

**Diplomarbeit**

**Standards in der Therapie des Karpaltunnelsyndroms**

eingereicht von

**Toofan Datfar**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie**

unter der Anleitung von

**Dr. med. David Benjamin Lumenta**

Graz, am 09.07.2014

Toofan Datfar

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 09.07.2014*

*Toofan Datfar*

## Vorwort und Danksagungen

Um die Lesbarkeit dieser Arbeit erleichtern zu können, wurde im gesamten Text die männliche Formulierung verwendet. Diese Schreibweise schließt somit das männliche und das weibliche Geschlecht gleichermaßen ein. Alle Aussagen sind für beide Geschlechter gleichermaßen gültig.

**Danksagungen:** An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, um meine herzliche Dankbarkeit an bestimmten Personen zu richten, die diese Arbeit ermöglicht und mich stets während des Studiums unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich vor allem beim Univ. Prof. Dr. med. Lars-Peter Kamolz und Dr. med. David Benjamin Lumenta. Vielen Dank für die Bereitstellung des Themas dieser Diplomarbeit und die stets bereitwillige Hilfe und freundliche Unterstützung. Besonders gilt mein Dank an meinen Erstbetreuer Dr. Lumenta für die ewige Geduld und Sorgfalt, die er für die Beantwortung ungeklärter Fragen, auch über diese Diplomarbeit hinaus, gebracht hat. Auch dem gesamten Team der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgie des Universitätsklinikums Graz gebührt mein Dank für die tolle Unterstützung im Laufe der Praktika und Famulaturen, die die Faszination für dieses Fach in mir geweckt hat.

Ein besonderer Dank gilt der Medizinischen Universität Graz für die vielfältigen Unterstützungen bei Auslandsfamulaturen, mit deren Hilfe ich viele Erfahrungen im Fach der plastischen Chirurgie sammeln konnte.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern, meinem Bruder sowie Freunden und Kollegen für die Unterstützung der letzten sechs Jahre bedanken, da ihre Anwesenheit und Begleitung einen unverzichtbaren Ausgleich zum Studium geschaffen hat .

# Zusammenfassung

**Einleitung:** Das Karpaltunnelsyndrom (KTS) gehört zu den häufigsten peripheren Nervenkompressionserkrankungen. Zur chirurgischen Dekompression des Nervus (N.) medianus sind diverse Inzisionsarten und Anästhesiemethoden in der Literatur bekannt, doch obwohl das KTS zu den häufigsten handchirurgischen Erkrankungen gehört, gibt es bislang noch keine schriftlich festgelegte Empfehlung zu Inzisionsart oder Anästhesiemethode. Ziel dieser Arbeit ist es, richtungweisend Standards in Bezug auf Inzisionsart und Anästhesiemethode zur Behandlung des Karpaltunnelsyndroms auszuarbeiten.

**Methoden:** Durch Literaturrecherche (Ethikkommissionsgenehmigung vom 10/2012, EK-Nummer: „25-080 ex 12/13“) wurden Informationen zur angewandten Inzisionsart und Anästhesiemethode gesammelt. Die Daten wurden mittels einer für diesen Zweck modifizierten Schmerzskala kategorisiert (ABC).

Folgende Studien wurden eingeschlossen: Inzisionsart und Anästhesiemethode eindeutig erwähnt

Inzisionsarten: Kurzschnitt, Mini, atypisch, lang, Standard, endoskopisch

Anästhesiearten: Lokalanästhesie, Handgelenksblockade, Plexusanästhesie, Intravenöse Regionalanästhesie (IVRA), Vollnarkose

Für die Anästhesie waren intraoperative Schmerzskalen von Relevanz und für die Inzisionsart Schmerzskalen ab dem 14. postoperativen Tag. Weiterhin wurden operationspflichtige und nicht-operationspflichtige Komplikationen dokumentiert.

**Ergebnisse:** 5128 Eingriffe zur Spaltung des Karpalkanals wurden im Hinblick auf die Inzisionsart untersucht. Nach den atypischen Inzisionen zeigte die sogenannte Mini-Inzision die höchste Revisionsrate von 33,3 %. Die nicht beschriebenen Inzisionsmethoden wurden zugleich mit den niedrigsten Komplikationsraten assoziiert. Die Datenlage der postoperativen Schmerzerhebung ab dem 14. Tag reichte für eine Auswertung nicht aus. 5089 Eingriffe wurden hinsichtlich der Anästhesiemethode untersucht, von denen 68% mit der Anlage der Blutsperrleere durchgeführt worden sind. Die lokale Infiltration des Anästhetikums im Bereich des Karpaltunnels stellt mit 63,5% die häufigste Anästhesiemethode dar, gefolgt von der Plexusanästhesie. In allen Anästhesiemethoden war die Gruppe der geringsten Schmerzempfindung überrepräsentiert. Die IVRA war als einzige Methode in der höchsten Schmerzstufe vorzufinden.

**Diskussion:** Im Rahmen einer Literaturrecherche stellt die ABC-Schmerzskala eine praktische Methode zur Zusammenfassung von Schmerzangaben dar. Die Infiltration von Lokalanästhetika im Rahmen der Retinakulumspaltung stellt eine effektive, einfach durchzuführende und kostengünstige Anästhesiemethode dar. Die Standard-Inzision wurde mit den geringsten Komplikationsraten assoziiert. Prospektiv angelegte klinische Studien zur Untersuchung von postoperativen Schmerzen und operationswürdigen Komplikationen sind erforderlich.

# **Abstract**

## **Introduction:**

The carpal tunnel syndrome (CTS) is one of the most common peripheral nerve compressions and surgical decompression of the median nerve represents the therapeutic gold standard. Despite its prevalence, no surgical or anesthetic approach has gained a sufficient level of evidence to receive a unifying recommendation or even guideline. Aim of this study was to formulate trends obtained from a literature review with regard to surgical approach and anesthetic technique.

## **Methods:**

Following ethical board approval (Medical University of Graz, 25-080 ex 12/13) we conducted a literature review on surgical and anesthetic technique.

Inclusion criteria: Incision type and anesthesia method must be described

Incision study: short, mini, atypical incision, long, standard and endoscopic

Anesthetic study: local infiltration, wrist blockade, brachial plexus blockade, intravenous regional anesthesia (IVRA) and general anesthesia

We introduced a modified ABC pain scale (A least, C most pain) to summarize data relevant for the anesthetic and incision study for intraoperative or postoperative (day 14) pain levels, respectively. Postoperative complications requiring surgical or non-operative interventions were documented.

## **Results:**

5128 procedures were analyzed with respect to their surgical approach. Notably, so-called mini-incisions showed a revision rate of 33.3%. Data from the literature of pain levels from day 14 after surgery were scarce and did not mandate further statistical evaluation.

5089 CTR procedures were included in the anesthetic analysis, where 68% were performed under tourniquet. Local infiltration represented with 63.5% the preferred anesthetic procedure followed by brachial plexus blockade. Pain scale A dominated across all reviewed studies, IVRA was the only one associated with pain scale C.

## **Discussion:**

The ABC pain scale is a useful unifying scoring system for studies using different types of subjective categorization for pain levels. Local infiltration for carpal tunnel release was found to be the most common as well as simple, effective and cost-efficient anesthetic procedure in this analysis. The standard incision was associated with the lowest complication rate in this research. Further prospective clinical studies on postoperative pain levels and complications are required.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagungen .....	ii
Zusammenfassung .....	iii
Abstract .....	iv
Inhaltsverzeichnis .....	v
Glossar und Abkürzungen .....	vi
Abbildungsverzeichnis .....	vii
Tabellenverzeichnis .....	viii
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1 Anatomie .....	9
1.2 Ätiologie und Pathophysiologie .....	15
1.3 Epidemiologie .....	18
1.4 Klinik .....	19
1.5 Diagnostik .....	20
1.6 Therapiemöglichkeiten .....	23
1.7 Hintergrund .....	27
1.8 Studienziel .....	28
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>29</b>
2.1 Ethikantrag .....	29
2.2 Suchstrategie .....	29
2.3 Datenerhebung und Evidenzniveau .....	30
2.4 Statistische Analyse .....	34
<b>3 Ergebnisse – Resultate .....</b>	<b>35</b>
3.1 Studien .....	35
3.2 Patienten- und Eingriffszahlen .....	36
3.3 ABC-Schmerzskala .....	36
3.4 Komplikationen .....	36
3.5 Inzisionsarten .....	37
3.6 Anästhesiemethoden und Blutsperre/-leere .....	41
<b>4 Diskussion .....</b>	<b>45</b>
4.1 Inzisionsmethode .....	45
4.2 Anästhesie .....	48
4.3 Kritik .....	49
4.4 Konklusio .....	50
<b>5 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>52</b>

# Glossar und Abkürzungen

A: Arteria

Aa: Arteriae

CRPS: Complex Regional Pain Syndrome (Komplexes Regionales Schmerzsyndrom)

CTR: Carpal tunnel release

CTS: Carpal tunnel syndrome (Analog deutsch: KTS)

dmL: Distale motorische Latenz

ECTR: Endoscopic carpal tunnel release

IVRA: Intravenous Regional Anaesthesia

LA: Local anaesthesia

Lig: Ligamentum

MCP: Metacarpophalangeal

MeSH: Medical Subject Heading

N: Nervus

Nn: Nervi

NLG: Nervenleitgeschwindigkeit

Nn: Nervi

OCTR: Open carpal tunnel release

R: Ramus

Rr: Rami

V: Vena

Vv: Venae

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Hautfalten der Hohlhand .....	10
Abbildung 2 - Übersicht der Hohlhand nach Entfernung der Palmaraponeurose .....	12
Abbildung 3 - sensibles Innervationsgebiet des Nervus medianus .....	14
Abbildung 4 - Arterielle Versorgung des Nervus medianus .....	14
Abbildung 5 - Abgang des Ramus thenaris.....	14
Abbildung 6 - Querschnitt durch den Karpaltunnel und Knochenstrukturen .....	15
Abbildung 7 - Thrombosierte Arteria mediana als Ursache eines "akuten" Karpaltunnelsyndroms.....	16
Abbildung 8 - Phalen-Zeichen und Hoffmann-Tinel-Zeichen .....	21
Abbildung 9 - Standardinzision.....	26
Abbildung 10 - Kurzschnitt.....	26
Abbildung 11 - Zwei Arten der Mini-Inzision.....	26
Abbildung 12 - Lang-Inzision.....	26
Abbildung 13 - Evidenzniveau der Studien.....	35
Abbildung 14 - Verteilung der Inzisionsarten.....	37
Abbildung 15 - Revisionsrate offener Inzisionen.....	38
Abbildung 16 - Normierte Komplikationsrate im Verhältnis zur OP-Zeit.....	41
Abbildung 17 - Häufigkeit der verschiedenen Anästhesiemethoden.....	42
Abbildung 18 - ABC-Schmerzskala Anästhesie.....	43
Abbildung 19 - ABC-Schmerzskala Anästhesie (ohne Blutsperre/-leere) .....	44

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Differentialdiagnosen des Karpaltunnelsyndroms .....	19
Tabelle 2 - Klassifikation des Karpaltunnelsyndroms nach Symptomen.....	20
Tabelle 3 – Suchmaschinenalgorithmus .....	29
Tabelle 4 - Ein- und Ausschlusskriterien im Rahmen der Literaturrecherche .....	30
Tabelle 5 - ABC Schmerzskala .....	32
Tabelle 6 - Evidenzniveau wissenschaftlicher Arbeiten.....	32
Tabelle 7 - Die angewandte Parameterliste.....	33
Tabelle 8 - Mittelwerte VAS intraoperativ.....	38
Tabelle 9 - Mittelwerte VAS postoperativ.....	39
Tabelle 10 - Komplikationsrate in Prozent.....	40

# 1 Einleitung

Das Karpaltunnelsyndrom ist das häufigste Kompressionssyndrom peripherer Nerven (1). Begleitet von Dysästhesien und Kribbelparästhesien im Bereich der Thenarmuskulatur und den ersten drei Fingern kann das Öffnen einer Wasserflasche, das Zuknöpfen des Hemds bzw. Arbeiten im Garten zu einer erheblichen Einschränkung bei Verrichtung von Alltagstätigkeiten von Betroffenen führen. Begleitet werden diese Symptome durch nächtliche Verschlechterung des Taubheitsgefühls und stechende Schmerzen.

Dies ist meist auf eine Volumenzunahme der Strukturen innerhalb des Karpalkanals zurückzuführen, die unbehandelt mit einer irreversiblen Druckschädigung des Nervus (N.) medianus enden kann. Die daraus folgenden symptomatische Beschwerden und klinische Zeichen klassifizieren das Karpaltunnelsyndrom (siehe Tabelle 2).

## 1.1 Anatomie

Um die Pathophysiologie des Karpaltunnelsyndroms und den chirurgischen Zugang besser verstehen zu können, wird im Folgenden näher auf die anatomischen und pathophysiologischen Zusammenhänge eingegangen.

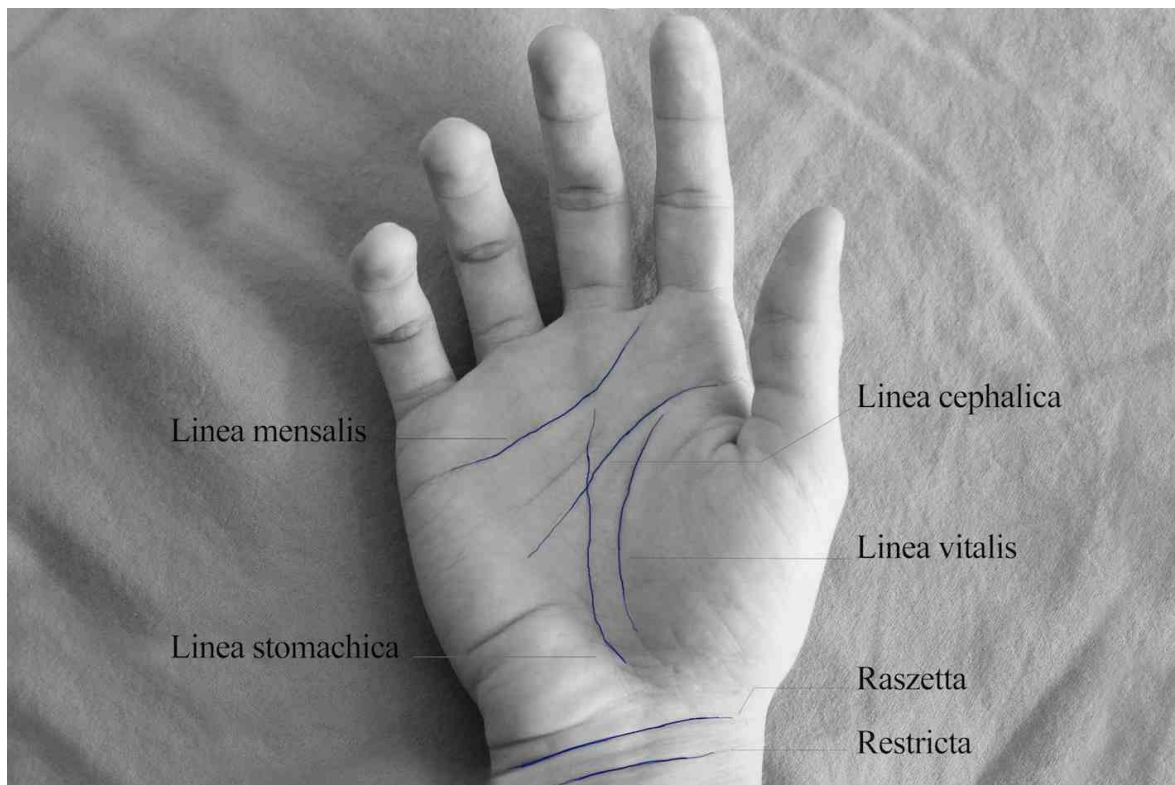
### 1.1.1 Hautstrukturen

Die Haut der Hohlhand ist derb und haarlos; sie besitzt keine Talgdrüsen, jedoch zahlreiche Schweißdrüsen. Die dicke Epidermis der Haut neigt durch erhöhte mechanische Aussetzung zu vermehrter Schwielenbildung. Das Retinaculum cutis, straffe Bindegewebszüge der Hohlhand, verbinden die Haut mit der Palmaraponeurose und bilden dadurch mit Fettkörper gefüllte Kammern, die mechanischen Druck aufnehmen und gleichmäßig verteilen, damit unterliegende Strukturen geschützt bleiben (5).

Die Haut der Hand ist durch genetisch bedingte Hautfurchen charakterisiert, an denen man sich für die operative Inzision orientieren kann. Wir können vier Hauptfurchen unterscheiden: Linea vitalis, die die Thenarmuskulatur von der Hypothenar trennt, die linea mensalis, die unterhalb des fünften bis zum dritten Metacarpophalangeal-Gelenk (MCP) von ulnar nach radial verläuft und zwischen dem Indexfinger und dem dritten Finger endet. Die linea cephalica verläuft von der Basis des Zeigefingers quer über den Handballen nach ulnar und endet blind im Hypothenarareal. Die letzte Furche ist die linea stomachica, die von der Handwurzel in Richtung Mittelfingerbasis zieht (5). Im Gegensatz

zur Hand findet man im Unterarm auf Höhe des Handgelenkes echte Beugefurchen. Bei leichter Beugung zeigt sich proximal die *linea carpi palmaris proximalis*, die etwa eine Fingerbreite von der Hohlhand entfernt liegt. Weiter distal findet man eine oft geschwungene Linie, die vom ulnaren zum radialen Gelenkspalt reicht und *Restricta* genannt wird. Die deutlich sichtbare *Raszetta* liegt am weitesten distal und stellt die Grenze zwischen Unterarm und palmarer Handfläche dar. In ihrem Verlauf ist die Haut über die straffe *Retinacula cutis* mit der derben *Palmaraponeurose* und dem *ligamentum carpi palmare* verbunden (4).

