

Aus der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. Riccardo Giunta

Differenzierte Therapie des Karpaltunnelsyndroms

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franziska Angela Bauer

aus

München

Jahr

2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Andreas Frick

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Frank Straub

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.11.2022

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulin verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Die differenzierte Therapie des Karpaltunnel-Syndroms

1	<u>EINFÜHRUNG</u>	7
1.1	DER KARPALTUNNEL – DAS PHYSIOLOGISCHE NADELÖHR DES KÖRPERS	7
1.2	ANATOMISCHE GEGEBENHEITEN IM BEREICH DES KARPALTUNNELS	7
1.2.1	ANATOMIE IM BEREICH DES KARPALTUNNELS	7
1.3	DEFINITIONEN	8
1.3.1	DAS KARPALTUNNELSYNDROM	8
1.3.2	DIE ELEKTROPHYSIOLOGISCHE DIAGNOSTIK	8
1.4	PATHOPHYSIOLOGIE	8
1.5	SYMPTOME UND DIAGNOSTISCHE VERFAHREN	9
1.6	THERAPEUTISCHE MÖGLICHKEITEN	9
1.6.1	KONSERVATIVE THERAPIEMÖGLICHKEITEN	9
1.6.2	OPERATIVE THERAPIEOPTIONEN	10
2	<u>ZIELSETZUNG UND RELEVANZ DER ARBEIT</u>	11
3	<u>METHODIK</u>	12
4	<u>GESAMTERGEBNISSE DER KLINISCH-STATISTISCHEN UNTERSUCHUNG</u>	14
4.1	DEMOGRAPHIE DES GESAMTEN PATIENTENKOLLEKTIVS	14
4.1.1	PATIENTENPOPULATION	14
4.1.1.1	GESCHLECHTERVERTEILUNG	14
4.1.1.1.1	CHI-QUADRAT-TEST	14
4.1.1.2	ALTERSVERTEILUNG	14
4.1.1.2.1	ALTERSSTRUKTUR IN BEZUG AUF DIE BEIDEN OPERATIONSARTEN	14
4.1.1.2.2	MANN-WHITNEY-U-TEST FÜR DAS ALTER IN ABHÄNGIGKEIT DER OPERATIONSART	14
4.1.1.2.3	DAS ALTER IN BEZUG AUF DAS GESCHLECHT	15
4.1.1.3	BETROFFENE SEITE	15
4.2	OPERATIVE INTERVENTIONEN	15
4.2.1	ANZAHL DER UNTERSUCHTEN OPERATIONEN	15
4.2.1.1	OFFENE OPERATIVE ENTLASTUNG DES N. MEDIANUS	16
4.2.1.2	ENDOSKOPISCHE SPALTUNG DES RETINACULUM FLEXORUM	16
4.2.2	KOMPLIKATIONEN	16
4.3	ERGEBNISSE IN BEZUG AUF DEN PRÄOPERATIVEN BEFUND	16
4.3.1	VERGLEICH DER ELEKTRONEUROGRAFISCHEN AUSGANGSWERTE	16
4.3.1.1	PRÄOPERATIVE DISTAL-MOTORISCHE LATENZEN	16
4.3.1.2	PRÄOPERATIVE SENSIBLE NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN	16
4.4	ANALYSE DES POSTOPERATIVEN VERLAUFS	17
4.4.1	ERGEBNISSE DER ELEKTRONEUROGRAFISCHEN KONTROLLUNTERSUCHUNGEN	17
4.4.1.1	POSTOPERATIVE DISTAL-MOTORISCHE LATENZEN	17

4.4.1.2	POSTOPERATIVE SENSIBLE NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN	17
4.5	ELEKTRONEUROGRAFISCHE VERÄNDERUNGEN IM PRÄ-UND POSTOPERATIVEN VERGLEICH	17
4.5.1	VERGLEICH DER DISTAL-MOTORISCHEN LATENZEN.....	18
4.5.2	VERGLEICH DER SENSIBLEN NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN.....	19
5	ERGEBNISSE DER DATENAUSWAHL VON AUGUST 2014 BIS AUGUST 2019	20
5.1	DEMOGRAPHIE DES PATIENTENKOLLEKTIVS	20
5.1.1	GESCHLECHTERVERTEILUNG	20
5.1.2	ALTERSVERTEILUNG.....	20
5.2	SYMPTOME UND DAUER DER BESCHWERDEN.....	20
5.2.1	BRACHIALGIEN UND PARÄSTHESIEN	20
5.2.1.1	PARÄSTHESIEN	21
5.2.1.2	BRACHIALGIEN	21
5.2.2	DAUER DER SYMPTOME	21
5.3	TRAUMATISCH- UND SCHWANGERSCHAFTSBEDINGTE INZIDENZ	22
5.4	AUSWERTUNG DER ELEKTRONEUROGRAFISCHEN UNTERSUCHUNGEN IN DIESER GRUPPE	22
5.4.1	PRÄOPERATIVER UNTERSUCHUNGSBEFUND.....	23
5.4.1.1	PRÄOPERATIVE DISTAL-MOTORISCHE LATENZEN	23
5.4.1.2	PRÄOPERATIVE SENSIBLE NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN.....	23
5.4.2	POSTOPERATIVE VERLAUFSKONTROLLE.....	23
5.4.2.1	POSTOPERATIVE DISTAL-MOTORISCHE LATENZEN	23
5.4.2.2	POSTOPERATIVE SENSIBLE NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN	23
5.4.3	VERÄNDERUNGEN IM PRÄ-UND POSTOPERATIVEN VERGLEICH	23
5.4.3.1	VERGLEICH DER PRÄ- UND POSTOPERATIVEN DISTAL-MOTORISCHEN LATENZEN	23
5.4.3.2	VERGLEICH DER PRÄ- UND POSTOPERATIVEN SENSIBLE NERVENLEITGESCHWINDIGKEITEN	24
5.4.4	ZEITPUNKTE DER PRÄ- UND POSTOPERATIVEN UNTERSUCHUNGEN.....	24
5.5	OPERATIONSVERLAUF.....	25
5.5.1	ZUSÄTZLICHE OPERATIONEN AN DER HAND	25
5.5.2	OPERATIONSZEIT UND ZUSÄTZLICHE OPERATIONEN.....	25
5.5.3	KOMPLIKATIONEN.....	25
6	DISKUSSION	26
6.1	VERGLEICH DER BEIDEN OPERATIVEN VERFAHREN ANHAND DER ERGEBNISSE UNTER EINBEZIEHUNG DER AKTUELLEN LITERATUR.....	26
6.1.1	VERGLEICH DER SYMPTOMATIK BEIDER GRUPPEN	26
6.1.2	VERGLEICH DER ELEKTRONEUROGRAFISCHEN UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	27
6.1.3	VERGLEICH DER OPERATIONSDAUER	28
6.1.4	VERGLEICH DER KOMPLIKATIONEN	29
6.2	BETRACHTUNG DER PATIENTENCHARAKTERISTIKA UNTER EINBEZIEHUNG DER AKTUELLEN LITERATUR.....	30
6.3	VERGLEICHBARKEIT DES GESAMTKOLLEKTIVS UND DER UNTERGRUPPE (2014-2019)	31
6.4	LIMITATIONEN DER STATISTIK UND AUSBLICK	32

<u>7</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>33</u>
<u>8</u>	<u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</u>	<u>34</u>
<u>9</u>	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	<u>34</u>
<u>10</u>	<u>TABELLENVERZEICHNIS</u>	<u>34</u>
<u>11</u>	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>35</u>
<u>12</u>	<u>DANKSAGUNG</u>	<u>38</u>
<u>13</u>	<u>AFFIDAVIT.....</u>	<u>39</u>

1 Einführung

1.1 Der Karpaltunnel – Das physiologische Nadelöhr des Körpers

Die Leitungsbahnen des Körpers stellen die Versorgung der peripheren Regionen sowie die Übermittlung und den Transport teils lebenswichtiger Signale sicher.

Auf ihrem Weg in die äußersten Gebiete müssen sie den physiologischen Bewegungen standhalten und zahlreiche Engstellen oder Punkte passieren, an denen sie einem hohen Verletzungsrisiko ausgesetzt sind. Für Nerven bedeutet dies, dass durch Schädigung oder Einengung sensible oder motorische Ausfälle in der Innervation entstehen können. Einige wichtige Beispiele dieser Problematik betreffen den Plexus brachialis, den Hauptnervenstrang der oberen Extremität mit seinen Hauptnerven N. medianus, N. radialis und N. ulnaris. Den klinisch relevantesten Engpass stellt hierbei der Karpaltunnel dar, durch den neben vier Beugesehnen der N. medianus zieht [Padua et al., 2016]. Er ist ein physiologisches Nadelöhr, das unter anderem durch Überlastung, Sehnenscheidenentzündungen oder auch idiopathisch zur Kompression des Nervens führen kann. Mit einer Prävalenz von 0,6% bei Männern und 5,8% bei Frauen in der Normalbevölkerung ist das Karpaltunnelsyndrom das häufigste Nervenkompressionssyndrom des Körpers [de Krom et al., 1992].

1.2 Anatomische Gegebenheiten im Bereich des Karpaltunnels

1.2.1 Anatomie im Bereich des Karpaltunnels

An der Hand gibt es drei Unterteilungen, die Handwurzel mit den acht Handwurzelknochen, die Mittelhand und die Finger, mit deren jeweils von radial bis nach ulnar mit I bis V nummerierten Knochen.

Der Karpalkanal wird hierbei größtenteils von den Handwurzelknochen, den Ossa carpi, und dem darüber gespannten Retinaculum musculorum flexorum gebildet. Bestehend aus der proximalen Reihe mit den vier Knochen Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum und Os pisiforme und der distalen Reihe mit dem Os trapezium, dem Os trapezoideum, dem Os capitatum und dem Os hamatum, stellen sie den Boden des Engpasses dar. So entsteht der Sulcus carpi, der lateral zusätzlich von der Eminentia carpi ulnaris und der gegenüberliegenden Eminentia carpi radialis begrenzt wird. Durch den Karpaltunnel verlaufen außer dem Nervus medianus die jeweils vier Beugesehnen der M. flexores digitorum superficialis und - profundus, sowie die Sehne des M. flexor pollicis longus. [Paulsen et al., 2010]

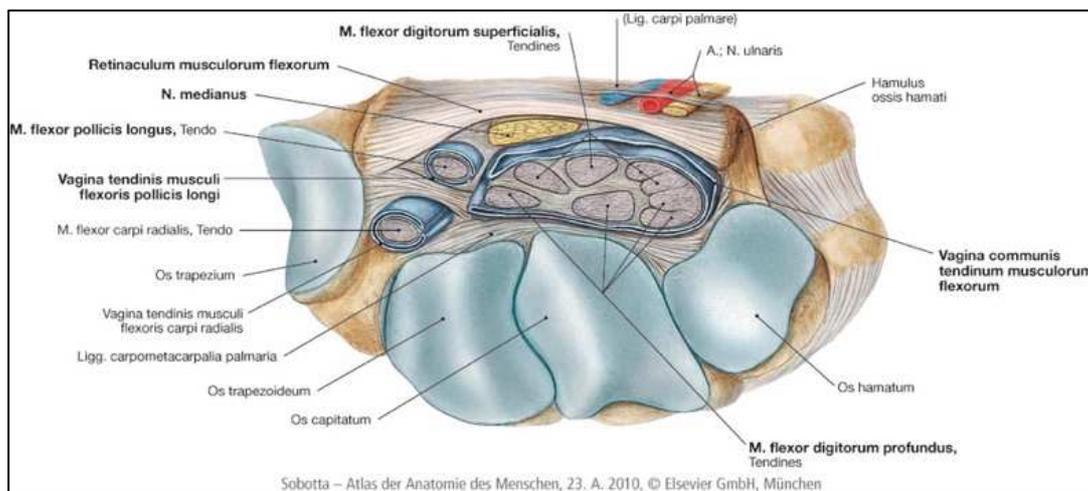


Abb. 1: Anatomie des Karpaltunnels [Paulsen et al., 2010]

1.3 Definitionen

1.3.1 Das Karpaltunnelsyndrom

Das Karpaltunnelsyndrom ist das häufigste Nervenkompressionssyndrom des Menschen [Assmus et al., 2007], bei dem der N. medianus durch eine Druckerhöhung im Karpalkanal komprimiert und geschädigt wird. Es führt zu einem sensorischen und motorischen, graduellen Funktionsverlust im Innervationsgebiet des N. medianus distal des Karpalkanals. So entstehen Kribbelparästhesien im Bereich der radialen 3 ½ Finger der Hand und Brachialgien.

