

Der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität  
eingereicht von Prof. Dr. med. H. Kolenda

# **Indikationen und Ergebnisse bei neurochirurgisch behandelten Thoracic- Outlet-Syndromen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät der  
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Jeyhun Farzullayev**

aus

Lenkoran/Aserbaidshan

Göttingen 2020

Die vorliegende Dissertation wurde in Rotenburg/Wümme im Zeitraum von 11/2017 bis 10/2019 unter der Betreuung von Prof. Dr. med. H. Kolenda angefertigt.

Dekan: Prof. Dr. med. W. Brück

**Betreuungsausschuss**

Betreuer/in Prof. Dr. med. H. Kolenda

Ko-Betreuer/in: Prof. Dr. med. B. Danner

**Prüfungskommission**

Referent/in Prof. Dr. med. H. Kolenda

Ko-Referent/in: .....

Drittreferent/in: .....

Datum der mündlichen Prüfung: .....

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Indikationen und Ergebnisse bei neurochirurgisch behandelten Thoracic-Outlet-Syndromen" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den ..... ..

(Unterschrift)



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Anatomie und Pathogenese.....	2
1.2 Symptomatik und Diagnostik .....	4
1.2.1 Neurogenes Thoracic-Outlet-Syndrom.....	4
1.2.2 Vasculäres Thoracic-Outlet-Syndrom .....	5
1.2.3 Klinische Diagnostik .....	5
1.2.4 Apparative Diagnostik .....	5
1.2.5 Koexistenz und Differenzialdiagnosen.....	6
1.3 Operative Therapie .....	6
1.4 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.....	7
<b>2 Material und Methodik.....</b>	<b>8</b>
2.1 Statistische Bewertung.....	9
2.2 Operationstechnik .....	9
2.2.1 Komplette Skalenotomie über den supraklavikulären Zugang.....	9
2.2.2 Skalenotomie mit Resektion der ersten Rippe .....	11
<b>3 Patientengut und Ergebnisse .....</b>	<b>13</b>
3.1 Allgemeine Erhebungen .....	13
3.1.1 Geschlechterverteilung .....	13
3.1.2 Altersverteilung .....	13
3.1.3 Seitenverteilung .....	14
3.1.4 Überweisender Arzt und Überweisungsdiagnose .....	14
3.1.5 Stationärer Aufenthalt.....	15
3.1.6 Zeitdauer der Beschwerden .....	16
3.1.7 Differenzialdiagnosen und Voroperationen.....	16
3.1.8 Trauma.....	17
3.2 Präoperative Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde .....	18

---

3.3	Apparative Untersuchung .....	20
3.4	Operationen, Operationsdauer und intraoperative Befunde.....	22
3.5	Postoperativer Verlauf .....	24
3.5.1	Postoperative Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde.....	24
3.5.2	Postoperative Komplikationen.....	26
3.5.3	Postoperative Zufriedenheit .....	27
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>31</b>
4.1	Demografische Daten .....	31
4.2	Präoperativ untersuchte Parameter .....	31
4.3	Operationsverfahren und Operationsergebnisse .....	34
4.3.1	Operationstechniken und Zugangswege .....	34
4.3.2	Vergleich eigener Ergebnisse mit der Literatur .....	35
4.4	Konsequenzen für Diagnostik und Therapie des Thoracic-Outlet-Syndroms .....	39
4.4.1	Konsequenzen für die Diagnostik.....	39
4.4.2	Konsequenzen für die operative Therapie .....	40
4.4.3	Konsequenzen für die postoperativen Kontrollen.....	41
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>48</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie der oberen Thoraxapertur .....	2
Abbildung 2: Markierung der Schnittstelle.....	10
Abbildung 3: Darstellung des Musculus scalenus anterior .....	11
Abbildung 4: Durchtrennung des Musculus scalenus anterior.....	11
Abbildung 5: Geschlechterverteilung .....	13
Abbildung 6: Altersverteilung.....	14
Abbildung 7: Seitenverteilung .....	14
Abbildung 8: Überweisende Fachärzte .....	15
Abbildung 9: Überweisungsdiagnosen .....	15
Abbildung 10: Zeitdauer der Beschwerden.....	16
Abbildung 11: Voroperationen wegen derselben Beschwerden .....	17
Abbildung 12: Präoperative Beschwerden.....	18
Abbildung 13: Klinische Untersuchungsbefunde .....	19
Abbildung 14: Klinische Tests.....	19
Abbildung 15: Reduzierter Reflexstatus .....	20
Abbildung 16: Bilaterale Halsrippen .....	20
Abbildung 17: Postoperative Kontrolle nach bilateraler Halsrippenresektion.....	20
Abbildung 18: Vergleich prä- und postoperativer Beschwerden	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten.....	25
Abbildung 19: Vergleich prä- und postoperativer Untersuchungsbefunde	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten.....	25
Abbildung 20: Vergleich prä- und postoperativer Provokationstests	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten.....	26
Abbildung 21: Vergleich der Zufriedenheit bei Entlassung und Nachuntersuchung	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	28

Abbildung 22: Zufriedenheit nach Geschlechterverteilung bei Nachuntersuchung	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	28
Abbildung 23: Zufriedenheit nach Altersverteilung bei Nachuntersuchung	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	29
Abbildung 24: Zufriedenheit nach Operationstechnik bei Nachuntersuchung	
nach $2,07 \pm 1,45$ Monaten ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	30

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Prädisponierende Faktoren .....	3
Tab. 2: Differenzialdiagnosen .....	6
Tab. 3: Erhobene Daten .....	8
Tab. 4: Differenzialdiagnosen aus der Anamnese ( $N_{Pat.} = 49$ ) .....	17
Tab. 5: Präoperative apparative Untersuchungen ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	22
Tab. 6: Operationen und Operationsdauer ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	23
Tab. 7: Intraoperativer Befund ( $N_{Op.} = 54$ ) .....	23
Tab. 8: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit den Zahlen der Literatur .....	36



## Abkürzungsverzeichnis

eR	erste Rippe
HR	Halsrippe
MSA	Musculus scalenus anterior
N	Anzahl
N <sub>Op.</sub>	Anzahl der Operationen
N <sub>Pat.</sub>	Anzahl der Patienten
N.	Nervus
oThA	obere Thoraxapertur
pPT	prominenter Processus transversus
TOS	Thoracic-Outlet-Syndrom

# 1 Einleitung

Der Begriff Thoracic-Outlet-Syndrom (TOS) wurde zum ersten Mal 1956 von Peet et al. (1956) für Zervikobrachialgien, Hypästhesien und andere Störungen an den oberen Extremitäten verwendet und 1958 durch Rob und Standeven (1958) zum Terminus Thoracic-Outlet-Kompressions-Syndrom ergänzt.

Die Bezeichnung subsumiert noch heute Kompressionssyndrome der oberen Thoraxapertur (oThA) wie das Halsrippensyndrom, Scalenus-anterior-Syndrom, Pectoralis-minor-Syndrom, Kostoklavikulärsyndrom, Hyperabduktionssyndrom und Paget-von-Schroetter-Syndrom.

Halsrippen (HR) waren bereits zur Zeit von Galen um 150 n. Chr. bekannt. Der deutsche Anatom Hunald beschrieb 1742 die HR und ihre Symptomatologie. Im Jahr 1920 berichtete erstmals Law von ligamentären Bandstrukturen zwischen der HR und der ersten Rippe (eR) und 15 Jahre später führte Ochsner den Begriff Scalenus-anticus-Syndrom ein (Ochsner et al. 1935, so zitiert nach Atasoy 2004a).

Die erste Beschreibung einer Resektion einer HR zur operativen Behandlung eines TOS geht auf das Jahr 1861 zurück und stammt von Coote (1861). Einen neuen operativen Ansatz stellte Murphy im Jahr 1908 mit der Resektion der eR vor (Murphy 1910, so zitiert nach Urschel und Kourlis 2007). Im Jahr 1927 führten Adson and Coffey (1927) erstmalig die Skalenotomie über einen supraklavikulären Zugang durch.

Der von Roos (1966) beschriebene transaxilläre Zugang zur Resektion der eR erfuhr trotz hoher Rezidivraten eine hohe Popularität in den 1960er Jahren, da diese Methode im Vergleich zu den anderen gebräuchlichen Verfahren, zum Beispiel der von Lord (1953 etablierten Resektion der Klavikula oder der von Clagett (1962) durchgeführten Resektion der eR über einen dorsalen Zugang deutlich weniger traumatisch war (Green et al. 1991; Atasoy 2004b).

Das TOS stellt mit allen Ursachen und klinischen Ausprägungen ein seltenes Krankheitsbild dar. Die Prävalenz wird zwischen 0,1–1 pro eine Million Einwohner geschätzt. Verlässliche Angaben zur Inzidenz liegen nicht vor. Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Das Geschlechterverhältnis beträgt 2–3:1 (Bürger und Debus 2012). Asthenische Frauen mit hängenden Schultern und langem Hals sowie athletische Männer mit kräftiger Hals- und Schultermuskulatur sind häufiger betroffen (Gruss 2000).

Zur Frage, ob es sich beim Thoracic-Inlet-Syndrom um ein eigenständiges Krankheitsbild oder eine Sonderform des TOS handelt, besteht nach wie vor kein Einvernehmen in der Literatur.

## 1.1 Anatomie und Pathogenese

Der Plexus brachialis und die Arteria subclavia verlaufen im Scalenus-Dreieck (Abb. 1). Sie ziehen zusammen mit der Vena subclavia durch den kostoklavikulären und den subpectoralen Raum in die Achselhöhle ein. Das Scalenus-Dreieck, der kostoklavikuläre Raum und der subpectorale Raum sind die potenziellen Kompressionsstellen der o. g. anatomischen Strukturen. Die in Tab. 1 aufgelisteten Faktoren können die Kompression der neurovaskulären Strukturen an den möglichen Engpassstellen begünstigen.

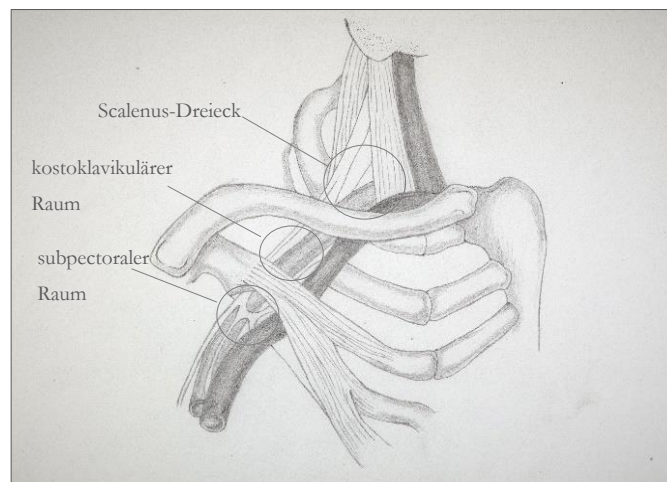


Abb. 1: Anatomie der oberen Thoraxapertur <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eigene Abbildung.

Tab. 1: Prädisponierende Faktoren

Angeborene/hereditäre Faktoren	Erworbene Faktoren
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duplikation der Klavikula<sup>1</sup></li> <li>• fibromuskuläre Bandstrukturen</li> <li>• hypertropher Musculus scalenus anterior</li> <li>• J-förmige erste Rippe<sup>2</sup></li> <li>• multiple hereditäre Exostosen<sup>3</sup></li> <li>• Musculus scalenus minimus</li> <li>• Halsrippe und prominenter Processus transversus</li> <li>• Steilstellung der ersten Rippe</li> <li>• Synostosis zwischen 1. und 2. Rippe<sup>4</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlstellung/Kallusbildung bei Humerus-, Klavikula-, Rippenfraktur</li> <li>• physiologische Senkung des Schultergürtels</li> <li>• Haltungsanomalien/Phänotypus <ul style="list-style-type: none"> <li>- asthenische Frauen</li> <li>- athletische Männer</li> </ul> </li> <li>• somatoforme Störungen<sup>5</sup></li> <li>• sportliche und berufliche Aktivitäten <ul style="list-style-type: none"> <li>- z. B. Bauarbeit</li> <li>- z. B. Tennis, Segeln</li> </ul> </li> <li>• Traumata im Hals und Schulterbereich <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hyperextensionstrauma</li> <li>- Quetsch- und Schlagtrauma</li> </ul> </li> <li>• Tumoren und entzündliche Prozesse <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hämangiom der ersten Rippe<sup>6</sup></li> <li>- fibröse Dysplasie der ersten Rippe<sup>7</sup></li> <li>- Lipom des Plexus brachialis<sup>8</sup></li> <li>- Hydatidenzyste der ersten Rippe<sup>9</sup></li> </ul> </li> </ul>

<sup>1</sup> Agarwal und Akhtar 2014; <sup>2</sup> Hashimoto et al. 1994; <sup>3</sup> Abdolrazaghi et al. 2018; <sup>4</sup> Reidler et al. 2014;

<sup>5</sup> Hameed et al. 1995; <sup>6</sup> Yeow und Hsieh 2001; <sup>7</sup> Melliere et al. 1991 und Kemp et al. 2012; <sup>8</sup> Kuyumdzhiyev et al. 2014 ; <sup>9</sup> Levy Faber et al. 2010.

Zu den bedeutendsten prädisponierenden anatomischen Besonderheiten gehören die HR und der prominente Processus transversus (pPT). Brewin et al. (2009) untersuchten 1352 Thorax-Röntgenaufnahmen, um die Prävalenz der HR in einer asymptomatischen Population zu bestimmen. Die Studie erbrachte für die HR eine Prävalenz von 0,74 % und für den pPT eine Prävalenz von 2,21 % (Brewin et al. 2009).

Fibromuskuläre Strukturen zwischen der HR und der eR werden zu den relevanten prädisponierenden Faktoren gezählt, finden sich jedoch auch in Kadaverstudien der asymptomatischen Population (Juvonen et al. 1995). Zudem stellen der asthenische Körperbautyp bei Frauen sowie der athletische Körperbau bei Männern einen erwiesenen Risikofaktor für ein TOS dar.

Als bedeutendster auslösender Faktor für die Entstehung des neurogenen TOS gilt ein vorausgegangenes Schleuder-, Schlag- oder Quetschtrauma im Bereich des Halses und der Schulter. Sanders und Pearce (1989) stellten in ihrer Studie bei 94 % der 668 Patienten in der Anamnese ein vorausgegangenes Trauma fest. Das Trauma verursacht Gewebsrisse, Hämatome und Ödeme der Musculi scaleni. Dieser Prozess führt später zur Fibrosierung des

Muskelgewebes und prädisponiert eine Kompression des Plexus brachialis besonders dann, wenn andere anatomische Anomalien beziehungsweise Variationen bestehen.

Im Unterschied zum neurogenen TOS wird das venöse TOS durch eine Kompression der Vena subclavia im kostoklavikulären Raum hervorgerufen, kann aber auch durch eine subpectorale Enge verursacht werden. Bestimmte berufliche oder sportliche kraftvolle und monotone, repetitive manuelle Tätigkeiten können bei der Entstehung des venösen TOS eine Rolle spielen.

Ein hypertropher Musculus scalenus anterior (MSA), ein abnormal lateral liegendes kostoklavikuläres Ligament oder eine massive Kallusbildung nach Klavikulafraktur können zu einer Kompression der Vena subclavia führen. Im Zeitverlauf kommt es dabei zu einer Mikrofibrosierung und auch einer Lumenreduktion und Thrombosierung der Vena subclavia, die durch wiederholte berufliche und sportliche Belastungen manifestiert werden.

Das arterielle TOS ist selten und hauptsächlich mit einer HR oder mit Anomalien der Klavikula assoziiert. Die knöchernen Anomalien verursachen Aneurysmata, posturale Stenosen und poststenotische Dilatationen der Arteria subclavia. Die Stenosen und Aneurysmata führen schließlich zu rezidivierenden arteriellen Embolien der Arterien.

## **1.2 Symptomatik und Diagnostik**

Das TOS geht mit einer Vielzahl von Beschwerden einher und kann je nach führender Symptomatik in Abhängigkeit der komprimierenden Strukturen in das neurogene und das vaskuläre TOS unterteilt werden. Diese Einteilung ist essenziell, da je nach Typ des TOS unterschiedliche diagnostische und therapeutische Vorgehensweisen notwendig sind.

### **1.2.1 Neurogenes Thoracic-Outlet-Syndrom**

Etwa 98–99 % aller Patienten mit TOS leiden an neurogenen Beschwerden (Brantigan und Roos 2004; Session 1982; Urschel et al. 1976). Diese Beschwerden können isoliert oder in einer Kombination mit vaskulären Symptomen in Erscheinung treten. Im initialen Stadium stellen sich typischerweise ausstrahlende Schmerzen, Hypästhesien oder Parästhesien im Unterarm und in der Hand ein. Im fortgeschrittenen Stadium kommen Muskelatrophien, klassischerweise im Thenar und Hypothenar hinzu. Die Musculi interossei sind ebenfalls häufig betroffen.

