

Aus der
Chirurgischen Klinik
des Akademischen Lehrkrankenhauses Marien-Hospital
Euskirchen
Chefarzt Prof. Dr. Hans Schwering

Zur Differenzialtherapie des Karpaltunnelsyndroms

INAUGURAL - DISSERTATION
zur
Erlangung des doctor medicinae
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster

Vorgelegt von:
Thomas Beyer

aus
Düsseldorf

2004

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms Universität zu Münster**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Heribert Jürgens

1. Berichterstatter: Prof. Dr.med. Hans Schwering
2. Berichterstatter: Prof. Dr.med. P. Preusser

Tag der mündlichen Prüfung:
12.11.2004

Aus der
Chirurgischen Klinik des Akademischen Lehrkrankenhauses
Marien-Hospital Euskirchen: Chefarzt Prof. Dr. Hans Schwering

Referent: Prof. Dr. med. Hans Schwering
Koreferent: Prof. Dr. med. P. Preusser

Zusammenfassung

Zur Differenzialtherapie des Karpaltunnelsyndroms

Beyer, Thomas

Die Entwicklung spezieller Operationsinstrumentarien wie der Endoskope, haben zu einer methodischen Vielfalt im operativ-differenzialtherapeutischen Konzept des Karpaltunnelsyndroms geführt. Als Alternative zur offenen Operationsmethodik, die noch immer als Goldstandard gilt, haben sich eine modifizierte offene Operationstechnik sowie eine endoskopische Operationstechnik herausgebildet. Der Vergleich dieser modifizierten offenen mit der endoskopischen Operationstechnik ist das Ziel der vorliegenden Arbeit.

In der Gegenüberstellung mit der klassischen offenen Operationstechnik weisen beide Verfahren den Vorteil einer verkürzten Arbeitsunfähigkeit, einer stark verminderten Inzidenz postoperativer Dysästhesien im Narbenbereich und einer frühen positiven Akzeptanz auf; der Preis für den hierdurch vorgegebenen Patientenkomfort besteht jedoch in der Inkaufnahme erhöhter Risiken einer iatrogenen Nervenläsion. Sie trifft in erster Linie den Ramus muscularis nervi mediani ad pollicem. Wenn sich dieses Risiko verwirklicht, ist es von katastrophaler Bedeutung für die Funktion der Hand.

Die modifizierte offene Operationstechnik und die endoskopische Operationstechnik sollten daher dem übersichtlichen Operations situs vorbehalten bleiben; der Operateur darf sich nicht scheuen, jederzeit zu der risikoärmeren offenen Operationstechnik zu wechseln.

Die speziellen Risiken der Neurotomie sind aus medikollegialer Sicht unerlässliche Bestandteile der Operationsaufklärung des Patienten und müssen daher im Aufklärungsgespräch thematisiert werden!

Tag der mündlichen Prüfung: 12.11.2004

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

	Seite
1. Einführung	1
2. Anatomie, Ätiologie, Histologie des Karpaltunnelsyndroms	2
2.1 Anatomie	2
2.2 Ätiologie	3
2.3 Histologie	4
3. Pathophysiologie	5
4. Symptomatik	7
5. Diagnostik	8
6. Therapie des Karpaltunnelsyndroms	10
6.1. Standardtherapie des Karpaltunnelsyndroms	10
6.1.1. Nichtoperative Standardtherapie des Karpaltunnelsyndroms	10
6.1.2. Operative Standardtherapie	10
6.2. Endoskopische Karpaltunnelspaltung und neue Entwicklungen bei den offenen Techniken	12
6.2.1. Die Entwicklung endoskopischer Techniken	12
6.2.2. Die Entwicklung der endoskopischen Karpaltunnelspaltung nach AGEE	14
6.3. Die Darstellung der Operationsmethode nach AGEE	16
6.4. Die Darstellung der modifizierten Karpaltunnelspaltung	19
6.4.1. Abschließende operative Maßnahmen	20
6.4.2. Postoperativer Verlauf	20
7. Material und Methoden	21
8. Ergebnisse	22
8.1. Postoperativer Verlauf nach klassischer offener Karpaltunneldachspaltung	22
8.2. Postoperativer Verlauf nach modifizierter offener Karpaltunneldachspaltung	23
8.3. Postoperativer Verlauf nach endoskopischer Karpaltunneldachspaltung	24
9. Diskussion	25
10. Literaturverzeichnis	34

1. Einführung

Das Krankheitsbild des Karpaltunnelsyndroms wird erstmals von Sir James Paget 1854 beschrieben (*Paget 1854*). P. Mali und C. Foinx formulierten 1913 die Hypothese einer Nervenkomplexkompression unterhalb des Ligamentum carpi transversum. Sie führten erstmals histologische Untersuchungen durch und postulierten eine operative Therapie durch Karpaltunneldachspaltung. Die chirurgische Behandlung begann jedoch erst 1933 durch Sir. J. Learmonth; erst 1946 gewann die Karpaltunneldachspaltung durch W.B. Cannon und J.B. Love an Bedeutung. Bisher verhalf der operativen Therapie in den fünfziger Jahren Dank eines klaren pathophysiologischen Konzeptes zum Durchbruch. In der Folgezeit wurden zahlreiche operative Varianten beschrieben, zum Teil ausgedehnte mikrochirurgische interfascikuläre Neurolysen durchgeführt und Komplikationen analysiert (*Curtis und Evermann 1973, Conolly 1978, Eason et al 1985, Mac Donald et al 1978*).

2. Anatomie, Ätiologie, Histologie des Karpaltunnelsyndroms

2.1 Anatomie

Gemeinsam mit dem N. radialis und dem N. ulnaris entspringt der N. medianus dem Plexus brachialis, der aus den Spinalnerven C4 bis C8 sowie TH 1 gebildet wird. Der N. medianus geht aus der Vereinigung der medialen und lateralen Faszikel hervor. Seine motorischen Axone innervieren einen großen Teil der Flexoren des Unterarms und der Hand sowie den Tenar, der vom Ramus muscularis ad pollicem versorgt wird. Seine sensiblen Fasern sind für die Sensibilität der Haut über der Handwurzel, der Hohlhand und der Beugeseite der Finger D1 bis D3 sowie der radialen Seite D4 verantwortlich. Im distalen Bereich des Unterarms tritt der N. medianus unter dem Bauch des Musculus flexor digitorum superficialis nach palmar hervor und tritt dann mit den jeweils 4 Sehnen des Musculus flexor digitorum superficialis et profundus und der Sehne des Musculus flexor pollicis longus in den Canalis carpi ein. Zuvor gibt er einen sensiblen Ast ab, der die Haut über der Handwurzel und dem Daumenballen versorgt (*Frick et al 1980, Sobotta und Becher, 1977*).

Der Karpalkanal verbindet den distalen Unterarm mit der Hohlhand. Sein Dach bildet das Retinaculum flexorum, das von der Eminentia carpi radialis zur Eminentia carpi ulnaris zieht. Erstere wird vom Os scaphoideum und vom Os trapezium, letztere vom Os pisiforme und Os hamatum gebildet (*Waldeyer 1975*). Mit dem Retinaculum verwachsen ist die darüberliegende Palmaraponeurose, in die die Sehne des Musculus palmaris longus einstrahlt (*Schmidt et al 1987*). Der Boden des Karpaltunnels wird durch die distale und proximale Reihe der konkav ausgestalteten Handwurzelknochen gebildet, die jeweils von inter- und extrakarpalen Bändern bedeckt wird (*Schmidt und Lanz 1992*). Der N. medianus liegt zumeist auf den oberflächlichen Beugesehnen des 2. und 3. Fingers.

In etwa 40 Prozent ist er radial der Mitte im Kanal gelegen, in etwa 20 Prozent genau mittig. Er kann aber auch nach radial und ulnar abweichen. Distal teilt er sich in die Fingernerven D1, D2, D3 und radial D4 auf (*Cremer et al 1994*).

Von großer klinischer Bedeutung ist der Abgang des motorischen Nervenastes (Ramus muscularis nervi mediani ad pollicem), der in seinem Ursprung aus dem Nervus medianus eine große anatomische Varianz aufweist. In 46 Prozent aller Fälle entspringt er distal vom Ligament aus dem lateralen Anteil. Von größter Bedeutung für die chirurgische Therapie sind folgende anatomische Varianten: in 31 Prozent findet sich ein subligamentärer Abgang, in 23 Prozent ein transligamentärer Verlauf. In wenigen Fällen liegt die Abgangsstelle auf der ulnaren Seite des N. medianus und verdient dann besondere Berücksichtigung bei der operativen Therapie (*Schmidt und Lanz 1992*).

2.2 Ätiologie

Das Karpaltunnel-Syndrom stellt mit einer Inzidenz von 0,1 – 0,3 Prozent in der gesamten Bevölkerung das häufigste periphere Nervenkompressionssyndrom überhaupt dar. Hieraus ergibt sich seine große soziale und gesundheitsökonomische Bedeutung (*Brüser 1995, Hagen und Sennwald 1990, Inglis et al 1972, Nordstrom et al 1998, Stevens et al 1988*). Bevorzugt werden Frauen betroffen. Der Erkrankungsgipfel liegt im 5. und 6. Dezennium (*Kaplan et al 1990, Nigst et al 1981*).

Ursächlich für das Karpaltunnelsyndrom ist ein Missverhältnis zwischen Platzangebot zur Größe der Strukturen im Karpaltunnel. Dieses Missverhältnis führt zu einer Druckerhöhung. Der physiologische Druck im Karpaltunnel liegt bei 2,2 mm Hg und kann durch Flexions- und Extensionsbewegungen eine 12-fache Drucksteigerung erfahren.

Im Erkrankungsfall werden durchschnittliche Drücke zwischen 17 und 32 mm Hg gemessen (*Gelbermann et al 1981, Okutsu et al 1989*). Eine multifaktorielle Entstehung des Karpaltunnelsyndroms ist gesichert. Ursächlich spielen eine **Verkleinerung des Karpaltunnelvolumens** oder eine **Volumenzunahme im Karpaltunnel** eine Rolle. Eine Verkleinerung des Karpaltunnelvolumens kann aus einer Verdickung des Ligamentum flexorum oder aus einer Vergrößerung des knöchernen Tunnelbodens durch Osteophyten, aktivierter Arthrosen, knöcherner Fehlstellungen nach Frakturen oder Luxationen, selten durch Tumoren verursacht sein. Eine Volumenzunahme im Karpaltunnel kann auf einer Ödembildung (Schwangerschaft, Myxödem, Klimakterium, venöse Stauungen), auf einer posttraumatischen Situation (Ödem, Hämatom, Narbenbildung), auf einer Ganglienentwicklung im Karpaltunnel, auf Veränderungen der Sehnenscheiden (rheumatische Erkrankung, reaktive Hyperplasie, Tuberkulose), auf anatomischen Anomalien (tiefreichende Muskelbäuche) oder selten auf Neoplasien beruhen.

