

Diplomarbeit

**Vergleichende Untersuchung einer möglichen
Korrelation von quantitativer sensorischer Testung
und Neurographie beim Karpaltunnelsyndrom**

eingereicht von

Kristina Voler

Mat.Nr.: 0210806

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinik für Neurologie

unter der Anleitung von

Prof. Dr. St. Quasthoff

Graz, am 23. November 2009

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 23. November 2009

Unterschrift

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Stefan Quasthoff meinen herzlichsten Dank aussprechen, der den Anstoß zu dieser Arbeit gab und mich fortwährend in meiner Tätigkeit unterstützte.

Des Weiteren gilt mein besonderer Dank meinem Lebensgefährten Herrn Ulrich Anton Hager sowie meiner Familie, die mir mit Unterstützung und Rat jeder Zeit zur Seite standen.

Zusammenfassung

Hintergrund: Das Karpaltunnelsyndrom ist das häufigste periphere Engpass-Syndrom. Die Quantitative Sensorische Testung ist eine Untersuchungsmöglichkeit, welche Aussagen über die Funktion der dünn- und unmyelinisierten Nervenfasern geben kann. Zahlreiche Studien befassen sich mit der Nützlichkeit der Quantitativen Sensorischen Testung bei Karpaltunnelsyndrom. Das Ziel dieser Untersuchung ist es Korrelationen zwischen Parametern der Neurographie und Parametern der Quantitativen Sensorischen Testung zu untersuchen.

Methodik: 66 Personen (42 Frauen und 24 Männer), im mittleren Alter von 53,2 Jahren mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms wurden elektroneurographisch und mittels der Quantitativen Sensorischen Testung untersucht. Distal-motorische Latenz, motorische Amplitude, sensible Amplitude und sensible Nervenleitgeschwindigkeit wurden zu Vibrationsdetektionsschwellen, Kälte- und Wärmedetektionsschwellen und Kälte- und Hitzeschmerzschnellen in Korrelation gesetzt. Weiters wurde das Gesamtpatientenkollektiv in Geschlechtergruppen und 3 Altersgruppen geteilt. Um Unterschiede festzustellen, wurden die medianen Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung in Geschlechter- und Altersgruppen miteinander verglichen.

Ergebnisse: Zwischen den Parametern der Neurographie und den Parametern der Quantitativen Sensorischen Testung konnten keine deutlichen Korrelationen gefunden werden. Der Vergleich der Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung der Geschlechtergruppen zeigte, dass bei Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms keine Geschlechterdifferenz bezüglich der Funktion der einzelnen Nervenfasern bestand. Der Vergleich der Ergebnisse der Altersgruppen zeigte, dass Vibrations-, Kälte- und Wärmedetektionsschwellen mit dem Alter anstiegen. Im Vergleich der thermischen Schmerzschnellen zeigte sich, dass die Altersgruppe von 45 bis 65 Jahren erniedrigte Kälteschmerzschnellen aufwiesen. Die Altersgruppe von 65 bis 86 Jahren hingegen erreichte bei den Kälte- und Hitzeschmerzschnellen im Median Maximalwerte.

Abstract

Background: The carpal tunnel syndrome is the most frequent entrapment neuropathy. With quantitative sensory testing it is possible to examine the function of small-myelinated and unmyelinated nerve fibers. Numerous international studies examined the utility of quantitative sensory testing at conditions of carpal tunnel syndrome. The aim of this analysis is to detect correlations between parameters of neurophysiology and parameters of quantitative sensory testing.

Methods: 66 persons (42 women, 24 men), with a mean age of 53,2 years underwent median nerve neurophysiological evaluation and quantitative sensory testing. Correlations between distal motor latency, motor amplitudes, sensory amplitudes and sensory nerve conducting velocity, vibratory thresholds, cold detection threshold, warm detection threshold, cold pain threshold and heat pain threshold were analysed. The persons have been split into gender-groups and 3 different age-groups. To detect differences, the median results of quantitative sensory testing were compared in gender- and age-groups.

Results: No significant correlations between parameters of neurophysiology and quantitative sensory testing were found. The comparison of the results of quantitative sensory testing between gender-groups showed that there seems to be no gender-difference in the function of small nerve fibers in condition of carpal tunnel syndrome. The comparison of the results of the age-groups showed that vibratory detection thresholds, cold detection threshold and warm detection threshold increased with age. The cold detection threshold increased in the age-group of 45 to 65 years. Whereas the cold pain threshold and heat pain threshold in the group of 65 to 86 years achieved maximal values.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	ii
Zusammenfassung.....	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis.....	v
Glossar und Abkürzungen.....	viii
Abbildungsverzeichnis.....	x
Tabellenverzeichnis.....	xii
Einleitung.....	1
1.1 Klinischer und wissenschaftlicher Hintergrund.....	1
1.1.1 Das Karpaltunnelsyndrom.....	1
1.1.1.1 Definition.....	1
1.1.1.2 Pathogenese	2
1.1.1.3 Ätiologie.....	3
1.1.1.4 Symptomatik.....	4
1.1.1.5 Differentialdiagnose des Karpaltunnelsyndroms.....	6
1.1.1.6 Diagnostik.....	7
1.1.1.6.1 Klinische Diagnostik.....	7
1.1.1.6.2 Elektrophysiologische Diagnostik.....	8
1.1.1.6.3 Bildgebende Diagnostik.....	9
1.1.1.7 Therapie.....	10
1.1.1.7.1 Konservative Therapie.....	10
1.1.1.7.2 Operative Therapie.....	11
1.1.2 Quantitative Sensorische Testung.....	13
1.1.2.1 Quantitative Sensorische Testung beim Karpaltunnelsyndrom.....	14
1.2 Fragestellung und Ziel der Untersuchung.....	16
2 Material und Methoden.....	17
2.1 Patienten/ Patientinnen.....	17
2.1.1 Patientenkollektiv.....	17
2.2 Untersuchungsort.....	17
2.3 Untersuchungsablauf.....	18
2.4 Neurographische Untersuchung.....	19
2.4.1 Motorische Neurographie.....	19
2.4.1.1 Geräteeinstellungen.....	19
2.4.1.2 Motorische Neurographie des N. medianus.....	19
2.4.1.3 Motorische Neurographie des N. ulnaris.....	20
2.4.2 Sensible Neurographie.....	20
2.4.2.1 Geräteeinstellungen.....	20
2.4.2.2 Sensible Neurographie des N. medianus.....	20
2.4.2.3 Sensible Neurographie des N. ulnaris.....	21
2.4.3 Parameter	21
2.5 Quantitative Sensorische Testung.....	22
2.5.1 Bestimmung des Vibrations-Limit (VDT – vibration detection threshold)	23
2.5.2 Bestimmung des Vibrations-Level (VDT – vibration detection threshold)	23
2.5.3 Bestimmung der Kälte- und Wärmedetektionsschwelle (CDT – cold detection threshold, WDT – warm detection threshold).....	24

2.5.4 Bestimmung der Kälte- und Hitzeschmerzschwelle (CPT – cold pain threshold, HPT – heat pain threshold).....	25
2.6 Auswertung der Messungen.....	27
3 Ergebnisse – Resultate.....	29
3.1 Patienten/Patientinnen.....	29
3.2 Geschlechtergruppen.....	29
3.2.1 Frauen.....	29
3.2.2 Männer.....	30
3.3 Altersgruppen.....	30
3.3.1 Altersgruppe 25 bis 45 Jahre.....	30
3.3.2 Altersgruppe 45 bis 65 Jahre.....	31
3.3.3 Altersgruppe 65 bis 86 Jahre.....	31
3.4 Korrelationsanalyse.....	32
3.4.1 Korrelationsanalyse des Gesamtpatientenkollektives.....	33
3.4.2 Korrelationsanalyse der Gruppe der Frauen.....	33
3.4.3 Korrelationsanalyse der Gruppe der Männer.....	34
3.4.4 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre.....	34
3.4.5 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre.....	35
3.4.6 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre.....	35
3.5 Vergleich der Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung.....	36
3.5.1 Vergleich des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	36
3.5.1.1 Vergleich der Vibrations-Limits.....	36
3.5.1.2 Vergleich der Vibrations-Levels.....	37
3.5.1.3 Vergleich der Kälteerkennungsschwelle.....	38
3.5.1.4 Vergleich der Wärmedetektionsschwelle.....	39
3.5.1.5 Vergleich der Kälteschmerzschwelle.....	40
3.5.1.6 Vergleich der Hitzeschmerzschwelle.....	41
3.5.2 Vergleich der Altersgruppen.....	42
3.5.2.1 Vergleich der Vibrations-Limits.....	42
3.5.2.2 Vergleich der Vibrations-Levels.....	43
3.5.2.3 Vergleich der Kälteerkennungsschwelle.....	44
3.5.2.4 Vergleich der Wärmedetektionsschwelle.....	45
3.5.2.5 Vergleich der Kälteschmerzschwelle.....	46
3.5.2.6 Vergleich der Hitzeschmerzschwelle.....	47
3.6 Ausgewählte Beispiele.....	48
3.6.1 Patient/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	48
3.6.2 Patient/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	48
3.6.3 Patient/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom.....	49
4 Diskussion.....	50
4.1 Diskussion der Methodik.....	50
4.1.1 Auswahl des Patientenkollektives.....	50
4.1.2 Normwerte und Reproduzierbarkeit.....	50
4.1.3 Methodik.....	51
4.1.4 Kooperation des/der Patienten/Patientin.....	51
4.2 Diskussion der Ergebnisse.....	53
4.2.1 Patientenkollektiv.....	53
4.2.2 Korrelationsanalyse.....	53
4.2.3 Vergleich der Geschlechtergruppen.....	55
4.2.4 Vergleich der Altersgruppen.....	56

4.3 Diskussion der ausgewählten Beispiele.....	59
4.3.1 Patient/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie	59
4.3.2 Patient/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.	61
4.3.3 Patient/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom.....	63
5 Literaturverzeichnis.....	65
6 Abbildungsverzeichnis.....	69
7 Lebenslauf.....	70

Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
A β	A-beta
A δ	A-delta
bzw.	beziehungsweise
C	cervikal
ca.	cirka
° C	Grad Celsius
CDT	cold detektion threshold
cm	Zentimeter
CPT	cold pain threshold
Dig	Digitus manus
DML	distal motorische Latenz
ENG	Elektroneurographie
EMG	Elektromyographie
et al.	et alii/ et aliae
Hi-Ob	historical-objektive
HPT	heat pain threshold
Hz	Hertz
kHZ	Kilohertz
KTS	Karpaltunnelsyndrom
M.	Musculus
m/sec	Meter pro Sekunde
mg	Milligramm
Mm.	Musculi
mm ²	Quadratmillimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
ms	Millisekunde
mV	Millivolt
μ V	Mikrovolt
N.	Nervus
NLG	Nervenleitgeschwindigkeit
Nn.	Nervi

NSAR	nichtsteroidale Antirheumatika
psi	indizierte Leistung
SNAP	sensibles Nervenaktionspotential
sog.	sogenannt
th	thorakal
US	United States
VDT	Vibration detection threshold
WDT	Warm detection threshold

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sensibilitätsmuster bei Karpaltunnelsyndrom.....	5
Abbildung 2: Sensible Neurographie des N. medianus und N. ulnaris.....	21
Abbildung 3: VSA-3000 Vibratory Sensory Analyzer.....	22
Abbildung 4: Peltier-Elektrode.....	22
Abbildung 5: Vergleich der Vibrations-Limits des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	36
Abbildung 6: Vergleich der Vibrations-Levels des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	37
Abbildung 7: Vergleich der Kälteerkennungsschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	38
Abbildung 8: Vergleich der Wärmedetektionsschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	39
Abbildung 9: Vergleich der Kälteschmerzschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	40
Abbildung 10: Vergleich der Hitzeschmerzschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen.....	41
Abbildung 11: Vergleich der Vibrations-Limits der Altersgruppen.....	42
Abbildung 12: Vergleich der Vibrations-Levels der Altersgruppen.....	43
Abbildung 13: Vergleich der Kälteerkennungsschwelle der Altersgruppen.....	44
Abbildung 14: Vergleich der Wärmedetektionsschwelle der Altersgruppen.....	45
Abbildung 15: Vergleich der Kälteschmerzschwelle der Altersgruppen.....	46
Abbildung 16: Vergleich der Hitzeschmerzschwelle der Altersgruppen.....	47
Abbildung 17: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	59
Abbildung 18: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	60
Abbildung 19: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	60
Abbildung 20: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	61
Abbildung 21: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	61

Abbildung 22: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	62
Abbildung 23: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	63
Abbildung 24: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	63
Abbildung 25: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie.....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geräteeinstellung bei der motorischen Neurographie	19
Tabelle 2: Geräteeinstellung bei der sensiblen Neurographie	20
Tabelle 3: Korrelationsanalyse des Gesamtpatientenkollektives.....	33
Tabelle 4: Korrelationsanalyse der Gruppe der Frauen.....	33
Tabelle 5: Korrelationsanalyse der Gruppe der Männer.....	34
Tabelle 6: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre.....	34
Tabelle 7: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre.....	35
Tabelle 8: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre.....	35

Einleitung

1.1 Klinischer und wissenschaftlicher Hintergrund

1.1.1 Das Karpaltunnelsyndrom

1.1.1.1 Definition

Das Karpaltunnelsyndrom stellt das häufigste Engpasssyndrom der oberen Extremität und die häufigste Medianusläsion der Hand dar. Es macht ca. 45% aller nichttraumatischen Nervenschädigungen aus. Das Erkrankungsrisiko beträgt 8-10%. Frauen sind ca. doppelt so häufig betroffen wie Männer. In der Regel liegt das Manifestationsalter über 30 Jahren. 40 bis 70-Jährige sind in 76% der Fälle betroffen. Bei etwa 40% der Betroffenen ist eine bilaterale Manifestation nachzuweisen. [1]

Die Erkrankung wird zunehmend auch zu einem gesundheitsökonomischen Thema. Das US-amerikanische National Institute of Health berechnete die durchschnittlichen, lebenslangen Kosten für einen/eine Patient/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom auf 30 000\$. Darin enthalten sind die Kosten für die medizinische Versorgung sowie die Kosten für Krankenstände. Im Jahr 2003 wurden in den Vereinigten Staaten 3,8 Millionen Arztbesuche aufgrund eines Karpaltunnelsyndroms verzeichnet. [2]

Das Karpaltunnelsyndrom ist bedingt durch eine chronische Druckschädigung des N. medianus innerhalb des Karpalkanals. Dieser ist ca. 2cm lang und wird durch das Retinaculum flexorum (Ligamentum carpi transversum) zwischen dem Os pisiforme und dem Hamulus ossis hamatum auf der Kleinfingerseite sowie dem Trapezium und dem Scaphoid auf der Daumenseite gebildet. In ihm ziehen die langen Beugesehen der Finger und der N. medianus in die Hohlhand.[3] Durch Einengung dieses Kanals, häufiger aber durch eine Volumenzunahme des Kanalinhaltes, kommt es zu einer Kompression des N. medianus. Die normalen Drucke im Bereich des Karpaltunnels betragen 2,5 mmHg. Die bei Karpaltunnelsyndrom auftretenden Drücke sind mit ca. 32mmHg um ein

vielfaches höher und steigen bei Beugung und Streckung des Handgelenkes sogar über 100mmHg. [1,4]

1.1.1.2 Pathogenese

Der erhöhte Druck im Karpalkanal führt zu einer Kompression der im Epineurium liegenden Venolen. Dies führt zu einer Hyperämie und venösen Stauung mit Verlangsamung der Durchblutung im Epineurium. Zusätzlich kommt es zu einer Dilatation der Kapillaren wodurch der intrafaszikuläre Druck steigt und die Nervenfasern weiter komprimiert werden. Zunächst sind vor allem Fasern mit dicker Markscheide betroffen. Die verstärkten Symptome in der Nacht und den frühen Morgenstunden sind durch den nachts noch weiter verschlechterten venösen Rückstrom zu erklären. Durch kräftige Bewegungen von Arm und Hand kann die Durchblutung und somit auch die Symptomatik verbessert werden.

In der nächsten Phase entsteht durch eine weiter verschlechterte kapillare Durchblutung ein epi- und später ein endoneurales Ödem. Aufgrund anhaltender Anoxie und resultierenden Endothelschäden kommt es zur Extravasion osmotisch wirksamer Proteine. Durch die Diffusionsbarriere des Perineuriums wird das Ödem jedoch zurückgehalten und breitet sich druckpassiv distal und proximal des Karpalkanals aus. Aufgrund der proximal oberflächlicheren Lage des Nerven, ist hier die Ausbreitung des Ödems stärker als distal. Diese proximale Schwellung ist im Operationssitus als Pseudoneurom vor der Kompressionsstelle deutlich zu sehen. Bleibt der Druck auf den N. medianus weiterhin bestehen, kommt es zu einer Proliferation von Fibroblasten in das Ödem. Die Folge ist eine irreversible interfaszikuläre und epineuronale Fibrose, welche zu einem zunehmenden Nervenfasernuntergang führt. Schließlich schrumpft das fibrosierte Perineurium, die Faszikel und damit der gesamte Nerv. [4]

1.1.1.3 Ätiologie

Bis zu 80% der der Fälle entwickeln sich spontan, ohne dass eine besondere Ursache nachgewiesen werden kann. In diesen Fällen spricht man von einem chronisch idiopathischen Karpaltunnelsyndrom.

In weniger als 10% der Fälle ist das Karpaltunnelsyndrom Folge eines Traumas im Bereich des Handgelenkes, wodurch es zu Knochen- und Weichteilveränderungen im Bereich des Karpaltunnels kommen kann, welche den N. medianus komprimieren.

Etwa 50% der Patienten/Patientinnen mit chronischer Polyarthrits entwickeln im Verlauf der Erkrankung ein Karpaltunnelsyndrom. Bei ca. 10% stellt das Karpaltunnelsyndrom die Erstmanifestation dar. Bei diesen Patienten/Patientinnen kann häufig eine Beugesehen-Synovialitis nachgewiesen werden. Außerdem sind eine Tendovaginositis stenosa (sog. schnellender Finger) und eine Rhizarthrose häufig mit einem Karpaltunnelsyndrom vergesellschaftet.

Endokrine Störungen wie Hyperthyreose, Myxödem, Akromegalie, Hyper- und Hypoparathyreoidismus können aufgrund der Verdickung der Ligamente und einer Ödembildung ein Karpaltunnelsyndrom begünstigen.

Die Inzidenz eines Karpaltunnelsyndroms bei Patienten/Patientinnen mit chronischer Niereninsuffizienz steigt mit zunehmender Dialysedauer auf bis zu 32%. Dabei wird eine urämische Synovialitis der Beugesehnen als pathologischer Hauptfaktor angenommen. Der Shuntarm ist in diesen Fällen meist zuerst betroffen. Als Grund dafür werden hämodynamische Faktoren angenommen.

10% der Patienten/Patientinnen mit Diabetes mellitus leiden an einem Karpaltunnelsyndrom. Eine erhöhte Druckvulnerabilität des Nerven durch eine Polyneuropathie werden als Ursache postuliert. [1]

In der Gravidität tritt das Karpaltunnelsyndrom meist im 3., seltener im 2. oder 1. Trimenon auf. Die Symptome, klingen meist wenige Wochen bis Monate nach der

Entbindung ab. Die Prävalenz wird mit unter einem bis 25% sehr unterschiedlich angegeben. Ursächlich ist eine hormonabhängige Gewichtszunahme und eine vermehrte Flüssigkeitseinlagerung während der Schwangerschaft. Weiters können auch lokale entzündliche Veränderungen (unspezifische Tendosynovitis) eine Rolle spielen. Prädisponierende Faktoren für ein Karpaltunnelsyndrom in der Gravidität sind starke Gewichtszunahme, ausgeprägte Ödeme, KTS-Beschwerden in der Vorgeschichte sowie ein Alter von 30 oder mehr Jahren. [5]

Seltene Ursachen für ein Karpaltunnelsyndrom sind Amyloidose, Mukopolysaccharidose, Gicht, Chondrokalzinose, aber auch Raumforderungen innerhalb des Karpaltunnels wie Ganglien oder Lipome. Auch anatomische Varianten wie ein im Karpaltunnel gelegener Anteil des M. palmaris longus oder eine persistierende A. mediana können seltene Ursachen für ein Karpaltunnelsyndrom sein. [1]

Des Weiteren kann bei Personen, die mit stark vibrierenden Maschinen arbeiten, ein belastungsinduziertes Karpaltunnelsyndrom vorkommen. [1]

1.1.1.4 Symptomatik

Zunächst ist das klinische Bild durch die sogenannte Brachialgia paraesthetica nocturna geprägt. Die Patienten/Patientinnen erwachen einige Stunden nach dem Einschlafen durch ein subjektives Schwellungsgefühl und Parästhesien im Bereich der Hand. Die Finger werden ohne objektivierbare Anzeichen als geschwollen, steif und gespannt empfunden. Durch Massage und Bewegungen der Hand kann eine Erleichterung erzielt werden. Zu Beginn ist die Brachialgie meist nur einseitig ausgeprägt, später kann sie allerdings auch beidseitig auftreten.

Parästhesien und Schmerzen treten vermehrt auch bei fixierter Beuge- oder Streckstellung der Hand auf. Außerdem können manuelle Tätigkeiten wie Stricken, Wringen, repetitive Beuge- und Streckbewegungen im Handgelenk, sowie Arbeiten mit stark vibrierenden Werkzeugen die Beschwerden auslösen.

Oft bleiben die Beschwerden nicht nur auf das sensible Versorgungsgebiet des N. medianus begrenzt, sondern greifen auch auf das ulnare Versorgungsgebiet über. In über einem Drittel der Fälle gehen die Beschwerden über das Handgelenk hinaus und treten auch im Bereich des Oberarmes, der Schulter und des Nackens auf.

Während dieser monosymptomatischen Phase sind die Patienten/Patientinnen tagsüber meist beschwerdefrei. Die monosymptomatische Phase kann sich über Jahre erstrecken, ohne dass es zu sensomotorischen Ausfällen im Versorgungsgebiet des N. medianus kommt.

Erst im fortgeschrittenen Verlauf kommt es zunehmend auch zu Hypästhesien besonders im Bereich der Fingerkuppen von Daumen und Zeigefinger. In der Palma manus ist nur ein bestimmter Sektor betroffen, welcher aber nicht bis zum Handgelenk reicht, da der Ramus palmaris nicht betroffen ist. Dieses Muster der Sensibilitätsausfälle ist sehr charakteristisch für das Karpaltunnelsyndrom und leitet auf die Diagnose hin.

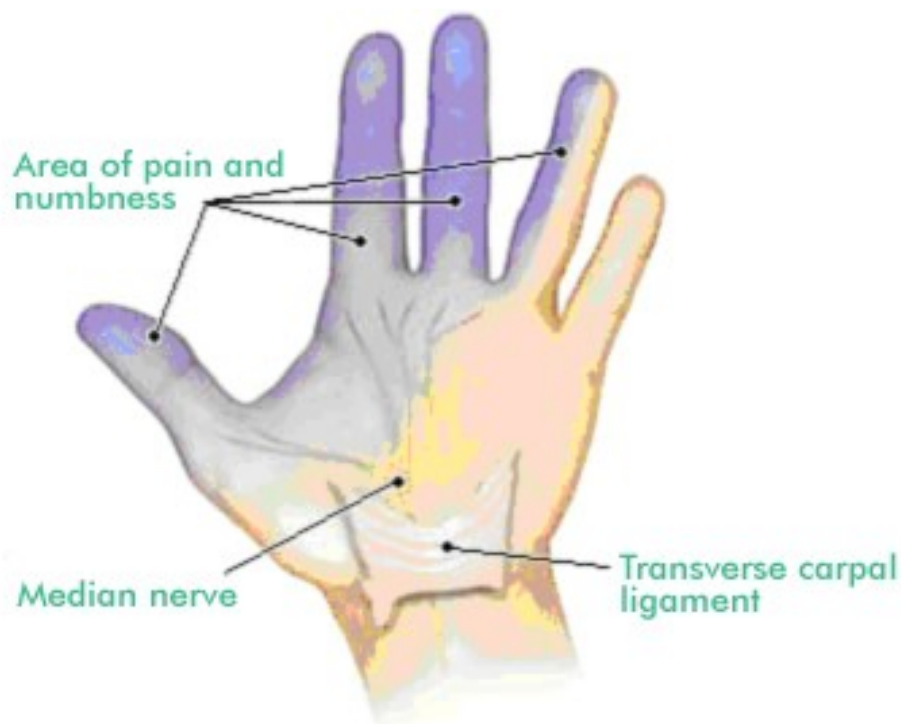


Abbildung 1: Sensibilitätsmuster bei Karpaltunnelsyndrom

Motorische Ausfälle zeigen sich zunächst als Schwäche der Thenarmuskulatur. Später entwickelt sich eine Parese und Atrophie der lateralen Daumenballenmuskulatur (Mm. Abductor pollicis brevis und opponens pollicis). Trophische Störungen der Haut sowie eine Hyp- oder Anhidrose kommen erst in weit fortgeschrittenen Stadien vor.

Der Verlauf der Erkrankung variiert stark und ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Neben chronisch progredienten oder rezidivierenden Verläufen, kommt es auch zu spontanen Besserungen. Besonders bei jungen Patienten/Patientinnen mit kurzer Krankheitsdauer, Reduzierung der manuellen Beanspruchung oder erfolgreicher Therapie einer relevanten Grunderkrankung kann dies der Fall sein. [1,4]

1.1.1.5 Differentialdiagnose des Karpaltunnelsyndroms

Zervikale Radikulopathien im Bereich der Nervenwurzel C6 lösen Sensibilitätsstörungen der radialen 3 Finger volar und dorsal aus. Des Weiteren kann eine Thenaratrophie bei einer Wurzelkompression C7 auftreten. Typischerweise sind in diesem Fall der M. triceps brachii und der mittlere Anteil des M. pectoralis mitbetroffen. Der Tricepssehnenreflex ist dabei herabgesetzt. Die auftretende Sensibilitätsstörung betrifft den Daumen nicht. Eine Daumenballenatrophie kann bei Läsionen der Wurzeln C8 und Th1 vorkommen. [1,6]

Medianusläsionen proximal des Handgelenkes können ein Karpaltunnelsyndrom vortäuschen. Bei der klinischen Untersuchung sollte deshalb stets auch der M. flexor pollicis longus untersucht werden. Dieser bewirkt die Beugung des Daumenendgliedes und liegt proximal des Karpaltunnels. Kann auch hier eine Schwäche festgestellt werden, so handelt es sich um eine Läsion des N. medianus, welche proximal des Karpaltunnels liegt. Der Schädigungsort kann dabei im Bereich des Oberarmes, der Ellenbeuge oder des Unterarmes liegen. [6,7]

Das Pronator-teres-Syndrom beschreibt eine Medianusläsion beim Durchtritt des Nerven durch den M. pronator teres. Klinisch wegweisend ist, dass es hierbei zu Druck- und Ruheschmerz des M. pronator teres kommt und der M. flexor pollicis longus mitbetroffen ist. [7]

Das Interosseus-anterior-Syndrom (Kiloh-Nevin-Syndrom) ist eine isolierte Läsion des N. interosseus anterior, welcher ein rein motorischer Ast des N. medianus ist. Er versorgt die Mm. flexor pollicis longus digitorum profundus I und II, sowie den M. pronator quadratus. Es resultieren Paresen der Endgliedbeugung von Zeigefinger und Daumen. Das Interosseus-anterior-Syndrom tritt bei Kompression des Nervenastes durch ein fibröses Band, posttraumatisch oder im Rahmen einer neuralgischen Schulteramyotrophie auf. [6]

Weitere Differentialdiagnosen können Polyneuropathien, insbesondere Schwerpunktneuropathien, das Thoracic-outlet-Syndrom und das Raynaud-Phänomen sein. [1]

1.1.1.6 Diagnostik

1.1.1.6.1 Klinische Diagnostik

In vielen Fällen ist die Anamnese der bedeutendste Wegweiser in der Diagnostik des Karpaltunnelsyndroms. Als wichtigster Test einer klinischen Untersuchung kommt in der Regel der Phalen-Test zur Anwendung. Bei einem positiven Phalen-Test kommt es zu Schmerzen und Parästhesien bei Dorsalhyperextension der Hand für 30 bis 60 Sekunden. Je nach Autor wird für diesen Test eine Sensivität von 0,66 bis 0,89 und eine Spezifität von 0,48 bis 0,84 angegeben. Ein weiterer klinischer Test ist das Hoffmann-Tinel-Zeichen. Dabei kommt es zu Schmerzen und Parästhesien beim Beklopfen des Karpaltunnels. Beim 1991 von Duncan entwickelten „carpal-compression-test“ wird mittels eines speziellen Gerätes ein definierter Druck von 12 bis 15 psi für 30 Sekunden über dem Karpaltunnel erzeugt. Im positiven Fall kommt es zu Parästhesien im sensiblen

Versorgungsgebiet des N. medianus. In der Literatur werden für diesen Test eine Sensivität von 0,87 und eine Spezifität von 0,9 angegeben. [1,7,8]

In fortgeschrittenen Krankheitsverläufen besteht eine taktile Hypästhesie im Versorgungsgebiet des N. medianus, welche bei stärkerer Ausprägung mit einer Störung der Stereoästhesie einhergeht. Weiters finden sich klinisch eine Schwäche und Atrophie der lateralen Daumenballenmuskulatur. Bei der Untersuchung sollte die Konsistenz des M. abductor pollicis brevis bei maximaler Abduktion des Daumens senkrecht zur Handebene geprüft werden, da die rein motorische Funktionsprüfung unzuverlässig ist. Die Hyp- oder Anhidrose der Fingerkuppen I – III stellt ein Spätsymptom dar. [1]

1.1.1.6.2 Elektrophysiologische Diagnostik

Als „golden standard“ für die Diagnostik eines Karpaltunnelsyndroms gelten die Neurographie und die Elektromyographie mit einer Sensivität von 0,67 bis zu 0,97 für die sensible Nervenleitgeschwindigkeit. [8]

Die neurophysiologische Diagnostik zum zuverlässigen Nachweis eines Karpaltunnelsyndroms umfasst laut der Leitlinie Karpaltunnelsyndrom der Deutschen Gesellschaft für Neurologie 2008 folgende Untersuchungen.

- Sensible Neurographie des N. medianus zwischen Handgelenk und Zeige- oder Mittelfinger unter Mitbeurteilung der Amplitude des sensiblen Nervenaktionspotentials (SNAP). Der validere Messparameter ist die Nervenleitgeschwindigkeit (NLG). Bei normaler Amplitude des SNAP, jedoch verlangsamter sensibler NLG spricht dies nicht gegen ein Karpaltunnelsyndrom. Bei Normalbefunden trotz begründeter klinischer Verdachtsdiagnose empfiehlt sich die ergänzende selektive sensible Neurographie des N. medianus zwischen Hohlhand und Handgelenk.
- Weniger sensitiv ist die Bestimmung der distalen motorischen Latenz (DML) des N. medianus vom Handgelenk zum M. abductor pollicis brevis. Es empfiehlt sich die vergleichende Bestimmung der motorischen Überleitungszeit zum Medianus-innervierten M. lumbricalis II und zum

Ulnaris-innervierten M. interosseus dorsalis II bei identischer Position der Ableitelektroden und gleicher Distanz zur Reizelektrode am N. medianus bzw. N. ulnaris.

- Wegen der Möglichkeit eines beidseitigen Karpaltunnelsyndroms bzw. einer systemischen Affektion des peripheren Nervensystems muss stets eine motorische und sensible Neurographie des ipsilateralen N. ulnaris und des kontralateralen N. medianus erfolgen.
- Wegen der Temperaturabhängigkeit der Impulsleitung ist darauf zu achten, dass die Hauttemperatur der Finger 34°C beträgt. [1]

Die Elektromyographie dient bei der Diagnostik des Karpaltunnelsyndroms vor allem der Abgrenzung gegenüber Wurzelläsionen. Bei einem höhergradigen Karpaltunnelsyndrom ist die Elektromyographie aus dem M. abductor pollicis brevis empfohlen, da das Ausmass der axonalen Schädigung mittels Elektromyographie besser definiert werden kann. [9]

1.1.1.6.3 Bildgebende Diagnostik

Die bildgebende Diagnostik bei Karpaltunnelsyndrom stellt eine komplementäre Methode zur elektrophysiologischen Untersuchung dar. Sie ist bei bestimmten Begleiterkrankungen, Anomalien, aber auch bei Patienten/Patientinnen mit Verdacht auf KTS und unschlüssigen ENG/EMG-Untersuchungsergebnissen indiziert. Dabei können sowohl die Magnetresonanztomographie als auch die hochauflösende Sonographie eingesetzt werden.

Als Ursachen eines Karpaltunnelsyndroms können sonographisch Tenosynovitiden, Ganglien, Amyloidablagerungen, akzessorische Muskeln im Karpaltunnel und eine Thrombose der A. mediana nachgewiesen werden. Außerdem lassen sich anatomische Varianten im Karpaltunnel darstellen.

Als pathologisch wird sonographisch eine Vergrößerung der Nervenquerschnittsfläche in Höhe des Os pisiforme über 11 mm² angesehen. Die Angaben in der Literatur schwanken jedoch zwischen 9 mm² und 15 mm². [1,10]

Ein Problem in der Etablierung der Sonographie als Routineverfahren liegt in der individuellen Untersuchererfahrung und schwierigen Quantifizierung. [11]

1.1.1.7 Therapie

1.1.1.7.1 Konservative Therapie

Eine konservative Therapie des Karpaltunnelsyndroms ist in leichten bis mittelschweren Fällen indiziert. Besonders geeignet ist diese bei jungen Patienten/Patientinnen, bei Schwangeren und Patienten/Patientinnen mit behandelbarer Grunderkrankung und änderbarer manueller Tätigkeit. [1]

Das am häufigsten angewendete konservative Verfahren bei Karpaltunnelsyndrom ist eine Schienenbehandlung. Volare Handgelenksschienen halten das Handgelenk vor allem bei der nächtlichen Hypotonie in Mittelstellung und vermindern so den Druck auf den Karpaltunnel. Eine Studie von Walker et al. zeigte, dass sich nach einer 6-monatigen Schienenbehandlung sowohl das klinische Beschwerdebild als auch die elektrophysiologischen Veränderungen gebessert hatten. Die Veränderungen waren noch deutlicher, wenn die Schiene über 24 Stunden getragen wurde. [12] Als prognostisch günstige Faktoren für den Erfolg einer Schienenbehandlung erwiesen sich laut einer Studie von Gerritsen et al. eine kurze Dauer des Karpaltunnelsyndroms (kürzer als ein Jahr) und möglichst geringe Dysästhesien. [14,11,13]

Kortikosteroide werden in der Behandlung des Karpaltunnelsyndroms sowohl peroral als auch lokal eingesetzt. Eine orale Therapie mit 20 mg Prednisolon morgens über 2 Wochen und danach 10 mg für weitere 2 Wochen kann eine kurzzeitige Besserung der Beschwerden erbringen. [1,11]

Die Injektion von Methylprednisolon in den Karpaltunnel ist ein eher selten angewendetes Verfahren. Es handelt sich hierbei um eine invasive Behandlungsmethode, bei welcher das Risiko einer iatrogenen Schädigung des N. medianus und einer lokalen Infektion besteht. In einer kontrollierten Studie zeigte sich, nach Injektion von 40 mg Methylprednisolon in den proximalen Karpalbereich bei Patienten/Patientinnen mit leichtem KTS, in 77% der Fälle eine deutliche Besserung, die auch nach 6 Monaten noch anhielt. Nach einem Jahr hatten allerdings 63% dieser Patienten/Patientinnen wieder Beschwerden. [11,13,15]

Weitere konservative Therapieverfahren sind die Ultraschallbehandlung, die Cortison-Iontophorese und die Therapie mit niedrigintensivem Rotlichtlaser. Diuretika und NSAR-Therapien sind ohne gesicherte Wirkung. Bei stärkerer Flüssigkeitseinlagerung, zum Beispiel in der Schwangerschaft, kann eine diuretische Therapie dennoch positiv wirken. [1,13]

In der Literatur finden sich weiters konservative Therapiemaßnahmen mit limitierter Evidenz wie die Mobilisierung der Handwurzelknochen, Yoga oder ergonomische Computer-Keyboards. [13]

1.1.1.7.2 Operative Therapie

Chirurgische Verfahren erzielen eine Entlastung des Karpaltunnels mittels Durchtrennung des Ligamentum carpi transversum. Die Indikation zu einer operativen Therapie ist laut der Leitlinie Karpaltunnelsyndrom der Deutschen Gesellschaft für Neurologie 2008 unter folgenden Bedingungen gegeben. [11,1]

- Versagen einer konservativen Therapie nach 8 Wochen.
- Vorliegen funktionell hindernder sensomotorischer Ausfallserscheinungen, wobei die Beeinträchtigung der Stereoästhesie mit konsekutiver manueller Ungeschicklichkeit von Bedeutung ist.
- Als absolute Operationsindikation gelten die seltenen akuten und rasch progredienten Verläufe. [1]

Mittlerweile haben sich zwei operative Verfahren etabliert, welche eine spezielle Expertise des Operateurs voraussetzen. Diese Erfahrung erbringen vor allem Neurochirurgen und Handchirurgen.

Die offene Operation mit Durchtrennung des Retinaculum flexorum ist besonders dann anzuwenden, wenn anatomische Varianten oder lokale Besonderheiten vorliegen. Außerdem ist diese Methode auch bei eingeschränkter Handbeweglichkeit und bei Rezidiveingriffen vorzuziehen. [1]

Die endoskopische Spaltung des Retinaculum flexorum ist bei KTS ohne lokale Veränderungen anzuwenden. Bei dieser Methode resultieren kleinere Narben und eine frühzeitigere Belastbarkeit der Hand ist möglich.

Die klinischen Endergebnisse sind bei beiden Verfahren gleich und auch die Komplikationsraten betragen für beide Techniken 1%. Läsionen der Nn. medianus und ulnaris sowie Läsionen derer Äste kommen bei der endoskopischen Technik häufiger vor. [16,17] und auch die Kosten sind hierbei aufgrund des Instrumentariums höher. [1]

Beide Verfahren können in Lokal-, Regional oder Plexusanästhesie, sowie auch ambulant durchgeführt werden.

Nervenläsionen sind bei beiden Operationsverfahren die häufigste Komplikation. Durchtrennungen des Hauptstammes sind hierbei selten. Endäste im Hohlhandbogen oder Anastomosen zwischen den Nn. medianus und ulnaris sind häufiger betroffen. Durch Druck oder Ischämie kann der N. medianus geschädigt werden, was zu einer reversiblen aber länger andauernden Funktionsstörung und Missempfindungen führen kann.

Weitere nichtneurogene Komplikationen sind Blutungen, lokale Infektionen und Sehnenverletzungen. In ca. 0,5 % der Fälle ist ein unvollständig durchtrenntes Retinaculum Ursache von postoperativ persistierenden Schmerzen. [11]

1.1.2 Quantitative Sensorische Testung

Die Quantitative Sensorische Testung ist eine nicht invasive Methode zur Messung der Sensorik und Schmerzwahrnehmung. [18]

Nerven bestehen aus Fasern unterschiedlichen Durchmessers, wobei die dickeren, myelinisierten Fasern eine schnellere Leitgeschwindigkeit aufweisen. Generell werden in der sensorischen Untergruppe der Nervenfasern drei Fasertypen unterschieden.

- A β -Fasern: Sie sind die dicksten Fasern und vermitteln Berührungsempfinden und leichten Druck. Die zentrale Weiterleitung erfolgt über den Hinterstrang. Sie weisen eine Nervenleitgeschwindigkeit von über 30 m/sec auf.
- A δ -Fasern: Sie sind dünner als die A β -Fasern und vermitteln die Kälteempfindung und die frühe Schmerzempfindung. Die zentrale Weiterleitung erfolgt über den Vorderseitenstrang. Ihre Nervenleitgeschwindigkeit beträgt zwischen 2 und 30 m/sec.
- C-Fasern: Sie sind die langsamsten und unmyelinisierten Fasern. C-Fasern vermitteln die Wärmeempfindung und den Hauptanteil der Schmerzempfindung. Außerdem unterstützen sie die meisten autonomen peripheren Funktionen. Sie haben eine Nervenleitgeschwindigkeit von unter 2 m/sec. [18,19]

Mittels der Quantitativen Sensorischen Testung ist es möglich eine Aussage über die Funktion der verschiedenen Nervenfasern zu treffen und die sensiblen Wahrnehmungsfunktionen in standardisierter Form zu erfassen. Verschiedene Tests ermöglichen es mittels genau definierter und kalibrierter Stimuli die Wahrnehmungsschwellen zu messen. [18] Untersuchungen mittels Nervenleitblockaden konnten verschiedene Modalitäten einzelnen Nervenfasern zuschreiben. [20,21] Unterschiedliche Reize (Vibration, Kälte, Wärme) entsprechen demnach definierten anatomischen Strukturen. Diese können somit

auf ihre Funktion überprüft werden. [18] Durch die Quantitative Sensorische Testung kann die gesamte nozizeptive Achse, vom Rezeptor bis zum Gehirn, beurteilt werden. [18]

Durch die Erhebung der Kälteerkennungsschwelle (CDT, cold detection threshold) wird die Funktion der A δ -Fasern untersucht.

Die Funktion der C-Fasern wird durch die Wärmedetektionsschwelle (WDT, warm detection threshold) und die Hitzeschmerzschwelle (HPT, heat pain threshold) geprüft. Die Hitzeschmerzschwelle kann Auskunft über das Bestehen einer Hitzehyperalgesie als Zeichen einer Sensibilisierung von C-Fasern und A δ -Fasern geben.

Die Vibrationsdetektionsschwelle (VDT, vibration detection threshold) beurteilt die Funktion der A β -Fasern.

Durch die Erhebung der Kälteschmerzschwelle (CPT, cold pain threshold) können Aussagen über das Bestehen einer Kältehyperalgesie gemacht werden. [18]

Die Elektroneurographie und Elektromyographie ermöglichen nur eine Aussage über die Funktion der dicken myelinisierten Nervenfasern. Die Quantitative Sensorische Testung der thermischen Empfindung ist der einzige klinische Test, welcher Aussagen über die quantitative Funktion der dünn- und unmyelinisierten Fasern und deren zentraler Verschaltung treffen kann. [22]

1.1.2.1 Quantitative Sensorische Testung beim Karpaltunnelsyndrom

Da beim Karpaltunnelsyndrom primär dicke myelinisierte Nervenfasern betroffen sind, wird davon ausgegangen, dass die Untersuchung der Vibrationsdetektionsschwelle Auffälligkeiten in diesem Bereich aufdeckt. [19] Tucker et al. (2007) fanden eine generelle Erhöhung der Vibrationsschwelle bei Patienten mit Karpaltunnelsyndrom. [23] Die weitere Literatur gibt an, dass ca. 75% der Patienten/Patientinnen mit Karpaltunnelsyndrom abnormale Vibrationsschwellen aufweisen. [24,25,26]

Einige Studien befassten sich mit der Untersuchung der Funktion von dünn-myelinisierten und unmyelinisierten Nervenfasern bei Patienten/Patientinnen mit Karpaltunnelsyndrom mittels der Quantitativen Sensorischen Testung (Edwards et al. 2005). [27] Lang et al. (1995) fanden heraus, dass sowohl die Wärme- und Kälteerkennungsschwelle, als auch die Schwellen für Hitze- und Kälteschmerz bei Patienten/Patientinnen mit Karpaltunnelsyndrom verglichen mit einer Kontrollgruppe signifikant höher waren. [28] Westerman und Delaney (1991) wiesen, im Vergleich mit gesunden Individuen, an der betroffenen Hand von KTS-Patienten/Patientinnen höhere Kälteschwellen im Bereich der Handfläche, aber nicht im Bereich des Handgelenkes nach. [29] Arendt-Nielsen et al. (1991) fanden verglichen mit einer Kontrollgruppe erhöhte Hitzeschmerzschnellen im dritten, aber nicht im fünften Finger bei KTS-Patienten/Patientinnen. [30]

Obwohl genaue Ätiologie und Pathologie des Karpaltunnelsyndroms immer noch debatiert werden, gibt es Anzeichen, dass beim Karpaltunnelsyndrom auch das nozizeptive System betroffen ist. [31]

Es ist bekannt, dass die meisten peripheren Nervenerkrankungen, auch wenn sie in den Anfangsstadien nur eine Nervenfaserguppe affektieren, im Laufe der Zeit sowohl dicke, myelinisierte als auch dünn-myelinisierte und unmyelinisierte Nervenfasern betreffen. Elektroneurographie und Elektromyographie geben ausschließlich Auskunft über die Funktion dicker, myelinisierter Fasern. Durch die Möglichkeit auch die Funktion dünn-myelinisierter und unmyelinisierter Fasern zu untersuchen, stellt die Quantitative Sensorische Testung eine ergänzende Untersuchungsmöglichkeit zur elektrophysiologischen Diagnostik dar. Die Kombination beider Untersuchungsverfahren ermöglicht eine umfangreiche Evaluation der Funktion peripherer Nerven. [22]

1.2 Fragestellung und Ziel der Untersuchung

In der vorliegenden Untersuchung soll geklärt werden, ob eine Korrelation zwischen den in der Elektrophysiologie zur Sicherung der klinischen Verdachtsdiagnose Karpaltunnelsyndrom erhobenen Befunden und den Befunden der Quantitativen Sensorischen Testung besteht.

Aus den in der Literatur beschriebenen Daten geht hervor, dass eine Korrelation für die Amplituden der sensiblen Neurographie und der Vibrationswahrnehmungsschwellen besteht. Andere mögliche Korrelationen wurden bisher noch nicht beschrieben. In der Untersuchung soll geklärt werden, ob auch noch weitere elektrophysiologische Messwerte mit Befunden der Quantitativen Sensorischen Testung korrelieren.

Weiters soll anhand der Befunde der Quantitativen Sensorischen Testung untersucht werden ob sich Unterschiede zwischen den Geschlechtern und verschiedenen Altersgruppen ergeben.

Die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung dienen der Qualitätssicherung im diagnostischen Procedere bei Karpaltunnelsyndrom.

2 Material und Methoden

2.1 Patienten/ Patientinnen

Nach Erstellung des Untersuchungsdesigns wurden die Befunde von insgesamt 66 Personen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms in die Untersuchung aufgenommen.

2.1.1 Patientenkollektiv

Einschlusskriterien für das Patientenkollektiv waren:

- Klinische Symptome eines Karpaltunnelsyndroms
- Alter über 18 Jahre

Ausschlusskriterien für das Patientenkollektiv waren:

- Diagnostizierte neurologische Erkrankungen
- Suspekte Befunde
- Mangelhafte Compliance

2.2 Untersuchungsort

Als Untersuchungsort dienten die Räumlichkeiten der Neuromuskulären Ambulanz der Neurologischen Universitätsklinik Graz, Auenbruggerplatz 22A, 8036 Graz.

2.3 Untersuchungsablauf

Die Untersuchungen, Elektroneurographie sowie Quantitative Sensorische Testung, wurden im Zeitraum von Oktober 2008 bis Jänner 2009 in der Neuromuskulären Ambulanz der Neurologischen Universitätsklinik Graz durchgeführt und deren Befunde archiviert.

In der elektroneurographischen Untersuchung wurden sämtliche zur Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms notwendigen Befunde, welche nachstehend noch erläutert werden, ermittelt. Die elektroneurographische Untersuchung fand in den Räumlichkeiten der Neuromuskulären Ambulanz der Neurologischen Universitätsklinik Graz statt.

Die Quantitative Sensorische Testung wurde gemäß der Handlungsanweisung des Geräteherstellers durchgeführt. Die Untersuchung fand für jeden/jede Patienten/Patientin unter identischen Bedingungen in einem ruhigen Raum statt. Dieser war mit einer Sitzgelegenheit und den Untersuchungsmaterialien ausgestattet. Die Patienten/Patientinnen hatten während der Untersuchung keine Sicht auf den Computerbildschirm. Während der Untersuchung der Vibrationsdetektionsschwellen und der thermischen Untersuchung gab es keine sichtbaren oder hörbaren Zeichen, welche Vibrationen oder eine Temperaturveränderung anzeigen. Die Quantitative Sensorische Testung dauerte pro getesteter Hand ca. eine halbe Stunde.

Auf Grundlage des bestehenden Datensatzes wurde die Durchführung der vorliegenden Untersuchung konzipiert. Die Befunde des Datensatzes wurden anonymisiert, auf Ein- und Ausschlusskriterien überprüft und zur Auswertung herangezogen.

2.4 Neurographische Untersuchung

Zur Diagnosestellung eines Karpaltunnelsyndroms wurde eine motorische und sensible Neurographie des N. medianus und zum Ausschluss von Veränderungen im Rahmen einer Polyneuropathie auch des ipsilateralen N. ulnaris durchgeführt. [32]

2.4.1 Motorische Neurographie

2.4.1.1 Geräteeinstellungen

Für die motorische Neurographie wurden folgende Geräteeinstellungen verwendet.

Tabelle 1: Geräteeinstellung bei der motorischen Neurographie [33]

Verstärkung	
Latenzmessung	0,2 mV/Div
Amplitudenmessung	1, 2 oder 5 mV/Div (abhängig von der Amplitude)
Ablenkgeschwindigkeit	2ms/Div 5 ms/Div bei langsamer NLG
Filtereinstellung	5 Hz – 10 kHz
Stimulationsparameter	
Reizbreite	0,1 oder 0,2 ms
Reizintensität	Supramaximal

2.4.1.2 Motorische Neurographie des N. medianus

Bei der motorischen Neurographie des N. medianus erfolgt die Ableitung am M. abductor pollicis brevis zwischen Handgelenk und Daumengrundgelenk. Die Referenzelektrode wird im Bereich des distalen Daumens platziert. Die Stimulation erfolgt am Handgelenk zwischen den Sehnen des M. flexor carpi radialis und M. palmaris longus 7 cm proximal der Ableitelektrode und in der Fossa cubitalis medial der Bizepssehne. [32]

2.4.1.3 Motorische Neurographie des N. ulnaris

Die Ableitung erfolgt am M. abductor digiti minimi. Die Referenzelektrode wird im distalen Bereich des kleinen Fingers angebracht. Die Stimulation erfolgt am Handgelenk neben der Sehne des M. flexor carpi ulnaris 7 cm proximal der Ableitelektrode, unterhalb des Ellenbogens 3 - 4 cm distal des Epicondylus lateralis und oberhalb des Ellenbogens 10 cm proximal der vorherigen Stimulationsstelle. [32]

2.4.2 Sensible Neurographie

Die sensible Neurographie wurde sowohl in orthodromer als auch in antidromer Technik durchgeführt.

2.4.2.1 Geräteeinstellungen

Für die sensible Neurographie wurden die folgenden Geräteeinstellungen verwendet.

Tabelle 2: Geräteeinstellung bei der sensiblen Neurographie [32]

Verstärkung	1, 2, 5 oder 10 $\mu\text{V}/\text{Div}$ (abhängig von der Amplitude)
Ablenkgeschwindigkeit	1 oder 2 ms/Div
Filtereinstellung	100 Hz – 10kHz
Stimulationsparameter	
Reizbreite	0,1 oder 0,2 ms
Reizintensität	Supramaximal

2.4.2.2 Sensible Neurographie des N. medianus

Zur antidromen Messung des N. medianus erfolgt die Ableitung mittels Ringelektroden über dem Zeigefinger (Dig. 2) im Abschnitt des Fingergrundgelenkes. Die Referenzelektrode wird 3 – 4 cm distal der Ableitelektrode platziert. Die Stimulation erfolgt am Handgelenk zwischen den Sehnen des M. flexor carpi radialis und M. palmaris longus, proximal der

Handgelenksfalte. Zur orthodromen Stimulation werden die Ableit- und Stimulationselektroden vertauscht. [32]

2.4.2.3 Sensible Neurographie des N. ulnaris

Bei der antidromen Technik wird die Ableitelektrode am fünften Finger, die Referenzelektrode 3 – 4 cm distal der Ableitelektrode platziert. Die Stimulation erfolgt am Handgelenk neben der Sehne des M. flexor carpi ulnaris. Zur orthodromen Stimulation wird wieder die Position der Ableit- und Stimulationselektrode vertauscht. [32]



Abbildung 2: Sensible Neurographie des N. medianus und N. ulnaris

2.4.3 Parameter

Aus den Befunden der Neurographie wurden für die vorliegende Untersuchung die distal-motorische Latenz, die motorische Amplitude, die sensible Amplitude und die sensible Nervenleitgeschwindigkeit für die Korrelationsanalyse herangezogen.

2.5 Quantitative Sensorische Testung

Im Rahmen der Quantitativen Sensorischen Testung wurden die Vibrationsdetektionsschwelle, die thermische Kälte- und Wärmedetektionsschwelle, sowie die Kälte- und Hitzeschmerzschwelle ermittelt.

Die Quantitative Sensorische Testung der Vibrationsschwellen wurde mittels des VSA-3000 Vibratory Sensory Analyzer (Medoc Ltd. Ramat Yishai, Israel) durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein computerunterstütztes Gerät zur Quantifizierung der Funktion dicker A β -Nervenfasern. Zur Ermittlung der Vibrationsdetektionsschwellen wurden die Methode der Limits und die Methode der Levels herangezogen. [18]



Abbildung 3: VSA-3000 Vibratory Sensory Analyzer

Die Ermittlung der thermischen Detektionsschwellen, sowie der Kälte- und Hitzeschmerzschwelle erfolgte durch den Thermal Sensory Analyzer II (TSA II Medoc Ltd. Ramat Yishai, Israel). Der TSA II ist ebenfalls ein computerunterstütztes Gerät mittels welchem sich die Funktion von A δ - und C-Fasern quantifizieren lässt. Kälte- und Wärmereize werden mittels einer Thermode mit Peltier-Element auf die Haut des zu untersuchenden Areals übertragen. [18]



Abbildung 4: Peltier-Elektrode

Beide Geräte verfügen über ein spezielles Softwareprogramm mit dessen Hilfe verschiedene Tests durchgeführt werden können. Die Ergebnisse der Tests werden als Untersuchungsprotokoll in der Datenbank gespeichert.

2.5.1 Bestimmung des Vibrations-Limit (VDT – vibration detection threshold)

Zur Bestimmung des Vibrations-Limits wird die palmare Zeigefingerseite der betroffenen Hand auf das Vibrations-Element des VSA-3000 mit gleichbleibendem Druck aufgelegt. Der VSA-3000 wird dabei so positioniert, dass es dem/der Patienten/Patientin möglich ist den zu untersuchenden Arm bequem auf einem Tisch aufzulegen. Bei der Methode der Vibrations-Limits handelt es sich um einen Test, bei welchem die Vibrationsstärke im Testverlauf kontinuierlich zunimmt und vom/von der Patienten/Patientin gestoppt wird, sobald er/sie den Stimulus verspürt. [22] Der Test umfasst 6 Durchläufe. Der Mittelwert der Ergebnisse wird als Vibrationsdetektionsschwelle gespeichert. [18]

Die praktische Durchführung des Tests beginnt mit einer ausführlichen Erklärung des Testablaufes. Weiters erhält der/die Patient/Patientin ein Bedienelement mit einer Stop-Taste ausgehändigt. Vor dem eigentlichen Test erfolgt eine Probetestung. Der/die Patient/Patientin wird angewiesen, sobald er einen Vibrationsreiz verspürt sofort auf die Stop-Taste zu drücken. [18]

2.5.2 Bestimmung des Vibrations-Level (VDT – vibration detection theshold)

Die Bestimmung des Vibrations-Level erfolgt wie schon zuvor mit dem VSA-3000. Der/die Patient/Patientin bleibt in gleicher Weise positioniert wie bei der Bestimmung des Vibrations-Limits. Bei der Methode der Levels wird zu Beginn der Untersuchung ein Stimulus mit festgelegter Intensität abgegeben, welcher nach jedem Untersuchungsschritt halbiert wird. Ist demnach die erste Antwort auf einen Stimulus negativ, wird der nächste Stimulus zur doppelten Intensität angehoben. Dies erfolgt bis zur ersten positiven Antwort. Danach wird die Intensität in Schritten, welche der Hälfte des Initialstimulus entsprechen, gesenkt. Der Test

endet, wenn die Intensität pro Schritt einen gewissen Wert unterschreitet. Der Durchschnitt der letzten positiven und negativen Antwort wird als Vibrationsdetektionsschwelle gespeichert. [22] Das Testprogramm des VSA-3000 verwendet des weiteren in jedem Testdurchlauf mehrere „Dummies“. Das heißt in jedem Testdurchlauf wird mehrmals kein Stimulus abgegeben, der/die Patient/Patientin aber trotzdem befragt. Dies dient der Überprüfung ob der/die Patient/Patientin während des Testdurchlaufes wahrheitsgemäß antwortet. [22]

Die praktische Durchführung des Tests beginnt wie zuvor mit einer Erklärung des Testablaufes und einer Probetestung. Nach der Übermittlung jedes Vibrationsstimulus wird der/die Patient/Patientin gefragt, ob er/sie einen Stimulus verspürt hat. Entsprechend der Patientenantwort wird vom Untersucher „Ja“ oder „Nein“ über das Bedienelement eingegeben. [18]

2.5.3 Bestimmung der Kälte- und Wärmedetektionsschwelle (CDT – cold detection threshold, WDT – warm detection threshold)

Die Bestimmung der Kälte- und Wärmedetektionsschwelle erfolgt mit dem TSA II Thermal Sensory Analyzer. Dazu wird die palmare Seite des Zeigefingers der betroffenen Hand auf die Thermode aufgelegt. Wiederum wird die Thermode so positioniert, dass der/die Patient/Patientin den Arm bequem auf dem Tisch auflegen kann. Über die Thermode können auf- und absteigende Temperaturreize auf die Haut übertragen werden. Aus Sicherheitsgründen beträgt die Minimaltemperatur der Thermode 0°C und die Maximaltemperatur 50°C. Der durchgeführte Test entspricht der Methode der Limits. Ausgehend von einer Basistemperatur von 32°C sinkt oder steigt die Temperatur kontinuierlich. Der Test wird vom/von der Patienten/Patientin gestoppt, sobald er/sie einen Temperaturunterschied fühlt. Der Test für die Bestimmung der Kälte- und Wärmedetektionsschwelle umfasst je 4 Testdurchläufe. Als durchschnittliche Schwelle wird der Mittelwert aus den Testdurchläufen gespeichert. [18]

Vor der Untersuchung wird der Testablauf genau erklärt und eine Probetestung durchgeführt. Zu Beginn der Untersuchung werden die Detektionsschwellen für Kältereize gemessen. Die Thermode kühlt sich hierbei ausgehend von 32°C mit

einer Geschwindigkeit von 1°C pro Sekunde ab. Der/die Patient/Patientin wird angewiesen sofort die Stop-Taste des Bedienelementes zu drücken, wenn er/sie eine Veränderung der Temperatur nach kalt oder kühler verspürt. Im Anschluss an jeden Testdurchlauf erwärmt sich die Thermode wieder bis zur Basistemperatur.

Danach folgt die Bestimmung der Detektionsschwelle für Wärmereize. Hierbei erwärmt sich die Thermode mit einer Geschwindigkeit von 1°C pro Sekunde, ausgehend von der Basistemperatur. Der Patient/Patientin wird angewiesen sofort die Stop-Taste des Bedienelementes zu drücken, wenn er/sie eine Veränderung der Temperatur nach warm oder wärmer verspürt. Im Anschluss kühlt sich die Thermode wieder bis zur Basistemperatur von 32°C ab. [18]

2.5.4 Bestimmung der Kälte- und Hitzeschmerzschwelle (CPT – cold pain threshold, HPT – heat pain threshold)

Im Anschluss folgt im gleichen Testdurchlauf die Bestimmung der Kälte- und Hitzeschmerzschwelle. Zu Beginn wird die Kälteschmerzschwelle gemessen. Hierbei kühlt sich die Thermode ausgehend von der Basistemperatur mit einer Geschwindigkeit von 1°C pro Sekunde ab. Der/die Patient/Patientin wird angewiesen die Stop-Taste des Bedienelementes zu drücken, sobald zu der Empfindung von Kälte eine zusätzliche Schmerzempfindung zu verspüren ist. Kommt es während des Testdurchlaufs zu keiner Schmerzempfindung soll die Stop-Taste nicht gedrückt werden. Wird der Testdurchlauf durch den/die Patienten/Patientin nicht unterbrochen, kühlt sich die Thermode bis zu einer Minimaltemperatur von 0°C ab, welche in diesem Fall gespeichert wird. Im Anschluss wärmt sich die Thermode wieder bis zur Basistemperatur auf. Der Test umfasst drei Durchläufe deren Mittel als durchschnittliche Kälteschmerzschwelle gespeichert wird. [18]

Weiters wird die Hitzeschmerzschwelle gemessen. Ausgehend von der Basistemperatur erwärmt sich die Thermode hierbei wieder mit einer Geschwindigkeit von 1°C pro Sekunde. Der/die Patient/Patientin wird angewiesen die Stop-Taste des Bedienelementes zu drücken, sobald zu der Empfindung von Hitze eine zusätzliche Schmerzempfindung verspürt wird. Kommt es während des

Testdurchlaufes zu keiner Schmerzempfindung soll die Stop-Taste nicht gedrückt werden. In diesem Fall erhitzt sich die Thermode bis zur Maximaltemperatur von 50°C, welche gespeichert wird. Nach jedem Testdurchlauf kühlt sich die Thermode wieder bis zur Basistemperatur ab. Auch dieser Test umfasst drei Durchläufe deren Mittel als durchschnittliche Hitzeschmerzschwelle gespeichert wird. [18]

2.6 Auswertung der Messungen

Die Erhebung und Aufzeichnung der Daten der Quantitativen Sensorischen Testung und der Neurographie erfolgte computergesteuert durch die Software der Untersuchungsgeräte. Im Untersuchungsprotokoll der Quantitativen Sensorischen Testung wurden die Mittelwerte der einzelnen Tests erfasst und kurze Notizen zu Krankheitsdauer und Symptomatik gemacht.

Für jeden/jede Patienten/Patientin wurden die Mittelwerte der Vibrations-Limits, Vibrations-Levels, Kälteerkennungsschwelle, Wärmedetektionsschwelle, Kälteschmerzschwelle, Hitzeschmerzschwelle, sowie die distal-motorische Latenz, motorische Amplitude, sensible Amplitude und sensible Nervenleitgeschwindigkeit erfasst. Weiters wurde das Geburtsjahr sowie die untersuchte Hand eingegeben. Sämtliche Daten wurden mittels Windows-Excel erfasst und bearbeitet.

Aus den Patientendaten wurde die Gesamtzahl der Messungen und deren Verteilung auf linke, rechte und beide Hände berechnet. Das Gesamtpatientenkollektiv wurde nach Geschlechtern und Altersgruppen getrennt und für das Gesamtkollektiv, die Geschlechtergruppen und die Altersgruppen das mittlere Alter berechnet.

Weiters wurde im Gesamtpatientenkollektiv sowie in den Geschlechter- und Altersgruppen ermittelt bei wievielen Personen ein Karpaltunnelsyndrom mittels Elektrophysiologie bestätigt werden konnte. Als obere Normgrenze wurde eine distal-motorische Latenz von 4,2 ms festgelegt. [32]

Sämtliche Parameter der Quantitativen Sensorischen Testung wurden zu einzelnen Parametern der Neurographie mittels Pearson-Korrelationsanalyse in Korrelation gesetzt. Dies erfolgte für das Gesamtkollektiv sowie für die Geschlechtergruppen und Altersgruppen.

Außerdem wurden für die einzelnen Parameter der Quantitativen Sensorischen Testung die Mediane für das Gesamtkollektiv, die Geschlechtergruppen und die Altersgruppen berechnet und miteinander verglichen. Für die Kollektive wurde

weitere die Streuung (Range) berechnet. Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurden auch die 0,25- und 0,75-Quantile berechnet.

Letztlich wurde aus dem Gesamtdatensatz jeweils ein Beispiel für einen/eine Patienten/Patientin mit normaler Nervenleitgeschwindigkeit, manifestem Karpaltunnelsyndrom und ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom ausgewählt und mit den Befunden der Quantitativen Sensorischen Testung näher erläutert.

3 Ergebnisse – Resultate

3.1 Patienten/Patientinnen

Insgesamt wurden 95 Messungen (Elektroneurographie und Quantitative Sensorische Testung) von 66 Personen analysiert. Von diesen 95 Messungen stammen 50 Messungen (53%) von rechten Händen und 45 Messungen (47%) von linken Händen. 29 Patienten/Patientinnen wurden beidseits gemessen. Dies entspricht 44% des Patientenkollektives. Bei 61 Händen (64%) konnte mittels Elektroneurographie ein Karpaltunnelsyndrom festgestellt werden. An 34 Händen (36%) konnte die Diagnose mittels Elektroneurographie nicht bestätigt werden. Das mittlere Alter der Patienten/Patientinnen beträgt 53,2 Jahre mit einer Standardabweichung von 14,8 Jahren.

3.2 Geschlechtergruppen

Das Patientenkollektiv wurde in Geschlechtergruppen geteilt.

3.2.1 Frauen

Die Gruppe der Frauen besteht aus 42 Patientinnen und 63 Messungen. Davon stammen 31 Messungen (49 %) von rechten Händen und 32 Messungen (51%) von linken Händen. 21 Patientinnen wurden beidseits vermessen, was 50% der Patientinnen in der Frauengruppe entspricht. An 39 Händen (62%) konnte ein Karpaltunnelsyndrom elektroneurographisch diagnostiziert werden. An 24 Händen (38%) konnte die Diagnose mittels Elektroneurographie nicht bestätigt werden. Das mittlere Alter der Frauen beträgt 55,6 Jahre mit einer Standardabweichung von 15,1 Jahren.

3.2.2 Männer

Die Gruppe der Männer besteht aus 24 Patienten und 32 Messungen. Von den 32 Messungen stammen 19 Messungen (59%) von rechten Händen und 13 Messungen (41%) von linken Händen. 8 Patienten wurden beidseits vermessen. Dies entspricht 33% der Patienten der Männergruppe. 22 Messungen (69%) bestätigten elektroneurographisch ein Karpaltunnelsyndrom. Bei 10 Messungen (31%) konnte die Diagnose elektroneurographisch nicht gestellt werden. Das mittlere Alter dieser Gruppe beträgt 49 Jahre mit einer Standardabweichung von 13,6 Jahren.

3.3 Altersgruppen

Aus dem Gesamtkollektiv wurden weiters drei Altersgruppen definiert und analysiert. Die erste Altersgruppe enthält die Patienten/Patientinnen im Alter zwischen 25 und 45 Jahren. Die zweite Gruppe die Patienten/Patientinnen im Alter zwischen 45 und 65 Jahren und die dritte Gruppe die Patienten/Patientinnen zwischen 65 und 86 Jahren.

3.3.1 Altersgruppe 25 bis 45 Jahre

Die Altersgruppe 25 bis 45 Jahre besteht aus 20 Personen und insgesamt 28 Messungen. Davon sind 11 Frauen und 9 Männer. 15 Messungen (54%) stammen von rechten Händen und 13 Messungen (46%) von linken Händen. 8 Patienten/Patientinnen (40%) wurden beidseits vermessen. An 15 Händen (54%) konnte die Diagnose mittels Elektroneurographie gestellt werden. An 13 Händen (46%) konnte elektroneurographisch kein Karpaltunnelsyndrom diagnostiziert werden. Das mittlere Alter in dieser Gruppe beträgt 36,6 Jahre mit einer Standardabweichung von 6 Jahren.

3.3.2 Altersgruppe 45 bis 65 Jahre

Die Altersgruppe 45 bis 65 Jahre besteht aus 30 Personen und 42 Messungen. In der Gruppe sind 20 Frauen und 10 Männer. 22 Messungen (52%) stammen von rechten Händen und 20 Messungen (48%) von linken Händen. 12 Personen wurden beidseits vermessen. Dies entspricht 40% der gesamten Patienten/Patientinnen dieser Gruppe. An 26 Händen (62%) konnte ein Karpaltunnelsyndrom elektroneurographisch nachgewiesen werden. An 16 Händen (38%) konnte die Diagnose mittels Elektroneurographie nicht bestätigt werden. Das mittlere Alter der Gruppe beträgt 54,2 Jahre mit einer Standardabweichung von 5,3 Jahren.

3.3.3 Altersgruppe 65 bis 86 Jahre

Die Altersgruppe 65 bis 86 Jahre besteht aus 16 Personen und 25 Messungen. In dieser Gruppe sind 11 Frauen und 5 Männer. 13 Messungen (52%) stammen von rechten Händen und 12 Messungen (48%) von linken Händen. In dieser Gruppe wurden 9 Personen beidseits vermessen. Dies entspricht 56% der Personen in dieser Gruppe. An 20 Händen (80%) konnte die Diagnose elektroneurographisch gesichert werden. An 5 Händen (20%) konnte elektroneurographisch kein Karpaltunnelsyndrom festgestellt werden. Das mittlere Alter der Gruppe beträgt 71,8 Jahre mit einer Standardabweichung von 6,4 Jahren.

3.4 Korrelationsanalyse

In der Korrelationsanalyse wurden sämtliche Parameter der Quantitativen Sensorischen Testung (Vibrations-Limits, Vibrations-Levels, Kälteerkennungsschwelle - CDT, Wärmedetektionsschwelle - WDT, Kälteschmerzschwelle - CPT, Hitzeschmerzschwelle - HPT) zu einzelnen Parametern der Neurographie (distal-motorische Latenz, motorische Amplitude, sensible Amplitude, sensible Nervenleitgeschwindigkeit des N. medianus) mittels Pearson-Korrelationsanalyse in Korrelation gesetzt.

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ist ein dimensionsloses Maß für den Grad des linearen Zusammenhanges. Er kann Werte von -1 bis +1 annehmen. [33] Eine negative Korrelation bedeutet einen gegenläufigen Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen. Steigt das eine Merkmal, fällt das andere ab und umgekehrt. Eine positive Korrelation bedeutet einen gleichsinnigen Zusammenhang zwischen den beiden Merkmalen. Steigt ein Merkmal, so steigt auch das andere bzw. fällt ein Merkmal, fällt auch das andere und umgekehrt. [34] Für den Betrag des Koeffizienten gilt folgende Interpretationsrichtlinie:

- 0 kein linearer Zusammenhang
- 0-0,5 schwach linearer Zusammenhang
- 0,5-0,8 mittlerer linearer Zusammenhang
- 0,8-1 starker linearer Zusammenhang
- 1 perfekter linearer Zusammenhang [35]

3.4.1 Korrelationsanalyse des Gesamtpatientenkollektives

In der Korrelationsanalyse des Gesamtpatientenkollektives konnten nur schwache bis keine Korrelationen zwischen den Parametern der Elektroneurographie und der Quantitativen Sensorischen Testung ermittelt werden.

Tabelle 3: Korrelationsanalyse des Gesamtpatientenkollektives

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	-0,16	0,03	-0,01	0,06	-0,03	0,08
motorische Amplitude sensible	-0,35	-0,22	0,37	-0,22	-0,01	-0,18
Amplitude sensible	-0,32	-0,30	0,26	-0,41	0,08	-0,22
NLG	-0,35	-0,21	0,21	-0,15	0,12	-0,12

3.4.2 Korrelationsanalyse der Gruppe der Frauen

In der Korrelationsanalyse der Gruppe der Frauen konnten nur schwache bis keine Korrelationen zwischen den Parametern der Elektroneurographie und der Quantitativen Sensorischen Testung ermittelt werden.

Tabelle 4: Korrelationsanalyse der Gruppe der Frauen

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	-0,11	0,01	-0,11	0,18	-0,17	0,25
motorische Amplitude sensible	-0,40	-0,40	0,31	-0,29	0,09	-0,31
Amplitude sensible	-0,39	-0,35	0,26	-0,43	0,07	-0,22
NLG	-0,34	-0,27	0,09	-0,02	0,14	-0,16

3.4.3 Korrelationsanalyse der Gruppe der Männer

In der Korrelationsanalyse der Gruppe der Männer konnte eine mittlere positive Korrelation zwischen der Kälteerkennungsschwelle (CDT) und der motorischen Amplitude ermittelt werden. Ansonsten konnten nur schwache bis keine Korrelationen ermittelt werden.

Tabelle 5: Korrelationsanalyse der Gruppe der Männer

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	0,11	0,18	-0,32	0,02	0,14	-0,20
motorische Amplitude	-0,02	-0,02	0,52	-0,13	-0,23	0,14
sensible Amplitude	-0,31	-0,41	0,23	-0,29	-0,04	-0,03
NLG	-0,25	-0,39	0,12	-0,11	0,02	0,04

3.4.4 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre

In der Korrelationsanalyse der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnten nur schwache bis keine Korrelationen zwischen Parametern der Elektroneurographie und der Quantitativen Sensorischen Testung ermittelt werden.

Tabelle 6: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	0,25	0,12	-0,24	0,15	-0,03	0,12
motorische Amplitude	0,01	0,19	0,44	-0,29	0,03	-0,23
sensible Amplitude	-0,37	-0,28	0,27	-0,40	0,00	-0,07
NLG	-0,45	-0,19	-0,04	-0,02	-0,08	-0,08

3.4.5 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre

In der Korrelationsanalyse der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre konnten nur schwache bis keine Korrelationen zwischen Parametern der Elektroneurographie und der Quantitativen Sensorischen Testung ermittelt werden.

Tabelle 7: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	0,10	0,13	-0,27	0,00	0,04	0,06
motorische Amplitude sensible	-0,05	-0,13	0,12	0,01	-0,11	-0,12
Amplitude sensible	-0,14	-0,19	0,25	-0,20	0,27	-0,37
NLG	-0,08	-0,16	0,04	0,17	-0,03	-0,02

3.4.6 Korrelationsanalyse der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre

In der Korrelationsanalyse der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre konnte eine mittlere negative Korrelation zwischen dem Vibrations-Limit und der distal-motorischen Latenz (DML) ermittelt werden. Ansonsten konnten nur schwache bis keine Korrelationen ermittelt werden.

Tabelle 8: Korrelationsanalyse der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre

	Vibrations Limit	Vibrations Level	CDT	WDT	CPT	HPT
DML	-0,64	-0,25	0,27	0,07	-0,18	0,23
motorische Amplitude sensible	-0,44	-0,14	0,39	0,03	0,15	-0,19
Amplitude sensible	-0,16	-0,05	0,07	-0,35	0,14	-0,20
NLG	-0,37	-0,07	0,24	-0,24	0,30	-0,20

3.5 Vergleich der Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung

3.5.1 Vergleich des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.1 Vergleich der Vibrations-Limits

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für das Vibrations-Limit ein Median von $1,9 \mu$, und eine Streuung (Range) von 11μ errechnet werden.

Der Median der Gruppe der Männer beträgt $1,9 \mu$ bei einer Streuung von $5,7 \mu$.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median $1,8 \mu$ bei einer Streuung von $10,9 \mu$.

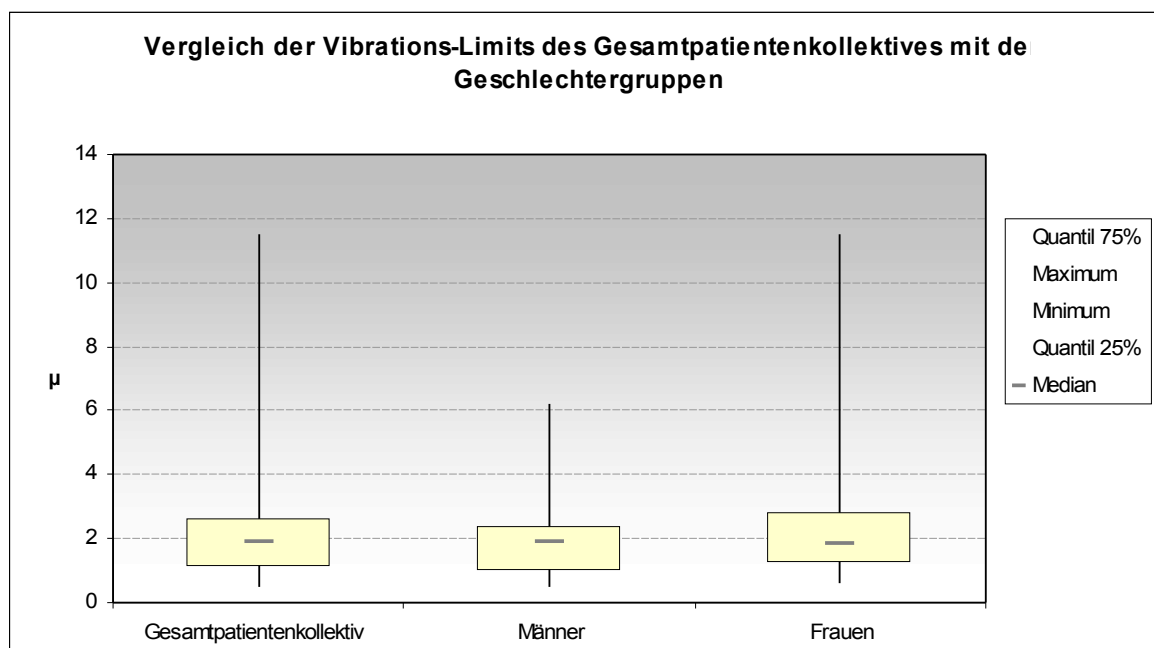


Abbildung 5: Vergleich der Vibrations-Limits des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.2 Vergleich der Vibrations-Levels

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für das Vibrations-Level ein Median von $0,8 \mu$ und eine Streuung von $8,8 \mu$ errechnet werden.

In der Gruppe der Männer beträgt der Median $0,9 \mu$ bei einer Streuung von $3,1 \mu$.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median $0,7 \mu$ bei einer Streuung von $8,8 \mu$.

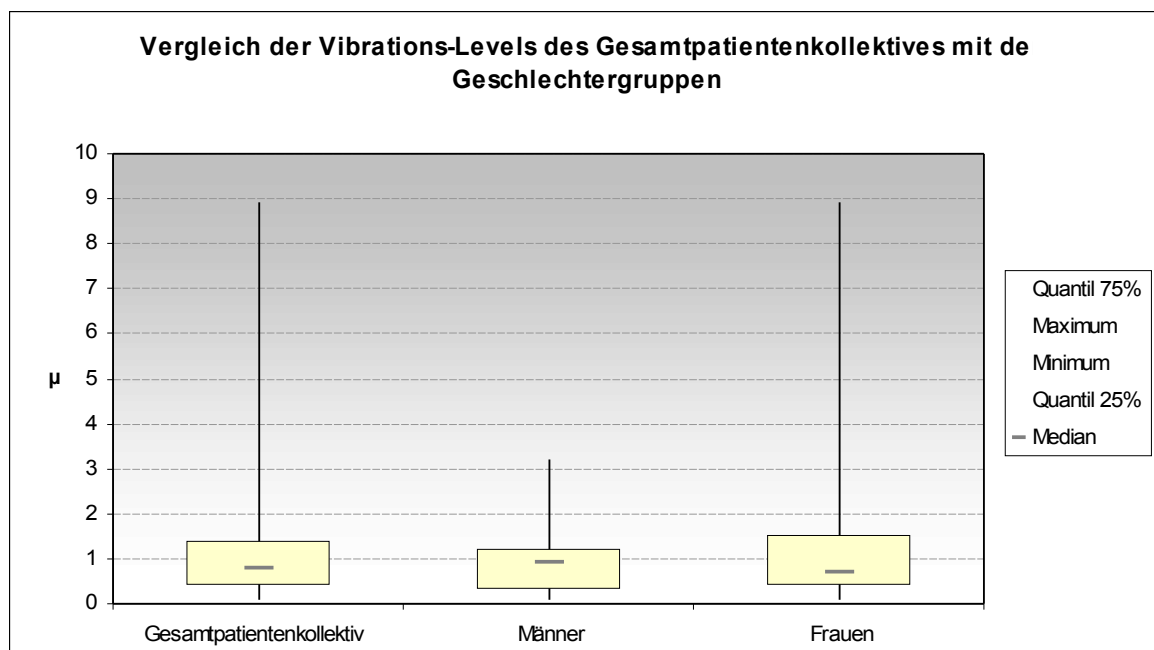


Abbildung 6: Vergleich der Vibrations-Levels des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.3 Vergleich der Kälteerkennungsschwelle

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für die Kälteerkennungsschwelle ein Median von 27,5 °C und eine Streuung von 28 °C errechnet werden.

In der Gruppe der Männer beträgt der Median 26,8 °C bei einer Streuung von 10,4 °C.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median 28,1 °C bei einer Streuung von 28°C.

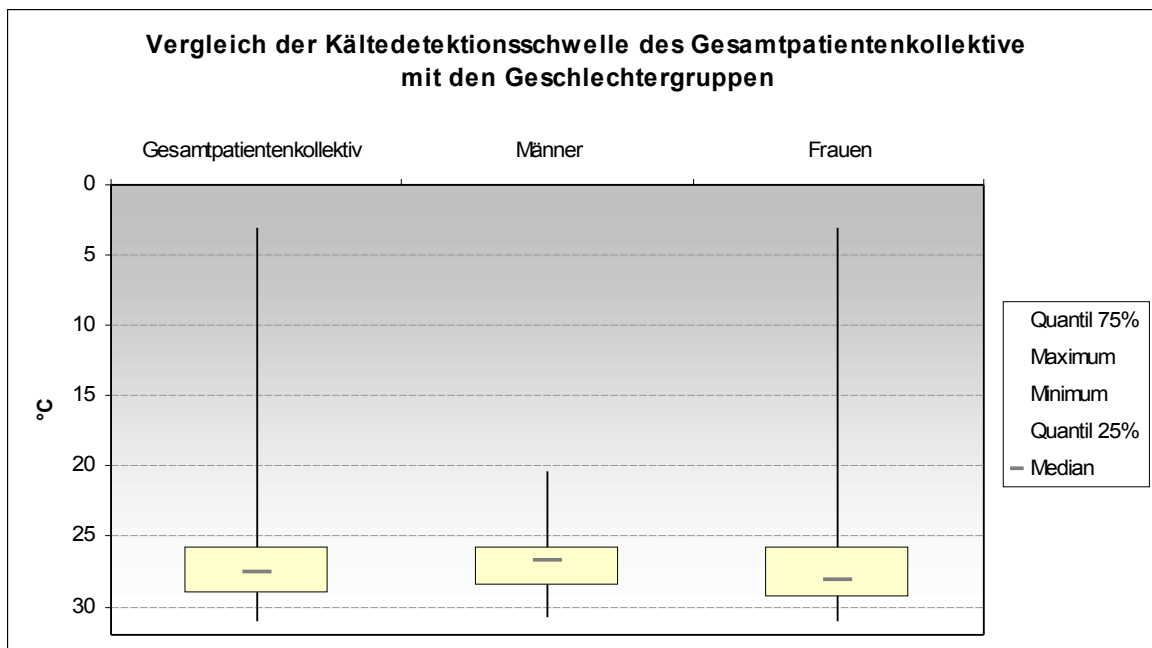


Abbildung 7: Vergleich der Kälteerkennungsschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.4 Vergleich der Wärmedetektionsschwelle

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für die Wärmedetektionsschwelle ein Median von 37 °C und eine Streuung von 15,3 °C errechnet werden.

In der Gruppe der Männer beträgt der Median 38,5 °C bei einer Streuung von 14,1 °C.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median 36,6 °C bei einer Streuung von 15,3 °C.

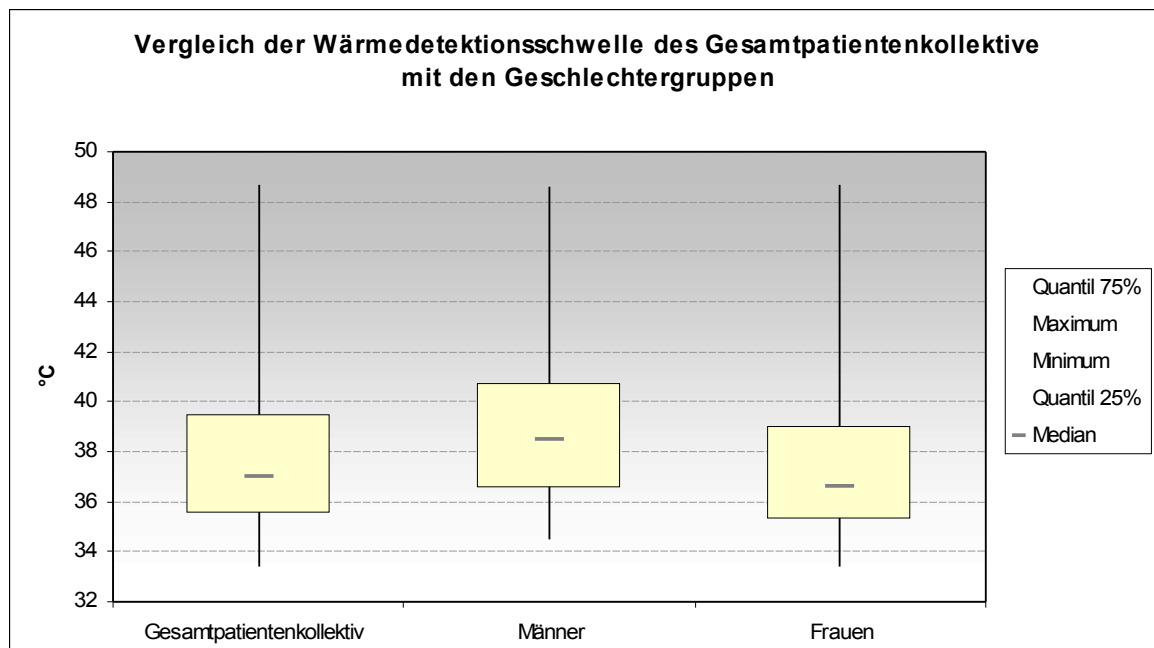


Abbildung 8: Vergleich der Wärmedetektionsschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.5 Vergleich der Kälteschmerzschwelle

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für die Kälteschmerzschwelle ein Median von 4 °C und eine Streuung von 27,4 °C errechnet werden.

In der Gruppe der Männer beträgt der Median 0 °C bei einer Streuung von 27,4 °C.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median 4,8 °C bei einer Streuung von 26,8 °C.

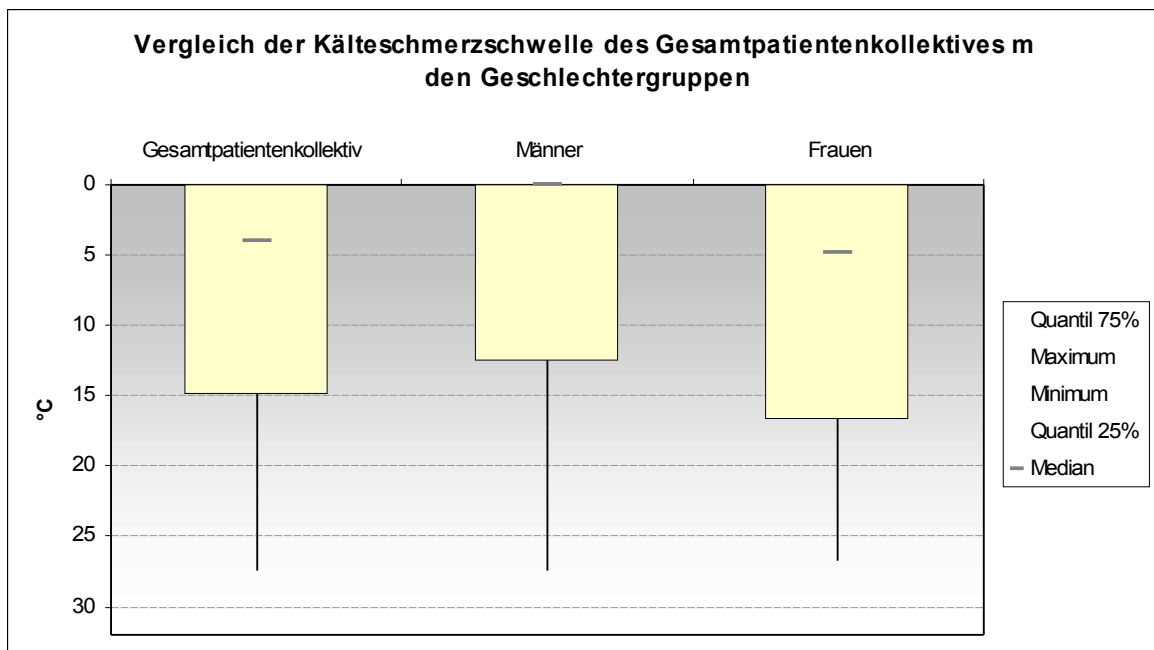


Abbildung 9: Vergleich der Kälteschmerzschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.1.6 Vergleich der Hitzeschmerzschwelle

Im Gesamtpatientenkollektiv konnte für die Hitzeschmerzschwelle ein Median von 49,2 °C und eine Streuung von 13,8 °C errechnet werden.

In der Gruppe der Männer beträgt der Median 50 °C bei einer Streuung von 11,3 °C.

In der Gruppe der Frauen beträgt der Median 49 °C bei einer Streuung von 13,8 °C.

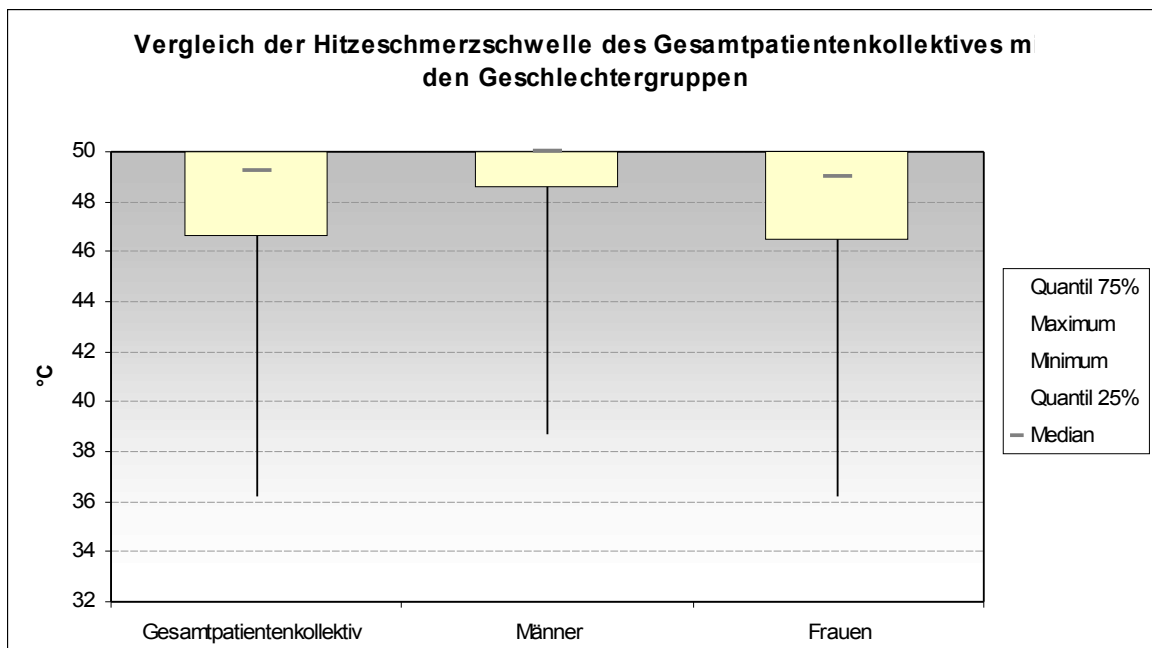


Abbildung 10: Vergleich der Hitzeschmerzschwelle des Gesamtpatientenkollektives mit den Geschlechtergruppen

3.5.2 Vergleich der Altersgruppen

3.5.2.1 Vergleich der Vibrations-Limits

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für das Vibrations-Limit ein Median von $1,2 \mu$ errechnet werden. Die Streuung beträgt $2,4 \mu$.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median $1,7 \mu$ bei einer Streuung von $5,2 \mu$.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median $2,9 \mu$ bei einer Streuung von $10,9 \mu$.

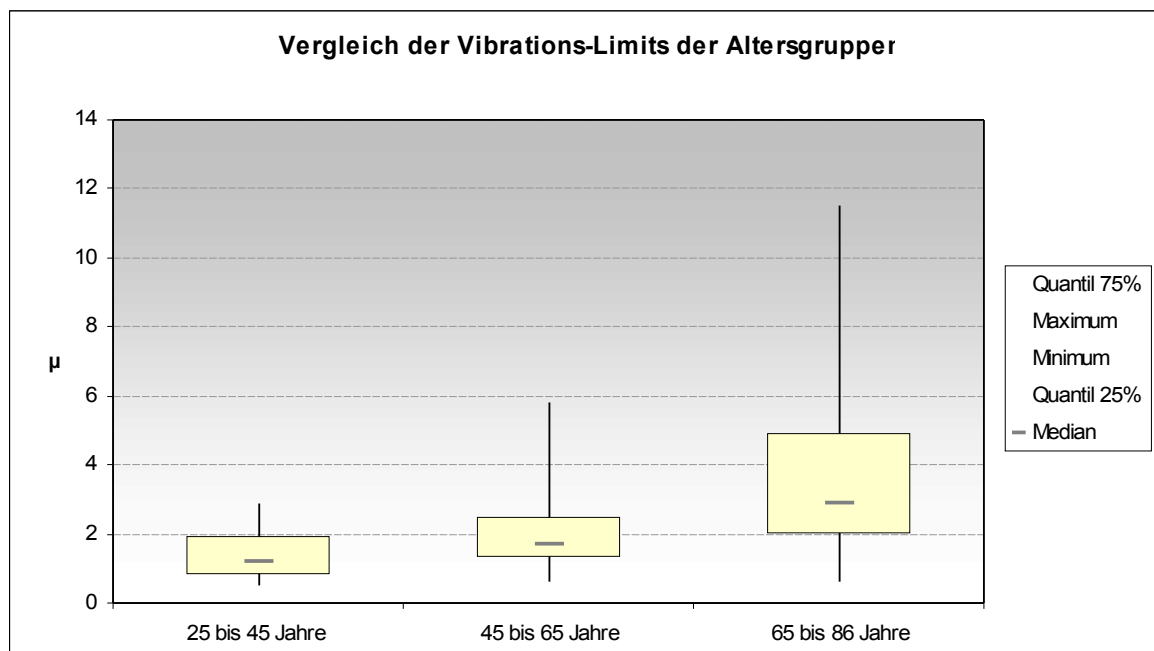


Abbildung 11: Vergleich der Vibrations-Limits der Altersgruppen

3.5.2.2 Vergleich der Vibrations-Levels

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für das Vibrations-Level ein Median von $0,4 \mu$ errechnet werden. Die Streuung beträgt $2,4 \mu$.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median $0,6 \mu$ bei einer Streuung von $8,7 \mu$.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median $1,9 \mu$ bei einer Streuung von $5,3 \mu$.

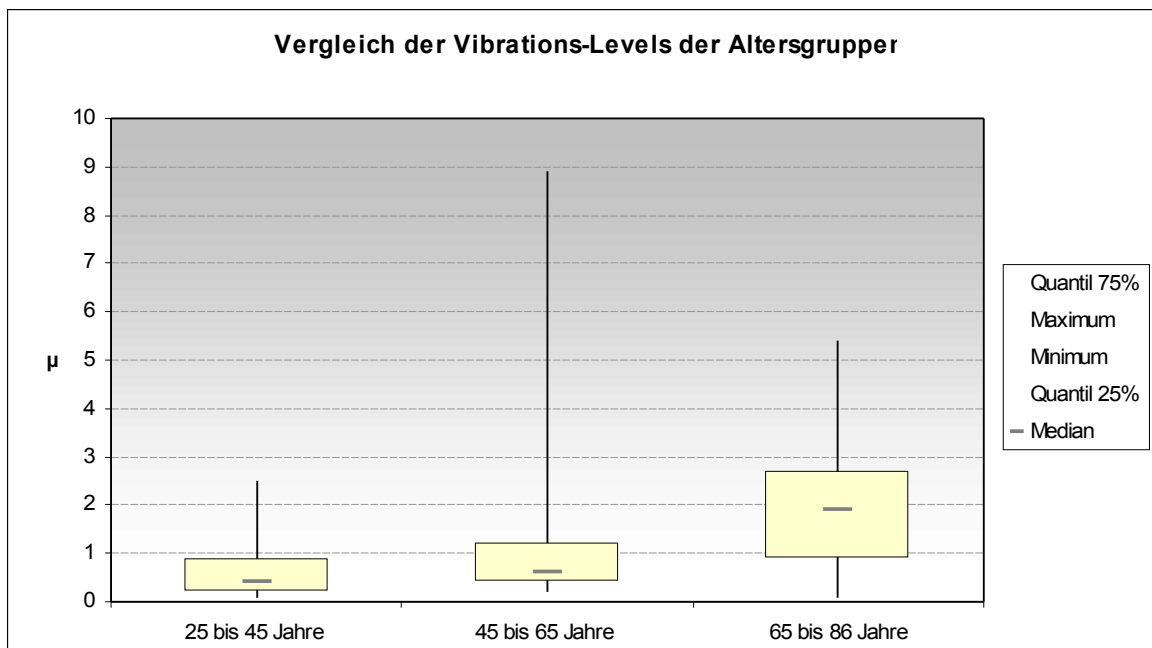


Abbildung 12: Vergleich der Vibrations-Levels der Altersgruppen

3.5.2.3 Vergleich der Kälteerkennungsschwelle

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für die Kälteerkennungsschwelle ein Median von 28,6 °C errechnet werden. Die Streuung beträgt 10,3 °C.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median 27,5 °C bei einer Streuung von 9,6 °C.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median 26,2 °C bei einer Streuung von 26,9 °C.

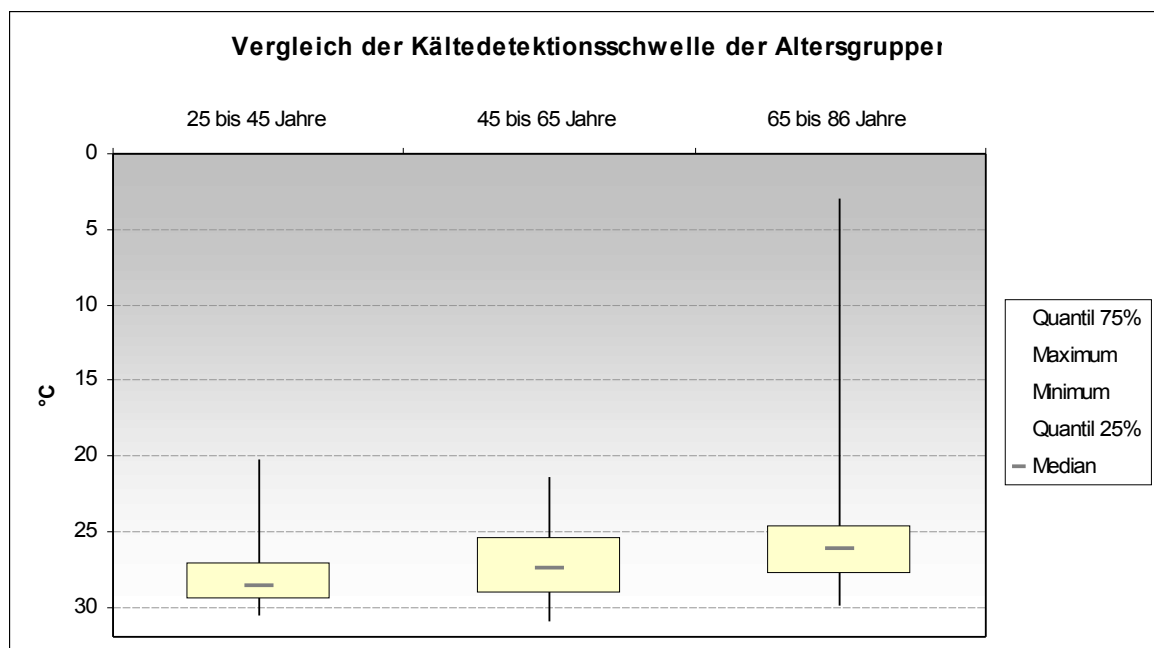


Abbildung 13: Vergleich der Kälteerkennungsschwelle der Altersgruppen

3.5.2.4 Vergleich der Wärmedetektionsschwelle

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für die Wärmedetektionsschwelle ein Median von 35,5 °C errechnet werden. Die Streuung beträgt 5,7 °C.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median 37,3 °C bei einer Streuung von 11,9 °C.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median 39,5 °C bei einer Streuung von 13,1 °C.

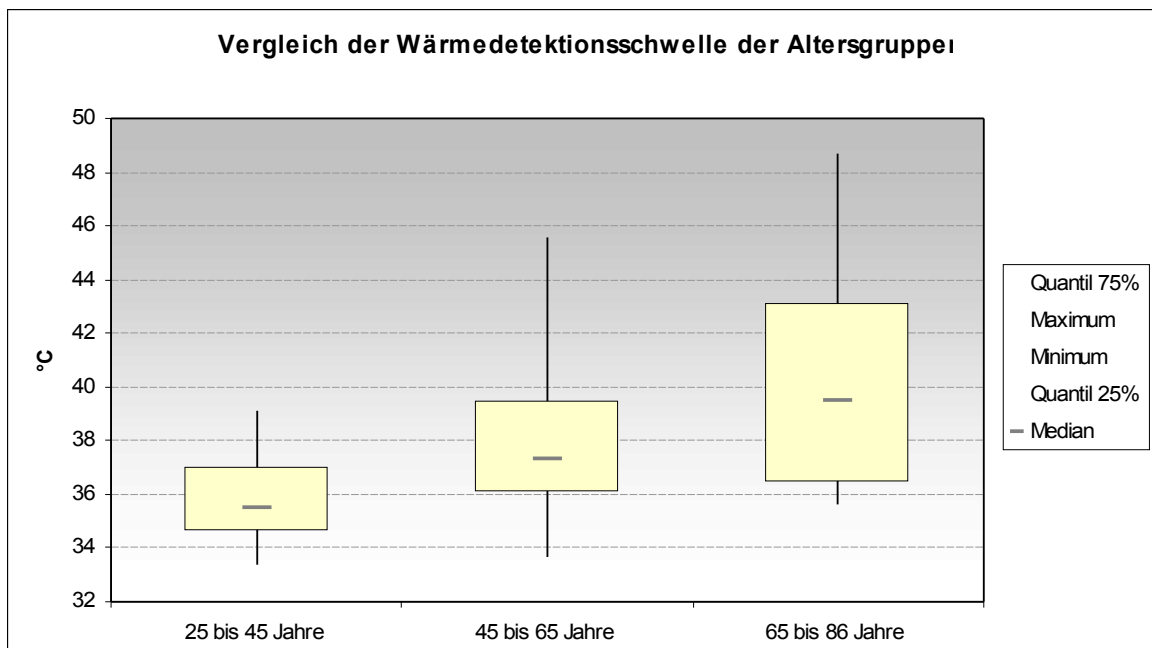


Abbildung 14: Vergleich der Wärmedetektionsschwelle der Altersgruppen

3.5.2.5 Vergleich der Kälteschmerzschwelle

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für die Kälteschmerzschwelle ein Median von 0,6 °C errechnet werden. Die Streuung beträgt 26,1 °C.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median 6,4 °C bei einer Streuung von 25,9 °C.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median 0 °C bei einer Streuung von 27,4 °C.

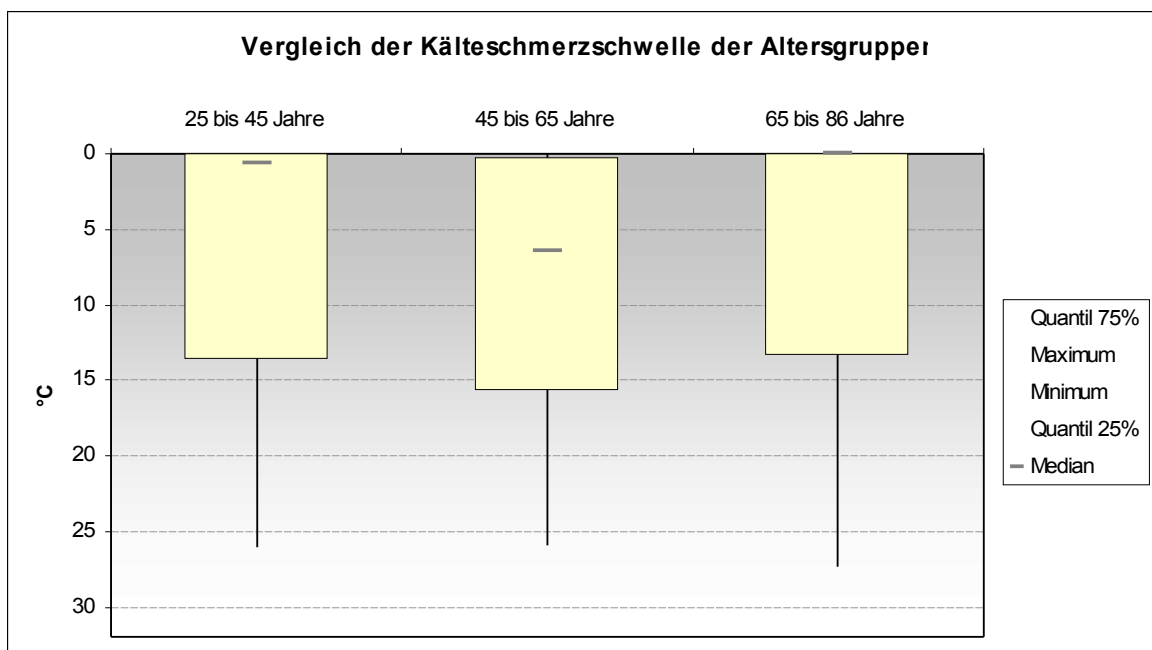


Abbildung 15: Vergleich der Kälteschmerzschwelle der Altersgruppen

3.5.2.6 Vergleich der Hitzeschmerzschwelle

In der Altersgruppe 25 bis 45 Jahre konnte für die Hitzeschmerzschwelle ein Median von 49,6 °C errechnet werden. Die Streuung beträgt 10,7 °C.

In der Altersgruppe 45 bis 65 Jahre beträgt der Median 47,6 °C bei einer Streuung von 13,8 °C.

In der Altersgruppe 65 bis 86 Jahre beträgt der Median 50 °C bei einer Streuung von 9,6 °C.

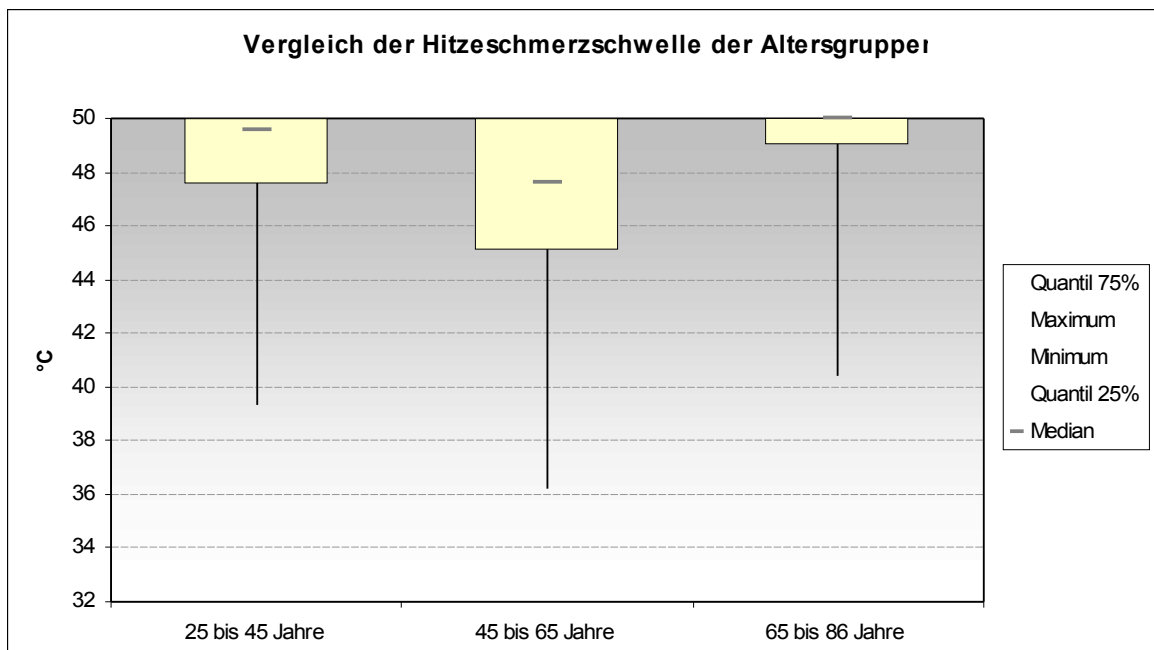


Abbildung 16: Vergleich der Hitzeschmerzschwelle der Altersgruppen

3.6 Ausgewählte Beispiele

3.6.1 Patient/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Der/die Patient/Patientin ist 76 Jahre alt und leidet anamnestisch seit Jahren an beidseitigen Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms.

Die motorische Neurographie der linken Hand ergab eine distal-motorische Latenz von 3,60 ms und eine motorische Amplitude von 7,90 mV. Die sensible Neurographie der linken Hand ergab eine sensible Amplitude von 23,42 μ V und eine sensible Nervenleitgeschwindigkeit von 49,3 m/s.

In der Quantitativen Sensorischen Testung ergab sich ein Vibrations-Limit von 4,9 μ und ein Vibrations-Level von 2,4 μ . Die Kälteerkennungsschwelle lag bei 27,3 °C und die Wärmedetektionsschwelle bei 39,5 °C. Die Kälteschmerzschwelle lag bei 2,1 °C und die Hitzeschmerzschwelle bei 50 °C.

3.6.2 Patient/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Der/die im ersten Beispiel behandelte Patient/Patientin mit beidseitigen Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms zeigte in der motorischen Neurographie der rechten Hand eine distal-motorische Latenz von 5,30 ms und eine motorische Amplitude von 5,87 mV. Die sensible Neurographie der rechten Hand ergab eine sensible Amplitude von 9,53 μ V und eine sensible Nervenleitgeschwindigkeit von 39,2 m/s.

In der Quantitativen Sensorischen Testung ergab sich ein Vibrations-Limit von 2,5 μ und ein Vibrations-Level von 2,7 μ . Die Kälteerkennungsschwelle lag bei 25,7 °C und die Wärmedetektionsschwelle bei 43,9 °C. Die Kälteschmerzschwelle lag bei 0 °C und die Hitzeschmerzschwelle bei 50 °C.

3.6.3 Patient/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom

Der/die Patient/Patientin ist 84 Jahre alt und leidet seit Jahren unter einem beidseitigen Karpaltunnelsyndrom. Anamnestisch sind die Beschwerden der linken Hand viel stärker als die der rechten Hand.

Die motorische Neurographie der linken Hand ergab, dass weder die distal-motorische Latenz noch die motorische Amplitude abgeleitet werden konnten. Auch bei der sensiblen Neurographie der linken Hand konnten weder die sensible Amplitude noch die sensible Nervenleitgeschwindigkeit gemessen werden.

Die Quantitative Sensorische Testung ergab ein Vibrations-Limit von 8 μ und ein Vibrations-Level von 5,4 μ . Die Kälteerkennungsschwelle lag bei 29,9 °C und die Wärmedetektionsschwelle bei 36,4 °C. Die Kälteschmerzschwelle lag bei 13,4 °C und die Hitzeschmerzschwelle bei 48,8 °C.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Auswahl des Patientenkollektives

Das maßgebliche Einschlusskriterium für das Patientenkollektiv waren klinische Symptome eines Karpaltunnelsyndroms. Da besonders Frühstadien der Erkrankung durch die elektrophysiologische Untersuchung oft nicht erfasst werden [36], wurde bei der Auswahl keine Rücksicht auf das Ergebnis der elektrophysiologischen Untersuchung oder auf den elektrophysiologisch bestimmbaren Schweregrad der Erkrankung genommen. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um möglichst alle Betroffenen, unabhängig vom Schweregrad in der Untersuchung zu erfassen. In der Analyse konnte festgestellt werden, dass bei 61 Händen (64%) ein Karpaltunnelsyndrom elektrophysiologisch bestätigt werden konnte und bei den verbleibenden 34 Händen (36%) die Diagnose elektrophysiologisch nicht bestätigt werden konnte.

4.1.2 Normwerte und Reproduzierbarkeit

Normwerte für die Quantitative Sensorische Testung sind in der Literatur kaum zu finden. Statistische Vergleiche publizierter Normalwerte werden zudem als kritisch angesehen, da diese nur bei exakt gleichen Messungsbedingungen herangezogen werden können [22]. Jegliche Abweichung kann das Untersuchungsergebnis signifikant verändern [37]. Folgende Faktoren können die Reproduzierbarkeit beeinflussen: das Untersuchungsequipment, die Größe der Thermode, die verwendete Methode (Methode der Limits oder Methode der Levels), das untersuchte Kollektiv (Alter, Geschlecht), Anzahl der untersuchten Personen, Anzahl der Untersucher, Hauttemperatur und die untersuchte Körperregion und –seite [37]. Deshalb wird empfohlen, dass jedes Testlabor eigene Normalwerte erheben sollte [37]. Aufgrund dieser Problematik wurde in der vorliegenden Untersuchung bewusst auf den Vergleich mit publizierten Normalwerten verzichtet.

4.1.3 Methodik

Zur Untersuchung der Vibrations Limits, der Kälteerkennungsschwelle, der Wärmedetektionsschwelle, der Kälteschmerzschwelle und der Hitzeschmerzschwelle wurde die Methode der Limits gewählt. Dabei steigt die Intensität eines Reizes (Vibration, Temperatur) ständig an und wird vom/von der Patient/Patientin unterbrochen, sobald die entsprechende Empfindung eingetreten ist. Die Zeit, welche vom Eintritt einer Empfindung, deren Verarbeitung im Gehirn und dem Ausführen der Stop-Handlung verstreicht, wird Reaktionszeit genannt. Während dieser Reaktionszeit steigt die Intensität des Reizes weiter an. Demnach handelt es sich bei der Methode der Limits um eine Methode, welche die Reaktionszeit beinhaltet. Der Anstieg der Schwellenwerte ist somit ein systematischer Ungenauigkeitsfaktor dieser Methode. [22]

Bei der Untersuchung der Vibrations Levels wird ein Reiz bestimmter Intensität abgegeben und der/die Patient/Patientin anschließend gefragt, ob eine bestimmte Empfindung eingetreten ist. Der/die Patient/Patientin antwortet mit „Ja“ oder „Nein“. [22] Die Methode der Levels beinhaltet somit keine Reaktionszeit. Im Vergleich zur Methode der Limits sind die ermittelten Schwellenwerte daher niedriger. [22,37]

4.1.4 Kooperation des/der Patienten/Patientin

Die Quantitative Sensorische Testung ist ein psychophysikalischer, subjektiver Test welcher ein hohes Maß an Kooperation des/der Patienten/Patientin voraussetzt. [22,38] Der/die Patient/Patientin sollte aufmerksam, kooperativ und in der Lage sein den Anweisungen zu folgen. [37] Demnach kann das Ergebnis der Testung durch mangelnde Aufmerksamkeit und Simulation seitens des/der Patienten/Patientin stark verändert werden. [38] Eine gängige Methode die Aufmerksamkeit des/der Patienten/Patientin zu überprüfen ist das Einstreuen von Null-Stimuli (Dummies) in den Testablauf. [22] In vorliegender Untersuchung wurde die Aufmerksamkeit der Patienten/Patientinnen bei der Methode der Vibrations Levels mittels „Dummies“ überprüft. Reagierten die

Patienten/Patientinnen positiv auf einen „Dummie“, erfolgte eine weitere Erklärung des Testablaufes und der Test wurde nochmals wiederholt.

Vor allem bei älteren Patienten/Patientinnen kam es wiederholt zu Verständnis- und Aufmerksamkeitsproblemen. Da mangelnde Compliance bei der Quantitativen Sensorischen Testung ein Ausschlusskriterium für die Aufnahme in die Untersuchung darstellt, konnten die Daten von 3 Patienten/Patientinnen mit eher unzuverlässiger Kooperation nicht in die Untersuchung aufgenommen werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Patientenkollektiv

Das ausgewählte Patientenkollektiv spiegelt die in der Literatur vorkommenden Inzidenzraten wieder. In 76 % der Fälle sind Personen zwischen 40 und 70 Jahren vom Karpaltunnelsyndrom betroffen. [1] Für das Gesamtpatientenkollektiv dieser Untersuchung errechnete sich ein mittleres Alter von 53,2 Jahren. Auch im vorliegenden Patientenkollektiv sind Frauen (64%) fast doppelt so oft betroffen wie Männer (36%). Eine bilaterale Manifestation ist bei ca. 40% der Betroffenen nachzuweisen. [1] Im Patientenkollektiv dieser Untersuchung zeigten 44% der Patienten/Patientinnen eine bilaterale Symptomatik.

4.2.2 Korrelationsanalyse

Die Korrelationsanalyse zeigte in der Gruppe der Männer eine mittlere Korrelation zwischen der Kälteschmerzschwelle und der motorischen Amplitude. Ausserdem zeigte sich in der Altersgruppe zwischen 65 und 86 Jahren eine mittlere Korrelation zwischen dem Vibrations-Limit und der distal-motorischen Latenz. Da diese mittleren Korrelationen ausschließlich in den beiden genannten Gruppen nachweisbar waren, könnte es sich hierbei um einen Zufall handeln.

Es konnten weder im Gesamtpatientenkollektiv noch in den Geschlechter- oder Altersgruppen deutliche Korrelationen zwischen Parametern der Elektrophysiologie und Parametern der Quantitativen Sensorischen Testung bei Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms nachgewiesen werden. Dies zeigt, dass die durch die Erkrankung bedingte Schädigung des N. medianus nicht mit der Beeinträchtigung der sensiblen Nervenfasern in Wechselbeziehung zu setzen ist. Die elektrophysiologische Untersuchung kann keine Aussage über den Zustand von dünn- und unmyelinisierten Fasern treffen. [22] Aber auch durch die Funktion der einzelnen Nervenfasern kann nicht auf den Schädigungsgrad des gesamten Nerven geschlossen werden. Die fehlenden Zusammenhänge limitieren somit den diagnostischen Einsatz der Quantitativen Sensorischen Testung.

Bei der Quantitativen Sensorischen Testung handelt es sich um ein subjektives, psychophysiologisches Testverfahren. [22] In der Literatur können Hinweise darauf gefunden werden, dass die subjektive Erhebung von Symptomen bei Karpaltunnelsyndrom nur schwach mit den objektiven Messwerten der Elektrophysiologie korreliert.

In einer Studie von Tamburin (2008) wurden 129 Patienten/Patientinnen (203 Hände) mittels Fragebogen über das Vorhandensein von Schwäche und Ungeschicklichkeit in der vom Karpaltunnelsyndrom betroffenen Hand befragt. Zusätzlich wurden die Personen klinisch und elektrophysiologisch untersucht. Das Ergebnis zeigte, dass neurographische Zeichen einer Schädigung des motorischen Nerven nur schwach mit den von den Personen angegebenen motorischen Symptomen korrelieren. [39]

Giannini (2002) entwickelte für eine Studie eine neue Hi-Ob-Skala (historical-objective scale) zur Einstufung von Karpaltunnelsyndromen. Mittels dieser Skala wurden die Krankengeschichte, die objektiven Untersuchungsergebnisse und das subjektive Schmerzempfinden von 168 Patienten/Patientinnen mit Karpaltunnelsyndrom erfasst. Die Ergebnisse dieser Skala wurden mit den Ergebnissen des Boston Carpal Tunnel Questionnaire und mit den neurophysiologischen Untersuchungsergebnissen der Patienten/Patientinnen verglichen. Das Boston Carpal Tunnel Questionnaire und die neurophysiologische Untersuchung wurden als objektive Methoden der Einstufung eines Karpaltunnelsyndroms bestimmt. Das Ergebnis dieses Vergleiches zeigte, dass die Ergebnisse der Hi-Ob-Skala positiv mit den Ergebnissen des Boston Carpal Tunnel Questionnaire und der Neurophysiologie korrelierten. Rein das subjektiv erhobene Schmerzempfinden korrelierte nicht mit den objektiven Untersuchungsmethoden. [40]

Diese Ergebnisse zeigen, dass subjektiv erhobene Werte nicht mit den objektiven Untersuchungsergebnissen korrelieren. Bei der Quantitativen Sensorischen Testung kann ein gewisses Maß an Subjektivität nicht ausgeschlossen werden. Zudem zeigten die Messergebnisse der vorliegenden Untersuchung teilweise

große Spannweiten, welche auf ein hohes Maß an Individualität in diesem Bereich hindeuten.

Die Quantitative Sensorische Testung scheint laut den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung zur Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms nicht geeignet zu sein. Auch Chong und Cros (2004) merkten an, dass die Quantitative Sensorische Testung aufgrund ihrer geringen Sensitivität und Spezifität in diesem Bereich, nicht zur Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms geeignet ist. [36]

4.2.3 Vergleich der Geschlechtergruppen

Durch den Vergleich der Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung der beiden Geschlechtergruppen sollten eventuelle Unterschiede zwischen den Geschlechtern untersucht werden. Es sollte also untersucht werden, ob es Unterschiede in der Höhe der einzelnen Schwellen gibt und somit die Geschlechter eine unterschiedliche Beeinträchtigung der einzelnen Nervenfasern durch das Karpaltunnelsyndrom aufweisen.

Der Vergleich der Parameter der Quantitativen Sensorischen Testung zwischen den Geschlechtern ergab nur kleine Unterschiede zwischen den Geschlechtergruppen. Der Vergleich der Vibrationsdetektionsschwellen (Vibrations-Limit und Vibrations-Level) ergab minimal niedrigere Schwellen für die Gruppe der Frauen. Der Vergleich der thermischen Detektionsschwellen (Kälte-detektionsschwelle und Wärmedetektionsschwelle) ergab ebenfalls minimal niedrigere Schwellen für die Gruppe der Frauen. Im Vergleich der thermischen Schmerzschwellen (Kälteschmerzschwelle und Hitzeschmerzschwelle) erwiesen sich die Frauen als minimal schmerzempfindlicher als die Männer.

Das Ergebnis des Vergleiches der Geschlechtergruppen ergab also eine minimal höhere Empfindlichkeit der Frauen in allen Parametern der Quantitativen Sensorischen Testung.

In einer Untersuchung an einem gesunden Kollektiv konnte Yarintski (1997) nachweisen, dass in den Ergebnissen der Quantitativen Sensorischen Testung

kein Unterschied zwischen den Geschlechtern besteht. [22] Rolke et al. (2006) konnten an einem Kollektiv von 180 Gesunden im Vergleich der Schwellenwerte eine geringfügig höhere Empfindlichkeit der Frauen nachweisen. Die deutlichsten Unterschiede ergaben sich für die Schmerzschwellen, wobei die Schmerzschwellen der Frauen sich als signifikant niedriger erwiesen. [41]

Diese Untersuchungen an gesunden Kollektiven zeigen die selben Ergebnisse wie der Geschlechtervergleich unter Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms.

Es kann angenommen werden, dass bei Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms keine Geschlechterdifferenz bezüglich der Funktion der einzelnen Nervenfasern besteht.

4.2.4 Vergleich der Altersgruppen

Durch den Vergleich der Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung zwischen 3 verschiedenen Altersgruppen sollten eventuelle Unterschiede in der Funktion der Nervenfasern von Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms im Bezug auf das Alter festgestellt werden.

Der Vergleich der Vibrations-Limits und Vibrations-Levels ergab, dass die Vibrationsdetektionsschwellen mit dem Alter anstiegen. Besonders deutlich zeigte sich dieser Effekt bei der Altersgruppe von 65 bis 86 Jahre. Diese wies sowohl bei den Vibrations-Limits als auch bei den Vibrations-Levels im Vergleich mit den beiden jüngeren Altersgruppen deutlich erhöhte Schwellen auf.

Der Vergleich der thermischen Detektionsschwellen zeigte, dass sich die Kälte-detektionsschwelle und die Wärmedetektionsschwelle mit dem Alter erhöhte. Die Kälte-detektionsschwelle erhöhte sich leicht mit dem Alter, wobei sich die Wärmedetektionsschwelle mit dem Alter deutlicher erhöhte.

Im Vergleich der Schmerzschwellen zeigte sich, dass die Altersgruppe von 45 bis 65 Jahre im Vergleich mit den beiden anderen Altersgruppen bei der

Kälteschmerzschwelle deutlich niedrigere Schwellen und somit eine höhere Schmerzempfindlichkeit aufweist. Die Altersgruppe von 65 bis 85 Jahre erreicht jedoch bei Kälte- und Hitzeschmerzschwelle im Median die Maximalwerte. Die Ergebnisse der Altersgruppe von 45 bis 65 Jahre könnten auf eine mögliche Allodynie in dieser Altersgruppe hinweisen. Wohingegen die Ergebnisse in der Altersgruppe von 65 bis 86 Jahre auf eine mögliche Hypoalgesie in dieser Altersgruppe hinweisen.

Yarnitsky (1997) wies in seiner Studie zur Quantitativen Sensorischen Testung nach, dass die Schwellenwerte für sämtliche Untersuchungen der Quantitativen Sensorischen Testung mit dem Alter leicht ansteigen. [22] Auch Rolke et al (2006) konnten anhand der Untersuchung von 180 Gesunden feststellen, dass Personen über 40 Jahre in allen Parametern der Quantitativen Sensorischen Testung höhere Schwellen erreichten als jüngere Personen. Besonders deutlich wurde dieser Alterseffekt bei der Kälte- und Hitzeschmerzschwelle. [41]

Ein gewisser Alterseffekt zeigt sich nicht nur bei der Quantitativen Sensorischen Testung, sondern auch im Bereich der Elektrophysiologie. Padua et al (1997) entwickelten eine Studie in welcher 500 Hände mit Karpaltunnelsyndrom elektrophysiologisch untersucht und anhand der Ergebnisse in verschiedene Schweregrade eingeteilt wurden. Es zeigte sich, dass Nervenleitgeschwindigkeitsparameter sowie Amplituden stark mit dem Alter korrelieren und die Anzahl der schweren Karpaltunnelsyndrome mit dem Alter zunimmt. Die meisten leichten Fälle von Karpaltunnelsyndromen konnten im jüngeren Alter gefunden werden. [42]

Die Ergebnisse des vorliegenden Vergleiches zeigen, dass auch bei Patienten/Patientinnen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms die Vibrationsdetektionsschwellen und die thermischen Detektionsschwellen mit dem Alter ansteigen und somit ältere Personen mit Symptomen eines Karpaltunnelsyndroms eine schlechtere Funktion der einzelnen Nervenfasern aufweisen. In der Altersgruppe der 45 bis 65 Jährigen zeigte sich im Bezug auf die Kälteschmerzschwelle eine höhere Schmerzempfindlichkeit. Da es sich dabei um keinen Alterseffekt handelt, kann angenommen werden, dass es hierbei aufgrund

des Karpaltunnelsyndroms zu einer Sensibilisierung der A δ -Fasern kommt. In der Gruppe der 65 bis 86 Jährigen allerdings zeigt sich im Bezug auf die Kälte- und Hitzeschmerzschwelle eine Hypoalgesie. Zum einen könnte es sich hierbei um einen Alterseffekt handeln, zum anderen könnte dies jedoch auch durch das häufigere Vorkommen schwerer Karpaltunnelsyndrome mit entsprechender Nervenschädigung im Alter bedingt sein.

4.3 Diskussion der ausgewählten Beispiele

4.3.1 Patient/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Wie aus Abbildung 17 ersichtlich, zeigte der/die Patient/Patientin in der elektroneurographischen Untersuchung keine Anzeichen eines Karpaltunnelsyndroms.

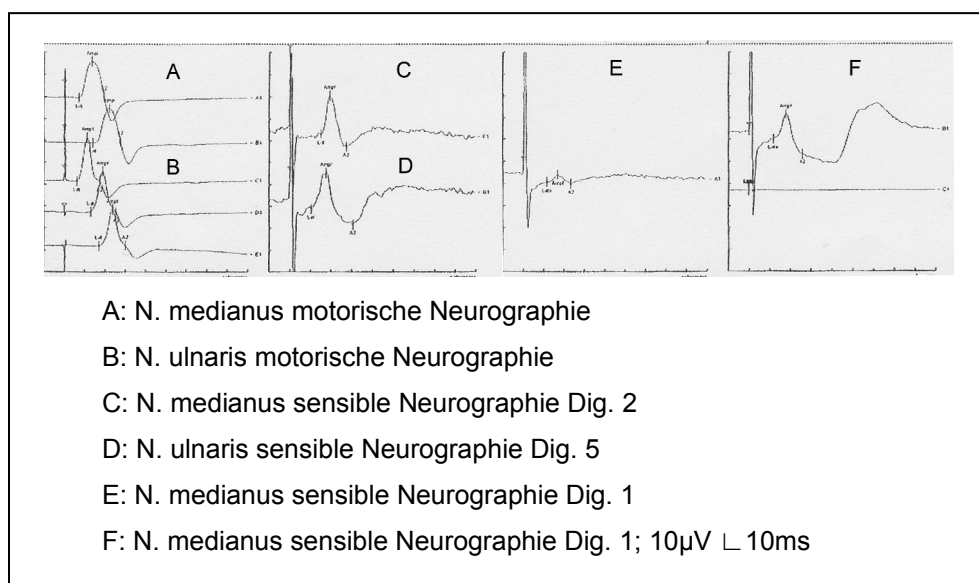


Abbildung 17: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Bei der Erhebung der Vibrationsdetektionsschwellen erreicht der/die Patient/Patientin ein Vibrations-Limit von 4,9 μ . Bei der Bestimmung des Vibrations-Level erreicht der/die Patient/Patientin den wesentlich besseren Wert von 2,4 μ . Dies könnte daran liegen, dass der/die Patient/Patientin bei der Methode der Vibrations-Limits eine erhöhte Reaktionszeit benötigte. Bei der Methode der Levels fließt die Reaktionszeit nicht mit in das Ergebnis ein, wodurch hier ein besserer Schwellenwert zustande gekommen sein könnte.

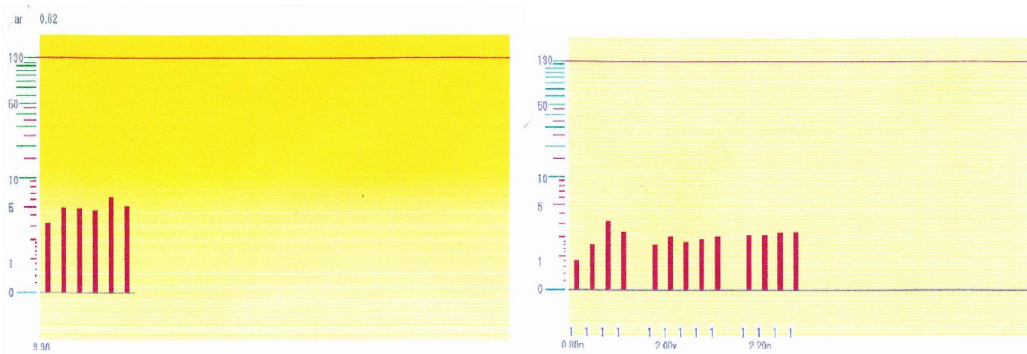


Abbildung 18: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Die Kälteerkennungsschwelle des/der Patienten/Patientin lag bei 27,3 °C. Das bedeutet, dass der/die Patient/Patientin ausgehend von der Basistemperatur von 32 °C nach 4,7 °C Temperaturveränderung diese auch wahrnahm. Die Wärmedetektionsschwelle lag bei 39,5 °C. Somit wurde eine Temperaturveränderung von 7,5 °C wahrgenommen.

Bei der Erhebung der thermischen Schmerzschwellen konnte Kälteschmerz bei 2,1 °C und Hitzeschmerz bei 50°C ermittelt werden.

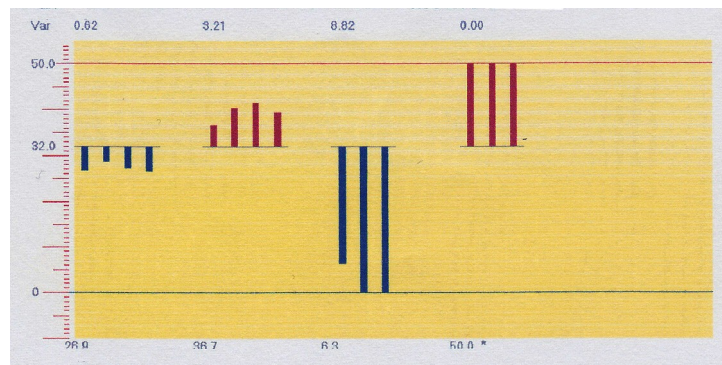


Abbildung 19: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin ohne Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Die Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung ergaben also keinerlei besondere Auffälligkeiten.

4.3.2 Patient/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Der/die selbe Patient/Patientin zeigte an der rechten Hand eine erhöhte distal-motorische Latenz von 5,3 ms und eine erniedrigte sensible Nervenleitgeschwindigkeit von 29,1 m/s. Auch die motorische Amplitude zeigte mit 5,87 pathologische Werte. Anhand dieser elektroneurographischen Ergebnisse konnte die Diagnose eines Karpaltunnelsyndroms bestätigt werden.

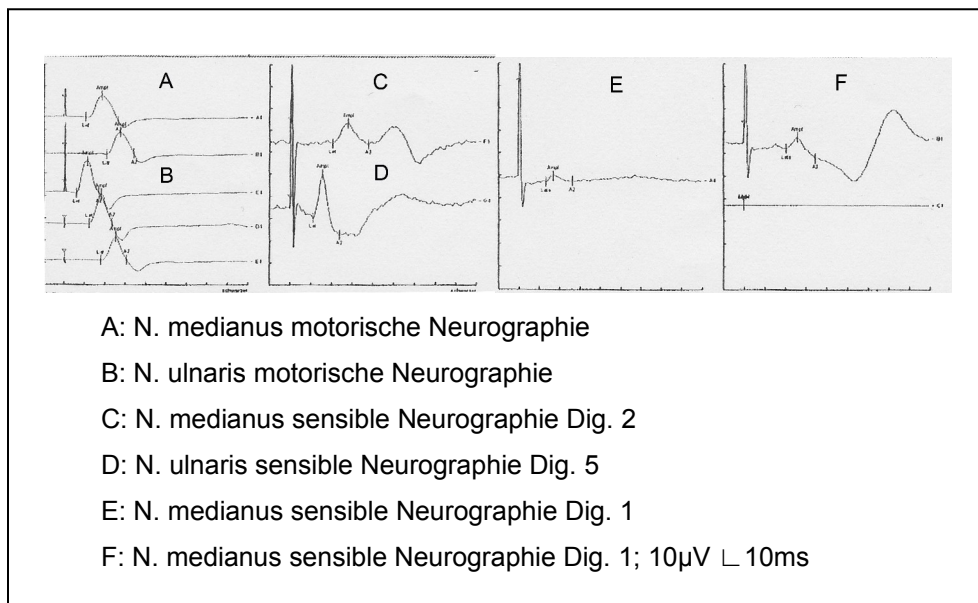


Abbildung 20: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Die Vibrationsdetektionsschwellen zeigten mit Werten von 2,5 μ und 2,7 μ keine Auffälligkeiten.

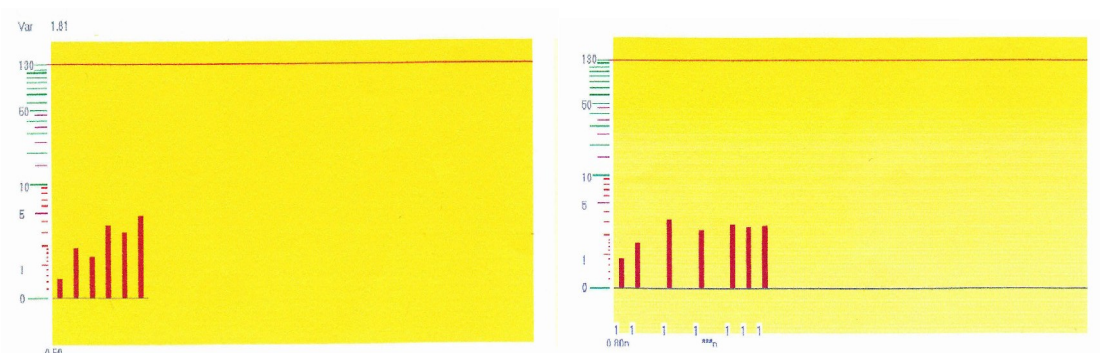


Abbildung 21: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Die Kälteerkennungsschwelle lag mit 25,7 °C ähnlich hoch wie bei der Messung der Gegenseite. Die Wärmeererkennungsschwelle lag bei 43,9 °C. Eine Temperaturveränderung wurde somit nach 11,9 °C wahrgenommen. Diese relativ späte Reaktion könnte auf eine durch die Erkrankung bedingte Beeinträchtigung der C-Fasern hinweisen.

Bei der Erhebung der thermischen Schmerzschwellen zeigte der/die Patient/Patientin während der Untersuchung keinerlei Schmerzreaktion. Somit wurden automatisch die Werte 0 °C und 50 °C protokolliert. Die fehlende Schmerzreaktion könnte wiederum auf eine Hypoalgesie hinweisen. Diese könnte durch die bereits nachgewiesene Schädigung des N. medianus bedingt sein. Es könnte sich allerdings im Alter von 76 Jahren auch um einen natürlichen Alterseffekt handeln.

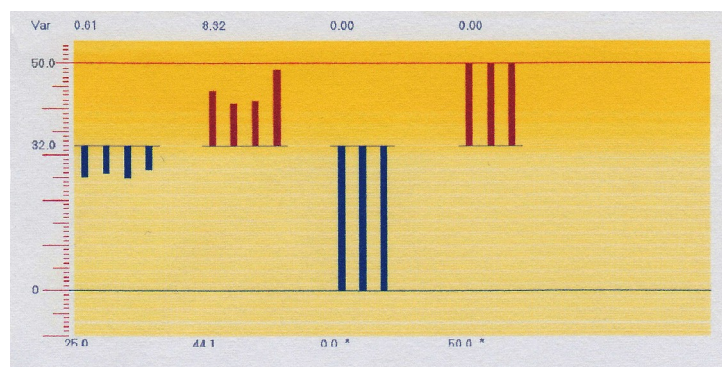


Abbildung 22: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin mit Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Bei den beiden Beispielen handelt es sich um dieselbe Person, deren Ergebnisse der Quantitativen Sensorischen Testung vergleichend diskutiert werden. Aus der Literatur geht hervor, dass bei der Quantitativen Sensorischen Testung ein Vergleich der Ergebnisse der Körperseiten zur Erkennung von Auffälligkeiten sensibler ist als der Vergleich mit absoluten Normwerten. [41] Auch bei diesem Beispiel konnten so sensorische Unterschiede zwischen linker und rechter Hand nachgewiesen werden.

4.3.3 Patient/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom

Bei dem/der Patient/Patientin konnte aufgrund der starken Schädigung des N. medianus mittels Elektroneurographie keiner der Parameter abgeleitet werden.

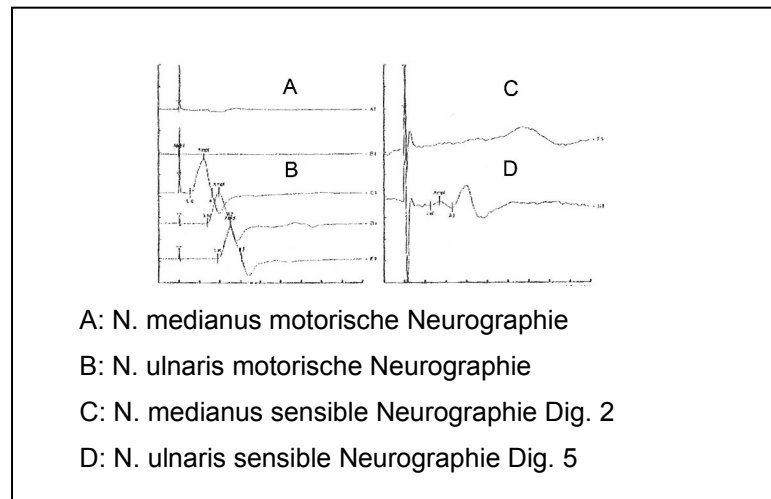


Abbildung 23: Motorische und sensible Neurographie des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Bei der Erhebung der Vibrationsdetektionsschwellen erreichte der/die Patient/Patientin ein Vibrations-Limit von 8 μ und ein Vibrations-Level von 5,4 μ . Der Grund für den großen Unterschied der beiden Werte könnte auch hier eine erhöhte Reaktionszeit sein. Da aber auch der Wert von 5,4 μ im Vergleich mit den Werten des Gesamtpatientenkollektives relativ hoch erscheint, könnte dies für eine Beeinträchtigung der A β -Fasern sprechen.

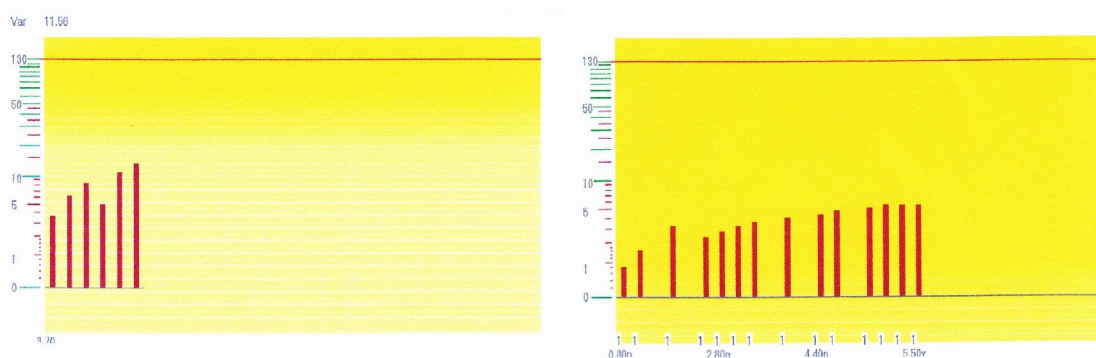


Abbildung 24: Vibrations-Limit und Vibrations-Level des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Weiters konnte eine Kälteerkennungsschwelle von 29,9 °C ermittelt werden. Die Temperatursenkung konnte ausgehend von der Basistemperatur also bereits nach 2,1 °C gefühlt werden. Dieser Wert erscheint im Vergleich mit den Werten des Gesamtpatientenkollektives als sehr gut. Die Wärmedetektionsschwelle lag bei 36,4 °C. Der Temperaturunterschied wurde somit bereits nach 4,4 °C erkannt.

Die Kälteschmerzschwelle lag bei 13,4 °C. Der/die Patient/Patientin empfindet eine normalerweise nicht schmerzhaft Temperatur von 13,4 °C bereits als schmerzhaft. Dies spricht für eine Allodynie im Bereich der Kältewahrnehmung und somit für eine zentrale Sensibilisierung der A δ -Fasern. [43] Die Wärmeschmerzschwelle erwies sich mit einem Wert von 48,8 °C als unauffällig.

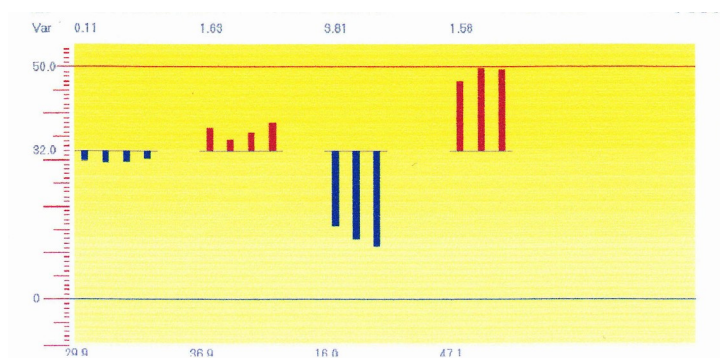


Abbildung 25: CDT, WDT, CPT und HPT des/der Patienten/Patientin mit ausgebranntem Karpaltunnelsyndrom in der Elektroneurographie

Trotz nicht ableitbarer elektrophysiologischer Parameter, konnten bei dem/der Patienten/Patientin dennoch Schwellenwerte der Quantitativen Sensorischen Testung ermittelt werden. Dies zeigt, dass anhand der Ergebnisse der Elektrophysiologie keine Aussage über die Funktion der sensorischen Nervenfasern getroffen werden kann.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Neurologie [online]. Leitlinien der DGN 2008 Karpaltunnelsyndrom [zitiert am 13. August 2009]; Available from URL: http://www.dgn.org/images/stories/dgn/leitlinien/LL2008/II08kap_049.pdf
- [2] Warren K, Masear V, Amadio P. Treatment of Carpal Tunnel Syndrome. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2009; 17(6): 397-405
- [3] Schroeder KH. Karpaltunnelsyndrom. *DO - Deutsche Zeitschrift für Osteopathie* 2008; 2: 22-23
- [4] Mucha C. Karpaltunnelsyndrom. *EHK* 2004; 53: 414-418
- [5] Masuhr F, Schenkel-Römer A, Behse F. Das Karpaltunnelsyndrom in der Gravidität und im Puerperium. *Geburtsh Frauenheilk* 2001; 61: 945-948
- [6] Berlit P. Klinische Differentialdiagnose peripherer Nervenkompressionssyndrome. *Fortschr Neurol Psychiat* 2007; 75: 560-568
- [7] Grehl H, Reinhard F. *Checkliste Neurologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York. 4. Auflage 2008: 641
- [8] Richter M, Brüser P. Die Wertigkeit der klinischen Diagnostik beim Karpaltunnelsyndrom. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 1999; 31: 373-376
- [9] Waberski TD, Buchner H. Elektrophysiologische Diagnostik der Engpasssyndrome der oberen Extremität. *Klin Neurophysiol* 2007; 38: 222-235
- [10] Kele H. Sonographie der peripheren Nerven. *Klin Neurophysiol* 2008; 39: 153-163
- [11] Vogt Th, Stöhr M. Therapie des Karpaltunnelsyndroms. *Akt Neurol* 2001; 28: 273-277
- [12] Walker WC, Metzler M, Cifu DX; Swartz Z. Neutral wrist splinting in carpal tunnel syndrome: a comparison of night-only versus full-time wear instructions. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81: 424-428
- [13] Keilani MY, Paternostro-Sluga T, Fialka-Moser V, Holzapfel J, Crevenna R. Konservative Ansätze beim Karpaltunnelsyndrom. *Phys Med Rehab Kuror* 2007; 17: 275-280
- [14] Gerritsen AA, Korthals-de Bos IB, Laboyrie PM, Vet HC de, Scholten RJ, Bouter LM. Splinting for carpal tunnel syndrome: prognostic indicators of success. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003; 74: 1342-1344

- [15] Dammers JW, Veering MM, Vermeulen M. Injection with methylprednisolone proximal to the carpal tunnel: randomized double blind trial. *BMJ* 1999; 19: 884-886
- [16] Kiyamaz N, Cirak B, Tuncayl, Demir O. Comparing open surgery with endoscopic releasing in the treatment of carpal tunnel syndrome. *Minim Invasive Neurosurg* 2002; 45(4): 228-230
- [17] Park SH, Cho BH, Ryu KS, Cho BM, Oh SM, Park DS. Surgical outcome of endoscopic carpal tunnel release in 100 patients with carpal tunnel syndrom. *Minim Invasive Neurosurg* 2004; 47(5): 261-265
- [18] Wagner S. Klinisch-experimentelle Untersuchung mittels Quantitativ Sensorischer Testung bei ischämisch bedingten Funktionsdefiziten der unteren Extremität an Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit. Klinik für Anästhesiologie – Innenstadt, Ludwigs-Maximilians-Universität München, 2008.
- [19] Medoc, Advanced Medical Systems. Quantitative Sensory Testing: In the evaluation of chronic neuropathic pain conditions. Volume 1, Number 1. April 1998: 22-48
- [20] Yarnitsky D, Ochoa J. Differential effect of compression ischaemia block on warm sensation and heat induced pain. *Brain* 1991; 114: 907-913
- [21] Ziegler E, Magerl W, Meyer R, Treede R. Secondary hyperalgesia to punctate mechanical stimuli. *Brain* 1999; 122: 2245-2257
- [22] Yarnitsky D. Quantitative sensory testing. *Muscle&Nerve* 1997; 20: 198-204
- [23] Tucker AT, White PD, Kosek E, Pearson RM, Henderson M, Coldrick AR, Cooke ED, Kidd B. Comparison of vibration perception thresholds in individuals with diffuse upper limb pain and carpal tunnel syndrome. *Pain* 2007; 127: 263-269
- [24] Borg K, Lindblom U. Diagnostic value of quantitative sensory testing in carpal tunnel syndrome. *Acta Neurol Scand* 1988; 78 (6): 537-541
- [25] Borg K, Lindblom U. Increase of vibration threshold during wrist flexion in patients with carpal tunnel syndrome. *Pain* 1986; 26: 211-219
- [26] Merchut MP, Kelly MA, Toleikis SC. Quantitative sensory thresholds in carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1990; 30: 119-124
- [27] Edwards RR, Sarlani E, Wesselmann U, Fillingim RB. Quantitative assessment of experimental pain perception: multiple domains of clinical relevance. *Pain* 2005; 114: 315-319
- [28] Lang E, Claus D, Neundörfer B, Handwerker H. Parameters of thick and thin nerve-fibres functions as predictors of pain in carpal tunnel syndrome. *Pain* 1995; 60: 295-302

- [29] Westerman RA, Delaney CA. Palmar cold threshold test and median nerve electromyography in carpal tunnel compression neuropathy. *Clin Exp Neur* 1991; 28: 154-167
- [30] Arendt-Nielsen L, Gregersen H, Toft E, Bjerring P. Involvement of thin afferents in carpal tunnel syndrome: evaluated quantitatively by argon laser stimulation. *Muscle Nerve* 1991; 14: 508-514
- [31] Llave-Rincon de la AI, Fernandez-Penas de las C, Fernandez-Carnero J, Padua L, Arendt-Nielsen L, Pareja JA. Bilateral hand/wrist heat and cold hyperalgesia, but not hypoesthesia, in unilateral carpal tunnel syndrome. *Exp Brain Res* 2009; DOI 10.1007/s00221-009-1941-z
- [32] Bischoff C, Dengler R, Hopf HC. EMG, NLG: Elektromyographie, Nervenleitungsuntersuchungen. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York. 2. Auflage 2008: 2-21
- [33] Wikipedia – Die freie Enzyklopädie [online]. Korrelationskoeffizient [zitiert am 04. November 2009]; Available from URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Korrelationskoeffizient>
- [34] Internet Publikation für Allgemeine und Integrative Psychotherapie, Abteilung Wissenschaft, Methodologie, Meßproblematik, Statistik und Wissenschaftstheorie [online]. Korrelation [zitiert am 04. November 2009]; Available from URL: <http://www.sgipt.org/wisms/statm/kor/kurkor.htm>
- [35] Neue Statistik II, Freie Universität Berlin [online]. Korrelationskoeffizient [zitiert am 04. November 2009]; Available from URL: http://web.neuestatistik.de/inhalte_web/content/MOD_23196/html/comp_23414.html
- [36] Stöhr M. Nerven-Engpass-Syndrome: Qualitätsanforderungen an die neurologische und neurophysiologische Diagnostik. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2002; 34: 269-274
- [37] Chong PST, Cros DP. Technology Literature Review: Quantitative Sensory Testing. *Muscle&Nerv* 2004; 29: 734-747
- [38] Shukla G, Bhatia M, Behari M. Quantitative thermal sensory testing: Value of testing for both cold and warm sensation detection in evaluation of small fiber neuropathy. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 2005; 107: 486-490
- [39] Tamburin St, Cacciatori C, Marani S, Zanette G. Pain and motor function in carpal tunnel syndrome: A clinical, neurophysiological and psychophysical study. *J Neurol* 2008; 255: 1636-1643
- [40] Giannini F, Cioni R, Mondelli M, Padua R, Gregori B, D'Amico P, Padua L. A new clinical scale of carpal tunnel syndrome: validation of the measurement and clinical-neurophysiological assessment. *Clinical Neurophysiology* 2002; 113: 71-77

- [41] Rolke R, Baron R, Maier C et al. Quantitative sensory testing in the German Research Network on Neuropathic Pain (DFNS): Standardized protocol and reference values. *Pain* 2006; 123: 231-243
- [42] Padua L, LoMonaco M, Gregori B, Valente EM, Padua R, Tonali P. Neurophysiological classification and sensitivity in 500 carpal tunnel syndrome hands. *Acta Neurol Scand* 1997; 96: 211-217
- [43] Grehl H, Reinhard F. *Checkliste Neurologie*. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York. 4. Auflage 2008:135

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Scholz, Westermann & Partner [online], [zitiert am 14. August 2009]. Available from URL: <http://www.scholz-westermann.de/carpaltunnelsyndrom.jpg>

Abbildung 2: Urheber: Ao. Univ.-Prof. Dr. Stefan Quasthoff

Abbildung 3: Medoc – Advanced medical systems [online], [zitiert am 20. August 2009]. Available from URL: http://www.medoc-web.com/medoc_en_tsallVsa3000.aspx

Abbildung 4: Medoc – Advanced medical systems [online], [zitiert am 20. August 2009]. Available from URL: http://www.medoc-web.com/_en_tsallAccessories.aspx

Abbildung 5 bis 16: Urheber: Kristina Voler

Abbildung 17 bis 25: Urheber: Universitätsklinik für Neurologie Graz

7 Lebenslauf

Curriculum vitae

Kristina Voler

Zur Person:

Geboren am: 31. Oktober 1982
Geburtsort: Eisenkappel - Vellach
Staatsbürgerschaft: Österreich
Wohnsitz: Am Arlandgrund 25/5
8045 Graz – Andritz
Österreich
Familienstand: ledig
E-Mail: kristina.voler@stud.meduni-graz.at

Schulbildung:

1989 – 1993 Volksschule Eisenkappel
1993 – 1997 Hauptschule Eisenkappel
1997 – 2002 Höhere Bundeslehranstalt für wirtschaftliche
Berufe und Höhere gewerbliche
Bundeslehranstalt
Juni 2002 Matura mit ausgezeichnetem Erfolg abgelegt
Februar 2004 Externistenmatura in Latein,
Bundesoberstufenrealgymnasium Graz
Dreierschützengasse

Studium: Humanmedizin, an der Medizinischen Universität
Graz
Studienkennzahl: O202
Beginn: Oktober 2002

Examen:

2002 - 2004	Physik, Chemie, Biologie, Physiologie, Anatomie, Histologie
2004 - 2005	Pathologie, Pharmakologie, funktionelle Pathologie, Biochemie
2005 - 2006	Hygiene, Sozialmedizin, Radiologie, Innere Medizin, Chirurgie
2006 – 2007	Orthopädie, Neurologie, Augenheilkunde, Gynäkologie, Kinderheilkunde, Psychiatrie und klinische Psychologie
2007 – 2008	Urologie und Nephrologie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Dermatologie, Kardiologie, Anästhesie
2008 – 2009	10 Wochen Praktikum im Fach Neurologie (allgemeine Neurologie) 10 Wochen Praktikum im Fach Chirurgie (Transplantationschirurgie und Intensivstation) 5 Wochen Praktikum im Fach Psychiatrie 5 Wochen Praktikum in der Allgemeinmedizin
2002 – 2008	Ärztliche Fertigkeiten I – V Naturwissenschaften/Biomedizinische Technik/Informationswissenschaften I – V Kommunikation/Supervision/Reflexion I – IVb

Zusatzausbildung:

Januar 2005	Angewandte Physiologie
März 2006	Hypnose und erweiterte Kommunikation im ärztlichen Bereich
März 2007	Chirurgische Operationslehre
Oktober 2007	Gesundheits- und Medizinökonomie
Jänner 2007	Case-based Learning in Klinik und Praxis

Klinische Praktika:

04/07/2005 – 29/07/2005	Allgemeinchirurgie, Landeskrankenhaus Klagenfurt
13/08/2007 – 31/08/2007	Universitätsklinik für Psychiatrie, Graz
04/08/2008 – 15/08/2008	Universitätsklinik für Psychiatrie, Graz
02/06/2008 – 04/07/2008	Neurologie, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Graz-Eggenberg
18/08/2008 – 29/08/2008	Neurologie, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Graz-Eggenberg

Sprachen:

Deutsch	Muttersprache
Englisch	in Wort und Schrift
Slowenisch	in Wort und Schrift
Französisch	Maturaniveau

Graz, am 23. November 2009

Unterschrift