1.3.2 Die elektrophysiologische Diagnostik

Die Elektroneurografie beinhaltet die Messung der motorischen und sensiblen Nervenleitgeschwindigkeit und ermöglicht damit eine zuverlässige Diagnosestellung des Karpaltunnelsyndroms. Hierfür werden in der Regel die distal-motorischen Latenz (dmL) und die sensible Nervenleitgeschwindigkeit herangezogen. Eine durch dieses Verfahren reduzierte Nervenleitgeschwindigkeit wird durch die Demyelinisierung des N. medianus im Rahmen eines Karpaltunnelsyndroms verursacht. Ein Wert der dmL des N. medianus über 4,2ms gilt bei einer Strecke von 6,5cm als pathologisch. Eine Voraussetzung für die Validität der Messung stellt eine normwertige dmL des N. ulnaris dar. Die Elektromyografie mit Messung der Spontan- und Willkürmuskelaktivität des M. abductor pollicis brevis spielt lediglich in der Zusatzdiagnostik eine Rolle und wird nicht routinemäßig ergänzt. [Assmus et al., 2007]

1.4 Pathophysiologie

Als pathophysiologische Ursachen des Karpaltunnelsyndroms werden vorwiegend die Druckerhöhung im Karpalkanal und die damit verbundenen vaskulären

Mikroperfusionsstörung gezählt. Dies führt, wie in der Leitlinie zum Karpaltunnelsyndrom von Assmus und Mitarbeiter (2007) beschrieben, zu einem intraneuralen Ödem und einer damit verbundenen Demyelinisierung. [Assmus et al., 2007]

Zusätzlich kommt es durch den erhöhten Druck zu einer Störung der Blut-Nerven-Schranke. Der physiologische Druck des Karpaltunnels beträgt 2 bis 10 mmHg [Aboonq, 2015].

Ab einer Druckerhöhung von 30mmHg kommt es zu Symptomen [Frick et al., 1996].

Diese Druckerhöhung kann durch Schwellungszustände im Rahmen einer Schwangerschaft, einer Stoffwechselerkrankung, sowie rheumatologischer und degenerativer Erkrankungen bedingt sein. Ein Karpaltunnelsyndrom tritt gehäuft bei Patienten mit Handgelenksarthrose, tumorösen Raumforderungen oder Dialyse auf. [Assmus et al., 2007]

1.5 Symptome und diagnostische Verfahren

Die klinische Symptomatik ist für die Diagnosestellung und die Therapieplanung entscheidend. Anfangs bestehen vorwiegend nachts schmerzhaft Dysästhesien und Kribbelparästhesien im Bereich der ersten drei radialen Finger sowie der radialen Hälfte des vierten Fingers. Diese können sich zum Teil ausweiten und in den Arm ausstrahlende Schmerzen verursachen. Bei der Brachialgia parästhetica nocturna berichten Patienten von nächtlichem Erwachen und der kurzfristigen Besserung durch das Ausschütteln der betroffenen Hand. Die Beschwerden nehmen im Verlauf zu und treten später auch tagsüber und in Belastungssituationen auf. Im späteren Verlauf tritt häufig auch eine Atrophie der Thenarmuskulatur am seitlichen Daumenballen auf. [Assmus et al., 2007]

Mit der Nervenschädigung geht zusätzlich zum Ausfall der Sensibilität auch eine reduzierte motorische Leitung einher, die schließlich zu einer Schwächung der Muskulatur und zur Thenarmuskelatrophie führen kann [Padua et al., 2016]. Bei der Diagnosestellung ist neben klinischen Provokationstests wie den Hoffmann-Tinel-Zeichen und den Phalen-Test auch die elektroneurografische Untersuchung von großer Bedeutung [Assmus et al., 2007]. Die Messung der Nervenleitungsgeschwindigkeiten ist reproduzierbar und kann mit einer hohen Sensitivität und Spezifität die klinisch gestellte Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms bestätigen [Jablecki et al., 1993]. So wird ein objektiver Vergleich Verfahren ermöglicht.

1.6 Therapeutische Möglichkeiten

1.6.1 Konservative Therapiemöglichkeiten

Es gibt ein breites Spektrum an konservativen Therapiemöglichkeiten. Diese beinhalten sowohl medikamentöse als auch nicht-medikamentöse Methoden. Einige sind jedoch umstritten.

Als erster Schritt sollte die Schonung des Handgelenks herbeigeführt werden [Padua et al., 2016]. Daher zählen zur Erstlinientherapie bei nicht-medikamentösen Therapien die Schulung des Patienten über zu vermeidende handgelenksbelastende Tätigkeiten, sowie die Ruhigstellung der Hand mittels Nachtschienen. Zusätzlich gehören zur konservativen Behandlung noch Physiotherapie, Akupunktur, Ultraschall-, Elektro- und Lasertherapie. Schienen, die vorwiegend nachts oder bei Belastung getragen werden, werden am häufigsten eingesetzt. Ein Erfolg dieser Behandlung bei leicht- bis mittelgradigem

Karpaltunnelsyndrom ist durch zahlreiche wissenschaftliche Studien gestützt [Ostergaard et al., 2020]. Die Schienentherapie wird teils mit Physiotherapie [Akalin et al., 2002] oder Ultraschalltherapie ergänzt [Assmus et al., 2007]. Die Datenlage hierzu ist allerdings nicht ausreichend.

Zur medikamentösen Therapie zählen hauptsächlich Corticosteroide, die vorwiegend lokal injiziert werden [Assmus et al., 2007]. Diese erzielen vor allem eine kurzfristige Besserung, haben jedoch Risiken, wie iatrogene Verletzungen und Infektionen aufgrund der invasiven Injektionen [Jimenez Del Barrio et al., 2018]. Der Einsatz von nicht steroidal Antiphlogistica und Diuretika erbrachte keine Verbesserung und wird deshalb als Therapieoption nicht empfohlen [Ostergaard et al., 2020].

1.6.2 Operative Therapieoptionen

Die operative Karpaldachspaltung gilt als effektivste Therapie der Entlastung des N. medianus und wird in der Regel ambulant durchgeführt. Es gibt ein offenes oder ein endoskopisches Operationverfahren [Assmus et al., 2007].

Die Offene Spaltung des Retinaculum transversum wurde erstmals 1933 von Learmonth beschrieben [Dellon et al., 2000]. Sie kann traditionell mit einer langen Inzision auf Höhe des Handgelenks und der dadurch möglichen direkten Freilegung und Durchtrennung des Ligaments durchgeführt werden oder mit einer kleineren Inzision in mikrochirurgischer Technik [Padua et al., 2016].

Die endoskopische Operation kann in mono- oder biportaler Technik erfolgen [Assmus et al., 2007]. Es wird zwischen einem Verfahren mit einem Zugang nach Agee und einem Eingriff mit zwei Zugängen nach Chow unterschieden [Agee et al., 1992].

Ob ein offenes oder endoskopisches Operationsverfahren zu bevorzugen ist, wird in der Wissenschaft diskutiert. In Metaanalysen und Reviews, beispielsweise von Thoma und Mitarbeitern (2004) und Scholten und Mitarbeitern (2007), fand sich kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Verfahren [Scholten et al., 2007, Thoma et al., 2004]. Es gibt jedoch auch Studien, die Unterschiede aufzeigten, wie zum Beispiel Assmus und Mitarbeiter hinsichtlich der Komplikationsraten und der Operationskosten [Assmus et al., 2007].

Um die Vor- und Nachteile besser beurteilen zu können und einen aktuellen Beitrag in dieser Debatte zu leisten, wurden in dieser Arbeit die Patientendaten der am Klinikum der Universität München stattgefundenen Operationen aus den Jahren 2010-2019 retrospektiv erhoben, ausgewertet und abschließend verglichen.

2 Zielsetzung und Relevanz der Arbeit

Das Ziel der Arbeit war der Vergleich der differenzierten Therapiemöglichkeiten des Karpaltunnelsyndroms. Das Karpaltunnelsyndrom betrifft mit einer hohen Inzidenz eine große Anzahl an Patienten. Zusätzlich beeinflusst es die Funktionsfähigkeit des wichtigsten Greifwerkzeugs des Menschen, der Hand. Die Therapie entscheidet oft über den weiteren Verlauf der Erkrankung, sowie die damit verbundenen entstehenden Kosten. Eine vergleichende Analyse der zur Verfügung stehenden Operationsmöglichkeiten war auch im Hinblick der stark variierenden Meinungen in der Wissenschaft interessant.

Viele Studien zu diesem Thema sind zum Zeitpunkt des Aufkommens der endoskopischen Operationstechnik in den neunziger und frühen Zweitausender Jahren entstanden. Durch die Verfeinerung der Operationstechniken sowie der Hygienestandards war eine erneute Betrachtung der aktuellen Datenlage notwendig. Bisher gab es wenige Studien, die auf dem objektiven prä- und postoperativen Vergleich der elektroneurografischen Untersuchung basieren. Daher ist die Betrachtung der Thematik unter diesem Gesichtspunkt von besonderer Relevanz. Die retrospektive Statistik zielte deshalb auf die Darstellung des prä- und postoperativen Verlaufes von Patienten mit Karpaldachspaltung unter Einbeziehung der elektrophysiologischen Untersuchungen ab. Die Haupthypothese war hierbei, dass die Operationsergebnisse beim Karpaltunnelsyndrom nach endoskopischem und offenem Therapieverfahren vergleichbar sind.

Nach Sammlung der Daten zur Symptomatik und zu den elektrophysiologischen Messungen sollte die anschließende Gegenüberstellung der Ergebnisse Aufschluss über die Vor- und Nachteile der beiden Techniken geben und eine Aussage zur Vergleichbarkeit der beiden Methoden ermöglichen. Zusätzlich zielten die gesammelten Daten darauf ab, Unterschiede bezüglich der Patientencharakteristika zwischen den Operationsverfahren zu erheben.

3 Methodik

Nach Ausarbeitung der Hypothese wurde der retrospektive Zeitrahmen bestimmt. Es ergaben sich 824 Operationen, die im Zeitraum von 2010 bis 2019 an den beiden Klinikstandorten des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt und für die Erhebung der Statistik herangezogen wurden.

Die Auswahl der Merkmale erforderten aufgrund der sehr unterschiedlichen Auswahl von Messinstrumenten in der bisher vorhandenen Literatur eine große Sorgfalt. Beide Operationstechniken wurden durch ihre Listung mit den beiden Ausprägungen „offen“ oder „endoskopisch“ unterschieden.

Bei dem endoskopischen Operationsverfahren handelte es sich um das monoportale Standardverfahren nach Agee mit den Standardgeräten, die von dieser Arbeitsgruppe entwickelt wurden [Agee et al., 1992]. Das konventionelle, offene Verfahren wurde über einen 2-3cm langen, gebogenen Schnitt parallel zur Thenarfalte durchgeführt. Nach Spaltung des Retinaculum wurde bei begleitender Tenosynovialiose eine Tenosynovektomie durchgeführt. Anschließend wurde die Wunde kulissenförmig vernäht. Beide Operationsverfahren wurden in Oberarmblutleere und Plexusanästhesie durchgeführt. Anhand der klinischen Symptomatik und der neurologischen Messung mittels Elektoneurografie wird in der Regel die Operationsindikation gestellt [Werner et al., 2002]. Zudem gab es in der Literatur wenige Daten, die elektrophysiologische Untersuchungsergebnisse miteinbezogen haben, obwohl diese einen spezifischen Parameter zur Diagnosestellung des Karpaltunnelsyndroms darstellt. Sie dienen als Messparameter für den prä- und postoperativen Vergleich und wurden als Endpunkt gewählt. Hierbei wurden vor allem die Messwerte „Distal motorische Latenz“ und „Sensorische Nervenleitgeschwindigkeit“ als Verlaufparameter gewählt.

Für die Beschreibung des Patientenkollektivs und der diesbezüglichen Unterschiede zwischen den beiden Operationsverfahren wurden die Merkmale „Alter zum Zeitpunkt der Operation“, „Geschlecht“, „betroffene Seite“ und das Vorliegen eines Rezidivs ausgewählt. Zu den Eingriffen von 01.08.2014 bis zum 30.08.2019 wurden zusätzliche Merkmale wie „Parästhesien“, „Brachialgien“ und „Dauer der Beschwerden“ zur Abbildung der Symptomatik erhoben, um eine detailliertere Darstellung des Krankheitsverlaufes zu ermöglichen. Der Schweregrad der Parästhesien und Brachialgien wurden mit den Ausprägungen „ja“, „nein“ und „Rest“ für verbleibende Restbeschwerden bei deutlich gebesserter Symptomatik bestimmt. Zudem wurden neben den Zeitpunkten der Vor- und Nachuntersuchungen auch die Informationen, ob ein Karpaltunnelsyndrom traumatisch oder schwangerschaftsbedingt auftrat und die Merkmale „Komplikationen“, „Schnitt-Naht-Zeit laut Operationsbericht der Pflege“ und „Zusätzliche Operationen an der Hand“ erfasst. Hierbei war jeder Patient anonymisiert und mit einer eigenen, laufenden Nummer versehen. Es wurde eine Datenmatrix mittels einer Excel-Datenbank erstellt. In den Spalten wurden die einzelnen Merkmale dargestellt und die dazugehörigen Daten wurden in einer Zeile eingetragen. Die Datenerhebung erfolgte an Computern des Klinikstandorts Großhadern.