### **1.2.2 Vaskuläres Thoracic-Outlet-Syndrom**

Das vaskuläre TOS wird wiederum in eine venöse und eine arterielle Form unterteilt. Die venöse Symptomatik besteht nur bei 2–3 % der TOS-Fälle. Es kommt häufig bei jungen und aktiven Männern in Form von Spannungsgefühlen, Schwellungen, Zyanosen und verdickten epifaszialen Venen auf der dominanten Seite vor. Dagegen sind die häufigsten Symptome des arteriellen TOS durch Embolien ausgelöste akute Ischämiezeichen mit starken Schmerzen, Blässe und abgeschwächten Pulsen der Armarterien der oberen Extremitäten. Sie treten meistens bei jungen und ansonsten gesunden Individuen auf.

### **1.2.3 Klinische Diagnostik**

Neben der Anamnese können verschiedene klinische Provokationstests durchgeführt werden. Hier ist zu beachten, dass in der Literatur keine verbindlichen Angaben zur Sensitivität und Spezifität dieser Tests vorliegen. Allgemein wird angenommen, dass die Tests bei hoher Sensitivität eine signifikant niedrige Spezifität aufweisen (Gillard et al. 2001; Sadeghi-Azandaryani et al. 2009).

Wenn das Drehen des Kopfes und Heben des Kinns zur Seite der Kompression bei gleichzeitiger tiefer Inspiration zum Erlöschen des Radiuspulses oder zum Auftreten von neurologischen Symptomen führt, wird das Adson-Manöver als positiv bewertet (Adson and Coffey 1927). Bei positivem Scalenus-Test als eine Variante des Adson-Manövers löst der Längszug der Arme bei gleichzeitiger Rotation des Kopfes zur Seite der Kompression und bei tiefer Inspiration neurologische Symptome aus.

### **1.2.4 Apparative Diagnostik**

Unter den verschiedenen neurophysiologischen Verfahren erweisen sich die Leitungsmessung des N. cutaneus antebrachii medialis, ein Stimulationstest der C8-Nervenwurzel sowie die Kombination beider Methoden als effektiv (Machanic und Sanders 2008; Machanic 2013). Als bildgebende Verfahren stehen in erster Linie native Röntgenaufnahmen der oThA zur Verfügung. Die Magnetresonanztomographie und die Computertomographie der Halswirbelsäule haben einen hohen Stellenwert zum Ausschluss von zervikalen Wurzelkompressionssyndromen bei nicht eindeutig differenzierbaren Symptomen.

Die hochauflösende Magnetresonanztomographie und die Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI) als neueste Methoden in der TOS-Diagnostik ermöglichen die Identifizierung der Kompressionsstelle und die Darstellung der anatomischen Anomalien in der oThA mit hoher Genauigkeit.

Die arterielle und die venöse Subtraktionsangiographie der Armgefäße sind von herausragender Bedeutung bei Verdacht auf ein vaskuläres TOS.

Die Doppler- und Duplexsonographien der Arterien können im Einzelfall ergänzend durchgeführt werden.

### 1.2.5 Koexistenz und Differenzialdiagnosen

Für das neurogene TOS gibt es keine eindeutige klinische Symptomatik. In der Literatur wurden unterschiedliche Differenzialdiagnosen beschrieben (Tab. 2), deren operative Therapien auch Ursache schlechter postoperativer Ergebnisse sein können (Bürger und Debus 2012; Jordan 2013).

Tab. 2: Differenzialdiagnosen des Thoracic-Outlet-Syndroms

Differenzialdiagnosen und koexistierende Diagnosen des neurogenen TOS	Differenzialdiagnosen des venösen TOS	Differenzialdiagnosen des arteriellen TOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• chronische Zephalgien</li> <li>• Fibromyalgie</li> <li>• Karpaltunnelsyndrom</li> <li>• multiple Sklerose</li> <li>• myofasiales Schmerzsyndrom</li> <li>• periphere Neuropathie</li> <li>• Rotatorenmanschettenruptur</li> <li>• Syringomyelie</li> <li>• Kubitaltunnelsyndrom</li> <li>• zervikale Dystonie</li> <li>• zervikale Rückenmarkläsion</li> <li>• zervikale/thorakale Radikulopathie</li> <li>• zervikales Facettengelenksyndrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• chronisches Rechts-herzversagen</li> <li>• postphlebitisches Syndrom</li> <li>• Hypothyreose</li> <li>• Klippel-Trénaunay-Syndrom</li> <li>• Polymyositis</li> <li>• sekundäre Venenthrombose</li> <li>• Sklerodermie</li> <li>• systemischer Lupus erythemathodes</li> <li>• Thrombophlebitis</li> <li>• Vena-cava-superior-Syndrom</li> <li>• zentrale venöse Stenose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angina pectoris</li> <li>• Arteriosklerose</li> <li>• Bindegewebsstörungen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ehlers-Danlos-Syndrom IV</li> <li>- Marfan-Syndrom</li> </ul> </li> <li>• Embolien anderer Ursachen <ul style="list-style-type: none"> <li>- kardial</li> <li>- Koagulopathien</li> </ul> </li> <li>• okklusives Aneurysma</li> <li>• Pancoast-Tumor</li> <li>• Takayasu-Arteriitis</li> <li>• Thromboangiitis obliterans</li> </ul>

## 1.3 Operative Therapie

Die Indikation zur operativen Behandlung besteht bei drohenden vaskulären Komplikationen oder einer therapierefraktären Schmerzsymptomatik.

Um eine komplette Dekompression des neurovaskulären Bündels zu erzielen, wird als Standardverfahren die Entfernung des hypertrophen MSA mit fibromuskulären Bandstrukturen sowie die Entfernung der eR und der HR über einen supraklavikulären, transaxillären oder einen kombinierten Zugang durchgeführt. Diese Operationen ermöglichen einen guten Überblick über die neurovaskulären Strukturen.

---

Computerassistierte endoskopische und roboterassistierte Resektionen der eR oder einer HR wurden von verschiedenen Arbeitsgruppen entwickelt (Martinez et al. 2005; George et al. 2017; Kocher et al. 2018; Wybaillie et al. 2018).

#### **1.4 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit**

Nur etwa die Hälfte der TOS lässt sich nach sorgfältiger neurologischer, neurophysiologischer und radiologischer Diagnostik auf einen Befund zurückführen, der die Indikation zur Operation rechtfertigt. Da es auch bei langjährig bestehenden relevanten Beschwerden durch ein TOS oft keinen eindeutigen klinischen, elektrophysiologischen oder radiologischen Indikator für eine operative Therapie gibt, unterliegt die Indikationsstellung in hohem Maß dem subjektiven Urteil des Chirurgen. Vor diesem Hintergrund sollen in dieser Arbeit im Sinne einer Qualitätssicherung die Indikationen bei den Patienten, die im Agaplesion Diakonieklinikum in Rotenburg/Wümme im Zeitraum von 2002 bis 2019 operiert wurden, retrospektiv überprüft werden. Ein weiteres Ziel dieser Studie ist die Auswertung der Effektivität der hier eingesetzten operativen Therapie des TOS.



## 2 Material und Methodik

Als Quelle für die Datenerhebung dienten das elektronische Datenarchivierungsprogramm des Agaplesion Diakonieklinikums Rotenburg/Wümme, analoge Patientenakten und Arztbriefe.

Für diese Studie fanden alle Patienten Berücksichtigung, die zwischen 2002 und 2019 im Agaplesion Diakonieklinikum Rotenburg/Wümme aufgrund eines TOS chirurgisch behandelt wurden. In dem hier untersuchten Kollektiv erfolgten alle Eingriffe durch denselben Facharzt für Neurochirurgie mit der Konsequenz, dass die erhobenen Befunde und Operationsergebnisse direkt vergleichbar sind.

Die Datenerfassung orientierte sich an den drei Phasen der Patientenbetreuung. In der ersten Phase wurden allgemeine Patientendaten, die subjektive Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde in der präoperativen Sprechstunde und bei der stationären Aufnahme erhoben (Tab. 3). Die zweite Phase umfasste die Dokumentation der intraoperativen Befunde sowie der frühen perioperativen Beschwerden und Komplikationen während des stationären Aufenthalts (im Durchschnitt 3,7 Tage) und bei der Entlassungsuntersuchung. In der letzten Phase erfolgte die Erfassung der postoperativen Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde bei der ambulanten Kontrolluntersuchung nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten.

Mithilfe eines standardisierten Untersuchungsbogens (s. Anhang) wurden die Daten gesammelt und in einer Excel-Datenbank tabellarisch gespeichert.

Tab. 3: Erhobene Daten

Erhobene Daten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• überweisender Arzt und Überweisungsdiagnose</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• demografische Daten (Alter bei der Operation, Geschlecht)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschwerdedauer vor der Operation</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• subjektive Beschwerdesymptomatik, klinische und apparative Untersuchungsbefunde</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• OP-Technik, OP-Dauer und intraoperative Befunde</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschwerdesymptomatik und Zufriedenheit bei Entlassung und Nachuntersuchung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• postoperative Komplikationen und Beschwerden</li> </ul>

Die Namen der Patienten/Probanden etc. und alle anderen vertraulichen Informationen unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht und den Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG). Eine Angabe von Patienten-/Probandendaten erfolgte ggf. nur in anonymisierter Form. Dritte erhielten keinen Einblick in die Originalunterlagen.

Die Arbeit wurde in Übereinstimmung mit der aktuellen Fassung der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

Die Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen beurteilte die Studie als ethisch unbedenklich (Antragsnummer 23/3/18).

Als Literaturverwaltungsprogramm kam Citavi® mit dem Zitierstil der Universitätsmedizin Göttingen zum Einsatz.

## **2.1 Statistische Bewertung**

Alle relevanten Daten wurden zunächst in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und dann zur statistischen Auswertung in das Programm SPSS übertragen. Für die Betrachtung zweier kategorialer Variablen auf signifikante Unterschiede wurden die Hypothesen mit dem Chi-Quadrat-Test und bei Besetzungszahlen von  $N < 5$  mit dem exakten Fisher-Test vorgenommen.

Im Rahmen der deskriptiven Datenanalysen fanden der minimale und der maximale Wert, der Median, der Durchschnittswert, die Standardabweichung, die Spannweite und der Signifikanzwert Verwendung. Um die eigenen Ergebnisse mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichen zu können, wurde sowohl der Median als auch der Durchschnittswert beschrieben. Sämtliche Grafiken und Tabellen des Ergebnisteils entstanden mithilfe der oben genannten Programme.

## **2.2 Operationstechnik**

Alle Patienten wurden in Intubationsnarkose und unter Verwendung des Operationsmikroskops operiert. Folgende Operationsmethoden kamen zum Einsatz.

### **2.2.1 Komplette Skalenotomie über den supraklavikulären Zugang**

Der Patient wird in Rückenlage mit leicht erhöhtem Oberkörper und leichter Wendung des Kopfes zur Gegenseite gelagert. Es wird ein ca. 7 cm langer Hautschnitt 2 cm oberhalb der Klavikula und lateral vom sternalen Ansatz des Musculus sternocleidomastoideus angelegt (Abb. 2). Dann wird das Platysma durchtrennt und der Musculus omohyoideus dargestellt, an dessen medialem Ansatz der MSA identifiziert wird. Unter medialer Verlagerung des Musculus sternocleidomastoideus kommt der N. phrenicus zur Darstellung, der über den MSA hinwegzieht (Abb. 3). Der N. phrenicus wird mit einem Vessel-Loop angeschlungen und nach medial mobilisiert. Der MSA wird dann ca. 2 cm oberhalb seiner Insertion an der

ersten Rippe schrittweise durchtrennt (Abb. 4), sodass der Plexus brachialis in der Tiefe einsehbar ist.

Bei Vorhandensein einer symptomatischen HR werden nach Durchtrennung des MSA der Plexus brachialis und die darunterliegende HR aufgesucht und mithilfe von Stanzen abgetragen.

Wenn die fibromuskulären Bänder zwischen der HR und der eR differenzierbar sind, werden sie ebenfalls reseziert. Nach sorgfältiger Blutstillung erfolgt der Wundverschluss.

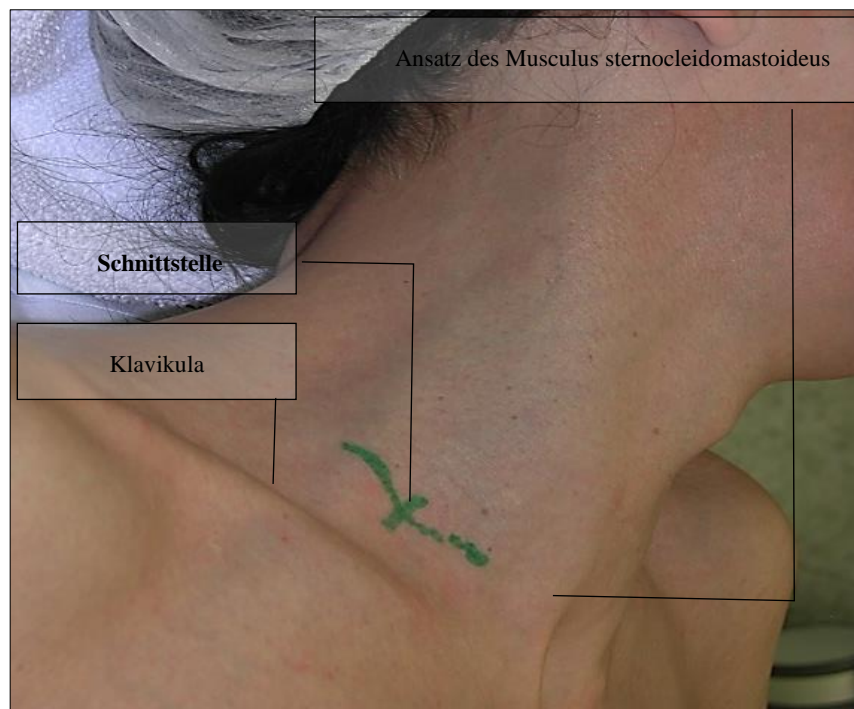


Abb. 2: Markierung der Schnittstelle

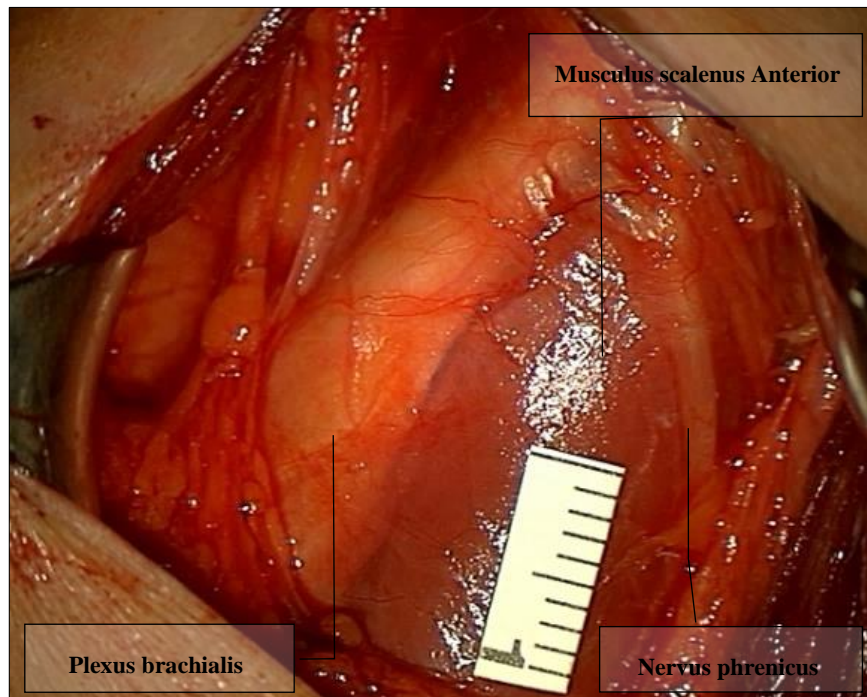


Abb. 3: Darstellung des Musculus scalenus anterior

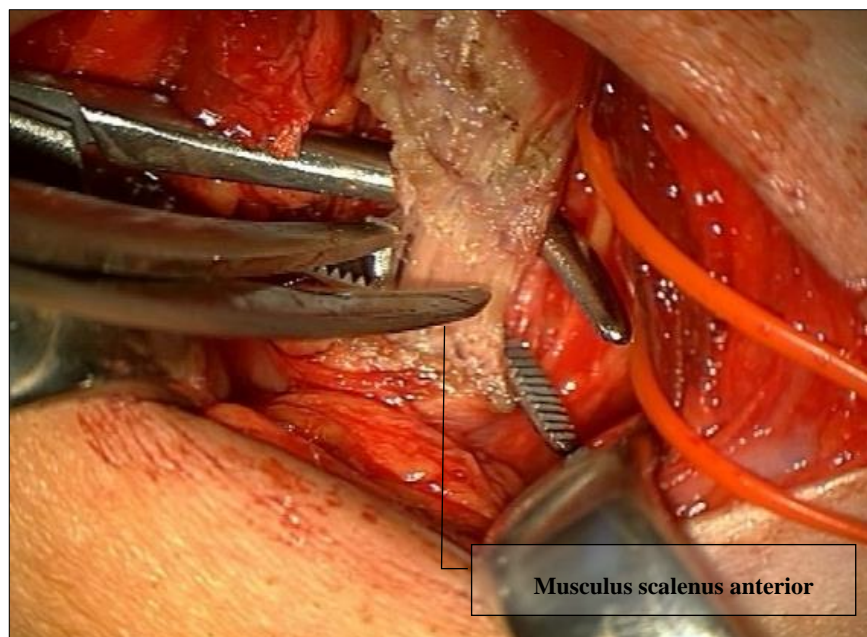


Abb. 4: Durchtrennung des Musculus scalenus anterior

### 2.2.2 Skalenotomie mit Resektion der ersten Rippe

Die Lagerung und Schnittführung erfolgt wie bei der kompletten Skalenotomie. Nach der kompletten Durchtrennung des MSA wird unter Elevation des Arms die Lücke zwischen Klavikula und erster Rippe ausgetastet und diese zwischen der Arteria subclavia und dem

---

kaudalen Teil des Plexus brachialis dargestellt. Nach Identifikation und nochmaligem Überprüfen der Lage erfolgt die Resektion der eR einerseits bis zu ihrem Ansatz am Sternum und andererseits bis auf die Höhe des Querfortsatzes des siebten Halswirbelkörpers.

