

**Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen  
Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungs-  
chirurgie an der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen  
Chefarzt Professor Dr. H.-E. Schaller**

**Die Denervierung des Handgelenkes:  
Grundlagen, Technik und klinische Ergebnisse**

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

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

**vorgelegt von Felix Tonagel**

**2005**

Dekan: Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter: Professor Dr. H.-E. Schaller

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Birbaumer

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1. Einleitung	5
1.1 Historischer Überblick	6
1.2 Anatomische Grundlagen	8
1.2.1 Anatomische Studien	8
1.2.2 Die sensible Innervation des Handgelenkes	9
1.3 Testdenervierung	13
1.4 Technik der Denervierung	14
1.5 Fragestellung	18
2. Material und Methodik	18
2.1 Patientengut	18
2.1.1 Einschlusskriterien	18
2.1.2 Personenbezogene Daten	18
2.1.3 Krankengeschichten	19
2.1.4 Art der Operation	19
2.2 Studienaufbau	20
2.2.1 DASH-Fragebogen	22
2.2.2 Zusätzlicher Fragebogen	23
2.2.3 Anatomische Dokumentation	23
2.3 Auswertung	24
2.3.1 Beobachtungszeitraum	24
2.3.2 Art der Denervierung	24
2.3.3 Patienten mit Arthrodesen	24
2.3.4 Bewertung des Behandlungserfolges	24
2.3.5 Dauer der Beschwerdefreiheit	25
2.4 Statistische Analyse	25
3. Ergebnisse	27
3.1 Ätiologie	27
3.2 Schmerzen	29
3.2.1 Beschwerdefreiheit	30

3.2.2 Schmerzentwicklung nach Aktenlage	31
3.2.3 Visuelle Analogskala	34
3.2.4 Verteilung der Schmerzangaben - VAS-Klassifikation	38
3.2.5 Korrelierende Faktoren	40
3.2.5.1 Geschlecht	40
3.2.5.2 Schmerzen - DASH-Fragebogen	41
3.2.6 Nicht korrelierende Faktoren	41
3.2.6.1 Schmerzreduktion - berufliche Belastung	41
3.2.6.2 Schmerzreduktion - Alter des Patienten	42
3.2.7 DASH-Fragebogen	42
3.3 Beweglichkeit	43
3.3.1 Korrelierende Faktoren	45
3.3.1.1 Schmerzen (VAS)	45
3.3.1.2. Zeitraum Unfall - Denervierung	45
3.4 Arbeit	46
3.4.1 Arbeitsfähigkeit	46
3.4.2 Erwerbsunfähigkeit	46
3.4.3 Arbeitsplatzwechsel	46
3.5 Ergebnisse von Patienten mit Arthrodesen	47
3.5.1 Ätiologie	47
3.5.2 Schmerzen	48
3.5.3 Beruf	50
3.5.4 Patientenzufriedenheit	51
3.6 Behandlungserfolg	51
3.7 Patientenzufriedenheit	52
4. Diskussion	54
5. Zusammenfassung	61
6. Anhang	64
7. Literaturverzeichnis	69
8. Danksagung	72
9. Lebenslauf	73

## **1. EINLEITUNG**

Die Handgelenkdenervierung wird an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen seit Mitte der siebziger Jahre mit Erfolg durchgeführt. Diese Technik wird zwar in Europa und hier insbesondere in Deutschland angewandt, nimmt jedoch innerhalb des Spektrums der Therapiemöglichkeiten am arthrotischen Handgelenk eine Außenseiterrolle ein. Trotz der Veröffentlichungen über erfolgreiche Therapieergebnisse einiger namhafter Handchirurgen (Buck-Gramcko 1993 a; Ferreres et al. 1995 b; Foucher et al. 1992; Foucher et al. 1998; Grechening et al. 1998; Lanz 1992; Ishida et al. 1993) hegen nicht wenige der Kollegen ein gewisses Misstrauen gegenüber dieser Operation. Außerhalb Europas und insbesondere in den Vereinigten Staaten sehen eine Vielzahl der Chirurgen diese Therapieform als unwirksam an.

Zum einen liegt das Problem sicher in der nicht ganz einfachen Operationstechnik, welche die minutiöse Durchtrennung der afferenten Nervenäste erfordert. Eine solchermaßen durchgeführte Operation scheint vielen Kollegen als mühselig, wird doch weder die Grunderkrankung behandelt, noch die Arthrose selbst beseitigt. Insbesondere letzteres ist für viele Kollegen schwer zu akzeptieren, sind Sie doch alltäglich bemüht, pathologische Prozesse aufzuhalten oder zur Ausheilung zu bringen.

Erstaunlicherweise wird jedoch ein nicht unerheblicher Teil der Denervierungsoperation gleichzeitig mit anderen Operationen am Handgelenk durchgeführt, welche ihrerseits darauf abzielen, den arthrotischen Prozess aufzuhalten oder zumindest die schmerzfreie Beweglichkeit des Handgelenks wieder herzustellen. Bei der STT Arthrodese, der Vier-Ecken-Arthrodese oder der Resektion der proximalen Handwurzelreihe wird von den meisten europäischen wie amerikanischen Autoren die Resektion zumindest des N. interosseus posterior - manchmal auch des N. interosseus anterior - empfohlen. Über den Denervierungseffekt durch den dorsalen Zugang wird jedoch meist keine Diskussion geführt.

Dieser Zustand führt zu einer nicht unerheblichen therapeutischen Unsicherheit. Auf der einen Seite wird der Handgelenkdenervation ihre Wirksamkeit abgesprochen, auf der anderen Seite werden ihre Hauptbestandteile im Rahmen anderer Eingriffe mit durchgeführt und ausdrücklich empfohlen.

Es erschien uns deshalb sinnvoll, das bislang weltweit größte Patientengut an Handgelenkdenervationen mit der Fragestellung der Wirksamkeit dieser Therapieform aufzuarbeiten.

## **1.1 HISTORISCHER ÜBERBLICK**

Die Denervierung des Handgelenks ist eine palliative Methode zur Behandlung schmerzhafter Zustände des Handgelenks unterschiedlicher Ätiologie. Hierbei werden die sensiblen afferenten Nervenfasern aus der Handwurzel neurotomiert, ohne eine Störung der Oberflächensensibilität oder der Motorik hervorzurufen. Ziel ist die Reduktion der Schmerzempfindung unter Erhaltung der bestehenden Handgelenkbeweglichkeit, nicht die Sanierung der zugrundeliegenden, destruierenden Prozesse.

Die Idee, ein Gelenk zu denervieren, kam erstmals von Camitz 1933 (Camitz 1933), welcher vorschlug, das arthrotische Hüftgelenk mittels Durchtrennung der sensiblen Anteile des Nervus obturatorius zu behandeln. 1942 gelang es Tavernier und Truchet, dieses zunächst mäßig erfolgreiche Verfahren aufgrund anatomischer Untersuchungen der Hüftgelenkinnervation (Tavernier und Truchet 1942) entscheidend zu verbessern. Darauf wurden auch andere Gelenke mit guten Ergebnissen denerviert, darunter das Kniegelenk (Marcacci 1954), die Sprunggelenke (Nyakas 1958) und das Schultergelenk (Nyakas und Kiss 1955). Nyakas führte eine präoperative Novocainblockade der schmerzleitenden Nervenfasern ein, die eine Abschätzung der individuellen Erfolgsaussichten einer Denervierung ermöglichen sollte.

Wilhelm führte 1958 anatomische Studien zur Innervation der oberen Extremität durch (Wilhelm 1958) und entwickelte 1966 (Wilhelm 1966) eine Methode zur

Denervierung der Hand- und Fingergelenke. Er erzielte mit dieser Methode nach durchschnittlich 1.2 Jahren bei 80 Prozent der operierten Patienten gute und sehr gute Ergebnisse (n=21). Nach durchschnittlich 2.2 Jahren fanden sich 77.8 Prozent gute Ergebnisse (n=27) und nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 10.5 Jahren immer noch 62.5 Prozent (n=24) (Wilhelm 2001). Andere Autoren veröffentlichten ähnliche Ergebnisse: Buck-Gramcko (Buck-Gramcko 1977) berichtete in einer multizentrischen Studie (n=195), an der 8 deutsche und schweizerische handchirurgische Kliniken (Wilhelm eingeschlossen) teilnahmen, von 68.7 Prozent guten und sehr guten Ergebnissen nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 4.1 Jahren. Buck-Gramcko konnte diese Ergebnisse mit einer weiteren Studie (n=242) bestätigen (Buck-Gramcko 1993 b). Hier berichtete er von 66.5 Prozent guten und sehr guten Ergebnissen nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 6.7 Jahren.

Geldmacher et al. veröffentlichten 1972 eine Studie (n=30) mit 72 Prozent guten und sehr guten Ergebnissen (Geldmacher et al.1972). Foucher et al. (n=50) berichten von 72 Prozent guten und sehr guten Ergebnissen bei einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 4 Jahren (Foucher et al. 1992). Ferrerers et al. verglichen die Ergebnisse von Totaldenervierungen mit denen von Teildenervierungen, bei denen nur der Nervus interosseus posterior durchtrennt wurde (Ferrerres et al 1995 b): Dabei erzielten sie bei den Totaldenervierungen (n=22) bei 86 Prozent der Patienten gute und sehr gute Ergebnisse, bei den Teildenervierungen (n=30) hingegen nur bei 37 Prozent. Der Beobachtungszeitraum dieser beiden Gruppen liegt im Median respektive bei 5.4 und 4.7 Jahren.

Grechenig et al. (Grechenig et al. 1998) erreichten bei 72 Prozent der Patienten (n=22) gute und sehr gute Ergebnisse bei einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 4.2 Jahren.

Weniger gute Ergebnisse werden von Ekerot et al. und Ishida et al. berichtet: In Ekerots Arbeit (Ekerot et al.1983) konnten 56 Prozent der Patienten als gut

oder sehr gut eingestuft werden (n=46). Der Beobachtungszeitraum betrug hier durchschnittlich 3.8 Jahre. Ishida et al. (Ishida et al. 1993) veröffentlichten 29 Prozent gute und sehr gute Ergebnisse (n=29) bei einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 4.2 Jahren.

## **1.2 ANATOMISCHE GRUNDLAGEN**

### **1.2.1 Anatomische Studien**

Rüdinger (Rüdinger 1857) untersuchte schon 1857 die Innervation der Gelenke des menschlichen Körpers. Im Bereich der Hand- und Fingergelenke wurden seine Studien 1939 durch Rauber (Rauber und Kopsch 1939) ergänzt. Wilhelm führte 1958 (Wilhelm 1958) anatomische Studien der oberen Extremität durch, welche die Grundlage der später von ihm entwickelten Handgelenkdenervierung (Wilhelm 1966) darstellen. Andere Autoren trugen später weitere Erkenntnisse in diesem Bereich bei:

Fukumoto et al. bestätigten Wilhelms Arbeiten in weiten Teilen (Fukumoto et al. 1993). Der tiefe Ast des Nervus ulnaris sei aber mit der von Wilhelm beschriebenen Methode nicht zu erreichen. Auch Dubert et al. (Dubert et al. 1990) fanden weitgehend Übereinstimmungen mit Wilhelms Ergebnissen, jedoch konnten keine Gelenkäste des Nervus palmaris nervi mediani gefunden werden.

Mackinon et al. (Mackinon et al. 1985) wiesen darauf hin, dass sich die Innervationsgebiete des Nervus cutaneus antebrachii lateralis und des Nervus superficialis nervi radialis in 75 Prozent der untersuchten Präparate überschneiden. Ferreres et al. (Ferreres et al. 1995 a) führten eine Studie durch, die auch histologische Untersuchungen umfasst. Danach berücksichtigt Wilhelms Technik der Handgelenkdenervierung nicht Äste des Ramus profundus nervi ulnaris, des Ramus cutaneus palmaris nervi mediani, einige Äste des Nervus interosseus anterior und des Nervus cutaneus antebrachii

lateralis. Diese sehr aufwendige Arbeit ist jedoch aufgrund der ihr zugrundeliegenden transversalen Schnitte schwer nachvollziehbar.

### **1.2.2 Die sensible Innervation des Handgelenkes**

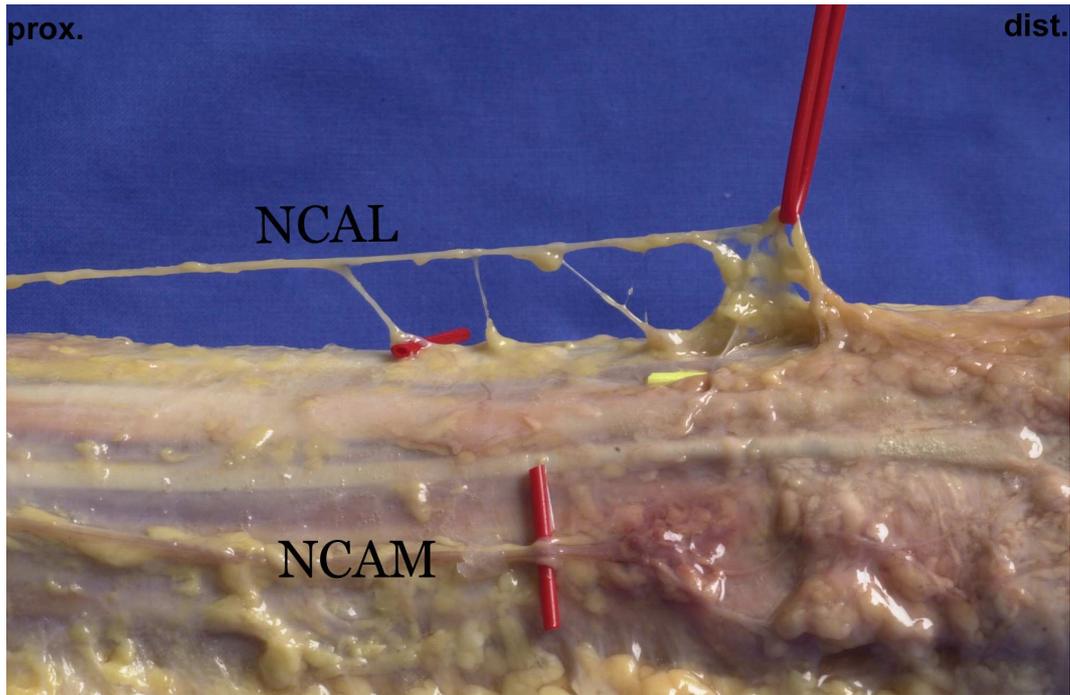
Wilhelm beschreibt 10 verschiedene Nerven, die für die sensible Innervation des Handgelenks verantwortlich sind (Wilhelm 1958). Diese finden sich in zwei verschiedenen Schichten: In der oberflächlichen subkutanen Schicht verlaufen Nerven, die primär die Haut des Unterarms und der Hand sensibel innervieren. Diese treten mit kleinen perforierenden Nervenästen mit dem Handgelenk in Kontakt. In einer tiefen Schicht verlaufen Nerven, deren Aufgabe in der sensiblen Innervation des Handgelenks liegt.

#### **Oberflächliche Schicht**

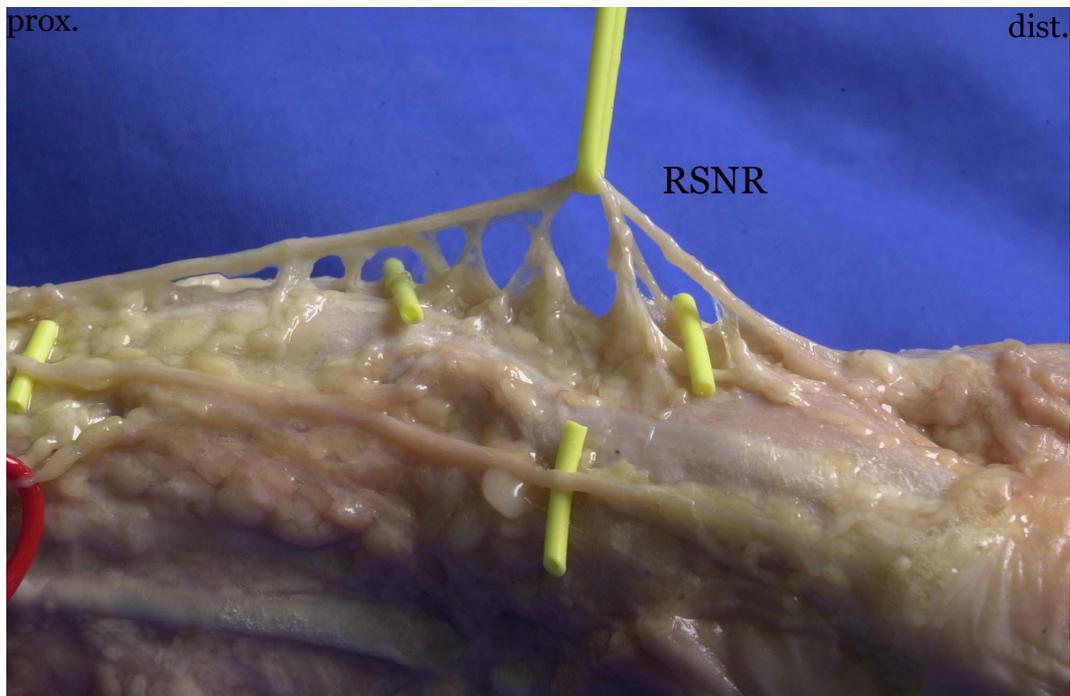
Das subkutane Gewebe des radialen und radio-dorsalen Handgelenks beinhaltet die afferenten Anteile des N. radialis und des N. cutaneus antebrachii lateralis. Von diesen Nerven ziehen viele kleine perforierende Äste direkt zum Handgelenk (Abb.1 und 2).

Weiter distal spaltet sich der afferente Anteil des N. radialis in seine Terminaläste auf, die hauptsächlich die Haut des Daumens und Zeigefingers sensibel versorgen. Ein kräftiger Ast zieht zwischen die ersten zwei Metakarpalknochen, durchbricht die Faszie und versorgt so den Bereich des ersten Intermetakarpalgelenks einschließlich des Trapeziometakarpalgelenks.

