigst H, eds. Frakturen, Luxationen und Dissoziationen der Karpalknochen) .
72. **Miric D, Karovic B, Senohradski K.** [Role of wrist instability in the onset of pseudoarthrosis of the scaphoid bone]. *Srp Arh Celok Lek*. 2000;128 (11-12) :384-8.
73. **Moher D, Cook DJ, Eastwood S, Olkin I, Rennie D, Stroup DF.** Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the QUOROM statement. Quality of Reporting of Meta-analyses. *Lancet*. 1999;354 (9193) :1896-900.
74. **Mulrow CD.** Rationale for systematic reviews. *Bmj*. 1994;309 (6954) :597-9.
75. **Nakamura R, Hori M, Horii E, Miura T.** Reduction of the scaphoid fracture with DISI alignment. *J Hand Surg [Am]*. 1987;12 (6) :1000-5.
76. **Nakamura R, Imaeda T, Horii E, Miura T, Hayakawa N.** Analysis of scaphoid fracture displacement by three-dimensional computed tomography. *J Hand Surg [Am]*. 1991;16 (3) :485-92.
77. **Parkinson RW, Hodgkinson JP, Hargadon EJ.** Symptomatic non-union of the carpal scaphoid: Matti-Russe bone grafting versus Herbert screw fixation. *Injury*. 1989;20 (3) :164-6.
78. **Pelto-Vasenius K, Hirvensalo E, Bostman O, Rokkanen P.** Fixation of scaphoid delayed union and non-union with absorbable polyglycolide pin or Herbert screw. Consolidation and functional results. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1995;114 (6) :347-51.
79. **Petracic B, Siebert H.** *Klassifikation der Handskelettfrakturen nach Prinzipien der AO* Berlin Heidelberg New York: Springer; 1989. (Müller ME, Nazarian S, Koch P, eds. AO-Klassifikation der Frakturen) .
80. **Phillips B, Ball C, Sackett D, et al.** Levels of Evidence and Grades of Recommendation. Oxford Centre for Evidence-based Medicine; 2001.
81. **Preisser P, Rudolf KD, Partecke BD.** [Persistent scaphoid pseudarthrosis after surgical treatment: results of repeated bone transplantation]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*.