## 3 Patientengut und Ergebnisse

### 3.1 Allgemeine Erhebungen

#### 3.1.1 Geschlechterverteilung

Das untersuchte Kollektiv von 49 Patienten ( $N_{\text{Pat.}}$ ) mit insgesamt 54 Operationen ( $N_{\text{Op.}}$ ) setzte sich aus 35 Frauen mit 39 Eingriffen und 14 Männern mit 15 Eingriffen zusammen. Das in Abb. 5 dargestellte Verhältnis von Frauen zu Männern lag damit bei 2,5:1.

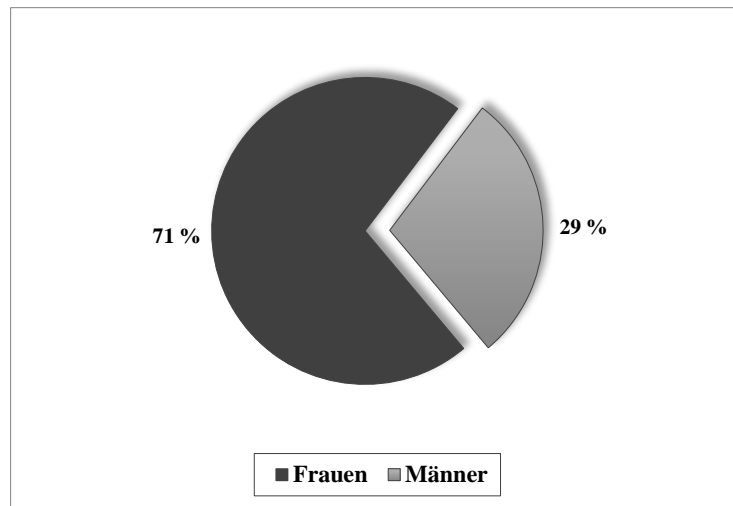


Abb. 5: Geschlechtsverteilung ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

#### 3.1.2 Altersverteilung

Zum Zeitpunkt der operativen Behandlung lag die Altersspanne der Patienten zwischen 25 und 70 Jahren mit einem Durchschnittsalter der Frauen von 46,8 Jahren und der Männer von 51,2 Jahren (Medianwert bei den Frauen:  $48 \pm 10,9$  Jahre, bei den Männern:  $52 \pm 4,6$  Jahre).

Die jüngste Patientin war 25 Jahre, die älteste Patientin 70 Jahre alt; der jüngste männliche Patient 33 Jahre und der älteste Patient 64 Jahre alt.

Wie aus Abb. 6 ersichtlich, ist bei weiblichen Patienten die Altersgruppe zwischen dem 40. und dem 60. Lebensjahr am häufigsten vertreten, bei den Männern kommt das TOS zwischen dem 45. und dem 60. Lebensjahr am häufigsten vor.

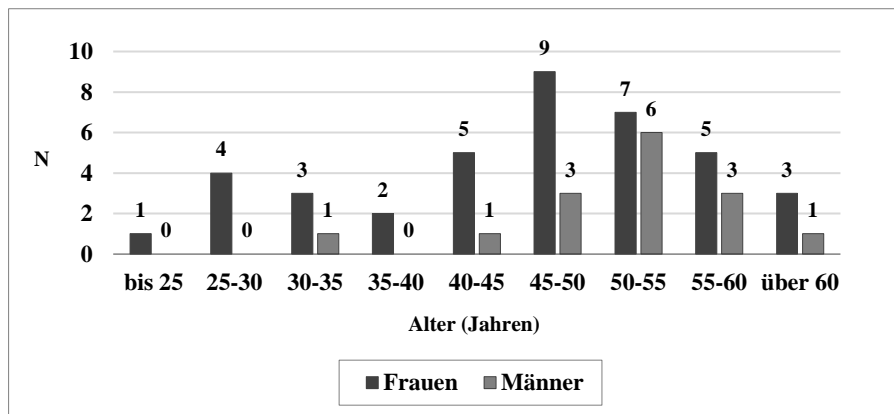


Abb. 6: Altersverteilung ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

### 3.1.3 Seitenverteilung

Bei 19 Patienten (39 %) wurde ein linkseitiges und bei 16 Patienten (33 %) ein rechtsseitiges TOS festgestellt. Bei 14 Patienten (28 %) war die Symptomatik beidseitig. Daraus resultiert, dass der linke Arm häufiger als der rechte betroffen war (Abb. 7). Die Händigkeit der Patienten war in der Regel nicht dokumentiert.

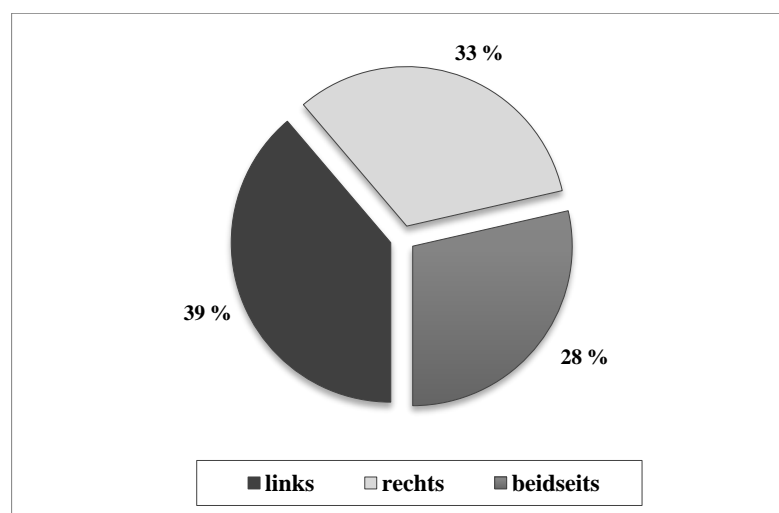


Abb. 7: Seitenverteilung ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

### 3.1.4 Überweisender Arzt und Überweisungsdiagnose

Die Überweisung in die neurochirurgische Ambulanz erfolgte bei 46 Patienten durch ambulant tätige Fachärzte (niedergelassene oder Klinikärzte mit Medizinischem Versorgungszentrum/Ambulanz; Abb. 8). Drei Patienten wurden von Kollegen aus dem eigenen Haus (zwei Patienten von neurologischen, ein Patient von orthopädischen Kollegen) überwiesen.

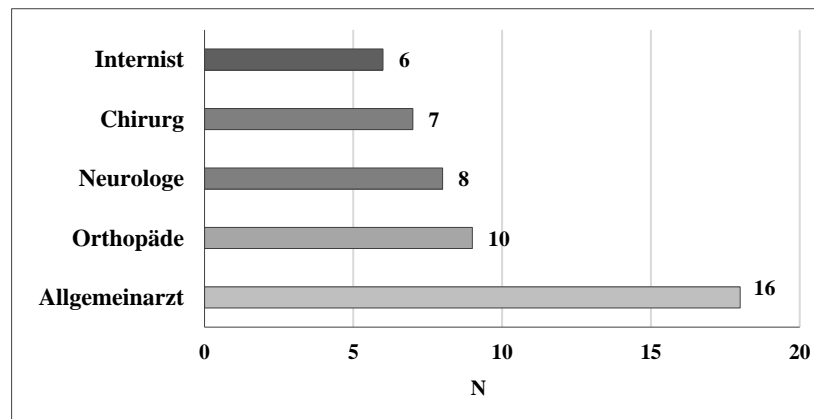


Abb. 8: Einweisende Fachärzte ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

Der Abb. 9 sind die verschiedenen Überweisungsdiagnosen unter Berücksichtigung des Geschlechts zu entnehmen. In unserem Patientengut wurden 15 (42,8 %) Patientinnen mit Verdacht auf eine zervikale Radikulopathie, vier (11,4 %) Patientinnen wegen Neuralgien im Schulterbereich und zwei (5,7 %) Patientinnen aufgrund therapieresistenter Schulterschmerzen eingewiesen. Bei vier Patienten (28,6 %) erfolgte eine Einweisung in die Klinik wegen Verdachts auf eine zervikale Radikulopathie, bei zwei (14,3 %) Patienten wegen Neuralgien im Schulterbereich und bei drei (21,4 %) Patienten wegen therapieresistenter Schulterschmerzen. Bei der Einweisung bestand damit nur bei 19 Patienten (15 Frauen, vier Männer, insgesamt 39 %) ein Verdacht auf ein TOS-/Scalenus-Syndrom.

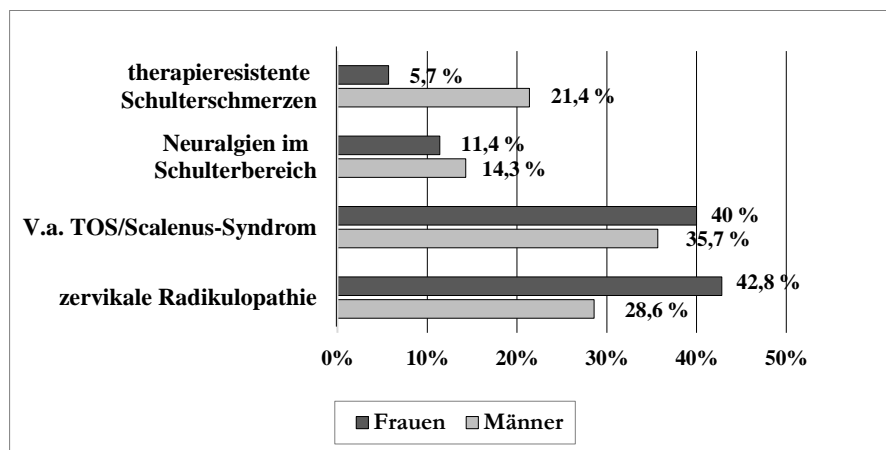


Abb. 9: Überweisungsdiagnosen ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

### 3.1.5 Stationärer Aufenthalt

Die Dauer des stationären Aufenthaltes korrelierte mit den postoperativen Beschwerden und der häuslichen Versorgung und betrug im Durchschnitt 3,7 Tage; die kürzeste zwei, die längste acht Tage.



### 3.1.6 Zeitdauer der Beschwerden

Die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Symptomatik und der Operation wurde zur grafischen Verdeutlichung in fünf Zeitabschnitte eingeteilt. Die Mehrheit der Patienten ( $N = 16$ , 32,6 %) gab eine Zeitdauer von über fünf Jahren an. Dreizehn Patienten (26,5 %) berichteten von einer Zeitspanne von ein bis zwei Jahren, elf Patienten (22,4 %) von fünf Monaten bis zu einem Jahr und vier Patienten (8,1 %) zwischen zwei und fünf Jahren. Für fünf Patienten (10,2 %) ergab sich eine Zeitdauer von bis zu sechs Monaten zwischen den erstmaligen Beschwerden und der Operation (Abb. 10).

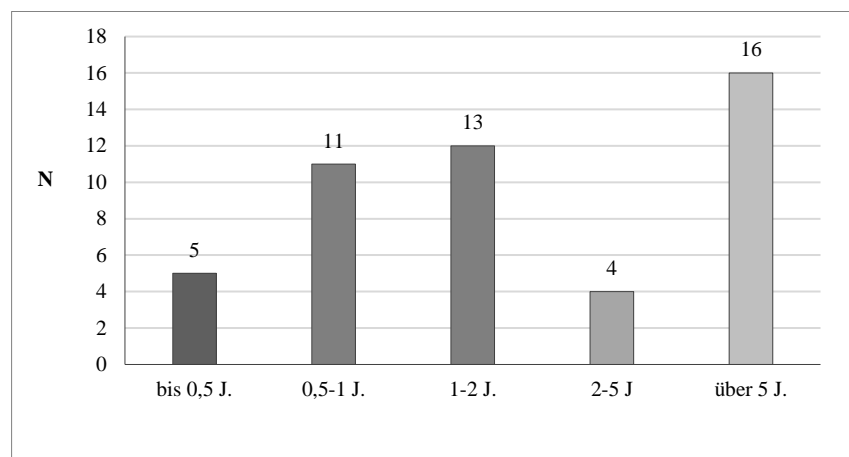


Abb. 10: Zeitdauer der Beschwerden ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

### 3.1.7 Differenzialdiagnosen und Voroperationen

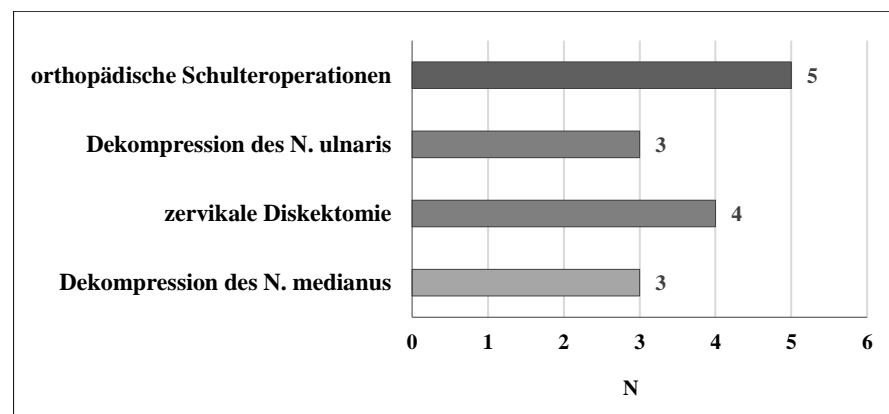
Für einen einheitlichen Bewertungsmaßstab fanden die Differenzialdiagnosen sowie wesentliche Vorerkrankungen nur dann Berücksichtigung, wenn sie zum Zeitpunkt der Erstoperation vorlagen. Die Differenzialdiagnosen und wesentliche Vorerkrankungen wurden von auswärtigen Kollegen festgestellt. Wie aus Tab. 4 ersichtlich, stellten bei jeweils elf Patienten (22,4 %) die zervikale Radikulopathie und das Kubitaltunnelsyndrom die häufigsten Differenzialdiagnosen dar. Bei fünf Patienten (10,2 %) wurden orthopädische Schulterprobleme und bei zwei Patienten (4,1 %) wurde ein Karpaltunnelsyndrom festgestellt. Eine Koinzidenz von zwei Differenzialdiagnosen lag bei sechs Patienten (12,2 %) vor. Bei fünf Patienten kamen präoperativ drei Differenzialdiagnosen infrage.

Als Vorerkrankungen gaben sieben Patienten (14,3 %) arterielle Hypertonie, acht Patienten (16,3 %) Adipositas und sechs Patienten (12,2 %) Depressionen an.

Tab. 4: Differenzialdiagnosen aus der Anamnese ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

Differenzialdiagnosen	N
Karpaltunnelsyndrom	2
Karpaltunnelsyndrom und orthopädische Schulterprobleme	2
Karpaltunnelsyndrom, zervikale Radikulopathien und Kubitaltunnelsyndrom	5
Kubitaltunnelsyndrom	11
orthopädische Schulterprobleme	5
Plexusneuritis	1
zervikale Radikulopathien und orthopädische Schulterprobleme	2
zervikale Radikulopathien	11
zervikale Radikulopathien und Kubitaltunnelsyndrom	2

Voroperationen wegen derselben Beschwerden in der Anamnese der Patienten wurden als Hinweis auf die oft schwierige Diagnosestellung beim TOS gewertet. Bei fünf Patienten (10,0 %) erfolgten Operationen wegen orthopädischer Schulterprobleme, vier Patienten (8,2 %) wurden an zervikalen Radikulopathien, drei Patienten (6,1 %) aufgrund des Karpaltunnelsyndroms und drei Patienten (6,1 %) wegen des Kubitaltunnelsyndroms operiert (Abb. 11).

Abb. 11: Voroperationen wegen derselben Beschwerden ( $N_{\text{Pat.}} = 49$ )

### 3.1.8 Trauma

Für vier Patienten (8,2 %) war ein vorausgegangenes Trauma im Hals- und Schulterbereich dokumentiert. Diese Anzahl könnte tatsächlich höher gewesen sein, da im Rahmen der präoperativen Untersuchung vorausgegangene Traumen nicht systematisch erfasst wurden.

### 3.2 Präoperative Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde

Erwartungsgemäß waren bei allen 49 Patienten (100 %) mit 54 Operationen ( $N_{Op.}$ ) subjektive neurologische Beschwerden vorhanden, wie in Abb. 12 veranschaulicht.

Präoperativ klagten die Patienten am häufigsten über Hypästhesien im Unterarm und in der Hand ( $N = 39$ ; 72,2 %). Ausstrahlende Schmerzen bis zu den Fingern IV und V, die durch die Kompression des Plexus brachialis ausgelöst wurden, stellten das zweithäufigste Symptom ( $N = 38$ ; 70,3 %) dar. Parästhesien im Unterarm und in der Hand geben 33 Patienten (61,1 %) an. Die beschriebenen Hyp- und Parästhesien waren erwartungsgemäß in keinem Fall eindeutig einem Dermatome zuzuordnen. Ein Schwächegefühl des Unterarms und der Hand im Sinne eines vaskulären TOS war lediglich bei sieben Patienten (12,9 %) vorhanden.

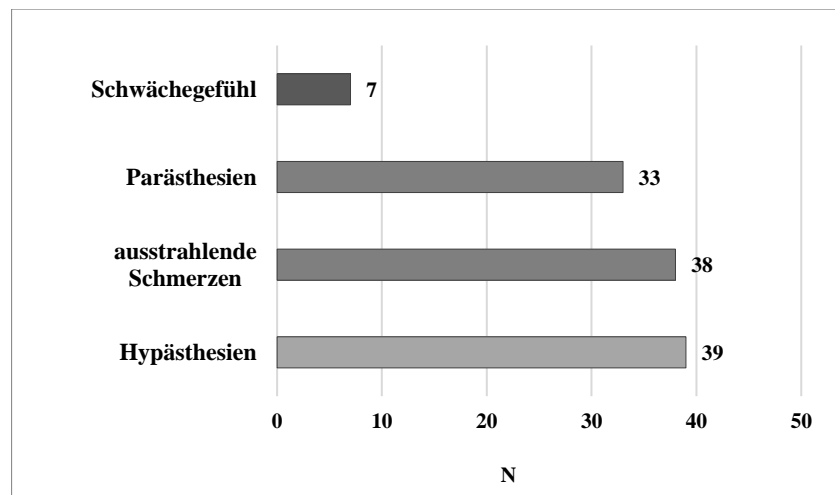


Abb. 12: Präoperative Beschwerden ( $N_{Op.} = 54$ )

Bei der klinischen Untersuchung ergab sich in 49 Fällen (90,7 %) eine Druckempfindlichkeit in der Supraklavikularregion über dem Plexusverlauf der betroffenen Seite (Abb. 13). In 13 Fällen (24,1 %) war eine Parese unterschiedlicher Ausprägung in der Unterarm- und Handmuskulatur zu objektivieren. Eine Muskelatrophie im Thenar und Hypothenar, die häufig bei Fortschreiten des TOS auftritt, wurde in vier Fällen (7,4 %) beobachtet. Eine Fingerfeinmotorikstörung fiel bei einem Patienten (1,8 %) auf.

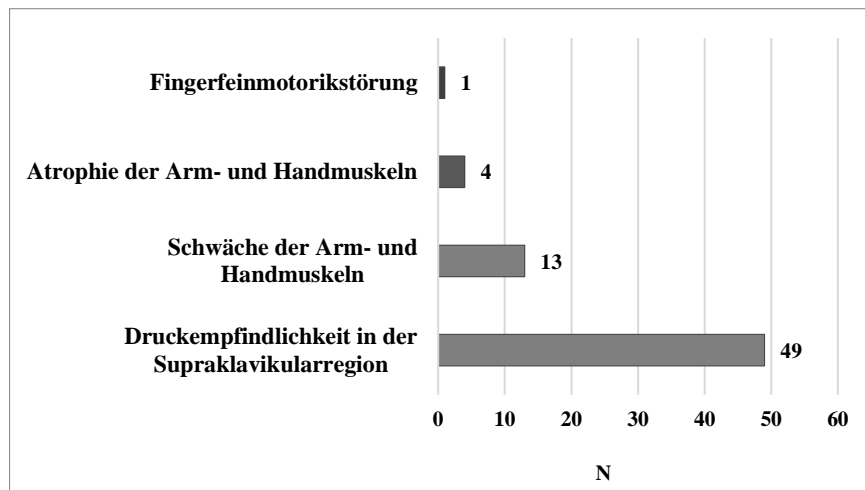


Abb. 13: Klinische Untersuchungsbefunde ( $N_{Op.} = 54$ )

In der Literatur sind verschiedene Provokationstests beschrieben. Die Untersuchung der Patienten dieser Studie erfolgte präoperativ mittels Adson-Manöver und der oben beschriebenen Modifikation, dem Scalenus-Test. Ein typisches Hoffmann-Tinel-Zeichen, das als eine ausgeprägtere Druckempfindlichkeit in der Supraklavikularregion gedeutet wurde, war in neun Fällen präoperativ auslösbar (16,6 %). Wie in Abb. 14 demonstriert, war präoperativ in 38 Fällen (70,3 %) über das Adson-Manöver und in 31 Fällen (57,4 %) über den Scalenus-Test ein Erkrankungshinweis abzuleiten.

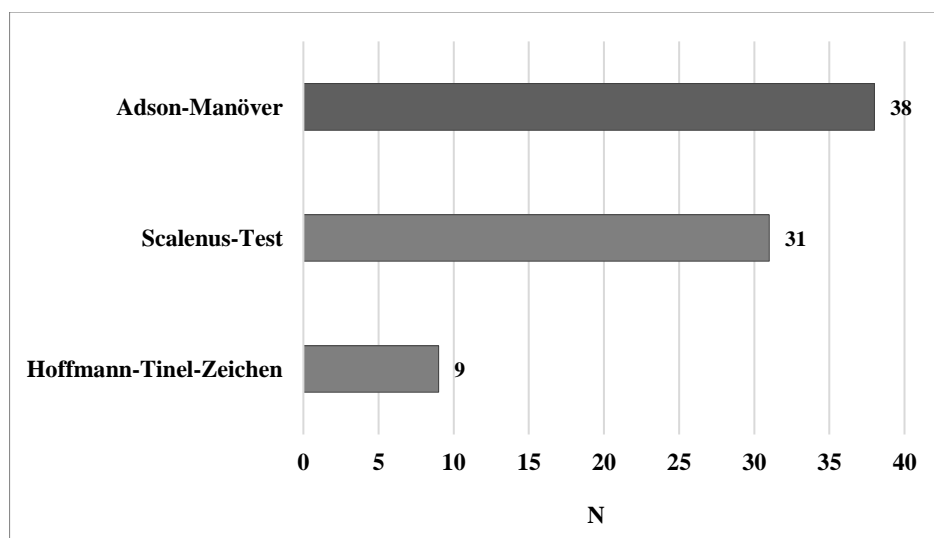


Abb. 14: Klinische Tests ( $N_{Op.} = 54$ )

Wie aus Abb. 15 hervorgeht, zeigte sich bei acht Patienten (14,8 %) ein abgeschwächter ipsilateraler Bizepssehnenreflex und bei sieben Patienten (12,9 %) ein abgeschwächter ipsilateraler Trizepssehnenreflex.

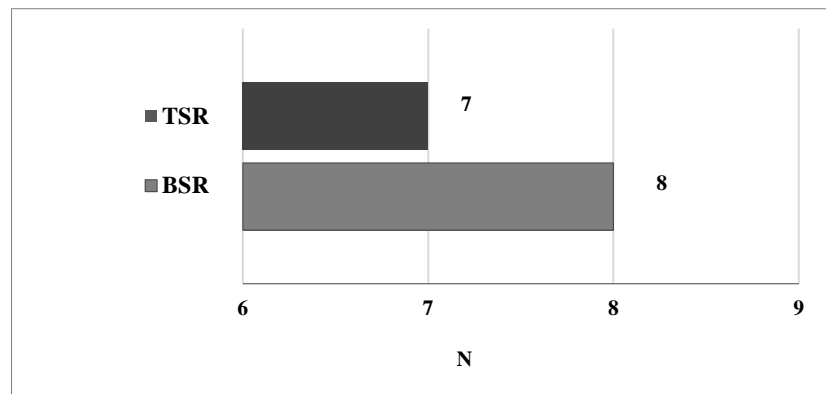


Abb. 15: Reduzierter Reflexstatus ( $N_{Op.} = 54$ )

### 3.3 Apparative Untersuchung

Bei jedem Patienten erfolgte eine Röntgenaufnahme der oThA zum Ausschluss ossärer Anomalien/Variationen. Hierbei zeigte sich bei zehn Patienten (20,4 %) eine HR, bei vier Patienten (8,2 %) wurde ein pPT festgestellt. In den Abb. 16 und 17 sind Aufnahmen der bilateralen HR (präoperativ) und die postoperative Kontrolle nach der HR-Resektion zu sehen. In der Tab. 5 sind die präoperativen apparativen Untersuchungen mit Art und Anzahl der Befunde aufgeführt.



Abb. 16: Bilaterale Halsrippen



Abb. 17: Postoperative Kontrolle nach  
bilateraler Halsrippenresektion<sup>2</sup>

Bei einer nicht eindeutig differenzierbaren Symptomatik und differenzialdiagnostischer Relevanz konnte im Rahmen der präoperativen Diagnostik mithilfe der Kernspintomographie bei acht Patienten (16,3 %) ein zervikaler Bandscheibenvorfall diagnostiziert werden (bei vier Patienten von niedergelassenen Kollegen, bei vier Patienten in unserer Klinik).

Eine elektrophysiologische Untersuchung wurde lediglich bei bestehendem differenzialdiagnostischen Klärungsbedarf hinzugezogen. Bei insgesamt fünf Patienten (10,2 %) zeigte sich eine Leitungsverzögerung des N. ulnaris. Eine Dopplersonographie erfolgte bei drei Patienten und bei einem Patienten (0,2 %) konnte eine Stenose der Arteria subclavia festgestellt werden. Mithilfe einer Angiographie/Subtraktionsangiographie der Armarterien konnte bei drei Patienten (0,6 %) eine Stenose der Arteria subclavia bestätigt werden.

---

<sup>2</sup> Die Verwendung der Abbildungen erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. H. Kolenda.

Tab. 5: Präoperative apparative Untersuchungen (N<sub>Op.</sub> = 54)

Apparative Diagnostik	Befund	N
Röntgen der oberen Thoraxapertur	Halsrippe	10
	prominenter Processus transversus	4
Computertomographie der Halswirbelsäule/Schulter	Tendinosis calcarea	1
	massive Kallusbildung der Klavikula	1
Magnetresonanztomographie der Halswirbelsäule/Schulter	zervikaler Bandscheibenvorfall	8
Dopplersonographie der Arterien	Stenose der Arteria subclavia	1
Angiographie/Subtraktionsangiographie der Arterien	Stenose der Arteria subclavia	3
elektrophysiologische Diagnostik	Leitverzögerung des N. ulnaris	5

### 3.4 Operationen, Operationsdauer und intraoperative Befunde

Die offene Dekompression des Gefäßnervenbündels in der oThA in Form einer kompletten Skalenotomie mit Resektion der Bandstrukturen zwischen der HR und der eR war der häufigste Eingriff (N = 26; 48,1 %). In zehn Fällen (18,5 %) wurde eine komplette Skalenotomie mit Resektion der HR/pPT, ebenso in zehn Fällen (18,5 %) eine komplette Skalenotomie mit Resektion der eR, in zwei Fällen (3,8 %) eine partielle Skalenotomie mit Resektion der Bandstrukturen, in vier Fällen (7,5 %) eine Resektion der HR/pPT und in einem Fall (1,8 %) eine Resektion der eR als Rezidiveingriff vorgenommen. In einem Fall (1,8 %) fand sich keine Ursache für die angenommene TOS-Symptomatik.

Alle Eingriffe erfolgten durch denselben Operateur. Bei 20 Patienten (35,8 %) wurde ein rechtsseitiges, bei 24 Patienten (45,2 %) ein linksseitiges TOS operativ behandelt. Zwei Patienten (3,7 %) wurden in getrennten Sitzungen mit einem Mindestabstand von zwei Monaten beidseitig operiert. Aufgrund rezidivierender Beschwerden fand nach einer Resektion der HR und pPT nach sechs Jahren eine komplette Skalenotomie statt. Bei einem Patienten erfolgte drei Jahre nach einer kompletten Skalenotomie eine Resektion der eR. Da bei einer Patientin die Beschwerden nach einer kompletten Skalenotomie persistierten, wurde zwei Jahre nach dem ersten Eingriff eine Resektion der eR durchgeführt. Somit ergab sich eine Gesamtzahl von 54 Operationen mit einer Rezidivquote von 5,5 %.

Tab. 6: Operationen und Operationsdauer ( $N_{Op.} = 54$ )

OP-Technik	OP-Dauer (min)			N
	Minimum	Maximum	Median	
komplette Skalenotomie mit Resektion der Bandstrukturen	35	88	60	26
komplette Skalenotomie mit Resektion der HR/pPT <sup>3</sup>	74	125	88	10
komplette Skalenotomie mit Resektion der eR <sup>4</sup>	103	195	161	10
partielle Skalenotomie mit Resektion der Bandstrukturen	58	92	78	2
Resektion der HR/pPT ohne Skalenotomie	72	79	74	4
Resektion der eR ohne Skalenotomie	45			1
Sonstige	76			1

Die Verteilung der Operationsdauer nach der Operationstechnik ist der Tab. 6 zu entnehmen. Gemäß Tab. 7 wies die Mehrheit der Patienten einen hypertrophen MSA ( $N = 48$ ; 88,8 %) und fibromuskuläre Bänder zwischen der HR oder dem pPT und der eR ( $N = 30$ ; 55,5 %) auf. In elf Fällen (20,4 %) war eine steil stehende eR die Ursache der Gefäßnervenbündelkompression. Eine Kompression des neurovaskulären Bündels durch eine HR lag in zehn Fällen (18,5 %) vor, ein pPT war in vier Fällen (7,4 %) ursächlich. Ein Fall (1,8 %) war auf eine massive Kallusbildung nach Klavikulafraktur zurückzuführen. Bei acht von zehn Patienten (80,0 %) waren die HR beidseitig, bei zwei Patienten (20,0 %) einseitig. Bei zwei von vier Patienten (50,0 %) lagen die pPT beidseitig vor, bei zwei Patienten (50,0 %) einseitig.

Tab. 7: Intraoperativer Befund ( $N_{Op.} = 54$ )

Intraoperativer Befund	N
fibromuskuläre Bänder zwischen Halsrippe und erster Rippe	30
Halsrippe	10
hypertropher Musculus scalenus anterior	48
Steilstellung der ersten Rippe	11
massive Kallusbildung nach Klavikulafraktur	1
prominenter Processus transversus	4

<sup>3</sup> Halsrippe/prominenter Processus transversus.

<sup>4</sup> Erste Rippe.



### **3.5 Postoperativer Verlauf**

Noch während der stationären Behandlung wurde jeder Patient klinisch prä- und postoperativ untersucht und nach der Resektion von Knochenstrukturen eine Röntgen-Thoraxaufnahme zum Ausschluss eines Pneumothorax angefertigt (N = 25, 46,3 %). Bei Patienten nach alleiniger Skalenektomie erfolgte diese Röntgenkontrolle nur sporadisch (N = 6, 11,1 %) nach Entscheidung durch den Operateur. Die Untersuchungsbefunde wurden im Entlassungsbrief dokumentiert.

Im Rahmen der ambulanten Untersuchung mit einem zeitlichen Intervall zwischen der operativen Behandlung und der ersten Nachuntersuchung von durchschnittlich  $2,07 \pm 1,45$  Monaten wurden die Patienten erneut klinisch untersucht und die Befunde dokumentiert. Bei fünf Patienten fand aufgrund relevanter Restbeschwerden eine weitere Untersuchung statt. Das zeitliche Intervall zwischen der ersten und der zweiten Nachuntersuchung betrug  $2,80 \pm 1,92$  Monate.

#### **3.5.1 Postoperative Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsbefunde**

Die ambulante Nachuntersuchung lieferte im Vergleich zur präoperativen Untersuchung die folgenden Ergebnisse (Abb. 18). Die Zahl der Patienten mit Hypästhesien sank von N = 39 (72,2 %) auf N = 9 (16,6 %), ausstrahlende Schmerzen wurden nicht mehr von N = 38 (70,3 %), sondern nur noch von N = 14 (25,9 %) der Patienten wahrgenommen. Die Zahl der Parästhesien im Unterarm und in der Hand verringerte sich von N = 33 (61,1 %) auf N = 11 (20,3 %) und die Zahl der Patienten mit Schwächegefühlen in den Unterarm- und Handmuskeln sank von sieben (12,9 %) auf fünf (9,2 %) und war somit ebenfalls rückläufig.

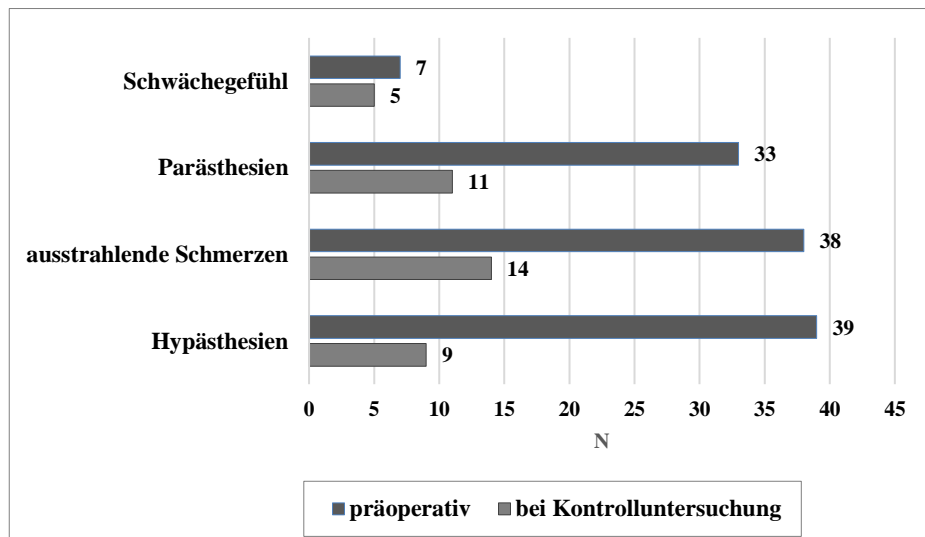


Abb. 18: Vergleich prä- und postoperativer Beschwerden nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

In der Abb. 19 sind die klinischen Untersuchungsbefunde bei der Kontrolluntersuchung veranschaulicht: Eine Druckempfindlichkeit im lateralen Halsdreieck und in der Supraklavikularregion war in 15 Fällen (27,7 %) zu beobachten. Damit ergab sich eine deutliche Rückbildung im Vergleich zum präoperativen Befund ( $N = 49$ ; 90,7 %). Des Weiteren wiesen die Patienten eine Besserung der Paresen der Arm- und Handmuskeln auf (präoperativ:  $N = 13$ , 20,4 %; bei Kontrolluntersuchung:  $N = 9$ , 16,6 %).

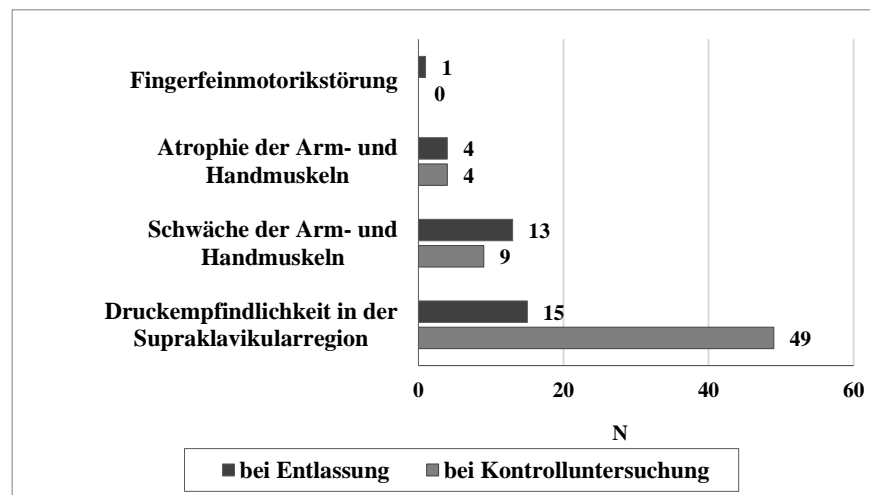


Abb. 19: Vergleich prä- und postoperativer Untersuchungsbefunde nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

Wie in Abb. 20 demonstriert, fiel präoperativ in 38 Fällen (70,3 %) das Adson-Manöver und in 31 Fällen (57,4 %) der Scalenus-Test positiv aus. In neun Fällen (16,6 %) war das Hoffmann-Tinel-Zeichen über den Plexus brachialis auslösbar. Postoperativ konnte in sieben Fällen (12,9 %) das Adson-Manöver, in sechs Fällen (11,1 %) der Scalenus-Test und in sieben Fällen (12,9 %) das Hoffmann-Tinel-Zeichen als positiv bewertet werden. Bezogen auf die Sensitivität, ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Adson-Manövern und den Scalenus-Tests, jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen diesen Provokationstests und dem Hoffmann-Tinel-Zeichenerkennen. (Vergleich Adson-Manöver und Scalenus-Test:  $p = 0,93$ , Vergleich Adson-Manöver und Scalenus-Test/Hoffmann-Tinel-Zeichen:  $p = 0,04$ ).

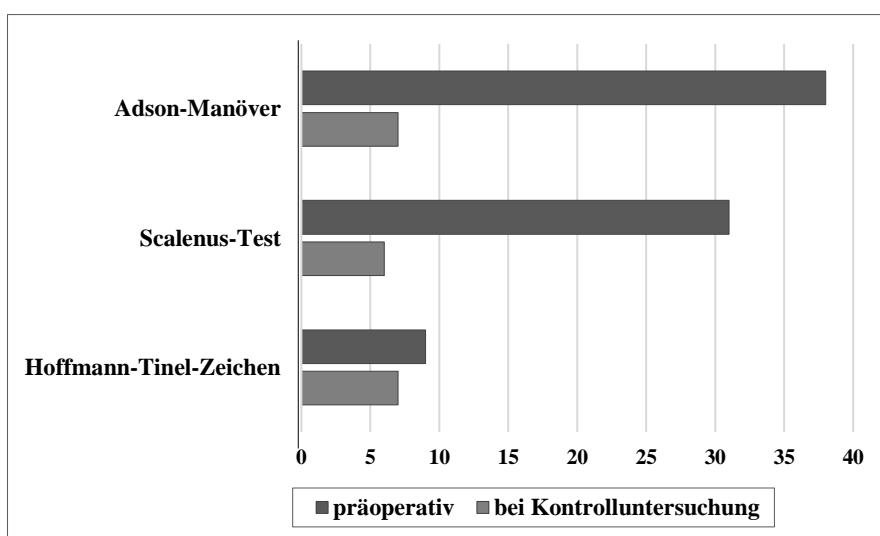


Abb. 20: Vergleich prä- und postoperativer Provokationstests

nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

### 3.5.2 Postoperative Komplikationen

Bei den 54 ausgewerteten Operationen handelte es sich um 51 Ersteingriffe und drei Rezidiveingriffe, sodass im gesamten Patientengut die Rezidivquote 5,5 % betrug. Die primären Eingriffe verliefen in 50 Fällen (98 %) ohne intra- oder postoperativ erkannte Komplikation. Bei einem Primäreingriff (1,9 %) trat ein Pneumothorax auf, der mithilfe einer Thoraxdrainage behandelt wurde. In einem Fall (1,9 %) bestand nach einer Resektion der eR als Rezidiveingriff eine unvollständige Parese des N. thoracicus longus. Bezogen auf alle Eingriffe, ergab sich somit eine Komplikationsrate von 3,7 %.

Nach einer Primäroperation wurde bei der ersten ambulanten Kontrolluntersuchung eine persistierende Schmerzempfindlichkeit im Wundbereich angegeben (1,9 %), die bei der zweiten Kontrolluntersuchung komplett rückläufig war. Zwei Patienten (3,8 %) klagten postoperativ

trotz Besserung der TOS-Symptomatik über Dyspnoe. Bei beiden Patienten konnte röntgentechnisch ein Pneumothorax ausgeschlossen werden. Diese Symptomatik hatte sich bei beiden Patienten zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung bereits komplett gebessert.

### 3.5.3 Postoperative Zufriedenheit

Zur Charakterisierung der postoperativen Zufriedenheit der Patienten wurde eine Klassifizierung nach den Kriterien „beschwerdefrei“, „deutlich gebessert“, „unverändert“, „verschlechtert“ vorgenommen. Wie in Abb. 21 dargestellt, zeigte sich bei der ersten ambulanten Nachuntersuchung im Vergleich zur präoperativen Untersuchung – in 13 Fällen (24,1 %) ein sehr gutes Ergebnis (Beschwerdefreiheit) und in 31 Fällen (57,4 %) ein gutes Ergebnis (deutlich gebessert). Damit war der größte Teil der Patienten, insgesamt 44 Fälle (81,5 %), mit dem Ergebnis zufrieden. In zehn Fällen (18,5 %) wurde keine Veränderung hinsichtlich der Beschwerden geäußert. Bei drei Patienten (5,5 %) erfolgte bei rezidivierenden Beschwerden im Verlauf eine weitere Operation. Die persistierenden Symptome waren bei zwei dieser Patienten differenzialdiagnostisch auf zervikale Diskopathien zurückzuführen. Mit fünf Patienten wurde ein abwartendes Beobachten besprochen, dennoch erfolgte keine Wiedervorstellung dieser Patienten in unserer Klinik. Bei keinem Patienten ergab sich eine Verschlechterung bei der Nachuntersuchung.

Im vorangegangenen Teil der Studie wurden die Auswirkungen des Alters, des Geschlechts und der Operationstechnik (indirekter Einfluss der knöchernen Anomalien in der oThA) auf das postoperative Ergebnis überprüft und demonstriert. Die deskriptive Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte mit dem Chi-Quadrat-Test sowie bei ungepaarten Stichproben mit dem exakten Test nach Fisher.

Im vorliegenden Patientenkollektiv mit 54 Eingriffen war die Zufriedenheit der Patienten im Vergleich zwischen dem Zeitpunkt der Entlassung und dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten nicht signifikant unterschiedlich ( $p = 0,15$ ).

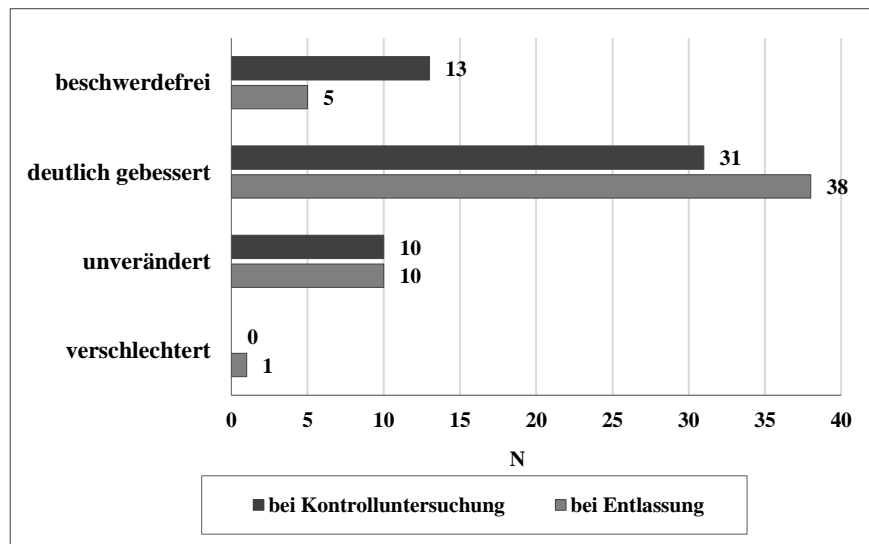


Abb. 21: Vergleich der Zufriedenheit bei Entlassung und Nachuntersuchung nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

Von der Hypothese, dass das Geschlecht die Therapieergebnisse beeinflusst, kann nicht ausgegangen werden ( $p = 0,49$ ), siehe Abb. 22.

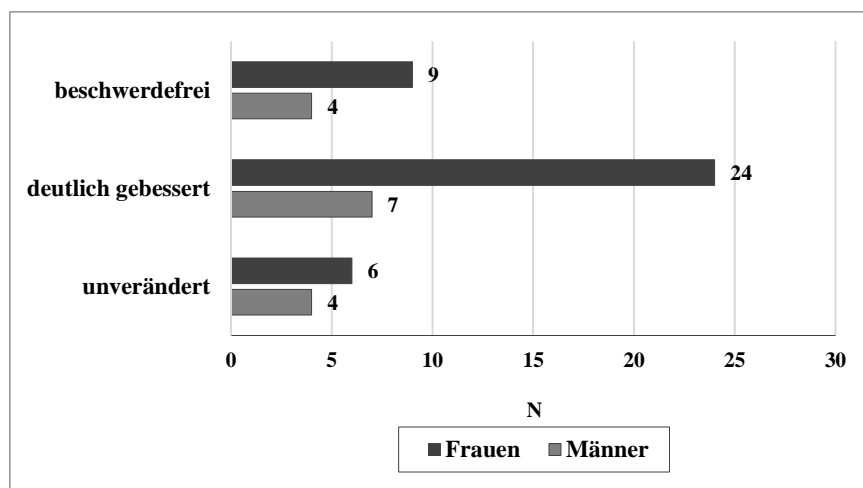


Abb. 22: Zufriedenheit nach Geschlechtsverteilung bei Nachuntersuchung nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

Die Korrelation zwischen dem Alter zum Operationszeitpunkt und der postoperativen Zufriedenheit der Patienten wurde mit dem exakten Fisher-Test überprüft und dieser war mit  $p = 0,67$  nicht signifikant (Abb. 23).

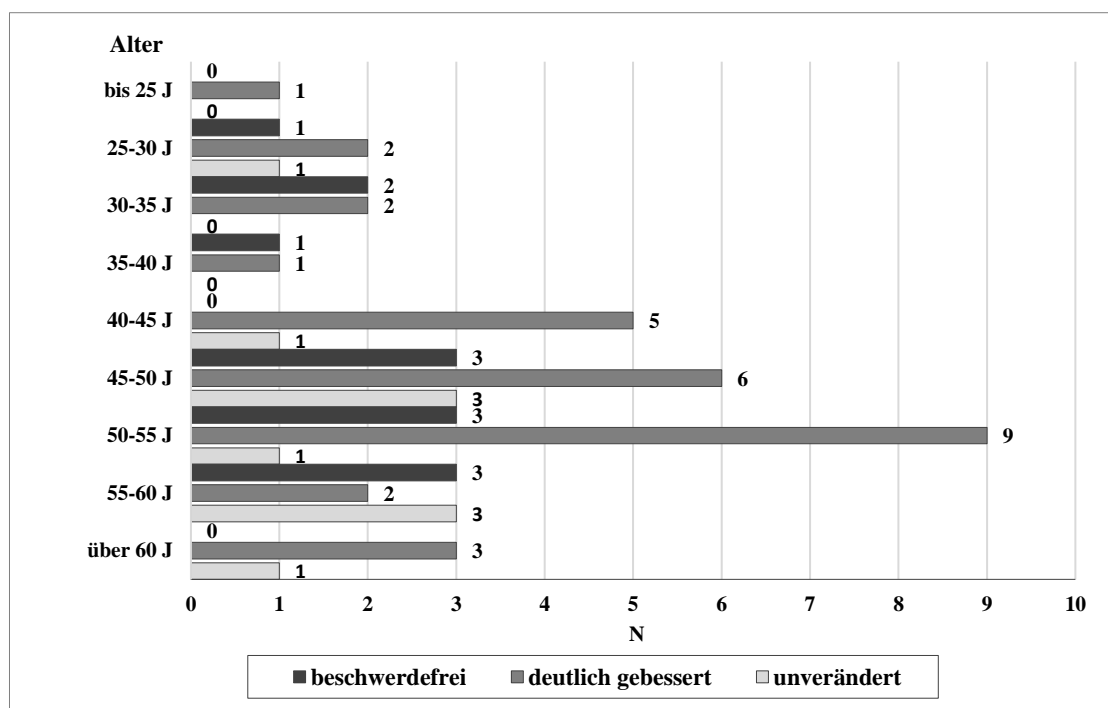


Abb. 23: Zufriedenheit nach Altersverteilung bei Nachuntersuchung

nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

Unter den 26 Patienten, die mit einer kompletten Skalenotomie und Resektion der Bandstrukturen operiert wurden, waren fünf Patienten bei der ambulanten Nachuntersuchung beschwerdefrei, bei 17 Patienten waren die Beschwerden deutlich gebessert und bei vier Patienten zeigte sich keine Besserung der Symptome. Nach einer kompletten Skalenotomie ( $N = 10$ ) mit der Resektion der HR/pPT und nach einer kompletten Skalenotomie mit Resektion der eR ( $N = 10$ ) war bei der ambulanten Nachuntersuchung jeweils bei drei Patienten eine komplette Beschwerdefreiheit gegeben, bei fünf Patienten waren die Beschwerden deutlich regredient und bei zwei Patienten konnte keine Beschwerdebesserung festgestellt werden. Nach einer partiellen Skalenotomie mit Resektion der Bandstrukturen ( $N = 2$ ) erwies sich ein Patient im Verlauf beschwerdefrei und ein Patient als deutlich beschwerdegebessert. Im Anschluss an eine Resektion der HR/pPT ohne Skalenotomie ( $N=3$ ) wurde bei einem Patienten eine komplette Beschwerdefreiheit und bei zwei Patienten eine deutliche Beschwerdelinderung dokumentiert. Für einen Patienten war keine Besserungstendenz für die Beschwerdesymptomatik zu verzeichnen. Eine Resektion der eR ohne Skalenotomie erfolgte lediglich bei einem Patienten, wobei mit diesem Verfahren keine Besserung der Beschwerden bei der Nachuntersuchung erzielt werden konnte. Um einen Zusammenhang zwischen der Operationstechnik und den knöchernen Anomalien/Variationen in der oThA (HR, eR, pPT) und der postoperativen Zufriedenheit der Patienten herstellen zu können, wurde eine

Nullhypothese verworfen. Hier bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Abb. 24,  $p = 0,85$ ).

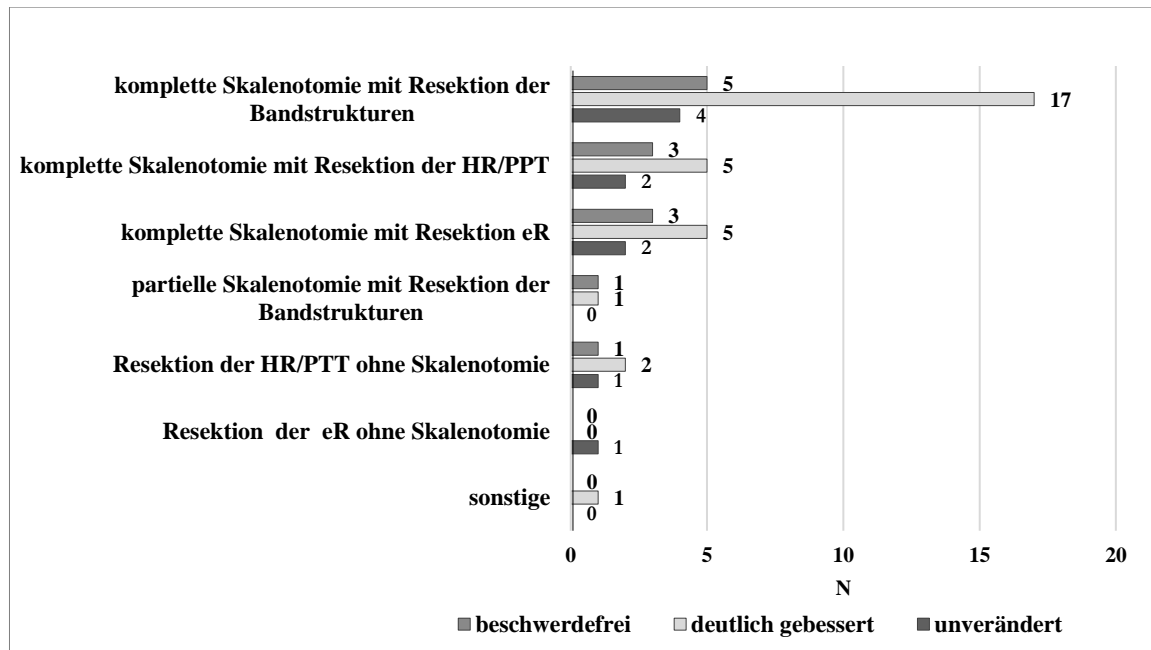


Abb. 24: Zufriedenheit nach Operationstechnik bei Nachuntersuchung nach  $2,07 \pm 1,45$  Monaten ( $N_{Op.} = 54$ )

---

## **4 Diskussion**

### **4.1 Demografische Daten**

Das hier betrachtete neurogene TOS ist eine seltene und häufig mit zervikalen Radikulopathien oder anderen peripheren Nervenkompressionssyndromen verwechselte Erkrankung. Vor dem Hintergrund fehlender eindeutiger technischer Diagnose-Tools sind seine korrekte Diagnose und die Indikationsstellung zu einer operativen Dekompression besonders von der klinischen Erfahrung des Untersuchers bzw. Operateurs abhängig. Diese Voraussetzung war hier durch die langjährige Erfahrung des verantwortlichen Neurochirurgen in der peripheren Nerven- und Plexuschirurgie gegeben. Anhand des ausgewerteten Kollektivs von 49 in der Neurochirurgischen Klinik Rotenburg/Wümme operierten Patienten war es möglich, typische Stigmata dieser Erkrankung ebenso wie die zu erwartenden Ergebnisse für die hier gewählten Operationstechniken zu analysieren.

Bei Betrachtung des vorliegenden Patientenkollektivs hinsichtlich der Geschlechterverteilung fällt eine Bevorzugung des weiblichen Geschlechts auf (79 % Frauen vs. 21 % Männer). Diese Verteilung ist vergleichbar mit den Daten anderer Autoren (Sanders und Pearce 1989; Green et al. 1991; Altobelli et al. 2005).

Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 46,8 Jahren, der Männer bei 51,2 Jahren (Medianwert: bei den Frauen  $48 \pm 10,9$  Jahre, bei den Männern  $52 \pm 4,6$  Jahre). Dieses Alter ist im Vergleich zu anderen Autoren, die ein Durchschnittsalter zwischen 30 und 40 Jahren angeben, eher hoch (Green et al. 1991; Mingoli et al. 1995; Axelrod et al. 2001; Maxey et al. 2003; Altobelli et al. 2005; König et al. 2005).

Ursache dafür sind wahrscheinlich demografische Faktoren. So ist eine spezialisierte medizinische Versorgung in ruralen Gegenden wie im Norden Niedersachsens seltener und die Bevölkerung eher bereit, Schmerzen länger zu tolerieren, bevor sie sich in ärztliche Behandlung begibt. Immerhin ertrugen 16 Patienten ihre Beschwerden bereits seit über fünf Jahren.

### **4.2 Präoperativ untersuchte Parameter**

Die klinische Präsentation des TOS besteht typischerweise aus Hyp- und Parästhesien sowie ausstrahlenden Schmerzen in den Unterarm und in die Hand. Vaskuläre Beschwerden mit Spannungsgefühlen, Schwellungen, Zyanosen oder Schwächegefühlen treten nach der Literatur in 10 % aller Fälle, meistens in Kombination mit den oben genannten neurogenen Beschwerden, auf (Urschel et al. 1976; Session 1982; Maxey et al. 2003; Brantigan und Roos



2004). Wie bei den oben genannten Autoren lag bei den untersuchten 49 Patienten in erster Linie eine neurologische Symptomatik mit Hyp- und Parästhesien sowie ausstrahlenden Schmerzen in den Unterarm und in die Hand vor. Insgesamt klagten sieben Patienten (14,2 %) über vaskuläre Symptome mit Schwächegefühl im Unterarm und in der Hand.

Da keine Klinik für die Diagnose eines neurogenen TOS als „typisch“ gilt, verzögert sich die Diagnostik des TOS oftmals. Darüber hinaus ist die eindeutige Identifizierung eines TOS schwierig, weil zahlreiche potenzielle Differenzialdiagnosen mit ähnlicher, unspezifischer Symptomatik koexistieren können.

Hinsichtlich der Differenzialdiagnosen fanden sich die zervikalen Radikulopathien und das Kubitaltunnelsyndrom mit jeweils elf Patienten (22,4 %) am häufigsten. Eine Koinzidenz von zwei oder mehreren Differenzialdiagnosen bestand in insgesamt elf Fällen (22,4 %).

Die genannten Differenzialdiagnosen zählen zu den häufigsten koexistierenden Erkrankungen neben dem neurogenen TOS, die eine parallele Behandlung erfordern (Altobelli et al. 2005). Die 49 Patienten wurden präoperativ mittels Adson-Manöver und dem hier üblichen Scalenus-Test untersucht. Hierbei war in 38 Fällen (70,3 %) das Adson-Manöver und in 31 Fällen (57,4 %) der Scalenus-Test positiv. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, muss die geringe Spezifität dieser Tests bei der Diagnosestellung in Betracht gezogen werden. Sadeghi-Azandaryani et al. (2009) analysierten die Sensitivität verschiedener Provokationstests an 56 Patienten und kamen zu dem Ergebnis, dass der Elevated-Arm-Stress-Test (98 %), das Adson-Manöver (92 %) und der Eden-Test (92 %) am sensitivsten sind. Es bleibt aber zu berücksichtigen, dass die Patienten in der Studie von Sadeghi-Azandaryani an einem vaskulären TOS litten.

Bei jedem Patienten mit Verdacht auf ein TOS erfolgte eine native Röntgenaufnahme der oThA, um eine HR oder einen pPT auszuschließen, sofern dies nicht nach vorliegenden Aufnahmen der Halswirbelsäule oder des Thorax zu beurteilen war, oder um eine überschießende Kallusbildung nach einer Klavikulafraktur auszuschließen. Die Bedeutung dieser einfachen Diagnostik wird von anderen Autoren geteilt (Nagel et al. 2000).

In der vorliegenden Studie wurden bei zehn Patienten (20,4 %) HR und bei vier Patienten (8,2 %) pPT festgestellt. Des Weiteren führte bei einer Patientin eine nativradiologisch erfasste überschießende Kallusbildung nach Klavikulafraktur zur Kompression des Plexus brachialis. Damit bestanden insgesamt in 15 Fällen (31,2 %) knöcherne Besonderheiten in der oThA als Ursache des TOS. Dieser Prozentsatz passt zu den von Green et al. (1991) beschriebenen 33 % und den von Bhattacharya et al. (2003) beobachteten 37 %. Damit ist die

Notwendigkeit einer Röntgenaufnahme der oThA in Schrägposition als Standardverfahren unterstrichen. An dieser Stelle ist hinzuzufügen, dass die HR nicht notwendigerweise mit einer klinischen Symptomatik einhergehen müssen, da sie in der Regel ohne Krankheitswert sind und nur in 10 % der Fälle Beschwerden hervorrufen (Sanders und Hammond 2002).

Fibromuskuläre Bandstrukturen zwischen der HR, den Querfortsätzen des siebten Halswirbelkörpers und der eR gehören zu den typischen prädisponierenden Faktoren und konnten in unserer Studie bei 30 Fällen (55,5 %) nachgewiesen werden.

Pathophysiologisch ähnlich gestaltet sich das Risiko der Entwicklung eines TOS beim Vorhandensein eines Musculus scalenus minimus, eines hypertrophen MSA oder einer steil stehenden eR. Bei Letzterer ist die Verkleinerung des Winkels zwischen dem MSA prädisponierend für die Kompression des Gefäßnervenbündels. Im untersuchten Patientenkollektiv wurde intraoperativ in 44 Fällen (81,4 %) eine Kompression im Scalenus-Dreieck durch einen hypertrophen MSA und in elf Fällen (20,4 %) eine Kompression durch Steilstellung der eR und einen hypertrophen MSA festgestellt.

Nach Meinung einzelner Autoren stellen die Leitmessung des N. cutaneus antebrachii medialis und der Stimulationstest der C8-Nervenwurzel sowie deren Kombination unter den verschiedenen neurophysiologischen Untersuchungstechniken die effektivsten Methoden zur Diagnosestellung dar (Machanic und Sanders 2008; Machanic 2013). Diese neurophysiologischen Verfahren kamen hier jedoch nicht zum Einsatz. Bei fünf Patienten (10,2 %) wurde eine Nervenleitverzögerung des N. ulnaris festgestellt, dennoch kann diese nicht als sichere diagnostische Methode für das TOS angewandt werden.

Wenn die Symptomatik des Patienten differenzialdiagnostisch den Verdacht auf eine Radikulopathie offen lässt, ist die Standarddiagnostik eine MRT der Halswirbelsäule. Damit ist eine fundierte Aussage zum Entstehen einer zervikalen Diskopathie möglich. Demgegenüber haben die CT und die CT-Myelographie der Halswirbelsäule heute einen deutlich geringeren Stellenwert. In der vorliegenden Studie wurden bei acht Patienten (16,3 %) bei nichtdifferenzierbarer Symptomatik mithilfe der zervikalen MRT zervikale Bandscheibenvorfälle festgestellt.

Die hochauflösende Magnetresonanztomographie und die Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI) als neueste Methoden in der TOS-Diagnostik wurden von einigen Autoren als zuverlässig beschrieben. Diese Verfahren ermöglichen eine genaue Identifizierung der Kompressionsstelle und die Darstellung der anatomischen Anomalien in der oThA (Magill et al. 2015;

Filler 2009). Allerdings stehen diese Untersuchungen deutschlandweit nur in einzelnen Zentren zur Verfügung und wurden hier bisher bei keinem Patienten eingesetzt.

## **4.3 Operationsverfahren und Operationsergebnisse**

### **4.3.1 Operationstechniken und Zugangswege**

Zum Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit wurden hauptsächlich die Studien verwertet, in denen transaxilläre und supraklavikuläre Zugänge angewandt wurden.

Als Vorreiter transaxillärer Dekompression führte Roos (1966) an, dass der transaxilläre Zugang als Goldstandard anzuwenden sei, da dieser Zugang eine bessere Darstellung des neurovaskulären Bündels, eine einfache und zügige Resektion der eR und falls erforderlich eine Gefäßwandrekonstruktion ermöglicht. Diese Argumentation wird durch andere Autoren unterstützt (Green et al. 1991; Fulford et al. 2001; Atasoy 2004b).

Als Alternative zum transaxillären Zugang befürworten zahlreiche Autoren den hier eingesetzten supraklavikulären Zugang. Der supraklavikuläre Zugang bringt gegenüber dem transaxillären den Vorteil einer besseren Exposition und Kontrolle des proximalen Teils der Arteria subclavia mit gleichzeitiger Dekompression (Sanders und Pearce 1989; Hempel et al. 1996; Maxwell-Armstrong et al. 2001; Maxey et al. 2003; König et al. 2005).

Sanders und Pearce (1989) postulieren in ihrer Vergleichsstudie, dass mit der Skalenotomie über den supraklavikulären Zugang bei einer positiven Traumaanamnese im Nacken- und Schulterbereich bessere Ergebnisse erzielt werden und die Fälle, die knöcherne Anomalien in der oThA aufweisen, von der Resektion der eR oder HR besonders profitieren.

Atasoy et al. (2004b) bevorzugen zudem zur Behandlung adipöser und muskulöser Patienten den supraklavikulären Zugang wegen seiner niedrigeren perioperativen Komplikationsquote.

Die Ergebnisse dieser Arbeit beziehen sich auf die mikrochirurgische Dekompression der neurovaskulären Strukturen der oberen Thoraxapertur über den supraklavikulären Zugang.

Die Dauer der Operation wurde maßgeblich durch die Operationstechnik bestimmt. So betrug die durchschnittliche OP-Dauer bei insgesamt 54 Operationen 80 Minuten, wobei die Skalenotomie mit Resektion der fibromuskulären Bänder die kürzeste Dauer aufwies (60 Minuten) und die komplette Skalenotomie mit Resektion der eR die längste (161 Minuten).

### 4.3.2 Vergleich eigener Ergebnisse mit der Literatur

Im betrachteten Kollektiv war bei der Nachuntersuchung, die durchschnittlich  $2,07 \pm 1,45$  Monate (Zeitspanne 1–6) nach der Operation stattfand, in 31 Fällen (57,4 %) ein gutes Ergebnis (deutlich gebessert) und in 13 Fällen (24,1 %) ein sehr gutes Ergebnis (Beschwerdefreiheit) zu verzeichnen (insgesamt 79,5 %). In zehn Fällen (18,5 %) waren die Beschwerden postoperativ unverändert. Die Therapieresultate standen hier in keinem Zusammenhang mit den demografischen Daten (Alter und Geschlecht) oder den Operationsmethoden.

An relevanten Komplikationen trat nach einer Skalenotomie (1,9 %) mit Resektion der eR als Primäreingriff ein Pneumothorax und in einem Fall (1,9 %) nach einer Resektion der eR als Rezidiveingriff eine nicht komplette Parese des N. thoracicus longus auf. Damit belief sich die Quote der als bedeutsam zu wertenden Komplikationen für alle Eingriffe auf 3,7 %. Beide Komplikationen wurden erfolgreich behandelt bzw. besserten sich ohne verbleibende Einschränkungen.

Als postoperative Beschwerden sind eine persistierende Schmerzempfindlichkeit im Wundbereich (N = 1; 1,9 %) nach einer kompletten Skalenotomie sowie Dyspnoe (N = 2; 3,8 %) nach einer Resektion der eR zu benennen. Die Symptomatik bildete sich bei beiden Patienten bis zur zweiten Kontrolluntersuchung komplett zurück. Die in anderen Studien berichteten Komplikationsraten schwanken zwischen 0 und 11,1%.

Die folgende Tab. 8 zeigt die postoperativen Ergebnisse dieser und anderer Studien im Vergleich.

Tab. 8: Vergleich der eigenen Ergebnisse mit den Zahlen der Literatur

Autor	Jahr	Ein- griffe (N)	Nachunter- suchung (Monate)	Ergebnisse		
				beschwerde- frei/deutlich gebessert	unverändert/ verschlechtert	Komplikati- onsrate
<b>supraklavikulärer Zugang</b>						
Hempel et al.	1996	770	n. a. <sup>5</sup>	86,0 %	14,0 %	0,12 %
Axelrod et al.	2001	170	47	65,0 %	35,0 %	10,6 %
Maxwell-Armstrong et al.	2001	126	1,5	86,5 %	13,5 %	11,1 %
Maxey et al.	2002	72	14–24	87,5 %	12,5 %	8,3 %
König et al.	2005	50	3	88,0 %	16,0 %	4,0 %
<b>Diese Studie</b>	<b>2019</b>	<b>54</b>	<b>2,07 ± 1,45</b>	<b>81,5 %</b>	<b>18,5 %</b>	<b>3,7 %</b>
<b>transaxillärer Zugang</b>						
Green et al.	1991	147	60 ± 7	78,7 %	21,3 %	1,4 %
Mingoli et al.	1995	134	99	81,4 %	18,6 %	0 %
Fulford et al.	2001	83	6	91,5 %	8,5 %	N/A
Altobelli et al.	2004	334	2	86,6 %	13,0 %	3,9 %
<b>computerassistierte endoskopische/roboterassistierte Resektion eR/HR</b>						
Martinez et al.	2005	131	20,4	85,0 %	15,0 %	6,1 %
Abdellaoui et al.	2007	28	8	82,1 %	17,9 %	10,7 %
Wybaillie et al.	2018	11	1,5	91,0 %	9,0 %	9,0 %

#### 4.3.2.1 Vergleich mit Studien zum supraklavikulären Zugang

Hempel et al. (1996) verzeichneten in ihrer Studie an 770 supraklavikulären Skalenotomien mit und ohne Resektionen der eR bei 86 % der 637 operierten Patienten ein gutes oder sehr gutes Ergebnis.

Im Patientengut (N = 170) von Axelrod et al. (2001) verbesserte sich die Symptomatik bei 65 % der Patienten. In Axelrods Studie wurden die Operationsergebnisse durchschnittlich 47 Monate postoperativ analysiert. Das Ziel dieser Studie war die Überprüfung etwaiger Zusammenhänge zwischen den zahlreichen Variablen, vor allem den sozioökonomischen Faktoren, und dem Therapieerfolg. Die Autoren zogen aus der Untersuchung das Fazit, dass

<sup>5</sup> Nicht angegeben.

alleinstehende Patienten (Odds-Ratio: 7,9;  $p = 0,04$ ) und Patienten mit niedrigem Bildungsstand (Odds-Ratio: 8,1;  $p = 0,09$ ) von einer Operation deutlich weniger profitieren. Eine Depression konnte ebenso als negativer prädiktiver Faktor für den Therapieerfolg herausgearbeitet werden (Odds-Ratio: 15,7;  $p = 0,02$ ).

Maxwell-Armstrong et al. (2001) erhielten in ihrer Studie in 86,5 % der Fälle, die durchschnittlich 1,5 Monate nach der Operation untersucht wurden, ein gutes oder ein sehr gutes Therapieergebnis. In dieser Studie fanden 118 Patienten mit 126 Operationen Berücksichtigung. Die Operationen erfolgten ausschließlich über den supraklavikulären Zugang. Eine Reevaluierung ergab bei 61 Patienten eine sekundäre Verschlechterung der Ergebnisse nach 55 Monaten, sodass die initiale Erfolgsrate von 86,5 % auf 72,1 % zurückging.

König et al. (2005) untersuchten in einer retrospektiven Studie die Therapieergebnisse von 50 Eingriffen an 45 Patienten drei Monate nach der Operation: 34 % der Patienten bewerteten den OP-Erfolg mit „sehr gut“ (exzellent), 54 % gaben einen guten Erfolg an (88 % insgesamt). Auch alle Eingriffe dieser Studie erfolgten über den supraklavikulären Zugang. Erwartungsgemäß lag die Komplikationsrate bei den Rezidivoperationen deutlich höher (33,3 % versus 4,0 % bei Primäroperationen). Im Patientenkollektiv von König et al. konnte eine sekundäre Verschlechterung der Zufriedenheit mit den Operationsergebnissen bei einer erneuten Nachuntersuchung nach 24 Monaten beobachtet werden (88 % nach drei Monaten vs. 62 % nach 24 Monaten).

Maxey et al. (2003) berichten in ihrer Studie, dass für 87,5 % der Patienten nach einem postoperativen Zeitraum von 14–24 Monaten ein gutes bis sehr gutes Ergebnis erreicht wurde. Bei allen 67 in diese Studie eingeschlossenen Patienten erfolgte die Operation ebenso über den supraklavikulären Zugang ( $N = 72$ ).

Die postoperativen Behandlungsergebnisse der vorliegenden Arbeit stimmen damit weitgehend mit denen der Studien von Hempel et al., Maxwell-Armstrong et al., König et al., Axelrod et al. und Maxey et al. überein.

#### **4.3.2.2 Vergleich mit Studien zum transaxillären Zugang**

Green et al. (1991) analysierten in ihrer Studie die Einflüsse des Traumas im Hals- und Schulterbereich auf den Therapieerfolg an 147 transaxillären Resektionen der eR bei 136 Patienten (90 Frauen, 40 Männer). Sie verglichen die Therapieergebnisse von zwei Patientengruppen. Die erste Gruppe bestand aus 53 Patienten mit einem Trauma im Hals- und

Schulterbereich. Die zweite Gruppe setzte sich aus 83 Patienten mit einer negativen Traumaanamnese zusammen. Der Autor stellte in der Beobachtungszeit von  $60 \pm 7$  Monaten Folgendes fest: Obwohl sich kein signifikanter Unterschied beider Gruppen hinsichtlich der postoperativen Zufriedenheit (erste Gruppe 72 % vs. zweite Gruppe 83 %) zeigte, lag die Wiedererlangung der ursprünglichen Aktivität der ersten Gruppe bei 47 %, während bei der zweiten Gruppe ein deutlich höherer Anteil (78 %) erreicht wurde ( $p < 0,001$ ). Die Rezidivrate dieser Studie betrug 14,7 %. Wie in der Studie von König et al. bestand in der Studie von Green et al. bei Rezidivoperationen eine deutlich höhere Komplikationsrate ( $p < 0,001$ ). Mingoli et al. (1995) untersuchten die Langzeitergebnisse von Patienten, die eine transaxilläre Resektion der eR erhielten. Bei der Nachuntersuchung ihrer 118 Patienten (134 Operationen) nach  $99 \pm 72$  Monaten konnten sie bei 81,4 % ein sehr gutes oder ein gutes Ergebnis verzeichnen. Die Autoren benennen als wesentlichen Prädiktor für ein Rezidiv die nicht ausreichend resezierte eR ( $p < 0,0001$ ).

Fulford et al. (2001) führten Untersuchungen an einem Kollektiv von 61 Patienten durch, bei denen eine transaxilläre Resektion der eR vorgenommen wurde. Sie beschrieben bei 91,5 % der Patienten ein gutes bzw. sehr gutes Ergebnis, das postoperativ durchschnittlich nach sechs Monaten festgestellt wurde. Bei der zweiten Nachuntersuchung nach vier Jahren betrug der relative Anteil der guten bzw. sehr guten Ergebnisse nur noch 74 %, d. h. eine sekundäre Verschlechterung bei transaxillärem Zugang wurde bestätigt.

Altobelli et al. (2005) analysierten in ihrer retrospektiven Studie die Langzeitergebnisse bei 185 Patienten mit 334 transaxillären Dekompressionen postoperativ nach zwei, zwölf, 24 und 36 Monaten. Sie konnten beobachten, dass die initiale Erfolgsrate von 86,6 % nach zwölf Monaten auf 53,2 %, nach 24 Monaten auf 44,9 % und nach 36 Monaten auf 37,6 % absank.

#### **4.3.2.3 Vergleich mit computerassistierter endoskopischer/roboterassistierter Resektion eR und HR**

Martinez et al. (2005) führten als Vorreiter die computerassistierte endoskopische (videoassistierte) und roboterassistierte Resektion der eR und der HR durch. Sie operierten 105 Patienten (131 Eingriffe). In 89 Fällen fand eine computerassistierte endoskopische Resektion der eR oder der HR und in 42 Fällen eine roboterassistierte Resektion der eR oder der HR statt. Die Ergebnisse bewerteten 85 % der Patienten mit gut bis sehr gut. Durchschnittlich

nach 20,4 Monaten wurden die postoperativen Ergebnisse analysiert, wobei für beide Gruppen eine Erfolgsrate (gute und sehr gute Ergebnisse) von 85 % festzustellen war.

Abdellaoui et al. (2007) berichten von einem Kollektiv von 20 Patienten, bei denen 28 computerassistierte endoskopische Resektionen der eR durchgeführt wurden. Bei der Evaluierung der postoperativen Ergebnisse verzeichneten sie eine Beschwerdefreiheit in 82 % der Fälle; 18 % der Fälle profitierten nicht von der Operation.

Wybaillie et al. (2018) untersuchten ein kleines Kollektiv von elf Patienten mit zwölf roboterassistierten Resektionen der eR. Nach sechs Wochen wurden postoperative Ergebnisse erhoben. Hierbei erwiesen sich acht Fälle (66,6 %) als beschwerdefrei.

#### **4.4 Konsequenzen für Diagnostik und Therapie des TOS**

Die zentrale Limitation dieser Arbeit ergibt sich daraus, dass eine retrospektive Studie nicht randomisiert ist. Daher kann ein Einfluss von unberücksichtigten Faktoren in der Datenerhebung nicht ausgeschlossen werden. Auch die Auswirkungen psychischer und sozialer Aspekte auf das Behandlungsergebnis wurden in dieser Studie nicht betrachtet.

##### **4.4.1 Konsequenzen für die Diagnostik**

Nach unseren Ergebnissen können die Druckdolenz über dem Plexus brachialis sowie die neurogenen Beschwerden wie Hypästhesien, Parästhesien und ausstrahlende Schmerzen als obligat für die Annahme eines TOS gelten. Dies lässt sich daraus schließen, dass in 49 Fällen (90,7 %) bei präoperativer Untersuchung die Druckdolenz über dem Plexus brachialis auslösbar war und bei allen Fällen (100 %) neurogene Beschwerden vorhanden waren.

In unserer Studie wurden die Patienten präoperativ und bei Kontrolluntersuchung nach Adson-Manöver und Scalenus-Test untersucht. Dabei ergab sich kein signifikanter Unterschied in Hinblick auf die Sensitivität dieser Tests, sodass beide bei der Diagnosestellung angewandt werden können.

Zum Ausschluss knöcherner Besonderheiten wie HR, pPT oder massive Kallusbildung der Klavikula muss die Diagnostik mit einer Röntgenaufnahme der oThA ergänzt werden. In unserem Patientenkollektiv wurden insgesamt in 15 Fällen (31,2 %) knöchernen Anomalien bzw. Variationen festgestellt.

Unter den neurophysiologischen Untersuchungsmethoden sind die Leitmessung des N. cutaneus antebrachii medialis und der Stimulationstest der C8-Nervenwurzel sowie deren Kombination die effektivsten Methoden zur Diagnosestellung des TOS. In unserer Studie



kamen diese Verfahren nicht zum Einsatz. Die Nervenleitverzögerung des N. ulnaris, die in fünf Fällen (10,2 %) festgestellt wurde, kann nur zur Abgrenzung des Kubitaltunnelsyndroms angewandt werden.

Mithilfe der MRT und CT der Halswirbelsäule können zervikale Radikulopathien ausgeschlossen werden.

Zur Diagnosestellung eines vaskulären TOS stellt die Angiographie oder Subtraktionsangiographie die Methode der Wahl dar, ergänzend kann eine Dopplersonographie der Armarterien durchgeführt werden.

Als neueste diagnostische Methoden bieten die hochauflösende MRTN und die DTI eine hohe Spezifität und Sensitivität. Sie stellen aktuell jedoch einen Kostenfaktor dar, und ihre Anwendung ist aufgrund von mangelnder Erfahrung begrenzt. Allerdings wäre es denkbar, dass die beiden Methoden künftig als etablierte Untersuchungsmethoden eingesetzt werden.

Ein vorausgegangenes Trauma im Hals- und Schulterbereich sollte als negativer Prädiktor für den Therapieerfolg bewertet werden. In diesen Fällen liefert eine komplette Skalenotomie über den supraklavikulären Zugang bessere Ergebnisse. Daher sollte künftig gezielt eine Traumaanamnese erhoben werden.

#### **4.4.2 Konsequenzen für die operative Therapie**

Im Kern lässt sich unter Betrachtung aller gewonnenen Daten festhalten, dass die Dekompression des neurovaskulären Bündels zwischen Halswirbelsäule und Axilla mittels des hier verwendeten supraklavikulären Zugangs vergleichbare Ergebnisse wie die Dekompression über den transaxillären Zugang ergibt. Der Anteil der guten bis sehr guten Ergebnisse betrug in den Studien durchschnittlich 80–90 %. Die Resultate der eigenen retrospektiven Studie stimmen mit diesen Zahlen überein. Da zudem eine Skalenotomie in den meisten Fällen, in denen ein neurogenes TOS vorlag, für die Dekompression des neurovaskulären Bündels ausreichte, wird in dieser Klinik der supraklavikuläre Zugang weiterhin als optimaler Zugang favorisiert. Dagegen ermöglicht der transaxilläre Zugang eine Skalenotomie nur indirekt über die Resektion der eR und HR und ist damit grundsätzlich invasiver und komplikationsträchtiger.

Die bisher veröffentlichten Daten zur computer-/roboterassistierten Resektion der eR zeigen vergleichbare Therapieergebnisse und Komplikationsraten wie die konventionellen Operationsverfahren. Eine Bewertung wird aber nicht ohne die Betrachtung wirtschaftlicher Aspekte möglich sein und ist hier nicht intendiert.

---

#### **4.4.3 Konsequenzen für die postoperativen Kontrollen**

Ein weiterer Nachteil dieser Studie liegt darin, dass die Nachuntersuchungen zumeist relativ kurz nach der OP erfolgten. Dadurch ist nicht berücksichtigt, dass die Therapieerfolge im weiteren Verlauf nachlassen können. Eine sekundäre Verschlechterung der postoperativen Erfolge ist durch Studien belegt (Maxwell-Armstrong et al. 2001; Fulford et al. 2001; König et al. 2005). Daher sollte die Nachuntersuchung der Patienten möglichst langfristig (postoperativ nach zwölf Monaten) geplant werden.

## 5 Zusammenfassung

Die diagnostische Evaluation des Thoracic-Outlet-Syndroms ist aufgrund des Mangels an eindeutigen klinischen Indikatoren problematisch. Pathoanatomisch wird das TOS in der Literatur als Kompression des neurovaskulären Bündels in der oberen Thoraxapertur durch prädisponierende Faktoren beschrieben. Die Kompression führt vor allem zu neurologischen Symptomen mit ausstrahlenden Schmerzen in den Unterarm und in die Hand sowie zu Hyp- und Parästhesien.

Im Mittelpunkt dieser retrospektiven Studie steht die Frage nach den Indikatoren eines operativen Behandlungserfolges.

In die Bewertung der Ergebnisse fand neben der Erhebung der klinischen und apparativen Untersuchungsbefunde die Meinung der Patienten zum postoperativen Ergebnis Eingang. Dazu erfolgte eine Auswertung der Patientendaten der 49 Patienten mit TOS im Agaplesion Diakonieklinikum Rotenburg/Wümme zwischen den Jahren 2002 und 2019. Bei allen Patienten wurden Angaben zur Vorgeschichte, zur Diagnosestellung, zur Anamnese und zu den postoperativen Ergebnissen erhoben.

In den dieser Arbeit zugrunde liegenden Studien wurden alle 54 Eingriffe über einen supra-klavikulären Zugang vorgenommen. Drei von 49 Patienten wurden erneut operiert, was einer Rezidivrate von 5,5 % entspricht. Die postoperative Komplikationsrate lag bei 3,7 %, die Zeit bis zur Nachuntersuchung betrug durchschnittlich  $2,07 \pm 1,45$  Monate. Bei der Nachuntersuchung erwies sich die Zugangsweise mit 81,5 % guten bis sehr guten Ergebnissen (in Übereinstimmung mit klinischen Untersuchungsbefunden und Zufriedenheit der Patienten) und mit einer Komplikationsrate von lediglich 3,7 % als sicher und erfolgreich.

Zusammenfassend wird gefolgert, dass der supra-klavikuläre Zugang angesichts der anatomischen Klarheit, der niedrigen Komplikationsrate und der guten postoperativen Ergebnisse für die Dekompression des neurovaskulären Bündels als adäquate und gegenüber dem transaxillären Zugang nicht nachteilige Operationsmethode beim neurogenen TOS empfohlen werden kann.

## 6 Anhang

### Untersuchungsbogen

*Indikationen und Ergebnisse bei neurochirurgisch behandelten Thoracic-Outlet-Syndromen*

OP-Datum \_\_\_\_\_

Alter bei OP \_\_\_\_\_

Stationärer Aufenthalt (Tage) \_\_\_\_\_

Geschlecht:  W  M

Wesentliche Nebenerkrankungen \_\_\_\_\_

Nachuntersuchung \_\_\_\_\_

Monate postop. \_\_\_\_\_

#### Einweisender Arzt

Allgemeinarzt

Orthopäde

Neurologe

Neurochirurg

Chirurg

Internist

Andere: \_\_\_\_\_

Einweisungsdiagnose \_\_\_\_\_

Beschwerdedauer vor der Operation Wochen/Monate/Jahre \_\_\_\_\_

#### Trauma in der Halswirbelsäule oder im Schulterbereich vor Auftreten der Beschwerden

Nein

Ja \_\_\_\_\_

#### Differenzialdiagnosen aus der Anamnese

Karpaltunnelsyndrom

Kubitaltunnelsyndrom

Orthopädisches Schulterproblem

Zervikale Diskopathie

Plexusneuritis

Sonstige \_\_\_\_\_

## Voroperationen wegen derselben Beschwerden

---

TOS-Klinik  rechts  links

TOS-Operation  rechts  links

## Subjektive Beschwerdesymptomatik

Parästhesien Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

Hypästhesie Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

Schwächegefühl Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

Ausstrahlende Schmerzen Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

---

## Klinische Untersuchung

----- Monate postop.

Druckempfindlichkeit Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

Muskelschwäche Prä.  keine Angabe  rechts  links

Post.  keine Angabe  rechts  links

Wo? 

---

**Muskelatrophie**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links

Wo? -----

**Fingerfeinmotorikstörung**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links

Wo? -----

**Reflexe***(abgeschwächt:1, normal:2)***BSR**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links**TSR**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links**Neurologische Tests***(positiv:1 negativ:2)***Adson-Manöver <sup>1</sup>**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links**Scalenus-Test <sup>2</sup>**Prä.  keine Angabe  rechts  linksPost.  keine Angabe  rechts  links**Hoffman-Tinel-Zeichen (Plexus brachialis, Kubitaltunnel, Karpaltunnel) -----** keine Angabe  rechts  links**Apparative Untersuchungen präop.****Röntgen****Halsrippe** rechts links

Prominenter Processus transversus  rechts  links

Bemerkung -----

CT (HWS/Schulter) Datum: ----- Ergebnisse: -----

MRT (HWS/Schulter) Datum: ----- Ergebnisse: -----

#### Dopplersonographie der A. subclavia/brachialis

Datum: ----- Ergebnisse: -----

#### Angiographie/digitale Subtraktionsangiographie der Armarterien

Datum: ----- Ergebnisse: -----

#### Elektrophysiologische Untersuchungen präop.

(pathologisch:1, normal:2)

keine Angabe  rechts  links

#### Intraoperativer Befund

1.Rippe  Halsrippe  Querfortsatz HW7

M. scalenus anterior  Bandstrukturen  Sonstige: -----

#### Operative Therapie

Resektion 1. Rippe  Skalenotomie (Part.)  Skalenotomie (Komp.)

Resektion der Halsrippe  Resektion von Faserzügen  Sonstige: -----

Bemerkung -----

OP-Dauer (Min.) -----

#### Beschwerdesymptomatik bei Entlassung

deutlich gebessert  beschwerdefrei

wie vor der Operation  verschlechtert

#### Beschwerdesymptomatik bei Nachuntersuchung

----- Monate postop.

**deutlich gebessert** **beschwerdefrei** **wie vor der Operation** **verschlechtert**

---

### **Postoperative Komplikationen/Beschwerden**

-----  
-----  
<sup>1</sup> *Drehen des Kopfes und Heben des Kinns zur Seite der Kompression mit gleichzeitiger tiefer Inspiration*

<sup>2</sup> *Längszug der Arme bei gleichzeitiger Rotation der Halswirbelsäule zur Seite der Kompression in tiefer Inspiration*



## 7 Literaturverzeichnis

- Abdellaoui A, Reid F, Atwan M, Wilson P (2007): Endoscopic assisted transaxillary first rib resection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 6, 644–646
- Abdolrazaghi H, Riyahi A, Taghavi M, Farshidmehr P, Mohammadbeigi A (2018): Concomitant neurogenic and vascular thoracic outlet syndrome due to multiple exostoses. *Ann Card Anaesth* 21, 71–73
- Adson AW, Coffey JR (1927): Cervical rib, a method of anterior approach for relief of symptoms by division of the scalenus anticus. *Ann Surg* 85, 839–857
- Agarwal S, Akhtar M (2014): "Clavicular Duplication Causing Thoracic Outlet Obstruction": Unique presentation of unreported association between clavicular duplication and Thoracic Outlet Syndrome. *Ann Med Health Sci Res* 4, 317–319
- Altobelli GG, Kudo T, Haas BT, Chandra FA, Moy JL, Ahn SS (2005): Thoracic outlet syndrome: Pattern of clinical success after operative decompression. *J Vasc Surg* 42, 122–128
- Atasoy E (2004a): History of thoracic outlet syndrome. *Hand Clin* 20, 15–16
- Atasoy E (2004b): Combined surgical treatment of thoracic outlet syndrome: transaxillary first rib resection and transcervical scalenectomy. *Hand Clin* 20, 71–82
- Axelrod DA, Proctor MC, Geisser ME, Roth RS, Greenfield LJ (2001): Outcomes after surgery for thoracic outlet syndrome. *J Vasc Surg* 33, 1220–1225
- Bhattacharya V, Hansrani M, Wyatt MG, Lambert D, Jones NAG (2003): Outcome following surgery for thoracic outlet syndrome. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 26, 170–175
- Brantigan CO, Roos DB (2004): Diagnosing thoracic outlet syndrome. *Hand Clin* 20, 27–36
- Brewin J, Hill M, Ellis H (2009): The Prevalence of Cervical Ribs in a London Population. *Clin Anat* 22, 331–336
- Bürger Th, Debuss ES: Thoracic-outlet-Syndrom. In: Debus ES, Gross-Fengels W(Hrsg.): Operative und interventionelle Gefäßmedizin. Springer, Berlin Heidelberg 2012, 424–433
- Clagett OT (1962): Research and prosearch. *J Thorac Cardiovasc Surg* 44, 153–166

---

Coote H (1861): Pressure on the axillary vessels and nerve by an exostosis from cervical rib: Interference with the circulation of the arm, removal of the rib and exostosis, recovery. *Med Times Gazette* 2, 108

Filler A (2009): Magnetic resonance neurography and diffusion tensor imaging: origins, history and clinical impact of the first 50,000 cases with an assessment of efficacy and utility in a prospective 5000-patient study group. *Neurosurgery* 65, A29–A43

Fulford PE, Baguneid MS, Ibrahim MR, Schady W, Walker MG (2001): Outcome of trans-axillary rib resection for thoracic outlet syndrome, a 10 years experience. *Cardiovasc Surg* 9, 620–624

George RS, Milton R, Chaudhuri N, Kefaloyannis E, Papagiannopoulos K (2017): Totally Endoscopic (VATS) first rib resection for Thoracic Outlet Syndrome. *Ann Thorac Surg* 103, 241–245

Gillard J, Pérez-Cousin M, Hachulla E, Remy J, Hurtevent JF, Vinckier L, Thévenon A, Duquesnoy B (2001): Diagnosing thoracic outlet syndrome: contribution of provocative tests, ultrasonography, electrophysiology, and helical computed tomography in 48 patients. *Joint Bone Spine* 68, 416–424

Green RM, McNamara J, Ouriel K (1991): Long-term follow-up after thoracic outlet decompression: An analysis of factors determining outcome. *J Vasc Surg* 14, 739–745

Gruss D (2000): Schultergürtelenge-Syndrom (Thoracic Outlet Syndrome). *European Surg* 32, 15–19

Hameed SM, Grewal RP, Urschel JD (1995): Somatization tendencies in surgically treated neurogenic Thoracic Outlet Syndrome patients. *Vasc Surg* 29, 185–188

Hashimoto H, Nikaido Y, Kurokawa S, Miyamoto K, Sakaki T (1994): Thoracic outlet syndrome due to first rib anomaly: a case report. *No Shinkei Geka* 22, 1063–1066

Hempel GK, Shutze WP, Anderson JF et al. (1996): 770 Consecutive supraclavicular first rib resections for thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg* 10, 456–463

Juvonen T, Satta J, Laitala P, Luukkonen K, Nissinen J (1995): Anomalies at the thoracic outlet are frequent in the general population. *Am J Surg* 170, 33–37

Kemp CD, Rushing GD, Rodic N, McCarthy E, Yang SC (2012): Thoracic outlet syndrome caused by fibrous dysplasia of the first rib. *Ann Thorac Surg* 93, 994–996

- Kocher GJ, Zehnder A, Lutz JA, Schmidli J, Schmid RA (2018): First Rib Resection for Thoracic Outlet Syndrome: The Robotic Approach. *World J Surg* 42, 3250–3255
- König RW, Kretschmer T, Börm W, Hübner F, Richter H-P, Antoniadis G (2005): Neurogenes Thoracic-outlet-Syndrom: Langzeitergebnisse der supraklavikulären Dekompression. *Nervenarzt* 76, 1222–1230
- Kuyumdzhev S, Wall ML, Rogoveanu R, Power D, Vohra R (2014): Brachial plexus lipomata presenting with neurogenic and venous thoracic outlet syndrome: case reports and review of the literature. *Ann Vasc Surg* 28, 1797. E7–1797. E10
- Law AA (1920) Adventitious ligaments simulating cervical ribs. *Ann Surg* 2, 497–9.
- Levy Faber D, Best L-A, Militianu D, Ben Nun A (2010): Thoracic outlet syndrome caused by hydatid cyst of the first rib-rare but important. *Indian J Surg* 72, 485–487
- Lord JW (1953): Surgical management of shoulder girdle syndrome: new operative procedure for hyperabduction, costoclavicular, cervical rib and scalenus syndromes. *Arch Surg* 6, 69–83
- Machanic BI, Sanders RJ (2008): Medial antebrachial cutaneous nerve measurements to diagnose neurogenic thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg* 22, 248–254
- Machanic BI: Electrophysiological Assessment and Nerve Function in NTOS. In: Illig KA, Thompson RW, Freischlag JA, Donahue DM, Jordan SE, Edgelow PI (Hrsg.): *Thoracic Outlet Syndrome*. Springer, London 2013, 127–131
- Magill ST, Brus-Ramer M, Weinstein PR, Chin CT, Jacques L (2015): Neurogenic thoracic outlet syndrome: current diagnostic criteria and advances in MRI diagnostics. *Neurosurg Focus* 39, E7
- Maxey TS, Reece TB, Ellman PI, Tribble CG, Harthun N, Kron IL, Kern JA (2003): Safety and efficacy of the supraclavicular approach to thoracic outlet decompression. *Ann Thorac Surg* 76, 396–399
- Maxwell-Armstrong CA, Noorpuri BS, Haque SA, Baker DM, Lamerton AJ (2001): Long-term results of surgical decompression of thoracic outlet compression syndrome. *J R Coll Surg Edinb* 46, 35–38
- Melliere D, Ben Yahia NE, Etienne G, Becquemin JP, Labareyre H de (1991): Thoracic outlet syndrome caused by tumor of the first rib. *J Vasc Surg* 14, 235–240

- Mingoli A, Feldhaus RJ, Farina C, Cavallari N, Sapienza P, Di Marzo L, Cavallaro A (1995): Long-term outcome after transaxillary approach for thoracic outlet syndrome. *Surgery* 118, 840–844
- Murphy T (1910) Brachial neuritis caused by pressure of first rib. *Aust Med J* 15, 582–585
- Nagel M, Schumacher HC, Bley-Renning K, Mast H (2000): Neurologische Symptomatik, Diagnostik und Therapie des Thoracic-outlet-Syndroms. *Trauma Berufskrankh* 2, 371–375
- Ochsner A, Gage M, DeBakey M (1935): Scalenus anticus (naffziger) syndrome. *Am J Surg* 28 696–699
- Peet RM, Hendirksen JD, Anderson TD et al. (1956): Thoracic outlet syndrome: evaluation of a therapeutic exercise program. *Mayo Clin Proc* 31, 281–287
- Reidler JS, Das De S, Schreiber JJ, Schneider DB, Wolfe SW (2014): Thoracic outlet syndrome caused by synostosis of the first and second thoracic ribs: 2 case reports and review of the literature. *J Hand Surg Am* 39, 2444–2447
- Rob CG, Standeven A (1958): Arterial occlusion complicating thoracic outlet compression syndrome. *Br Med J* 2, 709–712
- Roos DB (1966): Transaxillary approach to first rib resection to relieve thoracic outlet treatment. *Ann Surg* 163, 354–358
- Sadeghi-Azandaryani M, Bürklein D, Ozimek A, Geiger C, Mendl N, Steckmeier B, Heyn J (2009): Thoracic outlet syndrome: do we have clinical tests as predictors for the outcome after surgery? *Eur J Med Res* 14, 443–446
- Sanders RJ, Pearce WH (1989): The treatment of thoracic outlet syndrome: A comparison of different operations. *J Vasc Surg* 10, 626–634
- Session RT (1982): Recurrent thoracic outlet syndrome: causes and treatment. *South Med* 75, 1453–1462
- Urschel HC, Kourlis H (2007): Thoracic outlet syndrome: a 50-year experience at Baylor University Medical Center. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* 20, 125–135
- Urschel HC, Razzuk MA, Albers JE (1976): Reoperation for recurrent thoracic outlet syndrome. *Ann Thorac Surg* 21, 19–25
- Wybaillie E, Maene L, Cooreman F, Beelen R (2018): Robotically Assisted Transthoracic Cervical Rib Resection. *Ann Thorac Surg* 106, e253–e255

Yeow KM, Hsieh HC (2001): Thoracic outlet syndrome caused by first rib hemangioma. *J Vasc Surg* 33, 1118–1121

Jordan SE: Differential Diagnosis in Patients with Possible NTOS. In: Illig KA, Thompson RW, Freischlag JA, Donahue DM, Jordan SE, Edgelow PI (Hrsg.): *Thoracic Outlet Syndrome*. Springer, London 2013, 49–59

---

## **Lebenslauf**

Am 05.06.1987 wurde ich, Jeyhun Farzullayev, in der Stadt Lenkoran in Aserbaidshon als Sohn von Sarraf Farzullayev und Sevinj Farzullayeva geboren.

Nach meinem Abitur 2004 studierte ich Humanmedizin an der medizinischen Fakultät der Universität Aserbaidshon in Baku.

Nach dem Abschluss meines Studiums mit „Ehrendiplom“ im Juli 2010 arbeitete ich als Assistenzarzt, zunächst im städtischen Klinikum Lenkoran in Aserbaidshon in der Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie (2011) und anschließend in der Marmara Universitätsklinik in der Türkei in der Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Wirbelsäulenchirurgie (2011–2013).

Von November 2015 bis Oktober 2016 war ich als Assistenzarzt in Aller-Weser-Klinik Achim (Niedersachsen) in der Abteilung für Allgemein- und Unfallchirurgie.

Von Dezember 2016 bis Januar 2020 war ich als Assistenzarzt in der Neurochirurgischen Klinik des Agaplesion Diakonieklinikums Rotenburg/Wümme beschäftigt.

Im Januar 2020 trat ich meine jetzige Stelle als Assistenzarzt in der Klinik für Neurochirurgie im Universitätsklinikum Gießen und Marburg (Standort Marburg) an.