Weiter dorsal lassen sich Terminaläste des N. cutaneus antebrachii dorsalis auffinden, die das Handgelenk innervieren. Das ulnare und dorso-ulnare Handgelenk wird durch den R. dorsalis n. ulnaris, Endäste des N. cutaneus antebrachii medialis und durch feine Äste des N. ulnaris sensibel versorgt.



**Abb.1** Linker Unterarm von dorsal. Der N. cutaneus antebrachii lateralis (NCAL) imponiert mit zahlreichen perforierenden Ästen. Zusätzlich ist der N. cutaneus antebrachii medialis (NCAM) zu sehen.



**Abb.2** Linker Unterarm von radiopalmar. Von dem R. superficialis n. radialis (RSNR) ziehen perforierende Äste zum Handgelenk.

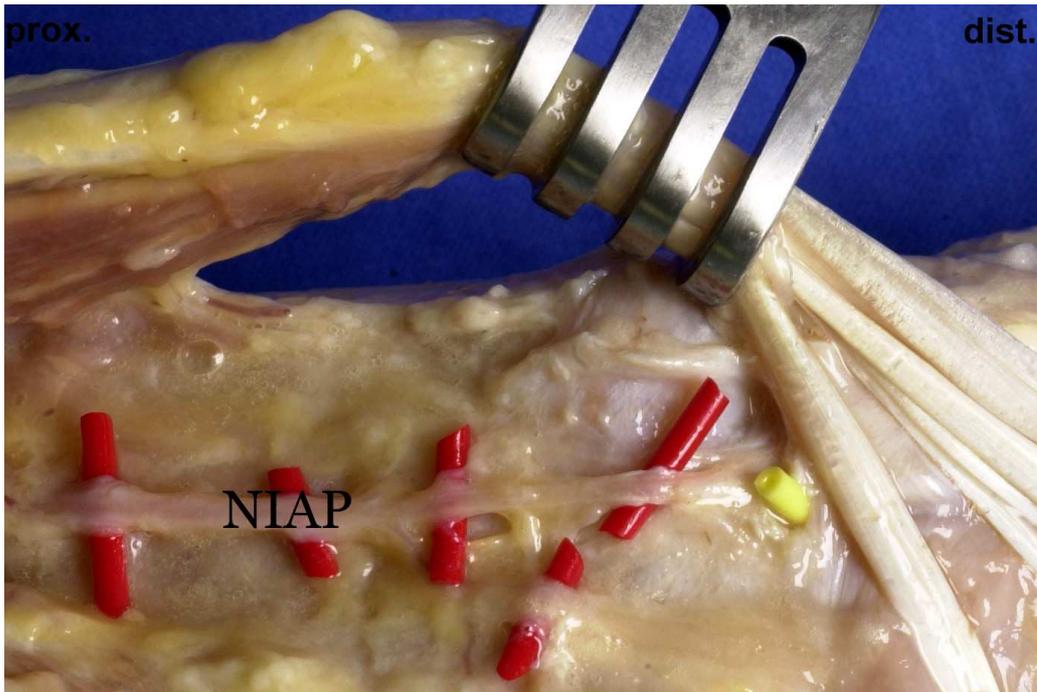
## Tiefe Schicht

Die beiden wichtigsten tiefliegenden Nerven sind der N. interosseus anterior und posterior. Beide laufen direkt zum Handgelenk, welches sie mit Terminalästen sensibel innervieren. Der N. interosseus posterior verläuft auf der dorsalen Seite der Membrana interossea neben der A. interossea posterior (Abb.3). Der Nerv teilt sich auf Höhe des distalen Radio-Ulnar-Gelenks in seine Endverzweigungen auf.

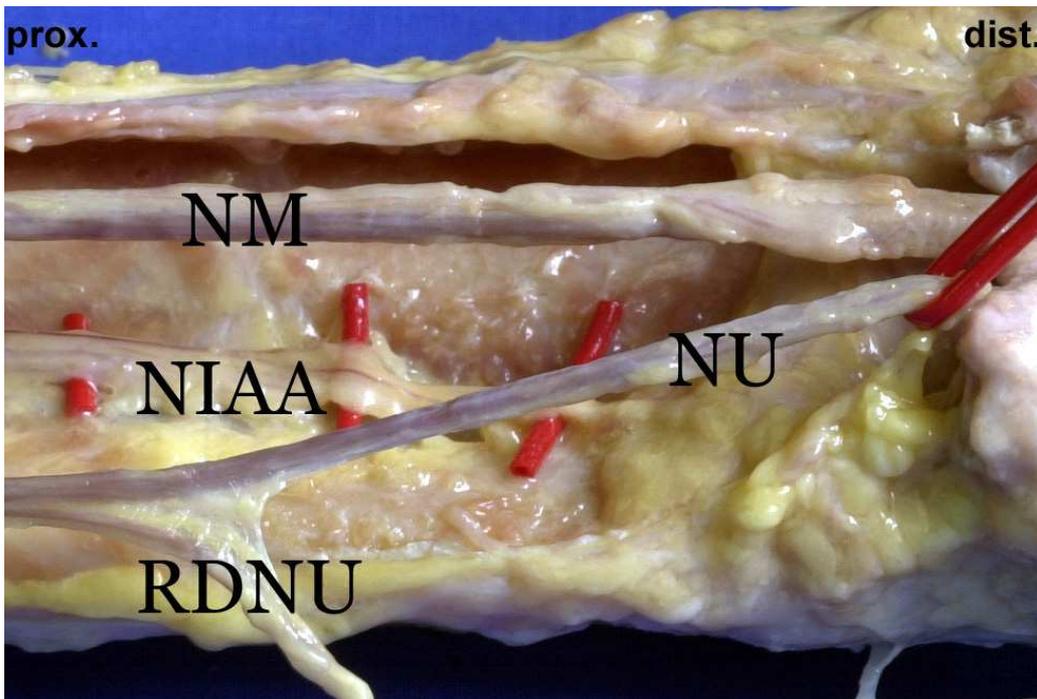
Der N. interosseus anterior folgt der A. interossea anterior auf der palmaren Seite der Membrana interossea und gibt motorische Nervenfasern an den M. pronator quadratus ab. Der Nerv zieht weiter nach distal zwischen dem M. pronator quadratus und der Membrana interossea und innerviert das distale Radio-Ulnar-Gelenk und die radiokarpalen Anteile des Handgelenks (Abb.4).

Der N. medianus sendet nur in seltenen Fällen Äste zum Handgelenk aus und wird aus diesem Grund auch nicht denerviert.

Des Weiteren wird die A. radialis von einem feinen sympathischen Nervenfasergeflecht umgeben, dass auch an der sensiblen Versorgung des Handgelenks Anteil hat.



**Abb.3** Linker Unterarm von dorsal. N. interosseus antebrachii posterior (NIAP). Die Extensorensehnen werden mit einem Haken zur Seite gehalten.



**Abb.4** Linker Unterarm von palmar. Zu sehen sind der N. medianus (NM), der N. interosseus antebrachii anterior (NIAA), der N. ulnaris (NU) und der R. dorsalis n. ulnaris (RDNU).

### 1.3 TESTDENERVIERUNG

Wilhelm befürwortet die präoperative Testdenervierung der das Handgelenk sensibel versorgenden Nerven mittels 1-prozentigem Novocain (Wilhelm 1966). So sollen Hinweise für das zu erwartende Operationsergebnis gewonnen werden. Nach Desinfektion der Haut wird unter Verwendung einer feinen Kanüle an 10 Punkten nacheinander ein Depot des Lokalanästhetikums eingespritzt:

1. Blockade des N. interosseus antebrachii posterior

Einstich dorsomedian, etwa 3 cm proximal der Handwurzel. Einführen der Nadel bis auf den Radius.

2. Blockade des R. articularis spatii interossei I

Einstich dorsal über dem 1. Intermetakarpalgelenk. Anlegen eines subkutanen Novocaindepots am ulnaren Rand der V. intermetacarpalis I.

3. Blockade der Rr. articulares nervi cutanei antebrachii posterior

Einstich etwa 3 cm oberhalb der Handwurzel, direkt über der A. radialis und Setzen eines paravasalen Novocaindepots.

4. Blockade des R. superficialis nervi radialis

Quer angelegte Infiltration, ausgehend vom dritten Injektionsort.

5. Blockade des R. palmaris nervi mediani

Subkutane Infiltration der Weichteile zwischen der A. radialis und der Sehne des M. palmaris longus, etwa 1 cm proximal des Tuberculum ossis navicularis.

6. Blockade des N. interosseus antebrachii anterior

Einstich ventromedian, etwa 3 cm oberhalb der distalen Handgelenksbeugefalte, am ulnaren Rand der Sehne des M. palmaris longus. Einführen der Nadel bis auf die Ventralseite des distalen Radiusabschnittes.

7. und 8. Blockade der Rr. perforantes II und III

Einstich dorsal über den entsprechenden Intermetakarpalgelenken.

9. Blockade des R. dorsalis nervi ulnaris

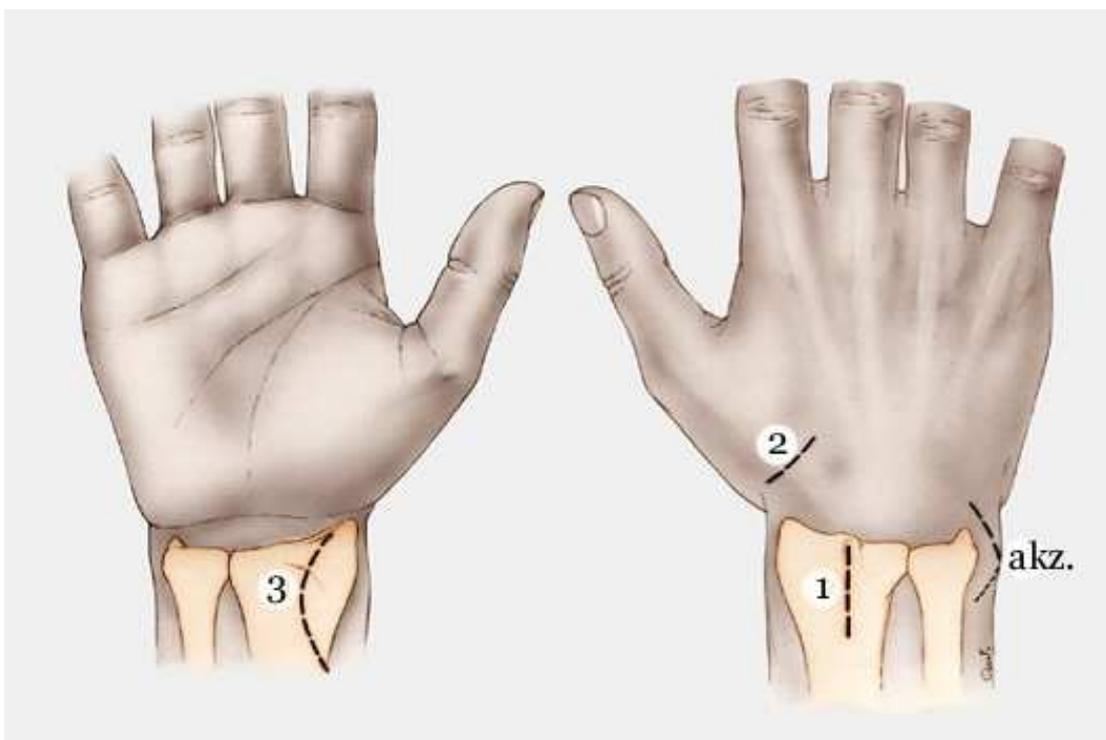
Einstich an der Ulnarseite des Prox. styl. ulnae und Infiltration bis zum Knochen und Gelenkbereich.

## 10. Blockade des N. cutaneus antebrachii dorsalis

Einstich dorsal über der Basis des Proc. xtyl. ulnae und subkutane Infiltration in querere Richtung.

### 1.4 TECHNIK DER DENERVIERUNG

Um das Handgelenk zu denervieren, muss das kutane und subkutane Gewebe im Bereich des dorsalen, radialen und ulnaren Handgelenks von der Faszie gelöst werden. Die Verzweigungen des N. interosseus anterior und posterior müssen durchtrennt werden. Die A. radialis muss aufgesucht und skelettiert werden. Gewöhnlich reichen 3 Inzisionen aus, um diese Arbeiten auszuführen. Ein zusätzlicher Einschnitt auf der ulnaren Seite des Handgelenks kann nötig sein, wenn der Patient über Schmerzen in dieser Region berichtet (Abb.5).



**Abb.5** Inzisionen der Denervierung sind mit 1 bis 3 gekennzeichnet. Zusätzlich ist ein akzessorischer Einschnitt auf der ulnaren Seite eingezeichnet.

Die Operation beginnt mit einer dorsalen Inzision 2 Zentimeter proximal des distalen Radio-Ulnar-Gelenks, die nach proximal in Richtung des Handgelenks zwischen distalen Radius und Ulna fortgesetzt wird. Der Einschnitt hat eine Länge von circa 4 Zentimetern. Nun wird das Subkutangewebe in ulnarer, radialer und distaler Richtung von der Faszie getrennt. Dabei verbinden vaskuläre, bindegewebige und nervöse Strukturen, die einem Spinnennetz ähneln, Haut mit Faszie (Abb.6).



**Abb.6** Inzision auf Höhe des distalen Radio-Ulnar-Gelenks. Haut mit Faszie verbindende vaskuläre, bindegewebige und nervöse Strukturen.

Diese Fasern werden zuerst koaguliert und dann durchtrennt. Bei diesem Teil der Denervierung werden die im Subkutangewebe verlaufenden Nervenäste weder gesehen noch verletzt. Es wird aus diesem Grund auch von einer „blinden“ Denervierung gesprochen. Durch diese Technik kann ein großer Anteil des dorsalen, radialen und ulnaren Handgelenks denerviert werden. Mit besonderer Sorgfalt muss die Region um das Caput ulnae bedacht werden, um

eine Verletzung des dort verlaufenden R. dorsalis n. ulnaris zu vermeiden. Ist ein guter Einblick dieses Bereiches über die vorhandene Inzision nicht möglich, sollte ein weiterer Einschnitt auf der Ulnarseite des Handgelenks vorgenommen werden.

Als nächster Schritt wird die Muskelfaszie auf der ulnaren Seite des M. extensor pollicis durchtrennt. Jetzt können die Extensorsehnen der langen Fingerstrecker zur Seite geschoben werden, so dass der N. interosseus posterior und die zugehörige Arterie auf der dorsalen Seite der Membrana interossea sichtbar werden. Der Nerv kann nun freipräpariert und auf einer Länge von mindestens 3 Zentimetern nach Elektrokauterisierung reseziert werden. Hierbei ist die Verwendung einer Lupenbrille empfehlenswert.

Nach Durchtrennung der Membrana interossea erhalten wir Zugang zum N. interosseus anterior und der zugehörigen Arterie. Der Nerv kann an diesem Punkt der Operation auf einer Länge von wenigstens 3 Zentimetern reseziert werden, ohne dass eine palmarseitige Präparation des Handgelenks nötig wird. Diese Vorgehensweise hat den Nachteil, dass dabei der M. pronator quadratus seine motorische Innervation verliert. Es ist unklar, ob dies zu einer geringgradigen Bewegungseinschränkung im Handgelenk führt oder nicht.

Die zweite Inzision wird auf der Dorsalseite zwischen der Basis des ersten und zweiten Metakarpalgelenks durchgeführt. Die sensiblen Äste des N. radialis müssen im Subkutangewebe freipräpariert werden, um deren Schädigung auszuschließen. Darauf wird ein von ihnen abzweigender Ast, der die Faszie perforiert und den Bereich des Os trapeziums und die Metakarpalgelenke sensibel innerviert, aufgesucht, koaguliert und reseziert.

Die dritte Inzision wird auf Höhe der A. radialis vorgenommen. Sie wird am Radiokarpalgelenk begonnen und ist circa 4 Zentimeter lang. Die oberflächliche Faszie wird epifaszial radial- und dorsalwärts präpariert. Indem Haken in alle

drei Inzisionen eingebracht werden, kann die superfizielle Schicht im gesamten radialen, dorso-radialen und dorsalen Bereich des Handgelenks von der Faszie abgehoben werden. So kann der Erfolg der Denervierung der superfizialen Schicht überprüft werden. Finden sich noch intakte perforierende Nervenäste, müssen diese vor der endgültigen Durchtrennung koaguliert werden.

Im nächsten Schritt wird die Faszie auf Höhe der A. radialis eröffnet und die Arterie und die zugehörigen Venen werden freipräpariert. Die A. radialis muss jetzt auf einer Länge von wenigstens 3 Zentimetern skelettiert werden. Dabei wird das perivaskuläre Bindegewebe einschließlich der begleitenden Venen auf gesamter Länge reseziert.

Sofern der N. interosseus anterior nicht im ersten Schritt der Operation aufgesucht wurde, kann dies jetzt nachgeholt werden: Dazu wird das Handgelenk gebeugt und die Beugesehnen werden mit einem Haken zur Seite gehalten. So kann der M. pronator quadratus leicht eingesehen werden. Entlang der distalen Seite des M. pronator quadratus muss eine scharfe Inzision bis auf das Periost der palmaren Seite des distalen Radius mit anschließender Elektrokoagulation erfolgen, um die Terminaläste des N. interosseus anterior zu unterbrechen. Zusätzlich ist eine ausgedehnte Elektrokoagulation der Palmarseite des distalen Radio-Ulnar-Gelenks notwendig.

Die Operation kann unter lokaler Plexusanästhesie durchgeführt werden. Postoperativ erfolgt keine Gipsruhigstellung, es beginnt sofort die physiotherapeutische Beübung.

## **1.5 FRAGESTELLUNG**

Ziel dieser Studie ist, den Langzeiterfolg der Handgelenkdenervierung zu überprüfen. Dabei sollen weitere Erkenntnisse über die Indikationsstellung gewonnen werden, um den Operationserfolg zukünftiger Patienten zu verbessern. Aufgrund der großen Anzahl (n=362) der in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen operierten Patienten und dem langen Beobachtungszeitraum (Median 146 Monate) hoffen wir, aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.