- 1999; 31 (3) : 187-95.
82. **Radford PJ, Matthewson MH, Meggitt BF**. The Herbert screw for delayed and non-union of scaphoid fractures: a review of fifty cases. *J Hand Surg [Br]*. 1990; 15 (4) : 455-9.
83. **Ricardo M**. The effect of ultrasound on the healing of muscle-pediculated bone graft in scaphoid non-union. *Int Orthop*. 2006; 30 (2) : 123-7.
84. **Richards RR, Regan WD**. Treatment of scaphoid nonunion by radical curettage, trapezoidal iliac crest bone graft, and internal fixation with a Herbert screw. *Clin Orthop Relat Res*. 1991 (262) : 148-58.
85. **Ring D, Jupiter JB, Herndon JH**. Acute fractures of the scaphoid. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000; 8 (4) : 225-31.
86. **Robbins RR, Ridge O, Carter PR**. Iliac crest bone grafting and Herbert screw fixation of nonunions of the scaphoid with avascular proximal poles. *J Hand Surg [Am]*. 1995; 20 (5) : 818-31.
87. **Russe O**. Behandlungsergebnisse der Spongiosaauffüllung bei Kahnbeinpseudarthrosen. *Z.Orthop. 81*. 1951.
88. **Russe O**. Die Kahnbeinpseudarthrose, Behandlung und Ergebnisse. *Hefte Unfallheilkunde*. 1980; 148 : 129.
89. **Russe O**. Fracture of the carpal navicular. Diagnosis, non-operative treatment, and operative treatment. *J Bone Joint Surg Am*. 1960; 42-A : 759-68.
90. **Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS**. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. 1996. *Clin Orthop Relat Res*. 2007; 455 : 3-5.
91. **Sauerbier M, Bickert B, Trankle M, Kluge S, Pelzer M, Germann G**. [Surgical treatment possibilities of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist)]. *Unfallchirurg*. 2000; 103 (7) : 564-71.
92. **Sauerbier M, Bishop AT**. [Possible applications of pedicled vascularized bone transplants of the distal radius]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2001; 33 (6) : 387-400.
93. **Sauerbier M, Gunther C, Bickert B, Pelzer M, Germann G**. [Long-term outcome of reconstruction of proximal scaphoid pseudarthroses with Matti-Russe-plasty]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1999; 31 (3) : 182-6.
94. **Sauerland S, Seiler CM**. Role of systematic reviews and meta-analysis in evidence-based medicine. *World J Surg*. 2005; 29 (5) : 582-7.
95. **Schädel-Höpfner M, Diener MK, Windolf J**. Bedarf für systematische Literaturanalysen in der Handchirurgie. Ergebnisse einer Expertenumfrage. *unpublished data*. 2006.
96. **Schädel-Höpfner M, Junge A, Böhringer G**. Scapholunate ligament injury occurring with scaphoid fracture--a rare coincidence? *J Hand Surg [Br]*. 2005; 30 (2) : 137-42.
97. **Schubert HE**. Scaphoid fracture. Review of diagnostic tests and treatment. *Can Fam Physician*. 2000; 46 : 1825-32.
98. **Seiler CM, Knaebel HP, Wentz MN, Rothmund M, Büchler MW**. Plädoyer für mehr evidenzbasierte Chirurgie. *Dt Arztebl*. 2004; 101 : A 338-344.
99. **Slade JF, 3rd, Geissler WB, Gutow AP, Merrell GA**. Percutaneous internal fixation of selected scaphoid nonunions with an arthroscopically assisted dorsal approach. *J Bone Joint Surg Am*. 2003; 85-A Suppl 4 : 20-32.
100. **Smith DK, Cooney WP, 3rd, An KN, Linscheid RL, Chao EY**. The effects of simulated unstable scaphoid fractures on carpal motion. *J Hand Surg [Am]*. 1989; 14 (2 Pt 1) : 283-91.
101. **Stark A, Brostrom LA, Svartengren G**. Scaphoid nonunion treated with the Matti-Russe technique. Long-term results. *Clin Orthop Relat Res*. 1987 (214) : 175-80.
102. **Stecher WR**. Roentgenography of the carpal navicular bone. *Am J Roentgenol*.

- 1937; 37:704-705.
103. **Stewart MJ**. Fractures of the carpal navicular (scaphoid): a report of 436 cases. *J Bone Joint Surg Am*. 1954; 36-A (5) : 998-1006.
 104. **Sukul DM, Johannes EJ, Marti RK**. Corticocancellous grafting and an AO/ASIF lag screw for nonunion of the scaphoid. A retrospective analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1990; 72 (5) : 835-8.
 105. **Takami H, Takahashi S, Ando M**. Scaphoid nonunion treated by open reduction, anterior inlay bone grafting, and Kirschner-wire fixation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2000; 120 (3-4) : 134-8.
 106. **Tomaino MM, Delsignore J, Burton RI**. Long-term results following proximal row carpectomy. *J Hand Surg [Am]*. 1994; 19 (4) : 694-703.
 107. **Trumble TE, Clarke T, Kreder HJ**. Non-union of the scaphoid. Treatment with cannulated screws compared with treatment with Herbert screws. *J Bone Joint Surg Am*. 1996; 78 (12) : 1829-37.
 108. **Tsuyuguchi Y, Murase T, Hidaka N, Ohno H, Kawai H**. Anterior wedge-shaped bone graft for old scaphoid fractures or non-unions. An analysis of relevant carpal alignment. *J Hand Surg [Br]*. 1995; 20 (2) : 194-200.
 109. **Uerpaiojkit C, Leechavengvongs S, Witoonchart K**. Primary vascularized distal radius bone graft for nonunion of the scaphoid. *J Hand Surg [Br]*. 2000; 25 (3) : 266-70.
 110. **Vance MC, Hernandez JD, Didonna ML, Stern PJ**. Complications and outcome of four-corner arthrodesis: circular plate fixation versus traditional techniques. *J Hand Surg [Am]*. 2005; 30 (6) : 1122-7.
 111. **Warren-Smith CD, Barton NJ**. Non-union of the scaphoid: Russe graft vs Herbert screw. *J Hand Surg [Br]*. 1988; 13 (1) : 83-6.
 112. **Watson HK, Ballet FL**. The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J Hand Surg [Am]*. 1984; 9 (3) : 358-65.
 113. **Weber ER, Chao EY**. An experimental approach to the mechanism of scaphoid waist fractures. *J Hand Surg [Am]*. 1978; 3 (2) : 142-8.
 114. **Wilhelm A**. [Denervation Of The Wrist.]. *Hefte Unfallheilkd*. 1965; 81 : 109-14.
 115. **Wilhelm K, Wilhelm A**. [Scaphoid pseudarthrosis of the proximal third--results of treatment with the Herbert screw]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1999; 31 (3) : 178-81.
 116. **Wyrick JD SP, Kiefhaber TR**. Motion-preserving procedures in the treatment of scapholunate advanced collapse wrist: proximal row carpectomy versus four-corner arthrodesis. *J Hand Surg [Am]*. 1995; 16 (3) : 474-8.
 117. **Zaidenberg C, Siebert JW, Angrigiani C**. A new vascularized bone graft for scaphoid nonunion. *J Hand Surg [Am]*. 1991; 16 (3) : 474-8.