2.3 Histologie

Der N. medianus ist ein polyfaszikulärer Nerv; die Anzahl seiner Faszikel variiert zwischen 15 und 45, im Durchschnitt beträgt sie 35 (*Rayan 1999*). Das Endothel der intrafaszikulären Kapillaren bildet die Blutnervenschranke, das Perineurium stellt eine Diffusionsbarriere für die Proteine dar. Ihre Aufgabe ist es, einen milden positiven endoneuralen Flüssigkeitsdruck aufrecht zu erhalten (*Lundborg und Dahlin 1996*).

3. Pathophysiologie

Der axonale Transport schafft synthetisierte Substanzen wie Neuroproteine, Neuropeptide und Glykoproteine vom Zellkörper zu den Nervenenden und befördert Abbauprodukte und Enzyme sowie Wachstumsfaktoren in die Gegenrichtung. Vasoaktive intestinale Peptide werden als wesentlicher Bestandteil des axonalen Transportes betrachtet und spielen eine Rolle bei der Kompressionsneuropathie und bei der Nervenregeneration bzw. Degeneration. Bei der Kompressionsneuropathie ist der axonale Transport behindert und/oder unterbrochen, was distal der Kompressionsstelle zu metabolischen Störungen führt. Daraus ergibt sich eine Störung der Natrium-Kalium-Pumpe, der Blutnervenschranke und der perineuralen Diffusionsbarriere. Der intrazelluläre Druck ist für eine adäquate intrafaszikuläre Zirkulation und Ernährung von Bedeutung. Aus dem wachsenden Druck innerhalb des Karpaltunnels resultieren Schäden im N. medianus: zunächst kommt es zu einer venösen Obstruktion mit nachfolgender Hypoxie, dann zu einer Anoxie, die kapilläre Schäden und Ödeme verursacht, im fortgeschrittenen Stadium durch Störung der arteriellen Perfusion zu einer irreversiblen Fibrose (*Lundborg und Dahlin, 1996*). Dicke Nervenstränge sind gefährdeter als dünne, myelinisierte Fasern weniger widerstandsfähig als nichtmyelinisierte, eine geringe Bindegewebsmenge ist anfälliger als eine ausgeprägte. Oberflächlich lokalisierte Nervenfasern im Nerven sind gefährdeter als tiefer liegende.

Periphere Nerven haben die Befähigung sich gegen mechanische Kräfte zu schützen. Das Bindegewebsgerippe stellt einen Schutzmechanismus gegen Druck dar, die elastischen Eigenschaften wirken Traktionskräften entgegen, eine Dehnung bis zu 20 Prozent wird ohne Dauerschaden toleriert. Eine chronische Überbeanspruchung führt zu einer Zunahme der Vaskularisierung, Verdickung der Bindegewebelemente im Epineurium und gleichzeitiger Ausdünnung der Myelinisierung und axonaler Degeneration mit Demyelinisierung und Wallerscher Degeneration (*Ryan, 1999*).

Makroskopisch ist der Nerv am Ort der Kompensation verdünnt. Proximal und distal findet sich eine Schwellung, ein sogenanntes Pseudoneurom, das auf einem Stau des axonalen Transportes sowie einer entzündlichen Reaktion mit Steigerung der Gefäßpermeabilität und Ödembildung beruht. Im ersten Stadium der Schädigung entsteht ein Leitungsblock, im zweiten Stadium geht die Leitfähigkeit auch peripher der Läsion verloren. Die Erhaltung der endoneuralen Strukturen führt auch im zweiten Stadium noch zu keiner Aberation, die Befähigung zur Aussprossung der Axone aus den proximalen Axonstümpfen in die richtige Richtung bleibt erhalten. Dementsprechend kommt es bei dieser Form des Schadens durch Wegfall der Schadensursache zu einer weitgehenden Besserung. Die benötigte Zeit ist allerdings länger als im ersten Stadium.

4. Symptomatik

Die ältere Bezeichnung „Brachialgia paraesthetica nocturna“ kennzeichnet die bevorzugt nächtlich beziehungsweise frühmorgendlich auftretende Schmerzsymptomatik, verbunden mit Einschlafgefühlen und Kribbelparaesthesien im Versorgungsgebiet des N. medianus. Diese Problematik tritt bei 80 Prozent aller Patienten auf. Durch die nächtliche Reduktion der Bewegungen fällt die Funktion der Muskelpumpe aus, der venöse Rückstrom sistiert. Die Druckerhöhung im Karpalkanal führt zu den beschriebenen Symptomen die durch Schütteln oder Massieren der Hände zu beseitigen versucht wird (*Nau, 1989*). Die klinische Symptomatik wird in drei Stadien eingeteilt (*Gerl und Fuchs, 1980, Loew und Martini 1991, Wessinghage 1974*):

Stadium 1: Zeitweise auftretende, reversible Schmerzen bzw. Parästhesien ohne objektivierbare neurologische Veränderungen.

Stadium 2: Ständiges Taubheitsgefühl und objektivierbare neurologische Veränderungen.

Stadium 3: Ausgebreitete Taubheitsgefühle, Atrophie der Daumenballenmuskulatur.

Gelegentlich vorkommende anatomische Querverbindungen zum N. ulnaris lassen diese Symptomatik auch in dessen Versorgungsgebiet auftreten.

5. Diagnostik

Der Anamnese folgt auch in diesem Falle die Befunderhebung. Bei den Funktionstests ist die Beweglichkeit zu überprüfen, insbesondere der Spitzgriff des Daumens zum Kleinfinger ohne Endgelenksbeugung zu registrieren. Die Kraftentwicklung des Daumenballens im Vergleich zur Gegenseite wird überprüft, Schmerzen beim Faustschluß werden registriert (*Fricker et al 2001*). Über vorliegende Sensibilitätsstörungen gibt der sogenannte Hoffman-Tinel-Test Auskunft: bei Beklopfen des N. medianus proximal der Handgelenksbeugefalte treten Schmerzen bzw. Parästhesien in den Fingern auf. Der Phalantest weist Sensibilitätsstörungen beim Überstrecken der Finger und des Handgelenks auf. Die Zweipunktgediskriminierungsfähigkeit im Versorgungsgebiet des Nerven wird registriert.

Unerlässlich ist die neurophysiologische Untersuchungsmethode zur Sicherung der Diagnose. Sie eignet sich besonders in der Frühphase der Erkrankung, wenn noch keine Atrophien oder Kraftminderungen vorliegen. Die elektromyographische Untersuchung (EMG) liefert Werte für die distale motorische Latenz (DML) und für die Nervenleitgeschwindigkeit (NLG), wobei die sensible Nervenleitgeschwindigkeit empfindlicher als die motorische Nervenleitgeschwindigkeit in der Entwicklung der Erkrankung reagiert (*Duensing et al 1974, Richter und Thoden 1977*). Die Werte werden sinnvoller Weise im Vergleich zur Gegenseite ermittelt und beziehen den N. ulnaris als Referenz in die Messung mit ein. So lässt sich eine Differenzierung des Ortes der Nervenschädigung vornehmen und zum Beispiel eine Polyneuropathie ausschließen. Die DML gilt als pathophysiologisch bei Werten größer als 4,5 m/s, die sensible Nervenleitgeschwindigkeit ist mit Werten von kleiner 40 m/s pathologisch (*Mailänder und Berger 1996*). In Fällen, in denen kein motorisches Antwortpotential erhältlich ist, wird ein EMG der Muskeln des Unterarms durchgeführt, um Läsionen des N. medianus proximal des Handgelenks auszuschließen.

Darüber hinaus sollte ein Elektromyogramm durchgeführt werden, wenn auf Grund des klinischen Befundes eine zusätzliche Radikulopathie oder andere Begleiterkrankungen vermutet werden. Die Handtemperatur muss bei allen Tests über 31 Grad Celsius liegen.

Nach der Befunderhebung wird eine elektrophysiologische Klassifikation durchgeführt. Diese basiert auf klaren elektrophysiologischen Cut-Offs (normale oder pathophysiologische NLG, Vorhandensein oder Fehlen von elektrischen Potentialen). Jede Hand wird einem der sechs elektroneurophysiologischen Schweregrade zugeordnet:

1. Extremes Karpaltunnelsyndrom: Abwesenheit von motorischen oder sensiblen Antworten im Tenar.
2. Schweres Karpaltunnelsyndrom: Abwesenheit von mindestens einem der beiden SNLG zwischen Handgelenk und Finger, sowie verlangsamte distale motorische Latenz (DML).
3. Moderates Karpaltunnelsyndrom: Verlangsamte SNLG zwischen Handgelenk und Finger sowie verlangsamte DML.
4. Mildes Karpaltunnelsyndrom: Verlangsamte SNLG bei normalem DML.
5. Minimales Karpaltunnelsyndrom: Elektroneurophysiologisch unauffälliger Standardbefund mit pathologischen Tests.
6. Negatives Karpaltunnelsyndrom: Unauffälliger Befund in allen Tests.

Auch die bildgebende Diagnostik ermöglicht eine Objektivierung der anatomischen Verhältnisse im Canalis Carpi:

Sonografie, Computertomografie und Magnetresonanztomografie bilden den Karpaltunnel ab.

6. Therapie des Karpaltunnelsyndroms

6.1 Standardtherapie des Karpaltunnelsyndroms

6.1.1. Nichtoperative Standardtherapie des Karpaltunnelsyndroms

Die Standardtherapie des Karpaltunnelsyndroms ist die Spaltung des Retinakulum flexorum. Pro Jahr werden in Deutschland etwa 110 00 Eingriffe ausgeführt. Trotzdem haben Nichtoperative Therapieansätze in Form ruhigstellender Schienenverbände, systemischer Arzneimittelapplikationen, lokaler Kortikoidinjektionen und physikalische Maßnahmen (Handbäder, Reizströme, Kurzwellen- und Ultraschallbestrahlung) einen Platz in der Therapie, bevorzugt des leichten Karpaltunnelsyndroms.

Dauerhafte Besserungen werden in 13% - 40% der Fälle angegeben (*Rickert et al 2001, Gelbermann et al 1980, Green 1984*).

6.1.2. Operative Standardtherapie

Der Eingriff wird grundsätzlich in Oberarmblutleere ausgeführt. Die Schnittführung beläuft sich über ca. 5 cm über dem Karpaltunnel und ist S-förmig ausgestaltet.