## **2. MATERIAL UND METHODIK**

### **2.1 PATIENTENGUT**

#### **2.1.1 Einschlusskriterien**

Es wurden alle Patienten erfasst, die zwischen dem 01.06.1977 und dem 04.07.2001 in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen am Handgelenk denerviert worden sind und sich keinen weiteren Operationen unterzogen hatten. Von 375 operierten Patienten konnten 362 Patientenakten gesichtet werden.

#### **2.1.2 Personenbezogene Daten**

293 Patienten sind männlich (81%), 69 weiblich (19%).

Zum Zeitpunkt der Denervierung beträgt das Alter der Patienten im Mittel 43.5 Jahre (95%KI: 42.14-44.79). In einem körperlich belastenden Beruf arbeiten 70

Prozent (n=248) der Patienten, 30 Prozent (n=108) hingegen verrichten leichtere Tätigkeiten.

### **2.1.3 Krankengeschichten**

Zu 57 Prozent (n=205) ist das rechte Handgelenk betroffen, zu 43 Prozent (n=155) das linke. Bei 209 Patienten ging ein Unfall der Arthrose voraus. Der Unfall fand im Median 81.6 Monate vor der Denervierung statt (min/max: 0.66-568.9). Allen Patienten gemeinsam ist die Handgelenksarthrose, welche idiopathisch entstanden oder durch verschiedene Grunderkrankungen wie Kahnbeinpseudarthrose, Kahnbeinfraktur, Lunatummalazie, sekundäre Arthrose anderer Genese oder Radiusfraktur hervorgerufen worden ist.

### **2.1.4 Art der Operation**

In 318 Fällen (88.8%) wurde eine vollständige Denervierung durchgeführt, in 40 Fällen (11.2%) eine partielle Denervierung. Die partiellen Denervierungen teilen sich in 24 ulnare und 13 radiale Denervierungen auf. Bei 3 Patienten wurde nur der Nervus interosseus dorsalis reseziert.

Bei 76 Patienten (21%) wurden zusätzlich zur Denervierung noch weitere Eingriffe am Handgelenk durchgeführt. Zu diesen Eingriffen zählen Synovialektomien, Ganglionextirpationen, Exostosenabtragungen, Karpaltunnelspaltungen und ähnliche Eingriffe, die auf den Verlauf der Arthrose und die hierdurch beklagten Beschwerden keinen direkten Einfluss nehmen.

## 2.2 STUDIENAUFBAU

Das zentrale Element der Indikationsstellung zur Denervierung eines arthrotischen Handgelenks ist der invalidierende Schmerz. Arthrotische Handgelenke, deren Bewegung schmerzfrei ist, werden nicht denerviert. Die Operation zielt also nicht auf die Sanierung des zugrundeliegenden Prozesses ab. Aufgrund der Fragestellung galt es nun, das postoperative Langzeitergebnis bezüglich der Schmerzen festzustellen. Im ursprünglichen Studienaufbau war vorgesehen, alle 362 Patienten zur klinischen und radiologischen Untersuchung einzubestellen. Die röntgenologische Untersuchung von Patienten, welche vor vielen Jahren denerviert worden sind, und welche ausschließlich zu Studienzwecken einbestellt und untersucht werden, stellt in Deutschland eine genehmigungsbedürftige Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung in der medizinischen Forschung dar. Wer zum Zweck der medizinischen Forschung radioaktive Stoffe oder ionisierende Strahlung (einschließlich Röntgenstrahlen) am Menschen anwendet, benötigt eine Genehmigung. Für die Erteilung einer solchen Genehmigung ist nach der neuen Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 20. Juli 2001 das BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) zuständig (§ 23 StrlSchV). Mit Inkrafttreten der Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderer atomrechtlicher Verordnungen zum 01. Juli 2002 trifft dies auch auf Forschungsvorhaben nach der Röntgenverordnung (RöV) zu (§ 28a RöV).

In der Strahlenschutzverordnung werden die Voraussetzungen aufgeführt, die erfüllt sein müssen, damit eine Genehmigung erteilt werden kann (§ 24 StrlSchV). Die Genehmigungsvoraussetzungen nach RöV sind in § 28b RöV festgelegt (8. BGBl I 1987, 114; FNA 751-13. Stand: Neugefasst durch Bek. v. 30. 4.2003 I 604). Ein Antrag zur Verwendung von Röntgenuntersuchungen in wissenschaftlichen Studien beinhaltet neben der Erstellung von Formblättern den Nachweis zum befugten Betrieb des Röntgengerätes, den letzten sachverständigen Prüfbericht, das Prüfprotokoll der ärztlichen Prüfstelle, den Fachkundenachweis mit mindestens zweijähriger Erfahrung, Informationsblätter

und Einverständniserklärung der Patienten, positive Stellungnahme der zuständigen und beim Bfs registrierten Ethikkommission, eine Patientenversicherung mit Deckungsvorsorge von mindestens 500000 Euro/Patient nach Risikoabschätzung durch das Bfs und eine Zusatzaftpflichtversicherung. Die Kosten für den Antrag liegen bei ca. 3000 Euro, die Bearbeitungszeit beträgt nach Vorliegen des vollständigen Antrages ca. 3 Monate durch das Bfs.

Aus diesem Grunde haben wir auf diese für das Studienziel nicht zwingend erforderliche Untersuchung und folglich auf die Einbestellung verzichtet. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen (Prof. Dr. Niels Birbaumer) wurde ein Fragebogen erarbeitet, welcher die Auswertung der Beschwerdesymptomatik erlaubt. Auch wurde hier nach der subjektiven Einschätzung der Beweglichkeit und der Patientenzufriedenheit gefragt.

Von den 362 Patienten ließen sich bei 98 die Adressen nicht mehr ermitteln, 18 Patienten waren verstorben. Die verbleibenden 246 Patienten wurden im November 2001 angeschrieben, 165 füllten die Fragebögen aus (67%). 73 der 165 antwortenden Patienten reagierten erst auf ein zweites Anschreiben, das im Dezember 2001, einen Monat nach dem ersten, erfolgte.

Die Krankenakten von 362 Patienten wurden allesamt ausgewertet. Aufgenommen wurden personenbezogene Daten wie etwa die berufliche Tätigkeit oder das Alter, Informationen zum Krankheitsverlauf, prä- und postoperative Bewegungsumfänge und Schmerzangaben.

Die Aufnahme der Schmerzen konnte nach Aktenlage nur in subjektiver Form erfolgen. Wir richteten uns nach dokumentierten Aussagen der Patienten und nach Beschreibungen der behandelnden Ärzte.

### 2.2.1 DASH-Fragebogen

Die Patienten wurden gebeten, den 1998 ins Deutsche übersetzte (Germann et al.1999) DASH-Fragebogen (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand) auszufüllen (Anhang).

Der DASH-Fragebogen bezieht sich auf die oberen Extremitäten und besteht aus 3 Teilen: Teil A untersucht Funktionseinschränkungen, Teil B die Beschwerdesymptomatik und Teil C für Sportler und Musiker relevante Problemfelder. Teil C ist fakultativ und wurde von uns nicht berücksichtigt.

Die Auswertung des DASH-Fragebogens erfolgt, indem die den Antworten zugehörigen Punktwerte addiert werden, von dem Gesamtergebnis die Minimalpunktzahl von 30 subtrahiert und das Ergebnis durch die Bandbreite von 1.2 dividiert wird. Es ergeben sich auf diese Weise DASH-Scores zwischen 0 und 100. Ein DASH-Score von 0 entspricht einer optimalen Funktion ohne Behinderung, ein DASH-Score von 100 steht für maximale Beschwerden und Funktionseinbußen.

Teil A und Teil B können auch getrennt ausgewertet werden: Es werden wieder die den Antworten zugehörigen Punktwerte addiert, von dem Gesamtergebnis entsprechend die Minimalpunktzahl von 23 bei Teil A und 7 bei Teil B subtrahiert und das Ergebnis durch die Bandbreite von 0.92 bei Teil A und 0.28 bei Teil B dividiert. Die so ermittelten Scores liegen analog zur gemeinsamen Auswertung beider Teile zwischen 0 und 100. Ein Score von 0 entspricht bei Teil A keinerlei Funktionseinbußen, bei Teil B keinerlei Schmerzen. Ein Score von 100 entspricht bei Teil A einer maximalen Behinderung, bei Teil B maximalen Schmerzen.

### **2.2.2 Zusätzlicher Fragebogen**

Zusätzlich zum DASH-Fragebogen schickten wir den Patienten einen von uns gestalteten Fragebogen, der die Krankheitsgeschichte, Schmerz- und Funktionssymptomatik untersucht (Anhang).

Die von den Patienten empfundenen Schmerzen wurden mittels einer visuellen Analogskala (VAS) ermittelt. Dies ist eine 10 cm lange waagerechte Linie, die am linken Ende mit „keine Schmerzen“ und am rechten Ende mit „maximale Schmerzen“ beschriftet ist. Die Patienten wurden gebeten, auf drei verschiedenen Analogskalen mittels eines Kreuzes die Schmerzen vor der Operation, 6 Wochen nach der Operation und zum Umfragezeitpunkt anzugeben. Wir baten die Patienten auch, retrospektiv die Handgelenkbeweglichkeit für die Zeitpunkte kurz nach der Operation, 5 und 10 Jahre nach der Denervierung einzuschätzen.

Durch die Befragung soll zum einen versucht werden einen Schmerz-Ausgangswert zu bestimmen, um anschließend die relative Schmerzreduktion berechnen zu können. Zum anderen soll ein Eindruck über den zeitlichen Verlauf der Beschwerdesymptomatik gewonnen werden.

### **2.2.3 Anatomische Dokumentation**

Für unsere anatomische Dokumentation stand uns ein nach Thiel (Thiel 1998) fixiertes Präparat zur Verfügung. Wir stellten an einem linken Unterarm mit Lupenbrille die Verläufe der Nerven dar, die das Handgelenk sensibel innervieren. Zur bildlichen Dokumentation der Arbeit erfolgten Fotografien mittels einer Nikon D1.

## **2.3 AUSWERTUNG**

### **2.3.1 Beobachtungszeitraum**

Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum zwischen der Denervierung und unserer Befragung beträgt 12.23 Jahre (95%KI: 11.5-12.8).

### **2.3.2 Art der Denervierung**

Die Auswertung der erhobenen Daten ergab, dass sich die partiellen Denervierungen in Bezug auf Schmerzangaben, Beschwerdefreiheit und DASH-Score nicht von den vollständigen Denervierungen unterscheiden. Deshalb haben wir bei den folgenden Betrachtungen alle Denervierungen zusammengefasst.

### **2.3.3 Patienten mit Arthrodeese**

Patienten, die nach der Denervierung mit einer Arthrodeese versorgt wurden, sehen wir als Misserfolge an. Die Angaben dieser Patienten werten wir getrennt von den übrigen Patienten aus.

### **2.3.4 Bewertung des Behandlungserfolges**

Zur Beurteilung des Behandlungserfolges werden nur Patienten berücksichtigt, die an der schriftlichen Befragung teilnahmen (n=165), deren Denervierung mindestens 5 Jahre zurückliegt (n=127) und die zu den Punkten „Dauer der Beschwerdefreiheit“ und „individuelle Schmerzreduktion“ die nötigen Angaben gemacht haben (n=93).

Unter individueller Schmerzreduktion verstehen wir die prozentuale Reduktion des auf der Visuellen Analogskala angegebenen Wertes zum Umfragezeitpunkt im Verhältnis zum präoperativ angegebenen Wert.

Demnach werden Patienten als „gut“ eingestuft, die mindestens 3 Jahre beschwerdefrei waren, oder deren Schmerzangabe auf der VAS zum Umfragezeitpunkt maximal 50% des präoperativ angegebenen Wertes ist.

Als „mäßig“ werden Patienten eingestuft, deren Beschwerdefreiheit zwischen 1 und 3 Jahren liegt, oder deren Schmerzangabe auf der VAS zum Umfragezeitpunkt zwischen 50% und 75% des präoperativ angegebenen Wertes ist.

Als „schlecht“ gelten Patienten, deren Beschwerdefreiheit unter einem Jahr liegt und deren Schmerzangabe auf der VAS zum Umfragezeitpunkt 75% bis 100% des präoperativ angegebenen Wertes ist.

Zusätzlich werden Patienten als „schlecht“ eingestuft, die mit einer Arthrodeese versorgt worden sind.

### **2.3.5 Dauer der Beschwerdefreiheit**

Alle die Dauer der Beschwerdefreiheit betreffenden Angaben berücksichtigen nur Patienten, deren Denervierung mindestens 5 Jahre zurückliegt.

## **2.4 STATISTISCHE ANALYSE**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm JMP 4.0.0 von SAS Institute Inc.

Bei normalverteilten Merkmalsausprägungen wird der arithmetische Mittelwert mit nachgestelltem 95%-Konfidenzintervall angegeben.

Nicht normalverteilte Merkmalsausprägungen werden durch den Median mit nachgestelltem Minimum und Maximum angegeben.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha$  wird auf 0.05 festgelegt. Werte kleiner  $\alpha$  werden als signifikant beschrieben.

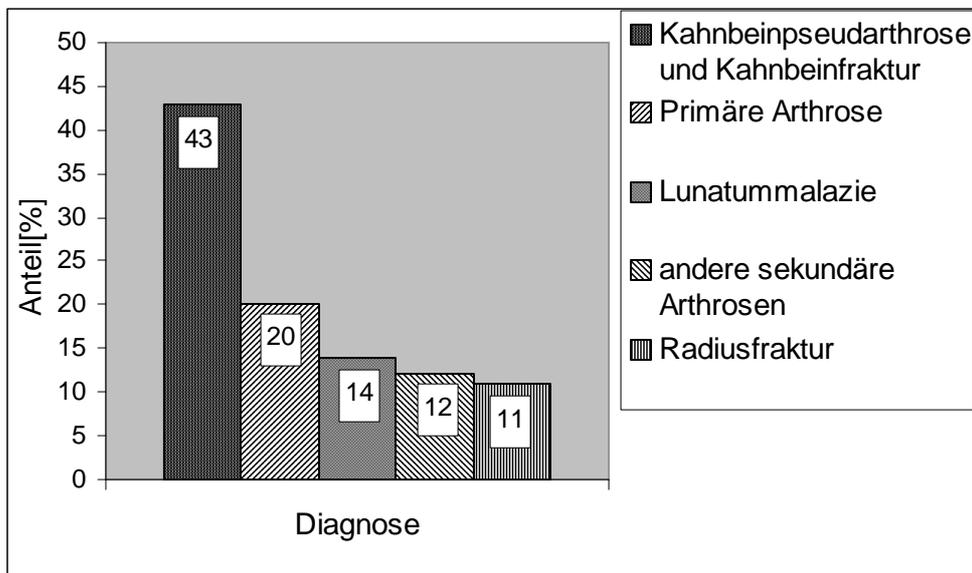
Zum Vergleich von 2 nichtparametrischen, unverbundenen Stichproben wird der Wilcoxon-Test (U-Test/Mann-Whitney-Wilcoxon) benutzt. Zum Vergleich von mehr als 2 nichtparametrischen, unverbundenen Stichproben findet der Kruskal-Wallis-Test Verwendung.

Korrelationen normalverteilter Merkmalsausprägungen werden durch den Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson ( $r$ ) beschrieben, Korrelationen nicht normalverteilter Merkmalsausprägungen werden mit dem Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizient ( $r_s$ ) wiedergegeben. Bei Korrelationen  $>0.6$  wird von einem starken Zusammenhang ausgegangen.

### **3. ERGEBNISSE**

#### **3.1 ÄTIOLOGIE**

Die häufigste Grunderkrankung in unserem Krankengut stellen Kahnbeinpseudarthrosen und Kahnbeinfrakturen mit 43% (n=157) dar. Mit abnehmender Häufigkeit treten folgende Diagnosegruppen auf: Primäre Arthrose 20% (n=74), Lunatummalazie 14% (n=50), sekundäre Arthrosen anderer Genese 11.8% (n=42), Radiusfraktur 11% (n=39) (Abb.7).



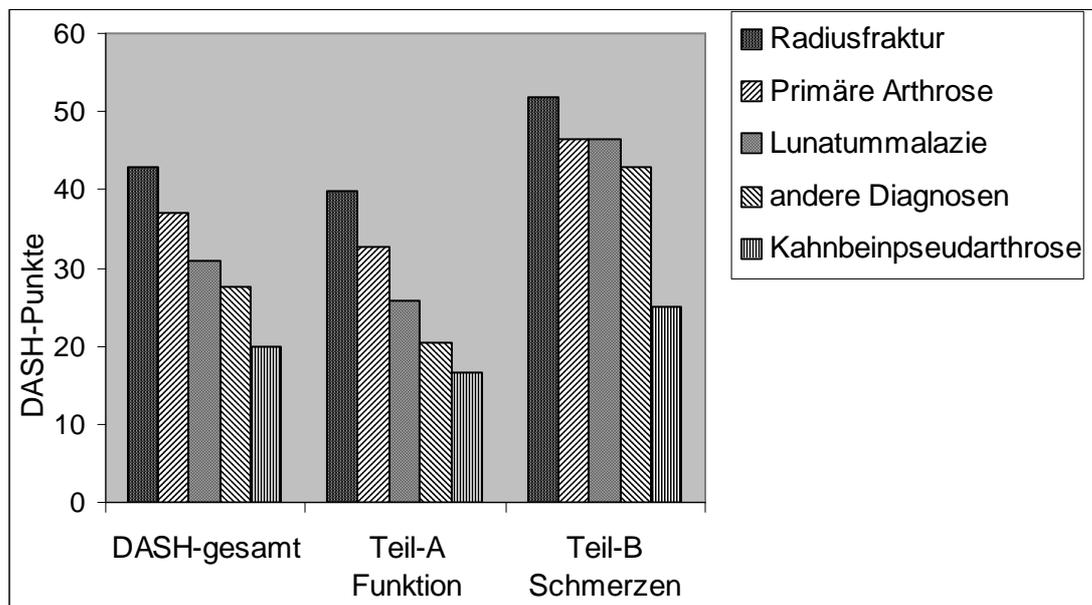
**Abb.7** Ätiologie

Es fand sich bei der statistischen Auswertung der erhobenen Daten kein Zusammenhang zwischen einem schlechten Operationsergebnis und einer bestimmten Ätiologie.