Die unterschiedliche Handhabung der Dokumentation an den beiden Klinikstandorten durch verschiedene Ärzte und Teams des LMU Klinikums stellte eine Schwierigkeit dar. Auch die elektrophysiologischen Untersuchungen wurden teils im Haus, teils von niedergelassenen Neurologen durchgeführt und waren nicht einheitlich. Zum Ausschluss von Messfehlern bei unterschiedlichen Geräten wurde eine prä- und postoperative Messung beim selben Neurologen angestrebt. Diese Faktoren führten zu einer partiell unvollständigen Datengrundlage. Eine vollständige Erhebung aller Daten eines Patienten

war bei einigen Fällen nicht möglich. In der Datenmatrix wurden die Felder von den nicht vorhandenen Daten freigelassen.

Anschließend erfolgte die statistische Auswertung mittels der Statistiksoftware SPSS. Zunächst wurde das Patientenkollektiv hinsichtlich der Unterschiede bezüglich des Alters und Geschlechts untersucht. Im Hinblick auf das Alter wurde nach der Bestimmung des Mittelwerts mit dessen Standardfehler (SEM, standard error of the mean) und der Testung auf Normalverteilung anhand des Shapiro-Wilk-Tests, der Mann-Whitney-U-Test gerechnet. Bei diesem auf Rängen basierenden Test wurde die Nullhypothese, dass die beiden Gruppen im Hinblick auf das Alter übereinstimmen, geprüft [Kähler, 2011]. Bei der Analyse des Geschlechtes kam neben einer Kreuztabelle mit den absoluten Zahlen auch der Chi-Quadrat-Test zum Einsatz. Bei diesem Test sollte die Nullhypothese, dass es zwischen der Operationsart und dem Geschlecht keinen Zusammenhang gibt, überprüft werden [Janssen et al., 2017]. Bei den zuvor genannten Testverfahren wurde im Anschluss die Effektstärke berechnet. Hierzu wurde der Betrag des Wertes „z“ durch die Wurzel der Gesamtanzahl „n“ geteilt. Das daraus resultierende Effektstärkemaß Phi kann Werte von 0 bis 1 annehmen. Ein kleiner Wert einen eher schwachen Zusammenhang nahelegt und ein Wert nahe 1 für eine starke Abhängigkeit spricht.

Die Literaturrecherche erfolgte über die Online Suchmaschine Pubmed. Es wurden zunächst Arbeiten zu den Stichworten „Carpal tunnel release“, „endoscopic carpal tunnel surgery“, „open and endoscopic carpal tunnel release“, und „incidence and demography of the carpal tunnel syndrome“ gesucht. Die Auswahl der Literatur wurde durch die zum Thema passenden Quellen der Arbeiten ergänzt.

4 Gesamtergebnisse der klinisch-statistischen Untersuchung

4.1 Demographie des gesamten Patientenkollektivs

4.1.1 Patientenpopulation

Es wurden Patienten untersucht, die im Zeitraum von 2010 bis 2019 an der Universitätsklinik LMU Klinikum München an einem Karpaltunnelsyndrom operiert wurden. Hierbei ergab sich insgesamt eine Anzahl von 824 Operationen. Nach Ausschluss von Rezidiv-Operationen verblieben 798 Patienten, die im Folgenden bezüglich ihrer Altersstruktur und Geschlechterverteilung untersucht werden sollten.

4.1.1.1 Geschlechterverteilung

Hinsichtlich des Geschlechtes wurden deutlich mehr Frauen als Männer operiert. Die 798 Patienten unterteilten sich in 505 weibliche und 293 männliche Personen. Bei den männlichen Patienten erfolgte in 166 (57%) Fällen eine offene, und 127 (43%) Fällen eine endoskopische Operation. Bei den Frauen waren endoskopische mit 264 Patientinnen (52%) häufiger als offene Operationen mit 241 (48%) Patientinnen.

4.1.1.1.1 Chi-Quadrat-Test

Zur Prüfung auf Abhängigkeit zwischen der Operationsart und dem Geschlecht wurde daraufhin eine Kreuztabelle angelegt und ein Chi-Quadrat-Test gerechnet. Es ergab sich mit einem Chi-Quadrat-Wert nach Pearson von 5,92 und einer asymptotischen Signifikanz von 0,02 ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Operationsart und Geschlecht.

Das Effektstärkemaß Phi betrug 0,09, was auf einen äußerst schwachen Zusammenhang schließen ließ. Die Operationsart war demnach statistisch in geringem Umfang vom Geschlecht abhängig und die Verteilung unterschied sich bei beiden Geschlechtern diesbezüglich gering.

4.1.1.2 Altersverteilung

4.1.1.2.1 Altersstruktur in Bezug auf die beiden Operationsarten

Der Altersdurchschnitt des gesamten Patientenkollektivs betrug 60 Jahre.

Bei der Betrachtung des Alters in Abhängigkeit der Operationsart ergab sich einerseits bei den Patienten mit offenen Operationen ein Mittelwert des Alters von $62,3 \pm 0,8$ Jahren. Andererseits betrug der Mittelwert des Alters bei den endoskopisch operierten Patienten $57,6 \pm 0,8$ Jahre. Eine Veranschaulichung der Altersstruktur ist in Abb. 2 dargestellt.

Zur Überprüfung der Normalverteilung des Alters in Bezug auf die beiden Operationsarten wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Bei einer Signifikanz von $p=0,00$ bei offenen und $p=0,00$ bei endoskopischen Verfahren wurde die Nullhypothese des Vorliegens einer Normalverteilung verworfen.

4.1.1.2.2 Mann-Whitney-U-Test für das Alter in Abhängigkeit der Operationsart

Als nicht parametrischer Test für das Alter mit der Gruppierung in endoskopische und offene Operationsart wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Das mittlere Alter der Gruppen unterschied sich mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,00. Bei der Berechnung der Effektstärke zeigte sich ein Wert 0,16, die im Bereich eines schwachen Effektes lag. Demnach zeigte sich ein signifikanter, leichter

Unterschied des Altersdurchschnitts zwischen den endoskopisch und den offen operierten Patienten.

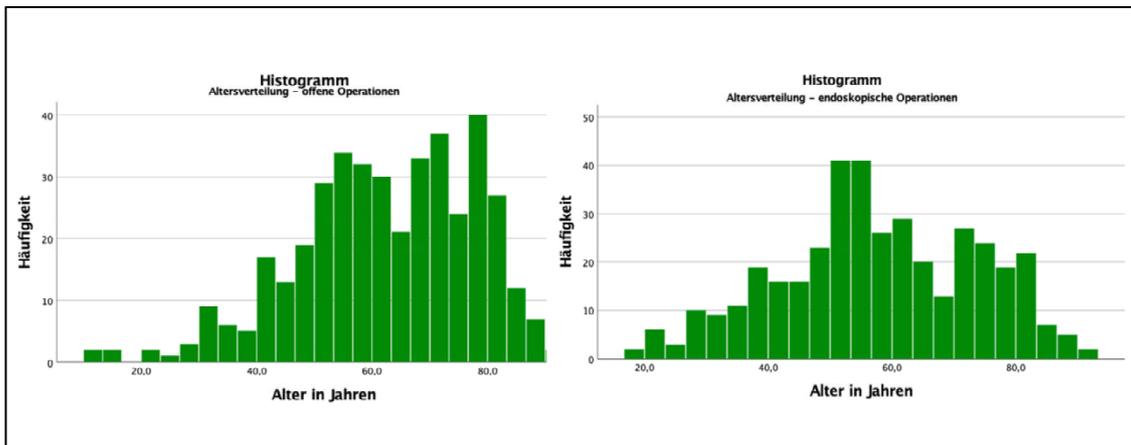


Abb. 2: Altersstruktur des gesamten Patientenkollektivs

4.1.1.2.3 Das Alter in Bezug auf das Geschlecht

Bei der Betrachtung des Mittelwertes des Alters in Abhängigkeit des Geschlechts fiel ein Unterschied auf. Bei den Patientinnen lag dieser bei $59,3 \pm 0,7$ Jahren. Bei männlichen Patienten ergab sich hingegen ein Mittelwert von $61,3 \pm 0,9$ Jahren. Der Shapiro-Wilk-Test ergab keine signifikante Normalverteilung. Der im Anschluss gerechnete Mann-Whitney-U-Test stellte mit einem Signifikanzniveau von 0,03 einen signifikanten Unterschied zwischen dem Alter weiblicher Patienten im Vergleich zu dem der männlichen Patienten, fest.

Weibliche Patienten, die eine Karpaldachspaltung erhalten haben, waren demnach jünger als Männliche. Der Wert der Schiefe in der explorativen Datenanalyse war in beiden Fällen negativ. Daher waren beide Alterskurven linksschief. Jedoch fiel die Schiefe bei Männern mit -0,613 deutlich kleiner aus als bei den Frauen mit -0,191. Die Kurve der Männer war also rechtssteiler, was die These, dass das männliche Patientengut älter war, zusätzlich stützt.

4.1.1.3 Betroffene Seite

Insgesamt wurde 469-mal am rechten und 329-mal am linken Handgelenk operiert. Innerhalb der beiden Operationsarten gab es jedoch keine Unterschiede hinsichtlich der Operationsseite.

4.2 Operative Interventionen

4.2.1 Anzahl der untersuchten Operationen

Insgesamt gab es 824 Operationen, die zur Untersuchung herangezogen wurden. Von diesen wurden die Operationen aufgrund eines Karpaltunnelsyndrom-Rezidivs bei bereits operierten Patienten ausgeschlossen. Dies betraf 26 Patienten. Insgesamt wurden 798 Patienten und deren klinische Verläufe analysiert. Einige Patienten nahmen aus Zufriedenheit keinen postoperativen Kontrolltermin wahr. Für den Vorher-Nachher-Vergleich waren die Patienten mit präoperativer Untersuchung und postoperativer

Kontrolle relevant. Sie wurden in den anschließenden Analysen zur elektroneurografischen Untersuchung näher betrachtet.

4.2.1.1 Offene operative Entlastung des N. medianus

Eine offene Operation wurde bei 407 Patienten durchgeführt. Es handelte sich hierbei um 241 Frauen und 166 Männer. Es wurden 240 auf der rechten und 167 Patienten auf der linken Seite operiert.

4.2.1.2 Endoskopische Spaltung des Retinaculum flexorum

391 Operationen wurden endoskopische in monoportaler Technik durchgeführt. Darunter waren 264 Frauen und 127 Männer. Diese Art der Operation wurde 229-mal an der rechten und 162-mal an der linken Hand durchgeführt.

4.2.2 Komplikationen

Bei 13 der 798 Patienten traten im Verlauf Komplikationen auf. Hiervon betrafen 4 die endoskopisch und 9 die offen operierten Patienten. Bei 2 Patienten, je ein offen und ein endoskopisch Operierter, trat im Verlauf ein Rezidiv auf. Nach Rezidiven bestanden die Komplikationen beim offenen Verfahren aus einer Thenarastläsion, einem CRPS, einer Shunt-Thrombose, einem größeren Hämatom, einer Wundinfektion und drei Wundheilungsstörungen. Beim endoskopischen Verfahren traten 2 Narbengranulome und eine oberflächliche Wundheilungsstörung auf.

4.3 Ergebnisse in Bezug auf den präoperativen Befund

4.3.1 Vergleich der elektroneurografischen Ausgangswerte

Der präoperative Befund wurde bei Patienten mit vorhandener prä- und postoperativer Untersuchung anhand der elektroneurografischen Werte vor der Operation analysiert. Der Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung ergab sowohl bezüglich der dmL beider Gruppen als auch in Bezug auf die sensible NLG der offenen Operationen ein Signifikanzniveau unter 0,05. Lediglich die sensible NLG bei den endoskopischen Operationen war mit einem Signifikanzwert von 0,07 normalverteilt. Um die Vergleichbarkeit aller Gruppen zu erhalten, wurde die nicht-parametrische Testung gewählt

4.3.1.1 Präoperative distal-motorische Latenzen

Prä- und postoperativen Werte zur dmL lagen bei 73 Patienten mit offenem und 103 Patienten mit endoskopischem Eingriff vor. Der präoperative Mittelwert der dmL betrug in der offenen Gruppe $7,25 \pm 0,37$ ms und in der endoskopischen $5,63 \pm 0,13$ ms.

Bei fehlender Normalverteilung wurde ein nicht-parametrischer Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Es gab mit einer Signifikanz von 0,00 einen Unterschied zwischen der präoperativen dmL bei offenen und bei endoskopischen Operationen. Der Effekt lag mit 0,29 im schwachen bis mittleren Bereich.

4.3.1.2 Präoperative sensible Nervenleitgeschwindigkeiten

Es gab 32 offen und 48 endoskopisch operierte Patienten in der Untergruppe, in der die Messungen zur sensiblen NLG vorlagen. Die Mittelwerte lagen hier bei den offenen

Operationen bei $38,36 \pm 2,61$ m/s und bei den endoskopischen Operationen bei $40,12 \pm 1,09$ m/s. Zur Analyse des Unterschieds zwischen beiden Gruppen wurde ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, bei dem sich allerdings kein statistisch signifikanter Unterschied ergab. Die Nullhypothese einer Übereinstimmung der Mittelwerte konnte bei einem Signifikanzniveau 0,23 nicht verworfen werden.