Vom distalen Handgelenk wird ein Hautschnitt, zumeist ulnar der Sehne des Musculus palmaris longus, entlang des Tenarrandes, geführt, wobei die palmaren Hautäste des Nervus Medianus und Ulnaris zu schonen sind. Die Subcutis wird längs durchtrennt, kleine Gefäße werden koaguliert.

Es folgt die Spaltung der Faszia antebrachii, damit ist der proximale Anteil des Ligamentum carpi transversum dargestellt. Nach Spaltung der Aponeurose in der Hohlhand in Längsrichtung wird der distale Anteil des Ligamentum carpi transversum unter Schonung des oberflächlichen Hohlhandbogens durchtrennt.

Es folgt die Darstellung des Nervus medianus in seiner distalen Aufzweigung.

Besonderer Wert wird auf die Präparation des Ramus muscularis ad pollicem gelegt. Hierbei können unter Sicht mögliche Unregelmäßigkeiten beobachtet werden.

Meistens wird die Läsion des Nervus medianus durch eine typische Schürfurche sichtbar. Bei Verwachsungen des Nerven mit dem Bindegewebe, die zu einer Traktionsneuropathie führen, ist es leicht möglich, eine interfaszikuläre Neurolyse durchzuführen. Die interfaszikuläre Neurolyse stellt eine epineurale Neurolyse dar.

Dieses seit den fünfziger Jahren praktizierte und mittlerweile als klassisch zu bezeichnende Vorgehen erlaubt eine Sichtkontrolle in jeder Phase der Operation, die Diagnose kann intraoperativ überprüft werden, der materielle und personelle Aufwand ist gering.

6.2. Endoskopische Karpaltunnelspaltung und neue Entwicklungen bei den offenen Techniken

6.2.1. Die Entwicklung endoskopischer Techniken

Okutsu et al., die sich schon seit Mitte der 80er Jahre mit der EKTSP beschäftigten (*OKUTSU et al. 1986*), beschrieben eine Ein-Portal-Technik. Nach einer Inzision im Bereich der Handgelenksbeugefalte führten sie ein in einer durchsichtigen Plastikhülle befindliches Endoskop in den Kanal ein. Anschließend wurde das LTC mittels eines Hakenmesserchens, das neben der durchsichtigen Kanüle eingebracht wurde, durchtrennt (*OKUTSU et al. 1989*). Chow et al. entwickelten eine Zwei-Portal-Technik. Ebenfalls von einer Inzision im Bereich der Handgelenksbeugefalte ausgehend, führte er eine nach palmar offene Metallkanüle in den Karpalkanal, wobei er die Kanüle mittels einer zweiten Inzision in der Hohlhand wieder ausführte. Nach weiteren Arbeitsschritten erfolgte die Durchtrennung des LTC ebenfalls unter Sicht durch verschieden geformte Messerchen (*CHOW et al. 1989*).

Agee, dessen Ein-Portal-Technik noch später ausführlich geschildert wird (*AGEE 1992, 1994, 1995*), führte zudem neue Operationsinstrumente ein.

Die zunächst wegen angeblich geringerer Nebenwirkungen und kaum vorhandener Komplikationen euphorisch beschriebenen Techniken mussten nach vereinzeltm Auftreten ernsthafter Komplikationen selbst von ihren Entdeckern kritischer betrachtet werden. So zog Agee sein Instrumentarium zur Neugestaltung zeitweilig zurück. Chow veränderte seine technische Herangehensweise: nachdem er zunächst eine transbursale Variante bevorzugte, empfahl er später eine extrabursale Annäherung (*CHOW et al. 1993, 1994, 1996*). Neben den Erstbeschreibern, die ständig ihre Arbeit weiter evaluierten und von weiteren Arbeitsgruppen unterstützt wurden (*BROWN et al. 1993; COBB 1995, ERHARD 1999, PALMER 2000*), entwickelten andere Arbeitsgruppen neue Varianten der Herangehensweise. So beschrieben MIRZA et al. einen distalen Zugang der uniportalen endoskopischen Technik (*MIRZA et al. 1996*).

Andere Arbeitsgruppen entwickelten in der Annahme, die Vorteile der neuen Techniken mit der Sicherheit der offenen Karpaltunnelspaltung verbinden zu können, neue offene Techniken mit minimalen Inzisionen, die sich im Wesentlichen durch die Anzahl ihrer Zugangsweisen, nämlich durch die Ein-Inzisionstechnik (**BROMLEY et al. 1994 zit. N. MIRZA et al. 1993; THIES 1999**) und die Zwei-Inzisionstechnik (**BIYANNI et al. 1993; WILSON 1994**) voneinander unterscheiden. Es gab auch die Kombination der offenen mit der endoskopischen Technik (**PENNINO al. 1996**). Daneben wurde im Rahmen der offenen Technik die Möglichkeiten der Epineurotomie untersucht, (**BLAIR et al. 1996**) und sogar Versuche unternommen, das LTC zu rekonstruieren (**JAKOB et al. 1991**).

Mittlerweile wird die Wirksamkeit der EKTSP kaum noch bestritten. So konnte nachgewiesen werden, dass sich nach EKTSP der Druck im Karpalkanal auf normale Werte reduziert (**OKUTSO et al. 1989; HAMANKA et al. 1995**). Bezüglich des postoperativen Druckes im Karpalkanal nach EKTSP und OKTSP bestehen keine signifikanten Differenzen (**BROWN et al. 1993**).

Trotz der Vielzahl der unterschiedlichen technischen Herangehensmöglichkeiten, gibt es nur wenige Untersuchungen, die diese Techniken direkt vergleichen. Die Untersuchungen, die direkte Vergleiche zwischen offenen und endoskopischen Verfahren zum Ziel hatten, sowie die Übersichtsarbeiten zu diesem Thema werden später in dieser Arbeit noch eingehend diskutiert.

6.2.2 Die Entwicklung der endoskopischen Karpaltunnelspaltung nach AGEE

1990 wurde von AGEE und dem Laboratory of Handbiomechanics in Sacramento ein neues endoskopisches Gerät in die chirurgische Technik eingeführt. In einer randomisierten prospektiven Multicenter-Studie zeigten Agee et al., dass die Patienten, die nach ihrer Technik operiert wurden, erheblich früher gesunden und zur Arbeit gehen konnten als die Patienten der Kontrollgruppe. Hinsichtlich der Nebenwirkungen wurde lediglich festgestellt, dass bei einem Patienten das LTC nicht komplett gespalten war; zwei Patienten hatten eine vorübergehende Neuropraxie des Nervus ulnaris (*AGEE et al. 1992*). Andere Arbeitsgruppen sahen die Methode und das Instrumentarium kritischer. So kamen Brown et al. zum Ergebnis, dass die Technik nach Chow einfacher und sicherer sei als die Ein-Portal-Technik nach Agee (*BROWN et al. 1993*). Feinstein et al. kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die postoperative Morbidität geringer sei und dass die Patienten erheblich schneller zur Arbeit zurückkehrten, doch ihrer Studie zufolge machte eine höhere Rate an schweren Komplikationen diese Fortschritte zunichte. Nicht allein die „Lernkurve“ sondern auch die Prozedur und das Instrumentarium als solches wurden für die eingetretenen Komplikationen verantwortlich gemacht (*FEINSTEIN et al. 1993*). Nach diesen Berichten und persönlichen Rückmeldungen wurde das erste endoskopische Instrumentarium vom Markt zurückgezogen, da die Optik nicht den exakten Punkt der Penetration des Messerchens in das LTC zeigte.

Ferner gab es wohl Probleme, die mit der Reichweite des Messerchens zusammenhingen. Schon einige Monate später kam das bis heute benutzte verbesserte Instrumentarium auf den Markt, welches nun direkte Sicht auf den Eintrittspunkt des Messers in das Ligament zuließ. Das Instrumentarium sieht jetzt so aus, dass innerhalb der Kanüle ein Messerchen installiert ist, das sich am distalen Ende der Kanüle hervorheben lässt. Innerhalb derselben Kanüle ist ein Endoskop, das freie Sicht auf das Messerchen und auf das LTC ermöglicht.

Agee hebt hervor, dass seine Operationsmethode sicher sei, wenn die Indikation, nämlich idiopathisches KTS, die personellen und technischen Voraussetzungen, sowie die weiter oben genannten Kontraindikationen beachtet würden. Da die erforderliche Technik anspruchsvoll sei, müsse jeder Chirurg der sie anwende, sich mit der Handhabung des Instrumentariums vertraut machen und entweder zuvor an Kadavern Erfahrung sammeln, oder besser noch unter Anleitung von in dieser Technik routinierten Chirurgen operieren. Agee betont, dass das Endoskop nicht konstruiert wurde um den kompletten Karpaltunnel zu explorieren. Dies sei nicht nur sinnlos sondern auch risikoreich. Die Optik sei lediglich konstruiert worden, um das LTC zu sichten und dann unter Sicht zu spalten. Falls während der Operation Unklarheiten bezüglich der Anatomie des Patienten entstünden, Schwierigkeiten das LTC zu sehen, Schwierigkeiten das Gerät einzuführen oder Ähnliches, dann sollte die EKTSP zugunsten der OKTSP verlassen werden. Hierüber sollte der Patient bereits vor der Operation aufgeklärt werden (*AGEE et al. 1994, 1995*).

Es gibt wenige Untersuchungen, die die Ein-Portal-Technik nach Agee mit anderen endoskopischen Verfahren, insbesondere der Zwei-Portal-Technik nach Chow vergleichen. Die Zwei-Portal-Technik nach Chow wird als die etwas einfachere Methode beschrieben (*BROWN MG et al. 1992; WORSEG 1999*). Jedoch wird andernorts hervorgehoben, dass die Ein-Portal-Technik nach Agee zu bevorzugen sei und zwar wegen der geringeren postoperativen Hohlhandschmerzen, die mutmaßlich von einer Verletzung des Ramus communicans nervi ulnaris durch die zweite Inzision im Rahmen der Zwei-Portal-Technik herrühren (*PALMER et al. 1993*). Es wird ferner behauptet, die Ein-Portal-Technik habe den Vorteil der geringeren Überstreckung im Handgelenk, während die Zwei-Portal-Technik den Vorteil habe, dass die eingeführte Kanüle nicht verrutschen könne und so das Risiko iatrogenen Schäden minimiert werde. Die Lage ist jedoch in Bezug darauf, welche Methode zu bevorzugen sei, zurzeit nicht eindeutig.