Auch das Auftreten eines karpalen Kollaps lässt sich nach Durchsicht der vorhandenen Röntgenbilder keiner Ätiologie überproportional häufig zuordnen.

Die zugrundeliegende Diagnose beeinflusst die mittels Visueller Analogskala ermittelten Schmerzen nicht.

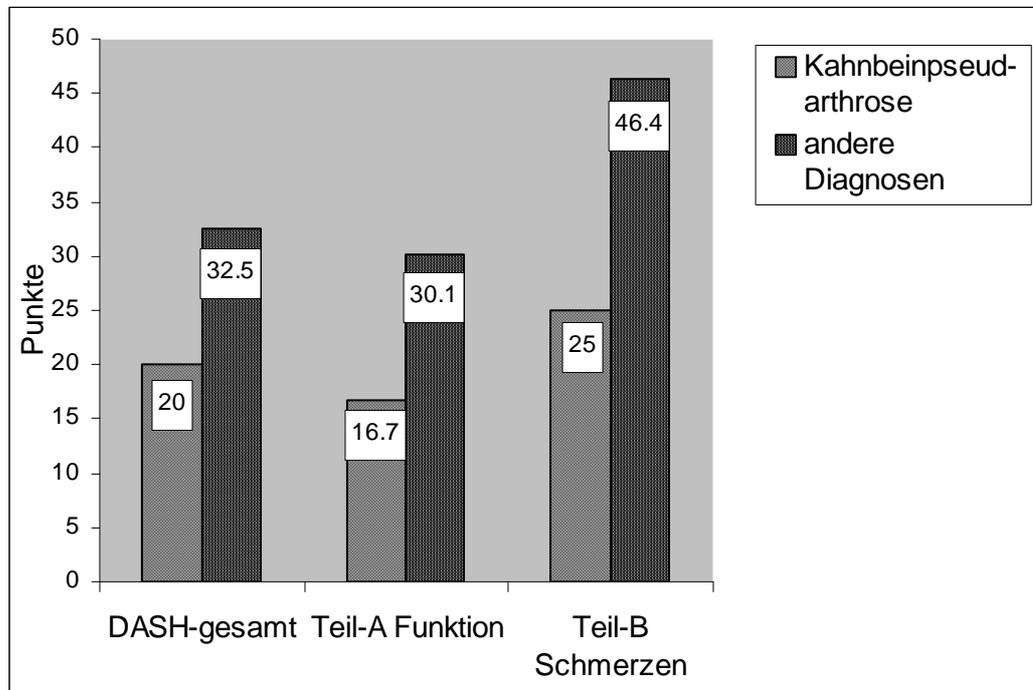
Bei der Auswertung des DASH-Bogens hingegen erzielt die Gruppe der Kahnbeinpseudarthrosen mit 20 Punkten ein besseres Ergebnis als die übrigen Diagnosen: Die Gruppe der Lunatummalazie erreicht 30.8 Punkte, die Gruppe der Primären Arthrose 37.1 Punkte und die Gruppe der Radiusfraktur 42.9 Punkte (Abb. 8)



**Abb. 8** DASH-Ergebnis nach Diagnosen

Werden die übrigen Diagnosen zu einer Gruppe zusammengefasst und der Gruppe der Kahnbeinpseudarthrosen gegenübergestellt, ist das Ergebnis der Kahnbeinpseudarthrosen signifikant besser: Das DASH-Gesamtergebnis der Kahnbeinpseudarthrosen beträgt 20, das der übrigen Diagnosen 32.5 Punkte ( $p=0.0234$ ). Unterteilt man den DASH-Fragebogen in einen Funktions- und einen Schmerzteil, so erreicht die Gruppe der Kahnbeinpseudarthrosen im Funktionsteil (A) 16.7 und die übrigen Diagnosen 30.1 ( $p=0.0242$ ) Punkte.

Im Schmerzteil (B) erzielen die Kahnbeinpseudarthrosen 25, die übrigen Diagnosen 46.4 Punkte ( $p=0.0026$ ) (Abb. 9).



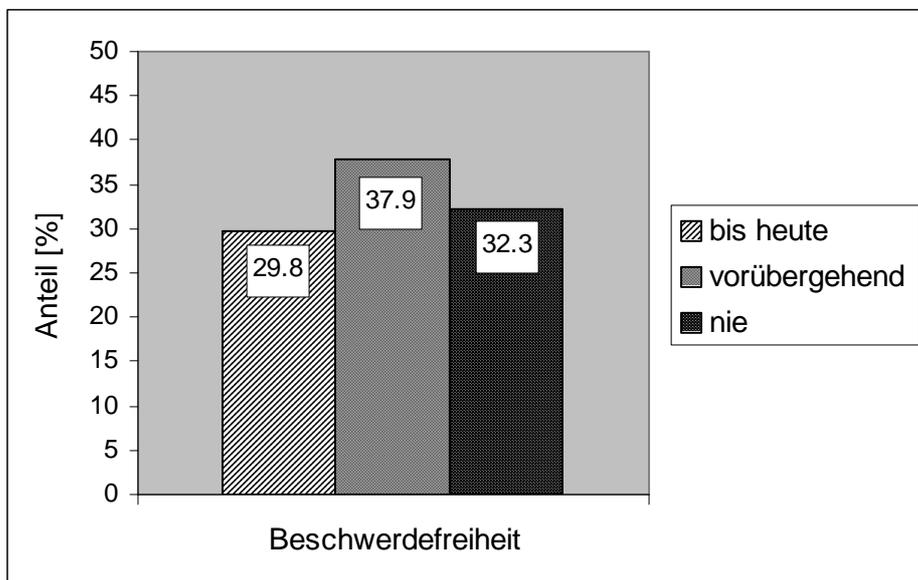
**Abb.9** DASH - Kahnbeinpseudarthrose

### 3.2 SCHMERZEN

Bei den an der Umfrage teilnehmenden Patienten ( $n=165$ ) wurde bei 9.7 Prozent eine Arthrodesis durchgeführt ( $n=16$ ). Diese Patienten betrachten wir als Misserfolge. Wir werten ihre Angaben von denen der übrigen Patienten getrennt im Kapitel 3.5 aus.

### 3.2.1 Beschwerdefreiheit

Von 124 gemachten Angaben zur Beschwerdefreiheit lässt sich ersehen, dass 84 Patienten nach der Denervierung Beschwerdefreiheit erreichten (67.7%). 32.3% (40 von 124 Angaben) der Patienten erreichten keine Beschwerdefreiheit, 37.9% (47 von 124 Angaben) waren vorübergehend beschwerdefrei und 29.8% aller Patienten (37 von 124 Angaben) sind bis heute beschwerdefrei (Abb.10).



**Abb.10** Beschwerdefreiheit (n=124)

Wir werden auch im Folgenden diese drei Gruppen getrennt voneinander betrachten.

Für die Berechnung der Dauer der Beschwerdefreiheit müssen folgende Faktoren beachtet werden: Es können nur Patienten berücksichtigt werden, die Beschwerdefreiheit erreichten und deren Operation mindestens 5 Jahre

zurückliegt. Der Verzicht auf Patienten, die in den letzten 5 Jahren operiert worden sind, ist notwendig, da deren maximale Dauer der Beschwerdefreiheit durch den Operationstermin begrenzt wird und so keine aussagekräftigen Ergebnisse berechnet werden können.

Für 71 Patienten treffen die oben beschriebenen Bedingungen zu. Die Dauer der Beschwerdefreiheit dieser Patienten beträgt im Median 10 Jahre (min-max: 0.083-24.58).

Die Gruppe der Patienten mit vorübergehender Schmerzreduktion war im Median 3 Jahre beschwerdefrei (min-max:0.042-12).

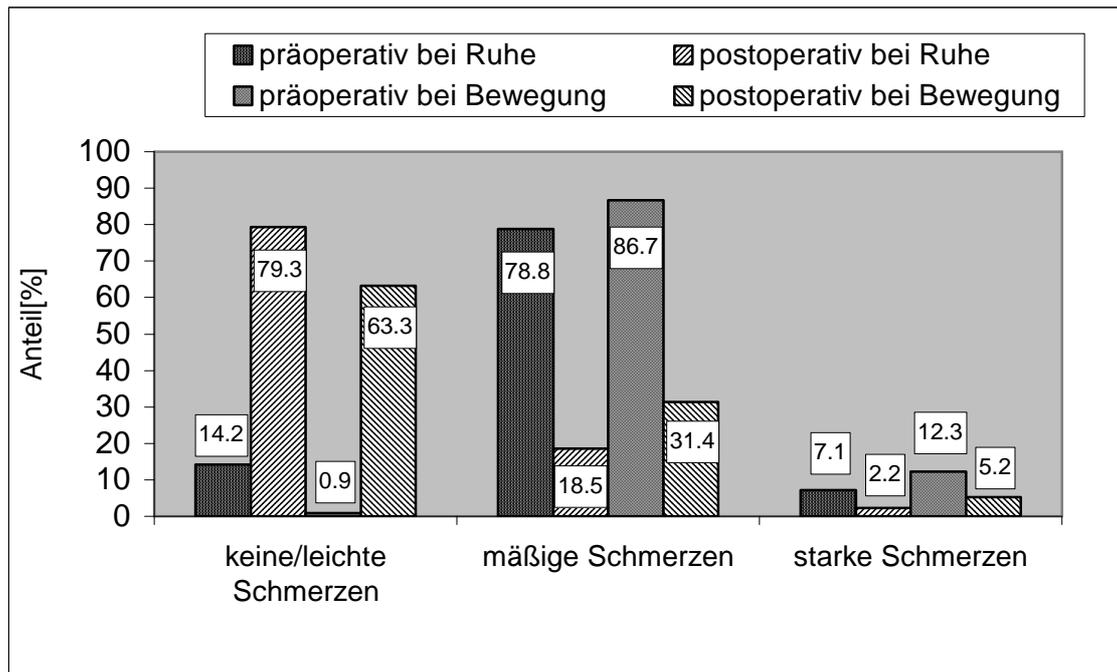
Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben der Patienten bezüglich des Wiederauftretens von Beschwerden: 70.7% (n=94) geben ein Wiederauftreten von Beschwerden an und entsprechen damit der oben beschriebenen Gruppe der vorübergehend oder nie beschwerdefreien Patienten. Auch das bis zum Wiederauftreten der Beschwerden verstreichende Zeitintervall beträgt analog zur Dauer der Beschwerdefreiheit der Gruppe der vorübergehend beschwerdefreien Patienten 3 Jahre (min-max:0.042-18).

### **3.2.2 Schmerzentwicklung nach Aktenlage**

Aus den Akten wurden Schmerzangaben ermittelt, die den prä- und postoperativen Zustand der Patienten beschreiben. Es wird zwischen Ruhe- und Bewegungsschmerzen unterschieden. Es handelt sich hierbei um eine subjektive Einschätzung der Schmerzsymptomatik. Die Angaben über postoperative Schmerzen wurden im Median 0.92 Monate nach der Denervierung in die Akten aufgenommen (min-max:0-197.68).

Anhand der Aktenlage lässt sich ein deutlicher Rückgang mäßiger und starker Schmerzen zugunsten von keinen und leichten Schmerzen feststellen (Abb.11, Tab.1). Die Aussagekraft dieser Ergebnisse ist eingeschränkt, da die

Ergebnisse auf einer subjektiven Einschätzung des Aktenmaterials beruhen. Dabei wurden alle zur Verfügung stehenden Angaben wie dokumentierte Aussagen der Patienten und Beschreibungen der behandelnden Ärzte berücksichtigt. Es ist nicht möglich gewesen, retrospektiv einen objektiven Bewertungsmaßstab zu entwickeln.



**Abb.11** Schmerzentwicklung nach Aktenlage

bei Ruhe	präoperativ [%]	postoperativ [%]
keine/leichte Schmerzen	14.2	79.3
mäßige Schmerzen	78.8	18.5
starke Schmerzen	7.1	2.2
bei Bewegung	präoperativ [%]	postoperativ [%]
keine/leichte Schmerzen	0.9	63.3
mäßige Schmerzen	86.7	31.4
starke Schmerzen	12.3	5.2

**Tab.1** Schmerzentwicklung nach Aktenlage

### 3.2.3 Visuelle Analogskala

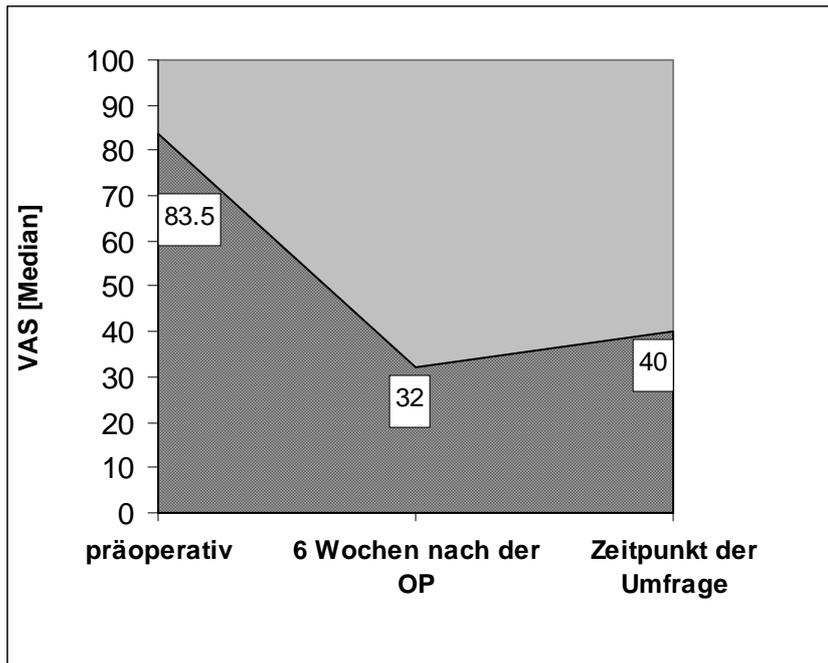
Auch auf der Visuellen Analogskala lässt sich postoperativ ein deutlicher Rückgang der Schmerzen feststellen:

Vor der Denervierung beträgt die Schmerzangabe auf der visuellen Analogskala (n=122) im Median 83.5 (min-max:0-100). Sechs Wochen nach der Operation (n=117) beträgt der Median 32 (min-max:0-100). Dies entspricht einer Verringerung der Schmerzen um 61.7 Prozent.

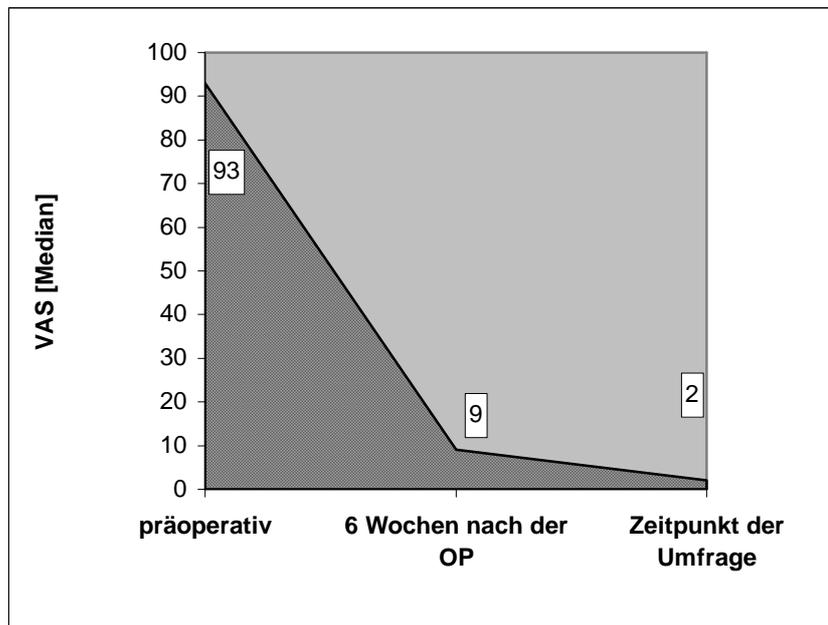
Für den Umfragezeitpunkt geben die Patienten (n=110) im Median 40 an (min/max: 0-100). Dies entspricht einer Schmerzreduktion nach durchschnittlich 12.23 Jahren (95%KI: 11.5-12.8) um 52.1 Prozent (Abb.12).

Teilen wir hier erneut die Patienten anhand der Dauer des Schmerzintervalls in drei Gruppen ein (siehe 3.2.1), verhalten sich die Schmerzangaben wie folgt:

Die bis heute beschwerdefreien Patienten (n=37) geben präoperativ Ihre Schmerzen auf der VAS im Median bei 93 an (min-max: 0-100), 6 Wochen nach der Denervierung liegt der Median bei 9 (min-max: 0-100) und zum Zeitpunkt der Umfrage bei 2 (min-max:0-24) (Abb.13). Dies entspricht einer Schmerzreduktion um 97.8%.

