

**Meta-Analyse zur Bestimmung von
Risikofaktoren für das Karpaltunnelsyndrom
(KTS)**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Juliane Wollny
geboren am 23. Februar 1984 in Eisenach

Gutachter

1. Gutachter:
2. Gutachter:
3. Gutachter:

Tag der öffentlichen Verteidigung:

Abkürzungsverzeichnis

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ADM	abductor digiti minimi
Amp	Amplitude
APB	abductor pollicis brevis
Avg	Average (Durchschnitt)
BK	Berufskrankheit
BKV	Berufskrankheiten-Verordnung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
bzw.	beziehungsweise
C	clinical
CI	confidence interval
CNC	Computer Numerical Control
CPS	community population study
CRPS II	complex regional pain Syndrome Typ 2
CTS	carpal tunnel syndrome
CV	Nervenleitgeschwindigkeit
D	Digitus
Dig	Digitus
DK	Dänemark
et al.	et alii („und andere“)
f.u.	follow up
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
HAL	hand-activity-level
HAL TLVs	Hand Activity Level Threshold Limit Values
HWS	Halswirbelsäule
I^2	Heterogenität
KI	Konfidenzintervall
KTS	Karpaltunnelsyndrom
Lat	Latenz

Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
mA	Milliampere
Mm.	Musculi
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
mmHg	Druck, den ein Millimeter einer Quecksilbersäule ausübt
ms	Millisekunde
m/s	Meter pro Sekunde
mV	Millivolt
n	Anzahl
N	neurography
N.	Nervus
NL	Niederlande
Nn.	Nervi
OP	operierte Fälle
OR	odds ratio
p-Wert	Signifikanz
PC	Personal Computer
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
R.	Ramus
Rr.	Rami
RR	rate ratio
s	Sekunde
S	Survey
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
StGB	Strafgesetzbuch
Stim	Stimulation
Tab.	Tabelle
UK	United Kingdom
μV	Mikrovolt
v.H.	von Hundert
WPS	working population study

z.B.
%

zum Beispiel
Prozent

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie des Karpalkanals.....	12
Abbildung 2: N. medianus - Motorische Neurographie.....	16
Abbildung 3: Patientenbeispiel einer motorischen und sensiblen Neurographie	17
Abbildung 4: Patientenbeispiel einer motorischen Neurographie.....	18
Abbildung 5: N. medianus - Sensible Neurographie.....	18
Abbildung 6: Patientenbeispiel einer sensiblen Neurographie.....	19
Abbildung 7: Situs des Karpalkanals nach Spaltung des Retinaculum flexorum.....	21
Abbildung 8: Flow-Chart der Meta-Analyse	25
Abbildung 9: Prävalenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Forest Plot.....	35
Abbildung 10: Prävalenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Funnel Plot.....	36
Abbildung 11: Inzidenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Längsschnittstudien) - Forest Plot.....	37
Abbildung 12: Prävalenz des KTS adjustiert auf das Alter (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Forest Plot	38
Abbildung 13: Inzidenz des KTS adjustiert auf das mittlere Lebensalter (Ergebnisse aus den Längsschnittstudien) - Forest Plot.....	38
Abbildung 14: Repetition (Ergebnisse der Querschnittstudien) - Forest Plot.....	48
Abbildung 15: Flexion im Handgelenk (Ergebnisse der Querschnittstudien) - Forest Plot.....	49
Abbildung 16: Kraftvolles Arbeiten (Ergebnisse der Querschnittstudien)	50
Abbildung 17: Vibrationsbelastung (Ergebnisse der Querschnittstudien)	51
Abbildung 18: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists)	52
Abbildung 19: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists) - Ergebnisse der Längsschnittstudien.....	52
Abbildung 20: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists) - Ergebnisse der Querschnittstudien.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der eingeschlossenen Längsschnittstudien mit Inzidenzen und ggf. erfasster Prävalenzen zu Studienbeginn	27
Tabelle 2: Auflistung der eingeschlossenen Querschnittstudien mit den Prävalenzen	29
Tabelle 3: Alters- und geschlechts-abhängige KTS Prävalenz in der Bevölkerung von Atroshi et al.....	37
Tabelle 4: Odds Ratios für eine erhöhte KTS-Prävalenz in bestimmten Tätigkeiten, Berufsgruppen bzw. Berufszweigen	43
Tabelle 5: Berufliche Risikofaktoren für ein inzidentes KTS.....	45

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	8
1. Einleitung	10
1.1 Geschichte	10
1.2 Anatomie des Karpaltunnel	10
1.3 Pathophysiologie.....	13
1.4 Ätiologie	13
1.5 Klinik	14
1.6 Diagnostik	15
1.7 Therapie.....	20
1.8 KTS als mögliche Berufskrankheit	21
2. Zielstellung und Hypothese	22
3. Material und Methoden	23
4. Ergebnisse	24
4.1 Rohe Prävalenz und Inzidenz	33
4.2 Alter und Geschlecht.....	34
4.3 Hand-Dominanz	39
4.4 Ethnische Unterschiede	39
4.5 Anthropometrische Daten	39
4.6 Komorbidität.....	40
4.7 Lebensstil, Nikotin- und Alkoholkonsum.....	41
4.8 Prävalenz und Inzidenz des KTS in Berufsgruppen oder Berufszweigen	41
4.9 Repetition.....	48
4.10 Handposition (Flexion)	49
4.11 Kraft	49
4.12 Vibration.....	50
4.13 Kombinierte Handbelastung.....	51
4.14 PC-Arbeit	53

5. Diskussion	54
6. Schlussfolgerungen	62
7. Literaturverzeichnis	64
Anhang	79
Lebenslauf	80
Danksagung.....	81
Ehrenwörtliche Erklärung.....	82

Zusammenfassung

Zielstellung:

Laut dem Sachverständigenbeirat des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS) (Bundesministerium 2009) gibt es eine Empfehlung das KTS (Karpaltunnelsyndrom) als Berufskrankheit (BK) aufzunehmen. Daher war es Ziel der hier vorliegenden Meta-Analyse, basierend auf einem systematischen Literatur-Review, Risikofaktoren für das KTS zu identifizieren. Es galt die Hypothese, dass bestimmte berufliche Belastungen der Hand besondere Risikofaktoren für die Entstehung des KTS darstellen. Zudem war es die Aufgabe, nicht-berufliche Risikofaktoren für das KTS zu identifizieren, die in einer späteren BK-Begutachtung als konkurrierende Faktoren gelten könnten.

Methode:

Berücksichtigt wurden alle Publikationen, die vor dem 15. Februar 2011 erschienen sind. Als Datenbanken für die systematische Literaturrecherche benutzten wir PubMed, Medline, Cochrane, EMBASE und Web of Science. Es konnten 87 relevante Studien (27 Längsschnitt- und 60 Querschnittstudien) zum Einschluss in die Meta-Analyse identifiziert werden. Bei der Durchführung einer Meta-Analyse hielten wir uns strikt an die Richtlinien der PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Ziegler und König 2011). Im random effects model erfolgte die Berechnung der Effektstärken (Rustenbach 2003).

Ergebnisse:

Die Gesamtprävalenz des KTS, unabhängig von der Definition des KTS, der Studienpopulation, des Alters und des Geschlechts, betrug 10,6 % (95% KI 7,8-14,2), die rohe Inzidenz 10,4 (95% KI 8,9-11,9) / 1000 Personenjahre. Folgende signifikant-assoziierte nicht-berufliche Risikofaktoren für ein KTS konnten laut den Ergebnissen der Querschnittstudien identifiziert werden: Das höhere Lebensalter mit einem Gipfel im mittleren Lebensalter, das weibliche Geschlecht, Übergewicht und Adipositas. Zudem lässt sich das KTS häufiger an der dominanten Hand beobachten, betrifft häufiger Angehörige der „nicht-weißen“ Rasse und ist mit einer hohen Komorbidität vergesellschaftet.

Ein Alter zwischen 40-60 Jahren, das weibliche Geschlecht, Übergewicht, Adipositas, Diabetes mellitus und Alkoholabusus konnten ebenfalls als Risikofaktoren für das

KTS anhand der ausgewerteten Längsschnittstudien identifiziert werden. Signifikant ($p < 0,001$) höher waren die Prävalenzen mit 11,0% (KI 95% 8,0 – 15,0) in Studien, die an beruflich Beschäftigten durchgeführt wurden im Vergleich zu den Gesamtbevölkerungsstudien mit durchschnittlich 6,8% (KI 95% 2,2 – 18,7). Die Inzidenz in Studien an Arbeitstätigen war mit 17,3 (KI 95% 14,5-20,1) / 1000 Personenjahre ebenfalls signifikant ($p < 0,001$) höher als in Gesamtbevölkerungsstudien mit nur 1,8 (KI 95% 1,4-2,2) / 1000 Personenjahre. Es war, aufgrund der unterschiedlichen Studiendesigns, unmöglich konkrete Prävalenzen oder Inzidenzen für bestimmte Berufsgruppen zu ermitteln. In einer Reihe von Längsschnittstudien konnte schwere manuelle Arbeit als signifikanter Risikofaktor für ein KTS identifiziert werden. Es konnten unabhängig vom konkreten Berufszweig bestimmte Handbelastungen (Repetition, chronische Handflexion, hohe manuelle Kraftausübung und Vibration) identifiziert werden, die signifikant mit einer erhöhten KTS-Prävalenz assoziiert sind. Dabei hat insbesondere die Kombination dieser Faktoren eine erhebliche Risikosteigerung zur Folge. Die Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) eignen sich zur Erfassung. Eine Handbelastung im oberen Quartil dieses Scores spiegelt ein signifikant höheres Risiko für ein beruflich bedingtes KTS wieder und bedingt eine signifikant höhere KTS-Prävalenz (ACGIH 2001).

Schlussfolgerung:

Als Volkskrankheit betrifft das KTS alle Bevölkerungsgruppen. Das KTS dürfte im Begutachtungsfall nur in sehr wenigen Fällen mit einer wirklichen 50%-igen Wahrscheinlichkeit auf eine konkret versicherte Tätigkeit zurückzuführen sein und zudem dürfen dabei keine so erheblichen konkurrierenden Faktoren vorliegen, die bereits vor Beginn der Exposition schon nachweisbar waren. Da rentenberechtigten Fälle die Ausnahme bilden und die Krankheit weitgehend heilbar ist, sei zu bedenken, dass die daraus entstehenden versicherungsrechtlichen Konsequenzen einer Berufskrankheit KTS zudem letztlich eher unbedeutend sind.

1. Einleitung

1.1 Geschichte

Das Karpaltunnelsyndrom wurde vor 150 Jahren durch den Londoner Chirurgieprofessor Sir James Paget (1814-1899) erstmals als „Brachialgia paraesthetica nocturna“ beschrieben (Paget 1854). Erst im folgenden Jahrhundert wurde der Begriff Karpaltunnelsyndrom (KTS) bzw. carpal tunnel syndrome (CTS) von Brain (Brain et al. 1947) und Phalen (Phalen et al. 1950) geprägt. Abbott und Saunders beschrieben 1933 eine Radiusfraktur als Ursache für ein KTS. 1924 erfolgte die erste operative Dekompression durch Herbert Galloway. So wurden die Erkenntnisse von Phalen über pathologische Zusammenhänge erst 1950 publiziert. Gleichfalls beobachteten und beschrieben Autoren, wie Lynch 1963, Peterson 1993, Mack 1994 die Ätiologie des Karpaltunnelsyndrom (Zifko und Worsing 1999).

1.2 Anatomie des Karpaltunnel

Beim Karpaltunnel handelt es sich um einen aus ossären und fibrösen Strukturen zusammengesetzten Kanal. Den ossären Teil bilden die Handwurzelknochen, welche die dorsale Begrenzung darstellen und durch ein kapsuloligamentäres Gefüge fest miteinander verbunden sind. Die palmare Begrenzung bildet das Ligamentum transversum carpi und das Retinaculum flexorum. Diese Ligamente dienen somit als mechanischer Schutz für den Karpaltunnel, als proximale Insertionsstelle der Thenar- und Hypothenarmuskulatur und als Hypomochlion der Flexorensehnen.

Die neun Beugesehnen der Finger mit ihren synovialen Hüllen und der N. medianus flankieren den Karpaltunnel. Der N. medianus durchzieht palmar und radial den Karpaltunnel. Der Verlauf des N. medianus mit seinen Ästen, so z.B. der R. palmaris n. medianus, ist sehr variabel und spielt vor allem im Hinblick auf die operative Versorgung eine wichtige Rolle (Merle und Rehart 2009). Eine Teilung des N. medianus in den motorische Thenarast sowie in 3 Nn. digitalis palmaris für die sensible Versorgung der Palmarseite D1 bis ½ D4 findet innerhalb oder unmittelbar distal des Karpaltunnels statt (Gillroy und MacPherson 2009). Motorisch versorgt der

N. medianus an der Hand die Mm. lumbricalis I und II, den M. opponens pollicis, den oberflächlichen Kopf des M. flexor pollicis brevis und den M. abductor pollicis brevis. Sensibel versorgt der N. medianus die Haut der radialen 3,5 Finger palmar mit Handwurzel, die Endglieder dieser Finger dorsal und den Daumenballen (Arnold et al. 2002). Der N. medianus bildet zahlreiche Geflechte über Rr. communicantes mit sensiblen Fasern des N. ulnaris und N. radialis, so dass vom N. medianus allein ausschließlich im Bereich der Area mediana propria die Palmarseite der Langfinger D2 und D3 ab Mitte Grundglied versorgt werden (Lanz und Wachsmuth 1959). Als Area mediana collateralia werden die übrigen Gebiete bezeichnet, die vom N. medianus über Rr. communicantes sensibel versorgt werden (Lanz und Wachsmuth 1959) (Abbildung 1).

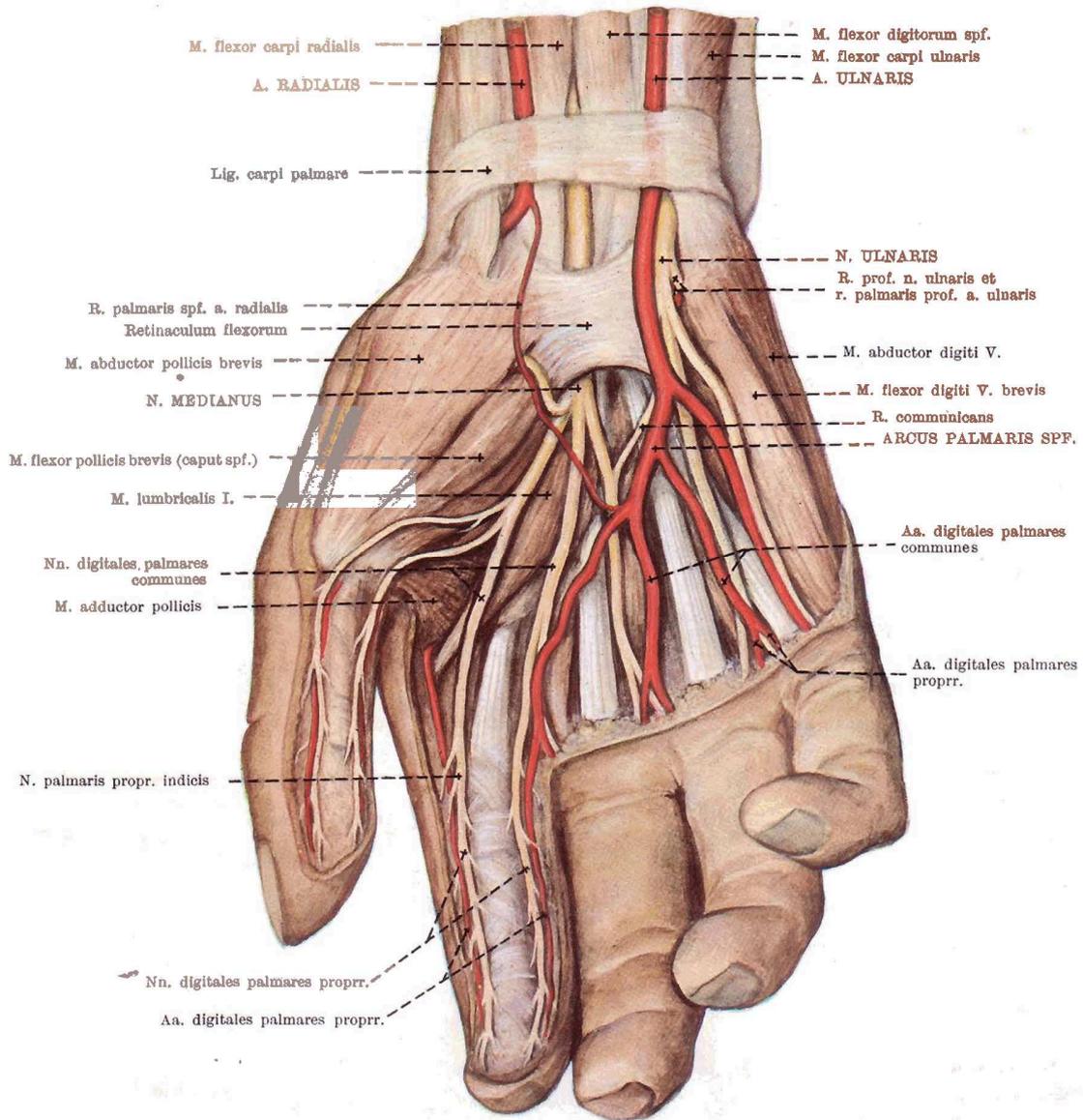


Abbildung 1: Anatomie des Karpalkanals (Kiss und Szentagothai 1979)

1.3 Pathophysiologie

Die pathophysiologische Grundlage des Karpaltunnelsyndroms ist durch einen ansteigenden Gewebedruck im Karpaltunnel definiert. Gelbermann und zahlreiche andere Autoren geben den intrakanalikulären Druck in der Neutralstellung mit 7mmHg an. Ursächlich wird eine Extension und Flexion des Handgelenks für eine Druckerhöhung gesehen, wobei bei maximaler Extension und Flexion ein Druck von bis zu 41mmHg erzielt werden kann. Bei Vorliegen eines Karpaltunnelsyndrom belaufen sich die Druckwerte um 30 mmHg in Neutralstellung, welche in Extension und Flexion des Handgelenks bis auf 110 mmHg ansteigen können (Gelberman et al. 1998). Untersuchungen von Weiss et al. (Weiss et al. 1995) und Keir et al. (Keir et al. 2007) zeigten sogar, dass die Extension ein stärkerer Faktor für die Druckerhöhung im Karpaltunnel sein könnte. In Folge des ansteigenden Gewebedruckes kommt es zu einer venösen Stauung, die zu einer intraneuralen Ödembildung führt und begleitend eine arterielle Stauung mit Endothelschädigung mit sich zieht und letztendlich eine Ischämie verursacht. Dadurch kann schließlich ein Circulus vitiosus entstehen. Aufgrund der geschilderten Vorgänge verschlechtert sich der Transport der Stoffwechselprodukte und die Nervenleitgeschwindigkeit verändert sich. Bei anhaltend hohen Druckverhältnissen kommt es schließlich zu einer zunehmenden intraneuralen Fibrosierung und daraus resultierend eine reversible oder irreversible Lähmung (Merle und Rehart 2009).

1.4 Ätiologie

Ursächlich für die Entstehung des KTS ist eine Druckerhöhung im Karpalkanal. Meistens handelt es sich dabei um primäre oder idiopathische Formen. Ein ätiologischer Zusammenhang im Hinblick zur beruflichen Belastung des Betroffenen wird häufig beim primären KTS gesehen (Barcenilla et al. 2011). Sekundär, d.h. mit bekannter äußerer Ursache, kann das KTS durch Verformung oder Kompression des Karpaltunnels entstehen. Diese insgesamt selteneren Ursachen können beispielsweise nicht verheilte Radiusfrakturen, Sehnenscheidenentzündungen, Gicht, Entzündungen, Osteophyten oder Tumore (Ganglion, Lipome) sein. Erkrankungen wie der Diabetes mellitus, die Hypothyreose, die Amyloidose und die Akromegalie

sind häufige Begleiterkrankungen. Die in einer Schwangerschaft auftretenden hormonellen Veränderungen können hier ebenfalls eine Rolle spielen (Merle und Rehart 2009, Gleixner et al. 2005). Ödembildung, Fibrosierungen und Gefäßproliferationen sind dabei eng assoziiert mit dem Karpaltunnelsyndrom. Sowohl chronische Druck- und Vibrationsbelastung als auch sich periodisch wiederholende Flexions- und Extensionsbewegungen im Handgelenk begünstigen möglicherweise die Entstehung des KTS. Insgesamt gesehen, können mehrere Faktoren für die Entstehung des Karpaltunnelsyndrom mit verantwortlich sein.

1.5 Klinik

Die sensiblen Störungen stehen im Vordergrund. Die Patienten klagen über Dys- und Parästhesien im Bereich der mittleren drei Finger. Sie berichten über eine Intensivierung in der Nacht 2-3h nach dem Einschlafen (Brachialgia paraesthetica nocturna). Zudem besteht an der Hand ein Spannungsgefühl der Weichteile. Maßnahmen wie Massieren, Schütteln oder Platzieren der Hand unter warmes Wasser bringen zunächst eine Linderung, da die Zirkulation im Karpaltunnel verbessert wird. Eine Verschlimmerung der Symptomatik in der Nacht erfolgt daher, da sich im Schlaf das Handgelenk in Flexionshaltung befindet. Beim Erwachen wird das Handgelenk wieder in Neutralstellung gebracht und die Symptomatik verbessert sich. Bei länger anhaltender Beschwerdesymptomatik zeigen sich die Symptome auch am Tag bei alltäglichen Verrichtungen, wie Auto fahren, Zeitung lesen, Telefonieren oder Schreiben. Im weiteren Verlauf führen vor allem Parästhesien, die am Endglied des Zeige- und Mittelfingers auftreten, zu einem Präzisionsverlust der Gestik. Bei einer möglicherweise aufsteigenden Neuritis können die Beschwerden bis in den distalen Unterarm ausstrahlen. Fortgeschrittene Befunde können, auf der Basis einer Degeneration der Faszikel, mit einer Atrophie des Daumenballens einhergehen (Merle und Rehart 2009).

1.6 Diagnostik

In den meisten Fällen führt schon die typische Anamnese zur Diagnose. Zur Diagnosesicherung des KTS können ergänzend zu der Anamnese klinisch-funktionelle Tests und ggf. apparative neurologische Untersuchungen herangezogen werden.