Curriculum vitae

PERSÖNLICHE ANGABEN

Geboren am: 22.08.1982 in Freiburg
Nationalität: deutsch
Familienstand: ledig

SCHULAUSBILDUNG

1989-1993 Grundschule Pfaffenweiler
1993-2002 Faust- Gymnasium Staufen
2002 Allgemeine Hochschulreife

STUDIUM

2002-2004 Beginn des Studiums Humanmedizin an der Ruhr Universität Bochum
2004 Ärztliche Vorprüfung
2004-2008 Fortsetzung des Studiums an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
2008-2009 Praktisches Jahr an der Universitätsklinik Freiburg

- 1. Tertial: Innere Medizin- Mount Sinai School of Medicine, New York, USA (März-Juni 2008)
- 2. Tertial: Chirurgie- Chirurgische Universitätsklinik Freiburg (Juni-August 2008)
Inselspital Bern (August-Oktober 2008)
- 3. Tertial: Dermatologie- Universitäts-Hautklinik Freiburg (Oktober 2008 – Januar 2009)

2009 Ärztliche Prüfung & Approbation

Ehrenwörtliche Erklärung

„Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Düsseldorf zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel Therapie der Skaphoidpseudarthrose eine systemische Literaturanalyse in der Klinik für Unfall-und Handchirurgie unter der Leitung von Prof. Dr. med. J. Windolf mit Unterstützung durch Priv. Doz. Dr. med. M. Schädel-Höpfner ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischem Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Freiburg, den 16. April 2010

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Mein akademischer Lehrer war Herr Priv. Doz. Dr. med. M. Schädel-Höpfner in Düsseldorf.

Danksagung

Bei allen, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben, möchte ich mich herzlich bedanken.

Dieser Dank gilt in erster Linie meinem Doktorvater, Herrn Priv.Doz. Dr. med. M. Schädel-Höpfner, der mir dieses Thema überließ und mich trotz des Wechsels für das Praktische Jahr an die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg stets förderte, unterstützte und mit konstruktiver Kritik zur Seite stand.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium ermöglichten und mich auch danach zu jeder Zeit unterstützten.

Danke, dass ihr mir jederzeit und in allen Belangen zur Seite standet. Ihr habt immer an mich geglaubt, vor allem in Situationen in denen ich es nicht mehr tat. Ihr habt mich stets aufgebaut und gestärkt- dafür bin ich euch unendlich dankbar.

Danke David für deine unermüdliche Geduld, deine fortwährende Hilfe und Unterstützung. Du bist unser ruhender Pol; du gibst mir Kraft und Liebe. Ohne dich wäre ich nicht da wo ich jetzt bin.