4.4 Analyse des postoperativen Verlaufs

4.4.1 Ergebnisse der elektroneurografischen Kontrolluntersuchungen

Für die Untersuchung des postoperativen Verlaufs wurden anschließend erneut die beiden, zuvor beschriebenen Gruppen betrachtet. Es wurde zunächst ein Test auf Normalverteilung der elektroneurografischen Kontrollwerte im Abstand von durchschnittlich drei Monaten nach der Operation durchgeführt. Bei diesem waren bis auf die postoperative dmL der offenen Operationen alle Werte normalverteilt. Um die Vergleichbarkeit untereinander, sowie mit den Vorwerten, zu wahren, wurde ein nicht-parametrisches Testverfahren gewählt.

4.4.1.1 Postoperative distal-motorische Latenzen

Die explorative Datenanalyse mit Boxplot zeigte bei den 73 Patienten nach offener Operation einen postoperativen Mittelwert der dmL von $4,98 \pm 0,15$ ms und bei den 103 Patienten nach endoskopischem Eingriff einen Wert von $4,42 \pm 0,06$ ms. Der durch diese Differenz erwartete Unterschied bezüglich der postoperativen Kontrollen zwischen den beiden Kohorten wurde anschließend durch den Mann-Whitney-U-Test überprüft. Es ergab sich mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,01 ein Unterschied zwischen der postoperativen dmL beim offenen und endoskopischen Verfahren. Das Effektstärkemaß lag mit 0,21 im Bereich eines schwachen Effekts. Schlussfolgernd ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen offenem und endoskopischem Verfahren bezüglich der postoperativen dmL.

4.4.1.2 Postoperative sensible Nervenleitgeschwindigkeiten

Bei der Analyse der sensiblen NLG lag der Mittelwert der NLG bei den 32 offen operierten Patienten bei $45,46 \pm 1,53$ m/s. Die 48 endoskopisch Operierten hatten eine mittlere sensible NLG von $44,94 \pm 1,00$ m/s. Auch hier wurde zur Feststellung eines Unterschieds der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, bei dem das Ergebnis mit der asymptotischen Signifikanz von 0,41 keinen statistisch signifikanten Unterschied zeigte.

4.5 Elektroneurografische Veränderungen im prä-und postoperativen Vergleich

Zunächst wurde die Differenz der vor und nach der Operation gemessenen elektroneurografischen Werte in den zwei Untergruppen anhand einer explorativen Datenanalyse untersucht. Nachdem bei den vorherigen Analysen keine einheitliche Normalverteilung bezüglich der Vergleichswerte festgestellt wurde, wurde als nicht-parametrisches Testverfahren der Wilcoxon-Tests gewählt. Die Ergebnisse wurden in Tabelle 1 (S.19) zusammengefasst

4.5.1 Vergleich der distal-motorischen Latenzen

In beiden Gruppen fand eine Verbesserung der dmL statt, die in den in Abb. 3 veranschaulichten Boxplots dargestellt wurde. Die dmL hat sich bei den 73 offenoperierten Patienten mit postoperativen Kontrollwerten durchschnittlich um $2,32 \pm 0,32$ ms gebessert. Mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,00 wurde beim Wilcoxon-Test ein signifikanter Unterschied der dmL zwischen den beiden neurografischen Messungen festgestellt. Das Effektstärkemaß betrug 0,58 und ergab daher einen stark ausgeprägten Effekt. Es gab 68 Patienten bei denen sich die dmL von prä- zu postoperativ verringerte und 5 Patienten, bei denen sie sich erhöhte. Bei den 103 endoskopischen Operationen mit elektroneurografischer Vor- und Nachuntersuchung wurde die Differenz der dmL durch die Intervention im Durchschnitt um $1,21 \pm 0,14$ ms gesenkt.

Der Wilcoxon-Test bestätigte mit einer asymptotischen Signifikanz von 0,00 einen Unterschied zwischen prä- und postoperativen Werten. Hierbei erwies sich der Effekt der Besserung mit einem Effektstärkemaß von 0,51 als stark. Bei 91 Patienten verringerte sich postoperativ die dmL, bei zwölf gab es eine Erhöhung.

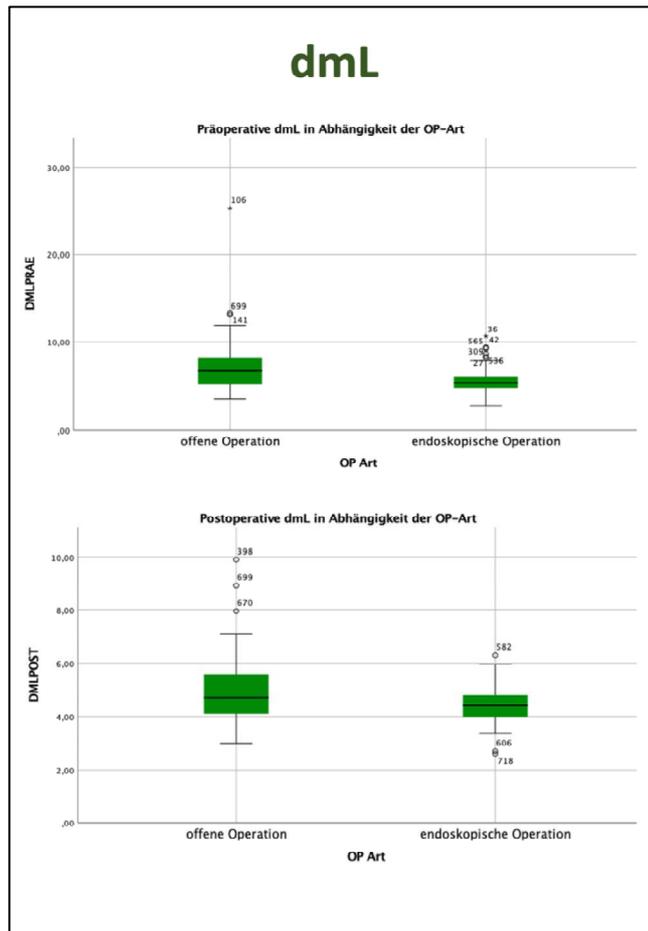


Abb. 3 Prä- und postoperative dmL im Vergleich

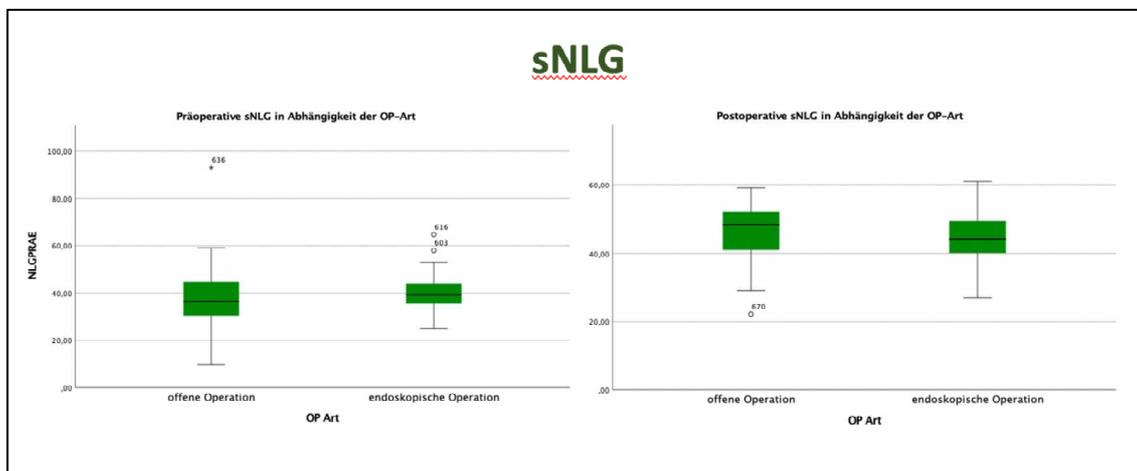


Abb. 4 Prä- und postoperative sensible NLG im Vergleich

4.5.2 Vergleich der sensiblen Nervenleitgeschwindigkeiten

Die prä- und postoperative sensible NLG unterschied sich in beiden Gruppen signifikant. Die Unterschiede wurden in Abb. 4 anhand der dort dargestellten Boxplots verdeutlicht. Bezogen auf die 32 offenen Operationen wurde nach dem Eingriff im Durchschnitt eine um $7,11 \pm 2,43$ m/s verbesserte sensible NLG gemessen. Der Wilcoxon-Test ergab mit einem Signifikanzniveau von 0,00 einen signifikanten Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten. Es wurde bei 25 Patienten ein höherer postoperativer Wert und bei sieben ein niedrigerer gemessen. Bei einem Effektstärkemaß von 0,41 war der Effekt dieser Verbesserung mittelstark ausgeprägt.

Hinsichtlich der 48 endoskopisch operierten Patienten gab es eine durchschnittliche Besserung der NLG um $4,83 \pm 1,23$ m/s. Das Signifikanzniveau 0,00 beim Wilcoxon-Test zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Vor- und Nachuntersuchungswerten. Hier war der Effekt mit dem Effektstärkemaß von 0,38 ebenfalls im mittleren Bereich. Die NLG verbesserte sich bei 38 Patienten, bei neun nahm sie ab und bei einem Patienten blieb sie gleich.

GESAMTKOLLEKTIV							
WERT		OFFEN			ENDOSKOPISCH		
		Anzahl	Mittelwert	SEM	Anzahl	Mittelwert	SEM
DML	Differenz	73	2,32 ms	0,32	103	1,21 ms	0,14
	präoperativ		7,25 ms	0,37		5,63 ms	0,13
	postoperativ		4,98 ms	0,15		4,42 ms	0,06
sNLG	Differenz	32	7,11 m/s	2,43	48	4,83 m/s	1,23
	präoperativ		38,36 m/s	2,61		40,12 m/s	1,09
	postoperativ		45,46 m/s	1,53		44,94 m/s	1,00

Tabelle 1: Zusammenfassung der elektroneurografischen Untersuchungen des Gesamtkollektivs

5 Ergebnisse der Datenauswahl von August 2014 bis August 2019

5.1 Demographie des Patientenkollektivs

Nach Ausschluss von Patienten mit Rezidiv eines CTS wurden 288 Patienten untersucht, die im Zeitraum vom 01.08.2014 bis zum 30.08.2019 am Karpaltunnel operiert worden sind. Hierunter wurden 120 offen und 168 endoskopisch operiert. Da die Hauptfragestellung dieser Arbeit auf den prä- und postoperativen Vergleich abzielte, sind im Folgenden ausschließlich Patienten eingeschlossen, zu denen sowohl präoperativ als auch postoperativ eine elektrophysiologische Untersuchung vorlag. Es konnten insgesamt 57 Patienten analysiert werden, von denen 13 offen und 44 endoskopisch operiert wurden.

5.1.1 Geschlechterverteilung

Von den 57 Patienten waren 37 weiblich und 20 männlich. 9 Frauen wurden offen und 28 endoskopisch operiert. Unter den Männern wurden 4 offen und 16 endoskopisch operiert. Der Chi-Quadrat-Test nach Person zeigte mit einer asymptotischen Signifikanz des Pearson-Koeffizienten von 0,71 keinen signifikanten Unterschied in der Verteilung des Geschlechts bezüglich des Operationsverfahrens.

5.1.2 Altersverteilung

Die explorative Datenanalyse zum Alter ergab einen Mittelwert von $63,3 \pm 4,9$ Jahren bei offenen und $63,9 \pm 2,2$ Jahren bei endoskopischen Interventionen. Im anschließenden Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung wurden zwar bei den offenen Operationen mit einer Signifikanz von 0,08 normalverteilte Werte festgestellt, jedoch lag die Signifikanz beim endoskopischen Verfahren bei 0,03. Es bestand demnach in dieser Gruppe keine Normalverteilung.

Um die Vergleichbarkeit zu erhalten, wurde daraufhin eine nicht-parametrische Testung des Alters in Abhängigkeit der Operationsart mittels Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Bei diesem ergab sich eine Signifikanz von 0,10. Somit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Alters festgestellt werden.

5.2 Symptome und Dauer der Beschwerden

Eine Zusammenstellung der in diesem Teil erarbeiteten Ergebnisse mit dem Vergleich zwischen offenem und endoskopischem Verfahren wurde in Tabelle 2 veranschaulicht.

5.2.1 Brachialgien und Parästhesien

Die Hauptsymptome des Karpaltunnelsyndroms, die Brachialgien und Parästhesien, wurden in einer Kreuztabelle dargestellt.

5.2.1.1 Parästhesien

Bei 40 der 57 untersuchten Patienten waren Informationen zum Symptom Parästhesie im prä- und postoperativen Vergleich verfügbar. Von den Patienten mit vorhandenen Angaben wurden 8 offen und 32 endoskopisch operiert. Alle klagten präoperativ über Parästhesien. Im Vergleich dazu litten postoperativ unter den offen Operierten 3 Patienten an vergleichbaren Symptomen und ein Patient an Restparästhesien. Bei 4 Patienten waren bei vorherigen Beschwerden nach der Operation die Parästhesien abgeklungen. In der Gruppe mit endoskopisch operierten Patienten blieben bei 6 Personen postoperativ unveränderte Beschwerden, bei 16 haben sich die Parästhesien zurückgebildet und bei 10 Personen bestanden noch Restparästhesien. Es gab keinen Patienten mit Verschlechterung der Symptomatik.