Es wird hervorgehoben, dass hinsichtlich Technik und der Instrumentarien, weniger deren Wahl, sondern deren sorgfältige und konkrete Handhabung für den Operationserfolg stehen (**WORSEG 1999**). In diesem Zusammenhang muss auch auf die so genannte Lernkurve verwiesen werden, die besonders in der Anfangszeit der Anwendung der EKTSP das Komplikationsrisiko unsachgemäßer Handhabung der Instrumente sowie mangelnder Sicherheit in der Operationstechnik erhöht. Diese Ansicht wird von den meisten Autoren geteilt (**AGEE et al. 1992, 1994, 1995; CHOW et al. 1990, 1993, 1996; TENNENT und GODDARD 1997; BOECKSTYNS und SORENSEN 1999; GERRITSEN et al. 2001**). Lediglich Erhard et al. behaupten, dass durch die gute Optik des neuen Instrumentariums bei der AGEE-Technik keine „Lernkurve“ bestehe (**ERHARD et al. 1999**).

6.3. Darstellung der Operationsmethode nach AGEE

Der Operationsraum sollte so eingerichtet sein, dass der Operateur seinen Blick ohne Aufwand von der Hand des Patienten zum Monitor richten kann und umgekehrt.

Sowohl Allgemeinanästhesie als auch Regionalanästhesie ist bei dem Eingriff möglich. Es kann ein axillärer Block oder eine Regionalanästhesie durchgeführt werden. Durch die lokale Anwendung kann die Gewebsflüssigkeit jedoch zunehmen und diese Flüssigkeit kann die Sicht durch das Endoskop behindern. Insofern sollte bei regionaler Anästhesie der Operateur sehr sicher und erfahren mit der Technik sein, um einer Verminderung der Sicht vorzubeugen.

Durch ein Tourniquet im Bereich des Ellbogens sollte Blutleere im chirurgischen Feld erreicht werden.

Die Inzision erfolgt in der Handgelenksfalte. Normalerweise haben Patienten zwei oder mehr Handgelenksfalten. Eine distalere Inzision erreicht ein besseres kosmetisches Ergebnis, wohingegen eine proximalere Inzision wegen des dünneren subkutanen Fettgewebes technisch leichter zu gestalten ist. Ferner birgt die distalere Inzision das größere Risiko, das Endoskop unabsichtlich in den Guyon'schen Kanal einzuführen.

Die Inzision sollte zwischen den Grenzen der Flexoren des Carpi radialis und der Ulnarissehnen stattfinden. Dann erfolgt eine U-förmige Inzision in die Faszie, so dass diese dann nach distal etwas angehoben werden kann. Durch dieses palmare Anheben des Gewebes entsteht eine mundähnliche Öffnung zum proximalen Ende des Karpaltunnels, durch die alle im Karpaltunnel benötigten Werkzeuge eingeführt werden. Die Ausrichtung des Instrumentariums erfolgt in Richtung des Ringfingers, es wird eng am Os hamatum vorbeigeführt, immer an der tiefen Oberfläche des LTC angelehnt. Dieses Vorgehen definiert den Weg des Instrumentariums zwischen dem Nervus medianus und dem Nervus ulnaris.

Die korrekte Darstellung der anatomischen Fläche zwischen der tiefen (dorsalen) Seite des LTC und dem Synovium der Flexoren ist unabdingbar für die endoskopische Darstellung und Spaltung des Ligamentes. Wenn hier sorgfältig gearbeitet wird, erhält man via Endoskop einen klaren Blick auf die Kollagenbündel des LTC ohne synoviales Gewebe.

Hierzu wird initial der Synoviumelevators eingebracht, um das Synovium von der tiefen Oberfläche des LTC abzukratzen. Vorsicht ist hierbei geboten. Das Instrument darf nicht zu weit in die radiale Richtung vorgeschoben werden, weil dadurch das LTC dort aufgerauht würde und der Nervus medianus postoperativ dort einklemmen könnte. Als nächstes wird eine runde Sonde sanft in den Karpaltunnel geschoben, um den Weg für die Kanüle mit dem Endoskop zu definieren. Danach wird in leichter Extension des Handgelenks das Endoskop in den Karpaltunnel eingeführt und zwar dergestalt, dass das Fenster mit der Optik leicht an die tiefe Seite des LTC angepresst wird. Das Gerät wird in Richtung des Ringfingers geführt, wobei es sich dicht am Os hamatum hält, um die ulnare Position zu sichern.

Wenn die Optik des Endoskops korrekt der dorsalen Seite des LTC anliegt, so sind für den Betrachter die kollagenen Bündel des Ligamentes als plane, flache Oberfläche zu erkennen. Im Gegensatz dazu sehen die anderen Inhalte des Karpalkanals (Nervus medianus, Sehnen der Flexoren mit ihrem Synovium) rundlich beziehungsweise gerundet aus, wenn man sie durch das Endoskop betrachtet. Es ist wichtig, das Endoskop von Anfang an, korrekt zu positionieren, da es auf der Linse durch die anderen Strukturen des Karpalkanals zu Verschmierungen durch Gewebsflüssigkeiten kommen kann, die die Sicht entscheidend einschränken.

Nachdem das Endoskop korrekt eingeführt wurde, wird dann mittels des Videobildes, sowie über den durch die Haut sichtbaren Lichtschein, das distale Ende des LTC definiert. Wenn alles korrekt positioniert ist, wird das Messer ganz herausgefahren und dann das gesamte Instrumentarium langsam zurückgezogen. Dabei wird das Ligament durchtrennt. Danach wird das Ergebnis via Endoskop inspiziert (mit wieder eingezogenem Messer). Um das Ligament komplett zu durchtrennen, werden gegebenenfalls erneute Schnitte zwischen den bereits eingeschnittenen Ecken des Ligamentes durchgeführt.

Ob das Ligament vollständig durchtrennt ist, kann durch die endoskopische Sicht auf das LTC relativ sicher überprüft werden. Zusätzlich kann eine Palpation des durchtrennten Ligamentes mit der Sonde, die nach Durchtrennung des Ligamentes einen subkutaneren Verlauf nimmt, vorgenommen werden.

Nach der Wundversorgung wird das Handgelenk für zwei Tage ruhig gestellt (*AGEE et al. 1994*).

6.4. Die Darstellung der modifizierten Karpaltunnelspaltung

Nach den Hautschnitten die proximal eine Länge von 2 cm und distal von 1,5 cm aufweisen, wird die Subcutis längs durchtrennt unter Blutstillung mittels bipolarer Elektrokoagulation. Es folgt in der proximalen Schnitfführung die Spaltung der Fascia antebrachii, nach proximal auf eine Länge von 3 cm, ulnar neben der Sehne des Musculus palmaris longus. Ist diese nur rudimentär angelegt oder drückt sie nach Spaltung der Fascie auf den Nervus medianus, wird sie an ihrem Übergang in die Handaponeurose abgesetzt und nach proximal auf eine Länge von 3 cm in ihrem sehnigen Anteil reseziert. Damit ist der proximale Anteil des Ligamentum carpi transversum dargestellt.

Nach Spaltung der Aponeurose in der Hohlhand in Längsrichtung wird ebenfalls der distale Anteil des Ligamentums dargestellt, wiederum unter Beachtung des oberflächlichen Hohlhandbogens. Nun wird unter Sicht, die mit einem Langenbeck'schen Haken gut einstellbar ist, von proximal beginnend die Spaltung des Ligamentum carpi transversum mit einer Schere vorgenommen. Um eventuell vorhandene Verklebungen tieferer Strukturen zu lösen, wird mit der Schere unterhalb des Ligamentums zuvor vorsichtig gespreizt. So kann eine Strecke von ca. 2 cm sicher zurückgelegt werden, wobei die Konstitution der Patienten leichte Variationen bedingt.

Nach Umsetzung der Instrumente in den distalen Zugang wird nun von dort das Ligamentum in gleicher Technik nach proximal gespalten. Um die von proximal begonnene Spaltungsrichtung seitlich nicht zu verfehlen, ist es hilfreich, proximal eine geschlossene Schere als Landmarke in der erzeugten Kerbe zu hinterlassen. Die vollständige Spaltung kann sofort an den weit klaffenden Bandrändern, sowie der nun entstandenen Möglichkeit bis zum proximalen Zugang durch die Wunde zu sehen, kontrolliert werden. Eine sichere ventrale Epineurotomie ist entsprechend dem Vorgehen beim *klassischen* Verfahren möglich. Gleiches gilt für die distale Darstellung der Aufzweigung des Nervus medianus einschließlich seines motorischen Astes. Die Beugesehnnensynovia kann auch bei dieser Technik im proximalen Zugang ulnar des Nervens beurteilt werden. Eine Synovektomie ist über diesen Zugang unter Streckung und Beugung der Finger ebenfalls möglich.

6.4.1. Abschließende operative Maßnahmen

Die Operation endet mit der Einlage einer 8´er Redondrainage, die ca. 1,5 cm proximal des Endes der körpernahen Schnittführung ausgeleitet wird. Es wird darauf geachtet, diese Drainage nicht direkt auf den Nerven zu platzieren. Der Hautverschluß nach Desinfektion erfolgt unter Verwendung von 5/0 Hautfäden in Rückstichtechnik nach *Donati*. Danach wird ein steriler Kompressenverband angelegt. Zusätzlich wird volarseitig eine gerollte, im Durchmesser ca. 2,5 cm starke Zellstoffschiene elastisch angewickelt.

6.4.2. Postoperativer Verlauf

Die ambulanten Patienten verließen nach Freigabe durch die Anästhesieabteilung und nach vorheriger Kontrolle der lokalen Situation in der Ambulanz der Abteilung die Klinik. Sie wurden am Folgetag zur Kontrolle und Entfernung der Redondrainage wieder dort vorstellig. Danach erfolgte die Weiterbehandlung nach Absprache mit Patient und zuweisendem Kollegen entweder beim Hausarzt, Chirurgen/Orthopäden oder in der Ambulanz.

Bei den stationären Patienten erfolgte am Vormittag des 1. postoperativen Tages ebenfalls die erste Wundkontrolle und Entfernung der Redondrainage. Hierauf wurden die Patienten im Regelfall wieder entlassen. Stationäre Aufenthalte die längere Zeit in Anspruch nahmen, waren in keinem Fall durch medizinische Probleme an der operierten Hand bedingt. Die Gründe lagen vielmehr in einer schlechten häuslichen Versorgungssituation, Begleiterkrankungen oder zusätzlicher operativer Interventionen in der gleichen Sitzung. Ein Patient erlitt in der Einleitung zur Anästhesie die Erstmanifestation eines Krampfanfalls und bedurfte der weiteren neurologischen Abklärung und Betreuung.

Bei allen Patienten wurde postoperativ die volare Zellstoffschiene für 4 Tage belassen bzw. eine Entfernung zu diesem Zeitpunkt den weiter behandelnden Kollegen empfohlen. Die Schiene erlaubte eine gute Fingerbeweglichkeit mit nur mäßiger Einschränkung des Faustschlusses und der Opposition des Daumens bei fast vollständig aufgehobener Extensions- und Flexionsmöglichkeit im Handgelenk. Die Schiene reicht von der Hohlhandbeugefalte 15 cm nach proximal und endet meist am Übergang zum distalen Drittel des Unterarms.

Erreichte die Beweglichkeit postoperativ nach 7 Tagen noch keinen Faustschluss oder keine volle Streckung wurde eine krankengymnastische Therapie eingeleitet bzw. diese dem weiterbehandelndem Kollegen empfohlen.

Eine neurologische Nachuntersuchung wurde bei den Patienten nicht routinemäßig durchgeführt.

7. Materialien und Methoden

349 Karpaltunnelsyndromoperationen, ausgeführt in der Chirurgischen Klinik des Akademischen Lehrkrankenhauses Marien-Hospital Euskirchen und 2 befreundeten Kliniken, durchgeführt an 349 Händen, wurden in die vorliegende Untersuchung einbezogen. Bei 162 Händen erfolgte eine offene Operation in konventioneller Technik, bei 116 eine offene Operation in modifizierter Technik, bei 71 Patienten eine endoskopische Operation. Durchschnittsalter und Geschlecht des jeweiligen Krankengutes, die Lokalisation (rechts/links) und die Funktion (Gebrauchshand) wurden registriert.

Auf Grund der vorliegenden OP-Protokolle wurde die mittlere Operationsdauer in Minuten ermittelt.

Das Operationsergebnis wurde zum einen am zweiten postoperativen Tag mittels einer Befragung zur subjektiven Zufriedenheit ermittelt, zum anderen bei einer Nachuntersuchung, deren Termin zwischen einem $\frac{3}{4}$ und einem ganzen Jahr lag. Neben der subjektiven Zufriedenheit, objektiviert durch eine Zuordnung zu den Noten sehr gut (1) bis ungenügend (6) wurden die Arbeitsunfähigkeit, die postoperativ aufgetretenen Komplikationen und die motorische Kraft registriert. Eine Kraft kleiner als 0,65 bar wurde als schwere motorische Schwäche gewertet. Sie ging in allen Fällen mit einer klinisch nachweisbaren Tenaratrophy einher. Schließlich wurde bei der Nachuntersuchung eine Dysästhesie im Narbenbereich abgeprüft.

Patienten, die zur Nachuntersuchung nicht erschienen, blieben insgesamt unberücksichtigt. Dies gilt auch für den Fall des zwischenzeitlichen Todes aus anderer Ursache.

8. Ergebnisse

8.1. Postoperativer Verlauf nach klassischer offener Karpaltunneldachspaltung

Gesamtzahl		162	100%
Lokalisation	rechts	88	54,3%
	Links	74	45,7%
Gebrauchshand	ja	80	49,4%
	Nein	82	50,6%
Geschlecht	männlich	47	29,0%
	weiblich	115	71,0%
OP-Dauer		25,8 Minuten	
Durchschnittsalter:		58,3 J \pm 1,3	

Postoperatives Ergebnis:

Schwere motorische Schwäche bei Nachuntersuchung: 43 26,5%

Postoperative Komplikationen: 1 Muskelhernie im Bereich des offenen Zuganges

Arbeitsunfähigkeit:

< 2 Wochen	55	33,9%
2-6 Wochen	74	45,7%
> 6 Wochen	33	20,4 %

Dysästhesie im Narbenbereich bei Nachuntersuchung: 54 33,3%

Subjektive Zufriedenheit bei Nachuntersuchung: 1,41 \pm 0,10

Subjektive Zufriedenheit bei Entlassung: 1,98 \pm 0,12

8.2. Postoperativer Verlauf nach modifizierter offener Karpaltunneldachspaltung

Gesamtzahl		116	100%
Lokalisation	rechts	86	74,1%
	links	30	25,9%
Gebrauchshand	ja	71	61,2%
	nein	45	38,8%
Geschlecht	männlich	30	28,9%
	weiblich	86	74,1%

OP-Dauer: 25,6 Minuten

Durchschnittsalter: 59,1 J. \pm 1,1

Postoperatives Ergebnis:

Schwere motorische Schwäche bei Nachuntersuchung: 43 37,0%

Postoperative Komplikationen: 2 Hämatome, 1 Fadengranulom, 2 Durchtrennungen des Ramus Muscularis nervi mediani ad pollicem

Arbeitsunfähigkeit:	< 2 Wochen	44	37,0%
	2-6 Wochen	51	44,9%
	> 6 Wochen	21	18,1%

Dysästhesie im Narbenbereich bei Nachuntersuchung 14 12,0%

Subjektive Zufriedenheit bei Nachuntersuchung: $1,55 \pm 0,11$

Subjektive Zufriedenheit bei Entlassung: $1,89 \pm 0,11$

8.3. Postoperativer Verlauf nach endoskopischer Karpaltunneldachspaltung

Gesamtzahl		71	100%
Lokalisation	rechts	43	60,6%
	links	28	39,4%
Gebrauchshand	ja	46	64,8%
	nein	25	35,2%
Geschlecht	männlich	12	16,9%
	weiblich	59	83,1%

OP-Dauer: 25,4 Minuten

Durchschnittsalter: 56,7 J \pm 1,4

Postoperatives Ergebnis:

Schwere motorische Schwäche bei Nachuntersuchung: 27 38,0%

Postoperative Komplikationen: 7 Hämatome, 2 Durchtrennungen des Ramus muscularis nervi mediani ad pollicem

Arbeitsunfähigkeit:	< 2 Wochen	28	39,4%
	2-6 Wochen	34	47,9%
	> 6 Wochen	9	12,7%

Dysästhesie im Narbenbereich bei Nachuntersuchung: 5 76,0%

Subjektive Zufriedenheit bei Nachuntersuchung: 1,79 \pm 0,11

Subjektive Zufriedenheit bei Entlassung: 1,80 \pm 0,11

9. Diskussion

Der allgemeine Trend zu minimalinvasivem und endoskopischem Vorgehen machte auch vor der operativen Therapie des Karpaltunnelsyndroms Ende der achtziger Jahre nicht halt. Fast gleichzeitig entwickelten mehrere Forschergruppen unterschiedliche Verfahren. Diese Entwicklung wurde durch die allgemeine Akzeptanz arthroskopischer Operationstechniken in anderen Bereichen der Chirurgie gefördert, galt die endoskopische Operationstechnik doch als sicher und vor allem weniger traumatisierend. Mit der Entwicklung spezieller Instrumentarien nahm auch die Werbung für diese Instrumentarien seitens der Hersteller möglicherweise Einfluss auf die Methodenwahl.

Vom Einsatz diese neuartigen Verfahren versprach man sich bei gleicher Erfolgsrate folgende positiven Effekte: Gewebsschonung, bessere kosmetische Ergebnisse, geringere Narbenbeschwerden, geringere postoperative Schmerzen, insbesondere eine Verminderung der in der englischsprachigen Literatur als „Pilarpain“ bezeichneten postoperativen Narbenschmerzen, eine schnellere Heilung, eine raschere Mobilisation und eine verkürzte Behandlungsdauer und Arbeitsunfähigkeit, somit eine volkswirtschaftliche Kostendämpfung.

Von den Antagonisten dieser Entwicklung wurde hervorgehoben, das die Unübersichtlichkeit des Vorgehens mit einer Zunahme schwerwiegender Komplikationen wie Gefäß-, Nerven- und Sehnenverletzungen, somit einem größeren Anteil von Dauerschäden einhergehen kann. Bei nahezu gleichen volkswirtschaftlichen Kosten wurde auf die erhöhten betriebswirtschaftlichen Kosten für das Krankenhaus in Folge des größeren apparativen und personellen Aufwands bei der Operation selbst verwiesen.

Nach der ersten Euphorie, die die Einführung der neuen Technik begleitete, folgte zunächst eine ernüchternde Bilanz (Übersicht bei *MIRZA et al. 1993*). Wegen ernster Komplikationen mussten die Techniken modifiziert werden.

So zog Agee nach mäßigen Studienergebnissen unter dem Eindruck der Kritik anderer Autoren (*zum Beispiel FEINSTEIN et al 1993, BROWN et al. 1992*) sein Instrumentarium zum Zweck der Neukonstruktion zurück (*AGEE et al. 1994*). Chow wechselte von einem transbursalen zu einem extrabursalen Zugang (*CHOW et al 1993, CHOW et al 1994*). Die kritischen Studien ließen jedoch offen, inwieweit die von ihnen beanstandeten Komplikationen im Rahmen nicht immer vermeidbarer Anfangsfehler bei neuen, noch nicht ausgereiften Techniken oder auch wie bei allen endoskopischen Verfahren unverzichtbare „Lernkurven“ verursacht seien, oder ob es sich um tatsächliche nicht zu vermeidende, weil durch die Methodik selbst vorgegebene Risiken handele (*FEUERSTEIN et al 1992, BROWN et al 1992, TENNENT und GODDARD 1997, BOECKSTYNS und SÖRENSEN 1999, GERRITSEN et al 2001 VASSEN et al 1999*).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die klassische offene Karpaltunnelsyndromoperation mit der endoskopischen Operation und der minimal invasiv modifizierten Operation zu vergleichen und so einen Vergleich zwischen der minimal invasiv modifizierten offenen und der endoskopischen Operation zu ermöglichen.

Zum Operationszeitpunkt lag das durchschnittliche Alter der drei Studiengruppen zwischen 56 und 59 Jahren, es lag kein signifikanter Altersunterschied vor. Dies entspricht auch dem Ergebnis aller epidemiologischen Untersuchungen.

Im Patientenkollektiv dieser Arbeit überwiegt in den drei Studiengruppen das weibliche Geschlecht deutlich; es dominiert mit etwa 4 zu 1. Auch dies stimmt mit den in allen Untersuchungen angegebenen Daten überein. So beschreiben Stevens et al ein Verhältnis von 8 zu 1 zugunsten des weiblichen Geschlechtes (*STEVENS et al 1998*), während Atroshi ein Verhältnis von 1,4 zu 1 beschreibt. Diese Spanne verschiebt sich jedoch im höheren Alter zu Gunsten des weiblichen Geschlechtes im Verhältnis 4 zu 1 (*ATROSHI et al 1999*). Der Geschlechtsproporz in unseren Studiengruppen liegt also im Trend.

Wie in der Literatur, so wurde auch bei uns die Gebrauchshand insgesamt häufiger kooperiert. In allen zitierten epidemiologischen Studien ist die Gebrauchshand häufiger betroffen. Dies gilt für die rechte Hand, die im Verhältnis 9 zu 1 zu Gunsten der rechten Hand häufiger betroffen ist als die linke. Dies ist nachvollziehbar, da die meisten Menschen Rechtshänder sind und eben die Gebrauchshand bevorzugt erkrankt.

So wurde in einer epidemiologischen Studie das Verhältnis Arbeiter zu Beamten, die an einem Karpaltunnelsyndrom erkrankten, mit 3,7 zu 1,7 beziffert (*Atroshi et al 1999*). In unserem Krankengut waren die meisten Probanden Hausfrauen und Angestellte. Die relativ niedrige Gesamtzahl an Probanden mit schwerer Arbeitstätigkeit vor der Operation erklärt sich dadurch, dass die Studie in einem nicht industriellen Gebiet durchgeführt wurde.

Angesichts der unterschiedlichen Bewertung der differenzialtherapeutischen Verfahren werden der Diskussion der Ergebnisse die wichtigsten Erkenntnisse der Literatur kritisch bewertet vorangestellt.

In Einzelfallstudien wird über schwere neurovaskuläre Komplikationen, wie zum Beispiel Gefäßverletzungen, Quetschungen, oder gar Durchtrennungen des Nervus medianus berichtet, (zum Beispiel *MURPHY et al 1996, oder CAROTTO et al 1992, MODELLI et al 2000, LONGSTAFF et al 2001, OZHIYAMA et al 2002*). Urbaniak und Desai beschreiben in einer Übersicht verschiedenste Komplikationen wie Cortisoninjektionen in den Nervus Medianus bei konservativer Behandlung oder iatrogenen Nervenläsionen. Zugleich wird über postoperative Adhäsionen des Nerven, Hämatome, sympathische Reflexdystrophie (Morbus Sudeck), Verletzungen der Beugesehnen und eine Dislokation derselben berichtet. Hypertrophisches Narbengewebe und Durchtrennung des palmaren Hautastes sowie gelegentliche Läsionen des Nervus ulnaris und „distale neurovaskuläre Verletzungen“ finden Erwähnung (*URBANIAK und DESAI 1996*). Tennent und Goddard vergleichen den Prozentsatz der Komplikationsrate der offenen und der endoskopischen Karpaltunnelsyndromoperation. Die als „Pilarpain“ bezeichnete Komplikation, die bei den offenen Verfahren häufig vorkommen soll, wird bei der offenen Karpaltunnelsyndromoperation mit einer Inzidenz von 12 bis 46 Prozent angegeben, bei der endoskopischen Karpaltunnelsyndromoperation sehr viel seltener. Der Anteil ausbleibenden Operationserfolges wird in mehreren Studien für beide Gruppen mit 1 – 3 Prozent quantifiziert, lediglich eine Arbeit gibt für die endoskopische Karpaltunnelsyndromoperation eine Mißerfolgsquote von 6 Prozent an. Hyperästhesie im Bereich der Operationsnarbe wird für die offene Karpaltunnelsyndromoperation mit 3,3 -7 Prozent berichtet, für die endoskopische Operation mit 2 Prozent.

Narbenbeschwerden sollen bei der offenen Operation in 1,5 – 19 Prozent, bei der endoskopischen Operation in 9,4 Prozent vorkommen. Neurologische Komplikationen werden für die endoskopische Operation mit 3 – 10 Prozent angegeben, für die offene Operation mit 0,3 – 13 Prozent.

Die Autoren führen aus, dass wegen der sich weiterentwickelnden Technik bei der endoskopischen Operation ein genauer Methodenvergleich an Hand der Literatur erschwert sei, weil die Technik bei allen Verfahren in ständiger Entwicklung begriffen sei. Dennoch empfehlen sie die offene Karpaltunnelsyndromoperation als bewährte Standardtechnik (**TENNENT und GODDARD 1997**). Boeckstyns und Sörensen vergleichen in ihrer Übersicht insgesamt 9516 endoskopische mit 1302 offenen Karpaltunnelsyndromoperationen. In fast allen Studien ergibt sich bei der endoskopischen Operation eine größere Zahl vorübergehender Nervenläsionen. So zeigen sich in prospektiv randomisierten Studien bei der endoskopischen Operation 4,3 Prozent Nervenläsionen, bei der offenen Karpaltunnelsyndromoperation jedoch nur 0,9 Prozent. In retrospektiven Studien liegen die Zahlen bei 1,8 bzw. 0 Prozent (**BOECKSTYNS und SORENSEN 1999**). Es wurden mehrere Fälle von versehentlicher kompletter Durchtrennung des Nervus Medianus bei der endoskopischen Operation beschrieben; natürlich mit katastrophalen Funktionsausfällen für die betroffenen Patienten (**DESMET und FABRY 1995, KELLY et al 1994, PIOTROWSKI und GRÖSZING 1994, VERRICHTER und BRÜSER 1996, VAN HEEST et al 1995**).

Mit einer modifizierten offenen Technik, wie sie zum Beispiel von Zimmerli beschrieben wurde, konnte in der Folgezeit auch eine Verbesserung der Ergebnisse im Vergleich zu den klassisch offenen Verfahren erzielt werden. In der Folgezeit kam eine Vielzahl unterschiedlicher Schnittführungen und Gerätschaften zum Einsatz. Die optischen Kontrollmöglichkeiten der einzelnen Arbeitsschritte variierten bei diesen Methoden stark. Es wurden neben Verfahren, die die Incisionen distal und proximal des Ligamentum carpi transversum verwendeten, auch Techniken propagiert, die sich mit einem einzigen Zugang begnügten. Für diese Verfahren etablierte sich die Bezeichnung „halbblind“ (**ABOUZAHR et al 1995, BROMLEY 1994**).

Bei der modifizierten offenen Technik wurde die über Jahre bewährte klassische Schnittführung dahingehend verändert, dass die Haut und Weichteildeckung palmarseitig des Ligamentum carpi transversum unangetastet blieb. Die Spaltung erfolgt in zwei Arbeitsschritten von proximal nach distal. Hierbei kann erreicht werden, dass eine optische Kontrolle aller Arbeitsschritte erfolgen kann und damit eine größtmögliche operative Sicherheit zu erzielen ist. Weitere operative Schritte, die eine Kontrolle der Beschaffenheit des Karpalkanals ermöglichen, sind ebenso anwendbar wie die makroskopische und digitale Beurteilung der Nervenbeschaffenheit. Darüber hinaus kann somit in diesem Bereich problemlos eine Beurteilung erfolgen, ob eine Epineurotomie des Nervus Medianus, gegebenenfalls eine zusätzliche Synovektomie der Beugesehnen oder andere Maßnahmen erforderlich erscheinen. Auch wird die Erfassung von seltenen Befunden möglich, die als Auslöser der Erkrankung fungieren können; des Weiteren gelangen seltene anatomische Varianten des Ramus muskularis des Nervus mediani ad pollicem zur Darstellung. Die Revision des motorischen Endastes bleibt daher als Option bestehen (*WILSON 1994, ZIMMERLI 1991*).

Abgeschlossen ist die Diskussion um die Vorgehensweise am Nervus Medianus selbst. Nach heftigen Diskussionen in den 70er Jahren über eine intrafaszikuläre Neurolyse und spätere Zuwendung zur Epineurotomie bzw. palmaren Resektion der Hemicirkumferenz des Epineuriums haben randomisiert prospektive Studien in jüngerer Zeit zeigen können, dass eine Erholung des Nervus Medianus von seiner Kompression nicht von einer solchen operativen Maßnahme abhängig ist. Hierzu haben vor allem die Erkenntnisse der endoskopischen Operation beigetragen, bei der die Neurolyse des Nerven grundsätzlich unterbleibt. Es darf als gesichert betrachtet werden, dass eventuell eine vorsichtige Epineurotomie unter besonderer Beachtung der Gefäßarchitektur des Epineuriums in Fällen von starken sanduhrähnlichen Einschnürungen sinnvoll ist. Alle anderen invasiven Maßnahmen am Nerven selbst bleiben eventuell erforderlichen Rezidiveingriffen vorbehalten (*ARONS et al 1999, BARANOWSKY et al 1993, SCHÄFER et al 1996*), die aber nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind.

Die in der vorliegenden Studie untersuchten methodenspezifischen Gruppen weisen hinsichtlich Lokalisation, Gebrauchshand, Alter und Geschlecht keine wesentlichen Unterschiede auf. Auch die Operationsdauer ist in allen Gruppen nahezu identisch.

Methodenspezifische Unterschiede gelangen jedoch bei intra- und postoperativen Komplikationen zur Darstellung: In der Gruppe der offenen Karpaltunnesyndromoperationen findet sich lediglich eine Muskelhernie als spezifisches Risiko des offenen Zuganges. Es tritt keine Nervendurchtrennung des Ramus muskularis des Nervi mediani ad pollicem auf. Dies ist der guten Übersicht der offenen Operation zu danken.

In der Gruppe der modifiziert offen oder endoskopisch operierten Patienten finden sich zwei Nervendurchtrennungen des Nervus ad pollicem. Hierbei handelt es sich um eine schwere Komplikation, die zu einer bleibenden schweren Beeinträchtigung der operierten Hand führt. Bei beiden Methoden dürfte diese Komplikation der eingeschränkten Übersicht anzulasten sein. Die übrigen Komplikationen, 2 Hämatome und 1 Fadengranulom in der Gruppe der modifizierten offenen Operationen und 7 Hämatome in der Gruppe der endoskopisch operierten Patienten, sind nur von vorübergehender Bedeutung und können vernachlässigt werden.

Der Vergleich der postoperativen Arbeitsunfähigkeit zeigt ebenfalls nur geringe Unterschiede zu Gunsten der modifizierten offen oder endoskopisch operierten Hände; offenbar wird der Wiedereintritt der Arbeitsfähigkeit nicht so sehr von der Narbe, sondern von der Restitution des Ligamentum carpi bestimmt, die unabhängig vom gewählten Zugang bei allen Verfahren den gleichen Zeitbedarf mit sich bringt.

Eindrucksvoll ist jedoch der Unterschied in der Inzidenz von Dysästhesien im Zugangsbereich: bei der Nachuntersuchung sind Dysästhesien im Narbenbereich bei der offenen Operation mit 33,3 Prozent weitaus häufiger, nahezu doppelt so häufig wie bei der modifizierten Operation (12 Prozent) oder gar der endoskopischen Operation (7 Prozent).

Offenbar wird dieses Phänomen aber ohne großen Leidensdruck toleriert und spielt in der subjektiven Einschätzung des Operationsergebnisses keine Rolle. Diese zeigt sich bei der Bestimmung der subjektiven Zufriedenheit: Zwar sind die modifiziert offen und endoskopisch operierten Patienten schon am zweiten postoperativen Tage zufriedener als die offen operierten (1,89 bzw. 1,85 versus 1,98). Während die offen operierten rasch aufholen: Bei der Nachuntersuchung ergibt sich kein deutlicher Unterschied.

Die Auswertung der postoperativen Daten und Untersuchungsbefunde zeigt somit Vorteile in der Gruppe der modifiziert operierten oder endoskopisch operierten Patienten: Die postoperative Zufriedenheit erreicht früher ihren Kulminationspunkt, Dysästhesien im Narbenbereich sind vermindert, die Arbeitsunfähigkeit ist tendenziell verkürzt. Die Vorteile werden aber durch die Inkaufnahme schwerwiegender methodenspezifischer Risiken erkauft: So tritt die gefährliche und zu irreversiblen Schädigungen führende Durchtrennung des motorischen Medianusastes, des Ramus muskularis nervi mediani ad pollicem, nur in der Gruppe der modifiziert operierten und der endoskopisch operierten Hände auf.

Die Inzidenz schwerer motorischer Beeinträchtigungen, ausgelöst durch eine Tenaratrophy, koinzidiert mit diesem Risiko: Während die Tenaratrophy bei den offen operierten Patienten nur in 26 Prozent der Fälle vorkommt, liegt sie bei den anderen Gruppen bei 37 bzw. 38 Prozent.

Bei der Kraftentwicklung im Faustschluss sind in der Literatur große Schwankungen beschrieben. Hierbei waren Alter, Geschlecht, Körperkonstitution und Körpergröße wichtige Gründe für die Bandbreite. Untersuchungen konnten zeigen, dass die Griffstärke erst 25 Wochen nach Karpalbandspaltung wieder präoperative Werte erreichen kann. Weiterhin ist bekannt, dass sich die Kraftentwicklung nach der Operation bei Patienten mit endoskopischen Eingriffen scheinbar schneller verbessert, um sich nach 3 Monaten wieder den Werten nach offener Operationstechnik anzunähern (*OLSEN und KNUDSON 2001, RICHTER und BRÜSER 1996*).

Die Zukunft der Karpaltunnelspaltung liegt in Operationstechniken, die durch eine Verkleinerung der Zugänge die Komorbidität der Patienten senken und sich dabei in allen Punkten in Bezug auf die Kosten, die Komplikationsrate und die Effektivität an der klassischen offenen Karpalbandspaltung messen lassen kann. Die modifizierten offenen Operationsverfahren gehen ohne vermehrte Kosten einher, während die endoskopischen Verfahren erhöhte betriebswirtschaftliche Aufwendungen erfordern. Modifiziert offene und endoskopische Verfahren bringen einen erhöhten Patientenkomfort mit sich, der aber mit der Inkaufnahme eines erhöhten Risikos iatrogenen Nervenschädigungen vergesellschaftet ist. Der Operateur, der sich für beide Verfahren entscheidet, sollte daher bei kompliziertem Situs jederzeit bereit sein, auf die klassische operative Technik „umzusteigen“.

10. Literaturverzeichnis

- 1 Abouzahr, M.K.; Patsis, M.C.; Chiu, D.T.W.: Carpal tunnel release using limited direct vision; *Plast. Reconstr. Surg.*; 1995; Vol. 95:534 - 538
- 2 Agee, J.M.; McCarrol, H.R. Jr.; Tortosa, R.D.; Barry, D.A.; Szabo, R.M.; Peimer, C.A.; Endoscopic carpal tunnel release using the single proximal incision technique; *Journal of Hand Surgery*; 1992; Vol. 17(6):987 – 995
- 3 Agee, J.M.; Peimer, C.A.; Pyrek, J.D.; Walsh, W.E.; Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; *Journal of Hand Surgery*; 1995; Vol. 20(2):165 – 171
- 4 Akutsu, I.; Ninomya, S.; Hamanaka, I.; Kuroshima, N.; Inanami, H.; Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; *The Journal of Bone and Joint Surgery*; 1989; Vol. A 71: 679 – 683
- 5 Arons, J.A.; Collins, N.; Arons, M.S. Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience Vol.24(6): 1192 – 1195
- 6 Atroshi, I.; Gummesson, C.; Johnsson, R.; Ornstein, E.; Ranstam, J.; Rosen, I. Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience *JAMA* 1999 Vol.282(2): 153 – 158
- 7 Baranowski, D.; Klein, W.; Grünert, J. Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; *Journal of Hand Surgery*; 1999; Vol.25: 127 – 132
- 8 Biyani, A.; Dowes, E.M.; Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; *Journal of Hand Surgery*; 1993; Vol. 18(3): 331 – 334

- 9 Blair, W.F.; Goetz, D.D.; Ross, M.A.; Steyers, C.M.; Chang, P.; Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; Journal of Hand Surgery; 1996; Vol. 21(4): 655 – 661
- 10 Boeckstyns, M.E.; Sorensen, A.L.; Endoscopic carpal tunnel release: a prospective study of complications an surgical experience; Journal of Hand Surgery; 1999; Vol. 24(1): 9 -15
- 11 Bromley,G.S.; Minimal-incision open carpal tunnel decompression; Journal of Hand Surgery; 1994; Vol. 19(1): 119 – 120
- 12 Brown, M.G.; Keyser, B.; Rothenberg, E.S.; Endoscopic carpal tunnel release; Journal of Hand Surgery; 1992; Vol. 17(6): 1009 – 1011
- 13 Brown, M.G.; Rothenberg, E.S.; Keyer, B.; Woloszyn, T.T.; Wolford, A.; Results of 1236 endoscopic carpal tunnel release procedures using the Brown technique; Contemp. Orthop.; 1993; Vol. 27(3): 251- 258
- 14 Brown, R.A.; Gelberman, R.H.; Seiler, J.G. 3rd; Abrahamson, S.O.; Weiland A.J.; Urbaniak, J.R.Schoenfeld, D.A.; Furcolo, D.; Carpal tunnel release. A prospektive, rendomized assessment of open and endoskopik methods; Journal of Bone and Joint Surgery1993; Vol. 27 (3): 251 – 258
- 15 Brüser, P.; Die endoskopische Behandlung des Karpaltunnelsyndroms; Deutsches Ärzteblatt; 1995; Vol. 92: 1958 – 1959
- 16 Carotto, R.C.; McCabe, S.; Mackinnon, S.E.; Two devastating complications of carpal tunnel surgery; Ann Plast Surg.; 1992; Vol.28(5): 472 – 474
- 17 Chow, J.C.; Endoscopic release of the carpal ligament: a new technique for carpal tunnel syndrom; The Journal of Bone and Joint Surgery; 1989; Vol. 5(1):19 – 24

- 18 **Chow, J.C.; Endoscopic release of the carpal ligament for carpal tunnel syndrome: 22-month clinical result; Arthroscopy; 1990; Vol. 6(4): 288 – 296**
- 19 **Chow, J.C; The Chow technique of endoscopic release of the carpal ligament for carpal tunnel syndrome: four years of clinical results; Arthroscopy; 1993; Vol. 9(3):301 – 314**
- 20 **Chow, J.C; Two devastating complications of carpal tunnel surgery; Clin Sports Medicine; 1996; Vol. 15(4): 769 – 784**
- 21 **Chow, J.C; Ulnar nerve transection as a complication of two-portal endoscopic carpal tunnel release; Journal of Hand Surgery; 1994; Vol. 19(3):522**
- 22 **Cobb, T.K.; Knudson, G.A.; Cooney, W.K.; The use of topographical landmarks to improve the outcome of Agee endoscopic carpal tunnel release Arthroscopy; 1995; Vol. 11(2): 165 – 172**
- 23 **Curtis, M.; Evermann,W.W.; Internal Neurlysis as an Adjunct to the Treytment of the Carpal-Tunnel-Syndrom; Journal of Bone and Joint Surgery; 1973; Vol. 55a,No.4: 733 – 740**
- 24 **De Smet; Fabry, G.; Transektion of the Motor Branch of the Ulnar Nerve as a Complication of Two-Portal Endoscopic Carpal Tunnel release: A case Report; Journal of Hand Surgery; 1995; Vol. 20 A:18 – 19**
- 25 **Duensing, F.; Lowitzsch, K.; Thorwirt, V.; Vogel, P.; Neurophysiologische Befunde beim Karpaltunnelsyndrom. Korrelation zum klinischen Befund; Z. Neurol; 1974; Vol. 206: 267 – 284**
- 26 **Eason, S.Y.; Belsole, R.J.; Greene, T.L.; Carpal tunnel releyse: An analysis of subotimal results; Journal of Hand Surgery; 1985; Vol. 10-b: 365 – 369**
- 27 **Erhard, L.; Ozalp, T. Citron, N.; Foucher, G.; Carpal tunnel release by the Agee endoscopic technique. Results at 4 year follow up; Journal of Hand Surgery; 1999; Vol. 24(5): 583 – 585**

- 28 Erhard, L.; Ozalp, T.; Citron, N.; Foucher, G.; Carpal tunnel release by the Agee endoscopic technique. Results at 4 year follow up; Journal of Hand Surgery; 1999; Vol. 24(5): 583 – 585
- 29 Feinstein, P.A.; Endoscopy carpal tunnel release in a community-based series; Journal of Hand Surgery; 1993; Vol. 35(3): 232 – 245
- 30 Frick, H. ; Leonhardt, H.; Starck, D.; Allgemeine Anatomie Bd. 1 u. 2; Thieme Verlag1980
- 31 Fricker, R.; Rudigier, J.; Preißler, P.; Brüser, P.; Vorträge und Diskussion , Thema: KTS bei OP - Kurs Chirurgie 14.09.2001; Frankfurt/Main2001
- 32 Gelbermann, R.H.; Rydevik, B.L.; Pess, G.M.; Szabo, R.M.; Lundborg, G.Carpal tunnel syndrome. A scientific basis for clinical careOrthop Clin North Am.1988Vol. 19(1): 115 – 124
- 33 Gerl, A.; Fuchs, T.; Die Operation des Karpaltunnelsyndroms ohne interfaszikuläre Neurolyse; Zentralblatt Neurochirurgie; 1980; Vol. 41: 139 – 148
- 34 Gerritsen, A.A.; Uitdehaag, B.M.; Van Geldere, D.; Scholten, R.J.; de Vet, H.C.; Bouter, L.M.; Systematic review of randomized clinical trials of surgical treatment for carpal tunnel syndrome; Br. Journal of Surgery; 2001; Vol. 88(10): 1285 – 1295
- 35 Hagen, K; Sennwald, G.Das KTS - Rezidiv, Problematik und Behandlung; Handch. Mikrochir. Plat. Chir; 1990; Vol. 22: 309 – 311
- 36 Hamanaka, I.; Okutsu, I.; Shimizu, K.; Takatori, Y.;Ninomiya, S.; Evaluation of carpal canal pressure in carpal tunnel syndrome; Journal of Hand Surgery; 1995; Vol. 20(5): 848 – 854

- 37 Inglis, A.E.; Straub, M.H.; Williams, C.S.; Median nerve neuropathy at the wrist; Clin. Orthop.; 1972; Vol. 83: 48 – 54
- 38 Jakab, E.; Ganos, D.; Cook, F.W.; Transverse carpal ligament reconstruction in surgery for carpal tunnel syndrome: a new technique; Journal of Hand Surgery; 1991; Vol. 16(2): 202 – 206
- 39 Kaplan, S.I.; Glickel, S.Z.; Eaton, R.G.; Predictive factors in the non surgical treatment of CTS; Journal of Hand Surgery; 1990; Vol. 15: 106 – 108
- 40 Kelly, C.P.; Pulisetti, D.; Jamieson, A.M.; Early experience with endoscopic carpal tunnel release; Journal of Hand Surgery; 1994; Vol. 19 B: 18 – 21
- 41 Loew, M.; Martini, A.K.; Neue diagnostische Kriterien zu Operationsindikation bei Karpaltunnelsyndrom; Handch. Mikrochir. Plat. Chir; 1991; Vol. 23: 93 – 95
- 42 Longstaff, L.; Milner, R.H.; O'Sullivan, S.; Fawcett, P.; Carpal tunnel syndrome: the correlation between outcome, symptoms and nerve conduction study findings; Journal of Hand Surgery (Br); 2001; Vol. 26(5): 475 – 480
- 43 Lundborg, G.; Dahlin, L.B.; Anatomy, function, and pathophysiology of peripheral nerves and nerve compression; Hand Clin.; 1996; Vol. 12(2): 185 – 193
- 44 Mac Donald, R.I. et al; Complications of surgical release for carpal tunnel syndrom; Journal of Hand Surgery; 1987; Vol. 3 - A: 70 – 76
- 45 Mailänder, P.; Brger, A.; Eingeladener Kommentar über endoskopische Carpaltunnelspaltung; Acta Chir. Austriaca; 1996; Vol. 1:59
- 46 Mirza, M.A., King,E.T. Jr.; Newer Techniques of carpal tunnel release; Orthop Clin North Am.; 1996; Vol. 27(2): 355 – 371

- 47 Mondelli, M.; Reale, F.; Sicurelle, F.; Padua, L.; Relationship between the self-administered Boston questionnaire and electrophysiological findings in follow-up of surgically-treated carpal tunnel syndrome; *Journal of Hand Surgery (Br)*; 2000; Vol.25(2):128 – 134
- 48 Murphy, R.X. Jr.; Jennings, J.F.; Wukich, D.K.; Major neurovascular complications of endoscopic carpal tunnel release; *Journal of Hand Surgery (Am)*; 1994; Vol.19(1): 114 – 118
- 49 Nau, H.E.; Das Karpaltunnelsyndrom; *Chir. Praxis*; 1989; Vol. 40: 481 – 490
- 50 Nigst, H.; Buck-Gramcko, D.; Millese, H.; *Handchirurgie*; Thieme Verlag 1981
- 51 Nordstrom, D.L.; De Stefano, F.; Vierkant, R.; Layde, P.; Incidence of diagnosed carpal tunnel syndrome in a general population; *Epidemiology*; 1998; Vol. 9: 342 – 345
- 52 Okutsu, I.; Ninomiya, S.; Hamanaka, I.; Kuroshima, N.; Inanami, H.; Measurement of pressure in the carpal canal before and after endoscopic management of carpal tunnel syndrome; *Journal of Bone and Joint Surgery*; 1989; Vol. 71(5): 679 – 683
- 53 Olsen, K.; Knudson, D.; Change in strength and dexterity after open carpal tunnel release.; *International Journal of Sports Medicine*; 2001; Vol. 22: 301 – 303
- 54 Palmer, A.K.; Complications of endoscopic and open carpal tunnel release; *Journal of Hand Surgery*; 2000; Vol. 25(1): 185
- 55 Palmer, D.H.; Paulson, J.C.; Lane-Larson, C.L.; Peulen, V.K.; Olson, J.D.; Endoscopic carpal tunnel release: a comparison of two techniques with open release; *Arthroscopy*; 1993; Vol. 9(5): 498 – 508

- 56 Pennino, R.; Tavin, E.; Endoscopic-assisted carpal tunnel release: a coupling of endoscopic and open techniques; *Ann. Plast. Surg.*; 1996; Vol. 36(5): 458 – 461
- 57 Piotrowski, W.P.; Größing, N.; Klinik und Therapie des Karpaltunnelsyndroms; *Z. Orthop.*; 1994; Vol. 132: 432 – 436
- 58 Rayan, G.M.; Carpal tunnel syndrome between two centuries; *J. Okla State Med Assoc*; 1999; Vol. 92(10): 493 – 503
- 59 Richter, M.; Brüser, P.; Die operative Behandlung des Karpaltunnelsyndroms; *Handch.Mikroch.Plust.Chir.*; 1996; Vol. 28: 160 – 166
- 60 Richter, M.; Thoden, U.; Zur elektoneurographischen Frühdiagnostik des Karpaltunnelsyndroms; *Z EEG, EMG*; 1977; Vol. 8: 187 – 181
- 61 Schäfer, H.-M.; Lanz, U.; *Chirurgische Anatomie der Hand*; Hippokrates Verlag GmbH; 1992
- 62 Schmidt, H.M.; Lanz, U.; *Chirurgische Anatomie der Hand*; Hippokrates Verband GmbH; 1992
- 63 Schmidt, H.M.; Moser, Th.; Licas, D.; *Handchirurgie*; 1987; Vol. 19: 145 – 152
- 64 Sobotta, J.; Becher, H.; *Atlas der Anatomie des Menschen*; Urban und schwarzenberger; 1977
- 65 Stevens, J.C.; Smith, B.E.; Weyver, A.L.; Bosch, E.P., Deen, H.G. Jr.; Wilkens, J.A.; Symptoms of 100 Patients with electromyographically verified carpal tunnel syndrome; *Muscle Nerve*; 1999; Vol.22(10): 1448 – 1456
- 66 Stevens, J.C.; Sun, S.; Beard, C.M.; O'Fallon, W.M.; Kurland, L.T.; Carpal tunnel syndrome in Rochester, Minnesota, 1961 – 1980; *Neurology*; 1988; Vol. 38(1): 134 – 138
- 67 Tennent, T.D.; Goddard, N.J.; Carpal tunnel decompression: open vs. Endoscopic; *Br J Hosp Med*; 1997; Vol. 58: 551 - 554.

- 68 Thies; KTS-Mini-Release. Alternative zur endoskopischen Technik; Chirurgische Praxis; 1999; Vol. 56: 455 – 458
- 69 Urbaniak, J.R.; Desai, S.S.; Complications of nonoperative and operative treatment of carpal tunnel syndrome; Hand Clin; 1996; Vol.12(2): 325 – 335
- 70 Vasen, A.P.; Kuntz, K.M.; Simmons, B.P.; Katz, J.N.; Open versus endoscopic carpal tunnel release: a decision analysis; Journal of Hand Surgery; 1999; Vol. 24(5): 1109 – 1117
- 71 Waldeyer, A.; Anatomie des Menschen, zweiter Teil; de Gruyter; 1975
- 72 Wessinghage, D.; Das Carpaltunnelsyndrom; Materia Medica; 1974; Vol. 26: 169 – 180
- 73 Wilson, K.M.; Double incision open technique for carpal tunnel release: An alternative to endoscopic release; Journal of Hand Surgery; 1994; Vol. 19 - A: 907 – 912
- 74 Wilson, K.M.; Double incision open technique for carpal tunnel release: an alternative to endoscopic release; Journal of Hand Surgery; 1994; Vol. 19(6): 907 – 912
- 75 Worsseg, A.P.; Endoskopische Karpaltunnelspaltung; Das Karpaltunnelsyndrom. Diagnose und Therapie; 1999; Springer
- 76 Zimmerli, W.; Doppelincision zur Operation des Karpaltunnelsyndroms; Helv. Chir. Acta; 1991; Vol. 58: 395 - 400

Lebenslauf

Name: Thomas Beyer

Geburtstag: 19.02.1964

Geburtsort: Düsseldorf

Vater: Walter Beyer; Beruf: Schlosser

Mutter: Gertrud Beyer, geb. Reipen; Beruf:
Schneiderin

Familienstand: verheiratet seit 29.05.1992; 2 Kinder

Schulbildung:

1970 – 1974	Besuch der Grundschule Höningen
1974 – 1983 Knechtsteden	Besuch des Norbert-Gymnasiums
1983 – 1984	Wehrdienst als Sanitätssoldat im Krankenpflagedienst der Bundeswehr

Berufsausbildung:

1984 – 1986	Ausbildung zum Chemiefacharbeiter bei der Bayer AG in Dormagen
1986 – 1991	Studium der Humanmedizin an der Heinrich- Heine-Universität Düsseldorf
1991 – 1992	Praktisches Jahr im Bethesda Krankenhaus Duisburg
1993 – 1994	AiP in der Chirurgischen Klinik des Johanna- Etienne-Krankenhauses Neuss
1994	Approbation
1994 – 1997	Assistenzarzt in der Abteilung für Anästhesie des Johanna-Etienne-Krankenhauses Neuss
1997 – 2001	Assistenzarzt in der Chirurgischen Klinik des Johanna-Etienne-Krankenhauses Neuss
2001	Anerkennung als Facharzt für Chirurgie
2001 – 2004	Assistenzarzt in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Lukas- Krankenhauses Neuss
2004	Anerkennung der Schwerpunktbezeichnung Unfallchirurgie
seit 2004	Oberarzt in der Chirurgischen Klinik des Marien-Hospitals Euskirchen

Danksagung

Herrn Professor Dr. med. H. Schwering, Chefarzt der Chirurgische Klinik Marien-Hospital Euskirchen möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas zu dieser Dissertation, die Hilfe und die vielen wertvollen Ratschläge bei der Erstellung der Arbeit danken.

Herrn Dr. med. H. Kapp, Chefarzt der Klinik für Unfall-, Hand und Wiederherstellungschirurgie in den Kliniken St. Antonius Wuppertal und Herrn Dr. med. H. Krupp, Chefarzt der Abteilung für Chirurgie und Unfallchirurgie des St. Josef Hospitals Bonn bin ich zu Dank verpflichtet, weil sie mir die Auswertung ihres handchirurgischen Krankengutes ermöglicht haben.