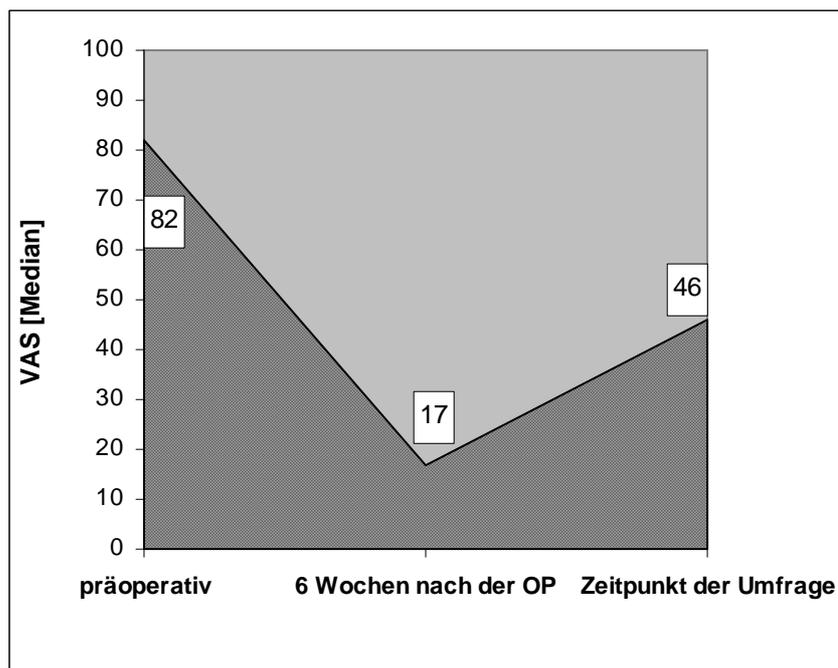


**Abb.12** VAS – alle Patienten



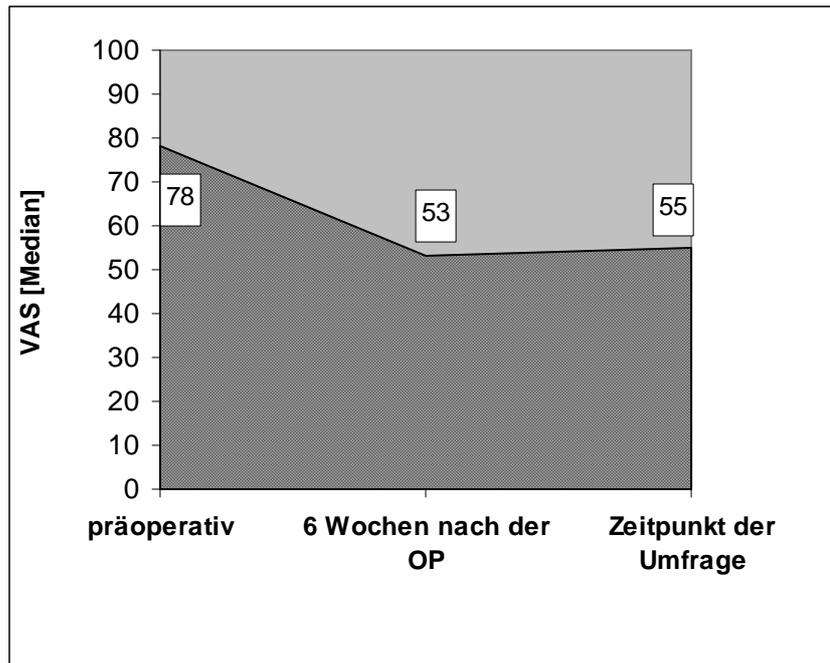
**Abb.13** VAS – bis heute beschwerdefreie Patienten

Die Schmerzen der Gruppe der vorübergehend beschwerdefreien Patienten (n=47) betragen präoperativ im Median 82 (min-max:10-100), 6 Wochen nach der Denervierung liegen sie bei 17 (min-max:0-100) und zum Zeitpunkt der Umfrage betragen sie 46 auf der VAS-Skala (min-max:0-100) (Abb.14). Dies entspricht einer Schmerzreduktion um 43.9%.



**Abb.14** VAS – vorübergehend beschwerdefreie Patienten

Die nie beschwerdefreien Patienten (n=40) geben präoperativ im Median 78 an (min-max:21-100), 6 Wochen nach der Denervierung 53 (min-max:14-96) und zum Zeitpunkt der Umfrage 55 (min-max: 18-100) (Abb.15). Dies entspricht einer Schmerzreduktion um 29.5%.



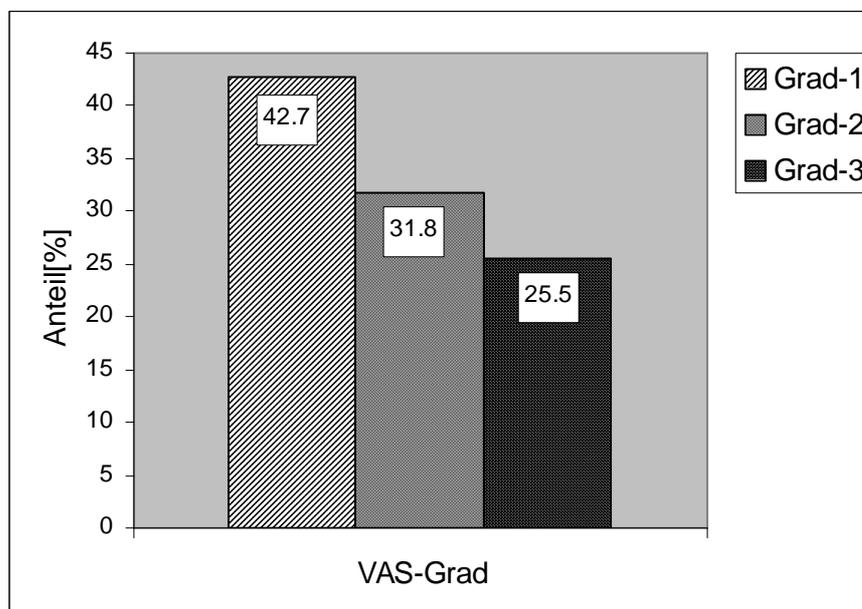
**Abb.15** VAS – nie beschwerdefreie Patienten

### 3.2.4 Verteilung der Schmerzangaben - VAS-Klassifikation

Um die Verteilung der Schmerzangaben auf der Visuellen Analogskala zu veranschaulichen und zu klassifizieren, unterteilen wir die Angaben in drei VAS-Grade: Grad-1 beinhaltet Angaben von 0-30 Punkten, Grad-2 von 31-60 Punkten; Grad-3 von 61-100 Punkten.

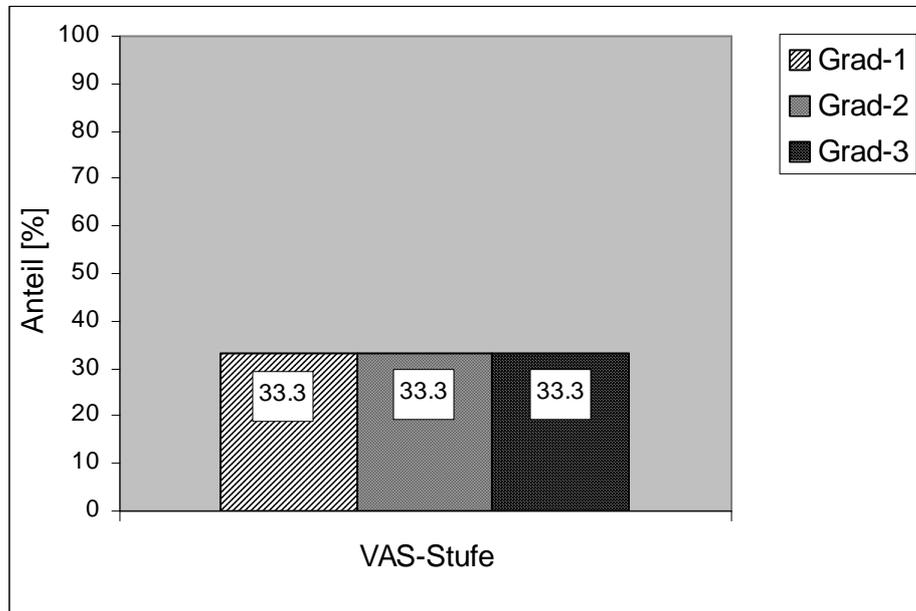
Auf diese Weise ordnen wir die Schmerzangaben drei Intensitätsklassen zu. Grad-1 beinhaltet leichte Schmerzen und Residualbeschwerden: Die Gruppe der bis zum Umfragezeitpunkt „beschwerdefreien Patienten“ (n=37) macht Schmerzangaben zwischen 0 und 24 (Median: 2). Da sich diese Patienten einer fortdauernden Beschwerdefreiheit erfreuen, ist anzunehmen, dass ein Großteil dieser Beschwerden als Residualsymptomatik interpretiert werden kann und somit diese Patienten Grad-1 zugeordnet werden können. Grad-2 umfasst mäßig starke Schmerzen und Grad-3 beinhaltet starke Schmerzen.

Zum Zeitpunkt der Umfrage lassen sich 42.7% der Patienten (n=47) dem Grad-1 zuordnen, 31.8% der Patienten (n=35) gehören zu Grad-2 und 25.5% der Patienten (n=28) zu Grad-3 (Abb.16).



**Abb.16** VAS-Klassifikation – alle Patienten

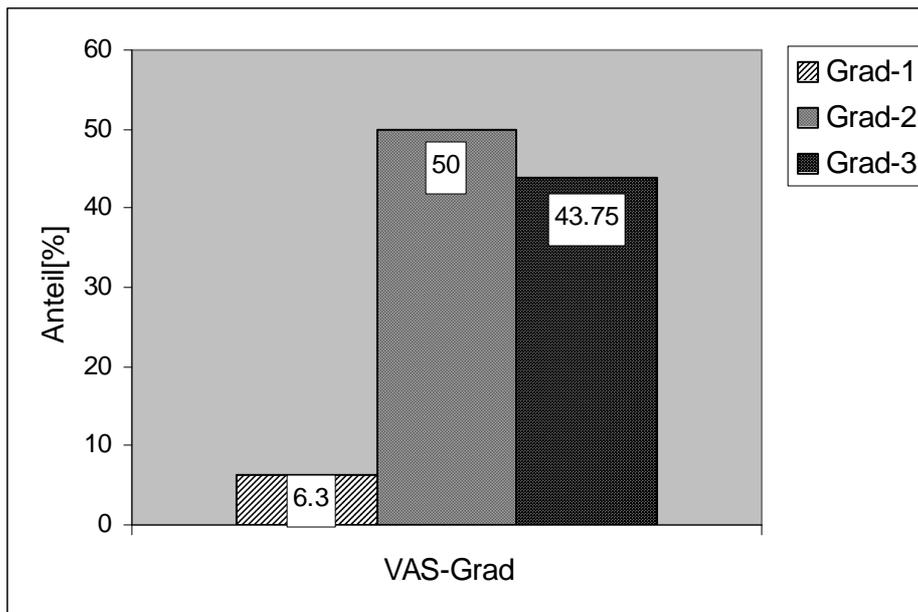
Die Schmerzangaben der Gruppe der „vorübergehend beschwerdefreien Patienten“ (n=47) teilen sich zu je einem Drittel auf die VAS-Grade auf (Abb.17).



**Abb.17** VAS-Klassifikation – „vorübergehend beschwerdefreie Patienten“

Die Gruppe der „nie beschwerdefreien Patienten“ umfasst 40 Patienten. 32 von ihnen machen Angaben auf der VAS. Die Verteilung der VAS-Grade ist wie folgt: 6.3% (n=2) sind Grad-1 zuzuordnen, 50% (n=16) Grad-2 und 43.75% (n=14) Grad-3 (Abb.18).

Die 14 Patienten, die Grad-3 zuzuordnen sind, erzielen unter den Gesichtspunkten der Beschwerdefreiheit und der zum Umfragezeitpunkt bestehenden Schmerzsymptomatik den geringsten Nutzen von der Denervierung. Andererseits sind 54% dieser Patienten zum Zeitpunkt der Umfrage arbeitsfähig, nur 38.5% mussten die Arbeit wechseln und 30.8% dieser Patienten würden die Denervierung noch einmal durchführen lassen, befänden sie sich in einer ähnlichen Situation wie vor der Operation.



**Abb.18** VAS-Klassifikation – „nie beschwerdefreie Patienten“

### 3.2.5 Korrelierende Faktoren

Wir untersuchten, welche Faktoren auf das Schmerzempfinden Einfluss nehmen.

#### 3.2.5.1 Geschlecht

Dabei überprüften wir, ob sich das Geschlecht des Patienten auf die empfundenen Schmerzen auswirkt. Bei Frauen ist nach der Denervierung eine signifikant höhere Schmerzreduktion als bei Männern festzustellen:

Ziehen wir von dem präoperativ angegebenen Wert der VAS den für den Zeitpunkt der Umfrage angegebenen Wert ab, ergibt sich ein Maß für die Schmerzreduktion. Die Schmerzreduktion beträgt bei Männern (n=92) im Median 29 (min/max:43-100), bei Frauen (n=15) im Median 54 Punkte (min/max:3-100) an (p=0.0377).

### 3.2.5.2 Schmerzen – DASH-Fragebogen

Schmerzen sind für uns von herausragender Bedeutung, da sie sowohl für die Indikationsstellung der Denervierung als auch für die Bewertung des Behandlungserfolges ausschlaggebend sind. Deshalb baten wir die Patienten bei der schriftlichen Befragung an zwei Stellen, zu ihren Schmerzen Stellung zu nehmen: Teil B des DASH-Fragebogens und die visuelle Schmerzanalogskala behandeln diese Problematik.

Wir überprüften, ob beide Instrumente übereinstimmende Ergebnisse liefern. Es besteht eine Korrelation zwischen den auf der VAS angegebenen Schmerzen zum Umfragezeitpunkt und dem Ergebnis des DASH-Fragebogens ( $p=0.73$ ).

## 3.2.6 Nicht korrelierende Faktoren

### 3.2.6.1 Schmerzreduktion – berufliche Belastung

Nach Aktenlage teilten wir die Berufe in körperlich schwer und leicht belastend ein. Es stellt sich die Frage, ob sich die unterschiedliche berufliche Belastung auf die Schmerzen auswirkt. Körperlich schwer arbeitende Patienten weisen eine nur geringfügig, statistisch nicht signifikant niedrigere Schmerzreduktion auf als körperlich leicht arbeitende Patienten.

Zum Umfragezeitpunkt beträgt die Schmerzreduktion körperlich schwer arbeitender Patienten ( $n=73$ ) im Median 33 (min-max:43-100), die übrigen Patienten ( $n=33$ ) erreichen einen Median von 43 (min/max:22-100).

### 3.2.6.2 Schmerzreduktion – Alter der Patienten

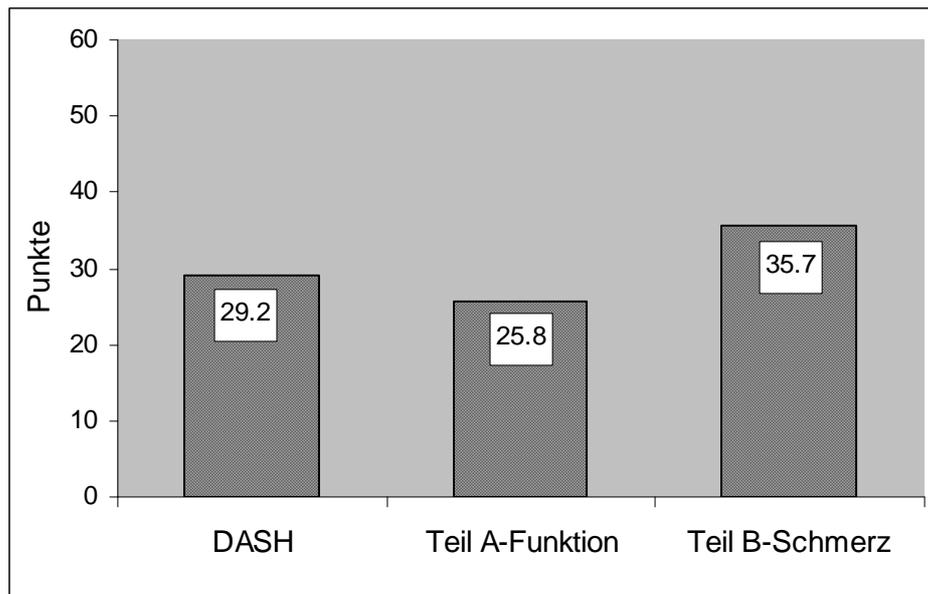
Zusätzlich interessierte uns, ob das Alter der Patienten die Schmerzentwicklung beeinflusst. Dies ist nicht der Fall: Der statistische Test ergibt keinen Zusammenhang ( $p=0.14$ ).

### 3.2.7 DASH-Fragebogen

Auf dem DASH-Fragebogen lässt sich für alle Patienten ein Median von 29.2 Punkten ermitteln. Bei getrennter Betrachtung der beiden Teile des DASH-Fragebogens ergibt sich für Teil A-Funktion ein Median von 25.8, für Teil B-Schmerz ein Median von 35.7 Punkten (Tab.2, Abb.19).

	Punkte	min	max	n
DASH	29.2	0	92.5	123
Teil A-Funktion	25.8	0	91.4	129
Teil B-Schmerz	35.7	0	100	127

**Tab.2** DASH-Fragebogen

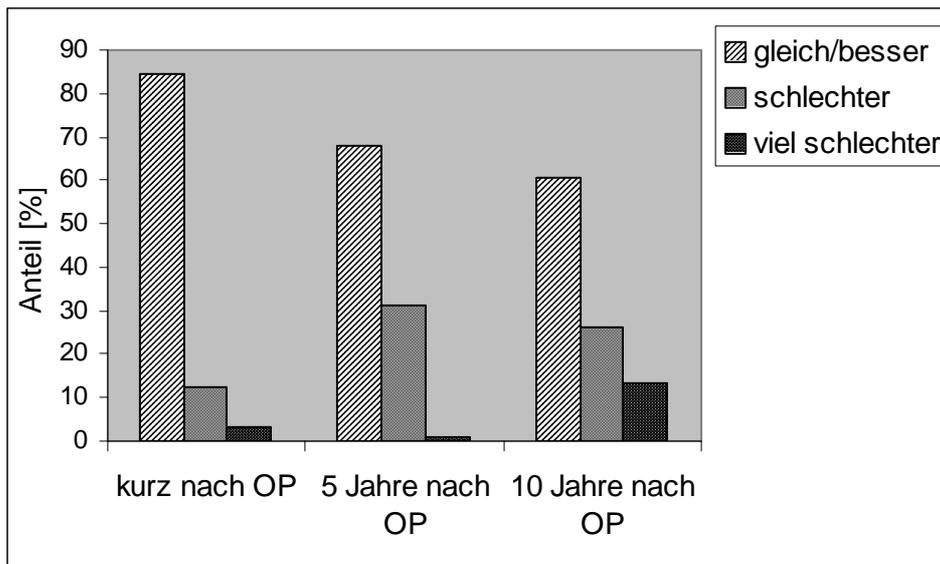


**Abb.19** DASH-Fragebogen

### 3.3 BEWEGLICHKEIT

Die Patienten wurden von uns gebeten, die Beweglichkeit der operierten Hand kurz nach der Denervierung und soweit möglich 5 und 10 Jahre nach der Denervierung selbst einzuschätzen.