5.2.1.2 Brachialgien

Das Symptom Brachialgie wurde bei 36 der 57 Patienten sowohl prä- als auch postoperativ erfasst.

Unter ihnen gab es bei den offen operierten Patienten 8 mit präoperativen Brachialgien und eine, die keine derartigen Beschwerden angab. In der endoskopisch operierten Gruppe hatten 21 Patienten vor der Operation Brachialgien, 6 hingegen keine.

Postoperativ haben von den 8 Patienten mit offenem Therapieverfahren 3 Personen weiterhin bestehende Brachialgien geäußert. Bei 4 Personen bildeten sich die Beschwerden zurück und bei einer Person bestanden weiterhin Restbrachialgien. In der endoskopischen Gruppe haben sich bei 18 Patienten mit zuvor bestehenden Brachialgien die Beschwerden komplett zurückgebildet, 8 gaben keinen Unterschied zwischen prä- und postoperativem Zustand an und eine Person war noch von Restbrachialgien betroffen. Auch in Bezug auf die Brachialgien haben sich in keiner Gruppe die Symptome verschlechtert.

5.2.2 Dauer der Symptome

27 Patienten konnten genaue Angaben zur präoperativen Beschwerdedauer machen. Der Mittelwert der Dauer in Monaten bei den 5 offen operierten Patienten lag bei $6,0 \pm 1,2$ Monate, bei den 22 endoskopisch Operierten bei $9,5 \pm 2,4$ Monaten. 7 weiteren Personen gaben eine lange, jedoch nicht genau definierte Beschwerdedauer an. Hiervon wurden 6 endoskopisch und ein Patient offen operiert.

SYMPTOMATIK							
			OFFEN	%	ENDOSKOPISCH	%	GESAMT
Parästhesie	präoperativ	ja	8	100,00%	32	100,00%	40
		nein	0	0,00%	0	0,00%	0
	postoperativ	ja	3	37,50%	6	18,75%	9
		nein	4	50,00%	16	50,00%	20
		Restparästhesien	1	12,50%	10	31,25%	11
	Vergleich	Verschwinden des Symptoms	4	50,00%	16	50,00%	20
		Restparästhesien	1	12,50%	10	31,25%	11
		Keine Veränderung	3	37,50%	6	18,75%	9
		Verschlechterung	0	0,00%	0	0,00%	0
Brachialgie	präoperativ	ja	8	89,00%	21	78,00%	29
		nein	1	11,00%	6	22,00%	7
	postoperativ	ja	3	37,50%	2	7,40%	5
		nein	4	50,00%	24	88,90%	28
		Restparästhesien	1	12,50%	1	3,70%	2
	Vergleich	Verschwinden des Symptoms	4	50,00%	18	66,70%	22
		Restbrachialgien	1	12,50%	1	3,70%	2
		Keine Veränderung	3	37,50%	8	29,60%	11
		Verschlechterung	0	0,00%	0	0,00%	0
Beschwerdedauer	in Monaten	Median	6,0		4,5		
		Mittelwert	6,0		9,5		
		Anzahl Daten	5		22		27

Tabelle 2: Zusammenfassung der prä- und postoperativen Beschwerden

5.3 Traumatisch- und Schwangerschaftsbedingte Inzidenz

Es gab unter den 57 operierten Personen 2 Patientinnen, bei denen in einer Schwangerschaft ein Karpaltunnelsyndrom manifest wurde und eine Operation notwendig war. Beide wurden endoskopisch operiert.

Zudem waren 2 Patienten nach einer distalen Radiusfraktur von einem traumatisch bedingten Karpaltunnelsyndrom betroffen und wurden jeweils offen operiert.

5.4 Auswertung der elektroneurografischen Untersuchungen in dieser Gruppe

Insgesamt wurden von den 57 Patienten 13 offen und 44 endoskopisch operiert. Eine Zusammenfassung der folgenden Ergebnisse mit prä- und postoperativem Vergleich zeigte Tabelle 3. Das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung stellte bei der dmL beider Gruppen ein Signifikanzniveau unter 0,05 fest. Lediglich die postoperative dmL bei den endoskopischen Operationen war mit einem Signifikanzwert von 0,73 normalverteilt.

Der Shapiro-Wilk-Test bezüglich der sensiblen NLG ergab bei den präoperativen Werten mit einer Signifikanz von 0,11 bei offenen und 0,10 bei endoskopischen Operationen eine Normalverteilung. Hinsichtlich des postoperativen Befundes wurde bei der offenen Kohorte keine Normalverteilung festgestellt. Die postoperativen Werte der endoskopischen Operationen waren mit einer Signifikanz von 0,25 normalverteilt. Die Ergebnisse wurden mit einem nicht parametrischen Testverfahren untersucht.

5.4.1 Präoperativer Untersuchungsbefund

5.4.1.1 Präoperative distal-motorische Latenzen

Der Mittelwert der dmL betrug präoperativ bei den 13 offenen Operationen $6,49 \pm 0,82\text{ms}$ und bei den 44 endoskopischen Operationen $5,29 \pm 0,20\text{ms}$.

Aufgrund der fehlenden Normalverteilung wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser ergab kein signifikant unterschiedliches Ergebnis, da die Signifikanz bei 0,35 lag und sich somit präoperativ kein Unterschied zwischen offener und endoskopischer Gruppe bestätigte.

5.4.1.2 Präoperative sensible Nervenleitgeschwindigkeiten

Vergleichswerte zur sensiblen NLG lagen bei 7 offenen und 28 endoskopischen der 57 Operationen vor. Es ergab sich präoperativ bei den 7 Patienten mit offenem Operationsverfahren ein Mittelwert der sensiblen NLG von $40,63 \pm 9,68\text{m/s}$. Bei den 28 Patienten mit endoskopischem Verfahren betrug der Mittelwert $40,38 \pm 1,62\text{m/s}$ präoperativ. Das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests zeigte mit einer Signifikanz von 0,48 keinen Unterschied hinsichtlich der sensiblen NLG beider Gruppen.

5.4.2 Postoperative Verlaufskontrolle

5.4.2.1 Postoperative distal-motorische Latenzen

Im postoperativen Verlauf betrug der Mittelwert der dmL nach offenen Interventionen $4,86 \pm 0,52\text{ms}$. Bei endoskopischen Eingriffen lag er bei $4,37 \pm 0,12\text{ms}$. Der Mann-Whitney-U-Test ergab mit einer Signifikanz von 1,00 keinen postoperativen Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

5.4.2.2 Postoperative sensible Nervenleitgeschwindigkeiten

Die postoperativen Untersuchungsbefunde ergaben hinsichtlich der sensiblen NLG bei den 7 offen operierten Patienten einen Mittelwert von $44,26 \pm 4,02\text{m/s}$. Bei den 28 endoskopisch operierten Patienten betrug der Mittelwert $43,97 \pm 1,17\text{m/s}$.

Die Signifikanz beim Mann-Whitney-U-Test lag mit 0,36 über dem Signifikanzniveau von 0,05.

5.4.3 Veränderungen im prä- und postoperativen Vergleich

5.4.3.1 Vergleich der prä- und postoperativen distal-motorischen Latenzen

Bei den 13 offen operierten Patienten verbesserte sich die distal-motorische Latenz um durchschnittlich $1,63 \pm 0,51\text{ms}$. Der Wilcoxon-Test ergab eine statistisch signifikante Verbesserung mit einer Signifikanz von 0,01 einen Unterschied zwischen den Ausgangswerten und den postoperativen Kontrolluntersuchungen. Die diesbezügliche Effektstärke betrug 0,43. Somit gab es eine statistisch signifikante Verbesserung der dmL mit einem Effekt im mittleren Bereich. Bei 12 Patienten verringerte sich hingegen die dmL durch die Operation. Bei einem Patienten verbesserte sich der Wert nicht.

Der Mittelwert der Differenz der dmL bei den 44 endoskopisch operierten Patienten betrug $0,92 \pm 0,23\text{ms}$. Beim Wilcoxon-Test wurde mit einer Signifikanz von 0,00 eine

Abnahme der Messwerte im prä- und postoperativen Vergleich festgestellt. Der Effekt dieses Unterschieds lag mit einem Stärkemaß von 0,39 im mittleren Bereich. Bei 35 Patienten lag der postoperative Wert unter dem Ausgangswert, bei 9 darüber.

UNTERGRUPPE (2014-2019)							
WERT		OFFEN			ENDOSKOPISCH		
		Anzahl	Mittelwert	SEM	Anzahl	Mittelwert	SEM
DML	Differenz	13	1,63 ms	0,51	44	0,92 ms	0,23
	präoperativ		6,49 ms	0,82		5,29 ms	0,20
	postoperativ		4,86 ms	0,52		4,37 ms	0,12
sNLG	Differenz	7	3,63 m/s	9,03	28	3,59 m/s	1,74
	präoperativ		40,63 m/s	9,68		40,38 m/s	1,62
	postoperativ		44,26 m/s	4,02		43,97 m/s	1,17

Tabelle 3: Zusammenfassung der elektrophysiologischen Ergebnisse der Auswahl (2014-2019)

5.4.3.2 Vergleich der prä- und postoperativen sensible Nervenleitgeschwindigkeiten

Die Differenz der prä- und postoperativen sensiblen NLG betrug bei den 7 offenen Operationen durchschnittlich $3,62 \pm 9,03$ m/s. Der Wilcoxon-Test ergab mit einer statistischen Signifikanz von 0,39 keinen Unterschied zwischen der prä- und postoperativen sensiblen NLG in der Gruppe mit offenem Therapieverfahren. Die sensible NLG nahm bei 2 Patienten ab und verbesserte sich bei 5 Patienten.

Bei den 28 endoskopischen Operationen lag der Mittelwert der Differenz bei $3,59 \pm 1,74$ m/s. Das Ergebnis des Wilcoxon-Tests stellte mit einer Signifikanz von 0,03 eine signifikante Abnahme zwischen den Ausgangswerten und der postoperativen Verlaufskontrolle fest. Der Effekt lag mit einem Stärkemaß von 0,29 im schwachen bis mittleren Bereich. Bei 7 Patienten verschlechterte sich die sensible NLG und bei 21 Patienten verbesserte sie sich postoperativ.

5.4.4 Zeitpunkte der prä- und postoperativen Untersuchungen

Die Information über den Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung lag bei allen 57 Patienten vor. Der Mittelwert des zeitlichen Abstandes zur Operation betrug insgesamt $1,2 \pm 0,2$ Monate

Die offen operierten Patienten hatten die Untersuchung durchschnittlich $1,5 \pm 0,4$ Monate vor der Operation. Die endoskopisch operierten Patienten stellten sich durchschnittlich $1,1 \pm 0,2$ Monate vor der Operation vor.

Bei 55 Patienten lag das Datum der Nachuntersuchung vor. Der mittlere Abstand zum operativen Eingriff betrug insgesamt $5,4 \pm 0,6$ Monate. Bei den offenen Operationen lag der Mittelwert bei $6,6 \pm 1,4$ Monaten, bei den endoskopischen bei $5,1 \pm 0,7$ Monaten.

5.5 Operationsverlauf

5.5.1 Zusätzliche Operationen an der Hand

Bei 11 der 57 Operationen wurde zusätzlich zur Spaltung des Karpaldaches noch ein weiterer Eingriff an der Hand vorgenommen. Vorwiegend handelte es sich hierbei um Ringband-Spaltungen eines Fingers und zusätzliche Ganglientfernungen. Es erfolgte hierzu eine weitere Inzision an einer anderen Stelle. Dies betraf 2 offen und 9 endoskopisch operierte Patienten.

5.5.2 Operationszeit und zusätzliche Operationen

Für die Analyse der Operationszeit wurden die oben genannten Operationen mit zusätzlichen Eingriffen an der Hand ausgeschlossen. So wurde sichergestellt, dass sich die Dauer der Operationen ausschließlich auf die Karpaldachspaltung bezog. Dies traf auf 11 offene und 35 endoskopische Eingriffe zu. Die mittlere Operationszeit bei offener Karpaldachspaltung laut Pflegebericht betrug $26,4 \pm 2,8$ min. Bei den endoskopischen Operationen betrug die durchschnittliche Dauer $13,9 \pm 0,6$ min. Nach Test auf Normalverteilung und anschließendem T-Test zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied der mittleren Operationsdauer mit einem Signifikanzniveau von 0,00.

5.5.3 Komplikationen

Bei den 57 Operationen der Untergruppe traten in drei Fällen 3 Komplikationen auf. Diese beinhalteten 2 Narbengranulome bei endoskopischen Eingriffen und ein Rezidiv bei einer offenen Operation.

6 Diskussion

Diskutiert wurde die Haupthypothese, ob die Operationsergebnisse beim Karpaltunnelsyndrom nach endoskopischem und offenem Therapieverfahren vergleichbar sind.