Die dünne Haut des Unterarmes ermöglicht es, während der Palpation die Sehne des *Musculus (M.) palmaris longus*, die bei 14% der Bevölkerung fehlt, zu ertasten (5). Aber auch die Sehnen des *M. flexor carpi radialis* und *ulnaris* sind leicht zu fühlen, wie die darunter liegenden *Musculi (Mm.) Flexorum digitorum superficialis*.



**Abbildung 1** - Hautfalten der Hohlhand

### 1.1.2 Gefäße

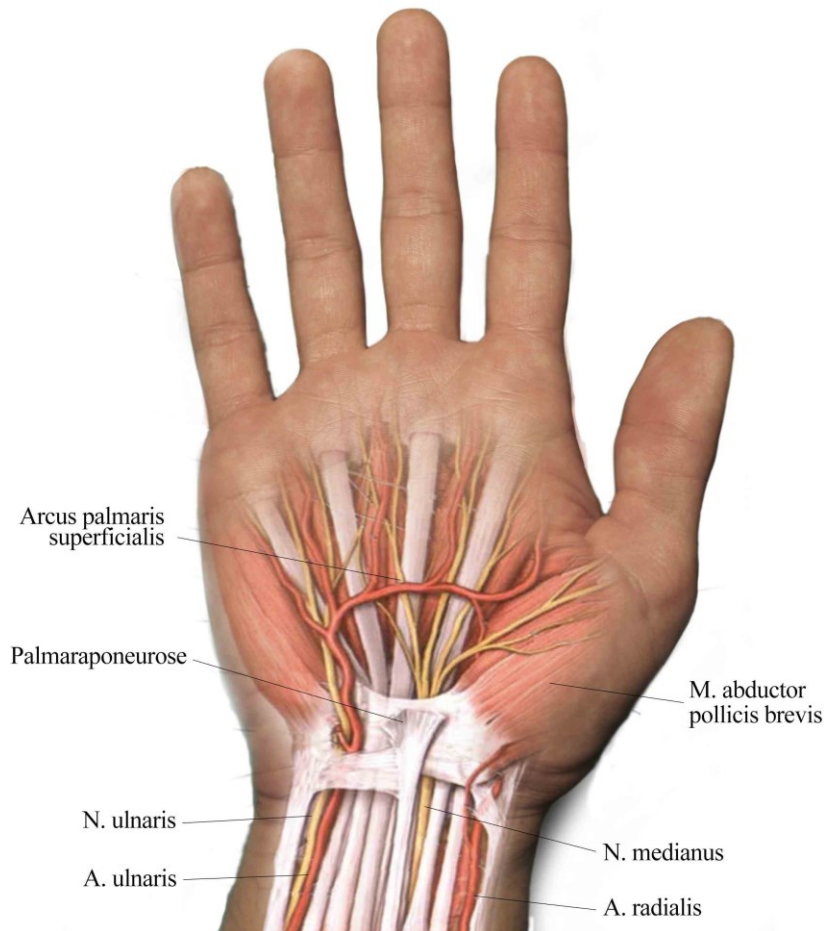
Zwei Hauptgefäße, die *Arteria (A.) radialis* und die *A. ulnaris*, versorgen die Hand des erwachsenen Menschen. Diese Gefäße entspringen aus der kräftigen Oberarmarterie *A.brachialis* auf Höhe des Ellenbogens. Die *A. radialis* verläuft dabei entlang des *Radius*

oberflächlich zwischen M. brachioradialis und M. pronator teres im proximalen Drittel und weiter distal zwischen M. brachioradialis und M. flexor carpi radialis begleitet vom R. superficialis N. radialis. Im Bereich des Tabatière wendet sie sich auf die dorsale Seite der Handwurzelknochen und dringt zwischen den Basen des I und II Metacarpalknochens in die Hohlhand ein, verbindet sich mit dem tiefen Ast der A. ulnaris und bildet den Arcus palmaris profundus.

Die A. ulnaris läuft am Unterarm in Begleitung des N. ulnaris an der radialen Seite des M. flexor carpi ulnaris, dessen Leitmuskel, bis zur Handwurzel. Dort verläuft sie zwischen der Palmaraponeurose und dem Retinaculum flexorum zur Hohlhand und bildet den oberflächlichen Arterienbogen, den Arcus palmaris superficialis, von dem die Arteriae (Aa.) digitales palmares communes ausgehen. Dieser weiter distal gelegene Bogen ist sehr variabel und verbindet sich in 40% mit dem spärlich ausgebildeten Ramus palmaris superficialis a. radialis.

In 84% der Fälle ergibt sich das normale Gefäßmuster des Unterarms und der Hand aus der A. radialis, A. ulnaris und der A. interossea. In 8% allerdings ist das rudimentäre Gefäß aus dem Embryonalperiode noch vorhanden, das ebenfalls durch den Karpaltunnel verläuft. Weitere 8% machen Variationen der A. antebrachialis superficialis und ihre Abkömmlinge aus (4).

Das venöse Blut der oberen Extremität wird über zwei Systeme, die entweder epi- oder subfaszial liegen und durch die Rami (Rr.) perforantes miteinander in Verbindung stehen, nach zentral geführt. Das Blut der Hand wird im Rete venosum dorsale manus und Arcus venosus palmaris superficialis gesammelt. Von der Hand aus wird das Blut über die Vena (V.) basilica antebrachii und V. cephalica antebrachii zum Oberarm befördert. Die Venae (Vv.) profundae begleiten stets die Arterien, mit denen sie in einer gemeinsamen Gefäßscheide verbunden sind (5).



**Abbildung 2** - Übersicht der Hohhand nach Entfernung der Palmaraponeurose

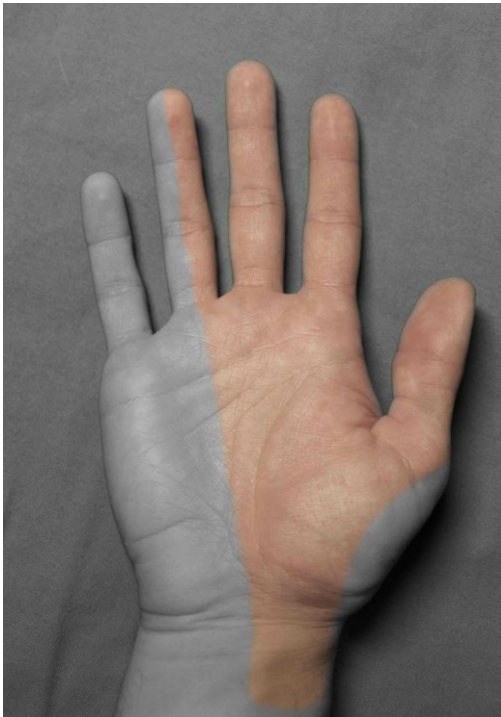
### 1.1.3 Nerven

Beteiligte Nerven des Handgelenks und der Hand sind im Prinzip der N. ulnaris, N. medianus und der N. radialis mit ihren Ästen. Während der N. radialis hauptsächlich die Streckmuskeln und am Handrücken die ersten zwei Finger und die radiale Seite des dritten Fingers sensibel innerviert, konzentrieren wir uns auf die palmare Handfläche und deren Innervation.

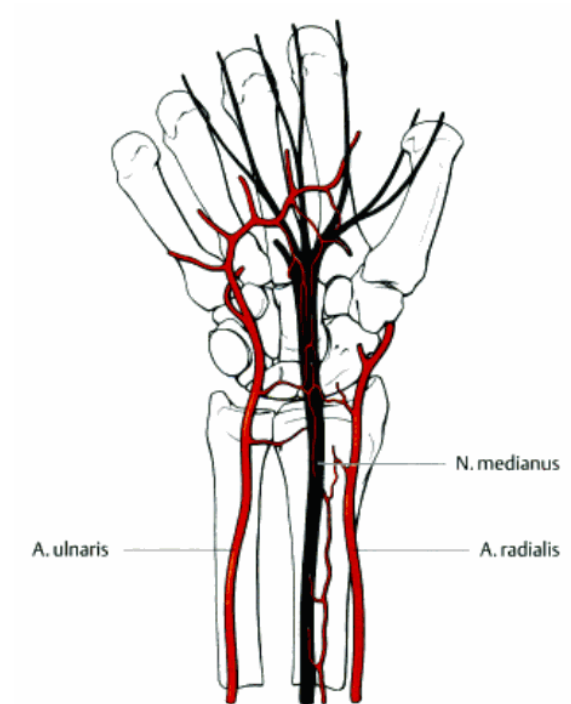
N. ulnaris entspringt aus den Segmenten C8-Th1 und verläuft am Oberarm zunächst medial der A. brachialis und wechselt auf die dorsale Seite, um von dort über den Sulcus n. ulnaris humeri zum Unterarm zu gelangen. Zwischen den beiden Köpfen des M. flexor carpi ulnaris gelangt der Nerv zur Beugeseite des Unterarms und verläuft unter dem selbigen Muskel ulnar der A. ulnaris bis zum Handgelenk. Der Nerv verläuft außerhalb des Karpaltunnels in der Guyon'schen Loge zur Hohlhand. Dort verzweigt er sich in seine motorischen und sensiblen Endäste (5). Ein Ramus communicans verbindet den N. ulnaris mit dem N. medianus.

Der N. medianus entspringt aus den Segmenten C6-C8 und den fasciculi medialis und lateralis. Ohne Äste abzugeben verläuft er am Oberarm bis zum Ellenbogen. In der Ellenbeuge passiert der Hauptstamm des Nervs den Medianuskanal und verläuft zwischen M. flexor digitorum superficialis und M. flexor digitorum profundus bis zum Handgelenk. Bevor der Nerv unterhalb des Retinakulum flexorum verläuft, gibt er noch den R. palmaris n. mediani ab, der für die sensible Versorgung der Haut über der Handwurzel verantwortlich ist. Dieser Ast verläuft oberhalb des Retinakulums zur Hohlhand.

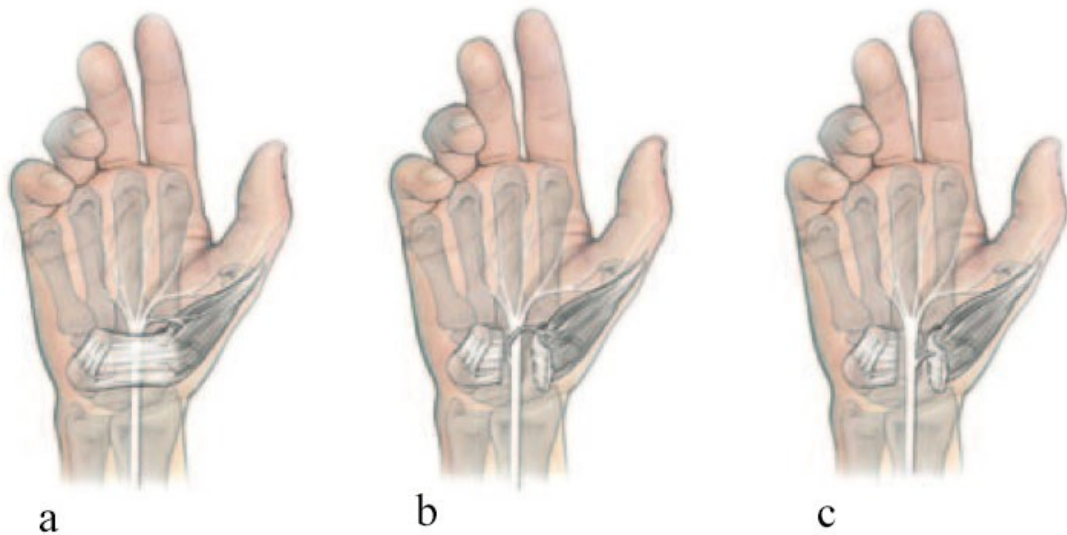
Der Hauptast des N. medianus dringt durch den Karpalkanal hindurch und verzweigt sich in seine Endäste, R. thenaris n. mediani und die drei Nervi (Nn.) digitales palmares communes. Letztere teilen sich wiederum in die Nn. digitales palmares proprii, die die ersten 3½ Finger palmar und die dorsale Fläche der Endphalangen II, III sowie die radiale Hälfte des IV Endphalanx sensibel versorgen können (5). Der Thenarast des N. medianus ist der motorische Ast der Thenarmuskulatur. Er versorgt dabei den M. abductor pollicis brevis, den M. opponens pollicis und den caput superficiale des M. flexor pollicis brevis (5). Für die Klinik unverzichtbar sind die diversen Variationen des Thenarastabganges. Nach Lanz sind in 46% der Fälle der Thenarastabgang extraligamentär, d.h. erst nach der distalen Begrenzung des Retinakulum flexorum. In weiteren 31% ist der Thenarastabgang subligamentär im Bereich des Karpalkanals und verläuft in einem Bogen nach distal und wieder nach proximal in Richtung der Thenarmuskulatur. Weitere 21% der Fälle waren transligamentäre Verläufe des Thenarastes, wobei der Abgang ebenfalls innerhalb des Karpalkanals lag. Hierbei durchbricht der R. thenaris n. mediani das Retinakulum und zieht nach distal und radial, um an die Muskulatur des Daumenballens zu kommen (1, 6).



**Abbildung 3** - sensibles Innervationsgebiet des Nervus medianus (nach Sobotta)



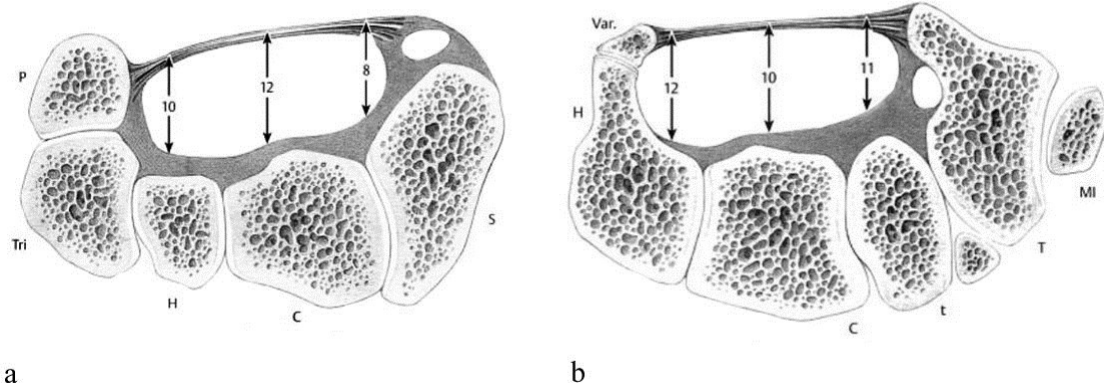
**Abbildung 4** - Arterielle Versorgung des Nervus medianus (1)



**Abbildung 5** - Abgang des Ramus thenaris (2)  
 a) extraligamentär; b) subligamentär; c) transligamentär

### 1.1.4 Canalis carpi

Der Karpalkanal ist eine osteofibröse Zusammensetzung, durch den der N. medianus, die langen Beugesehnen und deren Sehnenscheiden hindurchlaufen. Von proximal aus gesehen geht die Unterarmfaszie übergangslos in das Lig. carpi palmare über und von dort aus in das stärkere und derbere Retinakulum flexorum. Das Retinakulum bildet das Dach des Karpalkanals und erstreckt sich an der Eminentia carpi radialis und ulnaris. Genauer gesagt kann man es in drei Faserzüge einteilen, Trapezium – Hamatum, Trapezium – Pisiforme und Scaphoid – Hamatum (4). Dabei projizieren sich die Ränder des Retinakulums jeweils 11 mm distal vom Gelenk zwischen Os capitatum und Os lunatum und 10 mm distal vom Karpometakarpalgelenk des Mittelfingers (4). Die durchschnittliche Größe des Retinakulums beträgt 26 mm in der Länge und 22 mm in der Breite. Daraus leitet sich eine Breite von 26mm und eine Länge von 22mm des Karpaltunnels ab. Die Höhe des Tunnels ist recht variabel zwischen 8 und 12 mm. In der Mitte des Karpalkanals nimmt die Höhe von proximal nach distal ab. Dies ist unter anderem auch darauf zurückzuführen, dass das Retinakulum flexorum im mittleren Bereich seine größte Dicke aufweist und das Os capitatum nach palmar gewölbt ist.



**Abbildung 6** - Querschnitt durch den Karpaltunnel und Knochenstrukturen (4)  
a) proximaler Karpaltunnel; b) distaler Karpaltunnel

## 1.2 Ätiologie und Pathophysiologie

Im Grunde genommen handelt es sich beim Karpaltunnelsyndrom um ein aus der Balance geratenes Verhältnis des Tunnelquerschnitts mit dem Querschnitt der hindurch verlaufenden Strukturen wie Sehnen und Nerven. Dieses Ungleichgewicht kann nun durch die Verengung des Tunnels an sich verursacht sein oder durch Zunahme des Volumens der hindurch laufenden anatomischen Strukturen bedingt sein.

### 1.2.1 Anatomische Faktoren

Das Karpaltunnelsyndrom hat eine multifaktorielle Ätiologie. Systemische, anatomische, idiopathische, aber auch ergonomische Faktoren tragen zur Entstehung des Karpaltunnelsyndroms (KTS) bei (7). Anatomische Besonderheiten, die zu einem Engpasssyndrom des Karpalkanals führen können, sind atypische Sehnenverläufe, Anomalien der Mm. lumbricales, Anomalien des M. palmaris longus oder anderer Beugemuskeln, Fehlbildungen der Handwurzel oder eine auf dem N. medianus verlaufende A. mediana (2). Zudem kann auch eine posttraumatisch bedingte anatomische Veränderung zu einem KTS führen, so wie es bei der distalen Radiusfraktur, auch bekannt als Colles-Fraktur, der Fall ist. Dabei kann es zu posttraumatischen Hämatomen, Schwellungen oder zu Dislokationen kommen, die eine Verengung des Karpalkanals mit sich bringen (8, 9). In einer Studie wurde sogar die prophylaktische Spaltung des Retinakulums nach einer Colles-Fraktur durchgeführt und diskutiert (10). Weitere Traumata, die zu einem akuten KTS führen können, sind instabile Radioulnar-Gelenke und Epiphysenfrakturen nach Salter-Harris II (11). Zusammenfassend kann man sagen, dass Handgelenks-Traumata gleichzeitig auch mit einem sekundären Karpaltunnelsyndrom in Verbindung gebracht werden können.



Abbildung 7 - Thrombosierte Arteria mediana als Ursache eines "akuten" Karpaltunnelsyndroms (2)

### 1.2.2 Systemische, chronische und entzündliche Erkrankungen

Auch systemische und entzündliche Faktoren tragen zur Veränderung des physiologischen Aufbaus der sich innerhalb des Karpalkanals befindlichen Strukturen bei. Damit sind vor allem Sklerodermie-Patienten mit einem gehäuften KTS vorzufinden (12, 13). Weitere

Risikogruppen sind Patienten mit chronischer Polyarthrit (14), Lupus erythematodes, Neurofibromatose und Mukopolipidosen (2). Die Diagnose Mukopolysaccharidose repräsentiert ebenfalls eine der Ursachen für das KTS bei Kindern (15). Weiterhin führen sowohl rheumatisch bedingte als auch nicht rheumatische Tenosynovitiden zu einer hypertrophen Synovia der Beugesehnen, wodurch ebenfalls ein Engpasssyndrom entsteht, das meist von Synovialergüssen und Tendovaginitis stenosans begleitet wird. Diese Synovialitiden stellen die zweithäufigste Ursache der echten Rezidive dar (16, 17). Chronische Erkrankungen wie Diabetes Mellitus, Hyperparathyreoidismus und die Hypothyreose korrelieren ebenfalls stark mit der Inzidenz von KTS (2, 14, 18, 19).

Eine wichtige Risikogruppe beim Auftreten des KTS sind dialysepflichtige Patienten aufgrund chronischer Nierenerkrankung, denn diese repräsentieren die häufigste Gruppe der Karpaltunnelsyndrom-Rezidive (16). Bei einer Dialysedauer von 20-30 Jahren treten durchschnittlich drei Rezidive und insgesamt vier Eingriffe pro Patient auf. Assmus et al. zeigen in einer Studie, dass spätestens ab dem zweiten Rezidiv zusätzlich zur Ligamentenspaltung auch eine Resektion der oberflächlichen Beugesehnen in Betracht gezogen werden sollte (20). Hierbei führen Amyloidablagerungen im muskuloskeletalen System zu den typischen Beschwerden und den immer wieder auftretenden Rezidiven während der Langzeithämodialyse (21, 22).

### **1.2.3 Andere Faktoren**

Auch bei Schwangeren kann ein Karpaltunnelsyndrom bis zur Geburt des Kindes auftreten. Sogar bis nach der Geburt in der Phase des Puerperiums ist eine erhöhte Inzidenz festzustellen. Zurückzuführen ist diese Entwicklung auf hormonell bedingte Umstellungen des Körpers sowohl während als auch nach der Schwangerschaft. Hierbei kommt es zur Gewichtszunahme und erhöhten Wassereinlagerungen im Gewebe (23). Die Inzidenz während der Schwangerschaft variiert in der Literatur zwischen 7-25% (23, 24).

Allerdings wird auch der Östrogenmangel in der postmenopausalen Phase der Frau als Ursache diskutiert. Denn das KTS taucht in dieser Phase gehäuft an der dominanten Hand mit dem so genannten „schnappenden Finger“ auf (25). Einen weiteren Risikofaktor stellen Frauen dar, die bereits orale Kontrazeptiva zu sich genommen haben (26). Auch das Körpergewicht wie auch das Alter und der Taillenumfang (7, 26) wird mit der Entstehung des KTS assoziiert.

### **1.2.4 Pathophysiologie**

Die Kompression des N. medianus erfolgt durch die zuvor genannten Ursachen bzw. Risikofaktoren. Das dabei entstehende Ungleichgewicht zwischen dem Tunnelquerschnitt und dem Querschnitt der durchlaufenden Strukturen führt zur Kompression der kleinen Gefäße des Epi- und Perineuriums (2). Die daraus folgende Ischämie des N. medianus erklärt die klinischen Symptome des Karpaltunnelsyndroms. Nach sechsmonatiger chronischer Kompression beginnt die Demyelinisierung und nach einem Jahr folgt der Verlust der Axone (27). Klinisch folgt die Muskelatrophie der Muskelschwäche.

### **1.3 Epidemiologie**

Das Karpaltunnelsyndrom ist das häufigste periphere Nervenkompressionssyndrom mit einer Prävalenz von 3,8-4,9% (28). Nur einer von fünf Patienten mit Schmerzen, Parästhesien und Hypästhesien an der Hand wird auf Basis der klinischen Untersuchung und Nervenleitgeschwindigkeitstests (NLG) mit einem Karpaltunnelsyndrom diagnostiziert (28).

Die Inzidenzrate wurde bei 276 von 100000 Personen pro Jahr in Italien gemessen, mit jeweils einer geschlechtsspezifischen Inzidenz von 139 für Männer und 506 für Frauen (29). Auch die Prävalenzrate liegt geschlechtsspezifisch gesehen in einer ähnlichen Verteilung. Während die Prävalenz der Frauen bei 9,2% liegt, erreicht das männliche Geschlecht lediglich 6% (4). Andere Autoren behaupten sogar, dass 72% der Betroffenen weiblichen Geschlechts sind (2). Der Altersgipfel zur Erstmanifestation des KTS liegt zwischen 40-60 Jahren (4).

## 1.4 Klinik

Die Symptomatik beginnt mit Parästhesien und Hypästhesien im Bereich des vom N. medianus innervierten Gebietes des Daumens, des Zeige- und Mittelfingers. Auch über Steifigkeit, Schwellungen und Spannung an der Hand und den Fingern wird geklagt (2), während die Hand völlig frei von sichtbaren Veränderungen ist.

**Tabelle 1 - Differentialdiagnosen des Karpaltunnelsyndroms (2)**

Häufige	Seltene
<ul style="list-style-type: none"><li>• Zervikale Radikulopathie der Wurzeln C6 und C7</li><li>• Polyneuropathie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Läsionen oder anderweitige Kompressionen des N. medianus</li><li>• spinale Erkrankungen</li><li>• nicht neurogene Erkrankungen (Unterarm-Kompartiment-Syndrom, Polymyalgie, Raynaud-syndrom u.a.)</li></ul>

Die morgendliche Taubheit und Steifigkeit der Finger bessert sich nach etwas Massage und Ausschütteln der Hände. Generell zeigt Bewegung eine Linderung der Symptomatik, die nach kurzer Zeit wieder verschwindet. Besonders in der Nacht kommt es zu Durchschlafstörungen aufgrund von starken Parästhesien, die sogenannten „Brachialgia paraesthetica nocturna“ (30). Die Beschwerden können mehrmals in einer Nacht auftreten. Im weiteren Verlauf tauchen die Beschwerden auch tagsüber auf. Die Schmerzen strahlen über den Ellenbogen bis hin zum Oberarm und der Schulter aus (2). Feine Verrichtungen mit Hilfe der ersten drei Finger fallen immer schwerer. Das Nähen, das Zuknöpfen des Hemds und das Greifen des Schlüssels zum Beispiel stellen Hürden des Alltags dar. Im fortgeschrittenen Stadium fällt sogar die Schweißsekretion im Bereich des Medianusversorgungsgebietes aus und die Thenarmuskulatur beginnt zu atrophieren. Wenn die Schutzsensibilität ausfällt, kann es in sehr seltenen Fällen bis zur Bildung trophischer Ulzera kommen (2).

Ibrahim et al. Klassifizieren die Symptomatik des KTS in 3 Stufen.

**Tabelle 2** - Klassifikation des Karpaltunnelsyndroms nach Symptomen (4)

Stage	Symptome
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• Aufwachen in der Nacht mit Schwellung und Taubheitsgefühl</li><li>• Parästhesien in Hand und Finger</li><li>• Symptombesserung nach Schütteln der Hände</li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• Symptome auch tagsüber vorhanden</li><li>• Erhöhtes Taubheitsgefühl führt zu motorische Defizite</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Thenaratrophy</li><li>• Schmerzen mit starker Schwäche des M. abductor pollicis brevis und M. opponens pollicis</li></ul>

## **1.5 Diagnostik**

Wie schon in Punkt 1.5 erwähnt, werden nur 20% der Beschwerden wie Kribbeln der Hände oder Taubheit der Finger durch klinische Untersuchungsmethoden mit Karpaltunnelsyndrom diagnostiziert. Welche Methoden dazu zur Verfügung stehen, wird im folgenden Kapitel genauer erläutert.

### **1.5.1 Anamnese und klinische Untersuchung**

Eine präzise durchgeführte Anamnese in Kombination mit der richtigen körperlichen Untersuchung führt oft zur Diagnose des Karpaltunnelsyndroms ohne die Verwendung elektrophysiologischer Untersuchungen (31). Von Bedeutung ist es, zu wissen, was die genauen Beschwerden des Patienten sind. Davon leitet man Fragen ab wie: „Welche Qualität“ die Beschwerden haben. „Wann“ und „wie oft“ die Beschwerden auftauchen, „wo“ genau sich die Beschwerden befinden. Gibt es Situationen, in denen die Beschwerden nachlassen?

Die klinische Untersuchung basiert darauf, einen möglichen Schaden des Nervs oder des Muskels und das Ausmaß der möglichen Kompression festzustellen. Während der Inspektion achtet man auf Atrophien der Thenarmuskulatur, die auf ein fortgeschrittenes KTS hinweisen. Eine beginnende Thenaratrophie kann aber durch subkutanes Fettgewebe verdeckt sein und lässt sich nur noch palpatorisch und im Seitenvergleich feststellen (32). Zudem kann eine Thenaratrophie durch die Rhizarthrose vorgetäuscht werden, die bei Verdacht vorher ausgeschlossen werden sollte (2). Im weiteren Verlauf wird die Oberflächensensibilität mit einem Wattebausch und die Stereoästhesie des Medianusareals mit Hilfe der Zwei-Punkte-Diskrimination geprüft (32). Die Absicht dabei ist es, zwei taktile Reize räumlich unterscheiden zu können. Dazu kann man zum Beispiel von aufgebogenen Büroklammern Gebrauch machen, deren Spitzen ohne Druck die Haut berühren und der Patient soll beschreiben, wann er nur noch eine Klammerspitze spürt. Diese Tests sollten beidseits durchgeführt werden. Während bei Fingerkuppen der physiologische Diskriminationsbereich bei 4-6 mm liegt, beträgt er in der Hohlhand 8-10 mm und ist bei pathologischen Befunden erhöht. Abschließend sollte die Motorik der Thenarmuskulatur z.B. mit dem Flaschenzeichen auf Abduktions- und Oppositionszeichen geprüft werden (33).



**Abbildung 8** - Phalen-Zeichen und Hoffmann-Tinel-Zeichen (von links)

Weiterhin werden sogenannte Provokationstests benutzt, um eine Reizung des N. medianus im Frühstadium zu erkennen. Die diagnostische Wertigkeit dieser Tests wird unterschiedlich beurteilt (34, 35) und von den Leitlinien her als fakultativ bewertet (32). Der am häufigsten durchgeführte Test ist das Phalen-Zeichen, bei dem die Ellenbogen auf Schulterhöhe gebracht werden und beide Handrücken vor der Brust gegeneinander gedrückt werden. Innerhalb von 60 Sekunden sollten bei positivem Zeichen stärkere Parästhesien auftreten (2). Weniger sensitiv und spezifisch ist das Hoffmann-Tinel-Zeichen (35). In Supination beklopft man leicht den N. medianus auf der Höhe des Karpaltunnels

nach proximal. Auch hierbei sollten bei einem positiven Zeichen Parästhesien und elektrische Missempfindungen ausgelöst werden.

### **1.5.2 Elektrophysiologische Diagnostik**

Waren die Inspektion, Palpation und die klinische Untersuchung positiv, empfehlen sich elektrophysiologische Untersuchungsmethoden beidseits, um eine chronische KTS endgültig nachzuweisen, da sie als sicherste Methode gelten (36). Leitgröße dabei ist die Nervenleitgeschwindigkeit, die bei einem demyelinisierten Nerv erniedrigt ist, während bei einem Nerv mit Axonschaden auch die Amplitude erniedrigt ist.

Die distal- motorische Latenz (dmL) misst die Nervenleitgeschwindigkeit der motorischen Fasern vom Handgelenk bis zum Daumenballen in einer Strecke von etwa 6,5 cm. Ab 4,2 ms wird von einem pathologischen Wert ausgegangen. Dieser muss mit Werten des N. ulnaris der betroffenen Seite verglichen werden, um eine radikuläre Ursache auszuschließen (2).

Eine hohe Sensibilität und Spezifität hat die sensible Neurografie. Die Messung der Nervenleitgeschwindigkeit in der Achse DIII zum Handgelenk, in orthodromer oder antidromer Richtung, ergibt einen Grenzwert von 46,9 m/s. Beim Vergleich der NLG des Medianus und des Ulnaris ergibt eine Differenz von mehr als 8 m/s eine Spezifität von 98% und eine Sensitivität von 89% auf (36). Allerdings ist dieser Test sehr aufwändig und zudem noch temperatur- und altersabhängig.

Weniger aufwändig sind die Messungen der sensiblen Nervenaktionspotenziale, kurz SNAP, am Ringfinger. Dabei werden die Aktionspotenziale des N. medianus und des N. ulnaris antidrom abgeleitet und verglichen. Eine Latenzdifferenz von mehr als 0,5 ms gilt als pathologisch (32).

Unabhängig davon, welche Untersuchungsmethode man benutzt, ist es von großer Bedeutung, dass sich sowohl die klinische Symptomatik als auch die elektrophysiologische Untersuchung im Einklang befinden, um eine sichere Diagnose stellen zu können. Weiterhin sollten bei beidseitiger Symptomatik polyneuropathische Systemerkrankungen ausgeschlossen werden.

## **1.6 Therapiemöglichkeiten**

Die Therapiemöglichkeiten des Karpaltunnelsyndroms sind sehr breit gefächert und kontrovers in ihrer Effizienz. Der Übersicht halber wurden die in der Literatur genannten Methoden in konservative und invasive Therapien eingeteilt.

### **1.6.1 Konservative Therapie**

Beschwert sich der Patient über milde Symptomatik und befindet sich das Krankheitsbild im frühen Stadium, ist eine konservative Therapie empfehlenswert (32). Folgende Methoden stehen zur Verfügung.

Eine palmar angelegte Handgelenksschiene ist eine Methode, um kurzfristig (bis zu vier Wochen) die Symptome zu reduzieren. Es gibt zurzeit wenig Literatur über die Effizienz bzgl. der Tageszeit, zu der man die Schiene tragen sollte, und auch über die ideale Handgelenksposition ist noch wenig bekannt (37).

Orale Kortison-Therapie, über zwei Wochen appliziert, verringert ebenfalls nur kurzfristig die Symptomatik. Ab zwei Wochen ist die orale Steroid-Therapie nicht unbedingt effektiver als die Applikation von herkömmlichen nicht-steroidalen Antirheumatika (37).

Die einmalige Injektion von Kortikoid-Kristall-Suspensionen in den Karpalkanal weist allerdings länger andauernde Linderung der Symptomatik als orale Kortikosteroid-Therapien von bis zu drei Monaten auf. Doppelt durchgeführte Injektionen haben allerdings keinen Einfluss auf die Wirkungsdauer (38).

Andere konservativ genannte Methoden zur Therapie des KTS sind Ultraschalltherapien, Yoga, Akupunktur, die Gabe von Vitamin B6 und die Einnahme von Diuretika. Es besteht allerdings nur wenig Evidenz über die Wirksamkeit dieser Methoden (37, 39).

### **1.6.2 Chirurgische Therapie**

Eine Cochrane-Studie beschreibt, dass die chirurgische Therapieoption, die auf die Dekompression und Spaltung des Karpaldaches zielt, deutlich besser die Symptome reduziert als das Anlegen einer Handgelenksschiene. Ob dies auch auf Patienten mit milden Symptomen zutrifft, ist noch unklar (40). Die Leitlinie der deutschen Gesellschaft für Handchirurgie empfiehlt konservative Therapien bei milder Symptomatik, wie zum Beispiel bei nur nächtlichen Parästhesien. Die Indikation zur operativen Maßnahme besteht bei Beeinträchtigung der Stereoästhesie und Nachlassen der Abduktions-/Oppositionskraft des Daumens sowie den Patienten beeinträchtigenden, durch konservative Methoden nicht gebesserten schmerzhaften Parästhesien.(32).

Die operativen Therapiemöglichkeiten werden in offene und endoskopische Methoden eingeteilt. Bei beiden Verfahren sind diverse Variationen bekannt, jedoch gibt es zurzeit keine offizielle Empfehlung zu einer Standardinzision der offenen Techniken. Dies trifft auch auf die Anästhesiemethode zu. Das endoskopische Verfahren unterscheidet sich in Single-Portal- Methode nach Agee und Double-Portal- Methode nach Chow.

### **1.6.2.1 Anästhesiemethoden und OP-Vorbereitung**

Zur Anästhesie kommen von der Lokalanästhesie (LA) über die Handgelenksblockade, Plexusanästhesie, Bierblock oder auch intravenöse Regionalanästhesie (IVRA) bis hin zur Vollnarkose alle Verfahren in Betracht. Hinsichtlich dieser Vielfalt gibt es derzeit keine Empfehlung für die geeignetste Methode. Weiterhin wird auch die intraoperative Benutzung des Tourniquets, also die vollkommene Blutsperre bzw. Blutleere, unterschiedlich bewertet (41-44).

### **1.6.2.2 Standard-Inzision**

Der standardmäßige Zugang zum Karpaltunnel erfolgt über eine 3-4 cm lange vertikale Inzision, deren proximales Ende an die Raszetta grenzt (16). Die vertikale Inzision ist als Verlängerung der radialen Seite des gebeugten vierten Fingers auf Höhe der Kaplan- Linie zu verstehen (45). Diese Art von Inzision bietet einen guten Überblick über das Operationsfeld und reduziert das Trauma durch den Einschnitt im Vergleich zur Lang-Inzision.

### **1.6.2.3 Kurzschnitt**

Hierbei handelt es sich um eine Kurzversion der Standard-Inzision mit einer Länge von etwa 2 cm distal der Raszetta (16). Mit dieser Länge ist die distale Begrenzung des Retinakulums nur schwer sichtbar. Dadurch riskiert man die Verletzung des Ramus thenaris n. mediani.

### **1.6.2.4 Mini-Inzision**

Mit einem nur 1-2 cm langen Einschnitt in der Hohlhand, radiallyseitig des flektierten vierten Fingers auf Höhe der Kaplan- Kardinal- Linie, wird die kürzeste in der Literatur beschriebene Inzision zur offenen Karpaltunnelspaltung durchgeführt (16, 45). Diese Methode wird normalerweise benutzt, um halb offene Spaltungen, z.B. mit Hilfe des Knifelights (Knifelight®, Stryker Instruments, Kalamazoo, Michigan, USA), durchzuführen (46). Der große Vorteil dieser Methode ist die kleinstmögliche Invasivität des Eingriffes. Allerdings gibt dieser kleine Port keinen Einblick in das Operationsfeld,

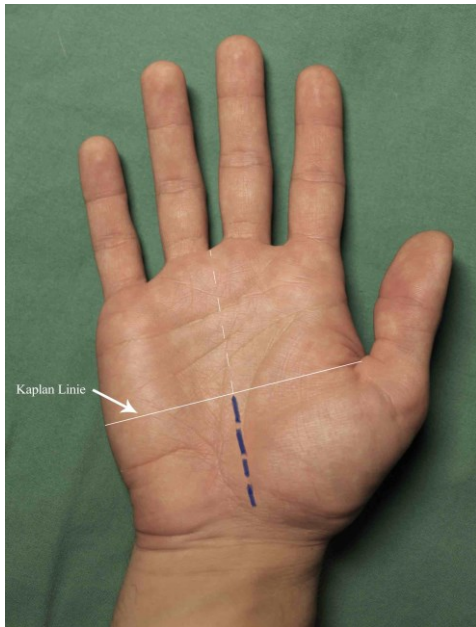
sodass der Operateur „blind“ das Retinakulum spalten muss, ohne Darstellung des motorischen Astes.

#### **1.6.2.5 Lang-Inzision**

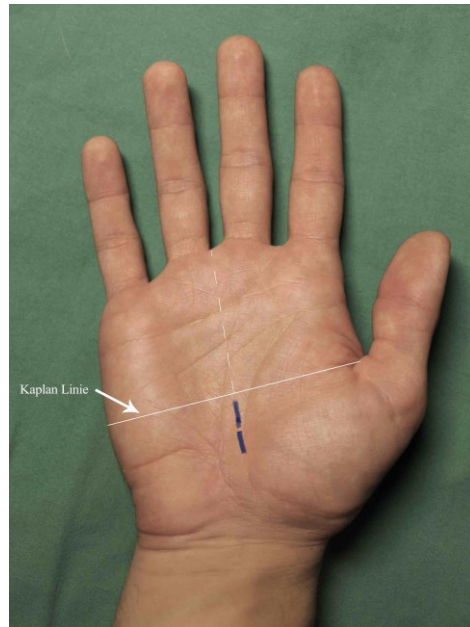
Diese Methode ist die klassische Methode der Inzisionen, um an das ligamentum carpi transversum heranzukommen. Dabei orientiert sich der Operateur an der Linea vitalis. Während früher die Inzision auf ganzer Länge der Linea vitalis durchgeführt worden ist, gab es auch Variationen, die bei der halben Höhe der Linie angefangen haben und bis zur distalen Raszetta gereicht haben. Bei Bedarf kann man die Inzision gewinkelt an der distalen Raszetta nach ulnar erweitern (47). Auch eine S-förmige Inzision, beginnend an der Linea vitalis bis hin zur distalen Raszetta, ist möglich. Der Vorteil dieser Inzisionen ist der gute Überblick über das Ligamentum carpi transversum. Da sie aber mit einer langen Inzision und folglich mit einer großen Wundfläche verbunden ist, eignet sie sich für Revisionseingriffe (48).

#### **1.6.2.6 Atypische Inzision**

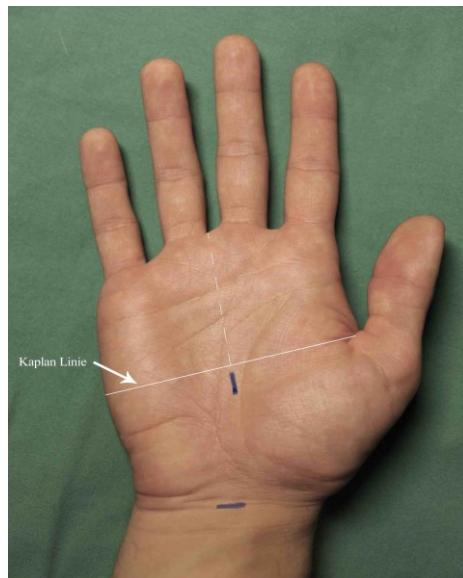
Alle Inzisionsarten, die von der Lokalisation und der Art des Einschnittes von den obig genannten Methoden abweichen, werden als atypisch bezeichnet. Ein Beispiel hierfür ist z.B. eine zu weit ulnare oder radiale Inzision der Hohlhand. Ein anderes Beispiel wären vertikal durchgeführte Einschnitte, senkrecht die Raszetta und Restricta überkreuzend (16).



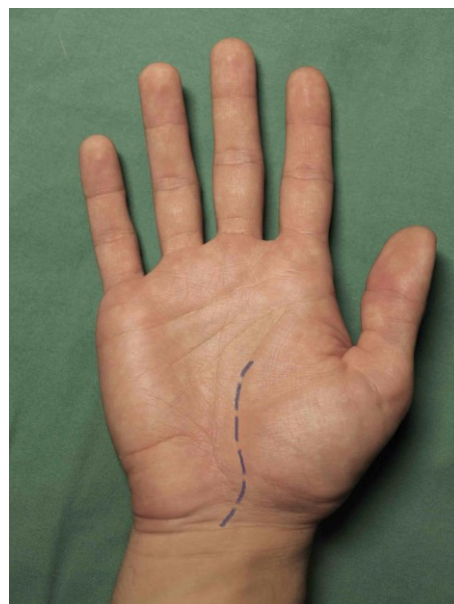
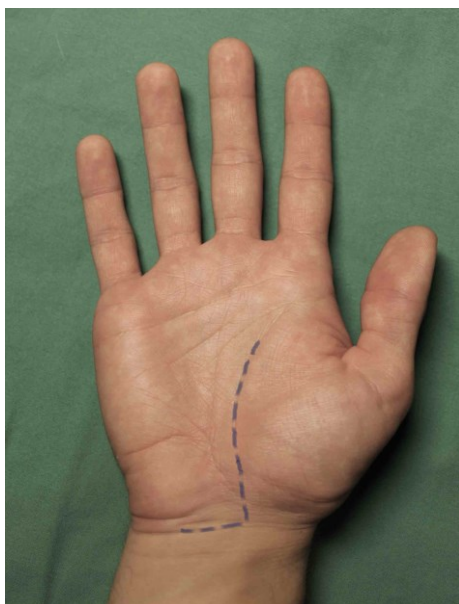
**Abbildung 9** - Standardinzision



**Abbildung 10**- Kurzschnitt



**Abbildung 11** - zwei Arten der Mini-Inzision



**Abbildung 12** - Langinzisionen (Winkel-/ S-Inzision)

## **1.7 Hintergrund**

Wenn man die Therapien des Karpaltunnelsyndroms betrachtet, entlastet die chirurgische Therapie die Symptome besser als konservative Therapien, in diesem Fall das Tragen einer Schiene (40). In Bezug auf die Komplikationen, die ein chirurgischer Eingriff mit sich bringt wie zum Beispiel Infektionen, Wundheilungsstörungen und Komplexes Regionales Schmerzsyndrom (CRPS) müsste noch vollständig geklärt werden, ob diese Option auch bei Patienten mit mildereren Symptomen die beste Therapie darstellt.

Innerhalb der chirurgischen Optionen gibt es verschiedene Herangehensweisen. Zu den minimal-invasiven Techniken gehört die relativ neue Methode der endoskopischen Spaltung des Ligaments. Deren Vorteile darauf beruhen sollen, dass durch die Spaltung von innen oberflächliche Strukturen erhalten bleiben und folglich weniger postoperative Morbiditäten entstehen und der Zeitraum bis zur Wiederaufnahme der Arbeit verkürzt wird (49). Man unterscheidet einerseits die monoportale Technik nach Agee (50) und die biportale Technik nach Chow (51, 52). Die offene Spaltung des Ligaments reicht von klassischen Lang-Inzisionen, die einen bogenförmigen Verlauf annehmen, bis hin zu modernen, nur 1-2 cm kurzen Schnitten für die Verwendung der Knifelight-Technologie (46). Ein Review der Cochrane-Databse zeigte, dass modifizierte offene Inzisionsarten keinen Vorteil gegenüber der klassischen drei cm langen Standardinzision bringen (49).

Zudem ist bislang keine Studie bekannt, welche grundsätzlich eine standardmäßige Anästhesiemethode beim Karpaltunnelsyndrom empfiehlt. Aktuell wird nach Präferenz des Chirurgen, des Patienten und des Aufwands des Eingriffes die Methode zur Anästhesie bestimmt. Von der klassischen Allgemeinanästhesie über Plexusanästhesie bis hin zur Lokalanästhesie werden verschiedene Methoden benutzt (32). In einer randomisierten Kontrollstudie zeigt Soerensen, dass die Lokalanästhesie im Rahmen der endoskopischen Retinakulumspaltung die postoperativen Schmerzen effektiver verringert als die IVRA (53). Weiterhin obliegt es der Präferenz des Chirurgen, ob von der Blutsperre Gebrauch gemacht wird. In den Leitlinien wird der Gebrauch angeraten (32).

## **1.8 Studienziel**

Ziel dieser Arbeit ist es anhand der Literatur herauszuarbeiten, welche Inzisionsarten am häufigsten mit Komplikationen einhergehen und welche Anästhesiemethode am effektivsten im Hinblick auf die intra- bzw. postoperative Schmerzprävention ist.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Ethikantrag

Nach Antrag an die Ethikkommission der Medizinischen Universität in Graz wurde diese Arbeit im Oktober 2012 mit der EK Nummer: 25-080 ex 12/13 genehmigt.

### 2.2 Suchstrategie

Während dieser Arbeit wurde die Suche ausschließlich im Internet unter der Adresse <http://www.pubmed.gov> vom 29.06.2012 bis zum 07.09.2012 anhand von definierten Suchbegriffen, die gezielt auf die Erkrankung des Karpaltunnelsyndroms hinweisen und zugleich über verschiedene Inzisionsarten oder die Anästhesiemethoden des Karpaltunnelsyndroms berichten, durchgeführt.

Dazu wurde „Carpal tunnel syndrome“ als Headline im Medical Subject Heading (MeSH)-Search-Builder eingesetzt und folgende Begriffe zur Suche der Inzisionsarten hinzugefügt: „Operation“ OR „incision“ OR „carpal tunnel release“ OR „surgical approach“. Die Suchbegriffe zur Anästhesiemethode wurden anhand von „AND“ hinzugefügt. Diese beinhalteten: „anesthesia“ OR „anaesthesia“. Tabelle 3 gibt den genauen Suchalgorithmus wieder.

Keywords	Results
(„Carpal Tunnel Syndrome“ [Mesh] OR „Carpal tunnel syndrome“)+...	7703
+ Operation	317
+ Operation, incision	477
+ Operation, incision, surgical release	554
+ Operation, incision, surgical release, surgical approach	567
+ Operation, incision, surgical release, surgical approach + anesthesia, anaesthesia	43
+ Operation, incision, carpal tunnel release, surgical approach + anesthesia, anaesthesia	90

**Tabelle 3** – Suchmaschinenalgorithmus auf [www.pubmed.gov](http://www.pubmed.gov) (09.07.2012)  
+ entspricht „AND“  
, entspricht „OR“

Alle Suchergebnisse, die Angaben über die Inzisionsart oder über die Anästhesiemethode enthielten, wurden in die Arbeit eingeschlossen. Ausschlusskriterium waren nicht eindeutig beschriebene Inzisionen.

Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Angabe zur Inzisionsart</li> <li>- Angabe zur Anästhesiemethode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inzisionsart nicht eindeutig</li> </ul>

**Tabelle 4** - Ein- und Ausschlusskriterien im Rahmen der Literaturrecherche

### **2.3 Datenerhebung und Evidenzniveau**

In dieser Arbeit wurde die Gesamtzahl aller erwähnten Patienten aufgelistet. Zugleich wurde die Art der Operation durch Ersteingriff, Revision oder Rezidiv unterschieden. War bei einer Arbeit die Art des Eingriffes nicht erwähnt, ist sie in der Kategorie „Ersteingriff“ eingeordnet worden.

Jede Publikation wurde anhand der Klassifikation des „*Levels of Evidence for Primary Research Question*“<sup>(3)</sup>, in einem von fünf verschiedene Levels eingestuft.

#### **2.3.1 Operation Beurteilung**

Im Bereich der Inzisionsarten wurde zwischen offenen und endoskopischen Inzisionsarten unterschieden. Die offenen Inzisionsarten orientieren sich an einer Studie von Assmus (16) und beinhalten den „Kurzschnitt“, die „Mini-Inzision“, die „Lang-Inzision“ oder „atypische Inzisionen“, die entweder einen zu radial/ulnaren oder zu proximal/distalen Einschnitt als die Norminzisionen haben. Falls in einer Arbeit die exakte Inzisionsart nicht beschrieben worden ist, wurde die Anzahl der Eingriffe unter der Kategorie „offen-nicht beschrieben“ erwähnt. Zwischen verschiedenen Methoden der endoskopischen Retinakulumspaltung wurde nicht unterschieden. Neben der endoskopischen Karpaltunnelresektion wurde die intraoperative Konversionsrate von einem endoskopischen Eingriff zu einer offenen Inzision ebenfalls näher beschrieben.

Evaluiert wurden außerdem die Häufigkeit der Nutzung zur Blutsperre/-leere und die durchschnittliche Inflationszeit in Minuten. Aufgrund fehlender Unterscheidung der Studien zwischen Blutsperre und Blutleere werden beide Begriffe gemeinsam erwähnt. Es

wurden weiterhin die verschiedenen Anästhesieformen, wie „Lokalanästhesie“, „Handgelenksblockade“, „Axilläre Plexusblockade“, „IVRA“ und die „Vollnarkose“, die in den Publikationen erwähnt werden, in ihrer Anzahl festgehalten. Methoden, die von der Normvariante abwichen, wurden unter „Andere“ kategorisiert.

Einige Publikationen gaben die Ruhigstellungszeit der Hand und den Zeitraum zur Arbeitsrückkehr in Tagen an. Auch diese Faktoren wurden in dieser Arbeit berücksichtigt. Ein komplikationsloses postoperatives Outcome wurde mit einer 0 beschrieben. Weiterhin wurde zwischen einem Rezidiv, einer Revision und nicht-operationspflichtigen Komplikationen unterschieden. Nach Normierung der Komplikationszahlen wurde die Relation zwischen Komplikationsrate und der durchschnittlichen OP-Dauer gezeigt.

Um eine Aussage bezüglich der Effizienz einer Inzisionsart machen zu können, wird die Fallzahl der jeweiligen Inzisionsart mit der normierten Komplikationsrate und der Schmerzintensität ab dem 14. postoperativen Tag berücksichtigt.

### **2.3.2 Anästhesie Beurteilung**

Für die Analyse der Anästhesiemethode wird die intraoperative Schmerzskala der jeweiligen Methode verglichen. Um zusätzlich eine eindeutige und einheitliche Schmerzevaluierung zu erhalten, wurden Operationen mit Anlage zur Blutsperrle/leere ausgeschlossen und die Ursachen der Schmerzempfindung so weit möglich angegeben.

### **2.3.3 ABC-Schmerzskala**

Um die in den Publikationen erwähnte Schmerzintensität sowohl intraoperativ als auch postoperativ einheitlich beurteilen zu können, wurde ein ABC-Schema ausgearbeitet.

Dieses Schema fasst die verschiedenen Skalen, die benutzt wurden, zusammen. Dabei ist zu erwähnen, dass die postoperative Schmerzintensität erst ab dem 14. postoperativen Tag in diese Arbeit eingebunden wird, um die Korrelation mit der Inzisionsart herstellen zu können. Level A repräsentiert die niedrigste Schmerzstufe und inkludiert die VAS-Scores 0-3, die Schmerzbeschreibung „none“ und „pain relief“ bei einem postoperativen Fragebogen. Level B ist die nächste Schmerzstufe und beinhaltet VAS-Scores 4-7, die

Beschreibung „slight“, „mild“, „moderate“ und bei einer postoperativen Befragung „improved“. Level C ist die höchste Schmerzstufe und gibt die VAS-Scores 8-10 wieder, die Schmerzbeschreibung „severe“ und das postoperative Skala „unchanged“ bzw. „worse“. Es wurde die Anzahl der Eingriffe in den drei Levels untersucht.

Skalatyp	A	B	C
VAS	0-3	4-7	8-10
Intraop. Fragebogen	none	slight/mild/ moderate	severe
Postop. Fragebogen	pain relief excellent relief	improved good/fair relief	unchanged or worse unchanged

Tabelle 5 - ABC Schmerzskala

Levels of Evidence for Primary Research Question				
	Types of Studies			
	Therapeutic Studies— Investigating the Results of Treatment	Prognostic Studies— Investigating the Outcome of Disease	Diagnostic Studies— Investigating a Diagnostic Test	Economic and Decision Analyses—Developing an Economic or Decision Model
Level I	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Randomized controlled trial               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Significant difference</li> <li>b. No significant difference but narrow confidence intervals</li> </ol> </li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-I randomized controlled trials (studies were homogeneous)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prospective study<sup>1</sup></li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-I studies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Testing of previously developed diagnostic criteria in series of consecutive patients (with universally applied reference “gold” standard)</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-I studies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Clinically sensible costs and alternatives; values obtained from many studies; multiway sensitivity analyses</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-I studies</li> </ol>
Level II	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prospective cohort study<sup>3</sup></li> <li>2. Poor-quality randomized controlled trial (e.g., &lt;80% follow-up)</li> <li>3. Systematic review<sup>2</sup> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Level-II studies</li> <li>b. nonhomogeneous Level-I studies</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retrospective study<sup>4</sup></li> <li>2. Study of untreated controls from a previous randomized controlled trial</li> <li>3. Systematic review<sup>2</sup> of Level-II studies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Development of diagnostic criteria on basis of consecutive patients (with universally applied reference “gold” standard)</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-II studies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Clinically sensible costs and alternatives; values obtained from limited studies; multiway sensitivity analyses</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-II studies</li> </ol>
Level III	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Case-control study<sup>5</sup></li> <li>2. Retrospective cohort study<sup>4</sup></li> <li>3. Systematic review<sup>2</sup> of Level-III studies</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Study of nonconsecutive patients (no consistently applied reference “gold” standard)</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-III studies</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limited alternatives and costs; poor estimates</li> <li>2. Systematic review<sup>2</sup> of Level-III studies</li> </ol>
Level IV	Case series (no, or historical, control group)	Case series	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Case-control study</li> <li>2. Poor reference standard</li> </ol>	No sensitivity analyses
Level V	Expert opinion	Expert opinion	Expert opinion	Expert opinion

1. All patients were enrolled at the same point in their disease course (inception cohort) with ≥80% follow-up of enrolled patients.
2. A study of results from two or more previous studies.
3. Patients were compared with a control group of patients treated at the same time and institution.
4. The study was initiated after treatment was performed.
5. Patients with a particular outcome (“cases” with, for example, a failed total arthroplasty) were compared with those who did not have the outcome (“controls” with, for example, a total hip arthroplasty that did not fail).

Tabelle 6 – Evidenzniveau wissenschaftlicher Arbeiten; Quelle JBJS (3)

<b>Thema</b>	<b>Parameter</b>
Studienklassifikation	Erstautor Publikationsjahr Evidenzniveau Patientenzahl Berufliche Tätigkeit Eingriffsart (Ersteingriff, Revision, Rezidiv)
Inzisionsart	Kurzschnitt Mini-Inzision Lang-Inzision atypische Inzision offen - nicht beschrieben endoskopisch Anzahl endoskopisch - Konversionsfälle Operationszeit
Postoperatives Outcome	Rezidiv Revision (z.B. inkomplette Spaltung) operationspflichtige Komplikation (z.B. Nachblutung) nicht operationspflichtige Komplikation (z.B. lokaler Infekt)
Anästhesie	Blutsperre/-leere (ja/nein) und Dauer Lokalanästhesie, Handgelenksblockade, Plexusanästhesie, IVRA, Vollnarkose, andere
Schmerzskala	intraoperativ postoperativ

**Tabelle 7** - Die angewandte Parameterliste

## **2.4 Statistische Analyse**

Alle in die Arbeit einbezogenen Publikationen wurden alphabetisch in ein Tabellenkalkulationsprogramm (MS Excel 2011, Microsoft, Richmond, VA, USA) tabellarisch eingeordnet und analysiert. Falls in einer Publikation mehrere Gruppen in einer Vergleichsstudie analysiert worden sind, wurde jede dieser Vergleichsgruppen separat in einer Zeile erwähnt. Diese Zeilen wurden mit einem Stern und einer eindeutigen Beschreibung neben dem Autorennamen aufgeführt.

Im Folgenden werden normalverteilte Daten mit Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung und nicht-parametrisch verteilte Daten mit Median und Minimum/Maximum-Wert angegeben. Summenbeträge werden deskriptiv anhand von Prozentangaben dargestellt.

## 3 Ergebnisse – Resultate

### 3.1 Studien

Von den 90 Studien wurden 53 Studien aufgrund fehlender Angabe der Inzisionsart und der Anästhesiemethode ausgeschlossen. Es wurden schließlich 37 Arbeiten in die Studie eingeschlossen. Davon waren sieben Vergleichsstudien, deren Vergleichsgruppen als eine eigene Arbeit berücksichtigt worden sind, sodass insgesamt 50 Publikationszeilen aufgeführt waren.

Nur sieben der 37 Publikationen erreichten Level I des „*Evidence for Primary Research Question*“(3). Fünf Studien erreichten Level II und nur drei Studien waren auf Level III anzutreffen. 22 der 37 Publikationen wurden mit Level IV kategorisiert.

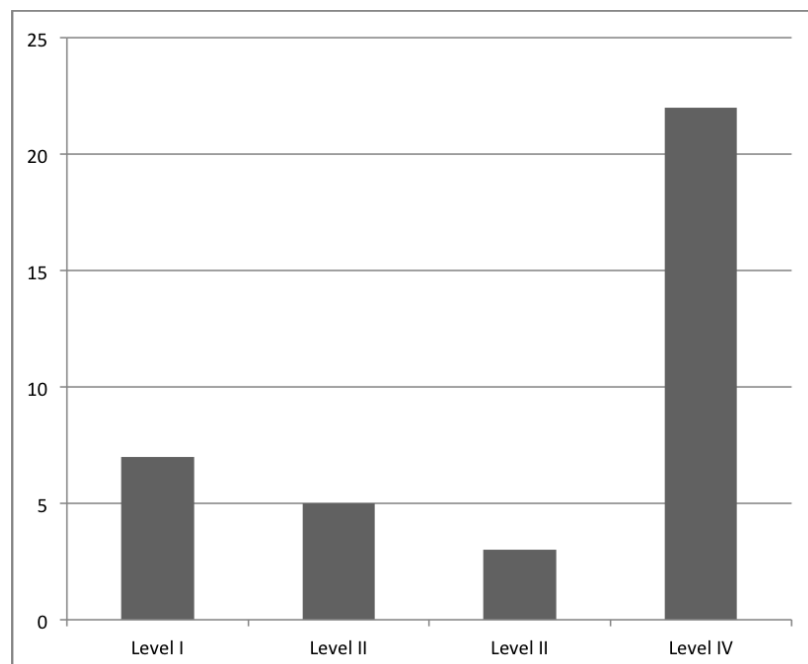


Abbildung 13 - Evidenzniveau der Studien in dieser Arbeit

### **3.2 Patienten- und Eingriffszahlen**

Bei drei der 37 Publikationen wurden zwar Angaben über die Zahl der Eingriffe, allerdings keine Angaben über Patientenzahlen gemacht. Die restlichen 34 Arbeiten umfassen 3440 Patienten.

Bei den insgesamt 5128 Eingriffen handelte es sich in 4959 Fällen (96,7%) um Ersteingriffe. Weitere 92 Fälle (1,8%) waren Revisionseingriffe und 77 Fälle (1,5%) Rezidive.

### **3.3 ABC-Schmerzskala**

28 der insgesamt 50 Publikationszeilen fragten in 1362 Operationen die Schmerzintensität der Patienten allgemein ab.

Bei 701 Operationen wurde die *intraoperative* Schmerzintensität abgefragt. Demnach wurden 609 der Fälle (86,9%) in Level A des intraoperativen ABC-Systems kategorisiert. Weitere 89 Fälle (12,7%) wurden in Level B und drei Fälle (0,4%) in Level C kategorisiert.

Die *postoperative* Befragung (ab dem 14. postoperativen Tag) wurde nach 661 Operationen durchgeführt. Demnach wurden 595 Fälle (90,0%) in Level A, 39 (5,9%) in Level B und die übrigen 27 Fälle (4,1%) in Level C kategorisiert.

### **3.4 Komplikationen**

Die in Punkt 3.5 erwähnten 4511 Eingriffe wurden in die Auswertung der Komplikationen einbezogen. Es wurden 15 Rezidive (0,3%) registriert, wovon die meisten auf diverse Vorerkrankungen zurückzuführen waren (Dialyse, rheumatische Synovialitis, Multiple Sklerose etc.). In 40 Fällen (0,9%) war in der postoperativen Nachsorge ein Revisionseingriff erforderlich, die häufigste Ursache dafür war eine inkomplette Retinakulumspaltung wie auch postoperative Nachblutungen. Bei 97 weiteren Händen (2,2%) wurden nicht-operationspflichtige Komplikationen erwähnt. Diese waren meist Sensibilitätsstörungen, Nebenwirkungen der Anästhetika oder auch das Komplexe Regionale Schmerzsyndrom.

### 3.5 Inzisionsarten

Bei insgesamt 617 Eingriffen (vier Publikationen) war die Unterscheidung zur Inzisionsart entweder nicht erwähnt bzw. nicht eindeutig beschrieben, und wurden von diesem Teil der Auswertung ausgeschlossen. Dabei war in 410 Eingriffen (66,5%) zwischen einem Kurzschnitt und einer Mini-Inzision anhand der Datenlage keine Unterscheidung möglich. Bei weiteren 108 Eingriffen (17,5%) traf dies für die Unterscheidung zwischen einem Kurzschnitt und einer Lang-Inzision zu. Bei 99 Eingriffen (16,0%) ist die Operationsmethode nicht erwähnt worden.

Somit sind insgesamt 4511 Eingriffe in dieser Auswertung analysiert worden. Davon sind 1814 Eingriffe (40,2%) als offene Technik beschrieben worden, jedoch nicht weiter präzisiert worden. Weitere 286 Fälle (6,3%) sind mit einem Kurzschnitt von 2-3 cm Länge distal der Raszetta operiert worden. In 42 Fällen (0,9%) wurde eine Mini-Inzision in der Größe von 1-2 cm in der Hohlhand benutzt. Die klassische Lang-Inzision kam in 230 Eingriffen (5,1%) zur Verwendung. Fünf Eingriffe (0,1%) wiesen eine atypische Art der Inzision auf.

Die restlichen 2134 Operationen (47,3%) waren endoskopische Eingriffe, von denen 23 in eine offene Technik konvertiert werden mussten.

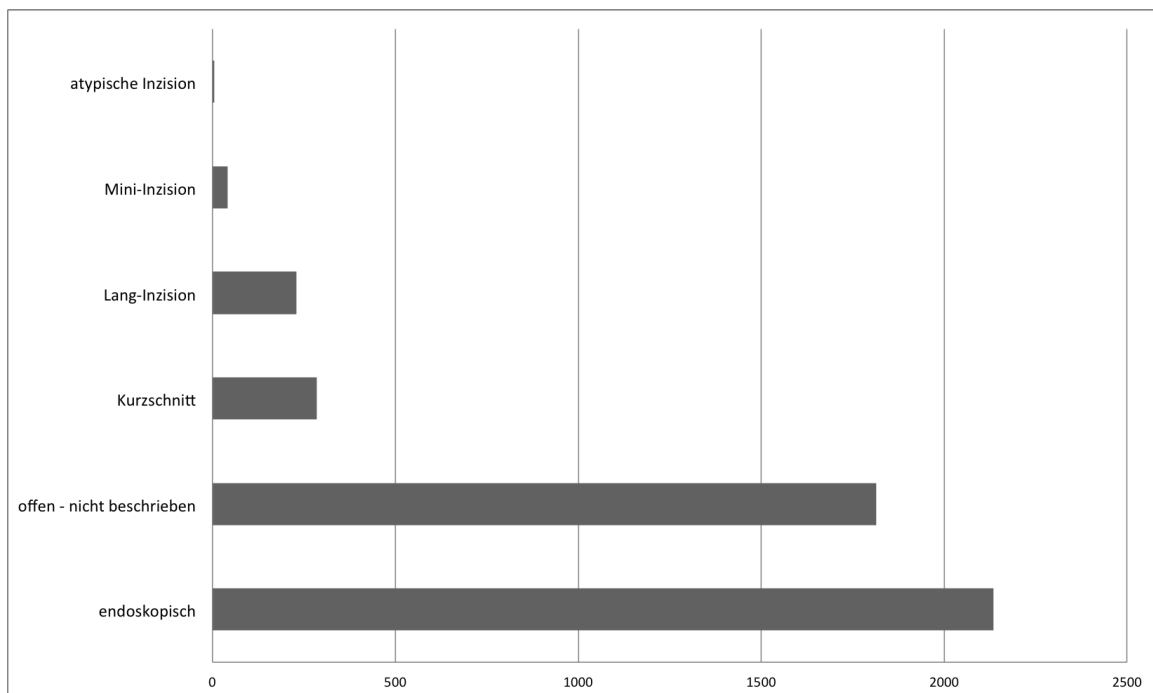
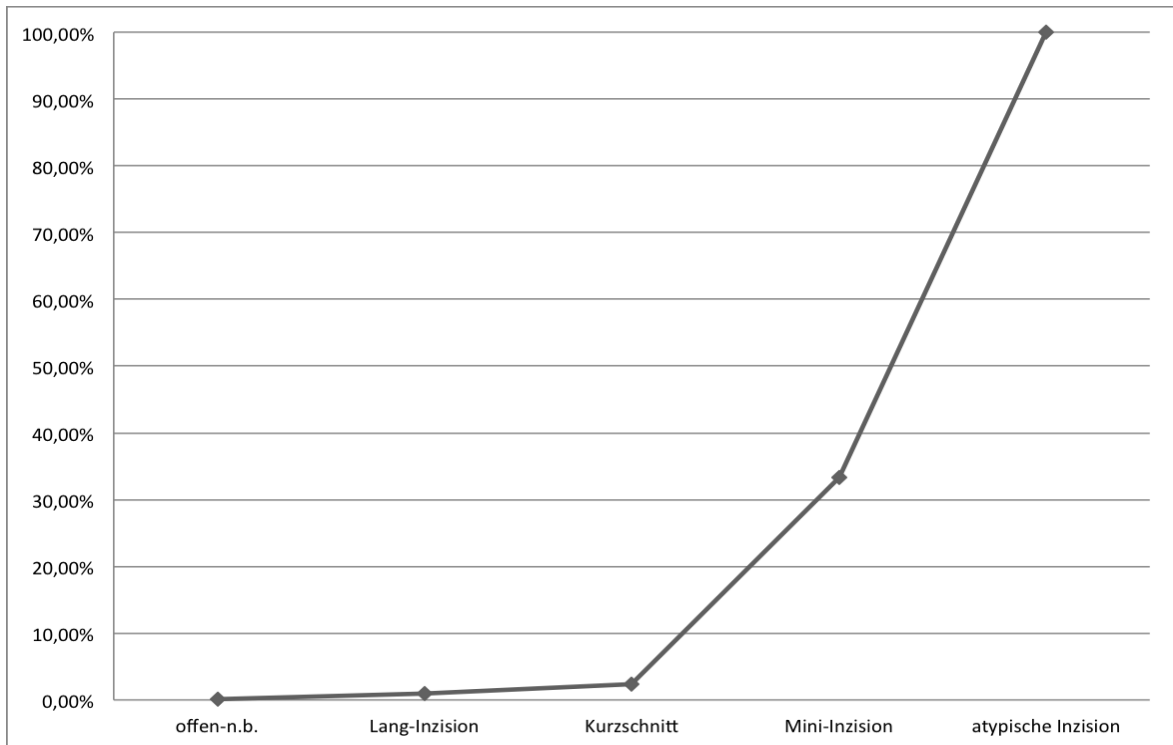


Abbildung 14 - Verteilung der Inzisionsarten



**Abbildung 15** - Revisionsrate offener Inzisionen

**Tabelle 8** - Mittelwerte VAS intraoperativ (SD)

Level	A	B	C
Lokalanästhesie	4,4 (± 8,4)	1,1 (± 4,5)	-
Handgelenksblockade	58,0 (± 116,0)	10,3 (± 20,5)	-
Plexusblockade	10,3 (± 11,3)	2,8 (± 6,9)	-
IVRA	13,9 (± 19,4)	-	0,3 (± 0,9)
Vollnarkose	-	-	-
andere	30,0 (± 0,0)	-	-

**Tabelle 9** – Mittelwerte VAS postoperativ (SD)

Level	A	B	C
endoskopisch	32,3 (± 95,4)	1,4 (± 5,5)	1,4 (± 5,5)
offen – n.b.	-	-	-
Kurzschnitt	13,0 (± 31,8)	2,5 (± 5,2)	1,2 (± 2,0)
Lang	1,2 (± 2,0)	-	-
Mini	-	1,0 (± 1,4)	-
atypisch	-	-	-

### **3.5.1 Kurzschnitt**

Mit dieser Inzisionsmethode waren 2,4% Revisionen (sieben Hände) und 1,4% nicht-operationspflichtige Komplikationen (vier Hände) verbunden. Zwei davon waren länger - anhaltende Degenerationen des N. medianus und in zwei weiteren Fällen schmerzhaftes Narbenbildungen.

Damit verbunden war unter anderem auch die Schmerzskala ab dem 14. postoperativen Tag. Von den 100 durchgeführten postoperativen Befragungen befanden sich 78 auf Level A, 15 auf Level B und 7 auf Level C.

### **3.5.2 Mini-Inzision**

Die 1-2 cm lange Inzision in der Hohlhand hat die zweitgrößte Revisionsrate (33,3% von insgesamt 42 Händen) in dieser Auswertung erreicht. Dies war hauptsächlich auf inkomplette Karpaldachspaltungen zurückzuführen.

### **3.5.3 Lang-Inzision**

Die klassische Methode der S-bzw. Winkelinzision wurde an 230 Händen durchgeführt. Es kamen in fünf Fällen (2,2%) Rezidive vor. Es handelte sich in allen Fällen um Arbeitnehmer mit starken manuellen Tätigkeiten, deren Symptome dem RSI-Syndrom (Repetitive Strain Injury) entsprachen. Zwei Hände (0,9%) mussten aufgrund von anhaltenden Symptomen revidiert werden und in weiteren sieben (3,0%) Fällen kam es zu nicht-operationspflichtigen Komplikationen (2x Neurome, 5x CRPS).

### **3.5.4 Atypische Inzision**

Zuweit ulnare, zuweit radiale, proximale oder distale Inzisionen wurden hier eingetragen. Insgesamt waren fünf Fälle bekannt, von denen wiederum alle aufgrund von inkompletter Retinakulumspaltung revidiert worden sind.

### **3.5.5 Offen – aber nicht beschrieben**

1814 Hände wurden hier analysiert. Eine operationspflichtige Komplikation trat in zwei Fällen (0,1%) aufgrund einer postoperativen Nachblutung auf. Bei 51 Eingriffen (2,8%)

kam es zu nicht-operationspflichtigen Komplikationen, von denen 33 auf die Anästhesie zurückzuführen waren. Nicht-symptomatische kleine Nervenläsionen, die durch die Nadel des Lokalanästhetikums ausgelöst worden sind, waren andere beschriebene Ursachen für nicht-operationspflichtige Komplikationen.

### 3.5.6 Endoskopische Karpaldachspaltung

2134 Hände wurden endoskopisch behandelt. In 23 (1,1%) Fällen musste man von endoskopischer Vorgehensweise auf eine offene Inzision wechseln. Die Gründe hierfür lagen unter anderem an hypertropher Synoviae, inadquaten Anästhesiemethoden mit Verschlechterung der Sicht und Verletzung des Arcus Palmaris superficialis. In einem einzigen Fall kam es zu einem Rezidiv nach einem Jahr, das mit einer offenen Operation behandelt wurde. Revisionen wurden in zehn Fällen (0,5%) beschrieben von denen acht auf eine unvollständige Spaltung des Karpaltunnels zurückzuführen waren. Bei 35 Händen (1,6%) wurden vorübergehende Parästhesien beschrieben.

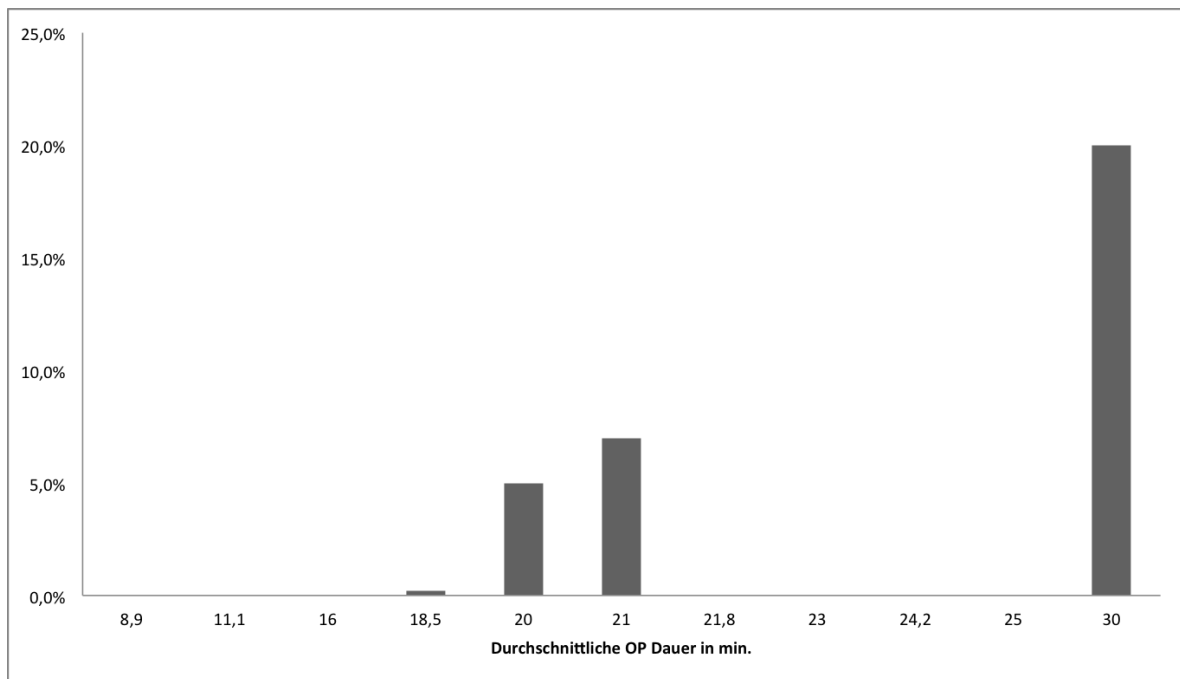
19 Fälle (0,9%) wurden in der postoperativen Schmerzskala auf Level C eingestuft, weitere 22 Hände (1,0%) auf Level B.

**Tabelle 10** - Komplikationsrate in Prozent

	Rezidiv	Revision	nicht-operationspflichtig
endoskopisch	0,0	0,5	1,6
offen – n.b.	0,0	0,1	2,8
Kurzschnitt	0,0	2,4	1,4
Lang	2,2	0,9	3,0
Mini	0,0	33,3	0,0
atypisch	0,0	100,0	0,0

### 3.5.7 Operationszeit und Komplikationsrate

Aufgrund der Datenlage wurden insgesamt 1555 Patientendaten aus elf Publikationszeilen als nicht repräsentativ gewertet. Abbildung 16 gibt die Summe der Parameter wider. Die Komplikationsrate lag bei 20% bei Operationszeiten von durchschnittlich 30 Minuten.

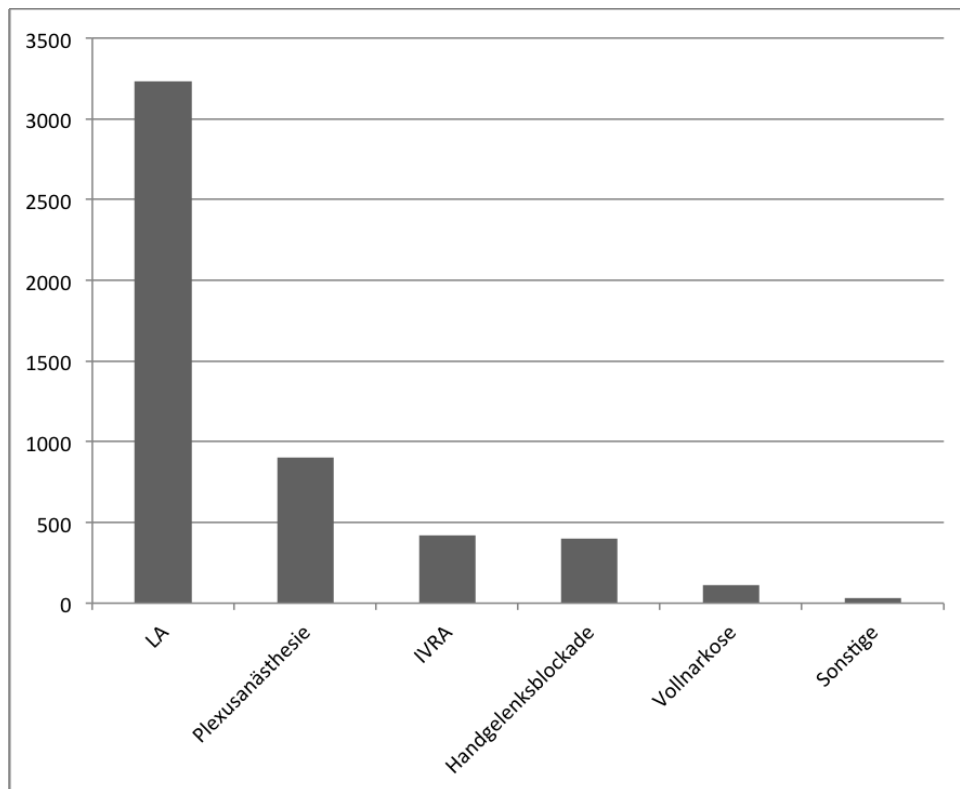


**Abbildung 16** – Normierte Komplikationsrate im Verhältnis zur Operationszeit

### **3.6 Anästhesiemethoden und Blutsperr/-leere**

Es wurden 39 Eingriffe von dieser Analyse ausgeschlossen. Bei 35 wurde die Anästhesiemethode nicht erwähnt. Bei vier weiteren Fällen musste bei der Anästhesiemethode von Lokal- zur Plexusanästhesie gewechselt werden. Dies war auf die inkomplette Analgesie in zwei Fällen bzw. Schmerzen, verursacht durch die Manschette zur Blutsperr, in zwei anderen Fällen zurückzuführen.

Damit wurden insgesamt 5089 Operationen auf die verschieden angewandten Anästhesiemethoden untersucht. 3234 (63,5%) wurden in Lokalanästhesie und weitere 397 (7,8%) mit einer Handgelenksblockade durchgeführt. Die Plexusanästhesie wurde am zweithäufigsten in 901 Fällen (17,7%) angewandt. Die IVRA kam in 418 Operationen (8,2%) und die Vollnarkose 109 Mal (2,1%) zum Einsatz. Abwandlungen der regulären Anästhesiemethoden wurden in 30 Fällen (0,6%) benutzt.



**Abbildung 17** - Häufigkeit der angewandten Anästhesiemethoden

Die Blutsperr-/leere mithilfe des Tourniquets kam insgesamt 3470 Mal (68,1%) zum Einsatz. Die durchschnittliche Manschetten-Inflationszeit wurde lediglich in 1096 Fällen (18 Publikationen) erwähnt und betrug rund 19 Minuten.

### 3.6.1 Methoden

Von den 3234 operierten Händen in Lokalanästhesie ist nur in 149 Fällen eine intraoperative Schmerzskala durchgeführt worden. Davon befanden sich 118 (79,2%) auf Level A und weitere 31 Hände (20,8%) auf Level B der ABC-Skala.

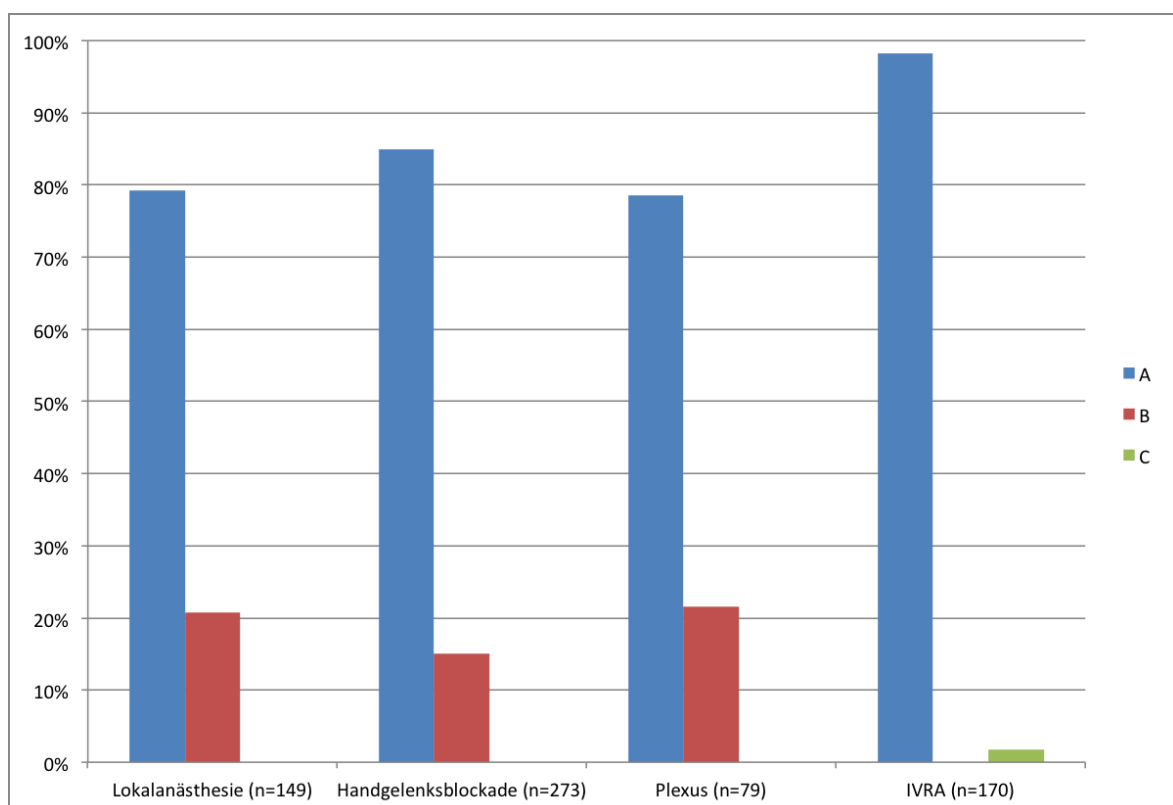
Beim distalen Handblock wurde bei 273 der 397 Hände ein Schmerzprotokoll geführt. Davon befanden sich wiederum 232 Hände (85,0%) auf Level A und weitere 41 (15,0%) auf Level B.

Die Plexusanästhesie war die zweithäufigste Anästhesiemethode, allerdings wurde nur bei 79 der 901 Eingriffe das Protokoll zur Schmerzintensität geführt. Demnach waren 62 Hände (78,5%) auf Level A und die restlichen 17 Hände (21,5%) auf Level B klassifiziert worden.

IVRA wird nach LA und Plexusanästhesie am häufigsten für die Therapie des Karpaltunnelsyndroms benutzt. Bei 170 der 418 Prozedere ist die intraoperative Schmerzintensität bekannt. 167 Hände (98,2%) waren auf Level A und 3 weitere Hände (1,8%) auf Level C eingestuft worden. Level B-Fälle gab es keine. Die Level C Fälle waren Patienten, die zusätzlich LA benötigten, da sie über sehr starke Schmerzen bei der Einführung des Endoskops klagten.

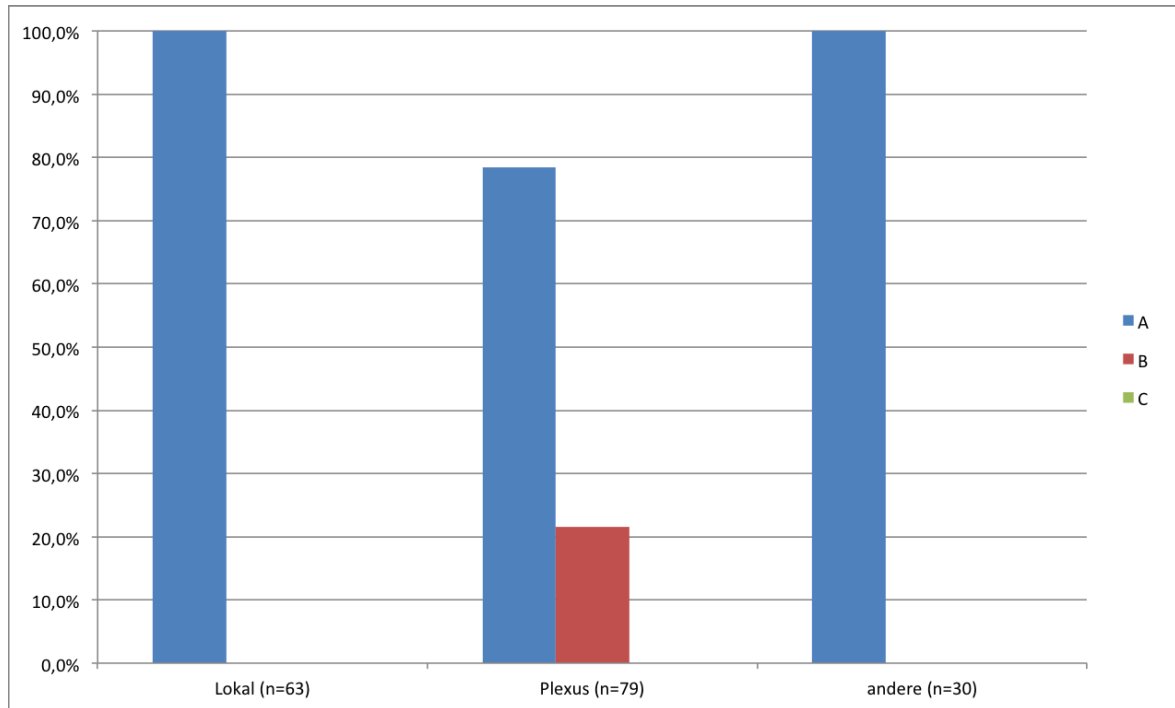
In der Gruppe der Vollnarkose wurde postoperativ keine Schmerzerhebung durchgeführt.

Bei 30 Händen wurde über eine Abwandlung des distalen Blocks berichtet (54). Alle 30 Eingriffe waren in dieser Gruppe auf Level A kategorisiert worden.



**Abbildung 18 - ABC-Schmerzskala Anästhesie –**  
Die Intravenöse Regionalanästhesie zeigte als einzige Methode die höchsten Schmerzwerte (grüner Balken)

Nach Ausschluss der Operationen mit Anwendung der Blutsperre/-leere und die Angabe der intraoperativen Schmerzintensität als Einschlusskriterium wurden insgesamt 172 Patienten mit drei verschiedenen Anästhesiemethoden analysiert. Alle Daten wurden in der Literatur per Fragebogen innerhalb von 6 Stunden bis zu 14 Tagen postoperativ abgefragt.



**Abbildung 19** – ABC-Schmerzskala Anästhesie (ohne Blutsperre-Manschette, nach Abklingen des Anästhetikums) – Die Plexusanästhesie ist als einzige Methode auf Level B vorzufinden (roter Balken)

## 4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Literaturübersicht bezüglich angewandter Inzisionsmethoden und Anästhesieverfahren angefertigt, bei der gezeigt werden konnte, dass atypisch geführte Schnitte und Mini-Inzisionen die höchsten Komplikationsraten aufweisen, jedoch offene Inzisionen insgesamt niedrige Komplikationsraten besitzen.

Zudem konnte herausgearbeitet werden, dass die Lokalanästhesie die häufigste und unmittelbar postoperativ die angenehmere Methode für den Patienten darstellt.

Im Rahmen der Datenerfassung und der deskriptiven Analyse wurde erstmalig eine Schmerzskala ausgearbeitet, die bisherige Skalen einheitlich zusammenfasst. Sie eignet sich für wissenschaftliche Arbeiten im Rahmen von Literaturrecherchen und Metaanalysen als eine einheitliche Messskala.

### 4.1 Inzisionsmethode

Die Entscheidung zu einer offenen bzw. endoskopischen Retinakulumspaltung obliegt der Präferenz des Chirurgen und des Patienten (49). Dies spiegelt sich auch in der Verteilung zwischen endoskopischen und offenen Eingriffen wider, denn knapp die Hälfte aller Eingriffe, die in dieser Studie berücksichtigt wurden, waren endoskopisch durchgeführt worden. Die verhältnismäßig geringe Konversionsrate von 1,1% kann auf die nicht ausreichende Dokumentation einiger Publikationen zurückgeführt werden: Nur in drei von 15 Studien, in denen die endoskopische Methode angewandt wurde, wurde die Konversion zu einer offenen Inzision erwähnt.

Schuh (55) stimmt den Vorteilen der endoskopischen Eingriffe gegenüber der offenen Inzision nicht zu und zeigt dies, indem er an 925 offen durchgeführten Eingriffen eine deutlich geringere Komplikationsrate von 0,002% im Sinne einer Nachblutung erreicht als andere ambulant durchgeführte endoskopische Eingriffe mit einer Komplikationsrate von 3,8% (56). Zudem betrug die Arbeitsunfähigkeit der Patienten durchschnittlich 21,3 Tage, die in etwa dem gleichen Zeitraum anderer Autoren mit 24,7-36,4 Tagen entspricht (56-59). Diese These kann in dieser Arbeit nicht untermauert werden, da die durchschnittliche Arbeitsunfähigkeit bei endoskopischen Eingriffen etwa 17-18 Tage betrug (60, 61). Ein großer Vorteil der offenen Inzision gegenüber endoskopische Karpaldachspaltungen

(ECTR) bietet sich, falls eine Tenosynovektomie vorgesehen ist. Laut einer Studie waren 81,3% der untersuchten KTS-Fälle mit einer chronischen Tendovaginitis assoziiert (62).

Während minimal-invasive Techniken mit Vorteilen wie kürzeren Rehabilitationszeiten, früherer Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit, weniger postoperativen Schmerzen und geringerer Vernarbung der Inzisionsstelle verbunden werden (63, 64), sollte man auch deren Nachteile beleuchten. Die kleine Inzision bietet dem Operateur nur wenig Einsicht, sodass trotz Kamera die Sicht eingeschränkt ist und somit das Retinakulum nicht vollständig gespalten werden kann. Zudem zeigte Beck anhand von 358 Karpaltunnelresektionen, die von einem einzigen Operateur am Anfang der Ausbildung durchgeführt worden sind, dass innerhalb der ersten zwei Jahre eine Lernkurve festzustellen war (65). Während in den ersten sechs Monaten der Ausbildung die Konvertierung zur offenen Operation bei acht von 71 durchgeführten ECTRs lag, wurde sie in der zweiten Hälfte des ersten Ausbildungsjahres nur einmal von 72 ECTRs durchgeführt. Im zweiten Ausbildungsjahr wurden insgesamt drei von 215 Prozedere konvertiert. Hauptursachen für die Konvertierung waren hypertrophe Synoviae mit Sichtbehinderung und unzureichende Anästhesie zur vollständigen Spaltung des Karpalkanals. Somit sind Ergebnisse endoskopischer Eingriffe stark von der Erfahrung des Operateurs abhängig, was auch in geringerem Maße für die offenen Karpaldachspaltungen gilt.

Assmus zeigte, dass der Anteil von Revisionen in den Jahren 1986 bis 2004 von 1,8% auf 2,4% gestiegen sei und damit auch der Anteil von inkomplett gespaltenen Retinakula (16). Die Revisionen korrelierten mit den modifizierten Inzisionen, die kleiner als die Standardinzision von 3-4 cm Länge waren. Diese Beobachtung konnte in dieser Arbeit auch gemacht werden: 75,5% (n=31) aller Revisionen waren auf Inzisionen kleiner als 3 cm zurückzuführen; dies beinhaltet auch alle endoskopischen Eingriffe, wohingegen endoskopische Eingriffe, separat betrachtet, nur eine 0,5%ige (n=10) Revisionsrate aufweisen, die wahrscheinlich auf die mangelhafte Nachbeobachtungsphase der untersuchten Studien zurückzuführen ist (26,7%; n=4). Weiterhin waren Kurzschnitte nicht nur mit Revisionen verbunden, sie zeigten auch deutlich mehr Narbenschmerzen und Schmerzen im subkutanen Übergangsbereich der Hohlhand (*pillar pain*, inflammatorischer Prozess postoperativ ausgelöst, im Bereich der eminentiae thenaris et hypothenaris und der subkutis) als andere Inzisionsarten (41, 66). Mini-Inzisionen zeigten die höchsten

Revisionsraten (16, 46) und sind am wenigsten zum CTR geeignet, zumal sie postoperativ eher zu „*pillar-pain*“ und unvollständiger Krafrückgewinnung führen, wobei Avci et al. in dieser Studie die Knifelight-Methode (siehe 1.6.2.4) benutzten.

Innerhalb der offenen Inzisionsarten waren atypische Inzisionen, die nach Assmus zu weit ulnar, zu weit radial oder in ihrem Schnittverlauf atypisch gelegen waren, mit inkompletten Karpaltunnelspaltungen verbunden (16). Durch die eng strukturierte Anatomie des Handgelenks bietet sich nur wenig Platz für Inzisionsabweichungen und atypische Schnitte außerhalb des anatomischen Bereichs des Karpaldachs. Auf der ulnaren Seite ist die A. ulnaris und auf der radialen Seite der R. palmaris n. mediani und Endäste des R. thenaris vorzufinden. Wenn man bedenkt, dass in 31% der Fälle ein subligamentärer und in 21% ein transligamentärer Abgang des Thenarastes zu berücksichtigen sind, bleiben nicht viele alternative Möglichkeiten, um an das 22 mm breite Retinakulum zu kommen. Zudem muss man bei zu weit ulnar geführten Schnitten erwähnen, dass die Breite des Retinakulums von radial nach ulnar geringfügig zunimmt. Weiterhin zeigte eine prospektive Studie, die intraoperativ die exakte Stelle der Kompression feststellte, dass die durchschnittliche Länge der Kompression 5 mm betrug und 2,5 cm distal der Raszetta lag (67). Folglich ist eine atypische Inzision nicht ideal, da sie sich nicht über dem Retinakulum oder im Areal der Kompression befindet. Der Zusammenhang zwischen Dicke des Karpaldaches und der Rezidivrate ist in der Literatur nicht beschrieben und erweisen sich für zukünftige Studien als sinnvoll.

Die klassische Lang-Inzision, entweder S-förmig bzw. winkelförmig durchgeführt, kam in 230 Fällen zum Einsatz und zeigte nur eine 0,9%ige Revisionsrate aufgrund unvollständiger Trennung des Ligamentum Carpi transversum (16). Die Absicht dieser S-förmigen Inzision ist die Vermeidung der Überkreuzung mit dem R. palmaris n. mediani. Doch nach Martin et al. ist die Variationsmöglichkeit dieses Nervenastes sehr hoch, so dass keine Empfehlung diesbezüglich möglich ist (68). Abgesehen davon ist diese Inzision mit einer erhöhten Inzidenz des komplex regionalen Schmerzsyndrom beschrieben worden (69).

Die meisten offenen Inzisionen wurden nicht genauer beschrieben und hatten zugleich die geringsten Revisionsraten (0,1%; n=2), von denen beide auf postoperative Nachblutungen zurückzuführen waren. Im Rahmen der Literaturbewertung wurde davon ausgegangen, dass in diesen Studien die Standardinzision von 3-4 cm benutzt wurde. Kleine

hämorrhagische Nervenläsionen waren intraoperativ sichtbar, allerdings waren diese durch die Injektion des Lokalanästhetikums verursacht (70). Ein angemessen großer Einschnitt an der richtigen Stelle, der genug Überblick über das Operationsgebiet bietet, das Retinakulum und den R. palmaris n. mediani zugleich darstellt, wäre die ideale Inzisionsmethode. Zumindest auf die Revisionsrate, nicht-operative Komplikationen und die postoperative Schmerzskala bezogen, sind Standardinzisionen aus dieser Untersuchung die wohl geeignetste Methode.

## **4.2 Anästhesie**

Die häufigste und gängigste Anästhesiemethode zur Spaltung des Karpalkanals ist die Lokalanästhesie des Operationsgebietes. So gängig wie die Methode ist auch die Benutzung der Blutsperre. Aufgrund der simplen Art zur Applikation des Anästhetikums im Vergleich zu anderen Methoden wird vermutlich diese Herangehensweise von den meisten Chirurgen bevorzugt. Hinzu kommen noch Vorteile wie Zeit- und Kostenersparnis, was vor allem aktuell immer mehr an Bedeutung gewinnt (4). Die Vorbereitung und Durchführung der LA ist weniger zeitintensiv als die Plexusanästhesie, IVRA und die Vollnarkose. Dadurch bieten sich dem Patienten kürzere Operationsraumaufenthalte. Zudem kann die Effizienz einer Klinik gesteigert werden, indem mehr Eingriffe durchgeführt werden. Durch weniger Material- und Personalkosten zeigt sich diese Methode auch als die wirtschaftlich günstigere Methode. Ähnliche Ergebnisse sind auch von der distalen Handgelenksblockade zu erwarten gewesen. Die Effizienz zwischen beiden Methoden wurde allerdings bislang nicht in einer randomisierten Kontrollstudie verglichen.

Durch die Benutzung der Manschette zur Blutsperre/-leere bietet sich dem Chirurgen zwar ein fast vollständig blutfreies Operationsfeld, jedoch ist die Inflation des Manschette nicht immer schmerzfrei für den Patienten. Dies war auch eines der Probleme während der Analyse dieser Arbeit. Die meisten Publikationen machten keine Unterscheidung zwischen Schmerzen im Oberarm aufgrund der Kompression und Inzisionsschmerzen. Die Blutsperre/-leere als Ausschlusskriterium führte leider durch die dünne Datenlage zu keinem repräsentativen Ergebnis.

Wenn man von diesem Punkt absieht, ist die IVRA eine schnelle Methode zur Anästhesie in der Handchirurgie. Sie lässt sich im Vergleich zur Plexusanästhesie oder Vollnarkose

schnell durchführen. Eine ernste, aber seltene Nebenwirkung dieser Methode ist das Eindringen des Anästhetikums in den großen Kreislauf, der bis zur Atemdepression und Herz-Kreislauf-Stillstand führen kann. So gute Ergebnisse auch die IVRA geliefert hat, war sie doch die einzige Methode, die Level C-Patienten enthielt. Drei Patienten klagten über Schmerzen während des Einführens des Trochars. Zusätzliche Lokalanästhesie löste das Problem. In einem dieser drei Fälle musste der Patient, der über Kompressionsschmerzen klagte, sogar sediert werden (71).

Insgesamt war die IVRA nach der Vollnarkose die komplikationsreichste Anästhesiemethode (6,9% im Vergleich zur Plexusanästhesie mit 3,7%, distale Handgelenksblockade mit 3,0% und die LA mit 0,2%). In Anbetracht aufgetretener kardiovaskulärer Komplikationen wie Hypertonie, Tachykardie oder Hypotonie sollte die Wahl zur einer IVRA gut bedacht sein (72). Auch die inadäquate Dosierung des Anästhetikums und nicht-steroidaler Antirheumatika kann sowohl intraoperativ als auch postoperativ zu erheblichen Schmerzen führen, sodass zusätzliche Analgesie indiziert wird (73) (71). Mit Bezug auf Erfahrung des Anästhesisten und Komorbiditäten der Patienten bieten sich prospektive Studien um Lernkurven der Anästhesieart und detaillierte Aussagen zu Komplikationsraten zu machen.

Unerwartet in dieser Arbeit war die Nutzung der Allgemeinnarkose für die Spaltung des Karpalkanals. In 109 Fällen wurde sie noch angewandt und die jüngste Studie dazu stammte aus dem Jahre 2005. Obwohl die Allgemeinnarkose aufwändig und nicht risikoarm für die Patienten ist, wurde sie offensichtlich noch regulär angewendet. Eine genaue Risikobeschreibung des Patientenkollektivs in den genannten Literaturquellen wurde leider nicht aufgeführt (z.B. Angstzustände, Allergien auf Lokalanästhetika). Mit 12,8% zählt die Vollnarkose deutlich zur komplikationsreichsten Anästhesiemethode. Dafür spricht auch, dass nur drei der behandelten Patienten (2,8%) auf ASA 3 eingestuft worden sind (72).

### **4.3 Kritik**

Die geringe Verfügbarkeit von Daten erlaubte keine komplexe statistische Analyse. Damit beschränkt sich diese Arbeit aufgrund lückenhafter Daten auf eine deskriptive Statistik. Ursächlich dafür war nicht nur die geringe Anzahl an Studien, sondern auch die restriktive Verwendung der genannten Einschlusskriterien, um eine möglichst einheitliche

Datenanalyse zu gewährleisten. Nur 37 von insgesamt 90 Studien konnten durch Berücksichtigung der Einschlusskriterien in diese Arbeit aufgenommen werden. Eine weitere Ursache für die geringen Literaturzitate ist auf die MeSH-bedingte Schlagwortsuche zurückzuführen. Dadurch war es möglich Arbeiten auszuschließen, die theoretisch hätten eingeschlossen werden können, aber aufgrund einer - von den Autoren bzw. der jeweiligen Datenbank PubMed ausgewählten - inkorrekt platzierten MeSH-Schlagwortes nicht gefunden werden konnten.

Obwohl sich diese Arbeit mit Studien von über 5000 operativen Eingriffen beschäftigt, fehlen innerhalb der Studien jedoch weitere objektive Daten zu den jeweiligen Patienten (nur Mittelwerte etc.), sodass komplexe statistische Zusammenhänge nicht durchleuchtet werden konnten. Auch während der Datenerhebung musste zugunsten einer besseren Differenzierung auf standardisierte Klassifikationen der Komplikationen, wie die Clavien-Dindo-Classification (74), verzichtet werden. Die mangelnde Datenlage der Studien verursachte vorwiegend Null-Resultate der Medianwerte. Dadurch musste deskriptiv entweder auf das arithmetische Mittel oder Summenangaben in Prozent ausgewichen werden.

Ein letzter Kritikpunkt ist die fehlende Gewichtung der Qualität der Studien, in deren Licht die Ausführungen und Schlussfolgerungen betrachtet werden müssen. Aufgrund der geringen Anzahl der eingeschlossenen Literaturzitate wurde daher in diesem Rahmen auf eine Gewichtung verzichtet.

#### **4.4 Konklusio**

Die aus dieser Arbeit hervorgehenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass bei der offenen Karpaltunnelspaltung die Inzision mindestens 3 cm betragen sollte, um möglichst operationspflichtige Komplikationen aufgrund einer mangelnden intraoperativen Sicht auf das OP-Gebiet zu verhindern.

Anhand der untersuchten Studien konnte gezeigt werden, dass sogenannte Mini-Inzisionen und atypische Inzisionsarten, die nicht auf Höhe des Retinakulums platziert sind, mit einer höheren Revisionsrate einhergehen. Allerdings muss das vor dem Hintergrund der geringen Publikationsrate und der deskriptiven Analyse kritisch gesehen werden.

In Hinblick auf die durchgeführte Anästhesiemethode zeigte die lokale Infiltration auf Höhe des Karpaltunnels gegenüber der Plexusanästhesie insofern Vorteile auf, da sie kosteneffizienter und mit weniger Fachpersonalaufwand durchgeführt werden kann.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei der geringen Anzahl an eingeschlossenen Studien zukünftig prospektive klinische Studien sinnvoll sind, die dabei ein besonderes Augenmerk auf die postoperativen Schmerzen und die Inzidenz an operationswürdigen Komplikationen legen.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Ibrahim I, Khan WS, Goddard N, Smitham P. Carpal tunnel syndrome: a review of the recent literature. *The open orthopaedics journal*. 2012;6:69-76. PubMed PMID: 22470412. Pubmed Central PMCID: 3314870.
2. Kreidler A, Machens H-G. Karpaltunnelsyndrom. In: Spanholtz T, Giunta R, editors. *TOP 10 in der Handchirurgie - Basis OPs*. 1. Auflage. München: Urban & Fischer Verlag; 2013. p. 33-46.
3. Wright JG, Swiontkowski MF, Heckman JD. Introducing levels of evidence to the journal. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2003 Jan;85-A(1):1-3. PubMed PMID: 12533564.
4. Schmidt H-M, Lanz U. *Chirurgische Anatomie der Hand*. 2 ed. Stuttgart: Thieme Verlag; 2003. 290 p.
5. Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. *Anatomie des Menschen*. 17 ed. Berlin, New York: Walter de Gruyter; 2003. 1314 p.
6. Lanz U. Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel. *The Journal of hand surgery*. 1977 Jan;2(1):44-53. PubMed PMID: 839054.
7. Komurcu HF, Kilic S, Anlar O. Relationship of Age, Body Mass Index, Wrist and Waist Circumferences to Carpal Tunnel Syndrome Severity. *Neurologia medico-chirurgica*. 2013 Nov 20. PubMed PMID: 24257492.
8. Lewis MH. Median nerve decompression after Colles's fracture. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1978 May;60-B(2):195-6. PubMed PMID: 659462.
9. Lynch AC, Lipscomb PR. The carpal tunnel syndrome and Colles' fractures. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1963 Aug 3;185:363-6. PubMed PMID: 13931921.
10. Gwathmey FW, Jr., Brunton LM, Pensy RA, Chhabra AB. Volar plate osteosynthesis of distal radius fractures with concurrent prophylactic carpal tunnel release using a hybrid flexor carpi radialis approach. *The Journal of hand surgery*. 2010 Jul;35(7):1082-8 e4. PubMed PMID: 20610052.
11. McClain EJ, Wissinger HA. The acute carpal tunnel syndrome: nine case reports. *The Journal of trauma*. 1976 Jan;16(1):75-8. PubMed PMID: 173872.
12. Barr WG, Blair SJ. Carpal tunnel syndrome as the initial manifestation of scleroderma. *The Journal of hand surgery*. 1988 May;13(3):366-8. PubMed PMID: 3379270.

13. Machet L, Vaillant L, Machet MC, Esteve E, Muller C, Khallouf R, et al. Carpal tunnel syndrome and systemic sclerosis. *Dermatology*. 1992;185(2):101-3. PubMed PMID: 1421620.
14. Solomon DH, Katz JN, Bohn R, Mogun H, Avorn J. Nonoccupational risk factors for carpal tunnel syndrome. *Journal of general internal medicine*. 1999 May;14(5):310-4. PubMed PMID: 10337041. Pubmed Central PMCID: 1496575.
15. Kwon JY, Ko K, Sohn YB, Kim SJ, Park SW, Kim SH, et al. High prevalence of carpal tunnel syndrome in children with mucopolysaccharidosis type II (Hunter syndrome). *American journal of medical genetics Part A*. 2011 Jun;155A(6):1329-35. PubMed PMID: 21567931.
16. Assmus H, Dombert T, Staub F. [Reoperations for CTS because of recurrence or for correction]. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefässe* 2006 Oct;38(5):306-11. PubMed PMID: 17080346. Rezidiv- und Korrekturingriffe beim Karpaltunnelsyndrom.
17. Clanet M, Mansat M, Durroux R, Testut MF, Guiraud B, Rascol A, et al. [Carpal tunnel syndrome, amyloid tenosynovitis and periodic hemodialysis]. *Revue neurologique*. 1981;137(10):613-24. PubMed PMID: 7323575. Syndrome du canal carpien, tenosynovite amyloïde et hémodialyse périodique.
18. Chammas M, Bousquet P, Renard E, Poirier JL, Jaffiol C, Allieu Y. Dupuytren's disease, carpal tunnel syndrome, trigger finger, and diabetes mellitus. *The Journal of hand surgery*. 1995 Jan;20(1):109-14. PubMed PMID: 7722249.
19. Palumbo CF, Szabo RM, Olmsted SL. The effects of hypothyroidism and thyroid replacement on the development of carpal tunnel syndrome. *The Journal of hand surgery*. 2000 Jul;25(4):734-9. PubMed PMID: 10913216.
20. Assmus H, Staub F. [Recurrences of carpal tunnel syndrome in long-term haemodialysis patients]. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie : Organ der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Mikrochirurgie der Peripheren Nerven und Gefässe* 2005 Jun;37(3):158-66. PubMed PMID: 15997426. Karpaltunnelsyndrom-Rezidive bei Langzeithämodialyse.
21. Chary-Valckenaere I, Kessler M, Mainard D, Schertz L, Chanliau J, Champigneulle J, et al. Amyloid and non-amyloid carpal tunnel syndrome in patients receiving chronic renal dialysis. *The Journal of rheumatology*. 1998 Jun;25(6):1164-70. PubMed PMID: 9632081.
22. Hirasawa Y, Ogura T. Carpal tunnel syndrome in patients on long-term haemodialysis. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery / Nordisk plastikkirurgisk forening [and] Nordisk klubb för handkirurgi*. 2000 Dec;34(4):373-81. PubMed PMID: 11195877.

23. Assmus H, Hashemi B. [Surgical treatment of carpal tunnel syndrome in pregnancy: results from 314 cases]. *Der Nervenarzt*. 2000 Jun;71(6):470-3. PubMed PMID: 10919141. Die operative Behandlung des Karpaltunnelsyndroms in der Schwangerschaft. Erfahrungsbericht anhand von 314 Fallen.
24. Voitk AJ, Mueller JC, Farlinger DE, Johnston RU. Carpal tunnel syndrome in pregnancy. *Canadian Medical Association journal*. 1983 Feb 1;128(3):277-81. PubMed PMID: 6821784. Pubmed Central PMCID: 1874761.
25. Phillips RS. Carpal tunnel syndrome as a manifestation of systemic disease. *Annals of the rheumatic diseases*. 1967 Jan;26(1):59-63. PubMed PMID: 6017061. Pubmed Central PMCID: 1031000.
26. Ferry S, Hannaford P, Warskyj M, Lewis M, Croft P. Carpal tunnel syndrome: a nested case-control study of risk factors in women. *American journal of epidemiology*. 2000 Mar 15;151(6):566-74. PubMed PMID: 10733038.
27. Lee Dellon A. Nerve Compression Syndromes. In: Weinzwieg J, editor. *Plastic Surgery Secrets Plus, SECOND EDITION*. second ed. Philadelphia, USA: MOSBY Elsevier; 2010. p. 887-92.
28. Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosen I. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. 1999 Jul 14;282(2):153-8. PubMed PMID: 10411196.
29. Mondelli M, Giannini F, Giacchi M. Carpal tunnel syndrome incidence in a general population. *Neurology*. 2002 Jan 22;58(2):289-94. PubMed PMID: 11805259.
30. Isik HS, Bostanci U. Experience of Carpal Tunnel Syndrome that operated using a limited uni skin incision. *Turkish neurosurgery*. 2011;21(2):177-80. PubMed PMID: 21534199.
31. Graham B. The value added by electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2008 Dec;90(12):2587-93. PubMed PMID: 19047703.
32. Assmus H, Antoniadis G, Bischoff C, Scheglmann K, Schwerdtfeger K, Towfigh H, et al. Diagnostik und Therapie des Karpaltunnelsyndroms. *AWMF online [Internet]*. 2012:[38 p.].
33. Rosenbaum RB, Ochoa JL. Carpal tunnel syndrome and other disorders of the median nerve. 2nd ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann; 2002.
34. Gunnarsson LG, Amilon A, Hellstrand P, Leissner P, Philipson L. The diagnosis of carpal tunnel syndrome. Sensitivity and specificity of some clinical and electrophysiological tests. *Journal of hand surgery*. 1997 Feb;22(1):34-7. PubMed PMID: 9061520.

35. MacDermid JC, Wessel J. Clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome: a systematic review. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*. 2004 Apr-Jun;17(2):309-19. PubMed PMID: 15162113.
36. American Association of Electrodiagnostic Medicine AAoN, American Academy of Physical M, Rehabilitation. Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome: summary statement. *Muscle & nerve*. 2002 Jun;25(6):918-22. PubMed PMID: 12115985.
37. O'Connor D, Marshall S, Massy-Westropp N. Non-surgical treatment (other than steroid injection) for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2003 (1):CD003219. PubMed PMID: 12535461.
38. Marshall S, Tardif G, Ashworth N. Local corticosteroid injection for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2007 (2):CD001554. PubMed PMID: 17443508.
39. Prime MS, Palmer J, Khan WS, Goddard NJ. Is there Light at the End of the Tunnel? Controversies in the Diagnosis and Management of Carpal Tunnel Syndrome. *Hand*. 2010 Dec;5(4):354-60. PubMed PMID: 22131913. Pubmed Central PMCID: 2988120.
40. Verdugo RJ, Salinas RA, Castillo JL, Cea JG. Surgical versus non-surgical treatment for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2008 (4):CD001552. PubMed PMID: 18843618.
41. Baguneid MS, Sochart DH, Dunlop D, Kenny NW. Carpal tunnel decompression under local anaesthetic and tourniquet control. *Journal of hand surgery*. 1997 Jun;22(3):322-4. PubMed PMID: 9222909.
42. Braithwaite BD, Robinson GJ, Burge PD. Haemostasis during carpal tunnel release under local anaesthesia: a controlled comparison of a tourniquet and adrenaline infiltration. *Journal of hand surgery*. 1993 Apr;18(2):184-6. PubMed PMID: 8501369.
43. Gibson M. Outpatient carpal tunnel decompression without tourniquet: a simple local anaesthetic technique. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 1990 Nov;72(6):408-9. PubMed PMID: 2241063. Pubmed Central PMCID: 2499275.
44. Tzarnas CD. Carpal tunnel release without a tourniquet. *The Journal of hand surgery*. 1993 Nov;18(6):1041-3. PubMed PMID: 8294739.
45. Rodner CM, Katarinicic J. Open Carpal Tunnel Release. *Techniques in Orthopaedics*. 2006 March;21(1):3-11.
46. Avci S, Sayli U. Carpal tunnel release using a short palmar incision and a new knife. *Journal of hand surgery*. 2000 Aug;25(4):357-60. PubMed PMID: 11058003.

47. Doyle JR, Carroll RE. The carpal tunnel syndrome. A review of 100 patients treated surgically. *California medicine*. 1968 Apr;108(4):263-7. PubMed PMID: 5652744. Pubmed Central PMCID: 1503097.
48. Zifko U, Worsieg A. *Das Karpaltunnelsyndrom, Diagnose und Therapie*. Austria: Springer Verlag; 1999. 155 p.
49. Scholten RJ, Mink van der Molen A, Uitdehaag BM, Bouter LM, de Vet HC. Surgical treatment options for carpal tunnel syndrome. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2007 (4):CD003905. PubMed PMID: 17943805.
50. Agee JM, McCarroll HR, Jr., Tortosa RD, Berry DA, Szabo RM, Peimer CA. Endoscopic release of the carpal tunnel: a randomized prospective multicenter study. *The Journal of hand surgery*. 1992 Nov;17(6):987-95. PubMed PMID: 1430964.
51. Chow JC. Endoscopic release of the carpal ligament: a new technique for carpal tunnel syndrome. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 1989;5(1):19-24. PubMed PMID: 2706047.
52. Chow JC. The Chow technique of endoscopic release of the carpal ligament for carpal tunnel syndrome: four years of clinical results. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 1993;9(3):301-14. PubMed PMID: 8323616.
53. Sorensen AM, Dalsgaard J, Hansen TB. Local anaesthesia versus intravenous regional anaesthesia in endoscopic carpal tunnel release: a randomized controlled trial. *The Journal of hand surgery, European volume*. 2013 Jun;38(5):481-4. PubMed PMID: 22759488.
54. Wood SH, Logan AM. A local anaesthetic technique for endoscopic carpal tunnel release. *Journal of hand surgery*. 1999 Jun;24(3):298-9. PubMed PMID: 10433440.
55. Schuh A, Schuh R. [Experiences with 925 outpatient operations of carpal tunnel syndrome]. *Zentralblatt für Chirurgie*. 2002 Mar;127(3):224-7. PubMed PMID: 11935487. Erfahrungen aus 925 ambulant durchgeführten Operationen des Karpaltunnelsyndroms.
56. Roth JH, Richards RS, MacLeod MD. Endoscopic carpal tunnel release. *Canadian journal of surgery Journal canadien de chirurgie*. 1994 Jun;37(3):189-93. PubMed PMID: 8199935.
57. Davies BW, Pennington GA, Fritz AM. Two-portal endoscopic carpal tunnel release: an outcome analysis of 333 hands. *Annals of plastic surgery*. 1998 May;40(5):542-8. PubMed PMID: 9600444.

58. Ghaly RF, Saban KL, Haley DA, Ross RE. Endoscopic carpal tunnel release surgery: report of patient satisfaction. *Neurological research*. 2000 Sep;22(6):551-5. PubMed PMID: 11045014.
59. Shapiro S. Microsurgical carpal tunnel release. *Neurosurgery*. 1995 Jul;37(1):66-70. PubMed PMID: 8587693.
60. Atroshi I, Johnsson R, Ornstein E. Endoscopic carpal tunnel release: prospective assessment of 255 consecutive cases. *Journal of hand surgery*. 1997 Feb;22(1):42-7. PubMed PMID: 9061522.
61. Lam CH, Yeung SH, Wong TC. Endoscopic carpal tunnel release: experience of surgical outcome in a Chinese population. *Hong Kong medical journal = Xianggang yi xue za zhi / Hong Kong Academy of Medicine*. 2010 Apr;16(2):126-31. PubMed PMID: 20354247.
62. Schuh A, Schuh R. Die Involvierung des Ramus thenaris nervi mediani beim Karpaltunnelsyndrom. *Orthopädische Praxis*. 1998;34:415-8.
63. Brown RA, Gelberman RH, Seiler JG, 3rd, Abrahamsson SO, Weiland AJ, Urbaniak JR, et al. Carpal tunnel release. A prospective, randomized assessment of open and endoscopic methods. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1993 Sep;75(9):1265-75. PubMed PMID: 8408148.
64. Chow JC. Endoscopic release of the carpal ligament for carpal tunnel syndrome: 22-month clinical result. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 1990;6(4):288-96. PubMed PMID: 2264896.
65. Beck JD, Deegan JH, Rhoades D, Klena JC. Results of endoscopic carpal tunnel release relative to surgeon experience with the Agee technique. *The Journal of hand surgery*. 2011 Jan;36(1):61-4. PubMed PMID: 21193127.
66. Tzaan WC, Lui TN, Lee ST. Midpalmar accurate incision for carpal tunnel release. *Chang Gung medical journal*. 2005 Feb;28(2):97-103. PubMed PMID: 15880985.
67. Al-Qattan MM. The anatomical site of constriction of the median nerve in patients with severe idiopathic carpal tunnel syndrome. *Journal of hand surgery*. 2006 Dec;31(6):608-10. PubMed PMID: 17011089.
68. Martin CH, Seiler JG, 3rd, Lesesne JS. The cutaneous innervation of the palm: an anatomic study of the ulnar and median nerves. *The Journal of hand surgery*. 1996 Jul;21(4):634-8. PubMed PMID: 8842957.
69. Lichtman DM, Florio RL, Mack GR. Carpal tunnel release under local anesthesia: evaluation of the outpatient procedure. *The Journal of hand surgery*. 1979 Nov;4(6):544-6. PubMed PMID: 512313.

70. Altissimi M, Mancini GB. Surgical release of the median nerve under local anaesthesia for carpal tunnel syndrome. *Journal of hand surgery*. 1988 Nov;13(4):395-6. PubMed PMID: 3249135.
71. Nabhan A, Steudel WI, Dedeman L, Al-Khayat J, Ishak B. Subcutaneous local anesthesia versus intravenous regional anesthesia for endoscopic carpal tunnel release: a randomized controlled trial. *Journal of neurosurgery*. 2011 Jan;114(1):240-4. PubMed PMID: 20415525.
72. Gebhard RE, Al-Samsam T, Greger J, Khan A, Chelly JE. Distal nerve blocks at the wrist for outpatient carpal tunnel surgery offer intraoperative cardiovascular stability and reduce discharge time. *Anesthesia and analgesia*. 2002 Aug;95(2):351-5, table of contents. PubMed PMID: 12145050.
73. Steinberg RB, Reuben SS, Gardner G. The dose-response relationship of ketorolac as a component of intravenous regional anesthesia with lidocaine. *Anesthesia and analgesia*. 1998 Apr;86(4):791-3. PubMed PMID: 9539603.
74. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Annals of surgery*. 2004 Aug;240(2):205-13. PubMed PMID: 15273542. Pubmed Central PMCID: 1360123.