Bedeutsam ist der Test nach Phalen. Dabei werden ohne Kraft die beiden zusammengelegten Hände im Handgelenk flektiert. Klagt der Patient in weniger als 60s über Parästhesien, ist der Test als pathologisch zu werten. Gebräuchlich ist auch die Auslösung des Tinel-Hoffmann-Zeichen, bei dem der Patient bei Perkussion der distalen Handgelenksbeugefalte über elektrisierende Sensationen und Parästhesien klagt (Gleixner et al. 2005, Merle und Rehart 2009). Oftmals gelingt jedoch eine sichere Abgrenzung gegenüber anderen Ursachen von Armbeschwerden erst mittels neurographischer Messungen (Tackmann et al. 1989). Zu den elektrophysiologischen Testverfahren zählt die distale motorische Latenz (Abbildung 2), wobei diese vom N. medianus am Handgelenk zum M. abductor pollicis brevis mittels Oberflächenelektroden gemessen wird.

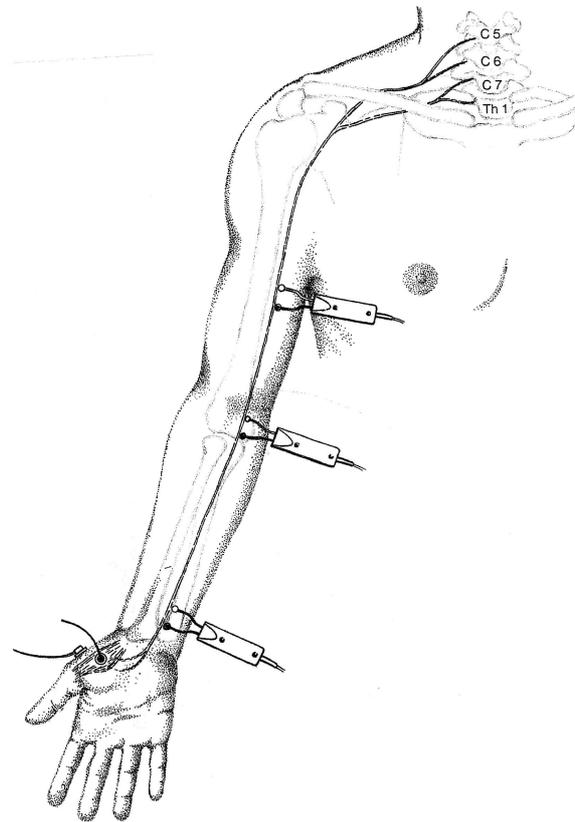


Abbildung 2: N. medianus - Motorische Neurographie (Stöhr et al. 2005)

Sie wird in der Maßeinheit ms angegeben und ist Ausdruck einer verzögerten Reizantwort. Sicher pathologisch sind Werte über 4,7ms, wie auch in dem Patientenbeispiel (N. medianus rechts 7,0ms, N. medianus links 6,3ms) ersichtlich ist (Abbildungen 3 und 4). In ausgeprägten Fällen ist die motorische Nervenleitgeschwindigkeit im Unterarmabschnitt herabgesetzt (Stöhr et al. 2005).

MOTOR NERVEN:	Lat [ms]	SD	Amp [mV]	SD	CV [m/s]	SD	Amp% [%]	SD	F-M [ms]	SD
Rechts Medianus Wrist - APB	7.0	10.0	12.8	1.4						
Links Medianus Wrist - APB	6.3	7.9	11.4	0.9						
Rechts Ulnaris Wrist - ADM	2.5	-1.9	8.8	-1.0						
Links Ulnaris Wrist - ADM	3.4	0.9	13.5	0.9						

SENSOR. NERVEN:	Lat [ms]	SD	Amp [uV]	SD	CV [m/s]	SD	Amp% [%]	SD
Rechts Medianus Dig II - Wrist	6.5	8.0	3.3		24.6			
Rechts Medianus Dig IV - Wrist	---		---					
Links Medianus Dig II - Wrist	5.5	5.8	4.2		28.2			
Links Medianus Dig IV - Wrist	6.2	6.8	1.5		25.0			
Rechts Ulnaris Dig IV - Wrist	3.2	0.8	5.6		46.9			
Links Ulnaris Dig IV - Wrist	3.1	0.6	12		48.4			

Abbildung 3: Patientenbeispiel einer motorischen und sensiblen Neurographie

Messung der motorischen Latenz (Lat) in ms und der Nervenleitgeschwindigkeit (CV) in m/s. Angabe der Standardabweichung (SD).

Die Abbildung wurde mir freundlicherweise von Herrn Dr. med. Lutz Bode, Neurologische Praxis Eisenach, zur Verfügung gestellt.

MOTOR NERVEN

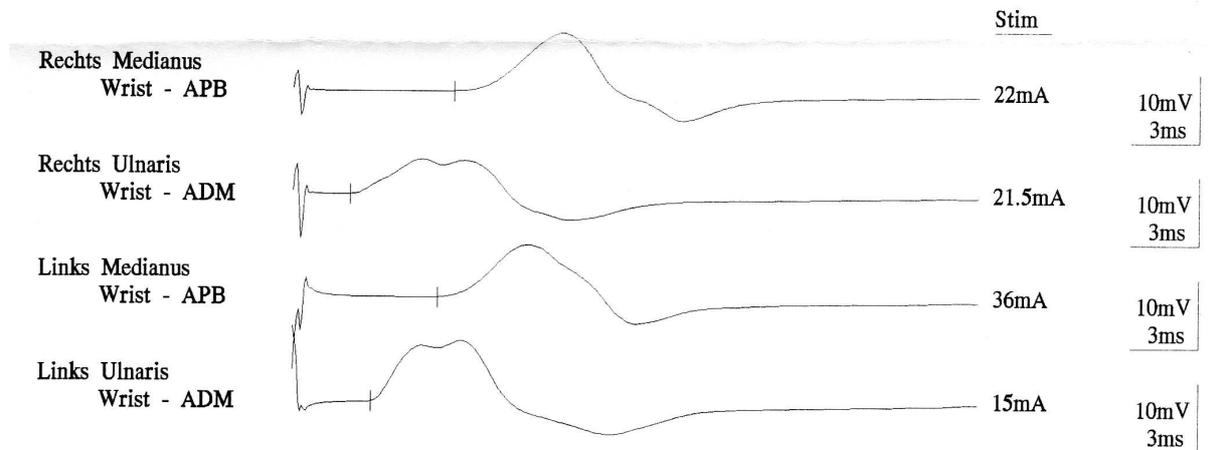


Abbildung 4: Patientenbeispiel einer motorischen Neurographie

Darstellung der Verlängerung der distalen motorischen Latenz sowohl N. medianus rechts (7,0ms) als auch N. medianus links (6,3ms).

Die Abbildung wurde mir freundlicherweise von Herrn Dr. med. Lutz Bode, Neurologische Praxis Eisenach, zur Verfügung gestellt.

Zum KTS-Nachweis ist die sensible Neurographie die empfindlichste Methode (Abbildung 5).

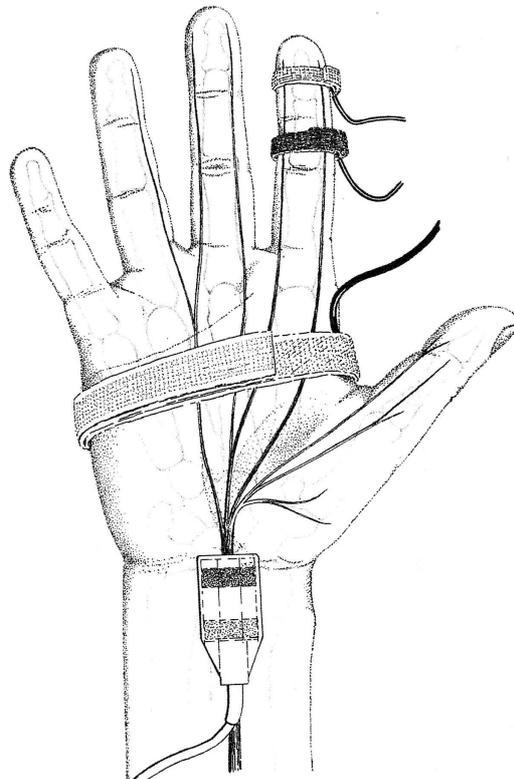


Abbildung 5: N. medianus - Sensible Neurographie (Stöhr et al. 2005)

Gemessen wird die sensible Nervenleitgeschwindigkeit des N. medianus zwischen Zeigefinger und Handgelenk, die bei vorliegendem KTS, analog zu unserem Patientenbeispiel (N. medianus rechts 24,6m/s, N. medianus links 28,2m/s) (Abbildung 3 und 6), herabgesetzt ist.

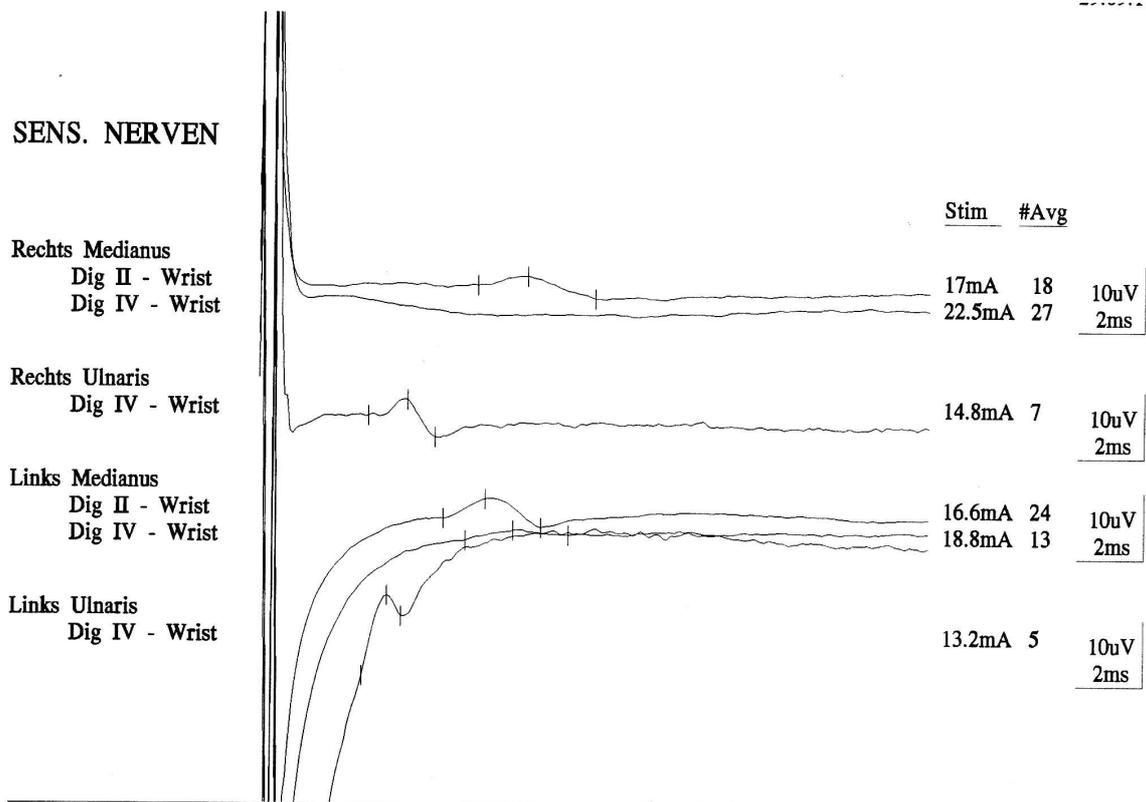


Abbildung 6: Patientenbeispiel einer sensiblen Neurographie

Darstellung der Herabsetzung der sensiblen Nervenleitgeschwindigkeit sowohl N. medianus rechts als auch N. medianus links.

Die Abbildung wurde mir freundlicherweise von Herrn Dr. med. Lutz Bode, Neurologische Praxis Eisenach, zur Verfügung gestellt.

Sie wird in m/s angegeben und ist bei Werten <47m/s pathologisch zu werten. Zum Ausschluss einer generalisierten Neuropathie erweist sich die begleitende Messung der sensiblen Nervenleitgeschwindigkeit des N. ulnaris als sinnvoll (Stöhr et al. 2005).

1.7 Therapie

Neben der operativen Therapie kann zunächst ein konservativer Therapieversuch vorgeschaltet werden. Es können statische, maßangefertigte palmare Lagerungsschienen verordnet werden, die das Handgelenk in neutraler Position fixieren und somit zu einer Druckreduzierung im Karpaltunnel führen. Da es gerade beim Schlafen physiologischer Weise zur Handgelenksflexion kommt, sollten diese auch nachts getragen werden. Eine lokale Infiltration eines Kortikoid (Dexamethason) in den Karpaltunnel kann in frühen Erkrankungsstadien begleitend zur Linderung versucht werden. Eine häufige Wiederholung einer Infiltration sollte jedoch, bei einem möglichen Verletzungsrisiko intrakarpal befindlicher Strukturen, nicht unkritisch durchgeführt werden (Merle und Rehart 2009). Insgesamt gesehen ist die operative der konservativen Therapie jedoch überlegen und damit die Operation die Therapie der Wahl. Der „golden standard“ ist die offene Spaltung des Lig. carpi transversum und des Retinaculum flexorum (Abbildung 7). Es ist auch eine endoskopische Therapie in Ein- oder Zweikanaltechnik möglich, wo jedoch der Beweis für einen Benefit der endoskopischen Methode bisher fehlt (Assmus et al. 2007, Uchiyama et al. 2010). Das Rezidivrisiko ist mit max. 1-2% insgesamt selten (Assmus et al. 2007). Damit wird selten eine Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) > 20% zur Gewährung entsprechender Rentenansprüche eintreten (Weise und Schiltenswolf 2008).

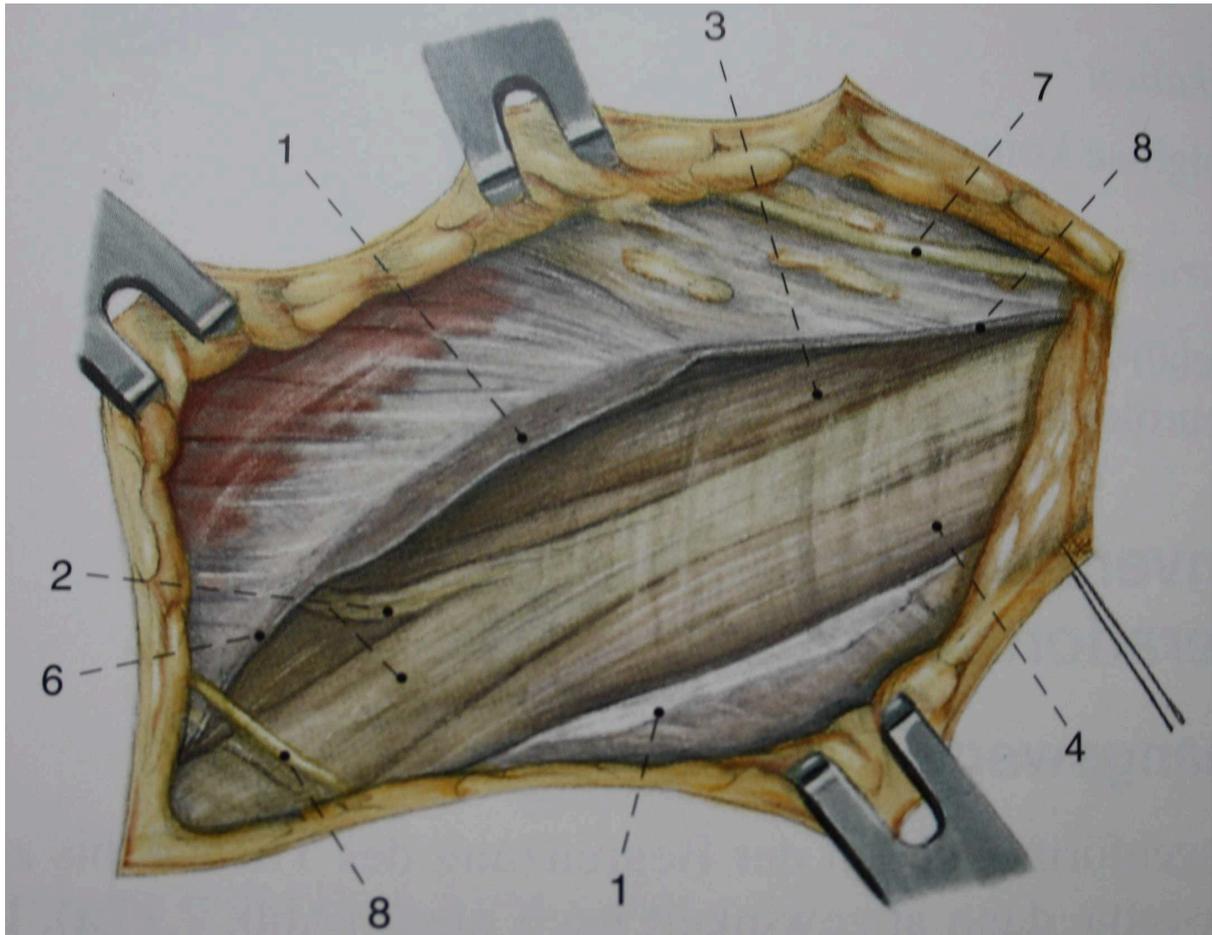


Abbildung 7: Situs des Karpalkanals nach Spaltung des Retinaculum flexorum (Scharitzer 1997)

1.8 KTS als mögliche Berufskrankheit

Kontrovers diskutiert wurde bislang über die berufliche Verursachung des Karpaltunnelsyndroms. Dass die berufliche Belastung ein Risiko für die KTS-Entstehung darstellen kann, konnte schon in früheren Meta-Analysen aus epidemiologischen Untersuchungen gezeigt werden (Barcenilla et al. 2011, Palmer et al. 2007). Ursprünglich sollte das KTS als neue Berufskrankheit (BK 2112), nach Novellierung der Berufskrankheitenverordnung 2002, aufgenommen werden. Im Rahmen der „Öffnungsklausel“ kann diese nunmehr mit ausführlicher wissenschaftlicher Begründung (Spallek 2009, Giersiepen und Spallek 2011, Schürmann und Hartmann 2008) gem. § 9 StGB VII und laut Empfehlung des Sachverständigenbeirats des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales in die Liste der BK aufgenommen werden (Bundesministerium 2009). Die Einordnung des

Karpaltunnelsyndroms erfolgte bis dato gelegentlich als „Wie BK“. Bezüglich beruflich bedingter Druckschädigungen des Nervs war das KTS im Sinne der BK 2106 bislang ausdrücklich ausgeschlossen. In einer Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) sind Berufskrankheiten (BK) diejenigen Erkrankungen, die erschöpfend aufgezählt sind (Legaldefinition). Es werden formale und materiell-inhaltliche Aspekte für die Aufnahme einer BK in die BKV gefordert (Schönberger et al. 2010). Formal heißt, dass zwischen der schädigenden (hier beruflichen) Einwirkung und der Krankheit eine definierte Ursache-Wirkungs-Beziehung bestehen muss, um eine Aufnahme in die BKV zu erreichen. Nach Schönberger et al. (Schönberger et al. 2010) sind inhaltlich folgende Kriterien gefordert: Zunächst muss es sich um eine klar definierte Krankheit handeln, was im Falle des KTS erfüllt ist. Zudem muss nach den Erkenntnissen der Wissenschaft die Erkrankung durch besondere Einwirkungen, denen bestimmte Personengruppen im Hinblick auf ihre versicherte Tätigkeit in erheblich höherem Grad ausgesetzt sind als die Normalbevölkerung, verursacht sein. Dabei können zum Einem von außen wirkende chronische Druckbelastungen, wie z.B. häufige PC-Arbeit am Keyboard bzw. Arbeit mit der PC-Maus, ursächlich sein. Ebenfalls kann eine sich stetig wiederholende kraftvolle Flexion oder Extension im Handgelenk oder eine chronische Vibrationsbelastung verantwortlich sein. Im Hinblick auf eine geplante Aufnahme des Karpaltunnelsyndroms als neue Berufskrankheit stellten wir uns zur Verifizierung folgende Zielstellung.

2. Zielstellung und Hypothese

Zielstellung der vorliegenden Meta-Analyse war es, basierend auf einem systematischen Literatur-Review, Risikofaktoren für das KTS zu identifizieren. Dabei galt die Hypothese, dass bestimmte berufliche Belastungen der Hand besondere Risikofaktoren für die Entstehung des KTS darstellen.

Zudem galt es, nicht-berufliche Risikofaktoren für das KTS zu identifizieren, die in einer späteren BK-Begutachtung als konkurrierende Faktoren gelten könnten.

3. Material und Methoden

Bei der Durchführung einer Meta-Analyse hielten wir uns strikt an die Richtlinien der PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Ziegler und König 2011). Als Datenbanken für die systematische Literaturrecherche benutzten wir PubMed, Medline, Cochrane, EMBASE und Web of Science. Dabei berücksichtigten wir alle Publikationen, die vor dem 15. Februar 2011 erschienen sind. Die erste Suche nach Titel und Abstract war um Bias zu vermeiden weit gefasst und beinhaltete die Begriffe [[carpal tunnel] OR [median nerve] OR [CTS] OR [hand]] AND [[incidence] OR [prevalence] [risk faktor]]. Zwei unabhängige Untersucher sichteten die entsprechenden Funde, wobei als erstes offensichtliche Duplikaturen, Reviews, nicht deutsch oder englisch sprachige Studien, Fallkontrollstudien, Therapie- und klinische Erfolgsstudien von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wurden. Die zweite Durchsicht richtete sich danach, epidemiologische Studien zu identifizieren. Daraufhin fand eine Konsensuskonferenz beider Prüfer statt, um festzulegen, welche Abstracts in die Volltextdurchsicht mit einbezogen werden. Der Kappa-Index wurde zur Ermittlung der Interobserver-Reliabilität berechnet.

Kriterien zur Aufnahme in die Meta-Analyse waren: Längs- oder Querschnittstudien in englischer oder deutscher Sprache mit definierter Studienpopulation. Außerdem sollten die Inzidenz- und Prävalenzraten klar definiert sein oder in einer entsprechenden Form dargestellt sein, sodass eine nachfolgende Kalkulation möglich war.

Zur statistischen Auswertung wurde „Comprehensive Meta Analysis“, eine spezielle Software, genutzt (version 2.0; Biostat, Englewood, NJ, USA). Die Inzidenz ($x / 1000$ Personenjahre) wurde aus Längsschnittstudien und die Prävalenz (in %) aus Querschnittstudien ermittelt. Wenn die Ergebnisse aus Längsschnittstudien stammten, wurden die Risikofaktoren als beruflich bedingte Faktoren angenommen, hingegen wurden Ergebnisse aus Querschnittstudien als assoziierte Faktoren gewertet. Die Effektstärken OR (odds ratio) oder RR (rate ratio) für die Risikofaktoren bzw. assoziierte Faktoren wurden berechnet oder aus den Originalpublikationen übernommen. Die Berechnung erfolgte in Benutzung eines random effects model (Rustenbach 2003). Das 95%-Konfidenzintervall (95% KI) ist für alle berechneten Risiken ermittelt worden. Alle Ergebnisse wurden danach graphisch in Form von forest plots dargestellt. Die Verzerrung der Publikationsbias wurde mit funnel plots

dargestellt. Die Heterogenität wurde entsprechend der Methode von Higgins (Higgins et al. 2003) berechnet und als I^2 ausgedrückt. Diese Größe reicht von 0% (völliger Konstanz) bis 100% (völligem Widerspruch).

4. Ergebnisse

Die primäre Literaturrecherche erbrachte 14.303 Funde, von denen bei der ersten Titel-Durchsicht 13.231 Studien verworfen wurden. Bei der nachfolgenden Durchsicht der Zusammenfassungen wurden 151 potenziell relevante Publikationen für eine Volltextlesung identifiziert. Eingeschlossen wurden nur Studien, die Aufschluss über die Inzidenz oder Prävalenz des KTS zuließen und bei denen es möglich war, für potenzielle Risikofaktoren Effektstärken zu entnehmen oder nachzuberechnen. Schließlich wurden 87 Studien (27 Längsschnitt- und 60 Querschnittstudien) in die Meta-Analyse einbezogen (Abbildung 8). In 7 Längsschnittstudien wurden Angaben zur Prävalenz zum Zeitpunkt des Studienbeginns gemacht, in den übrigen Längsschnittstudien wurde nur die Inzidenz angegeben.

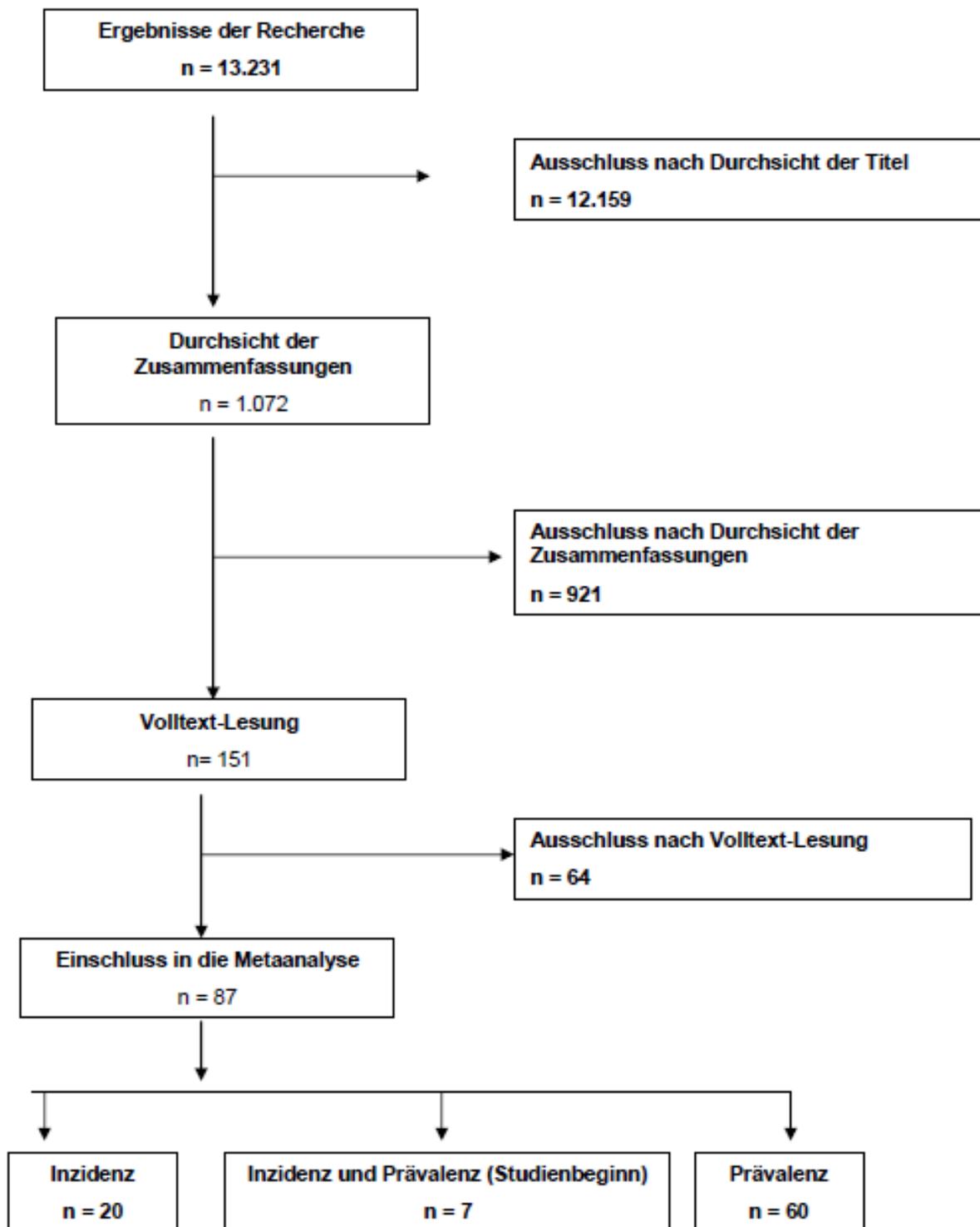


Abbildung 8: Flow-Chart der Meta-Analyse

Bei den Längsschnittstudien handelte es sich um 12 Studien, die an der Gesamtbevölkerung und 15 Studien, die an Berufstätigen durchgeführt wurden. In den Längsschnittstudien wurde das KTS folgendermaßen definiert: Befragung (n=5), klinische Untersuchung (n=4), neurologisch-apparative Diagnostik (n=3), und Operationspflicht (n=15). Bei den Querschnittstudien (n=60) handelte es sich um 7

Bevölkerungsstudien und 53 Studien innerhalb von verschiedenen Berufsgruppen oder Industriezweigen. Dabei wurden die Prävalenzen durch Befragung (n=28), klinische Untersuchung (n=14) oder durch neurologisch-apparative Untersuchung (n=18) bestimmt. In Tabelle 1 (Tab. 1) sind die Längsschnittstudien mit den Inzidenzen und ggf. die Prävalenzen zu Studienbeginn und in Tabelle 2 (Tab. 2) die Querschnittstudien mit den Prävalenzen gelistet und beschrieben. Der Kappa-Index beider Untersucher betrug 0,94 ($p=0,840$).

Tabelle 1: Auflistung der eingeschlossenen Längsschnittstudien mit Inzidenzen und ggf. erfasster Prävalenzen zu Studienbeginn

Referenz	Inzidenz			Prävalenz			Land	Studienpopulation	f.u.		Definition KTS		
	[x / 1.000 Personenjahre]			[%]	Zum Studienbeginn				[Jahre	n			
		CI95%			CI95%								
Andersen et al., 2003	(Andersen et al. 2003)	55	54,5	55,5	10,9	10,1	11,7	WPS#	DK	Versicherungsdaten	1	6.943	S*
Bland and Rudolfer, 2003	(Bland und Rudolfer 2003)	1	0,9	1,1				CPS*##	UK	Bevölkerungsstudie	9	111.233	OP**
Bongers et al., 2007	(Bongers et al. 2007)	1,3	1,2	1,4				CPS	NL	Bevölkerungsstudie	1	355.201	OP**
Davis et al., 2004	(Davis et al. 2004)	0,3	0,3	0,3				WPS	USA	Versicherungsdaten	3	3.654	C***
Dias et al., 2004	(Dias et al. 2004)	1,6	1,5	1,7	29,9	24,5	36,0	CPS	UK	Werkstätige verschiedener Berufe	1	157.979	OP
Franklin et al., 1991	(Franklin et al. 1991)	1,7	1,6	1,8				CPS	USA	Versicherungsdaten	4	1.300.000	OP
Garland et al., 1996	(Garland et al. 1996)	1,8	1,7	1,9				CPS	USA	Militärpersonal Verschiedene Tätigkeiten	8	511.963	OP
Gelfman et al., 2009	(Gelfman et al. 2009)	3,8	3,7	3,9				CPS	USA	Bevölkerungsstudie	24	10.069	OP
Gell et al., 2005	(Gell et al. 2005)	1,2	1,1	1,3				WPS	USA	Werkstätige verschiedener Berufe	5	432	N*****
Gerr et al., 2002	(Gerr et al. 2002)	0,6	0,6	0,6	21,1	18,1	24,3	WPS	USA	PC-User	3	632	S
Ha et al., 2009	(Ha et al. 2009)	1	0,9	1,1				CPS	Frankreich	Bevölkerungsstudie	3	3.305.000	S
Kaerlev et al., 2008	(Kaerlev et al. 2008)	1,8	1,7	1,9				WPS	DK	Seeleute	5	200	OP
Leclerc et al., 2001	(Leclerc et al. 2001)	0,5	0,5	0,5	9,8	8,4	11,3	WPS	Frankreich	Werkstätige verschiedener Berufe	3	598	C

Masear et al., 1986	(Masear et al. 1986)	22,1	21,8	22,4			WPS	USA	Werkstätige verschiedener Berufe	12	788	OP	
Mattioli et al., 2009	(Mattioli et al. 2009)	2	1,9	2,1			CPS	Italien	Bevölkerungsstudie	3	8.801	OP	
Mondelli et al., 2002	(Mondelli et al. 2002)	2,8	2,7	2,9			CPS	Italien	Bevölkerungsstudie	8	120.000	OP	
Nathan et al., 1998	(Nathan et al. 1998)	2	1,9	2,1	2,0	1,0	3,9	WPS	USA, Japan	Werkstätige verschiedener Berufe	11	417	N
Nordstrom et al., 1997	(Nordstrom et al. 1997)	2,1	2,0	2,2				CPS	USA	Bevölkerungsstudie	3	55.000	OP
Park et al., 1992	(Park et al. 1992)	5,4	5,3	5,5				WPS	USA	Werkstätige verschiedener Berufe	3	30.600	OP
Roquelaure et al., 2002	(Roquelaure et al. 2002)	12	11,8	12,2	18,2	13,9	23,4	WPS	Frankreich	Werkstätige verschiedener Berufe	1	253	C
Rossignol et al., 1997	(Rossignol et al. 1997)	1,9	1,8	2,0				CPS	Kanada	Bevölkerungsstudie	1	1.100.000	OP
Silverstein et al., 2010	(Silverstein et al. 2010)	65,5	65,0	66,0	10,8	8,2	14,2	WPS	USA	Werkstätige verschiedener Berufe	1	418	OP
Stevens et al. 1988	(Stevens et al. 1988)	0,9	0,8	1,0				CPS	USA	all residents Bevölkerungsstudie of Rochester	19		S
Thomsen et al., 2002	(Thomsen et al. 2002)	6,2	6,0	6,4				WPS	DK	Werkstätige verschiedener Berufe	2	731,00	N
Violante et al., 2007	(Violante et al. 2007)	73	72,5	73,5				WPS	Italien und USA	Werkstätige verschiedener Berufe	1	3.578,00	S
Werner et al., 2005	(Werner et al. 2005)	9,9	9,7	10,1				WPS	USA	Werkstätige verschiedener Berufe	3	361,00	C
Wolf et al., 2009	(Wolf et al. 2009)	4	3,9	4,1				WPS	USA	Militärpersonal verschiedene Tätigkeiten	8	1.524.761,0 0	OP

Legende: WPS = working population study, CPS = community population study, S = Survey, OP = operierte Fälle, C = clinical, N = neurography

Tabelle 2: Auflistung der eingeschlossenen Querschnittstudien mit den Prävalenzen

Referenz	Subgruppen	Prävalenz	CI95%							
Abbas et al., 2001	(Abbas et al. 2001) (Ali und Sathiyasekaran 2006)				WPS#	Ägypten	Elektronikmontage Sozialarbeit	versus	198	S*
Ali et al., 2006		13,1	10,7	15,9	WPS	Indien	PC-User		648	C***
Anton et al., 2002	(Anton et al. 2002)	8,4	4,3	15,9	WPS	USA	Zahnärzte Bauarbeiter, Krankenhausmitarbeiter,		95	N****
Armstrong et al., 2008	(Armstrong et al. 2008)	12,2	10,4	14,3	WPS	USA	Sozialarbeiter		1071	N
Atroshi et al., 2003	(Atroshi et al. 2003)	20	18,4	40,9	CPS##	Schweden	Bevölkerungsstudie		3000	S
Atroshi et al., 1999	(Atroshi et al. 1999)				WPS	Schweden	Bevölkerungsstudie		3000	S
Atroshi et al., 2007	(Atroshi et al. 2007)				WPS	Schweden	PC-User		2465	S
Atterbury et al., 1996	(Atterbury et al. 1996)	28,3	18,4	40,9	WPS	USA	Zimmerleute Kontrollgruppe	versus	60	N
Barnhart et al., 1991	(Barnhart et al. 1991)	Keine Repetition	3,1	0,8	11,3	WPS	USA	Skifabrikarbeiter	400	N
Barnhart et al., 1991	(Barnhart et al. 1991)	Repetition	15,4	9,7	23,6	WPS				N
Blanc et al., 1996	(Blanc et al. 1996)	1,6	1,5	1,7	CPS	USA	Bevölkerungsstudie		33232	S
Bonfiglioli et al., 2006	(Bonfiglioli et al. 2006)	25,5	18,1	34,6	WPS	Italien	Bandarbeiter		106	N
Bonfiglioli et al., 2007	(Bonfiglioli et al. 2007)	52,7	46,4	59	WPS	Italien	Supermarktkassierer Büroarbeit	versus	396	N
Bovenzi et al., 1991	(Bovenzi et al. 1991)	27,1	19,1	36,8	WPS	Italien	Forstarbeiter Kontrollgruppe	versus	96	C
Bovenzi et al., 1994	(Bovenzi 1994)	13,5	9,4	19	WPS	Italien	Steinbrucharbeiter Kontrollgruppe	versus	828	C
Bovenzi et al., 2005	(Bovenzi et al. 2005)	27,0	6,4	32,8	WPS	Italien	Furnierschleifer Kontrollgruppe	versus	200	C
Byström et al., 1995	(Bystrom et al. 1995)	46,2	41,3	51,2	WPS	Schweden	Automobilmontage	versus	385	C

Capone et al., 2010	1995) (Capone et al. 2010)	15,1	12,6	18,1	WPS	USA	Kontrollgruppe Chirurgen unterschiedlicher Fachgebiete	339	S
Schatterjee and Petrie, 1982	(Chatterjee et al. 1982)	40	26,2	55,7	WPS	UK	Steinbohrer versus Kontrollgruppe	31	N
Cherniack et al., 2006	(Cherniack et al. 2006)	44,7	35	54,8	WPS	Finnland	Zahnärzte Fischproduktion verschiedener Tätigkeiten versus Kontrollgruppe	94	S
Chiang et al., 1993	(Chiang et al. 1993)	15	10,7	20,5	WPS	Taiwan	Kontrollgruppe	207	C
Choobineh et al., 2004	(Choobineh et al. 2004)				WPS	Iran	Teppichweber	175	S
Dale et al., 2011	(Dale et al. 2011)	3,2	2,3	4,4	WPS	USA	Industriearbeiter	1108	N
Descatha et al., 2010	(Descatha et al. 2010)						Werk­tätige unterschiedlicher Berufe	1108	N
Ferry et al., 1998	(Ferry et al. 1998)	1	0	75,8	WPS	USA			N
Ferde et al., 2005	(Ferde et al. 2005)	1,2	0,7	2	WPS				N
Frost et al., 1998	(Frost et al. 1998)	18,5	15,7	21,7	CPS	UK	Bevölkerungsstudie	580	S
Franzblau et al., 2005	(Franzblau et al. 2005)	12	10,1	14,2	WPS	USA	Stahlarbeiter	981	S
Farkkila et al., 1988	(Farkkila et al. 1988)	4,4	3,3	5,7	WPS	DK	Schlachthausarbeiter	1591	N
Fung et al., 2007	(Fung et al. 2007)	4,6	3,4	6,2	WPS	USA	Industriearbeiter	985	S
Gorsche et al., 1999	(Gorsche et al. 1999)	29	20,1	39,9	WPS	Finnland	Forstarbeiter	186	C
Gupta and Mahalanabis, 2006	(Gupta und Mahalanabis 2006)				WPS	China	Industriearbeiter	277	C
Hamann et al., 2001	(Hamann et al. 2001)	21	16	31	WPS	Kanada	Fleischindustriearbeiter Schuhproduktionsarbeiter versus Kontrollgruppe	754	C
Hughes et al., 1997	(Hughes et al. 1997)	4,8	3,7	6,2	WPS	USA	Zahnärzte	1079	N
					WPS	USA	Aluminiumarbeiter	121	S

Isolani et al., 2002	(Isolani et al. 2002)				WPS	Italien	Fleischindustriearbeiter	114	S
Jianmongkol et al., 2005	(Jianmongkol et al. 2005)	14,5	12,5	17,9	WPS	Thailand	Industriearbeiter	662	C
Kim et al., 2004	(Kim et al. 2004)	53,6	43,7	63,3	WPS	Korea	Lebensmittelindustrie	143	N
de Krom et al., 1992	(de Krom et al. 1992)	1,7	1	2,9	CPS	NL	Bevölkerungsstudie	715	S
Koskimies et al., 1990	(Koskimies et al. 1990)	20	13,9	27,9	WPS	Finnland	Forstarbeiter	54	N
Kutluhan et al., 2001	(Kutluhan et al. 2001)	14,6	10,7	19,6	WPS	Türkei	Zimmerleute	versus	N
Lalumandier et al., 2000	(Lalumandier et al. 2000)	25,4	24,2	26,6	WPS	USA	Kontrollgruppe		
Latko et al., 1999	(Latko et al. 1999)	24	12,7	40,7	WPS	USA	Zahnärzte und zahnärztliches		
Maghsoudipour et al., 2008	(Maghsoudipour et al. 2008)	11,9	9,1	15,5	WPS	Iran	Hilfspersonal	5115	S
Margolis and Kraus, 1987	(Margolis und Kraus 1987)	62,5	59,9	65	WPS	USA	Industriearbeiter	438	N
Marshall et al., 2004	(Marshall et al. 2004)				WPS	USA	Supermarktkassierer	1104	S
McCormack et al., 1990	(McCormack et al. 1990)	1,1	0,7	1,7	WPS	USA	Fischer	215	C
Melchior et al., 2006	(Melchior et al. 2006)	3	2,4	3,7	WPS	Frankreich	Industriearbeiter	2047	C
Morgenstern et al., 1991	(Morgenstern et al. 1991)	12	10,2	14,1	WPS	USA	Industriearbeiter	2656	S
Nordander et al., 2009	(Nordander et al. 2009)	3,5	2,9	4,3	WPS	Schweden	Supermarktkassierer	1058	S
Osorio et al., 1994	(Osorio et al. 1994)	23	14,6	34,4	WPS	USA	Verschieden Berufsgruppen	4961	S
Papanicolaou et al., 2001	(Papanicolaou et al. 2001)	35	32,7	37,4	CPS	USA	Supermarktmitarbeiter	69	N
Punnett et al., 1985	(Punnett et al. 1985)	13,2	9,4	18,1	WPS	USA	Bevölkerungsstudie	1559	S
							Textilarbeiter	versus	
							Krankenhausmitarbeiter	109	S

Roquelaure et al., 2006	(Roquelaure et al. 2006)		3	2,4	3,7	WPS	Frankreich	Verschiedene Berufe	2685	S
Rosecrance et al., 2002	(Rosecrance et al. 2002)		6,9	5,6	8,4	WPS	USA	Bauarbeiter mit verschiedenen Tätigkeiten	1142	N
Sauni et al., 2009	(Sauni et al. 2009)		42,7	34,6	51,3	WPS	Finnland	Metallarbeiter	530	S
Shiri et al., 2009	(Shiri et al. 2009)	Männer	2,1	1,6	2,7	CPS	Finnland	Bevölkerungsstudie	2844	C
		Frauen	5,3	4,6	6,1				3410	
Silverstein et al., 2009	(Silverstein et al. 2009)		8,6	6,8	10,9	WPS	Finnland	Fabrikarbeiter versus Kontrollgruppe	733	S
Silverstein et al., 1987	(Silverstein et al. 1987)	Repetition	5,6	3,6		WPS	USA	Verschiedene Berufsgruppen	652	S
Silverstein et al., 1987	(Silverstein et al. 1987)	keine Repetition	0,6	0,1	4,4	WPS				S
Tanaka et al., 1995	(Tanaka et al. 1995)		1,2	1,1	1,3	CPS	USA	Bevölkerungsstudie	44233	S
Tanaka et al., 1997	(Tanaka et al. 1997)		1,5	1	2,1	WPS	USA	Verschiedene Berufsgruppen	30074	S
Vanderpool et al., 1993	(Vanderpool et al. 1993)		57	47,2	66,3	WPS	USA	Sonographiker	101	S

Legende: WPS = working population study, CPS = community population study, S = Survey, OP = operierte Fälle, C = clinical, N = neurography

4.1 Rohe Prävalenz und Inzidenz

Die Gesamtprävalenz des KTS (54 eingeschlossene Querschnittstudien), unabhängig von der Definition des KTS, der Studienpopulation, des Alters und Geschlechts, betrug 10,6% (95% KI 7,8-14,2). Die Heterogenität aller Studien betrug $I^2=99,7\%$.

Dabei wiesen die angegebenen Werte der einzelnen Studien eine erhebliche Varianz (0,6 – 62,5%) auf. Dies war durch die unterschiedlichen Designs der einzelnen Studien verursacht. Auf die Berechnung von Effektstärken (OR) zur Beurteilung von assoziierten Faktoren bzw. Risikofaktoren für das Karpaltunnelsyndrom hatte dieser Umstand jedoch keinen Einfluss, weil sich die Relationen zwischen Personen ohne bzw. mit einem betrachteten Risikofaktor dadurch nicht veränderten, wie Kontrollen ergaben.

Wurde die KTS-Prävalenz anhand einer alleinigen Befragung (Angabe von Parästhesien) ermittelt, so betrug die Prävalenz 9,3% (95% KI 5,6-14,9). Im Vergleich zu Studien, bei denen das Karpaltunnelsyndrom durch klinische Untersuchung (Phalen oder Hoffmann-Tinel Test) ermittelt wurde (Prävalenz = 11,4% (95% KI 6,7-18,8)) oder bei apparativer neurologischer Untersuchung (Prävalenz = 10,9% (95% KI 6,8-17,2)) bestanden keine Unterschiede ($p=0,160$). Wurde hingegen die Untersuchung innerhalb der Gesamtbevölkerung durchgeführt (Prävalenz = 6,8% (95% KI 2,2-18,7)), so wurden im Vergleich zu Studien an Werktätigen (Prävalenz = 11,0% (95% KI 8,0-15,0)) signifikant niedrigere Prävalenzen ermittelt ($p<0,001$).

Die rohe Inzidenz, die aus 27 Längsschnittstudien ermittelt wurde, betrug 10,4 (95% KI 8,9-11,9) / 1000 Personenjahre. In Abhängigkeit von der Diagnostik des KTS bestanden in der Inzidenz signifikante Unterschiede ($p<0,001$). Dabei wurde bei klinischer Diagnostik des KTS eine Inzidenz von 5,6 (95% KI 3,0-8,3) / 1000 Personenjahre, bei Umfragen eine Inzidenz von 17,1 (95% KI 13,3-20,9) / 1000 Personenjahre und bei apparativ-neurologischer Untersuchung eine Inzidenz von 18,7 (95% KI 10,2-27,2) / 1000 Personenjahre ermittelt. Die Inzidenz operationspflichtiger Karpaltunnelsyndrome war jedoch erheblich niedriger (4,3 (95% KI 2,9-6,2) / 1000 Personenjahre).

Wie auch in den Querschnittstudien war die Inzidenz in Studien an Werktätigen mit 17,3 (95% KI 14,5-20,1) / 1000 Personenjahre signifikant ($p < 0,001$) höher. Die Inzidenz in Bevölkerungsstudien betrug 1,8 (95% KI 1,4-2,2) / 1000 Personenjahre.

4.2 Alter und Geschlecht

Eine Reihe von Studien (Tanaka et al. 1994, Roquelaure et al. 2006, Margolis und Kraus 1987, de Krom et al. 1992, Blanc et al. 1996, Atroshi et al. 2007, Nathan et al. 1994, Atroshi et al. 1999) gaben die Prävalenz getrennt nach Altersgruppen und Geschlecht an. Dabei fand sich in diesen Studien eine signifikante Zunahme der KTS-Prävalenz bei Frauen mit steigendem Lebensalter, während die höchste Prävalenz bei Männern im mittleren Lebensalter liegt. In allen Altersgruppen litten Frauen häufiger an einem KTS als Männer (Abbildung 9 und 10). In den Querschnittstudien hatten Frauen mit einer OR = 1,9 (95% KI 1,6-2,2); $p < 0,001$; $I^2 = 58,9\%$ eine höhere KTS-Prävalenz.

Study name

Odds ratio and 95% CI

	Odds ratio	Lower limit	Upper limit
Ali et al., 2008	0,4	0,2	0,9
Andersen et al., 2003	2,1	1,6	2,7
Armstrong et al., 2008	2,2	1,4	3,5
Atroshi et al., 1999	1,8	1,4	2,2
Blanc et al., 1996	3,0	1,8	5,0
Byström et al., 1995	1,6	1,0	2,5
Frost et al., 1998	1,4	0,6	3,1
Gorsche et al., 1999	1,9	1,0	3,6
Kim et al., 2004	1,2	0,4	3,8
deKrom et al., 1992	1,1	0,7	1,6
Latko et al., 1999	2,1	1,3	3,4
Leclerc et al., 1998	1,6	0,9	2,8
Maghsoudipour et al., 2008	7,7	1,8	33,3
Nathan et al., 1994	3,1	2,2	4,5
Nordander et al., 2009	2,9	1,6	5,0
Rouquelaure et al., 2006	1,8	1,1	2,8
Rosecrance et al., 2002	1,0	0,4	2,4
Silverstein et al., 2009	1,9	1,1	3,2
Shiri et al., 2009	2,6	1,9	3,5
Tanaka et al., 1994	1,6	0,8	3,0
Vanderpool et al., 1993	3,1	1,0	10,0
	1,9	1,6	2,2

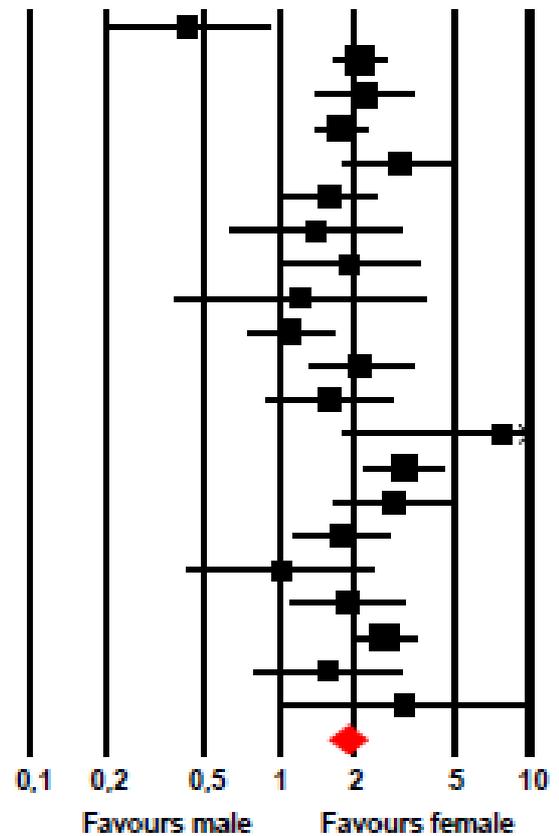


Abbildung 9: Prävalenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Forest Plot

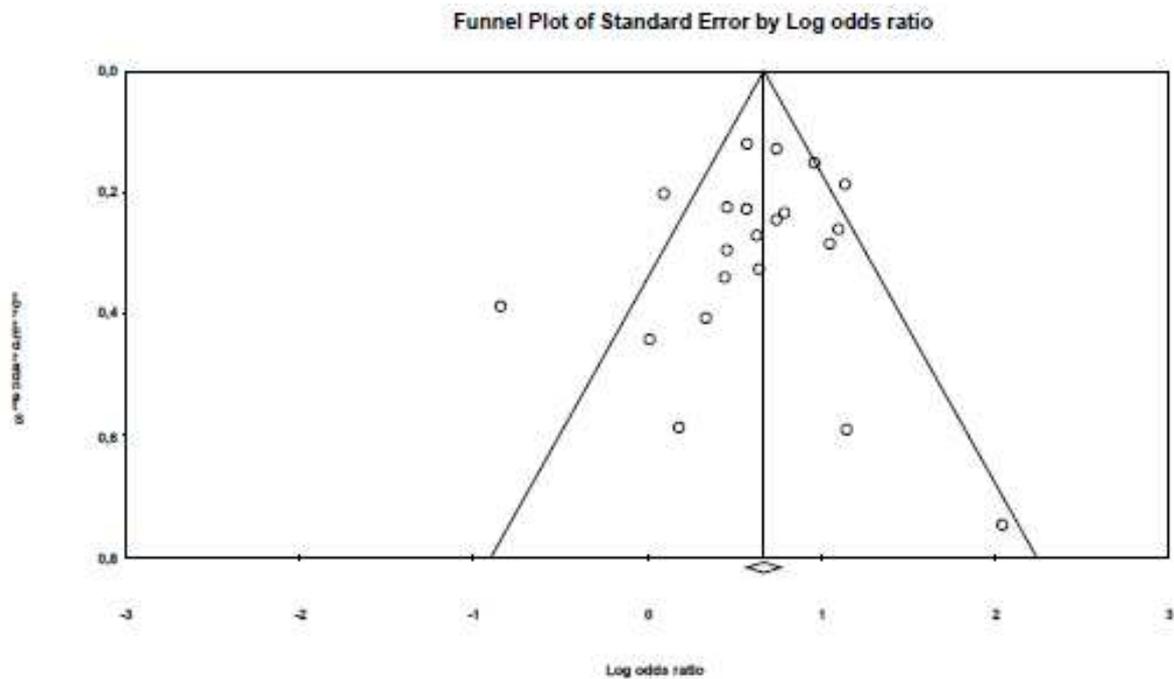


Abbildung 10: Prävalenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Funnel Plot

Die durchschnittliche KTS-Inzidenz betrug bei Männern 1,2 (95% KI 0,9-3,9) / 1000 Personenjahre und war bei Frauen mit 3,0 (95% KI 2,1-3,9) / 1000 Personenjahre signifikant höher. Die OR der Frauen gegenüber Männern betrug damit 3,7 (95% KI 2,6-5,2); $p < 0,001$; $I^2 = 95,0\%$ (Abbildung 11).

Study name

Odds ratio and 95% CI

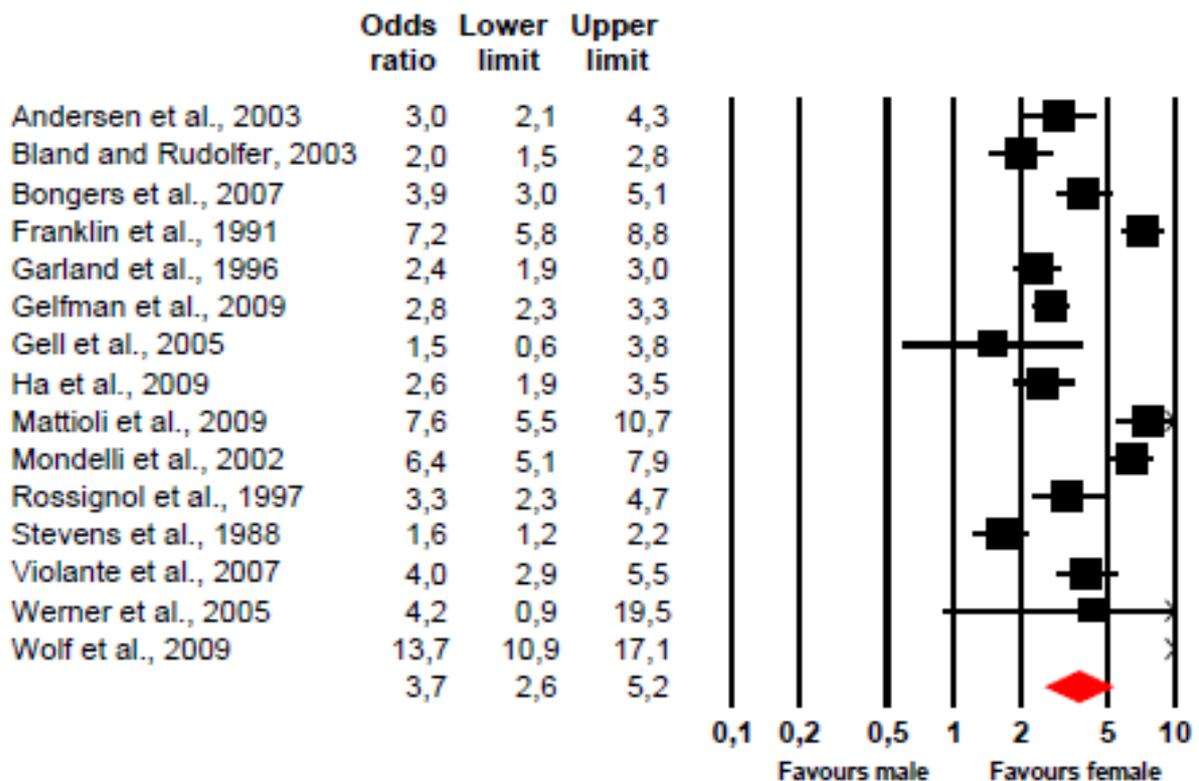


Abbildung 11: Inzidenz des KTS adjustiert auf das weibliche Geschlecht (Ergebnisse aus den Längsschnittstudien) - Forest Plot

Aufgrund der Unterschiede der Studiendesigns war eine Berechnung der alters- und geschlechtsadjustierten KTS-Prävalenz nicht möglich. Die Ergebnisse der Bevölkerungsstudie von Atroshi et al. (Atroshi et al. 1999) sind als Beispiel für die alters- und geschlechtsspezifische Prävalenz in Tabelle 3 (Tab. 3) gelistet.

Tabelle 3: Alters- und geschlechts-abhängige KTS Prävalenz in der Bevölkerung von Atroshi et al. (Atroshi et al. 1999)

Altersgruppe [Jahre]	Prävalenz [%]	
	Men	Women
25-34	0,9	1,6
35-44	0,9	2,9
45-54	4,3	2,9
55-64	3,1	3,2
65-74	1,3	5,1
Gesamt	2,1	3,0

Steigendes Lebensalter wurde aus allen Querschnittstudien mit einer OR = 1,9 (95% KI 1,4-1,7); $p < 0,001$ als signifikant mit einem Karpaltunnelsyndrom assoziiertem Faktor ermittelt ($I^2 = 84,5\%$). Dabei steigen die Prävalenzen jedoch nicht stetig an, sondern es wurden die höchsten Werte im mittleren Lebensalter ermittelt (Abbildung 12).

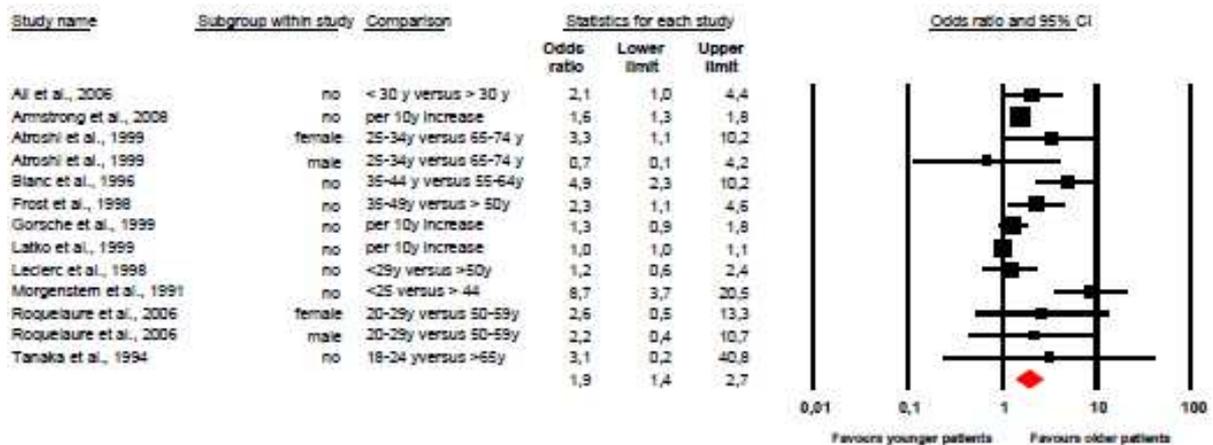


Abbildung 12: Prävalenz des KTS adjustiert auf das Alter (Ergebnisse aus den Querschnittstudien) - Forest Plot

Diese Verteilung konnte auch in Längsschnittstudien (Abbildung 13) bestätigt werden: Patienten zwischen 40 und 60 Jahren hatten eine signifikant höhere Inzidenz im Vergleich zu Jüngeren oder Älteren (OR = 2,2 (95% KI 1,0-5,0); $p < 0,001$).

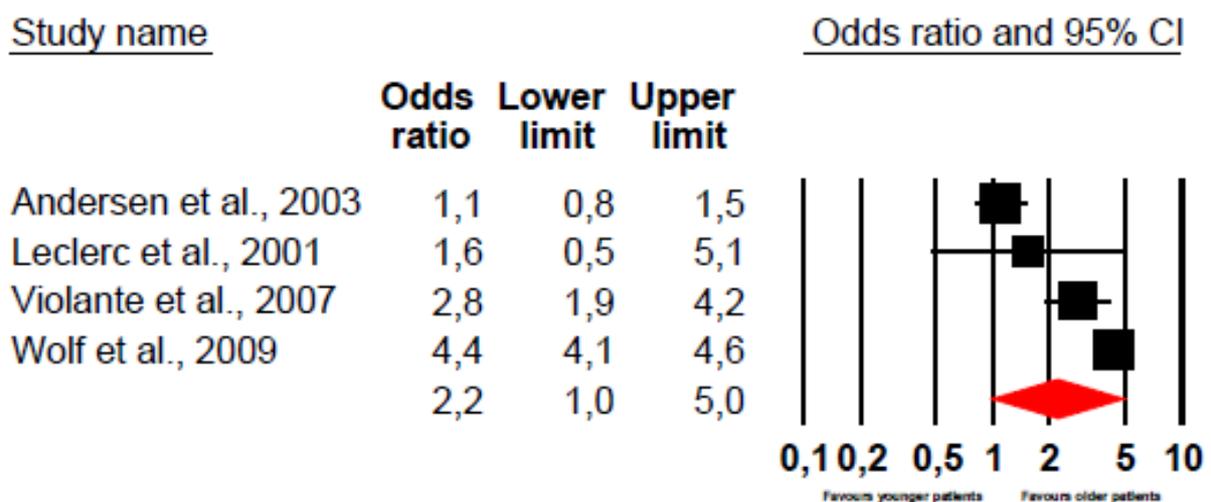


Abbildung 13: Inzidenz des KTS adjustiert auf das mittlere Lebensalter (Ergebnisse aus den Längsschnittstudien) - Forest Plot

4.3 Hand-Dominanz

In zwei Querschnittstudien (Frost et al. 1998, Blanc et al. 1996) wurde die Handdominanz untersucht. Das KTS tritt signifikant häufiger an der dominanten Hand als an der nicht-dominanten Hand auf (OR = 1,8 (95% KI 1,4-2,3); $p < 0,001$). Allerdings adressierte keine der gefundenen Längsschnittstudien die Hand-Dominanz.

4.4 Ethnische Unterschiede

Aus einigen Querschnittstudien (Tanaka et al. 1995, Nathan et al. 1998, Davatchi et al. 2009) konnte ermittelt werden, dass das KTS häufiger bei Angehörigen der „nicht-weißen Rasse“ auftritt. Dafür wurde eine OR = 2,2 (95% KI 1,2- 4,0); $p < 0,008$ ermittelt. Keine der Längsschnittstudien adjustierte hingegen auf die ethnische Zugehörigkeit.

4.5 Anthropometrische Daten

Übergewichtige bzw. Adipöse leiden signifikant häufiger an einem KTS als Normalgewichtige (OR = 1,4 (95% KI 1,3-1,6); $p < 0,001$). Aus den Längsschnittstudien, die auf einen erhöhten BMI adjustierten, wurde eine signifikant ($p = 0,006$) höhere KTS-Inzidenz mit einer OR = 1,5 (95% KI 1,1-1,9) ermittelt.

Anton et al. untersuchten den Zusammenhang zwischen Körpergröße und KTS-Prävalenz. In der Tendenz ($p = 0,058$) waren KTS-Patienten kleiner (Anton et al., 2002).

In zwei Querschnittstudien wurde der Handgelenk-Index („wrist-index“) nach Boz et al. (Boz et al. 2004) adressiert. Dieser Index ist der Quotient zwischen Handbreite und Handlänge. Die Handbreite ist die Distanz zwischen Fingerkuppe D2 und Metacarpalköpfchen D5 und die Handlänge die Distanz zwischen Fingerkuppe D3 und distaler Handgelenksfalte. Frauen, aber auch alle KTS-Patienten haben einen signifikant höheren Handgelenksindex. In den Publikationen von Armstrong et al. (Armstrong et al. 2008) und Nathan et al. (Nathan et al. 1992) wurde der erhöhte

wrist-index $> 0,7$ („lange und schmale Hand“) als signifikant mit einem Karpaltunnelsyndrom assoziierter Faktor gefunden (OR = 2,3 (95% KI 0,7-3,1); $p < 0,001$)).

4.6 Komorbidität

Den Studien, die sich mit der Komorbidität befassten, war gemeinsam, dass in keiner der Studien eine Adjustierung auf das Alter der Patienten erfolgte.

In denjenigen Querschnittstudien, die die Komorbidität zum KTS adressierten, wurden signifikant (OR = 2,5 (95% KI 1,9-3,4); $p < 0,001$) höhere KTS-Prävalenzen bei gleichzeitiger Zusatzmorbidität gefunden. Das betraf vor allem auch psychiatrische Probleme.

Frost et al., (Frost et al. 1998) untersuchten früher erlittene Unfälle als potenziell mit einem KTS assoziierte Faktoren. Die Autoren fanden frühere Unfälle als signifikanten Faktor für ein prävalentes KTS (OR = 3,9 (95% KI 1,8-8,6)). Allerdings wurden hier keine Angaben zur Verletzungsart und dem Zeitraum zwischen Trauma und Untersuchungszeitpunkt gemacht. Morgenstern et al. (Morgenstern et al. 1991) hingegen fanden kein erhöhtes relatives Risiko für ein KTS nach durchgemachter Radiusfraktur (OR = 1,1 (95% KI 0,5-2,4); $p = 0,750$).

Mit Ausnahme eines gleichzeitig bestehenden Diabetes mellitus wurde in keiner der Längsschnittstudien auf zusätzliche Erkrankungen adjustiert. Diabetiker haben eine signifikant höhere ($p = 0,006$) KTS-Inzidenz mit einer OR = 5,3 (95% KI 1,6-16,8). Damit kann ein Diabetes mellitus als signifikanter Risikofaktor für ein KTS aufgefasst werden.

Ein prävalentes KTS war signifikant mit psychosozialen bzw. psychiatrischen Problemen assoziiert (OR = 2,6 (95% KI 1,8-3,6); $p < 0,001$). In vier Längsschnittstudien (Werner et al. 2005, Leclerc et al. 2001, Gell et al. 2005, Andersen et al. 2003) wurden psychische Probleme oder psychiatrische Erkrankungen als signifikanter Risikofaktor identifiziert.

Die Anzahl von Schwangerschaften, Hormonsubstitution bzw. orale Kontrazeption oder andere Medikamenteneinnahme wurde von Morgenstern et al. (Morgenstern et al. 1991) adressiert. Dabei konnten keine Beziehung zwischen diesen potenziellen Faktoren und dem Auftreten eines KTS festgestellt werden.

4.7 Lebensstil, Nikotin- und Alkoholkonsum

Keine Studie untersuchte die Zusammenhänge zwischen städtischem oder ländlichem Leben in Bezug auf Prävalenz oder Inzidenz des KTS.

Während keine der, in die Auswertung einbezogenen, Querschnittstudien die Sportaktivität untersuchte, konnte in drei der Längsschnittstudien Sportaktivität als tendenzieller Risikofaktor (OR = 1,4 (95% KI 1,0-2,0); $p=0,079$) identifiziert werden. Allerdings wurden keine Angaben zur ausgeübten Sportart, zum Leistungsniveau oder zu eventuell erlittenen Handverletzungen gemacht.

Einige Quer- und Längsschnittstudien adressierten das Rauchen. Ein prävalentes KTS ist bei Rauchern signifikant häufiger (OR = 1,5 (95% KI 1,2-1,9); $p<0,001$). Allerdings kann Rauchen nicht als signifikanter Risikofaktor gelten, wie die Ergebnisse aus Längsschnittstudien ergaben (OR = 1,2 (95% KI 0,8-2,0); $p=0,333$). Bezüglich des Alkoholkonsums konstatierten Ali et al. (Ali und Sathiyasekaran 2006) bei einer indischen Beschäftigtengruppe an Computerarbeitsplätzen, ohne Angabe der Trinkmenge, eine 1,8-fach höhere KTS-Prävalenz (OR = 1,8 (95% KI 1,1-2,8); $p=0,040$). Zu beachten ist hier, dass die betroffenen Personen teils zwölf Stunden täglich an den Arbeitsplätzen beschäftigt waren. Ebenso untersuchte nur eine Längsschnittstudie den Zusammenhang von Alkoholkonsum und KTS-Erkrankung. Violante et al. (Violante et al. 2007) konnten an der 1-Jahresinzidenz zeigen, dass Alkoholkonsum (>4 Drinks pro Tag) im Vergleich zu Abstinenz oder leichtem Alkoholgenuss ein signifikanter Risikofaktor ist (OR = 2,3 (95% KI 0,7-2,3); $p<0,001$).

4.8 Prävalenz und Inzidenz des KTS in Berufsgruppen oder Berufszweigen

Aufgrund der unterschiedlichen Definitionen des KTS (Interview, klinische Untersuchung, Neurographie oder OP-Indikation) war es nicht möglich, konkrete Prävalenzen für bestimmte Berufsgruppen oder Tätigkeitsbereiche zu ermitteln. Studien, welche die Prävalenz des KTS für bestimmte Tätigkeitsbereiche oder Berufe adressierten, verglichen die gefundenen Werte mit Kontrollgruppen. Diese Kontrollgruppen wurden dabei jedoch meistens nicht so beschrieben, dass durch Adjustierung Unterschiede beim Vergleich verschiedener Studien zu korrigieren

wären. Darüber hinaus wurden in einigen Studien als Vergleichsgruppen Beschäftigte aus Berufen oder Tätigkeitsgruppen herangezogen, bei denen man eine geringere berufliche Handbelastung annahm. Das waren z.B. Beschäftigte aus dem Management, Büroarbeiter und andere Personen mit einer vermuteten geringen Handbelastung im Beruf sowie Personen ohne berufliche Beschäftigung. So war es möglich, das Risiko für ein KTS innerhalb bestimmter Tätigkeiten, Berufsgruppen bzw. Berufszweige anzugeben. Dabei hatten einige Berufsgruppen eine auffällig hohe relative Prävalenz im Vergleich zu den Kontrollen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Odds Ratios für eine erhöhte KTS-Prävalenz in bestimmten Tätigkeiten, Berufsgruppen bzw. Berufszweigen

Referenz	Berufsgruppe versus Kontrollgruppe	OR	CI95%	p
Abbas et al. 2001	(Abbas et al. 2001) Elektromontage versus Sozialarbeiter	11,4	3,4 38,2	0,000
Armstrong et al., 2008	(Armstrong et al. 2008) Bauarbeiter versus Büroarbeiter	4,5	1,9 10,7	0,001
	Bauarbeiter versus Krankenhausmitarbeiter	1,3	0,9 1,9	0,204
	Krankenhausmitarbeiter versus Büroarbeiter	3,6	1,5 8,4	0,004
Atterbury et al., 1996	(Atterbury et al. 1996) Zimmerleute versus Kontrollgruppe	5,5	1,6 18,9	0,006
Bonfiglioli et al., 2007	(Bonfiglioli et al. 2007) Sonstige Verkäufer versus Büroarbeit	1,2	0,6 2,4	0,547
	Supermarktkassierer versus Büroarbeit	2,3	1,1 4,8	0,026
	Supermarktkassierer versus sonstige Verkäufer	1,9	1,0 3,6	0,054
Bovenzi et al., 1991	(Bovenzi et al. 1991) Forstarbeiter versus Kontrollgruppe	18,9	2,4 148,2	0,005
Bovenzi et al., 2005	(Bovenzi et al. 2005) Schleifer versus Büroarbeit	2,7	1,1 6,5	0,027
Byström et al., 1995	(Byström et al. 1995) Automobilmontage versus Kontrollgruppe	3,6	1,3 10,0	0,015
Schatterjee and Petrie, 1982	(Schatterjee et al. 1982) Steinbohrer versus Kontrollgruppe	10,4	1,1 95,7	0,038
Diaz et al., 2001	(Diaz 2001) Anästhesieschwestern versus OP-Schwestern	3,2	1,3 8,2	0,013
Frost et al., 1998	(Frost et al. 1998) Schlachthausarbeiter versus Kontrollgruppe	4,0	1,7 9,3	0,001
Kutluhan et al., 2001	(Kutluhan et al. 2001) Zimmerleute versus Kontrollgruppe	4,0	1,3 11,8	0,013
Lalumandier et al., 2000	(Lalumandier et al. 2000) Stomatologische Assistenten versus Röntgenassistenten	18,1	2,1 154,3	0,008
Leclerc et al., 1998	(Leclerc et al. 1998) Lebensmittelherstellung versus Verpackung	0,4	0,2 0,7	0,002

		Montagearbeit versus Lebensmittelherstellung	2,1	1,3	3,5	0,005
		Montagearbeit versus Textilproduktion	1,1	0,7	1,8	0,630
		Montagearbeit versus Verpackung	0,8	0,5	1,3	0,364
		Textilproduktion versus Lebensmittelherstellung	1,9	1,1	3,3	0,032
		Textilproduktion versus Verpackung	0,7	0,4	1,2	0,232
Punnett et al., 1985	(Punnett et al. 1985)	Textilarbeiter versus Krankenhausmitarbeiter	3,5	1,2	10,3	0,026
Rosecrance et al., 2002	(Rosecrance et al. 2002)	Blechbearbeitung versus Elektriker	1,6	0,7	3,8	0,272
		Elektriker versus Ingenieur	0,7	0,4	1,5	0,387
		Klempner versus Elektriker	1,4	0,7	3,0	0,359
Roquelaure et al., 2002	(Roquelaure et al. 2002)	Bandarbeit versus Zuschnitt in der Schuhindustrie	4,8	0,9	26,7	0,076
		Fertigstellung versus Zuschnitt in der Schuhindustrie	7,0	1,3	36,8	0,022
		Handfertigung versus Zuschnitt in der Schuhindustrie	1,7	0,2	13,2	0,592
		Näharbeiten versus Zuschnitt in der Schuhindustrie	2,6	0,4	15,0	0,291
		Verpackung versus Zuschnitt in der Schuhindustrie	5,3	0,9	32,2	0,068
		Frauen Baugewerbe versus Finanzwesen	1,8	0,1	25,6	0,661
		Frauen Bildungswesen versus Finanzwesen	5,4	0,5	53,2	0,149
		Frauen Fabrikarbeit versus Finanzwesen	9,3	1,5	58,1	0,017
		Frauen Gesundheitswesen versus Finanzwesen	5,0	0,8	33,9	0,096
		Frauen Landwirtschaft versus Finanzwesen	12,6	1,8	87,5	0,011
		Frauen Öffentlicher Dienst versus Finanzwesen	5,7	0,9	34,8	0,061
		Gastronomie versus Finanzwesen	3,5	0,5	25,0	0,210
		Männer Baugewerbe versus Bildungswesen	4,7	0,3	82,1	0,288
		Männer Energieproduktion versus Bildungswesen	3,9	0,1	104,7	0,422
		Männer Fabrikarbeiter versus Bildungswesen	3,8	0,2	64,8	0,355
		Männer Finanzwesen versus Bildungswesen	4,3	0,2	81,8	0,330
		Männer Gesundheitswesen versus Bildungswesen	2,8	0,1	55,2	0,501
		Männer Hauswirtschaft und Handwerk versus Bildungswesen	2,6	0,1	45,0	0,523
		Männer Landwirtschaft versus Bildungswesen	2,3	0,1	51,2	0,598
		Männer öffentlicher Dienst versus Bildungswesen	6,5	0,4	113,2	0,198

Tanaka et al., 1995	(Tanaka et al. 1995)	Männer Transportwesen versus Bildungswesen	4,4	0,2	78,4	0,312
		Bauwesen versus Autohändler	1,5	0,4	6,1	0,556
		Chemische Industrie versus Autohändler	1,1	0,3	4,6	0,910
		Gesundheitswesen versus Autohändler	1,4	0,5	3,9	0,541
		Hauswirtschaft versus Autohändler	1,1	0,4	3,5	0,830
		Holzverarbeitung/Forst versus Autohändler	1,2	0,3	4,5	0,799
		Landwirtschaft versus Autohändler	0,1	0,0	0,2	0,000
		Lebensmittelindustrie versus Autohändler	1,8	0,6	5,4	0,294
		Maschinenarbeit versus Autohändler	1,1	0,3	3,7	0,911
		Reparaturservice versus Autohändler	1,7	0,6	5,4	0,341
		Transportwesen versus Autohändler	1,7	0,6	4,8	0,329

In den meisten Längsschnittstudien wurde dagegen weniger auf bestimmte Berufsgruppen, sondern vielmehr auf die konkrete Handbelastung adjustiert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Berufliche Risikofaktoren für ein inzidentes KTS

Study	Referenz	Study design; Comparative groups	OR	CI95%		p
Andersen et al.	(Andersen et al. 2003)	PC-mouse use > 20h / week	3,6	1,4	9,4	<0,001
Bongers FJM et al.	(Bongers et al. 2007)	skilled versus unskilled workers -male	1,1	0,7	1,6	0,82
		skilled versus unskilled workers -female	1,5	1,2	2,6	<0,001
Davis L	(Davis et al. 2004)	Repetitive works	9,9	9,3	10,6	<0,001
Dias JJ	(Dias et al. 2004)	Repetitive works	n.s.			0,6
Gerr F	(Gerr et al. 2002)	Meat processing versus construction works	4,1	3,6	4,8	<0,001
Gell N	(Gell et al.	clerical and industrial worker	1,1	0,8	2,8	0,150

	2005)					
	(Ha et al.					
Ha C	2009)	metal worker versus management - male	18,6	16,2	20,9	<0,001
		automobile workers versus wholesale - female	4,3	4,0	4,7	<0,001
	(Kaerlev et					
Kaerlev L	al. 2008)	Nautical officers and non-officers	2,7	2,6	2,8	<0,001
	(Leclerc et					
Leclerc A	al. 2001)	hand force - male	4,1	1,4	11,7	<0,001
		flexion position - male	3,6	1,6	12,1	<0,001
		hand force - female	n.s.			
		flexion position - female	n.s.			
	(Mattioli et					
Mattioli S	al. 2009)	blue- and white collar worker - male	4,9	4,1	5,8	<0,001
		blue- and white collar worker - female	4,1	1,3	12,8	0,013
		blue-collar worker - male versus housewives	1,1	1,0	1,1	0,559
		white-collar worker - male versus housewives	3,8	3,5	4,1	<0,001
Nordstrom et al., 1998	(Nordstrom et al. 1998)	Power tools 1-2h / day	1,4	0,6	3,1	<0,001
		Power tools > 6h / day	2,5	1,1	5,6	<0,001
		wrist bending 1-2 h/day	1,2	0,6	2,5	<0,001
		wrist bending >6 h/day	2,3	1,2	4,3	<0,001
	(Park et al.					
Park et al., 1992	1992)	automobile workers assembly	3,1	2,1	4,6	<0,001
		automobile workers painting	3,6	0,9	13,1	<0,001
		automobile workers foundry	9,0	4,7	17,1	<0,001
		automobile workers axle	4,2	1,9	9,4	<0,001
		automobile workers stamping with large pres	2,9	1,8	4,7	<0,001
	(Rossignol					
Rossignol M	et al. 1997)	manual versus non-manual works - male	2,2	1,5	3,2	<0,001
		manual versus non-manual works - female	4,1	1,9	8,6	<0,001
		non-manual works versus housecleaning - male	9,0	4,0	20,1	<0,001
		non-manual works versus housecleaning - female	143,0	42,3	48,0	<0,001

		non-manual works versus food processing - male	8,5	3,0	23,9	<0,001
		non-manual works versus food processing - female	5,7	1,2	27,0	<0,001
Violante FS	(Violante et al. 2007)	Hand activity level (ACGIH) - intermediate	1,5	1,1	2,0	<0,001
		Hand activity level (ACGIH) - unacceptable	2,0	1,5	2,6	<0,001
Werner RA	(Werner et al. 2002)	Hand activity level (ACGIH)	n.s.			0,310
		Hand repetition level	n.s.			0,400
		Peak hand force	n.s.			0,910
		Extension/Flexion	n.s.			0,200
		Radial/Ulnar	significant			0,020
		Elbow position	significant			0,001

Generell konnten in einer Reihe von Längsschnittstudien allgemein angenommene schwere Arbeiten („blue-collar work“ im Vergleich zur „white-collar work“ oder aber schwere, untrainierte bzw. manuelle Arbeit) als signifikanter Risikofaktor ($p < 0,001$) mit einer OR = 3,1 (KI 95% 1,9-5,3) für ein KTS identifiziert werden (Margolis und Kraus 1987, Kaerlev et al. 2008, Ha et al. 2009, Gell et al. 2005, Bongers et al. 2007). In einigen Querschnittstudien wurden zudem psycho-soziale Aspekte der Berufstätigkeit untersucht.

4.9 Repetition

Querschnittuntersuchungen ergaben, dass Werk­tätige, die eine hohe Hand-Repetition während der Arbeit haben, signifikant häufiger unter einem KTS leiden (OR = 2,7 (KI 95% 1,8-3,9); $p < 0,001$; $I^2 = 89,0\%$) als diejenigen ohne Repetition (Abbildung 14).

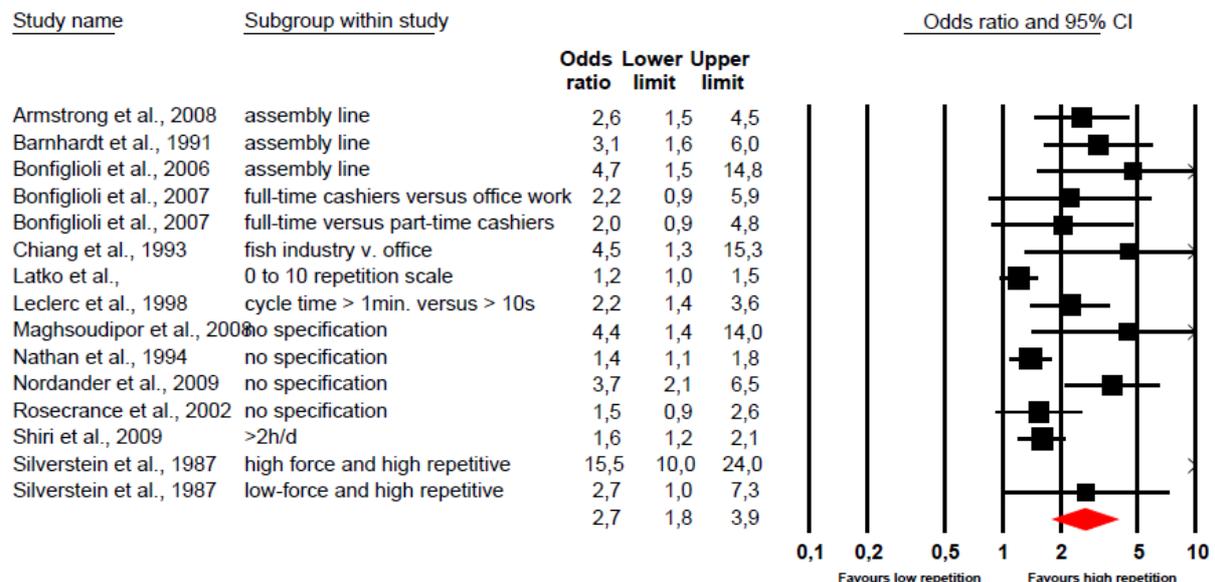


Abbildung 14: Repetition (Ergebnisse der Querschnittstudien) - Forest Plot

Dabei konnten Silverstein et al. (Silverstein et al. 1987) sowie Shiri et al. (Shiri et al. 2009) zeigen, dass sich die KTS-Prävalenz vor allem dann erhöht, wenn zusätzlich zur Repetition große Kraft ausgeübt werden muss. Leclerc et al. (Leclerc et al. 1998) fanden dabei kurze Repetitionszyklen als signifikanten Assoziationsfaktor.

In nur drei Längsschnittstudien wurde auf die Repetition als potenzieller Risikofaktor adressiert. Davis et al. (Davis et al. 2004) fanden für die repetitive Arbeit eine OR =

9,9 (KI 95% 9,3-10,6), während diese zwei andere Studien (Werner et al. 2005, Dias et al. 2004) nicht bestätigten. Damit steht bislang der Nachweis aus, dass alleinige Repetition ein echter Risikofaktor für das KTS ist (OR = 2,1 (KI 95% 0,4-11,8); p=0,364).

4.10 Handposition (Flexion)

In einer Reihe von Studien wurde der Zusammenhang zwischen KTS-Prävalenz und chronischer Handflexion untersucht (Abbildung 15).

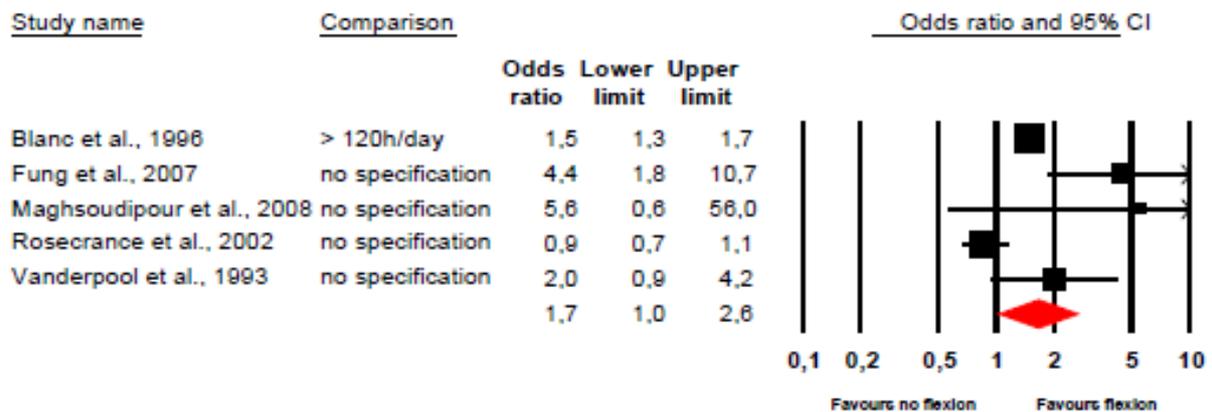


Abbildung 15: Flexion im Handgelenk (Ergebnisse der Querschnittstudien) - Forest Plot

Dabei fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen stark gebeugter Hand und dem Auftreten eines KTS (OR = 1,7 (95% KI 1,0-2,6); p=0,033; I²=81,0%). Blanc et al. (Blanc et al. 1996) fanden dabei die Flexion von >120 Minuten pro Tag als signifikanten Risikofaktor für Arbeitsunfähigkeit aufgrund eines KTS. Auch die Ergebnisse der Längsschnittstudien konnten wie erwartet bestätigen, dass chronische Handgelenksbeugung mit einer OR von 1,7 (95% KI 1,1-2,5%) ein signifikanter Risikofaktor (p=0,016) für ein KTS ist.

4.11 Kraft

Beschäftigte, die bei ihrer Tätigkeit große manuelle Kraft, z.B. bei Handhabung von schweren handgeführten Maschinen und Werkzeugen, ausüben müssen, leiden

signifikant häufiger unter einem KTS (OR = 4,4 (95% KI 1,4-13,6); $p=0,009$; $I^2=93,6\%$) (Abbildung 16).

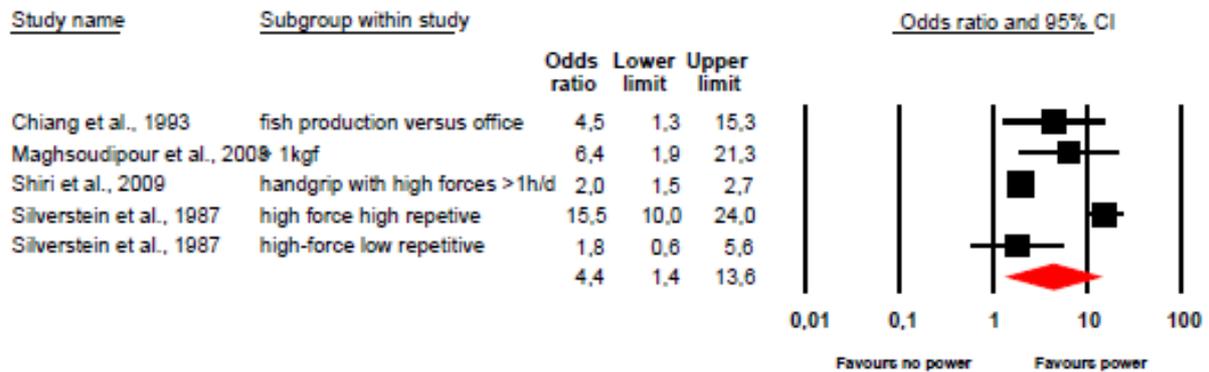


Abbildung 16: Kraftvolles Arbeiten (Ergebnisse der Querschnittstudien) - Forest Plot

Die Studie von Silverstein et al. (Silverstein et al. 1987) fand dabei heraus, dass vor allem dann eine höhere KTS-Prävalenz bestand, wenn die hohen Kraftaufwendungen gleichzeitig mit einer hohen Repetition kombiniert sind. Hingegen ist die KTS-Prävalenz bei Beschäftigten, die schwere Lasten heben und tragen müssen, nur geringfügig gegenüber den Kontrollgruppen erhöht (OR = 1,5 (95% KI 1,1-2,3); $p=0,025$).

Werner et al. (Werner et al. 2005) identifizierten als Risikofaktor für ein KTS die mehr als 6-stündige Arbeit pro Tag mit schweren Maschinen und Werkzeugen bei Beschäftigten in der Kraftfahrzeugmontage, im Gegensatz zur Kontrollgruppe (Management) oder zu Werkträgern, die diese Tätigkeiten nur 1-2 Stunden pro Tag ausübten. Das reine Heben von Lasten und dessen Einfluss auf die KTS-Inzidenz wurde hingegen in keiner der Längsschnittstudien adressiert.

4.12 Vibration

Die Ergebnisse einer Reihe von Querschnittstudien zeigten, dass Beschäftigte, die durch die Handhabung von Maschinen Vibrationen ausgesetzt sind, signifikant häufiger ($p<0,001$) unter einem KTS leiden (Abbildung 17).

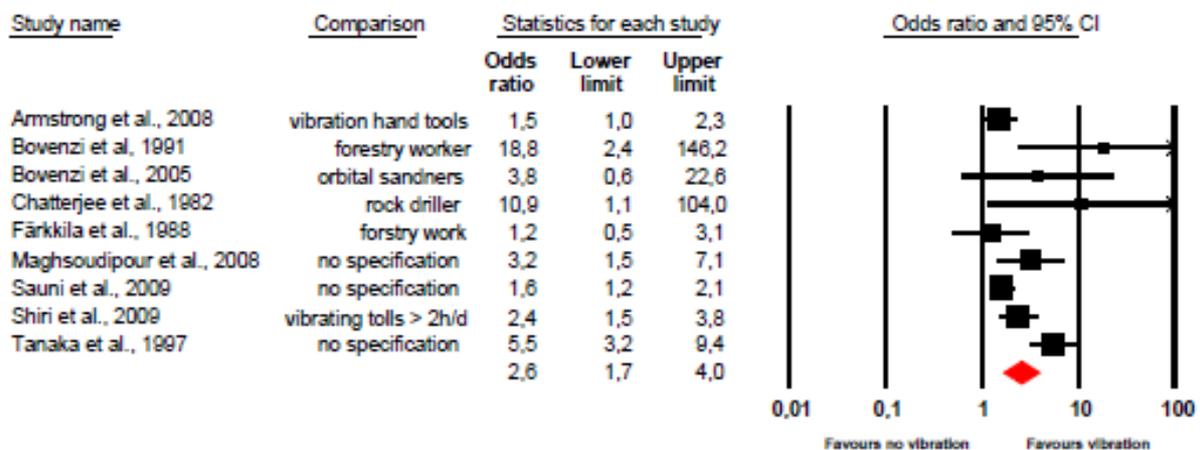


Abbildung 17: Vibrationsbelastung (Ergebnisse der Querschnittstudien) – Forest Plot

Als besonders risikoreich gelten dabei Geräte, die mit hohem Kraftaufwand bedient werden müssen, wie Kettensägen in der Forstwirtschaft oder Steinbohrer (OR = 2,6 (95% KI 1,7-4,0); $I^2=71,3\%$). Keine der ausgewählten Längsschnittstudien identifizierte jedoch die Vibrationsbelastung als potenziellen Risikofaktor für das KTS.

4.13 Kombinierte Handbelastung

Während der Arbeit ist die Hand in den meisten Fällen kombinierten Belastungsmustern ausgesetzt. Silverstein et al. (Silverstein et al. 1987) fanden eine um das Vielfache erhöhte Prävalenz des KTS bei Werkträgern, die mit hoher Repetition kraftvolle Arbeiten ausführen müssen. Zur Beschreibung der Schwere der Handbelastung durch kombinierte Repetition-Kraft-Aufwendung trägt der semi-quantitative Score für die Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) Rechnung. Dabei werden in einem Koordinatensystem der semi-quantitative HAL (hand-activity-level) der Repetition (0-10 = keine Bewegung bis ständige Bewegung) und der semiquantitative Wert für die maximal aufzuwendende Kraft (0-10 = keine Kraft bis Maximalkraft) aufgetragen (Abbildung 18) (ACGIH 2001).

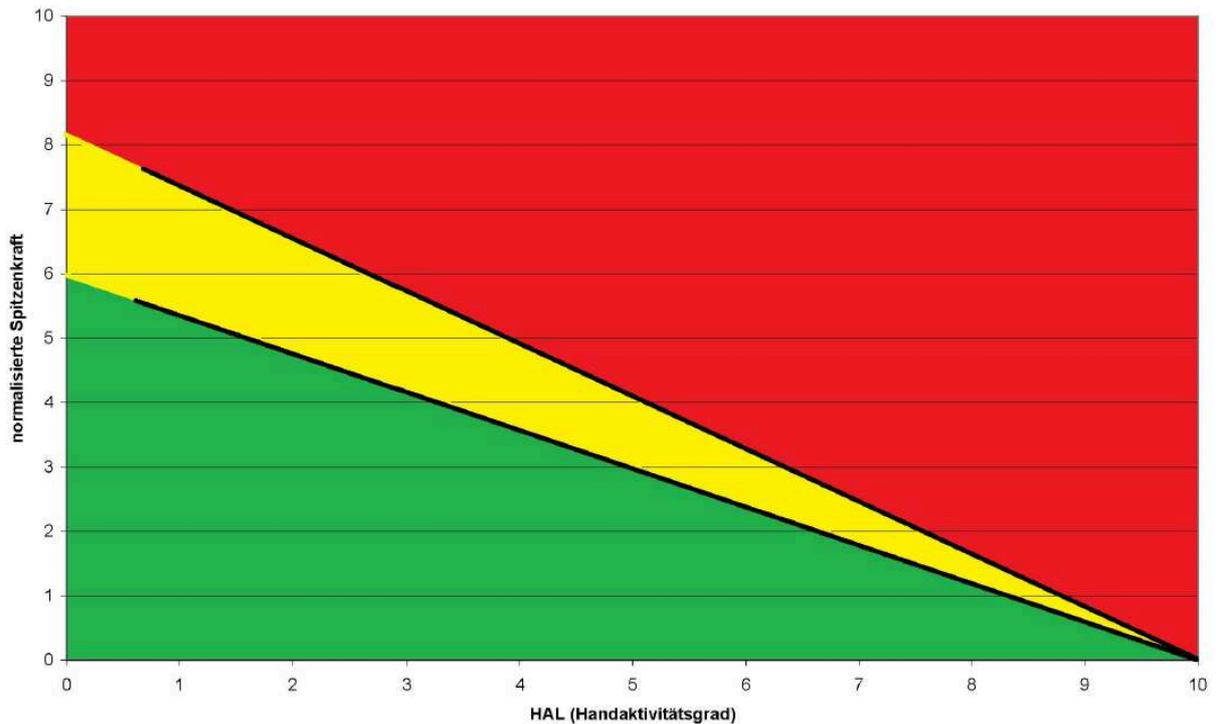


Abbildung 18: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

Die Tertiale werden dabei eingeteilt in unbedenkliche Tätigkeiten, fraglich gefährdete Tätigkeiten und gefährliche Tätigkeiten. In drei Längsschnittstudien (Abbildung 19) und zwei Querschnittstudien (Abbildung 20) wurde dabei festgestellt, dass ein HAL im "gefährlichen Bereich" ein signifikantes Risiko für ein KTS darstellt.

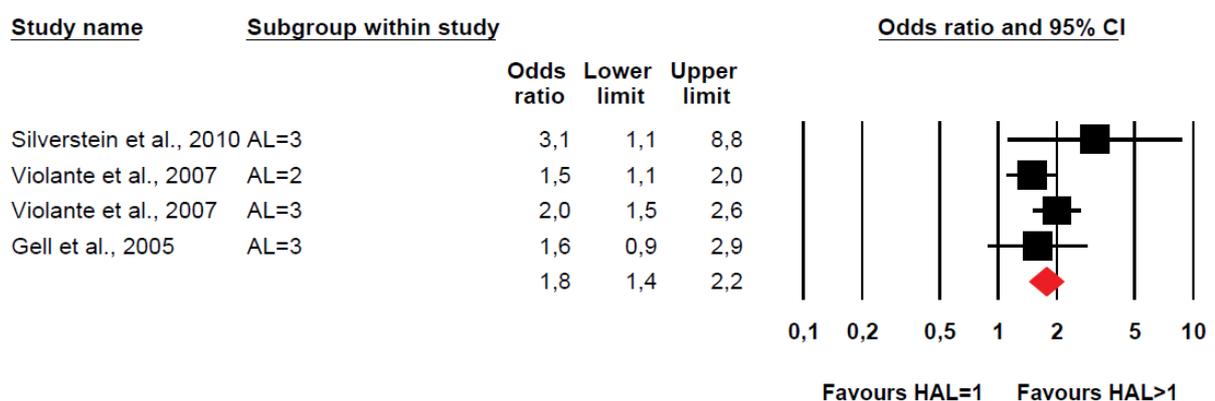


Abbildung 19: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) - Ergebnisse der Längsschnittstudien - Forest Plot Handbelastungen innerhalb der oberen Tertiale sind mit einer signifikant höheren CTS - Inzidenz assoziiert OR = 1,8 (95% KI 1,4 - 2,2); $p < 0,001$. Heterogenität $I^2 = 7,1\%$.

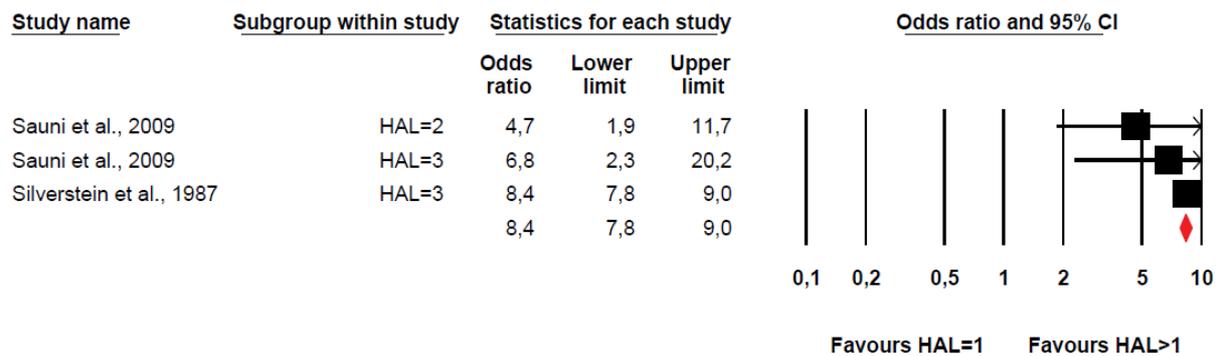


Abbildung 20: Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) - Ergebnisse der Querschnittstudien - Forest Plot Handbelastungen innerhalb der oberen Tertiale sind mit einer signifikant höheren CTS - Prävalenz assoziiert OR = 8,4 (95% KI 7,8 - 8,9); $p < 0,001$. Heterogenität $I^2 = 10,8\%$.

Violante et al. (Violante et al. 2007) adjustierten die KTS-Inzidenz auf die HAL TLV. Dabei fanden sie bei Frauen im Alter unter 40 Jahren eine mäßig erhöhte KTS-Inzidenz (OR = 1,2 (95% KI 0,7-2,1)) und bei mittlerem Alter eine deutlich erhöhte Inzidenz (OR = 2,1 (95% KI 1,4-3,2)) bei unakzeptabel hoher Belastung. Für Männer konnte dieser Zusammenhang jedoch nicht bestätigt werden (OR = 0,5 (95% KI 0,2-1,3)). In der gleichen Studie wurde auch auf höheres Lebensalter adjustiert. Dabei war ein mittlerer HAL TLV (OR = 2,3 (95% KI 1,5-3,5)) und ein unakzeptabler HAL TLV (OR = 2,4 (95% KI 1,6-3,6)) mit einem signifikanten Anstieg der KTS-Inzidenz assoziiert. Für das Alter über 40 Jahre wurden auch bei Männern ähnliche Werte ermittelt. Ein HAL TLV im intermediären Bereich (OR = 1,9 (95% KI 0,6-6,0)) und im unakzeptablen Bereich (OR = 3,2 (95% KI 1,0-9,8)) konnten hier als signifikante Risikofaktoren für ein inzidenten KTS ermittelt werden.

4.14 PC-Arbeit

Tendenziell ($p = 0,174$) ist exzessive PC-Arbeit (>30h/Woche bzw. >8h/Tag) mit einer höheren KTS-Prävalenz assoziiert (OR = 1,8 (95% KI 0,8-4,1)).

In einer prospektiven Längsschnittstudie von Andersen et al. (Andersen et al. 2003) (1-Jahres-follow-up) wurden der Gebrauch der PC-Mouse von mehr als 30h/Woche (OR = 2,7 (95% KI 1,0-7,6)) und Keyboard-Benutzung von >20h/Woche (OR = 1,4 (95% KI 0,5-4,3)) als potenzielle Risikofaktoren für ein inzidenten KTS (Kontrollgruppe PC-Benutzung 0-2,5h/Woche) ermittelt. Allerdings fanden sich die

höchsten Inzidenzen bei Werktätigen mit einer mittleren wöchentlichen PC-Arbeitszeit. Konfounder wie die Qualität der Diagnostik, die subjektive Sensibilität gegenüber den typischen Beschwerden wie Kribbeln, das Übergewicht und der Grad der Einengung des Karpaltunnels wurden hier nicht dargestellt.

5. Diskussion

Zielstellung der vorliegenden Meta-Analyse ist es, basierend auf einem systematischen Literatur-Review, Risikofaktoren sowie assoziierte Faktoren für das häufigste periphere Nervenkompressionssyndrom, das KTS zu identifizieren. Dabei galt die Hypothese, dass bestimmte berufliche Belastungen der Hand besondere Risikofaktoren für die Entstehung des KTS darstellen. Zwei Meta-Analysen von Barcenilla et al. (Barcenilla et al. 2011) und Palmer et al. (Palmer et al. 2007) befassten sich mit dieser Problematik und beschrieben ausschließlich berufliche Risikofaktoren für das KTS. Sie berücksichtigten jedoch nicht das KTS ebenfalls bedingende Faktoren, wie z.B. Alter, Geschlecht, Komorbidität. Zudem erfolgte in den beiden Meta-Analysen eine Gleichstellung der Ergebnisse aus Längsschnittstudien und denen aus Querschnittstudien. Ebenfalls befassten sich Giersiepen und Spallek (Giersiepen und Spallek 2011) mit der Thematik. Dabei handelt es sich jedoch um eine reine Übersichtsarbeit auf dem Niveau einer „expert opinion“, bei der kein systematischer Literatur-Review erfolgte. Zudem galt es, da laut Empfehlung des Sachverständigenbeirat des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales das KTS in die Liste der Berufskrankheiten aufgenommen werden soll, neben den aus beruflicher Belastung der Hand resultierender spezifischer Faktoren, nicht-berufliche, begleitende Risikofaktoren für das KTS zu identifizieren, die in einer späteren BK-Begutachtung als konkurrierende Faktoren gelten könnten.

Der Literatur-Review war aufgrund der Tatsache, dass das KTS bezüglich der Keywords mit unterschiedlichen Termini gelistet ist, sehr umfangreich.

Im Bevölkerungsquerschnitt liegt die Prävalenz des KTS bei 6,8%, womit das KTS durchaus als „Volkskrankheit“ zu bezeichnen ist. Bei den aktiven Werktätigen liegt die ermittelte Prävalenz hingegen bei 11% und damit nahezu doppelt so hoch im Vergleich zum Bevölkerungsquerschnitt. Dieser Umstand kann bereits ein Indiz dafür

sein, dass es sich beim KTS um eine Berufskrankheit handeln kann. Die jeweils untersuchten vielfältigen Personengruppen und das Studiendesign spiegeln die große Heterogenität der von uns identifizierten epidemiologischen Studien wider. Einerseits wurden die Inzidenz und Prävalenz in der Gesamtbevölkerung erfasst. Andererseits umfassten die Untersuchungen zum Teil nur Werktätige mit ausgesprochen hoher beruflicher Handbelastung. Zudem zeigten sich in der Häufigkeit des KTS, abhängig von der jeweiligen Definition, erhebliche Unterschiede. Dabei klagen 9% aller Menschen über Parästhesien im Bereich der Hohlhand, was symptomatisch Hinweis auf ein KTS sein kann. Hingegen erbringen klinische Untersuchungen oder eine apparative neurologische Untersuchung etwas höhere Prävalenzraten. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass eine entsprechende prädisponierte Personengruppe unter einem latenten KTS leidet, welches sich schließlich bei entsprechender Exposition, beruflicher oder nicht-beruflicher Genese, klinisch manifestieren kann. Diese Angaben relativieren sich, wenn man sich überlegt, dass das KTS nur mit einer Frequenz von 4,3 (CI95% 2,9-6,2) / 1000 Personenjahre operiert werden muss. Zudem sind die laut Umfragen ermittelten „Parästhesien“ nicht immer Ausdruck eines behandlungsbedürftigen KTS, sondern auch mal im Zusammenhang mit einer Pseudoradikulärsymptomatik der HWS oder einer Handgelenksarthrose zu sehen. Schlussfolgernd festzustellen ist, dass es zur Inzidenz und Prävalenz in der sogenannten Normalbevölkerung derzeit keine wirklich verlässlichen Studiendaten gibt, ohne sich immer auf die jeweilige Diagnostik zu beziehen. Es existiert auch keine Bevölkerungsstudie aus der Bundesrepublik Deutschland.

Zunächst werden vom Beruf unabhängige Risikofaktoren und assoziierte Faktoren für das KTS diskutiert. Die schon angesprochene Problematik der Heterogenität bezüglich Studiendesign und Studienpopulation hatte darauf keinen Einfluss. Es erfolgte immer eine Testung auf mögliche Unterschiede für die Berechnung der jeweiligen Effektstärken. Daraus ergab sich, dass eine Vergleichbarkeit der von uns ermittelten Effektstärken bezüglich der interessierenden Faktoren gegeben ist.

Ein Anstieg der Prävalenz des KTS im höheren Lebensalter ließ sich in nahezu allen Querschnittstudien verzeichnen. Zudem wird deutlich, dass Frauen signifikant häufiger an einem KTS leiden als gleichaltrige Männer. Aus den Längsschnittstudien wird ebenfalls ersichtlich, dass das weibliche Geschlecht ein signifikanter Risikofaktor für ein KTS ist. Als Ursachen können mehrere Möglichkeiten in Betracht

gezogen werden. Anhand der vorliegenden Studienergebnisse lassen sich diese jedoch allenfalls mutmaßen und nicht eindeutig ableiten. Den Frauen wird zugeschrieben im Bereich der Extremitäten einen höheren Körperfettanteil zu haben im Vergleich zu den Männern. Frauen haben eine grazilere Skelettkonstitution und sind durchschnittlich kleiner. Nach Boz et al. (Boz et al. 2004) wird dies in der Regel durch einen höheren Handgelenk-Index („wrist-index“) bedingt. Frauen neigen auch eher zur Ödembildung, da der Wassergehalt im Gewebe größer ist. Dies zeigt sich vor allem durch die hormonelle Umstellung im Klimakterium. Es untermauert damit die Tatsache eines Prävalenzanstieges im höheren Lebensalter. Pathophysiologisch ähnlich gestaltet sich die Situation in der Schwangerschaft, wo eine vermehrte Ödemneigung, ebenfalls bedingt durch die hormonelle Umstellung, prädisponierend für die Entstehung eines Karpaltunnelsyndroms sein kann. Es tritt vor allem im 3. Trimenon auf (Gleixner et al. 2005). Häufig betroffen sind auch Gestosepatientinnen, wo es aufgrund von Druck- und Konzentrationsänderungen im intravasalen Raum zur Verschiebung von Flüssigkeit in das extravasale Kompartiment kommt und damit wiederum zur Ödembildung mit dem Risiko der KTS Entstehung. Zudem lässt sich explorieren, dass berufstätige Frauen häufiger als Männer monotone repetitive Tätigkeiten ausüben. Beispiele dafür sind die hohen repetitiven Handbelastungen bei Supermarktkassiererinnen oder die von Frauen häufig ausgeübten Montagearbeiten. All dies könnte per se einen Einfluss auf die Entstehung eines KTS haben. Allerdings ist dies anhand keiner der von uns eingeschlossenen Studien nachweisbar. Per se wäre auch zu überlegen, ob die in der Intensität nur schwer kalkulierbaren zusätzlichen häuslichen Tätigkeiten, einen Einfluss haben.

Mit zunehmendem Alter, besonders bis zum mittleren Lebensalter, lässt sich ein signifikanter Anstieg der KTS-Prävalenz adjustieren. Im mittleren Lebensalter werden auch die höchsten Inzidenzraten, also diejenige die operiert werden müssen, beobachtet. Als Begründung wäre zu diskutieren, dass gerade mit ansteigendem Lebensalter es zu einer ansteigenden Bindegewebsfibrosierung kommt und infolge dessen der Gewebedruck ansteigt (Holmes und Keir 2012), was in einer venösen Stauung gipfeln kann, die zu einer intraneuralen Ödembildung führt und begleitend eine arterielle Stauung mit Endothelschädigung mit sich zieht und letztendlich eine Ischämie verursacht (Merle und Rehart 2009). Zudem spielt sicherlich, über die Lebensjahre hinweg betrachtet, eine kumulative Gewebetraumatisierung begleitend eine Rolle, die letztendlich in einer Krankheitsmanifestation gipfeln kann.

Anzunehmen wäre, dass vielleicht schon jüngere Patienten eine gewisse Disposition für die Entstehung eines KTS tragen, welches sich schließlich im mittleren noch berufstätigen Lebensalter manifestiert. Im höheren Lebensalter hingegen zeigt sich, dass die berufliche Belastung nachlässt und die Inzidenzen wieder geringer werden. Möglicherweise finden sich ältere Patienten auch eher mit den einhergehenden Beschwerden ab und konsultieren daher seltener einen Arzt und sind schon gar nicht bereit ein OP-Risiko zu tragen.

Anhand der Ergebnisse der Längsschnittstudien lässt sich nicht beweisen, dass die dominante Hand häufiger von einem KTS betroffen ist, als die nicht-dominante Hand. Dieser Beweis steht bis dato noch aus. Lediglich anhand einer Reihe von Querschnittstudien konnte eine nahezu doppelt so hohe KTS-Prävalenz für die dominante Hand ermittelt werden. Dies lässt einerseits mutmaßen, dass bei Prädisposition unter Belastung der Hand eher ein KTS manifest werden kann. Andererseits könnte es die Tatsache unterstreichen, dass z.B. berufliche oder außerberufliche Belastungen häufiger zum KTS führen. Eine abschließende Beurteilung ist anhand der derzeitigen Studienlage jedoch nicht möglich.

Insgesamt gesehen leiden Angehörige der „nicht-weißen“ Rasse häufiger unter einem KTS als Weiße. Keine Studie adressiert jedoch dabei, in welchem Maße rassische Unterschiede ein unterschiedliches Risiko für eine KTS-Manifestation darstellen. Zu mutmaßen wäre, dass Angehörige der „nicht-weißen“ Rasse häufiger schwere körperliche bzw. manuelle Arbeiten verrichten müssen. Dies würde ebenso die Berechtigung der Anerkennung des KTS als Berufskrankheit untermauern. Jedoch auch diese Studien liefern keinen eindeutigen Beweis dafür.

Sowie das Übergewicht bzw. die Adipositas als auch der Diabetes mellitus stellen erwiesene Risikofaktoren für ein KTS dar. Zurückzuführen sein könnte dies auf das Metabolische Syndrom an sich, welches das Übergewicht und den Diabetes mellitus, im Speziellen den Typ II, mit einschließt. Zudem sind Diabetiker oftmals übergewichtig, was mit einem erhöhten Weichteilvolumen des Unterarmes einhergehen kann und damit wiederum einen Gewebedruckanstieg zur Folge haben kann. Ebenfalls möglich wäre es, dass ein KTS dabei häufig auf die bestehende diabetische Neuropathie der langen peripheren Nerven zurückzuführen ist. Dies ist jedoch in keinen Studien explizit untersucht wurden. Untermauern würde dies jedoch die Hypothese, dass auch andere neurotoxische Einflüsse, wie z.B. Nikotin oder Alkohol, ein Risiko für die Entstehung eines KTS darstellen.

Bei schon vorhandenen höheren Inzidenzen und Prävalenzen bei älteren Menschen ist das häufigere Vorkommen des KTS bei Diabetikern möglicherweise auch eher ein zufälliger Nebeneffekt. Wofür auch die höhere KTS-Prävalenz bei gleichzeitiger Komorbidität sprechen würde.

Im Hinblick auf die möglichen anthropometrischen Ursachen des KTS muss die Koinzidenz von Übergewicht bzw. Adipositas mit diskutiert werden. Dabei spielt wiederholt das erhöhte Weichteilvolumen des Unterarmes eine wichtige Rolle, wodurch wiederum, insbesondere bei Flexion der Hand im Handgelenk, der Gewebedruck auf den Karpaltunnel verstärkt wird. Wie schon beim weiblichen Geschlecht erwähnt, spielt die Körpergröße eine Rolle. So haben Menschen von kleinerer Körpergröße und anzunehmendem kürzeren Arm (Anton et al. 2002) oder einem höheren Handgelenk-Index („wrist-index“) nach Boz et al. (Boz et al. 2004), aufgrund der Beschaffenheit und Relation, ein höheres KTS-Risiko. Anhand der bisherigen Studienlagen kann jedoch nicht schlussendlich festgelegt werden, inwieweit diese anthropometrischen Faktoren im Einzelfall wirklich die KTS-Entstehung beeinflussen.

Das ein KTS häufiger nach einem Trauma in der Vorgeschichte auftritt, konnte in zwei von uns identifizierten Querschnittstudien gezeigt werden (Frost et al. 1998, Morgenstern et al. 1991). Eine durchgemachte Radiusfraktur konnte bei Morgenstern et al. (Morgenstern et al. 1991), als signifikanter KTS-assoziiertes Risikofaktor, jedoch ausgeschlossen werden. Da heute jedoch dislozierte Radiusfrakturen meist durch volare winkelstabile Plattenosteosynthese versorgt werden und die Spaltung des Ligaments Teil des operativen Zugangs ist, dürfte ein KTS nach Radiusfrakturen in den nächsten Jahren seltener werden. Ein Beweis dafür steht jedoch bislang aus.

Aus drei Querschnittstudien konnten die Angaben zu sportlichen Aktivitäten lediglich als schwacher Risikofaktor (OR=1,4 (95% KI 1,0-2,0)) gewertet werden. Im Hinblick auf die eher geringe Effektstärke könnte es sich auch um einen statistischen Zufallsbefund handeln, da weder auf konkrete Sportarten noch auf definierte Leistungslevels in den entsprechenden Studien eingegangen wurde.

Im Weiteren war es Zielstellung berufliche Risikofaktoren für ein KTS anhand der identifizierten epidemiologischen Studien zu ermitteln. Dabei seien die einzelnen Berufsgruppen, unterschiedlichen Tätigkeitsbereiche, die Expositionsdauer und -intensität zu berücksichtigen. Dies sei im Folgenden zu diskutieren.

Grundsätzlich ist die Abgrenzung eines BK-Falles, sprich eine geschädigte Person, die durch ihre versicherte Tätigkeit in erheblich höherem Maße als die Normalbevölkerung gefährdet ist, oftmals sehr schwierig, da insgesamt gesehen die Prävalenz und Inzidenz des KTS in der Gesamtbevölkerung hoch ist. Wie oben auch schon einmal erwähnt, bestätigen jedoch Ergebnisse aus Untersuchungen an Werktätigen, dass unter Werktätigen im Vergleich zur Gesamtbevölkerung die Inzidenz und Prävalenz signifikant höher ist. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass für bestimmte Berufsgruppen oder Aufgabenbereiche die Anerkennung des KTS als Berufskrankheit gerechtfertigt ist.

Besonders gefährdet ein KTS zu bekommen, scheinen Personen zu sein, die beruflich kraftvolle, manuelle Tätigkeiten verrichten müssen. Dies beinhaltet vor allem Tätigkeiten mit erheblicher Auslenkung des Handgelenkes durch Flexion und Extension und monoton repetitiver Belastung des Handgelenkes. Dafür sprechen auch bestehende Vergleiche zwischen „blue and white collar worker“ und das in einigen Studien aufgezeigte Schulbildungsniveau. Allerdings sind diese Hypothesen jedoch differenziert zu betrachten, da eine körperlich schwere Arbeit der „blue-collar worker“ nicht zwingend mit einer besonderen Belastung für die Hand einhergehen muss. Andererseits können monoton repetitive Tätigkeiten unter Akademikern, wie z.B. der Präzisionsgriff bei Zahnärzten, die Bedienung der PC-Maus oder die chronische Flexionshaltung beim Sonographieren, durchaus mit einem erheblichen KTS-Risiko einhergehen.

Nur wenn es sich um vergleichbare Tätigkeiten, wie z.B. Supermarktkassierer, Schleifarbeiter handelt, lässt sich eine sichere Aussage zu der Häufigkeit des KTS bei bestimmten Berufen oder Berufsgruppen machen. Dies ist leider nur in sehr wenigen Fällen möglich, da in anderen Berufszweigen, wie z.B. die allgemeine Tätigkeit im Automobilbau, die konkrete Handbelastung nicht klar definiert ist und damit auch nicht kalkulierbar ist. Eine Ermittlung der Risikofaktoren und der konkreten Handbelastung pro Zeiteinheit lässt sich lediglich durch Beobachtungen und Aufnahme der Belastungen am Arbeitsplatz erkennen. Palmer et al. (Palmer et al. 2007) kommt in seinem Review zu gleichwertiger Aussage.

Es ist daher aussagekräftiger, die manuellen Tätigkeiten in Form von Einzelbewegungen bzw. Funktionen zu splitten und zu beschreiben. Dadurch ließen sich vor allem die chronische Flexionshaltung, die Repetition mit hoher Kraftaufwendung und die mit großer Kraft ausgeführte chronische

Vibrationsbelastung, wie z.B. Kettensägen und Steinbohrer, als Risikofaktoren für ein KTS identifizieren. Die Hyperextension spielte dabei weniger eine Rolle. Sinnvoll erscheint die Zusammenfassung in einem Summenscore (z.B. Hand Activity Level Threshold Limit Values (HAL TLVs®) der ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), da selten eine isolierte Ausführung der oben genannten Tätigkeiten erfolgt.

Entscheidend für die KTS-Entstehung scheint die venöse Stauung in den epineuralen Gefäßen zu sein (Silverstein 1999, Viikari-Juntura und Silverstein 1999). Infolgedessen kommt es zunächst zu einer Degeneration der Schwann'schen Zellen, die in der Spätphase zu einer kompletten Demyelinisierung des Nerven führen können. Es werden unterschiedliche Mechanismen beschrieben, die die venöse Stauung in den epineuralen Gefäßen bedingen. Zum Einem ist die Erhöhung des Gewebedruckes innerhalb des Karpalkanals, mutmaßlich bedingt durch anthropometrische Faktoren oder chronische Flexion, ein entscheidender Mechanismus. Dieser Sachverhalt bedingt auch die therapeutische Indikation zur Spaltung des Lig. carpi transversum. Unter Normalbedingungen beträgt der Druck im Karpalkanal 10mmHg, der beim KTS bis auf 30-40mmHg ansteigen kann. Ebenfalls können degenerative Prozesse z.B. im Alter zu einer Induration des Gewebes führen und infolge dessen zu einer Erhöhung des Gewebedruckes. Auch z.B. bei Frauen in Abhängigkeit vom hormonellen Status kann ein vorherrschendes chronisches Ödem dazu beitragen, den Druck im Karpalkanal zu erhöhen. Ebenso zu klären sei, welche Mechanismen hinsichtlich der beruflichen Belastung zur Steigerung des Gewebedruckes führen. Bei extremer Beuge- und Streckbewegung erfolgt eine chronische Druckerhöhung, die ursächlich sein könnte. Es kann eine Druckerhöhung um bis zu 30-50% bei maximaler Beugung des Handgelenks erreicht werden. Hohe Repetition unter intensiver Kraftaufwendung stellt einen weiteren Mechanismus dar. Zum Einem ist die chronische Druckerhöhung im Karpalkanal ohne ausreichende Erholungsphasen Folge der forcierten Beuge- und Streckbewegungen allein. Zum Anderen führt zusätzlich die Gewebsischämie mit konsekutiver Azidose zur Gewebedruckerhöhung und in deren Folge zur venösen Stauung in den epineuralen Gefäßen. Die Schwann-Zellen werden aufgrund der Gewebeazidose ebenfalls direkt geschädigt. Werden keine ausreichenden Pausen bzw. Aufgabenwechsel eingehalten oder sind die Post-Belastungsphasen (Feierabend, Wochenende usw.) zu kurz, kann dieser Mechanismus in einem Circulus vitiosus enden. Eine benötigte

Regenerationszeit zur vollständigen Erholung des Gewebes ist damit nur unzureichend erfüllt. Die chronische Vibrationsbelastung stellt einen weiteren Mechanismus dar. Dabei kommt es einerseits zu einer Ödembildung im betroffenen Gewebsareal, andererseits führt eine chronische Vibration selbst zur venösen Stauung bis hin zur Thrombosierung der epineuralen Gefäße.

Es gibt derzeit keine biomechanische Studie, die sicher belegt, wie chronischer Druck von außen durch Auflage, wie z.B. Arbeit an der PC-Tastatur, die Entstehung eines KTS beeinflusst. Zudem entkräfteten Simulationen von PC-Arbeit, wobei der Druck im Karpalkanal gemessen wird, diese Hypothese (Rempel et al. 2008, Palmer et al. 2007). Zu differenzieren wäre natürlich dabei, in welcher Intensität die Arbeit am PC in den beruflichen Alltag eingebunden ist. Ob jemand fast seine gesamte Arbeitszeit am PC tätig ist, wie z.B. Schreibkräfte und Programmierer oder ob nur zeitweilig Tätigkeiten am PC zu verrichten sind, wie z.B. im Managementbereich. Im Zeitalter der Technisierung bzw. Elektronisierung der Industrie muss natürlich berücksichtigt werden, dass heutzutage auch im Bereich klassischer Industriezweige, wie z.B. der Autoindustrie oder der Metallverarbeitung mit CNC-Maschinen, viele Bedienschritte per PC-Arbeit gesteuert sind. Selbst in der Landwirtschaft hält die Technisierung Einzug und es sind viele PC-Arbeitsplätze anzutreffen. Angehörige der administrativen Berufe, wie z.B. Office-Worker oder Angestellte aus dem Managementbereich, eignen sich nur bedingt als Kontrollgruppen für epidemiologische Studien, da exzessive PC-Arbeit in gewisser Weise ein erhöhtes KTS-Risiko birgt.

Entscheidend ist natürlich ebenfalls, abschließend zu diskutieren, welche konkreten Konsequenzen sich aus einem anerkannt „beruflich-verursachten“ KTS ergeben. Das KTS zählt zu einen der wenigen orthopädisch-neurochirurgischen Erkrankungen, welches bei erfolgreicher Therapie mit einer nahezu vollständigen restitutio ad integrum heilbar ist. Dieses beinhaltet in den meisten Fällen eine Operation. Die vollständige operative Spaltung des Ligaments zur Dekompression des Nervus medianus ist dabei die Methode der Wahl. Dies kann entweder offen oder endoskopisch erfolgen (Assmus et al. 2007). Da das Ligament nicht nachwächst, sind „echte“ Rezidive ausgeschlossen. Eine Persistenz des KTS bei inkompletter Dekompression oder bereits eingetretener irreversibler Nervenschädigung kann jedoch auftreten. Überschießende Vernarbungen oder weiter anhaltende Exposition, z.B. in Form von Vibration, Repetition, können „Pseudo-Rezidive“ verursachen,

wobei nach bereits beschwerdefreiem Intervall erneute Beschwerden auftreten. Eine rentenberechtigte MdE von mehr als 20 v.H. wird selbst durch ein unbehandeltes, persistierendes oder pseudorezidivierendes KTS allein selten erreicht werden können (Weise und Schiltenswolf 2008). Die Komplikationsrate nach KTS-Operationen ist mit <1% ausgesprochen selten. Wenn es zu Komplikationen käme, könnten diese, schwere Funktionseinbußen der Hand, wie z.B. CRPS II, Handgelenksversteifung oder theoretisch möglicher Handverlust nach schwerer Infektion, bedingen. Käme es zu solch einem Fallbeispiel, könnte man im Einzelfall, bei Nachweis eines gesicherten ursächlichen Zusammenhangs von KTS mit beruflicher Belastung, eine höhere MdE-berechtigte Entschädigung verlangen.

6. Schlussfolgerungen

Als Volkskrankheit betrifft das KTS alle Bevölkerungsgruppen. Besonders betroffen sind dabei Frauen. Es müssen bestimmte Expositions-kriterien erfüllt sein, dass eine überwiegend berufliche Verursachung überhaupt als Voraussetzung für die Einstufung als Berufskrankheit anerkannt wird. Anhand der vorliegenden Meta-Analyse konnte bestätigt werden, dass Faktoren wie Repetition, die Handkraft, die Vibration und die Handhaltung, das Risiko für die Entstehung eines KTS erheblich steigern. Bei der Handhaltung scheint die Flexion ebenso wie die Extension einen erheblichen Einfluss zu haben. Dabei hat insbesondere die Kombination dieser Faktoren eine erhebliche Risikosteigerung zur Folge. Aufgrund der Heterogenität der Studien bei der Diagnostik und der zumeist üblichen Expositionsbestimmung durch Befragung sind weitgehende Ableitungen über mögliche Schwellen der Exposition im Sinne der BK nicht möglich. Das KTS dürfte im Begutachtungsfall nur in sehr wenigen Fällen mit einer wirklichen 50%igen Wahrscheinlichkeit auf eine konkret versicherte Tätigkeit zurück zu führen sein. Die geforderte Belastung liegt dabei bei einer mindestens 4-stündigen Exposition pro Tag bzw. 20 Stunden pro Woche in realer Belastungszeit. Es dürfen dabei keine so erheblichen konkurrierenden Faktoren vorliegen, die bereits vor Beginn der Exposition schon nachweisbar waren. Da rentenberechtigte Fälle die Ausnahme bilden dürften und die Krankheit weitgehend heilbar ist, sei zu bedenken, dass die daraus entstehenden

versicherungsrechtlichen Konsequenzen einer Berufskrankheit KTS zudem letztlich eher unbedeutend sind.

7. Literaturverzeichnis

Abbas MF, Faris RH, Harber PI, Mishriky AM, El-Shahaly HA, Waheeb YH, Kraus JF. 2001. Worksite and personal factors associated with carpal tunnel syndrome in an Egyptian electronics assembly factory. *Int J Occup Environ Health*, 7 (1):31-36.

ACGIH Threshold limit values and biological exposure indices for 2001
www.acgih.org

Ali KM, Sathiyasekaran BW. 2006. Computer professionals and Carpal Tunnel Syndrome (CTS). *Int J Occup Saf Ergon*, 12 (3):319-325.

Andersen JH, Thomsen JF, Overgaard E, Lassen CF, Brandt LP, Vilstrup I, Kryger AI, Mikkelsen S. 2003. Computer use and carpal tunnel syndrome: a 1-year follow-up study. *Jama*, 289 (22):2963-2969.

Anton D, Rosecrance J, Merlino L, Cook T. 2002. Prevalence of musculoskeletal symptoms and carpal tunnel syndrome among dental hygienists. *Am J Ind Med*, 42 (3):248-257.

Armstrong T, Dale AM, Franzblau A, Evanoff BA. 2008. Risk factors for carpal tunnel syndrome and median neuropathy in a working population. *J Occup Environ Med*, 50 (12):1355-1364.

Arnold G, Beier HM, Herrmann M, Kaufmann P, Kretschmann H-J, Kühnel W, Schiebler TH, Schmidt W, Steiniger B, Winckler J, van der Zypen E, Zilles K. 2002. *Anatomie*. 8. Aufl.: Springer-Verlag.

Assmus H, Antoniadis G, Bischoff C, Haussmann P, Martini AK, Mascharka Z, Scheglmann K, Schwerdtfeger K, Selbmann HK, Towfigh H, Vogt T, Wessels KD, Wustner-Hofmann M. 2007. [Diagnosis and therapy of carpal tunnel syndrome--guideline of the German Societies of Handsurgery, Neurosurgery,

Neurology, Orthopaedics, Clinical Neurophysiology and Functional Imaging, Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery, and Surgery for Traumatology]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 39 (4):276-288.

Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, McCabe SJ, Ornstein E. 2003. Severe carpal tunnel syndrome potentially needing surgical treatment in a general population. *J Hand Surg Am*, 28 (4):639-644.

Atroshi I, Gummesson C, Ornstein E, Johnsson R, Ranstam J. 2007. Carpal tunnel syndrome and keyboard use at work: a population-based study. *Arthritis Rheum*, 56 (11):3620-3625.

Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosen I. 1999. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *Jama*, 282 (2):153-158.

Atterbury MR, Limke JC, Lemasters GK, Li Y, Forrester C, Stinson R, Applegate H. 1996. Nested case-control study of hand and wrist work-related musculoskeletal disorders in carpenters. *Am J Ind Med*, 30 (6):695-701.

Barcenilla A, March LM, Chen JS, Sambrook PN. 2011. Carpal tunnel syndrome and its relationship to occupation: a meta-analysis. *Rheumatology (Oxford)*, 51 (2):250-261.

Barnhart S, Demers PA, Miller M, Longstreth WT, Jr., Rosenstock L. 1991. Carpal tunnel syndrome among ski manufacturing workers. *Scand J Work Environ Health*, 17 (1):46-52.

Blanc PD, Faucett J, Kennedy JJ, Cisternas M, Yelin E. 1996. Self-reported carpal tunnel syndrome: predictors of work disability from the National Health Interview Survey Occupational Health Supplement. *Am J Ind Med*, 30 (3):362-368.

- Bland JD, Rudolfer SM. 2003. Clinical surveillance of carpal tunnel syndrome in two areas of the United Kingdom, 1991-2001. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74 (12):1674-1679.
- Bonfiglioli R, Mattioli S, Spagnolo MR, Violante FS. 2006. Course of symptoms and median nerve conduction values in workers performing repetitive jobs at risk for carpal tunnel syndrome. *Occup Med (Lond)*, 56 (2):115-121.
- Bonfiglioli R, Mattioli S, Fiorentini C, Graziosi F, Curti S, Violante FS. 2007. Relationship between repetitive work and the prevalence of carpal tunnel syndrome in part-time and full-time female supermarket cashiers: a quasi-experimental study. *Int Arch Occup Environ Health*, 80 (3):248-253.
- Bongers FJ, Schellevis FG, van den Bosch WJ, van der Zee J. 2007. Carpal tunnel syndrome in general practice (1987 and 2001): incidence and the role of occupational and non-occupational factors. *Br J Gen Pract*, 57 (534):36-39.
- Bovenzi M. 1994. Hand-arm vibration syndrome and dose-response relation for vibration induced white finger among quarry drillers and stonecarvers. Italian Study Group on Physical Hazards in the Stone Industry. *Occup Environ Med*, 51 (9):603-611.
- Bovenzi M, Zadini A, Franzinelli A, Borgogni F. 1991. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 34 (5):547-562.
- Bovenzi M, Della Vedova A, Nataletti P, Alessandrini B, Poian T. 2005. Work-related disorders of the upper limb in female workers using orbital sanders. *Int Arch Occup Environ Health*, 78 (4):303-310.
- Boz C, Ozmenoglu M, Altunayoglu V, Velioglu S, Alioglu Z. 2004. Individual risk factors for carpal tunnel syndrome: an evaluation of body mass index, wrist index and hand anthropometric measurements. *Clin Neurol Neurosurg*, 106 (4):294-299.

- Brain WR, Wright AD, Wilkinson M. 1947. Spontaneous compression of both median nerves in the carpal tunnel; six cases treated surgically. *Lancet*, 1 (6443-6445):277-282.
- Bundesministerium f, Arbeit, und, Soziales. 2009. Bek. d. BMAS v. 1.05.2009 - IVa 4-45226-2 (CTS) Bundesministerium für Arbeit und Soziales
- Bystrom S, Hall C, Welander T, Kilbom A. 1995. Clinical disorders and pressure-pain threshold of the forearm and hand among automobile assembly line workers. *J Hand Surg Br*, 20 (6):782-790.
- Capone AC, Parikh PM, Gatti ME, Davidson BJ, Davison SP. 2010. Occupational injury in plastic surgeons. *Plast Reconstr Surg*, 125 (5):1555-1561.
- Chatterjee DS, Barwick DD, Petrie A. 1982. Exploratory electromyography in the study of vibration-induced white finger in rock drillers. *Br J Ind Med*, 39 (1):89-97.
- Cherniack M, Brammer AJ, Nilsson T, Lundstrom R, Meyer JD, Morse T, Neely G, Peterson D, Toppila E, Warren N, Atwood-Sanders M, Michalak-Turcotte C, Abbas U, Bruneau H, Croteau M, Fu RW. 2006. Nerve conduction and sensorineural function in dental hygienists using high frequency ultrasound handpieces. *Am J Ind Med*, 49 (5):313-326.
- Chiang HC, Ko YC, Chen SS, Yu HS, Wu TN, Chang PY. 1993. Prevalence of shoulder and upper-limb disorders among workers in the fish-processing industry. *Scand J Work Environ Health*, 19 (2):126-131.
- Choobineh A, Lahmi M, Shahnava H, Jazani RK, Hosseini M. 2004. Musculoskeletal symptoms as related to ergonomic factors in Iranian hand-woven carpet industry and general guidelines for workstation design. *Int J Occup Saf Ergon*, 10 (2):157-168.

- Dale AM, Descatha A, Coomes J, Franzblau A, Evanoff B. 2011. Physical examination has a low yield in screening for carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med*, 54 (1):1-9.
- Davatchi F, Tehrani Banihashemi A, Gholami J, Faezi ST, Forouzanfar MH, Salesi M, Karimifar M, Essalatmanesh K, Barghamdi M, Noorolahzadeh E, Dahaghin S, Rasker JJ. 2009. The prevalence of musculoskeletal complaints in a rural area in Iran: a WHO-ILAR COPCORD study (stage 1, rural study) in Iran. *Clin Rheumatol*, 28 (11):1267-1274.
- Davis L, Wellman H, Hart J, Cleary R, Gardstein BM, Sciuchetti P. 2004. A comparison of data sources for the surveillance of work-related carpal tunnel syndrome in Massachusetts. *Am J Ind Med*, 46 (3):284-296.
- de Krom MC, Knipschild PG, Kester AD, Thijs CT, Boekkooi PF, Spaans F. 1992. Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population. *J Clin Epidemiol*, 45 (4):373-376.
- Descatha A, Dale AM, Franzblau A, Coomes J, Evanoff B. 2010. Diagnostic strategies using physical examination are minimally useful in defining carpal tunnel syndrome in population-based research studies. *Occup Environ Med*, 67 (2):133-135.
- Dias JJ, Burke FD, Wildin CJ, Heras-Palou C, Bradley MJ. 2004. Carpal tunnel syndrome and work. *J Hand Surg Br*, 29 (4):329-333.
- Diaz JH. 2001. Carpal tunnel syndrome in female nurse anesthetists versus operating room nurses: prevalence, laterality, and impact of handedness. *Anesth Analg*, 93 (4):975-980.
- Farkkila M, Pyykko I, Jantti V, Aatola S, Starck J, Korhonen O. 1988. Forestry workers exposed to vibration: a neurological study. *Br J Ind Med*, 45 (3):188-192.

- Ferry S, Pritchard T, Keenan J, Croft P, Silman AJ. 1998. Estimating the prevalence of delayed median nerve conduction in the general population. *Br J Rheumatol*, 37 (6):630-635.
- Forde MS, Punnett L, Wegman DH. 2005. Prevalence of musculoskeletal disorders in union ironworkers. *J Occup Environ Hyg*, 2 (4):203-212.
- Franklin GM, Haug J, Heyer N, Checkoway H, Peck N. 1991. Occupational carpal tunnel syndrome in Washington State, 1984-1988. *Am J Public Health*, 81 (6):741-746.
- Franzblau A, Armstrong TJ, Werner RA, Ulin SS. 2005. A cross-sectional assessment of the ACGIH TLV for hand activity level. *J Occup Rehabil*, 15 (1):57-67.
- Frost P, Andersen JH, Nielsen VK. 1998. Occurrence of carpal tunnel syndrome among slaughterhouse workers. *Scand J Work Environ Health*, 24 (4):285-292.
- Fung BK, Chan KY, Lam LY, Cheung SY, Choy NK, Chu KW, Chung LY, Liu WW, Tai KC, Yung SY, Yip SL. 2007. Study of wrist posture, loading and repetitive motion as risk factors for developing carpal tunnel syndrome. *Hand Surg*, 12 (1):13-18.
- Garland FC, Garland CF, Doyle EJ, Jr., Balazs LL, Levine R, Pugh WM, Gorham ED. 1996. Carpal tunnel syndrome and occupation in U.S. Navy enlisted personnel. *Arch Environ Health*, 51 (5):395-407.
- Gelberman RH, Yamaguchi K, Hollstien SB, Winn SS, Heidenreich FP, Jr., Bindra RR, Hsieh P, Silva MJ. 1998. Changes in interstitial pressure and cross-sectional area of the cubital tunnel and of the ulnar nerve with flexion of the elbow. An experimental study in human cadavera. *J Bone Joint Surg Am*, 80 (4):492-501.

- Gelfman R, Melton LJ, 3rd, Yawn BP, Wollan PC, Amadio PC, Stevens JC. 2009. Long-term trends in carpal tunnel syndrome. *Neurology*, 72 (1):33-41.
- Gell N, Werner RA, Franzblau A, Ulin SS, Armstrong TJ. 2005. A longitudinal study of industrial and clerical workers: incidence of carpal tunnel syndrome and assessment of risk factors. *J Occup Rehabil*, 15 (1):47-55.
- Gerr F, Marcus M, Ensor C, Kleinbaum D, Cohen S, Edwards A, Gentry E, Ortiz DJ, Monteilh C. 2002. A prospective study of computer users: I. Study design and incidence of musculoskeletal symptoms and disorders. *Am J Ind Med*, 41 (4):221-235.
- Giersiepen K, Spallek M. 2011. Carpal tunnel syndrome as an occupational disease. *Dtsch Arztebl Int*, 108 (14):238-242.
- Gillroy A, MacPherson B. 2009. *Atlas of Anatomy Latin Nomenclature Version*. New York: Thieme.
- Gleixner C, Müller M, Wirth S. 2005. *Neurologie und Psychiatrie für Studium und Praxis*. 5. Aufl. Breisach: Medizinische Verlags- und Informationsdienste.
- Gorsche RG, Wiley JP, Renger RF, Brant RF, Gemer TY, Sasyniuk TM. 1999. Prevalence and incidence of carpal tunnel syndrome in a meat packing plant. *Occup Environ Med*, 56 (6):417-422.
- Gupta AD, Mahalanabis D. 2006. Study of hand function in a group of shoe factory workers engaged in repetitive work. *J Occup Rehabil*, 16 (4):675-684.
- Ha C, Roquelaure Y, Leclerc A, Touranchet A, Goldberg M, Imbernon E. 2009. The French Musculoskeletal Disorders Surveillance Program: Pays de la Loire network. *Occup Environ Med*, 66 (7):471-479.

- Hamann C, Werner RA, Franzblau A, Rodgers PA, Siew C, Gruninger S. 2001. Prevalence of carpal tunnel syndrome and median mononeuropathy among dentists. *J Am Dent Assoc*, 132 (2):163-170; quiz 223-164.
- Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. 2003. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Bmj*, 327 (7414):557-560.
- Holmes MW, Keir PJ. 2012. Posture and hand load alter muscular response to sudden elbow perturbations. *J Electromyogr Kinesiol*, 22 (2):191-198.
- Hughes RE, Silverstein BA, Evanoff BA. 1997. Risk factors for work-related musculoskeletal disorders in an aluminum smelter. *Am J Ind Med*, 32 (1):66-75.
- Isolani L, Bonfiglioli R, Raffi GB, Violante FS. 2002. Different case definitions to describe the prevalence of occupational carpal tunnel syndrome in meat industry workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 75 (4):229-234.
- Jianmongkol S, Kosuwon W, Thumroj E, Sumanont S. 2005. Prevalence of carpal tunnel syndrome in workers from a fishnet factory in Thailand. *Hand Surg*, 10 (1):67-70.
- Kaerlev L, Jensen A, Nielsen PS, Olsen J, Hannerz H, Tuchsén F. 2008. Hospital contacts for injuries and musculoskeletal diseases among seamen and fishermen: a population-based cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*, 9:8.
- Keir PJ, Bach JM, Hudes M, Rempel DM. 2007. Guidelines for wrist posture based on carpal tunnel pressure thresholds. *Hum Factors*, 49 (1):88-99.
- Kim JY, Kim JI, Son JE, Yun SK. 2004. Prevalence of carpal tunnel syndrome in meat and fish processing plants. *J Occup Health*, 46 (3):230-234.
- Koskimies K, Farkkila M, Pyykko I, Jantti V, Aatola S, Starck J, Inaba R. 1990. Carpal tunnel syndrome in vibration disease. *Br J Ind Med*, 47 (6):411-416.

- Kutluhan S, Akhan G, Demirci S, Duru S, Koyuncuoglu HR, Ozturk M, Cirak B. 2001. Carpal tunnel syndrome in carpet workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 74 (6):454-457.
- Lalumandier JA, McPhee SD, Riddle S, Shulman JD, Daigle WW. 2000. Carpal tunnel syndrome: effect on Army dental personnel. *Mil Med*, 165 (5):372-378.
- Lanz T, Wachsmuth W. 1959. *Praktische Anatomie*. Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- Latko WA, Armstrong TJ, Franzblau A, Ulin SS, Werner RA, Albers JW. 1999. Cross-sectional study of the relationship between repetitive work and the prevalence of upper limb musculoskeletal disorders. *Am J Ind Med*, 36 (2):248-259.
- Leclerc A, Landre MF, Chastang JF, Niedhammer I, Roquelaure Y. 2001. Upper-limb disorders in repetitive work. *Scand J Work Environ Health*, 27 (4):268-278.
- Leclerc A, Franchi P, Cristofari MF, Delemotte B, Mereau P, Teyssier-Cotte C, Touranchet A. 1998. Carpal tunnel syndrome and work organisation in repetitive work: a cross sectional study in France. *Study Group on Repetitive Work. Occup Environ Med*, 55 (3):180-187.
- Maghsoudipour M, Moghimi S, Dehghaan F, Rahimpanah A. 2008. Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence of work related carpal tunnel syndrome. *J Occup Rehabil*, 18 (2):152-156.
- Margolis W, Kraus JF. 1987. The prevalence of carpal tunnel syndrome symptoms in female supermarket checkers. *J Occup Med*, 29 (12):953-956.
- Marshall SW, Kucera K, Loomis D, McDonald MA, Lipscomb HJ. 2004. Work related injuries in small scale commercial fishing. *Inj Prev*, 10 (4):217-221.
- Masear VR, Hayes JM, Hyde AG. 1986. An industrial cause of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am*, 11 (2):222-227.

- Mattioli S, Baldasseroni A, Curti S, Cooke RM, Mandes A, Zanardi F, Farioli A, Buiatti E, Campo G, Violante FS. 2009. Incidence rates of surgically treated idiopathic carpal tunnel syndrome in blue- and white-collar workers and housewives in Tuscany, Italy. *Occup Environ Med*, 66 (5):299-304.
- McCormack RR, Jr., Inman RD, Wells A, Berntsen C, Imbus HR. 1990. Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. *J Rheumatol*, 17 (7):958-964.
- Melchior M, Roquelaure Y, Evanoff B, Chastang JF, Ha C, Imbernon E, Goldberg M, Leclerc A. 2006. Why are manual workers at high risk of upper limb disorders? The role of physical work factors in a random sample of workers in France (the Pays de la Loire study). *Occup Environ Med*, 63 (11):754-761.
- Merle M, Rehart S. 2009. *Chirurgie der Hand Rheuma-Arthrose-Nervenengpässe*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Mondelli M, Giannini F, Giacchi M. 2002. Carpal tunnel syndrome incidence in a general population. *Neurology*, 58 (2):289-294.
- Morgenstern H, Kelsh M, Kraus J, Margolis W. 1991. A cross-sectional study of hand/wrist symptoms in female grocery checkers. *Am J Ind Med*, 20 (2):209-218.
- Nathan PA, Keniston RC, Myers LD, Meadows KD. 1992. Longitudinal study of median nerve sensory conduction in industry: relationship to age, gender, hand dominance, occupational hand use, and clinical diagnosis. *J Hand Surg Am*, 17 (5):850-857.
- Nathan PA, Takigawa K, Keniston RC, Meadows KD, Lockwood RS. 1994. Slowing of sensory conduction of the median nerve and carpal tunnel syndrome in Japanese and American industrial workers. *J Hand Surg Br*, 19 (1):30-34.

- Nathan PA, Keniston RC, Myers LD, Meadows KD, Lockwood RS. 1998. Natural history of median nerve sensory conduction in industry: relationship to symptoms and carpal tunnel syndrome in 558 hands over 11 years. *Muscle Nerve*, 21 (6):711-721.
- Nordander C, Ohlsson K, Akesson I, Arvidsson I, Balogh I, Hansson GA, Stromberg U, Rittner R, Skerfving S. 2009. Risk of musculoskeletal disorders among females and males in repetitive/constrained work. *Ergonomics*, 52 (10):1226-1239.
- Nordstrom DL, Vierkant RA, DeStefano F, Layde PM. 1997. Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *Occup Environ Med*, 54 (10):734-740.
- Nordstrom DL, DeStefano F, Vierkant RA, Layde PM. 1998. Incidence of diagnosed carpal tunnel syndrome in a general population. *Epidemiology*, 9 (3):342-345.
- Osorio AM, Ames RG, Jones J, Castorina J, Rempel D, Estrin W, Thompson D. 1994. Carpal tunnel syndrome among grocery store workers. *Am J Ind Med*, 25 (2):229-245.
- Paget J. 1854. *Lectures of Surgical Pathology Philadelphia: Delivered at the Royal College of Surgeons of England.*
- Palmer KT, Harris EC, Coggon D. 2007. Carpal tunnel syndrome and its relation to occupation: a systematic literature review. *Occup Med (Lond)*, 57 (1):57-66.
- Papanicolaou GD, McCabe SJ, Firrell J. 2001. The prevalence and characteristics of nerve compression symptoms in the general population. *J Hand Surg Am*, 26 (3):460-466.
- Park RM, Nelson NA, Silverstein MA, Mirer FE. 1992. Use of medical insurance claims for surveillance of occupational disease. An analysis of cumulative trauma in the auto industry. *J Occup Med*, 34 (7):731-737.

- Phalen GS, Gardner WJ, La Londe AA. 1950. Neuropathy of the median nerve due to compression beneath the transverse carpal ligament. *J Bone Joint Surg Am*, 32A (1):109-112.
- Punnett L, Robins JM, Wegman DH, Keyserling WM. 1985. Soft tissue disorders in the upper limbs of female garment workers. *Scand J Work Environ Health*, 11 (6):417-425.
- Rempel DM, Keir PJ, Bach JM. 2008. Effect of wrist posture on carpal tunnel pressure while typing. *J Orthop Res*, 26 (9):1269-1273.
- Roquelaure Y, Mariel J, Fanello S, Boissiere JC, Chiron H, Dano C, Bureau D, Penneau-Fontbonne D. 2002. Active epidemiological surveillance of musculoskeletal disorders in a shoe factory. *Occup Environ Med*, 59 (7):452-458.
- Roquelaure Y, Ha C, Leclerc A, Touranchet A, Sauteron M, Melchior M, Imbernon E, Goldberg M. 2006. Epidemiologic surveillance of upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis Rheum*, 55 (5):765-778.
- Rosecrance JC, Cook TM, Anton DC, Merlino LA. 2002. Carpal tunnel syndrome among apprentice construction workers. *Am J Ind Med*, 42 (2):107-116.
- Rossignol M, Stock S, Patry L, Armstrong B. 1997. Carpal tunnel syndrome: what is attributable to work? The Montreal study. *Occup Environ Med*, 54 (7):519-523.
- Rustenbach S. 2003. Metaanalyse. Eine anwendungsorientierte Einführung. Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.
- Sauni R, Paakkonen R, Virtema P, Toppila E, Uitti J. 2009. Dose-response relationship between exposure to hand-arm vibration and health effects among metalworkers. *Ann Occup Hyg*, 53 (1):55-62.

- Schönberger A, Velentin H, G. M. 2010. Arbeitsunfall und Berufskrankheit. Rechtliche und medizinische Grundlagen für Gutachter, Sozialverwaltung, Berater und Gerichte. Berlin: Erich Schimdt Verlag GmbH & Co.
- Schürmann J, Hartmann B. 2008. Neue "Wie"-Berufskrankheit (§9 Abs. 2 SGB VII) "Karpaltunnelsyndrom". In: Ludolph, Lehmann, Schürmann. Kursbuch der ärztlichen Begutachtung.
- Shiri R, Miranda H, Heliovaara M, Viikari-Juntura E. 2009. Physical work load factors and carpal tunnel syndrome: a population-based study. *Occup Environ Med*, 66 (6):368-373.
- Silverstein B. 1999. Gender difference in the prevalence of clinical depression: the role played by depression associated with somatic symptoms. *Am J Psychiatry*, 156 (3):480-482.
- Silverstein B, Fan ZJ, Smith CK, Bao S, Howard N, Spielholz P, Bonauto D, Viikari-Juntura E. 2009. Gender adjustment or stratification in discerning upper extremity musculoskeletal disorder risk? *Scand J Work Environ Health*, 35 (2):113-126.
- Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. 1987. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med*, 11 (3):343-358.
- Silverstein BA, Fan ZJ, Bonauto DK, Bao S, Smith CK, Howard N, Viikari-Juntura E. 2010. The natural course of carpal tunnel syndrome in a working population. *Scand J Work Environ Health*, 36 (5):384-393.
- Spallek M. 2009. [Carpal tunnel syndrome as possible occupational disease. Occupational medicine assessment]. *Z Orthop Unfall*, 147 (3):279-280.
- Stevens JC, Sun S, Beard CM, O'Fallon WM, Kurland LT. 1988. Carpal tunnel syndrome in Rochester, Minnesota, 1961 to 1980. *Neurology*, 38 (1):134-138.

- Stöhr M, Pfister R, Schleglmann K, Schulte-Mattler W. 2005. Klinische Elektromyographie und Neurographie - Lehrbuch und Atlas. 5. Aufl. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.
- Tackmann W, Richter HP, Stöhr M. 1989. Kompressionssyndrome peripherer Nerven. Berlin-Heidelberg: Springer.
- Tanaka S, Wild DK, Cameron LL, Freund E. 1997. Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome in a national survey of the working population. *Am J Ind Med*, 32 (5):550-556.
- Tanaka S, Wild DK, Seligman PJ, Behrens V, Cameron L, Putz-Anderson V. 1994. The US prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome: 1988 National Health Interview Survey data. *Am J Public Health*, 84 (11):1846-1848.
- Tanaka S, Wild DK, Seligman PJ, Halperin WE, Behrens VJ, Putz-Anderson V. 1995. Prevalence and work-relatedness of self-reported carpal tunnel syndrome among U.S. workers: analysis of the Occupational Health Supplement data of 1988 National Health Interview Survey. *Am J Ind Med*, 27 (4):451-470.
- Thomsen JF, Hansson GA, Mikkelsen S, Lauritzen M. 2002. Carpal tunnel syndrome in repetitive work: a follow-up study. *Am J Ind Med*, 42 (4):344-353.
- Uchiyama S, Itsubo T, Nakamura K, Kato H, Yasutomi T, Momose T. 2010. Current concepts of carpal tunnel syndrome: pathophysiology, treatment, and evaluation. *J Orthop Sci*, 15 (1):1-13.
- Vanderpool HE, Friis EA, Smith BS, Harms KL. 1993. Prevalence of carpal tunnel syndrome and other work-related musculoskeletal problems in cardiac sonographers. *J Occup Med*, 35 (6):604-610.

- Viikari-Juntura E, Silverstein B. 1999. Role of physical load factors in carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health*, 25 (3):163-185.
- Violante FS, Armstrong TJ, Fiorentini C, Graziosi F, Risi A, Venturi S, Curti S, Zanardi F, Cooke RM, Bonfiglioli R, Mattioli S. 2007. Carpal tunnel syndrome and manual work: a longitudinal study. *J Occup Environ Med*, 49 (11):1189-1196.
- Weise K, Schiltenswolf M. 2008. *Grundkurs orthopädisch-unfallchirurgische Begutachtung*. Heidelberg: 1. Springer.
- Weiss ND, Gordon L, Bloom T, So Y, Rempel DM. 1995. Position of the wrist associated with the lowest carpal-tunnel pressure: implications for splint design. *J Bone Joint Surg Am*, 77 (11):1695-1699.
- Werner RA, Hamann C, Franzblau A, Rodgers PA. 2002. Prevalence of carpal tunnel syndrome and upper extremity tendinitis among dental hygienists. *J Dent Hyg*, 76 (2):126-132.
- Werner RA, Franzblau A, Gell N, Hartigan AG, Ebersole M, Armstrong TJ. 2005. Incidence of carpal tunnel syndrome among automobile assembly workers and assessment of risk factors. *J Occup Environ Med*, 47 (10):1044-1050.
- Wolf JM, Mountcastle S, Owens BD. 2009. Incidence of carpal tunnel syndrome in the US military population. *Hand (N Y)*, 4 (3):289-293.
- Ziegler A, König IR. 2011. [Guidelines for research reports: German translation of CONSORT 2010, PRISMA and STARD]. *Dtsch Med Wochenschr*, 136 (8):357-358.
- Zifko UA, Wörseg AP. 1999. *Das Karpaltunnelsyndrom Diagnose und Therapie*. Wien: Springer-Verlag/Wien.

Anhang

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name, Vorname	Wollny, Juliane
wohnhaf in	Augustastraße 6, 99817 Eisenach
geboren am	23.02.1984
geboren in	Eisenach
Eltern	Dr. rer. nat. Werner Wollny, Diplomchemiker Christine Wollny, Diplomchemikerin
Geschwister	keine
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig, ein Kind

Schulischer Werdegang

1990 – 1994	Georgengrundschule Eisenach
1994 – 2002	Ernst-Abbe-Gymnasium Eisenach
2002	Abitur Ernst-Abbe-Gymnasium Eisenach

Beruflicher Werdegang

WS 2002/03	Beginn Studium der Humanmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
03.09.2004	Ärztliche Vorprüfung
08.12.2008-20.11.2009	Praktisches Jahr
30.04.2010	Ärztliche Prüfung
01.06.2010	Beginn Facharztweiterbildung in der Gynäkologie und Geburtshilfe im St. Georg Klinikum Eisenach

Eisenach, den

Juliane Wollny

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Priv.-Doz. Dr. med. habil. G. Spahn, dem Leiter der Praxisklinik für Unfallchirurgie und Orthopädie Eisenach, für die freundliche Überlassung des Themas dieser Arbeit, sowie der stetigen Unterstützung bei der statistischen Datenauswertung und der Erstellung der vorliegenden Arbeit, insbesondere des Ergebnisteils, bedanken.

Sehr herzlich danke ich auch Herrn Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Gunther O. Hofmann, Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Jena, für die Ermöglichung der Promotion an der Universität Jena.

Dank gebührt ebenfalls Herrn Dr. med. Lutz Bode, Neurologische Praxis Eisenach, der mir freundlicherweise Abbildungsmaterialien zur Verfügung stellte.

Ich möchte mich bei meiner Familie für die kritische Durchsicht dieser Arbeit bedanken.

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: PD Dr. med. G. Spahn, Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Gunther O. Hofmann

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und das Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Eisenach, den

Juliane Wollny