6.1 Vergleich der beiden operativen Verfahren anhand der Ergebnisse unter Einbeziehung der aktuellen Literatur

6.1.1 Vergleich der Symptomatik beider Gruppen

Präoperativ bestanden bezüglich der Parästhesien und Brachialgien bei den offen Operierten $6,0 \pm 1,2$ Monate Beschwerden. Bei den endoskopisch Operierten lag die Dauer bei $9,5 \pm 2,4$ Monaten. 7 Patienten konnten keine genaue Beschwerdedauer angeben, beschrieben diese allerdings als lange. Es kann daher eine längere Beschwerdedauer angenommen werden. Trumble und Mitarbeiter (2002) berichteten unterstützend zu dieser These beispielsweise in einer prospektiven randomisierten Studie eine deutlich längere mittlere Beschwerdedauer von 32 Monaten [Trumble et al., 2002].

In Bezug auf die Symptomatik konnte sowohl nach offener als auch nach endoskopischer Operation eine Verbesserung der Parästhesien und Brachialgien beobachtet werden. Es fiel allerdings auf, dass lediglich ein Anteil von 50% der Patienten mit offener Operation postoperativ hinsichtlich der Brachialgien beschwerdefrei war. Im Vergleich hierzu zeigten sich 66,7% der endoskopisch operierten Patienten mit einer Rückbildung der Brachialgien nach vorherigen Beschwerden. Hinsichtlich der Parästhesien kam es je Operationsart bei der Hälfte der Patienten zu einer vollständigen Rückbildung der Beschwerden bis zum Kontrolltermin.

Im Vergleich dazu beschrieben auch Agee und Mitarbeiter (1992) eine Besserung der Beschwerden in beiden Gruppen. In dieser multizentrischen Studie bestanden bei 1 von 4 Patienten 6 Monate nach der OP noch Brachialgien, 1 von 8 Patienten klagten über Parästhesien und 1 von 6 Patienten bemerkten noch eine Taubheit. [Agee et al., 1992] Bei den retrospektiv analysierten endoskopisch operierten Patienten in der Studie von Okutsu und Mitarbeiter (2013) erholten sich diese verglichen mit den in dieser Untersuchung aufgeführten Ergebnissen schneller. 97,5% der Patienten gaben präoperativ von Parästhesien an. Bei 92,9% bildeten sich diese Beschwerden zurück. Über präoperative Schmerzen klagten 82,8%, von denen postoperativ 98,2% wieder abklangen. [Okutsu et al., 2013]

Trumble und Mitarbeiter (2002) fanden zudem in der endoskopischen Kohorte eine schnellere Besserung der Symptome nach 3 Monaten. Zusätzlich nahm die grobe Griffkraft bei Patienten nach endoskopischer Operation in den ersten Monaten nach dem Eingriff rascher zu als bei Patienten mit offenem Verfahren. Beide Therapieformen erlangten am Ende jedoch eine vergleichbare und höhere Griffkraft als präoperativ. [Trumble et al., 2002]

Kang und Mitarbeiter (2013) fanden bei 52 Patienten, die beidseitig an einem Karpaltunnelsyndrom litten und mit beiden Verfahren operiert wurden, eine Bevorzugung des endoskopischen Verfahrens. Bei der postoperativen Kontrolle nach 3 Monaten favorisierten 34 eine endoskopische und 13 die offene Operation. Als Gründe hierfür wurden postoperativ länger bestehende, vor allem die Narbe betreffende Schmerzen genannt. [Kang et al., 2013]

In einem Review über die operativen Behandlungsmöglichkeiten des Karpaltunnelsyndroms beschrieben Scholten und Mitarbeiter (2007) sowohl in Bezug auf die postoperativen Ergebnisse innerhalb von 3 Monaten als auch die Langzeitergebnisse betreffend bei einem großen Anteil der aufgeführten Studien keine signifikanten Unterschiede. So bestanden in 8 der zitierten Studien innerhalb der ersten 3 Monate keine signifikanten Unterschiede im postoperativen Vergleich. Lediglich in 2 Studien fand man in mindestens einem Outcome-Parameter ein signifikant besseres Ergebnis in der Kohorte mit endoskopischer Operation. Auch hinsichtlich des Langzeitergebnisses zeigte sich bei den 8 vergleichenden Studien in 7 Fällen kein signifikanter Unterschied. In einem Fall ergab sich ein besseres Ergebnis hinsichtlich der durchschnittlichen Schmerzsymptomatik bei endoskopischen Eingriffen. [Scholten et al., 2007]

Thoma und Mitarbeiter (2004) fanden in einer Metaanalyse bezüglich der Griff- und Schlagkraft, sowie der Narbenheilung innerhalb der ersten 3 Monate postoperativ ein besseres Ergebnis bei endoskopischen Operationen. Hinsichtlich der postoperativen Schmerzen oder des postoperativen Arbeitsbeginns sowie der Langzeitergebnisse ergab der Vergleich von 13 Studien keine eindeutigen Daten. [Thoma et al., 2004]

In Zusammenschau aller Ergebnisse ließ sich somit feststellen, dass durch beide Operationsverfahren die Symptomatik deutlich gebessert wurde. Die in der vorliegenden Studie beobachtete Tendenz zu einem höheren postoperativen Beschwerdeausmaß nach offener Operation weicht größtenteils von den aufgeführten Studien ab. Es zeigten sich unter Einbeziehung oben genannter Metaanalysen (Thoma und Mitarbeiter, Scholten und Mitarbeiter) insbesondere Unterschiede hinsichtlich der Persistenz von Brachialgien [Scholten et al., 2007, Thoma et al., 2004]. Die postoperativen Beschwerden könnten durch den präoperativen Befund und den Ausprägungsgrad der Nervenschädigung vor dem Eingriff beeinflusst worden sein. Bei offen Operierten wurden präoperativ im Vergleich verlangsamte Nervenleitgeschwindigkeiten gemessen. So betrug die dmL vor einer offenen Operation 7,25ms im Gegensatz zu 5,63ms bei endoskopischen Eingriffen. Bei einem höheren Grad der Nervenschädigung präoperativ ist somit auch der Unterschied hinsichtlich der postoperativen Beschwerden im Untersuchungszeitraum erklärbar. Eine weitere Ursache könnte die geringe Anzahl an postoperativ vorhandenen Datensätzen sein. Es kann bei wenigen Patienten mit postoperativer Kontrolle angenommen werden, dass vorwiegend Patienten mit Beschwerdepersistenz erneut vorstellig wurden und sich beschwerdefreie Patienten postoperativ nicht mehr vorstellten.

6.1.2 Vergleich der elektroneurografischen Untersuchungsergebnisse

Präoperativ lagen die Mittelwerte der dmL beider Gruppen mit durchschnittlich $7,25 \pm 0,37$ ms bei offenen und $5,63 \pm 0,13$ ms bei endoskopischen Eingriffen deutlich über dem Wert von 4,2ms. Dieser stellte zusammen mit der Symptomatik die Indikation für eine Operation dar. Die offen operierten Patienten hatten präoperativ eine höhergradige Nervenschädigung als die endoskopisch Operierten. Die dmL betrug bei endoskopisch operierten Patienten vor dem Eingriff im Durchschnitt 1,62ms weniger als die der offen Operierten. Sie unterschied sich signifikant. Frick et al.(1996) beschrieben im Einklang dazu , dass bei schwereren Karpaltunnelsyndromen, insbesondere bei einer dmL von über 8ms und begleitenden Synovialitiden, ein offenes Operationsverfahren zu bevorzugen ist [Frick et al., 1996].

Im weiteren Verlauf wurde in beiden Gruppen eine deutliche und vergleichbare Verbesserung der elektrophysiologischen Parameter des prä- und postoperativen Zustandes

festgestellt. Die dmL sank innerhalb von durchschnittlich 3 Monaten bei den 73 operierten Patienten um $2,32 \pm 0,32$ ms. Bei den 103 endoskopischen Eingriffen betrug diese Differenz bei $1,21 \pm 0,14$ ms. Der Wilcoxon-Test bestätigte, dass beide Verfahren einen vergleichbaren, statistisch signifikanten Therapieerfolg erzielt hatten. Es ergab sich sowohl bei offenen als auch bei endoskopischen Operationen ein statistisch signifikantes Ergebnis mit starkem Effekt und einer Signifikanz von 0,00. Demnach war bei beiden Operationsverfahren eine vergleichbare deutliche Verbesserung der dmL festzustellen. In der Untergruppe von 2014-2019 fand sich ebenfalls eine statistisch signifikante Verbesserung zwischen prä- und postoperativen elektrophysiologischen Untersuchungsergebnissen. Aufgrund der geringeren Anzahl der Patienten fiel dieser bei beiden Verfahren mit einem Effekt im mittleren Bereich etwas kleiner aus als der des Gesamtkollektivs. Okutsu und Mitarbeiter (2013), die als eine der wenigen Arbeitsgruppen ebenfalls die elektroneurografische Untersuchung als Parameter verwendete, stellte mithilfe einer retrospektiven Analyse von ausschließlich endoskopischen Operationen eine Verbesserung der durchschnittlichen dmL von 6,2ms auf 4,1ms fest [Okutsu et al., 2013].

Auch die Ergebnisse der sensiblen NLG zeigten eine positive Veränderung durch den Eingriff. Es bestand in beiden Kohorten ein signifikanter Unterschied. Die NLG wurde durchschnittlich um $7,11 \pm 2,43$ m/s bei offen und $4,83 \pm 1,23$ m/s bei endoskopisch operierten Patienten signifikant verbessert. Bei einer Signifikanz von jeweils 0,00 und einem Effekt im mittleren Bereich wurde somit zusätzlich die These des vergleichbaren und guten Therapieerfolgs beider Verfahren unterstützt. Hingegen ließ sich in der Untergruppe aufgrund der geringen Patientenzahl kein signifikanter Unterschied feststellen.

6.1.3 Vergleich der Operationsdauer

Für die Operationsdauer wurde die Schnitt-Naht-Zeit des Pflegeberichtes herangezogen. Diese betrug bei den 11 offenen $26,4 \pm 2,8$ min und den 35 endoskopischen Eingriffen in der Untergruppe von 2014-2019 durchschnittlich $13,9 \pm 0,6$ min. Für die Berechnung wurden ausschließlich Operationen betrachtet, bei denen eine Karpaldachspaltung ohne zusätzliche Eingriffe wie Ringbandspaltungen und Ganglientfernungen erfolgte. So wurde eine möglichst genaue und einheitliche Erfassung der Operationsdauer eines isolierten Karpaltunnelsyndroms untersucht. Das Ergebnis zeigte, dass offene Operationen doppelt so lang dauerten wie endoskopische Eingriffe. Dies ist ein wichtiger Faktor in Bezug auf die Operationskosten und das Personalmanagement. Es hat zudem auch Einfluss auf das generelle Operations- und Infektionsrisiko. Die zusätzlichen Kosten eines Einmalmessers beim endoskopischen Verfahren belaufen sich auf 146€ und werden wahrscheinlich durch kürzere Operationszeiten und Einsparungen der Personalkosten aufgewogen.

In der Studie von Kang und Mitarbeiter (2013) fiel die mittlere Zeit bis zur Öffnung der Blutsperrung mit beidseits operierten Patienten bei den endoskopisch Operierten mit 7,5min und bei den offen Operierten mit 6,8 min hingegen deutlich kürzer und nicht signifikant unterschiedlich aus. Hier wurde allerdings nur die Zeit bis zur Öffnung der Blutsperrung herangezogen, ohne den im Anschluss erforderlichen Wundverschluss zu berücksichtigen. [Kang et al., 2013]

Die Diskrepanz der hier ermittelten Ergebnisse im Vergleich zur üblichen Operationsdauer von wenigen Minuten, wie in der Studie von Kang und Mitarbeitern (2013) beschrieben, legt eine Beeinflussung der Operationszeit durch andere Faktoren nahe. Ein

Grund könnte sein, dass die offene Karpaldachspaltung als Ausbildungseingriff vorwiegend durch junge Assistenzärzte durchgeführt wird. Die schwierigere endoskopische Operation hingegen erfolgt in der Regel durch erfahrenere Chirurgen. In dieser Untersuchung wurden endoskopische Eingriffe überwiegend von einem Operateur vorgenommen. Weiterhin trägt eine so entstandene längere Operationsdauer mit einer stärkeren Gewebetraumatisierung möglicherweise ebenfalls zu den oben diskutierten stärker ausgeprägten postoperativen Beschwerden nach offener Operation bei.