5 Jahre nach der Denervierung berichten 68% (n=68) der Patienten von einer gleich guten oder besseren Beweglichkeit. 31% (n=31) schätzen die Beweglichkeit schlechter ein, 1% (n=1) viel schlechter. Nach 10 Jahren bewerten 60.5% (n=46) der Patienten die Beweglichkeit ihrer operierten Hand als gleich gut oder besser, 26.3% (n=20) halten ihre Beweglichkeit für schlechter und 13.2% (n=10) für viel schlechter (Abb.20, Tab.3).



**Abb.20** Beweglichkeit 5 und 10 Jahre nach der OP

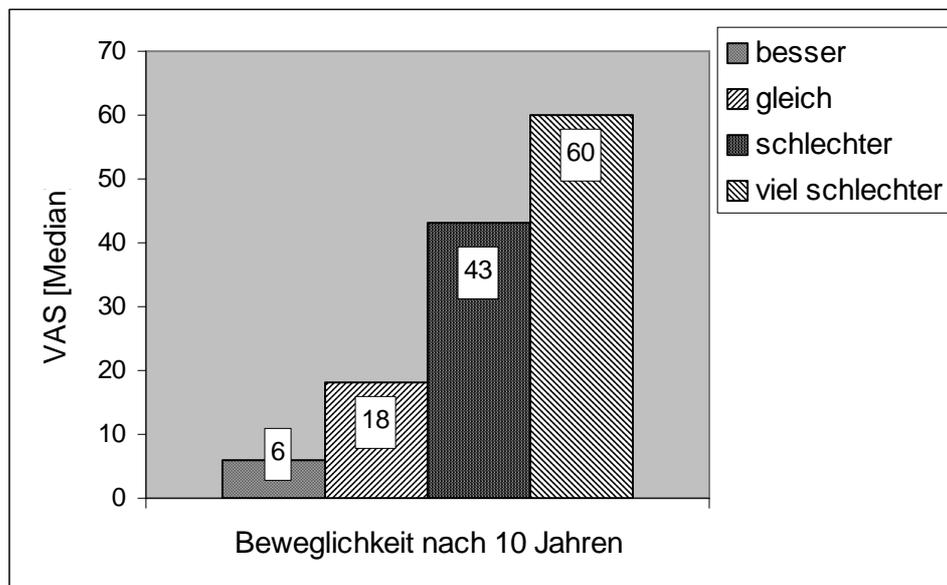
	<b>Beweglichkeit</b>					
	kurz nach der OP		5 Jahre post-OP		10 Jahre post-OP	
	absolut	relativ[%]	absolut	relativ[%]	absolut	relativ[%]
gleich/besser	108	84.4	68	68	46	60.5
schlechter	16	12.5	31	31	20	26.3
viel schlechter	4	3.1	1	1	10	13.2
n	128		100		76	

**Tab.3** Entwicklung der Beweglichkeit

### 3.3.1 Korrelierende Faktoren

#### 3.3.1.1 Schmerzen (VAS)

Bei der Betrachtung der Handgelenkbeweglichkeit 10 Jahre nach der Denervierung fällt auf, dass die auf der VAS angegebenen Schmerzen bei abnehmender Handgelenkbeweglichkeit zunehmen (Abb.21) ( $p=0,0001$ ).



**Abb.21** Zusammenhang Schmerzen und Beweglichkeit

#### 3.3.1.2. Zeitraum Unfall – Denervierung

Der Zeitraum zwischen Unfall und Denervierung beträgt bei den „viel schlechter“ angehenden Patienten ( $n=7$ ) im Median 240 Monate (min/max: 33.94 – 310.64), bei den übrigen Patienten ( $n=41$ ) 45 Monate (min/max: 0.66-362.91) ( $p=0.011$ ).

## **3.4 ARBEIT**

### **3.4.1 Arbeitsfähigkeit**

86.3% der Patienten (120 von 139 gemachten Angaben) können nach der Operation wieder arbeiten. Sie können ihre Arbeit im Median nach einem Monat wieder aufnehmen (min/max: 0-19).

Heute sind nach eigenen Angaben 68.4% (65 von 95 gemachten Angaben) der Patienten arbeitsfähig.

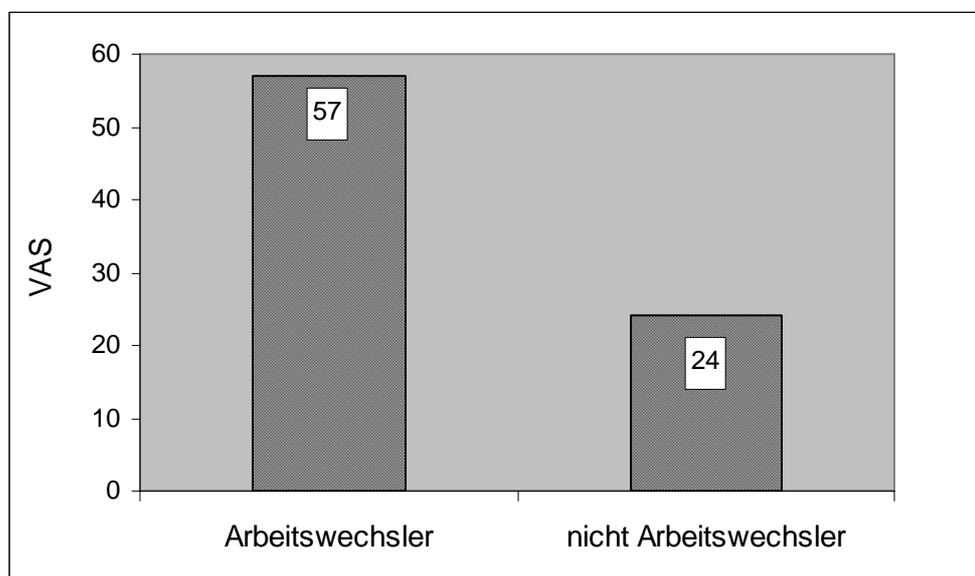
### **3.4.2 Erwerbsunfähigkeit**

5 Patienten geben an, erwerbsunfähig zu sein. Das sind 5.3% der 95 Patienten, welche zu dem Punkt „Arbeitsfähigkeit“ Angaben gemacht haben. Der Median für die Zeitdauer zwischen der Denervierung und dem Beginn der Erwerbsunfähigkeit beträgt 2.53 Jahre (min/max: 0.85-5.07). Die Patienten sind im Median 54.07 Jahre bei Eintritt der Erwerbsunfähigkeit alt (min/max: 45.71-57.99). Hierbei bleibt jedoch unklar, ob die Erwerbsunfähigkeit alleinig durch die Handgelenkbeschwerden begründet ist. Dieser Punkt kann wegen einer missverständlichen Fragestellung des Fragebogens nicht weiter differenziert werden.

### **3.4.3 Arbeitsplatzwechsel**

19.8% der Patienten (26 von 131 Angaben) mussten ihren Arbeitsplatz wechseln. 20 von ihnen machten Angaben zur Beschwerdefreiheit. Von diesen Patienten erreichten 55% Beschwerdefreiheit (n=11), die im Median 5 Jahre anhielt (min/max:0.083-24.58). Die Patienten, welche ihren Arbeitsplatz

wechseln mussten, machen für den Zeitpunkt der Umfrage signifikant höhere Schmerzangaben auf der VAS als jene Patienten, die ihren ursprünglichen Arbeitsplatz beibehielten ( $p=0.0012$ ; Abb.22).



**Abb.22** Schmerzen (VAS) der Arbeitswechsler

### 3.5 ERGEBNISSE VON PATIENTEN MIT ARTHRODESEN

Bei den an der Umfrage teilnehmenden Patienten ( $n=165$ ) wurde bei 9.7 Prozent eine Arthrodeese durchgeführt ( $n=16$ ). Diese fand im Median 3.7 Jahre nach der Denervierung statt.

#### 3.5.1 Ätiologie

Es lässt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Handgelenkversteifung und einer bestimmten Ätiologie nachweisen. Dennoch zeichnet sich ein leichter Trend zugunsten der Kahnbeinpseudarthrose ab. Davon abgesehen ähnelt sich die Verteilung der Grunderkrankungen von

Patienten mit (n=16) und ohne Arthrodeese: Bei 68.8% (n=11) der Patienten wurde eine Kahnbeinpseudarthrose diagnostiziert, 12.5% (n=2) haben eine primäre Arthrose, 12.5% (n=2) eine Lunatummalazie und ein Patient eine posttraumatische Arthrose (6.3%) (Tab.4).

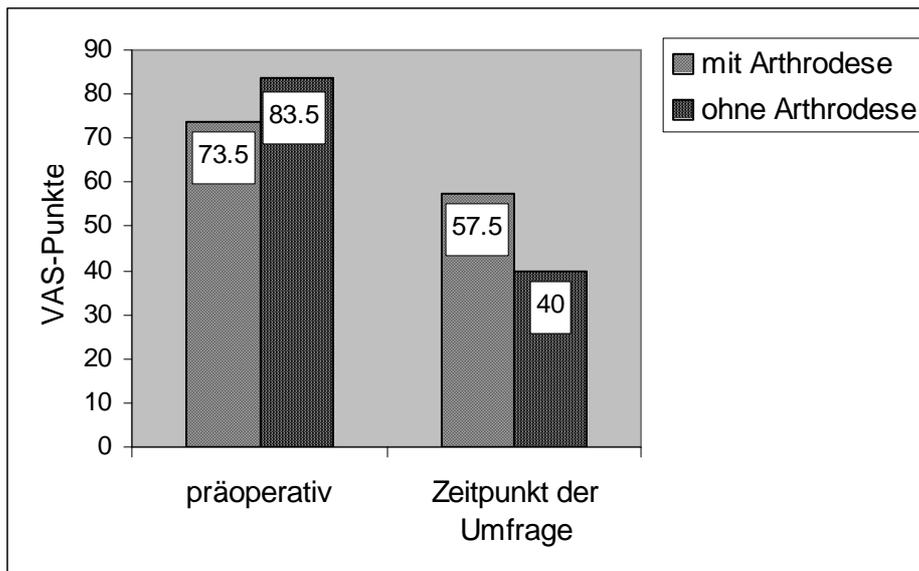
<b>Diagnose</b>	<b>Arthrodeese [%]</b>	<b>keine Arthrodeese [%]</b>
Kahnbeinpseudarthrose	68.8	42.6
Primäre Arthrose	12.5	20.8
Lunatummalazie	12.5	14
andere sekundäre Arthrosen	6.3	11.3
Radiusfraktur	0	11.3

**Tab.4** Ätiologie von Patienten mit und ohne Arthrodeese

### 3.5.2 Schmerzen

Patienten, die mit einer Arthrodeese versorgt wurden, geben für den Zeitpunkt der Umfrage stärkere Schmerzen an als Patienten, die ausschließlich denerviert wurden. Dies lässt sich durch die Angaben auf der VAS und auf dem DASH-Bogen belegen:

Patienten mit einer Arthrodeese geben auf der VAS für den Zeitpunkt vor der Denervierung etwas weniger Schmerzen an als Patienten ohne Arthrodeese. (Abb.23). Am Zeitpunkt der Umfrage kehrt sich dieses Verhältnis um: die Patienten ohne Arthrodeese geben im Median 40 (min-max:0-100) an, die Patienten mit Arthrodeese 57.5 Punkte (min-max: 2-91).



**Abb.23** Einfluss der Arthrodesis auf die VAS

Auf dem DASH-Fragebogen unterscheiden sich die Ergebnisse der Patienten mit Arthrodesis noch deutlicher von den Ergebnissen der Patienten ohne Arthrodesis (Tab.5, Abb.24):

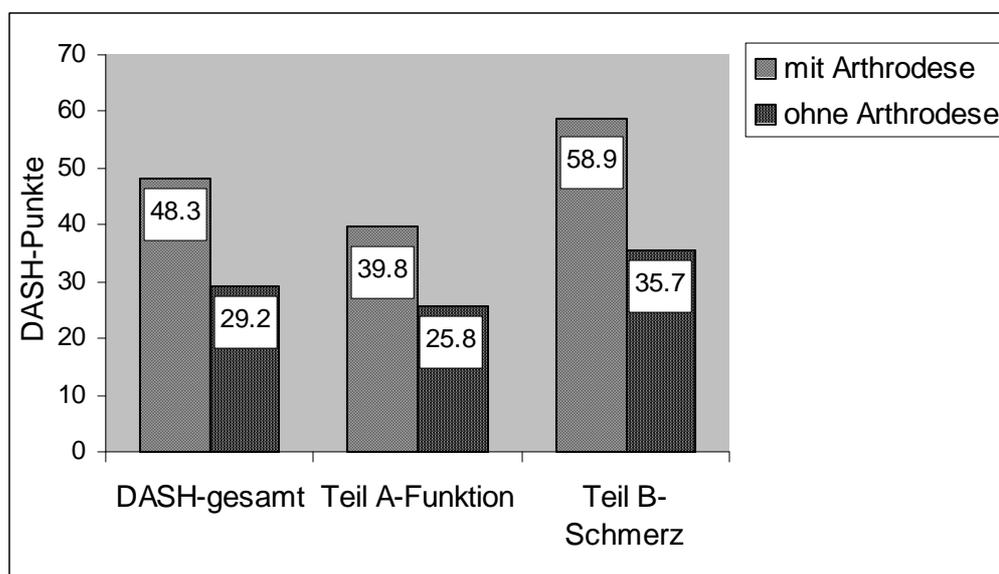
Das DASH-Ergebnis von Patienten, die mit Arthrodesis versorgt wurden (n=14), beträgt im Median 48.3 (min/max: 12.5-77.5), die übrigen Patienten (n=123) erreichen 29.2 Punkte (min-max: 0-92.5; p=0.0376).

Untersucht man die beiden Teile des DASH-Fragebogens getrennt, lässt sich folgendes feststellen: Teil A befasst sich mit der Funktionseinschränkung. Patienten mit Arthrodesis (n=14) erreichen einen Median von 39.8 (min-max: 8.6-68.8), Patienten ohne Arthrodesis (n=129) erreichen 25.8 Punkte (min-max: 0-91.4) .

Teil B untersucht die Schmerzsymptomatik. Patienten mit Arthrodesis (n=14) geben im Median 58.9 (min-max: 12.4-85.7) an und unterscheiden sich damit signifikant von Patienten ohne Arthrodesis (n=127), die im Median 35.7 Punkte (min-max: 0-100) angeben (p=0.0086).

	mit Arthrodeese	ohne Arthrodeese	p
DASH-gesamt	48.3	29.2	0.0376
Teil A-Funktion	39.8	25.8	0.1072
Teil B-Schmerz	58.9	35.7	0.0086

**Tab.5** DASH-Fragebogen und Auftreten einer Arthrodeese



**Abb.24** Arthrodeese und DASH-Fragebogen

### 3.5.3 Beruf

Bezieht man ein, ob die Patienten einen körperlich schwer (manual worker) oder leicht (sedentary) belastenden Beruf ausüben, lässt sich feststellen, dass 11.5 Prozent der körperlich schwer belasteten Patienten (n=13) mit einer Arthrodeese versorgt wurden und nur 6 Prozent der körperlich leicht belasteten (n=3) (Tab.6).

	Arthrodese		keine Arthrodese	
	absolut	relativ	absolut	relativ
manual-worker	13	11.50%	100	88.50%
sedentary	3	6%	47	94%

**Tab.6** Art des Berufs und Auftreten einer Arthrodese

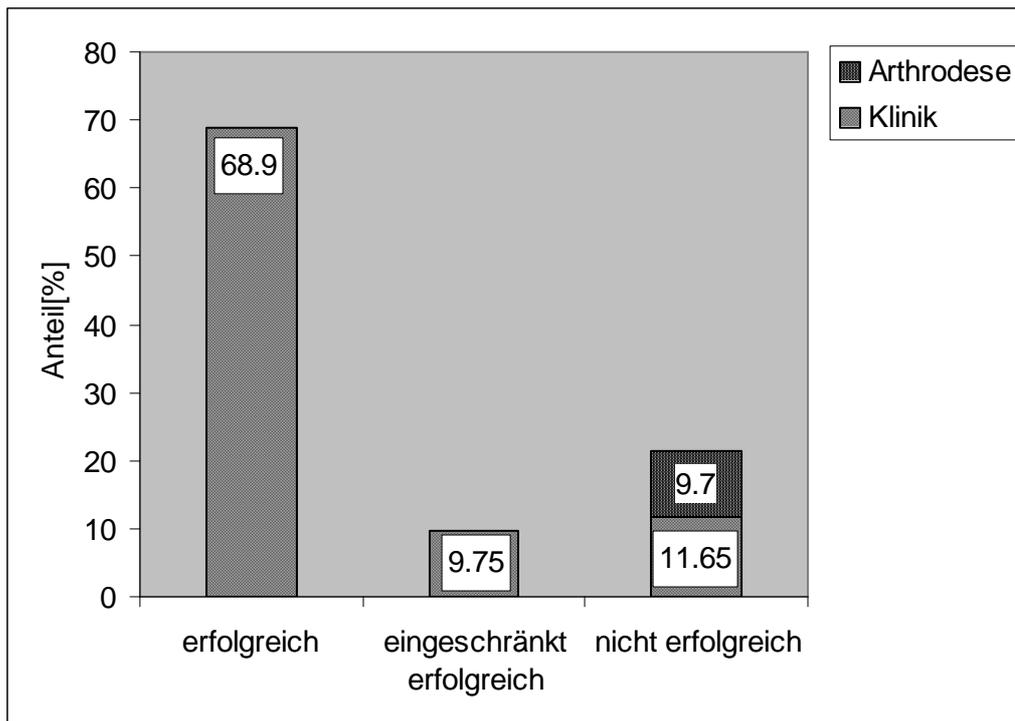
### 3.5.4 Patientenzufriedenheit

62.5 Prozent der mit einer Arthrodese versorgten Patienten (n=10) geben an, die Denervierung noch einmal durchführen zu lassen, befänden sie sich in einer ähnlichen Situation wie vor der Operation. 37.5 Prozent (n=6) lehnen dieses ab.

### 3.6 BEHANDLUNGSERFOLG

Für die Bewertung des Behandlungserfolges ziehen wir die zwei wichtigsten Parameter heran: Die Dauer der Beschwerdefreiheit und die individuelle Reduktion der Schmerzen auf der VAS (siehe 2.3.3).

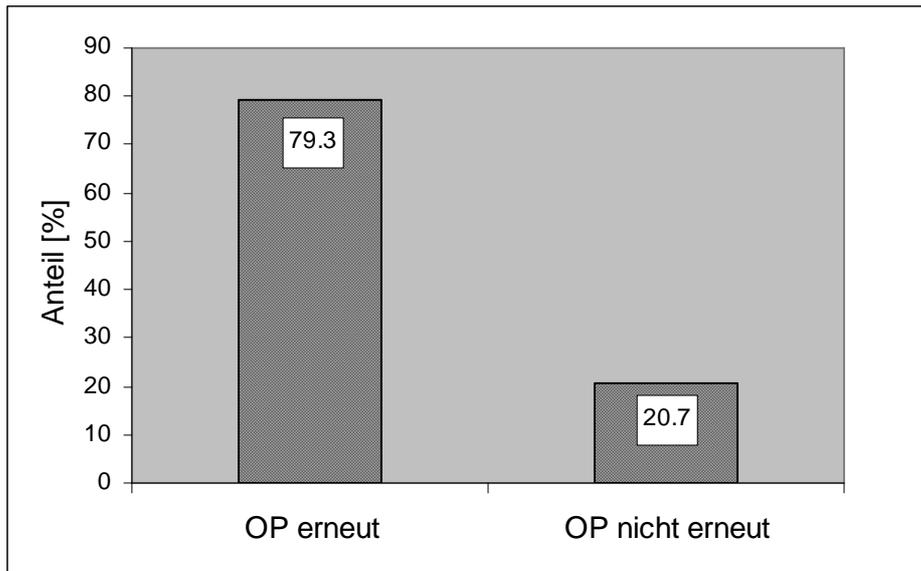
Die Behandlung ist bei 68.9 Prozent der Patienten als erfolgreich, bei 9.75 Prozent als eingeschränkt erfolgreich und bei 21.35 Prozent als nicht erfolgreich einzustufen. 9.7 Prozent der nicht erfolgreichen Patienten wurden mit einer Arthrodese versorgt, 11.65 Prozent gehen auf die schlechte Beschwerdesymptomatik zurück (Abb. 25).



**Abb. 25** Behandlungserfolg

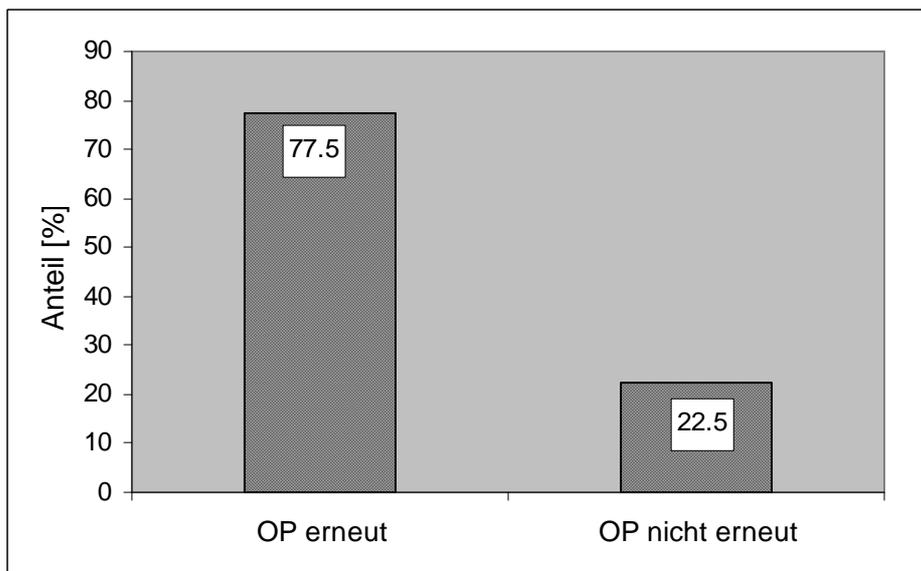
### 3.7 PATIENTENZUFRIEDENHEIT

79.3 Prozent der Patienten (n=107) würden die Denervierung noch einmal durchführen lassen, befänden sie sich in einer ähnlichen Situation wie vor der Operation. 20.7 Prozent der Patienten (n=28) lehnen dieses ab (Abb.26).



**Abb.26** Zufriedenheit der Patienten ohne Arthrodesis

Werden auch die Angaben von Patienten, die mit einer Arthrodesis versorgt worden sind, berücksichtigt, würden 77.5 Prozent der Patienten (n=117) die Denervierung noch einmal durchführen lassen, 22.5 Prozent (n=34) der Patienten lehnen dieses ab (Abb.27).



**Abb.27** Patientenzufriedenheit aller Patienten

#### **4. DISKUSSION**

Die Denervierung des noch gut beweglichen, arthrotischen Handgelenks dient dem Zweck, die Schmerzsymptomatik zu reduzieren. Wir gehen hierbei von der Voraussetzung aus, dass durch alternative Therapieverfahren die zugrundeliegende Erkrankung nicht beeinflusst werden kann. Wird diese Form der Therapie nicht gewählt, so bleibt in aller Regel nur die teilweise oder vollständige Versteifung des betroffenen Handgelenks als Alternative. Letztere stellt jedoch einen erheblichen Grad der Behinderung dar, welche laut Sozialgesetzbuch eine Minderung der Erwerbsfähigkeit von 20-30% nach sich zieht. Somit ist eine Verringerung der Beschwerdesymptomatik durch die Denervierung, wenn auch nur temporär, ein Gewinn für den Patienten, sofern diese die versteifenden Operationen hinauszögert oder verhindert.

Bei 9.7 % unserer Patienten musste nach der Denervierungsoperation eine Arthrodese durchgeführt (n=16) werden. Wir haben diese 9.7 Prozent zunächst als Fehlschläge dieser Methode gewertet und separat betrachtet. Bedenkt man jedoch, dass die Arthrodese im Median 3.7 Jahre nach der Denervierung stattfand, so konnte ja doch das Handgelenk über einen nicht unerheblichen Zeitraum bewegt werden und ist somit nicht a priori als Fehlschlag zu werten. Dies spiegelt sich in der Tatsache wider, dass 62.5 % der mit einer Arthrodese versorgten Patienten (n=10) angeben, die Denervierung noch einmal durchführen zu lassen, befänden sie sich in einer ähnlichen Situation wie vor der Operation.

Betrachten wir nun die restlichen 90.3% der Patienten, so stellen wir fest, dass 79.3 % der Patienten (n=107) die Denervierung noch einmal durchführen lassen würden und 86.3% der Patienten ihre Arbeit im Median einen Monat nach der Operation wieder aufnehmen können. Bei 77 % der Patienten, deren Denervierung mindestens 5 Jahre zurückliegt, werden über einen Zeitraum von 10 Jahren keine starken Beschwerden verspürt. Nach 10 Jahren bewerten 60.5% (n=46) der Patienten die Beweglichkeit ihrer operierten Hand als gleich gut oder besser. Auf dem DASH-Bogen lässt sich für alle Patienten ein Median von 29.2 Punkten ermitteln.

Diese Beobachtungen beziehen sich auf Langzeitergebnisse, der durchschnittliche Beobachtungszeitraum zwischen der Denervierung und unserer Befragung beträgt 12.23 Jahre (95%KI: 11.5-12.8) und ist somit der längste unter den publizierten Studien. Wir können also mit Blick auf unsere Fragestellung feststellen, dass das Langzeitergebnis als überraschend erfolgreich einzustufen ist.

Bei der genaueren Analyse aller Patienten betragen die Schmerzen nach 12.23 Jahren im Median 40 Punkte auf der VAS (min-max:0-100), was einer Schmerzreduktion von 52.1 Prozent entspricht.

Ein knappes Drittel (29.8 %) der Patienten sind bis zum Zeitpunkt der Umfrage beschwerdefrei.

Bei einem zweiten Drittel (37.9 %) der Patienten traten die Beschwerden nach einem 3-jährigen schmerzfreien Intervall erneut auf, sie betragen 46 Punkte auf

der VAS-Skala (min-max: 0-100), was einer Schmerzreduktion um 43.9 Prozent entspricht.

Das letzte Drittel (32.3%) der Patienten erreichte keine völlige Beschwerdefreiheit, jedoch wurden die Schmerzen zum Zeitpunkt der Umfrage mit 55 Punkten der VAS (min-max: 18-100) angegeben, was immerhin einer Schmerzreduktion um 29.5 Prozent entspricht. 58.3 Prozent dieser Patienten würden den Eingriff erneut durchführen lassen.

Innerhalb dieses letzten Drittels der Patienten fanden wir eine Gruppe von Patienten (13.2%, n=10), welche ihre Beweglichkeit als „viel schlechter“ einschätzen und deren Schmerzsymptomatik gleichzeitig deutlich anstieg ( $p=0,0001$ ). Zumindest diese Gruppe von Patienten muss als nicht erfolgreich eingestuft werden. Der Grund hierfür könnte an dem verstärkt fortschreitenden pathologischen Prozess liegen. Insbesondere nicht erkannte karpale Instabilitäten sind hypothetisch hier als Ursache anzuführen. Auch wenn die Art der Grunderkrankung statistisch gesehen keinen Einfluss auf das Ergebnis der Denervierung oder auf die Notwendigkeit der sekundären Arthrodesen ausübt, so bleibt doch der Zweifel, ob bei der Häufung der Kahnbeinpseudarthrosen diese karpalen Instabilitäten übersehen wurden. Aus diesem Grunde achten wir heute besonders auf dynamische Instabilitäten des Handgelenks, welche eine relative Kontraindikation zur Denervierung darstellen.

Für uns unerwartet war der Vergleich der Ergebnisse der denervierten Patienten mit denen, welche eine sekundäre Arthrodesen (9.7%) benötigten.

Überraschenderweise erreichen die arthrodesierten Patienten zum Zeitpunkt der Umfrage schlechtere Ergebnisse auf dem DASH-Fragebogen und der Visuellen Schmerzanalogskala als die übrigen, ausschließlich denervierten Patienten. Auch wenn die Aussagekraft der vergleichsweise kleinen Gruppe von Patienten mit Arthrodesen (n=16) sicher beschränkt ist, veranlasste uns das Ergebnis zu einem Vergleich mit anderen Arbeiten, welche über die Ergebnisse von teilweisen oder vollständigen Arthrodesen berichten.

Der Vergleich dieser Ergebnisse ist in jenen Fällen uneingeschränkt möglich, in denen der postoperative Befund durch die VAS in Punkten angegeben wird. In den Fällen, in denen nur Werte über die prozentuale Schmerzreduktion angegeben werden, ist der Vergleich nur eingeschränkt möglich, da in unserer retrospektiven Studie „erinnerte“ Schmerzausgangswerte auf der VAS ermittelt werden. Unser Ausgangswert von 83.5 Punkten stimmt weitgehend mit den Ausgangswerten der anderen Studien überein.

Nagi (Nagi und Buchler 1998) verglich die Ergebnisse von 70 vollständigen Handgelenkarthrodesen mit 25 proximalen Karpektomien und 27 partiellen Handgelenkarthrodesen. Dabei berichtet er von fast vollständiger Schmerzfreiheit bei 76 Prozent der Patienten mit vollständiger Arthrodesese, von Schmerzreduktion von 85 Prozent bei Patienten mit proximalen Karpektomien, nur 50 Prozent Schmerzreduktion bei Patienten mit Four-Corner-Arthrodesese und 39 Prozent Schmerzreduktion bei Patienten mit einer radio-scapho-lunären Arthrodesese. Vergleichen wir diese Angaben mit der durch Denervierung erzielten Schmerzreduktion, kommen wir zu ähnlichen Ergebnissen, ohne

hingegen die Handgelenkbeweglichkeit oder Kraft einzuschränken, die durch eine Arthrodesen um bis zu 70 Prozent reduziert wird (Nagi und Buchler 1998).

Kalb berichtet über seine Erfahrungen mit 64 Handgelenkspanarthrodesen (Kalb et al. 1999). Der ermittelte DASH Wert lag bei 45.6 Punkten, die bloße Denervierung ergab in unserer Studie 29.2 Punkte. Der postoperative Wert der VAS lag bei den Arthrodesen bei 33.4, bei den Denervierungen bei 40 Punkten. Sauerbier (Sauerbier, Trankle et al. 2000) fand nach 31 mediokarpalen Teilarthrodesen einen Wert von 39 Punkten auf der VAS (Reduktion bis zu 70%), der DASH Wert lag ebenfalls bei 39 Punkten.

Nach 60 vollständigen Handgelenkarthrodesen berichtet derselbe Autor (Sauerbier, Kluge et al. 2000) über eine Schmerzreduktion von 55 Prozent, der DASH Wert betrug 51.4 Punkte.

Krimmer (Krimmer et al. 2000) verglich die Ergebnisse von 41 Patienten mit Handgelenkspanarthrodesen mit jenen von 97 Patienten mit mediokarpalen Arthrodesen. Die Gruppe mit mediokarpalen Arthrodesen erreichte 39 Punkte auf der Visuellen Analogskala und 33 Punkte bezüglich des DASH. Die Gruppe mit vollständig versteiftem Handgelenk erreichte 44 Punkte auf der VAS und 45 Punkte auf dem DASH Bogen.

Ähnliche Ergebnisse werden von anderen Autoren in Studien über Handgelenkarthrodesen berichtet (Bertrand et al 2002; Sauerbier, Bickert et al. 2000; Sauerbier, Trankle et al. 2000; Siegel et al. 1996, Tomaino et al. 1994; Watson et al. 1999).

Stellt man nun die Ergebnisse der Studien über partielle und vollständige Versteifungen denen der Denervierung des Handgelenks gegenüber, so fällt auf, dass die Denervierung keinesfalls schlechtere, häufig sogar bessere Ergebnisse zeigt. Zieht man in Betracht, dass bei den versteifenden Operationen unwillkürlich ein Denervierungseffekt eintritt und das meist im Methodenteil die Resektion zumindest des N. interosseus posterior, manchmal auch des N. interosseus anterior aufgeführt wird, so stellt sich uns zwangsläufig die Frage, welchen Anteil die einzelnen Operationsschritte am Gesamtergebnisse einnehmen.

Warum jedoch können manche Patienten weder von der Denervierungsoperation noch von der Arthrodese profitieren? Neben verfahrenstechnischen Mängeln kann zum Beispiel eine falsche Indikationsstellung zum Misserfolg der Denervierung beitragen.

Wir sind der Ansicht, dass zumindest dynamische karpale Instabilitäten zu einem schnell progredienten arthrotischen Prozess führen, welcher die Handgelenkbeweglichkeit deutlich reduziert. Die Dauer der Handgelenkschmerzen insgesamt spielt sicherlich eine weitere Rolle im Sinne eines Schmerzgedächtnis. Für die sekundäre Arthrodese muss dies berücksichtigt werden.

Eine Ursache für persistierende Beschwerden nach Arthrodesen kann im Bereich der kortikalen Reorganisation hypothetisiert werden. Die Versteifung eines Handgelenks könnte eine Störung und Reorganisation der homunkulären

Organisation des primären somatosensorischen und motorischen Kortex induzieren, welche dann selbst zu schmerzhaften Beschwerden führt. Eingehende Studien (Lotze et al 1999; Lotze et al 2001) haben nachweisen können, dass die intensive Anwendung von myoelektrischen Prothesen nach Amputation der oberen Extremität diese Prozesse dämpft und das Auftreten von Phantomschmerzen reduziert. Könnte hier ein Zusammenhang zwischen dem Funktionsverlust des Handgelenks und zentralen Mechanismen bestehen? Auch aus diesen Gründen halten wir die reine Denervierung bei kaum beweglichen, plurioperierten Handgelenken und lang anhaltenden Schmerzen für wenig aussichtsreich.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Denervierung des Handgelenks zumindest in zwei Drittel aller Fälle gute bis sehr gute Ergebnisse liefert. Diese Technik sollte selektiv für Patienten reserviert bleiben, welche an einem bereits ausgebildeten arthrotischen Prozess ohne dynamische Instabilität leiden und gute Beweglichkeit aufweisen. In allen anderen Fällen, in denen die Möglichkeit besteht, die arthrotischen Prozesse aufzuhalten oder das karpale Gefüge zu verbessern, sollte die Denervierung allenfalls sekundär angewandt werden. Somit handelt es sich bei der Handgelenkdenervierung um ein genau definiertes und wertvolles Operationsverfahren im Spektrum der operativen Therapiemaßnahmen bei Handgelenkbeschwerden.

## **5. ZUSAMMENFASSUNG**

Zwischen 1977 und 2001 wurden an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen 375 Patienten denerviert. Wir konnten 362 Akten einsehen. 165 Patienten nahmen an unserer Befragung teil. Dabei wurden die Schmerzen mittels Visueller Schmerzanalogskala (VAS: 0=keine Schmerzen, 100=maximale Schmerzen), die Handgelenkbeweglichkeit, die Arbeitsfähigkeit, die Patientenzufriedenheit und eventuell aufgetretene Komplikationen untersucht. Darüber hinaus wurden die Patienten gebeten, den DASH-Fragebogen auszufüllen, mit dessen Hilfe die Globalfunktion der oberen Extremität eingeschätzt werden kann. Ein DASH-Punktwert von 0 bedeutet eine völlig freie Funktion ohne Behinderung, ein DASH-Punktwert von 100 eine maximale Behinderung (German et al.1999).

Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum zwischen der Denervierung und unserer Befragung beträgt 12.23 Jahre (95%KI: 11.4-12.7). Das Durchschnittsalter ist 43.5 Jahre (95%KI: 42.1-44.8). 70 Prozent der Patienten üben einen körperlich belastenden Beruf aus, 30 Prozent der Patienten verrichten eine körperlich wenig belastende Tätigkeit. Eine vollständige Denervierung wurde bei 89 Prozent der Patienten durchgeführt, 11 Prozent der Patienten erhielt eine partielle Denervierung.

67.7 Prozent der Patienten waren nach der Denervierung beschwerdefrei. Bei 37.9 Prozent der Patienten traten Beschwerden inzwischen erneut auf. 29.8 Prozent der Patienten sind bis zum Zeitpunkt der Umfrage beschwerdefrei. Die präoperativen Schmerzen wurden auf der VAS im Median mit 83.5 (min-max:0-100) angegeben. 6 Wochen nach der Denervierung waren die Schmerzen im Median auf 32 Punkte reduziert (min-max:0-100). Dies entspricht einer Schmerzverminderung von 61.7 Prozent. 12.23 Jahre (95%KI: 11.5-12.8) nach der Denervierung betragen die Schmerzen im Median 40 Punkte (min-max: 0-100), was einer Schmerzreduktion von 52.1 Prozent entspricht.

Betrachten wir nur Patienten, deren Denervierung mindestens 5 Jahre zurückliegt, können wir feststellen, dass 77 Prozent von ihnen über einen Zeitraum von 10 Jahren keine starken Beschwerden verspürten.

79.3 Prozent aller Patienten würden die Denervierung noch einmal durchführen lassen, wären sie in derselben Situation wie vor der Operation. 86 Prozent der Patienten konnten nach einem Monat (min-max:0-19) ihre Arbeit wieder aufnehmen. Nach 10 Jahren bewerten 60.5 Prozent der Patienten die Beweglichkeit ihres operierten Handgelenks als gleich gut oder besser, 26.3 Prozent bemerken eine leichte Verschlechterung und nur 13.2 Prozent der Patienten beklagen eine deutliche Verminderung der Handgelenkbeweglichkeit.

Bei 9.7 (16 von 165) Prozent der Patienten brachte die Denervierung nicht den gewünschten Erfolg, so dass eine Arthrodese des Handgelenks durchgeführt werden musste. Die Arthrodese wurde durchschnittlich 3 Jahre nach der Denervierung durchgeführt. Während dieses Zeitraums konnten die Patienten Nutzen aus der erhaltenen Handgelenkbeweglichkeit ziehen. Überraschenderweise erreichen diese Patienten zum Zeitpunkt der Umfrage schlechtere Ergebnisse auf dem DASH-Fragebogen und der Visuellen Schmerzanalogskala als die übrigen, ausschließlich denervierten Patienten.

Es konnte nur bei 29.8 Prozent aller Patienten durch die Denervierung eine vollständige, bis zum Zeitpunkt der Umfrage andauernde Beschwerdefreiheit erreicht werden; bei den übrigen Patienten traten einige Zeit nach der Denervierung wieder erneut Beschwerden auf (37.9 Prozent) oder es wurde nie eine vollständige Beschwerdefreiheit (32.3 Prozent) erzielt. Erreicht wurde durch die Denervierung eine effektive Schmerzreduktion, eine geringe Arbeitsunfähigkeit und eine Patientenzufriedenheit von 79.3 Prozent.

Wir glauben, durch die Denervierung eine gleich gute Schmerzreduktion wie durch andere Methoden, insbesondere die verschiedenen Formen der

Handgelenksarthrodesen, erzielen zu können. Dabei wird die Handgelenkbeweglichkeit und Kraft nicht vermindert, die durch Arthrodesen um bis zu 70 Prozent reduziert wird (Nagi und Buchler 1998). Diese effektive Schmerzreduktion kann durch eine nur gering traumatisierende Operation herbeigeführt werden, die im Falle eines Misserfolges die Möglichkeit, weitere Operationen durchzuführen, offen lässt.

Üblicherweise wird heutzutage eine Teildenerverung mit anderen Maßnahmen wie partiellen oder vollständigen Arthrodesen kombiniert. Betrachtet man die Ergebnisse von isolierten Denervierungen, ist es nicht möglich, bei kombinierten Operationen zu unterscheiden, auf welche Maßnahme ein positives Gesamtergebnis zurückzuführen ist. Aus diesen Gründen sollte die Denervierung ihren festen Platz in der Handchirurgie beibehalten.

## 6. ANHANG

### DASH-FRAGEBOGEN

Die folgenden Fragen beschäftigen sich sowohl mit Ihren Symptomen als auch Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten/ Aktivitäten auszuführen. Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäß Ihrem Zustand in der letzten Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl einkreisen. Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie Ihre Tätigkeiten/Aktivitäten ausüben. Antworten Sie einfach entsprechend Ihren Fähigkeiten, egal, wie Sie die Aufgaben meistern konnten.

#### TEIL A:

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten ein, folgende Tätigkeiten/Aktivitäten in der letzten Woche ausführen zu können, indem Sie die entsprechende Zahl einkreisen.

	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein Marmeladen-, Einmach-, Honigglas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schreiben	1	2	3	4	5
3. Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4. Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5. Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
6. Etwas auf ein Regal über Kopfhöhe stellen	1	2	3	4	5
7. Schwere Hausarbeit (Boden putzen, Wände abwaschen)	1	2	3	4	5
8. Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9. Betten machen	1	2	3	4	5
10. Eine Einkaufstüte oder Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11. Schwere Gegenstände tragen (über 10 kg)	1	2	3	4	5
12. Eine Glühbirne über Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13. Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14. Den Rücken waschen	1	2	3	4	5
15. Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
17. Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen,	1	2	3	4	5

Stricken usw.)					
18. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm mit mehr oder Weniger Anstrengung benutzen, wie z.B.:Tennis, Heimwerken, Golf usw.	1	2	3	4	5
19. Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (Badminton, Frisbee, Sqash)	1	2	3	4	5
20. Am Strassenverkehr teilnehmen oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen, um von einem Platz zum anderen zu gelangen	1	2	3	4	5
21. Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
22. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihren normalen sozialen Kontakt zu Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der letzten Woche beeinflusst?	Überhaupt nicht	Kaum	Merklich	Deutlich	Extrem
	1	2	3	4	5
23. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen täglichen Aktivitäten eingeschränkt?	Überhaupt nicht	Kaum eingeschränkt	Merklich eingeschränkt	Deutlich eingeschränkt	Extrem eingeschränkt
	1	2	3	4	5

**Teil B:**

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein. (Bitte kreisen Sie die entsprechende Zahl ein.)

	Keine	Wenig	Mittel	Erheblich	Extrem
24. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
25. Schmerzen in Schulter, Arm, Hand, nachdem Sie eine bestimmte Tätigkeit ausgeführt haben	1	2	3	4	5
26. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
27. Schwächegefühl in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
28. Steifheit in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
29. Hatten Sie in der letzten Woche Schlafstörungen wegen der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	So viele Schwierigkeiten, dass ich nicht schlafen konnte
	1	2	3	4	5
30. Durch meine Probleme in Schulter, Arm oder Hand fühle ich mich weniger fähig, mein Selbstvertrauen ist eingeschränkt, und ich kann mich weniger nützlich machen.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung. Weiß nicht	Stimme zu	Stimme sehr zu
	1	2	3	4	5

**Teil C: Sport oder Musikinstrumente**

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluß, den Ihr Schulter-, Arm- oder Handproblem auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder das Ausüben Ihres Sports hatte.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben, so geben Sie bitte an, welches Instrument oder welche Sportart für Sie am wichtigsten ist.

---



---

Bitte kreisen Sie die Zahl ein, die Ihre körperliche Leistungsfähigkeiten in der letzten Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Wegen der Schmerzen in Schulter/Arm/Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut, wie Sie es gewohnt waren, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
4. Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstru- mentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

## EIGENER FRAGEBOGEN

1.) Am 23.2.95 wurden bei Ihnen die schmerzleitenden Nervenfasern am \_\_\_\_\_ Handgelenk durchtrennt. Markieren Sie bitte mit einem Kreuz, wie stark Sie die Schmerzen vor der Operation in Erinnerung haben,

	-----	
	keine	maximale
	Schmerzen	Schmerzen
wie die Schmerzen ca. 10 Tage nach der Operation waren	-----	
	keine	maximale
	Schmerzen	Schmerzen
und welche Schmerzen Sie heute empfinden	-----	

2.) Wie lange waren Sie beschwerdefrei? \_\_\_\_\_

3.) Sind wieder Beschwerden aufgetreten?  Ja  Nein  
- wenn ja, ca. wie lange nach der Operation? \_\_\_\_\_

4.) Konnten Sie nach der Operation Ihre Arbeit wieder aufnehmen?  Ja  Nein

5.) Sind Sie noch heute arbeitsfähig?  Ja  Nein  aus Altersgründen berentet

6.) War ein Wechsel der Arbeit notwendig?  Ja  Nein

7.) Ist die Beweglichkeit des operierten Handgelenkes im Vergleich zur anderen Seite

	viel schlechter geworden	schlechter geworden	gleich geblieben	besser geworden ?
kurz nach der Operation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nach 5 Jahren (sofern zutreffend)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nach 10 Jahren (sofern zutreffend)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8.) Wurde die Versteifung Ihres Handgelenkes nötig?  Ja  Nein  
- wenn ja, wann? \_\_\_\_\_

9.) Fühlt sich die Haut des operierten Handgelenks pelzig an?  Ja  Nein

10.) Würden Sie die Operation in einer vergleichbaren Situation noch einmal durchführen lassen?  Ja  Nein

11.) Sind Ihnen sonstige Nachteile der Operation aufgefallen?

## **7. LITERATURVERZEICHNIS**

Bertrand M, Coulet B, Chammas M, Rigout C, Allieu Y. [Four-bone fusion of the wrist: review of 17 cases at an average 3.4 years follow-up]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 2002; 88: 286-92.

Buck-Gramcko, D. Denervation of the wrist joint. J Hand Surg [Am] 1977; 2: 54-61

Buck-Gramcko, D. Wrist denervation procedures in the treatment of Kienbock's disease. Hand Clin 1993 a, 9: 517-20

Buck-Gramcko, D. Denervation of the wrist joint. In: Tubiana R, ed. The Hand, volume 4. Philadelphia: Saunders 1993 b: 822

Camitz, H. Die deformierende Hüftgelenksarthritits und speziell ihre Behandlung. Acta Orthop Scand 1933; 4: 193-213.

Dubert, T. Oberlin, C. Alnot, J.Y. Articular nerves of the wrist. Implications on wrist denervation technique. Ann Chir Main Mbres Sup 1990; 9 n 1: 15-21

Ekerot, L. Holmberg, J., Eiken, O. Denervation of the wrist. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg 1983; 17: 155-7

Ferrerres, A. Suso, S. Ordi, J. Llusà, M. Ruano, D. Wrist Denervation – Anatomical Considerations. J Hand Surg. [Br] 1995 a; 20B: 6: 761-8

Ferrerres, A. Suso, S. Ordi, J. Llusà, M. Ruano, D. Wrist Denervation - Surgical Considerations. Journal of Hand Surgery. [Br] 1995 b; 20B: 6: 769-72

Foucher, G. Da Silva, J.B., Ferreres, A. Total denervation of the wrist – A propos de 50 cas. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 1992; 78: 186-90

Foucher, G. Long, P.P. Erhard, L. Joint denervation, a simple response to complex problems in hand surgery. Chir 1998, 123: 183-8

Fukumoto, K. MD, Kojima, T. MD Kinoshita, Y. MD Koda, M. MD An anatomic study of the innervation of the wrist joint and Wilhelm's technique for denervation. J Hand Surg [Am] 1993; 18(3): 484-9

Geldmacher, J. Legal, H.R., Brug, E. Results of denervation of the wrist and wrist joint by Wilhelm's method. Hand 1972 Feb; 4(1): 57-9

German, G. Wind, G. Harth, A. Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. Handchir Mikrochir Plast Chir. 1999; 31: 149-52

Grechenig, W., Mahring, M. Clement, H.G. Denervation of the radiocarpal joint. A follow-up study in 22 patients. J Bone and Joint Surg Br 1998; 80: 504-7

Ishida, O., Tsai, T.M., Atasoy, E. Long-term results of denervation of the wrist joint for chronic wrist pain. J Hand Surg [Br] 1993; 18: 76-80

Kalb K, Ludwig A, Tauscher A, Landsleitner B, Wiemer P, Krimmer H. Treatment outcome after surgical arthrodesis. Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 253-9.

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: 369-74.

Lanz U. Indikation zur Denervation. In: Hempfling H (Ed.) Die Arthroskopie am Handgelenk. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1992: 141-5

Lotze M, Grodd W, Birbaumer N, Erb M, Huse E, Flor H. Does use of a myoelectric prosthesis prevent cortical reorganization and phantom limb pain? Nat Neurosci 1999; 2:501-2.

Lotze M, Montoya P, Erb M, Hulsmann E, Flor H, Klose U, Birbaumer N, Grodd W. Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. J Cogn Neurosci 1999; 11: 491-501.

Lotze M, Flor H, Grodd W, Larbig W, Birbaumer N. Phantom movements and pain. An fMRI study in upper limb amputees. Brain 2001 Nov; 124 (Pt11): 2268-77.

Mackinnon, S.E. MD, Dellon, A.L. MD The overlap pattern of the lateral antebrachial cutaneous nerve and the superficial branch of the radial nerve. J Hand Surg [Am] 1985 Jul; 10(4): 522-6

Marcacci, G. I risultati a distanza delle denervazioni articolari. Minerva ortop. 1954; 5, 309-12

Nagi, L. Buchler, U. Is panarthrodesis the gold standard in wrist joint surgery? Handchir Mikrochir Plast Chir 1998; 30: 291-7

Nyakas, A. u. Kiss, T. Heilung von Beschwerden nach Calcaneusfrakturen mittels Denervation. Von Schultergelenksarthrosen stammende Schmerzen. – Heilung durch Denervation. Zbl. Chir. 1955; 80, 955-8

Nyakas, A. Unsere neueren Erfahrungen mit der Denervation des Knöchel- und tarsalen Gelenkes. Zbl. Chir. 1958; 2243-9

Rauber, A. Kopsch, F. Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen 1939; Bd I u. III, Leipzig: G. Thieme

Rüdinger, N. Die Gelenknerven des Menschlichen Körpers 1857; Erlangen: F. Enke

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: 564-71.

Sauerbier M, Kluge S, Bickert B, Germann G. Subjective and objective outcomes after total wrist arthrodesis in patients with radiocarpal arthrosis or Kienbock's disease. Chir Main 2000; 19: 223-31.

Sauerbier M, Trankle M, Linsner G, Bickert B, Germann G. Midcarpal arthrodesis with complete scaphoid excision and interposition bone graft in the treatment of advanced carpal collapse (SNAC/SLAC wrist): operative technique and outcome assessment. J Hand Surg [Br ] 2000; 25: 341-5.

Siegel JM, Ruby LK. Midcarpal arthrodesis. J Hand Surg [Am] 1996; 21: 179-82.

Tavernier, L. und Truchet, P. La section des branches articulaires du nerve obturateur dans le traitement de l'arthrite chronique de la hanche. Revue d'Orthopedie 1942; 28: 62-8.

Thiel, W. Photographischer Atlas der Praktischen Anatomie 1998; Bd 2

Tomaino MM, Miller RJ, Burton RI. Outcome assessment following limited wrist fusion: objective wrist scoring versus patient satisfaction. Contemp Orthop 1994; 28: 403-10.

Watson HK, Weinzweig J, Guidera PM, Zeppieri J, Ashmead D. One thousand intercarpal arthrodeses. J Hand Surg [Br ] 1999; 24: 307-15.

Wilhelm, A. Zur Innervation der Gelenke der oberen Extremität. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte 1958; 120: 331-71

Wilhelm, A. die Gelenkdenervation und ihre anatomischen Grundlagen. Hefte zur Unfallheilkunde 1966; 86: 1-109

Wilhelm, A. Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery 2001;5(1): 14-30

## **8. DANKSAGUNG**

Ich möchte Herrn PD Dr. M. Haerle meinen tiefen Dank aussprechen. Er betreute diese Arbeit und stand mir mit Rat und Tat stets zur Seite.

Ich möchte mich auch bei Herrn Professor U. Drews, Herrn Dr. A. Ebauer und Herrn M. Mauz des Anatomischen Instituts Tübingen, die die anatomischen Präparationen ermöglichten, bedanken.

## 9. LEBENSLAUF

<b>Persönliche Informationen</b>	Staatsangehörigkeit - Deutsch
	Geburtsdatum - 11.07.1976
	Geburtsort - Hamburg
<b>Schulausbildung</b>	1983 - 1987 Grundschule, Großhansdorf
	1987 - 1996 Emil von Behring-Gymnasium, Großhansdorf
<b>Wehrdienst</b>	Juli 1996 - Boostedt, Neumünster
	April 1997
<b>Studium</b>	1997 - 2000 Studium der Humanmedizin an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald
	14.03.2000 Physikum, Greifswald
	Ab 2000 Studium der Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen
	22.03.2001 1. Staatsexamen, Tübingen
	04.04.2003 2. Staatsexamen, Tübingen
	April - August 2003 1. Tertial des Praktischen Jahres auf der medizinischen Abteilung des Bürgerspitals Solothurn, Schweiz
	August - Dez. 2003 2. Tertial des Praktischen Jahres in der Augenklinik des Katharinenhospitals Stuttgart
	Dez. 2003 - April 2004 3. Tertial des Praktischen Jahres in der chirurgischen Abteilung des Palmerston North Hospitals, Neuseeland
	14.05.2004 3. Staatsexamen, Stuttgart
<b>Beruf</b>	Juni – Sept. 2004 Arzt im Praktikum in der Universitätsaugenklinik Tübingen
	Seit Oktober 2004 Assistenzarzt in der Universitätsaugenklinik Tübingen