6.1.4 Vergleich der Komplikationen

Bei insgesamt 798 Operationen des Gesamtkollektivs gab es im postoperativen Verlauf bei 13 Patienten Komplikationen. Von diesen wurden 4 (1%) endoskopisch und 9 (2,2%) offen operiert. Die Komplikationsarten beinhalteten bei den endoskopischen Operationen ein Rezidiv, eine Wundheilungsstörung und zwei Narbengranulome. Bei den offenen Operierten gab es neben einer Wundinfektion und drei Wundheilungsstörungen auch schwerwiegendere Komplikationen, wie beispielsweise ein CRPS oder eine Thenarastläsion. Zusätzlich traten ein Rezidiv, eine Shunt-Thrombose und ein größeres Hämatom auf. Bei einer vergleichbaren Gruppengröße von 407 offenen und 391 endoskopische Operationen, ergab sich demnach mit 2,2% eine höhere Komplikationsrate bei offenen als bei den endoskopischen Operationen, bei denen diese bei 1,0% lag. Vor allem der Anteil der beobachteten Wundheilungsstörungen und -infektionen war bei einem offenen Eingriff höher. Dies könnte auf die längere Inzision und die Operationsdauer bei diesem Vorgehen zurückzuführen sein.

Benson und Mitarbeiter (2006) untersuchten die Komplikationen der verschiedenen Operationsverfahren des Karpaltunnelsyndroms und kamen zu einem vergleichbaren Ergebnis. Sie fanden ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen dem endoskopischen Eingriff nach dem monoportalen Verfahren und der offenen Operation. Offen Operierte waren stärker von anatomischen Komplikationen betroffen. Im gesamten Kollektiv mit offen und endoskopisch Operierten und unter Berücksichtigung aller Komplikationsarten ergab sich eine Komplikationsrate von 0,19% bei endoskopischen und 0,49% bei offenen Operationen. [Benson et al., 2006].

Trumble und Mitarbeiter (2002) fanden als weiteren Aspekt eine stärkere Schmerzempfindlichkeit der Narbe nach offenen als nach endoskopischen Eingriffen [Trumble et al., 2002].

Dies wurde auch von Agee und Mitarbeiter (1992) mit einem statistisch signifikanten Unterschied zwischen Interventionsgruppe mit endoskopischem Verfahren und der offen operierten Kontrollgruppe beschrieben. Die Untersuchungen dieser Arbeitsgruppe ergaben hinsichtlich der Komplikationen bei insgesamt 147 Operationen in zwei Fällen nach endoskopischem Eingriff eine Persistenz der Beschwerden mit notwendiger offener Reoperation. Zwei weitere endoskopisch operierte Patienten beklagten transiente ulnare Neurapraxien aufgrund der Überstreckung des Handgelenks während der Operation. Nach offenem Therapieverfahren kam es bei einem Patienten zu einer Nervenschädigung eines motorischen Astes des N. ulnaris. Bei einem weiteren trat ein Bogensehnenphänomen auf. Zusätzlich hatten in dieser Gruppe zwei Patienten eine Wundheilungsstörung. [Agee et al., 1992]

Boeckstyns und Mitarbeiter (2007) wiesen in Analyse von prospektiven randomisierten Studien eine höhere Komplikationsrate von 4,3% bei endoskopischen Operationen im Vergleich zu 0,9% bei offenen Operationen in Bezug auf transiente Nervenstörungen

auf. Andere Komplikationen wie eine Durchtrennung einer Sehne, Wundheilungsstörungen und -infektionen, ein CRPS oder vaskuläre Probleme unterschieden sich laut dieser Metaanalyse jedoch nicht. [Boeckstyns et al., 1999]

Auch Thoma und Mitarbeiter (2004) fanden in ihrer Metaanalyse eine 3-fach höhere Wahrscheinlichkeit bei endoskopischen Operationen, eine passagere Nervenläsion im Sinne einer Neurapraxie zu erleiden. Bezüglich der postoperativen Narbenempfindlichkeit zeigte sich hingegen ein besseres Ergebnis bei endoskopischen Operationen. [Thoma et al., 2004]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Komplikationsraten der beiden operativen Verfahren in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben sind und dieser Bereich kontrovers diskutiert wird. Die in dieser Untersuchung beschriebenen statistischen Ergebnisse unterstützen die Feststellung, dass Patienten mit offenen Operationen häufiger von Komplikationen betroffen waren. Wundheilungsstörungen nahmen hierbei den größten Anteil ein. Dagegen führen offenbar endoskopische Operationen häufiger zu passageren Nervenläsionen [Boeckstyns et al., 1999, Thoma et al., 2004]. Die Gesamtkomplikationsrate war mit 1-2% in der vorliegenden Untersuchung jedoch gering. Bei Benson et al. lag diese mit 0,19-0,49% bei beiden Operationen noch niedriger [Benson et al., 2006].

6.2 Betrachtung der Patientencharakteristika unter Einbeziehung der aktuellen Literatur

Die Demographie des Gesamtkollektivs entsprach den in der aktuellen Literatur von 2000-2019 beschriebenen Daten zum Alter und zum Geschlecht. 63,2% der Patienten, die wegen eines Karpaltunnelsyndroms operiert wurden, waren Frauen, 36,7% Männer. Somit mussten sich Frauen öfter einer Operation unterziehen. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Operation lag bei Patientinnen mit $59,3 \pm 0,7$ Jahren signifikant unter dem Mittelwert von $61,3 \pm 0,9$ Jahren bei männlichen Patienten.

Die Ergebnisse von Mondelli und Mitarbeiter (2002) zur Prävalenz des Karpaltunnelsyndroms und zur Demographie der Patienten zeigten vergleichbare Unterschiede in Bezug auf das Geschlecht und das Alter. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei Frauen (79,7%) häufiger ein Karpaltunnelsyndrom diagnostiziert wurde als bei Männern (20,3%). Ebenfalls wurde von ihnen bestätigt, dass an einem Karpaltunnelsyndrom leidende Patientinnen jünger waren als männliche Patienten. Die Diagnose wurde bei Frauen im mittleren Alter von $54,2 \pm 14,2$ Jahren gestellt während bei Männern erst mit durchschnittlich $57,6 \pm 14,9$ Jahren ein Karpaltunnelsyndrom festgestellt wurde. [Mondelli et al., 2002]

Auch Atroshi und Mitarbeiter (1999) fanden in ihren Untersuchungen zur Prävalenz des Karpaltunnelsyndroms einen signifikant höheren Teil an Frauen unter den symptomatischen Personen. In der Altersgruppe von 65 bis 74 Jahren lag eine viermal höhere Prävalenz bei Frauen vor. [Atroshi et al., 1999]

Die vermehrte Anzahl an operierten Frauen entsprach der insgesamt erhöhten Prävalenz des Karpaltunnelsyndroms bei Frauen, die mit zahlreichen wissenschaftlichen Belegen als gesichert galt. Dies wurde unter anderem in einer Studie von Geoghegan und Mitarbeiter (2004) zum Karpaltunnelsyndrom gezeigt, in der die Region West Midland von Großbritannien mithilfe der General Practice Research Database untersucht wurde. In dieser Analyse betrug der Anteil an Frauen 72% [Geoghegan et al., 2004].

Hinsichtlich des Alters waren die Patienten mit offenen Operationen im Durchschnitt 4,7 Jahre älter als die der endoskopischen Operationen. Es gab einen schwachen, aber signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Eine mögliche Ursache hierfür ist, dass jüngere Patienten aufgeschlossener gegenüber endoskopischen Therapieverfahren waren und mehr auf Narbenbildung achteten. Auch eine frühere Vorstellung zur Operation aufgrund der geringeren Beeinträchtigung im postoperativen Verlauf könnte als Grund hierfür in Betracht kommen. Ein weiterer Faktor ist, dass ältere Patienten an einem schwereren Karpaltunnelsyndrom litten und daher öfter eine offene Operation empfohlen wurde. Die höhere Anzahl an Operationen an der rechten Hand mit 469 im Vergleich zu 329 Eingriffen am linken Handgelenk könnte auf das häufigere Vorkommen der Dominanz der rechten Hand zurückzuführen sein.

Insgesamt lag das durchschnittliche Alter der Patienten bei der Operation bei 60 Jahren und deckt sich mit den demographischen Daten zum Alter beim Auftreten eines Karpaltunnelsyndroms. Mondelli und Mitarbeiter (2002) beschrieben in einer prospektiven Studie über 8 Jahre zur Inzidenz des Karpaltunnelsyndroms ein durchschnittliches Alter von $55 \pm 14,4$ Jahren bei Erstdiagnose [Mondelli et al., 2002].

6.3 Vergleichbarkeit des Gesamtkollektivs und der Untergruppe (2014-2019)

Bei der gemeinsamen Betrachtung des Gesamtkollektivs und der detailliert analysierten Untergruppe von 2014 bis 2019 ergab sich ein vergleichbares Verhältnis von weiblichen und männlichen Patienten. Dieses betrug über den gesamten Zeitraum 63% zu 36% (Frauen/Männer) und in der Untergruppe 65% zu 35% (Frauen/Männer).

Hinsichtlich des Alters unterschieden sich die beiden Gruppen leicht. Beim Gesamtkollektiv waren die endoskopisch operierten Patienten zum Zeitpunkt des Eingriffes 57,6 Jahre alt und signifikant jünger als diejenigen mit offener Operation (62,3 Jahre). Der Altersdurchschnitt der Untergruppe in Abhängigkeit des Operationsverfahrens ergab hingegen keinen signifikanten Unterschied. Der Standardfehler fiel jedoch in dieser Gruppe mit $63,9 \pm 2,2$ Jahren bei endoskopischen und $63,3 \pm 4,9$ Jahren bei offenen Operationen deutlich höher als der des Gesamtkollektivs ($\pm 0,8$ Jahren) aus. Dies war auf die geringere Fallzahl zurückzuführen. Demzufolge ermöglichte die Analyse des Gesamtkollektivs aufgrund der höheren Patientenanzahl eine bessere Aussage bezüglich der demographischen Daten.

Vergleichend betrachtet zeigten die elektrophysiologischen Untersuchungsergebnisse die gleiche Tendenz auf. In beiden Gruppen verbesserte sich die dmL durch den Eingriff statistisch signifikant. Beim Gesamtkollektiv war dieser Effekt stark ausgeprägt und in der Untergruppe lag er im mittleren Bereich. Die prä- und postoperativen Mittelwerte der dmL in der Gruppe aller Patienten lagen im Vergleich zur Untergruppe etwas höher und hatten einen geringeren Standardfehler. Auch bei der sensiblen NLG ergaben sich signifikante Verbesserungen im Gesamtkollektiv, in Untergruppe jedoch nicht. Der schwächere Effekt und das Fehlen eines signifikanten Unterschieds bei den offenen Operationen könnten ebenso wie die erhöhten Standardfehler mit der geringeren Fallzahl der Untergruppe zusammenhängen. Nachdem beim Gesamtkollektiv in Bezug auf diese Werte eine signifikante Verbesserung bestätigt wurde, war davon auszugehen, dass dies auch auf die Untergruppe zutraf.

Die weiteren Daten der Untergruppe zur Symptomatik und der Beschwerdedauer erbrachten zusätzliche wichtige Informationen zum Krankheitsverlauf.

Insgesamt ergab sich dadurch ein stimmiges Bild. Sowohl die Daten zur Untergruppe als auch diejenigen zum gesamten Kollektiv erzielten vergleichbare Resultate.

6.4 Limitationen der Statistik und Ausblick

Durch die retrospektive Analyse der Daten ergaben sich vorwiegend bezüglich der Fallzahl Limitationen, da es zu manchen Untersuchungsergebnissen einiger Patienten keine Dokumentation gab. Es handelte sich hierbei vor allem um die postoperativen Kontrolluntersuchungen. Dies könnte daran liegen, dass eine Mehrheit der Patienten nach dem Eingriff beschwerdefrei war und somit einige den Kontrolltermin vergessen hatten. Diese Patientengruppe, die dadurch in der Statistik nicht berücksichtigt worden ist, hätte unter dieser Annahme einen tendenziell positiven Verlauf.

Eine weitere Limitation der Statistik betraf die elektrophysiologischen Untersuchungen. Diese wurden teils in der neurologischen Ambulanz der Klinik und Poliklinik für Neurologie des LMU Klinikums, teils von externen Neurologen erstellt. Jedoch konnte trotz der Abhängigkeit vom Untersucher und den unterschiedlichen Untersuchungsorten durch die als standardisierte neurologische Untersuchung geltenden Messungen von einer gewährten Objektivität ausgegangen werden.

Zusätzlich sind die deutlich abweichenden Operationszeiten in der Statistik im Vergleich zur übrigen Literatur als Zeichen für das Bestehen weiterer hier nicht analysierter beeinflussender Faktoren, wie zum Beispiel die Erfahrung des Operateurs, zu werten. Die Operationszeiten haben wiederum einen Effekt auf das postoperative Ergebnis und die Komplikationen.

Um diese Limitationen zu vermeiden, ist für die künftige Analysen auch eine prospektive Studie in Erwägung zu ziehen. Diese könnte als Rahmenbedingungen Kontrolltermine und einheitliche Untersuchungsstandards umsetzen und so den Anteil der Nachkontrollen erhöhen.

7 Zusammenfassung

Insgesamt wurden 798 Patienten der Abteilung für Handchirurgie, Plastische Chirurgie und Ästhetische Chirurgie des LMU Klinikums München erfasst, die im Zeitraum von 2010 bis 2019 an einem Karpaltunnelsyndrom operiert wurden. Hierbei wurden 407 Patienten offen und 391 Patienten endoskopisch operiert. Es gab 505 weibliche und 293 männliche Personen. Zusätzlich wurde eine Untergruppe mit 57 von 2014-2019 operierten Patienten mit 13 offenen und 44 endoskopischen Eingriffen untersucht. Im Gesamtkollektiv betrug das mittlere Alter 60 Jahre. Offen operierte Patienten wurden im Mittel mit 62 Jahren, endoskopisch Operierte mit durchschnittlich 58 Jahren operiert. Es zeigte sich bezüglich der dML bei 103 Patienten mit endoskopischer und 73 Patienten mit offener Operation ein signifikanter Unterschied. Die dML verbesserte sich bei offen operierten Patienten von 7,25ms auf 4,96ms um 2,32ms. Bei den endoskopisch Operierten unterschied sich die dML um 1,21ms mit präoperativ 5,63ms und postoperativ 4,42ms. Bezüglich der sensiblen NLG wurde bei 32 offen Operierten eine signifikante Verbesserung von 7,11m/s, bei 48 endoskopisch Operierten um 4,83m/s erzielt

Die Untergruppe bestand aus 37 weiblichen und 20 männlichen Personen mit einem mittleren Alter von 63 Jahren bei offen operierten und 63 Jahren bei endoskopisch operierten Patienten. Präoperativ lagen bezüglich der Symptome Parästhesie und Brachialgie bei den offen Operierten 6,0 Monate, bei endoskopisch Operierten 9,5 Monaten lang Beschwerden vor. Es gab hinsichtlich der Parästhesien in beiden Gruppen bei der Hälfte der Patienten eine vollständige Rückbildung der Beschwerden bis zur Kontrolle nach durchschnittlich 5,4 Monaten. Die Brachialgien waren bei offen Operierten bei der Hälfte der Patienten, bei endoskopisch Operierten bei 85% der Patienten bis zur Nachuntersuchung abgeklungen. Dieses Ergebnis könnte auf die schwerere präoperative Nervenläsion bei offenen Eingriffen und die niedrige Fallzahl zurückzuführen sein. Hinsichtlich der Elektrophysiologie zeigte sich in der Untergruppe ebenfalls eine statistisch signifikante Verbesserung zwischen prä- und postoperativer dML. In Bezug auf die sNLG ergab sich aufgrund der geringeren Patientenanzahl kein signifikanter Unterschied.

Generell war die Komplikationsrate mit 1-2% bei beiden Verfahren gering. Offene Eingriffe nahmen in der Untergruppe mit 26 min knapp doppelt so viel Zeit in Anspruch wie endoskopische Operationen mit 14 min. Dies unterscheidet sich im Vergleich zur in der Literatur beschriebenen, üblichen Operationszeit von wenigen Minuten und lässt andere Einflussfaktoren, wie den Ausbildungsstand der Operateure, vermuten. Die verlängerte Operationszeit kann zudem das Operationsergebnis und die Komplikationen beeinflussen.

Zusammenfassend wurde die Vergleichbarkeit zwischen endoskopischem und offenem Therapieverfahren dargelegt. Bei elektrophysiologischen Untersuchungen wurde in beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung der Nervenleitung durch die Operation erzielt. Auch die Symptomatik hat sich postoperativ bei beiden Verfahren deutlich zurückgebildet. Die demographischen Daten stimmten mit den Angaben in der aktuellen Literatur zum Alter und zur Geschlechterverteilung überein und belegten somit die Aussagekraft der Studie. Die Haupthypothese, dass die Operationsergebnisse beim Karpaltunnelsyndrom nach endoskopischem und offenem Therapieverfahren vergleichbar sind, konnte somit angenommen werden. Unterschiede in Bezug auf die niedrigeren Komplikationsraten, die höhere Operationskosten und die kürzere Operationsdauer bei endoskopischen Operationen können in Zukunft bei der Therapieentscheidung miteinbezogen werden. Eine zukünftige prospektive randomisierte Studie zur besseren Dokumentation des postoperativen Verlaufs könnte zu weiteren detaillierteren Operationsergebnissen führen.

8 Abkürzungsverzeichnis

Abb	=	Abbildung
dmL	=	Distal-motorische Latenz
N.	=	Nervus
NSAR	=	Nicht-steroidale Antirheumatika
NLG	=	Nervenleitgeschwindigkeit
sNLG	=	sensible Nervenleitgeschwindigkeit
SEM	=	Standard error of mean; Standardfehler des Mittelwerts

9 Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: ANATOMIE DES KARPALTUNNELS [PAULSEN ET AL., 2010].....	8
ABB. 2: ALTERSSTRUKTUR DES GESAMTEN PATIENTENKOLLEKTIVS.....	15
ABB. 3 PRÄ- UND POSTOPERATIVE DML IM VERGLEICH	18
ABB. 4 PRÄ- UND POSTOPERATIVE SENSIBLE NLG IM VERGLEICH	18

10 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ZUSAMMENFASSUNG DER ELEKTRONEUROGRAFISCHEN UNTERSUCHUNGEN DES GESAMTKOLLEKTIVS	19
TABELLE 2: ZUSAMMENFASSUNG DER PRÄ- UND POSTOPERATIVEN BESCHWERDEN	22
TABELLE 3: ZUSAMMENFASSUNG DER ELEKTROPHYSIOLOGISCHEN ERGEBNISSE DER AUSWAHL (2014-2019)	24

11 Literaturverzeichnis

1) Aboonq, M.S.

Pathophysiology of carpal tunnel syndrome.

Neurosciences (Riyadh). 20 (2015) 4-9

2) Agee, J.M.; McCarroll, H.R., Jr.; Tortosa, R.D.; Berry, D.A.; Szabo, R.M.; Peimer, C.A.

Endoscopic release of the carpal tunnel: a randomized prospective multicenter study.

J. Hand. Surg. 17 (1992) 987-995

3) Akalin, E.; El, O.; Peker, O.; Senocak, O.; Tamci, S.; Gulbahar, S.; Cakmur, R.; Oncel, S.

Treatment of carpal tunnel syndrome with nerve and tendon gliding exercises.

Am. J. Phys. Med. Rehabil. 81 (2002) 108-113

4) Assmus, H.; Antoniadis, G.; Bischoff, C.; Haussmann, P.; Martini, A.K.; Mascharka, Z.; Scheglmann, K.; Schwerdtfeger, K.; Selbmann, H.K.; Towfigh, H.; Vogt, T.; Wessels, K.D.; Wustner-Hofmann, M.

Diagnosis and therapy of carpal tunnel syndrome - guideline of the German Societies of Handsurgery, Neurosurgery, Neurology, Orthopaedics, Clinical Neurophysiology and Functional Imaging, Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, and Surgery for Traumatology.

Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 39 (2007) 276-288

5) Atroshi, I.; Gummesson, C.; Johnsson, R.; Ornstein, E.; Ranstam, J.; Rosen, I.

Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population.

JAMA. 282 (1999) 153-158

6) Benson, L.S.; Bare, A.A.; Nagle, D.J.; Harder, V.S.; Williams, C.S.; Visotsky, J.L.

Complications of endoscopic and open carpal tunnel release.

Arthroscopy. 22 (2006) 919-924, 924 e911-912

7) Boeckstyns, M.E.; Sorensen, A.I.

Does endoscopic carpal tunnel release have a higher rate of complications than open carpal tunnel release? An analysis of published series.

J Hand Surg Br. 24 (1999) 9-15

8) de Krom, M.C.; Knipschild, P.G.; Kester, A.D.; Thijs, C.T.; Boekkooi, P.F.; Spaans, F.

Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population.

J. Clin. Epidemiol. 45 (1992) 373-376

9) Dellon, A.L.; Amadio, P.C.

James R. Learmonth: the first peripheral nerve surgeon.

J. Reconstr. Microsurg. 16 (2000) 213-217

10) Frick, A.; Baumeister, R.G.; Kopp, R.

Choice of procedure in therapy of distal median nerve compression syndrome.

Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 28 (1996) 147-150

- 11) Geoghegan, J.M.; Clark, D.I.; Bainbridge, L.C.; Smith, C.; Hubbard, R.
Risk factors in carpal tunnel syndrome.
J Hand Surg Br. 29 (2004) 315-320
- 12) Jablecki, C.K.; Andary, M.T.; So, Y.T.; Wilkins, D.E.; Williams, F.H.
Literature review of the usefulness of nerve conduction studies and electromyography for the evaluation of patients with carpal tunnel syndrome. AAEM Quality Assurance Committee.
Muscle Nerve. 16 (1993) 1392-1414
- 13) Janssen, J.; Laatz, W.
Statistische Datenanalyse mit SPSS : eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests
Springer Gabler Verlag, Berlin, 2017
- 14) Jimenez Del Barrio, S.; Bueno Gracia, E.; Hidalgo Garcia, C.; Estebanez de Miguel, E.; Tricas Moreno, J.M.; Rodriguez Marco, S.; Ceballos Laita, L.
Conservative treatment in patients with mild to moderate carpal tunnel syndrome: A systematic review.
Neurologia. 33 (2018) 590-601
- 15) Kähler, W.
Statistische Datenanalyse : Verfahren verstehen und mit SPSS gekonnt einsetzen
Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011
- 16) Kang, H.J.; Koh, I.H.; Lee, T.J.; Choi, Y.R.
Endoscopic carpal tunnel release is preferred over mini-open despite similar outcome: a randomized trial.
Clin. Orthop. Relat. Res. 471 (2013) 1548-1554
- 17) Mondelli, M.; Giannini, F.; Giacchi, M.
Carpal tunnel syndrome incidence in a general population.
Neurology. 58 (2002) 289-294
- 18) Okutsu, I.; Hamanaka, I.; Yoshida, A.
Retrospective analysis of five-year and longer clinical and electrophysiological results of the world's first endoscopic management for carpal tunnel syndrome.
Hand. Surg. 18 (2013) 317-323
- 19) Ostergaard, P.J.; Meyer, M.A.; Earp, B.E.
Non-operative Treatment of Carpal Tunnel Syndrome.
Curr. Rev. Musculoskelet. Med. (2020)
- 20) Padua, L.; Coraci, D.; Erra, C.; Pazzaglia, C.; Paolasso, I.; Loreti, C.; Caliandro, P.; Hobson-Webb, L.D.
Carpal tunnel syndrome: clinical features, diagnosis, and management.
Lancet Neurol. 15 (2016) 1273-1284
- 21) Paulsen, F.; Waschke, J.

Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat
Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München, 2010

22) Scholten, R.J.; Mink van der Molen, A.; Uitdehaag, B.M.; Bouter, L.M.; de Vet, H.C.
Surgical treatment options for carpal tunnel syndrome.
Cochrane Database Syst Rev. (2007) CD003905

23) Thoma, A.; Veltri, K.; Haines, T.; Duku, E.
A meta-analysis of randomized controlled trials comparing endoscopic and open carpal
tunnel decompression.
Plast Reconstr Surg. 114 (2004) 1137-1146

24) Trumble, T.E.; Diao, E.; Abrams, R.A.; Gilbert-Anderson, M.M.
Single-portal endoscopic carpal tunnel release compared with open release : a
prospective, randomized trial.
J. Bone Joint Surg. 84 (2002) 1107-1115

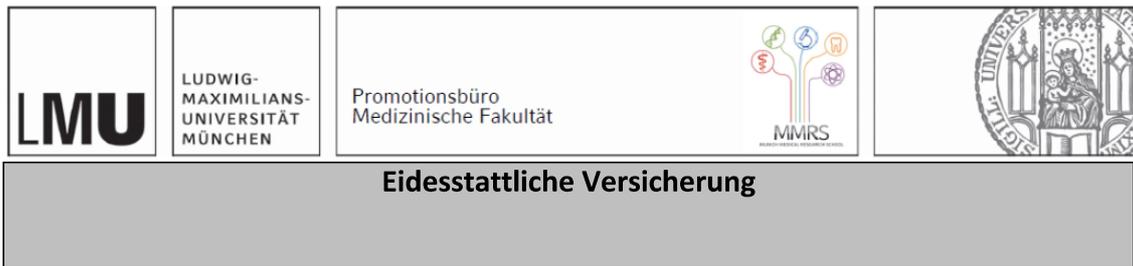
25) Werner, R.A.; Andary, M.
Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology.
Clin. Neurophysiol. 113 (2002) 1373-1381

12 Danksagung

Ich möchte mich zunächst bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Andreas Frick bedanken, der mich über die gesamte Zeit der Arbeit unterstützt hat und mich sehr gut betreut hat. Ein großes Dankeschön geht vor allem auch an meine Eltern, meine Schwester, und meinen Freund, die mich von Anfang an und während des ganzen Studiums tatkräftig unterstützt haben und mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen. Zusätzlich möchte ich mich natürlich bei allen Freunden und Wegbegleitern während meiner Ausbildung für ihre Unterstützung bedanken.

Ohne Sie und Euch wäre vieles nicht möglich gewesen!

13 Affidavit



Bauer, Franziska Angela

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Differenzierte Therapie des Karpaltunnelsyndroms

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Germering, 19.12.22

Ort, Datum

Franziska Bauer

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand