

Diplomarbeit

**Anatomische Landmarks zur exakten Auffindung und Vermeidung von
Verletzungen des Nervus Accessorius, den am häufigsten iatrogen
verletzten Nerv.**

eingereicht von

Roman Ruschitzka

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Plastische, Ästhetische und

Rekonstruktive Chirurgie

Universitätsklinik für Chirurgie

unter der Anleitung von

OA Dr. Thomas Rappl

und

Univ.-Ass. OA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Georg Feigl

Ort/Datum: Graz, 05.05.2016

Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am 05.05.2016

Roman Ruschitzka eh

Danksagungen

Da ich nun am Ende meiner Ausbildung stehe, möchte ich mich an dieser Stelle bei einigen Personen bedanken, die mich auf diesem langen Weg begleitet und unterstützt haben.

Zuallererst möchte ich mich bei meinen Eltern Evelyne und Gerhard bedanken, die mich nicht nur finanziell unterstützt haben, sondern mir immer mit viel Geduld und dem richtigen Rat zur richtigen Zeit zur Seite standen. Ebenfalls möchte ich meinen Großeltern Maria und Otto für all die Unterstützung in den letzten Jahren einen herzlichen Dank aussprechen. Ein ganz besonderer Dank geht an meine kleine Schwester Aline, die immer für mich da war und es jedes Mal schaffte mir auch in lernintensiven Zeiten ein Lächeln ins Gesicht zu zaubern und mich abzulenken.

Ein großes Dankeschön gilt im Hinblick auf die Erstellung der Diplomarbeit meinen beiden Betreuern Herrn OA Dr. Thomas Rappl und Herrn Univ.-Ass. OA Priv.-Doz. Dr.med.univ. Georg Feigl für die erstklassige Betreuung und ein hohes Maß an Geduld sowie Verständnis. Sie sind mir während der gesamten Erstellung dieser Arbeit stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden.

Ich möchte mich auch bei Freunden und Bekannten bedanken, die mein gesamtes Studentenleben so einzigartig gemacht haben. Besonders bei meinen WG- Kollegen Anna und Leo möchte ich mich bedanken. Sie waren und sind für mich wie eine zweite Familie, ich konnte mich immer auf sie verlassen, sie waren immer für mich da und Sie machten meine Studienzeit zu etwas Besonderem. Auch bei meinen Sandkistenfreunden Marilena und Dominik, die mich schon ein Vierteljahrhundert durch das Leben begleiten und immer an meiner Seite sind möchte ich mich bedanken, sowie bei meinen Studienkollegen und Freunden fürs Leben Robin, Thomas, Markus, Paul, Matthias und Thorsten, die meine Studienzeit zu etwas Einzigartigem gemacht haben.

Auch bei meiner Freundin Laura möchte ich mich bedanken, die mich stets bei meinen Entscheidungen unterstützt und hinter mir steht, sowie allen Freunden und Studienkollegen mit denen ich die letzten 6 Jahre eine tolle Zeit verbracht habe. Vielen Dank!

Zusammenfassung

Einleitung:

Der Nervus accessorius, der elfte Hirnnerv, ist der am häufigsten iatrogen verletzte bzw. durchgeschnittene Nerv des menschlichen Körpers. Vor allem aufgrund seines sehr oberflächlichen Verlaufes, der Einbettung ins Fettgewebe und auch fehlender Landmarks zur Orientierung wird der N. accessorius sehr häufig iatrogen verletzt. Aus diesem Grund möchten wir mit unserer Studie Landmarks etablieren sowie eine mögliche „Danger Zone“ herausfinden in welcher der N. accessorius mit hoher Wahrscheinlichkeit verläuft um das Auffinden des N. accessorius zu vereinfachen, iatrogene Verletzungen des N. accessorius zu minimieren und die Rekonstruktion zu erleichtern.

Material und Methoden:

Für diese Studie wurden 111 in Thiel'sche Lösung eingelegte Leichen verwendet, welche im Zuge von 3 Sezierskursen der Medizinischen Universität Graz seziiert wurden. Es wurden 186 Seiten im Kopf- Halsbereich freipräpariert und der N. accessorius dargestellt. 4 knöcherne Landmarks wurden ausgearbeitet und festgelegt. Von den 4 Landmarks ausgehend wurden Distanzmessungen zum Austrittspunkt des N. accessorius aus der posterioren Grenze des M. sternocleidomastoideus durchgeführt.

Ergebnisse:

Der Austrittspunkt des N. accessorius aus dem M. sternocleidomastoideus liegt im Durchschnitt 5,1cm (STABW \pm 0,99cm; Max. 7,5cm; Min. 2,6cm) entfernt von der Spitze des Proc. mastoideus, 11cm (STABW \pm 1,48cm; Max. 14,5cm; Min. 7cm) entfernt von dem Art.sternoclavicularis, 9,1cm (STABW \pm 1,24cm; Max. 13cm; Min. 5cm) von dem Mittelpunkt der Clavicula sowie im Durchschnitt 12,8cm (STABW \pm 1,37cm; Max. 16,3cm; Min. 8,5cm) entfernt vom Art. acromioclavicularis. Mithilfe des MW und der STABW konnte eine 6,9cm² kreisrunde „Danger Zone“ mit einem Durchmesser von 2,96cm definiert werden.

Schlussfolgerung:

Mit Hilfe unserer Ergebnisse der Distanzmessungen sollte es möglich sein, den N. accessorius in seinem Verlauf schnell aufzufinden, zu markieren und dadurch eine

iatrogene Verletzung des Nerven verhindern. Überdies konnte unter Verwendung der vier von uns ausgearbeiteten Landmarks eine sog. „Danger Zone“ ausgemacht werden, in welcher der Nerv mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit verläuft. Als verlässlichste einzelne Landmark stellte sich die Spitze des Proc. mastoideus heraus.

Abstract

Objectives.

The accessory nerve, the eleventh cranial nerve, is the most common iatrogenic injured or transected nerve of the human body. Mainly due to its very superficial course, the embedding into the fatty tissue and also the lack of landmarks for orientation, the accessory nerve is very common iatrogenic hurt. For this reason we want to establish landmarks to facilitate a finding of the accessory nerve, to minimize iatrogenic injury to the spinal accessory nerve and to facilitate the reconstruction of this nerve after injury.

Methods.

For this study 111 corpses, inserted in Thiel'sche solution, were used. The corpses have been dissected in 3 dissection courses of the Medical University of Graz . 186 cadaveric sites in the head and neck were dissected and the accessory nerve shown. 4 bony landmarks were identified and fixed. Of the 4 Landmarks distance measurements were carried out to the exit point of the spinal accessory nerve out of the sternocleidomastoid muscle .

Results.

The exit point of the accessory nerve from the sternocleidomastoid muscle was on average 5.1cm (STDEV \pm 0,99cm; Max 7.5cm;. 2.6cm Min.) away from the tip of the mastoid process. It was on average 11cm (\pm STDEV 1,48cm; Max 14.5cm; Min. 7cm.) away from the sternoclavicular joint, 9,1cm (STDEV \pm 1,24cm; Max 13cm; Min. 5cm.) from the midpoint of the clavicle and on average of 12,8cm (\pm STDEV 1,37cm; min 8.5cm; Max 16.3cm..) from the acromioclavicular joint. Using the averages and STDEVs a circular 6,9cm² „Danger Zone“ with a diameter of 2,96cm could be defined.

Discussion.

Using our results of distance measurements, it should be possible to quickly locate the accessory nerve in its course, to highlight it and to prevent iatrogenic injuries to the nerve. By using our 4 developed landmarks a so called "Danger Zone" could be identified, in which the nerve runs with very high probability. As a reliable single landmark turned the tip of the mastoid process out.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	iii
Zusammenfassung	iv
Abstract	vi
Inhaltsverzeichnis	vii
Glossar und Abkürzungen	ix
Abbildungsverzeichnis	x
Tabellenverzeichnis	xi
Einleitung	12
1.1. Nervus Accessorius (NA)	12
1.1.1. Verlauf des Nervus Accessorius	12
1.1.1.1. Radix Cranialis (RC)	13
1.1.1.2. Radix spinalis (RS).....	13
1.1.2. Versorgungsgebiet des Nervus Accessorius	15
1.1.2.1. Musculus trapezius.....	16
1.1.2.2. Musculus sternocleidomastoideus	16
1.2. Verletzungsmuster des Nervus Accessorius	17
1.2.1. Neck dissection	17
1.2.1.1. Halslymphknotenlevel	18
1.2.1.2. „Klassische“ radikale Neck dissection (RND)	21
1.2.1.3. Modified Radical Neck Dissection (MRND)	22
1.2.1.4. Funktionelle Neck Dissection (FND)	22
1.2.1.5. Selektive Neck Dissection (SND)	23
1.2.2. Zervikale Lymphknoten Biopsie (LKB).....	24
1.2.3. Carotis Endarteriektomie (CEA)	25
1.2.4. Rhytidektomie (Facelift Operation)	26
1.3. Pathologie einer NA Verletzung	27
1.4. Therapie einer NA Läsion	28
1.5. Physiotherapie nach einer peripheren Nervenläsion	29
1.6. Identifikation des Nervus Accessorius	31
1.6.1. Oberflächliche Identifizierung	31
1.6.2. Intraoperative Identifizierung.....	31
2. Material und Methoden	32
2.1. Studiendesign	32
2.2. Verwendete Körper	32
2.3. Datenerhebung	35
2.3.1. Distanzmessungen und Landmarks	36
3. Ergebnisse	37

3.1. Gesamtergebnisse	37
3.1.1. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2009/2010	39
3.1.2. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2010/2011	41
3.1.3. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2011/2012	42
3.2. Interpretation	44
4. Discussion	45
5. Literaturverzeichnis	50

Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria
Art.	Articulatio
Bzw	Beziehungsweise
CEA	Carotis Endarterektomie
CKC	Closed Kinetic Chain
FND	Funktionelle Neck Dissection
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LKB	Lymphknoten Biopsie
LKG	Lymphknoten Gruppe
M.	Musculus
MRND	Modifizierte Radikale Neck Dissection
MSCM	Musculus sternocleidomastoideus
MT	Musculus trapezius
MUG	Medizinische Universität Graz
MW	Mittelwert
N.	Nervus
NA	Nervus accessorius
Ncl.	Nucleus
ND	Neck Dissection
Proc.	Processus
RC	Radix cranialis
RND	Radikale Neck Dissection
ROM	Range of Motion
RS	Radix spinalis
SND	Selektive Neck Dissection
STABW	Standardabweichung
STDEV	Standard Deviation
TIA	Transiente ischämische Attacke
VJI	Vena jugularis interna

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Eine Kopfseite vor der Durchführung der Distanzmessungen.....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 2: Durchgeführte Distanzmessungen</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 3: Boxplot zu den Gesamtergebnissen aus den Sezierkursen 2009- 2012.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 4: Boxplot zu den Gesamtergebnissen aus den Sezierkursen 2009- 2012.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 5: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2009/2010.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 6: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2010/2011.....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 7: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2011/2012.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 8: Mittels Distanzmessungen evaluierte „Danger Zone“</i>	<i>45</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Halslymphknotenlevel modifiziert von Robbins KT (21)</i>	21
<i>Tabelle 2: Gesamtstatistik der Sezierkurse</i>	34
<i>Tabelle 3: Einzelstatistik der Sezierkurse nach Jahren</i>	35
<i>Tabelle 4: Landmarks zur Bestimmung des Austrittspunktes des NA</i>	37
<i>Tabelle 5: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2009/2010</i>	40
<i>Tabelle 6: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2010/2011</i>	41
<i>Tabelle 7: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2011/2012</i>	43

Einleitung

Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten zählt der Kopf- Hals- Bereich zu den operativ anspruchsvollsten Regionen des menschlichen Körpers. Daraus resultiert die überdurchschnittlich hohe Zahl an iatrogenen Läsionen. (1) Diese Verletzungen werden während der Operationen durch den Operateur selbst beziehungsweise durch das Operationsteam verursacht. Einer der davon am häufigsten betroffenen Nerven im menschlichen Körper ist der elfte Hirnnerv der Nervus Accessorius (NA). (1-3) Dieser ist, vor allem aufgrund seines zum Teil relativ oberflächlichen Verlaufes am Hals sehr gefährdet für iatrogene Läsionen. Eine NA- Läsion nach Neck Dissections (ND) (4) und Lymphknoten Biopsien zählt zu den häufigsten Komplikationen in dieser Region. (5) Des Weiteren besteht das Risiko einer Manipulation beziehungsweise einer Verletzung und der dadurch hervorgerufenen Minderfunktion auch bei etwaigen anderen Operationen in diesem Bereich gegeben, wie zum Beispiel bei Eingriffen an den Carotiden (6) oder bei Rhytidektomien, auch Face Lift- Operationen genannt. (7-9) *Aufgrund der häufigen Komplikationen im Hals- Kopfbereich und Verletzungen des N. accessorius erachten wir es als notwendig die Ursachen darzustellen und Lösungen aufzuzeigen um das Risiko einer Verletzung des NA zu minimieren.*

1.1. Nervus Accessorius (NA)

Der Nervus Accessorius ist der elfte Hirnnerv unseres Körpers. Er setzt sich zusammen aus zwei verschiedenen Wurzeln, welche jeweils einen eigenen Ursprung haben. Diese beiden Wurzeln werden Radix spinalis sowie Radix cranialis genannt.

1.1.1. Verlauf des Nervus Accessorius

Die Verläufe der beiden Wurzeln des NA sind verschieden, daher muss man die Radix spinalis und Radix cranialis getrennt voneinander betrachten. Erst zu einem späteren Zeitpunkt vereinigen sich die beiden Wurzeln und verlaufen in weiterer Folge für eine kurze Strecke gemeinsam.

1.1.1.1. Radix Cranialis (RC)

Die Radix craniales ist kleiner als die Radix spinales. Sie verlässt den Schädel über das Foramen jugulare und verbindet sich für eine kurze Wegstrecke mit der spinalen Wurzel des NA. Eine weitere Verbindung verläuft zum oberen Ganglion des N. vagus. Nach dem Durchlaufen des Foramen jugulare trennen sich der spinale sowie der craniale Teil des NA und sofort nach der Aufspaltung legt sich die Radix craniales oberhalb des unteren Ganglions an den Nervus Vagus an. Die Nervenfasern, welche sich in die pharyngealen Äste aufteilen stammen vom Nucl. Ambiguus und innervieren die pharyngealen und laryngealen Muskeln mit einer Ausnahme, des M. tensor veli palatini, welcher vom R. musculi tensoris veli palatini des N. mandibularis versorgt wird. Andere Nervenfasern ziehen zum N. recurrens um zwei Muskeln der Stimmbandmuskulatur zu versorgen, den M. thyroarytaenoideus und den lateralen M. cricoarytaenoides. Der Status der cranialen Wurzel des NA wird sehr häufig diskutiert, da Studien an menschlichen Leichen gezeigt haben, dass eine große Anzahl an Variationen und Mustern für die RC im Zusammenhang mit der Anastomosierung zwischen der cranialen Wurzel und der unteren cranialen Nerven (N. glossopharyngeal, N. vagus, N. accessorius, und N. hypoglossus) möglich sind. (10)

1.1.1.2. Radix spinalis (RS)

Die Radix spinalis wird als solche terminiert, da diese außerhalb des Schädels, aus dem Rückenmark entspringt. Der Ort, an dem ein Nerv entspringt, wird Kerngebiet genannt. Im Falle der Radix spinalis des NA wird das Kerngebiet als Nucleus (Ncl.) nervi accessorii definiert. Es ist ein längliches Kerngebiet, welches sich von der Verbindungsstelle des Rückenmarks bis zum sechsten Halssegment erstreckt. Einige Nervenwurzelfasern entspringen direkt aus dem Kern und andere ziehen nach cranial, bevor sie das Rückenmark verlassen. Die Nervenwurzelfasern bilden einen Stamm, welcher zwischen dem Ligamentum (Lig.) denticulatum und den hinteren Wurzeln der Spinalnerven nach cranial zieht und weiter hinter der Arteria (A.) vertebralis durch das Foramen magnum in den Schädel. Die RS zieht in weiterer Folge nach cranial und lateral, um das Foramen jugulare zu erreichen und in einer gemeinsamen Durascheide mit dem N. vagus nach distal durch das Foramen jugulare zu ziehen, nur getrennt durch eine Falte der Arachnoidea mater. (10) Nach Verlassen des Foramen jugulare zieht die RS nach posterolateral und

trifft dort entweder lateral oder medial auf die Vena jugularis interna (VJI). (11) An der VJI verläuft die RS zum größten Teil an der lateralen Seite, seltener findet man den Nerv medial der VJI. In Ausnahmefällen ist es jedoch auch möglich, dass der Nerv die VJI durchzieht. (11-13) Intraoperativ muss man diese mögliche Anomalie in Betracht ziehen, um das Risiko einer operativen Läsion des NA zu verhindern. Der Nerv kreuzt als nächstes den Processus Transversus des Atlas und wird selbst von der A. occipitalis gekreuzt. Der NA steigt danach medial des Processus (Proc.) styloideus, des M. stylohyoideus und des hinteren Bauch des M. digastricus nach distal ab. Gemeinsam mit dem R. sternocleidomastoideus aus der A. occipitalis erreicht der NA den M. sternocleidomastoideus (MSCM). (10) Dieser Muskel ist für die Neigung des Kopfes nach rechts bzw. links verantwortlich, sowie zu einem kleinen Teil für die Neigung nach hinten. Im weiteren Verlauf gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie sich der NA in seine Äste aufteilt und zum M. trapezius (MT) zieht. Am häufigsten, zieht der NA durch den MSCM und teilt sich währenddessen in einen Ast zur Innervation des MT sowie einen Ast zur Innervation des MSCM auf. Lanisnik et al beschreibt, dass dieser Verlauf in 66% der Untersuchungen vorgekommen ist. In weiterer Folge zieht der Erstgenannte Ast durch das posteriore zervikale Dreieck weiter zum MT. Des Weiteren ist es möglich, dass der Ast für den MT schon vorher abgegeben wird, bevor der NA den MSCM erreicht. Diesen möglichen Verlauf gibt Lanisnik et al mit 22% an. In diesem Fall zieht der Ast oberflächlich zu den in Level IIa liegenden zervikalen Nerven, erreicht das hintere Halsdreieck und zieht weiter zum MT. Die letzte und mit 12% seltenste Möglichkeit der Auftrennung ist auch die komplizierteste. Der NA trennt sich erst nachdem er den hinteren Rand des MSCM passiert. Anschließend schließt sich der NA zusammen mit den Halsnerven auf Level C3 und gibt danach einen kleinen Ast ab, welcher in die Tiefe zieht, das hintere Halsdreieck erreicht und zum MT weiterzieht. (14) Bevor die Nervenfasern den MT erreichen, ziehen sie in die Tiefe, um mit Fasern der Spinalnerven aus den Segmenten C2 oder C3 bzw. C2 und C3 zu anastomosieren. (10)

Der NA endet gelegentlich im MSCM, häufiger jedoch tritt der NA etwa am Mittelpunkt der hinteren Grenze des MSCM hervor, in der Regel innerhalb von zwei Zentimetern über dem Austrittspunkt des N. auricularis magnus (3) und ca. 4- 6cm entfernt von der Spitze des Proc. Mastoideus. Doch darf man sich nicht darauf verlassen, da die Austrittsstelle sehr variabel ist. In weiterer Folge durchkreuzt der NA das hintere Halsdreieck über dem M. levator scapulae, nur von ihm getrennt durch die prevertebrale Schicht der tiefen Halsfaszie und des Fettgewebes. An dieser Stelle des Verlaufs liegt der Nerv sehr

oberflächlich und in der Nähe der dort ansässigen Lymphknoten. Etwa 3-5 cm oberhalb der Clavicula zieht der NA an der vorderen Grenze des MT vorbei und spaltet sich des Öfteren auf. In der tiefen Schicht bilden die abgespaltenen Nervenfasern nun einen Plexus mit Nervenfasern aus C3 und C4 oder nur C4. Danach ziehen die Nerven in die tiefe Muskelschicht. Der NA verläuft weiter am Hals, vom vorderen unteren Teil des Tragus zur Spitze des Proc. transversus des Atlas und dann über den MSCM sowie das hintere Halsdreieck zu einem Punkt an der vorderen Grenze des MT, ca. 3-5cm über der Clavicula. (10) Herkömmlicherweise wird der Spinalwurzel die alleinige motorische Fähigkeit für die Innervation des MSCM zugeordnet und die zervikalen Nerven aus C2 und C3 sind propriozeptive und keine motorischen Nerven. Der supranukleare Weg der Nervenfasern für den MSCM ist jedoch nicht einfach nachzuverfolgen, da es möglicherweise zu einer zweifachen Kreuzung der Nervenfasern im Hirnstamm kommt oder eine bilaterale Projektion aus beiden Hemisphären auf den Muskel wirkt. Der mittlere und obere Teil des MT werden primär vom NA innerviert. Die unteren zwei Drittel des Muskels werden durch den zervikalen Plexus innerviert und versorgt. (15) Auf der Grundlage der partiellen Denervierung des Muskels, welche bei Verletzungen des NA sowie des zervikalen Plexus auftreten kann, wird vermutet, dass der Muskel noch eine teilweise Innervation von anderen Nerven erhält, möglicherweise von thorakalen Nerven. (10) Es kann jedoch auch zu Variationen des Nervs, der einzelnen Äste und deren Abgängen kommen, sowie bei der Kommunikation, als auch während des gemeinsamen Verlaufs mit den zervikalen Nerven des Plexus zervikales. (16-18)

1.1.2. Versorgungsgebiet des Nervus Accessorius

Der Nervus Accessorius ist ein laut Fachliteratur ein somatomotorischer Nerv. Seine Hauptaufgabe ist die Innervierung der Skelettmuskulatur. Die Skelettmuskulatur beinhaltet die Muskeln, welche für eine Bewegung des Körpers verantwortlich sind und aktiv gesteuert werden können. Dies können einfache oder sehr komplexe Bewegungsabläufe sein, welche nur durch die Zusammenarbeit mehrerer verschiedener Muskeln ermöglicht werden können. Das Versorgungsgebiet des Nervus Accessorius umfasst zwei Muskeln, den MT auch genannt Kapuzenmuskel, sowie der MSCM, der Kopfwender- und

Kopfhebermuskel. Trotz dessen er mehrheitlich als somatomotorischer Nerv definiert wird, werden ihm dennoch auch sensomotorische Fähigkeiten zugesprochen. (19)

1.1.2.1. Musculus trapezius

Der MT gliedert sich in drei Teile, welche unterschiedliche Funktionen haben, jedoch auch synergistisch zusammenarbeiten. Die einzelnen Teile sind benannt nach dem jeweiligen Verlauf der Muskelfasern des Muskels. Der Muskel wird eingeteilt in eine Pars descendens, Pars transversa und eine Pars ascendens. Die Ursprung des Pars descendens liegt an der Linea nuchalis superior, der Protuberantia occipitalis externa und am Ligamentum nuchae. Der Ansatz des Muskels findet sich am lateralen Drittel der Clavicula.

Der Ursprung der Pars transversa, mit seinen waagrecht verlaufenden Muskelfasern, verläuft von den Dornfortsätzen und den Ligg. supraspinalia des siebten Hals- bis zum dritten Brustwirbel und setzt am acromialen Ende der Clavicula, dem Acromion sowie einem Teil der Spina scapulae an. Der dritte Teil, genannt Pars ascendens, entspringt von den Dornfortsätzen und Ligg. supraspinalia des dritten bis zwölften Brustwirbels und läuft zum Trigonum spinae sowie zum Teil zur Spina scapulae.

Der MT hat eine statische sowie dynamische Funktion. Er stabilisiert die Scapula und fixiert dadurch den Schultergürtel. Dynamisch zieht der MT die Scapula sowie die Clavicula nach hinten. Der absteigende und der aufsteigende Teil sind unter anderem für die Drehung der Scapula zuständig. Die Pars descendens führt zusätzlich eine Adduktion sowie eine Hebung der Schulter aus. Alle drei Teile des MT werden vom Nervus accessorius innerviert. (15,20) Vor allem im Pars descendens spielt der NA eine große Rolle, da im Gegensatz zu den anderen beiden Teilen keine Mitinnervation durch den Zervikalen Plexus erfolgt (15) und bei einer Läsion des NA wird der Muskel nicht mehr innerviert, es können keine Impulse mehr zur Ausführung einer Bewegung weitergegeben werden und schlussendlich kommt es zu einer Atrophie des Muskels.

1.1.2.2. Musculus sternocleidomastoideus

Der MSCM, der Kopfwender und Kopfhebermuskel ist ein zweiköpfiger Muskel. Die beiden Ursprünge des Muskels finden sich am Sternum sowie an der Clavicula. Der Ansatz

liegt an der Linea nuchalis superior und am Proc. mastoideus. Der Muskel ist verantwortlich für das Neigen des Kopfes auf die ipsilaterale, also die Seite auf der sich der Muskel befindet und das Drehen auf die kontralaterale Seite, also die gegensätzliche Seite. Werden beide Muskeln gleichzeitig angespannt kommt es zur Aufrichtung des Kopfes.

1.2. Verletzungsmuster des Nervus Accessorius

Der NA ist, vor allem aufgrund seines Verlaufes der am häufigsten iatrogen verletzte Nerv des menschlichen Körpers. (2) Daher ist während Operationen in der Nähe möglicher Verlaufswege des NA besondere Vorsicht geboten. Da das Halsgebiet bereits aufgrund der Vielzahl an lebensnotwendigen Strukturen wie Nerven, Blutgefäßen und weiteren wichtigen Strukturen auf sehr geringem Raum besonders komplex und schwer zu operieren ist kann der NA leicht übersehen und durchtrennt werden.

Der NA zieht vom Foramen jugulare mit der VIJ nach distal zum MSCM. Diesen durchzieht er in den meisten Fällen und zieht über das hintere Halsdreieck weiter zum MT. Besondere Vorsicht ist auch geboten, da der Verlauf des NA zum Teil sehr oberflächlich ist und dieser Grund auch des Öfteren dazu führt den Nerv zu verletzen bzw. zu durchtrennen. Bei folgenden Operationen besteht ein erhöhtes Risiko einer iatrogenen Läsion des NA. Neck Dissections: Neck Dissections sind Ausräumungen von häufig mit Tumorzellen infiltriertem Gewebe im Kopf- Hals Bereich. Es wurden zwar verschiedenste Operationsmethoden entwickelt, jedoch bei allen besteht ein erhöhtes Risiko für Komplikation im Rahmen einer NA Schädigung. Weitere Operationen mit einem erhöhten Risiko für Läsionen des NA im Hals- Kopf Bereich sind Lymphknoten- Biopsien, Operationen an der Arteria carotis sowie Rhytidektomien (sogenannte Face Lift Operationen).

1.2.1. Neck dissection

Eine ND ist ein chirurgischer Eingriff bei dem das Hauptziel die Entfernung der Halslymphknoten sowie deren umgebende Strukturen im Bereich zwischen Mandibula und Clavicula ist. Diese Operation ist indiziert bei bestätigten Lymphknoten- Metastasen, sowie bei Verdacht auf Metastasen bei bekanntem oder unbekanntem Primärtumor. ND

können elektiv geplant werden, wenn bei einem Patienten/Patientinnen das Risiko für Lymphknotenmetastasen sehr hoch ist und man ein weiteres Ausbreiten der Tumorzellen verhindern möchte. Ein weiterer Ansatz ist die kurative ND. Bei dieser Operation wurde präoperativ ein Befall der Halslymphknoten durch Tumorzellen festgestellt. Dabei versucht man durch die Ausräumung der Lymphknoten das gesamte mit Tumorzellen befallene Gewebe zu entfernen. Seit der Erstbeschreibung der radikalen „klassischen“ radikalen ND 1906 durch Crile et al (21) wurde vor allem in den letzten Jahren sehr viel darüber diskutiert, welche Gewebestrukturen entfernt werden bzw. welche geschont werden können. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren viele neue Operationsmethoden und Operationskataloge erstellt, um individuellere operative Versorgung zu gewährleisten und vor allem die post- operative „Quality of Life“ zu verbessern. Die aktuellen operativen Verfahren für die operative Ausräumung der Halslymphknoten und der umliegenden Strukturen umfassen die „klassische“ radikale ND, die funktionelle ND sowie die selektive ND. Diese unterscheiden sich hauptsächlich durch den Operationsumfang und den zu entfernenden Gewebsstrukturen. Bei den ND kann man den Operationsumfang anhand der operierten sogenannten Halslymphknotenlevels unterscheiden.

1.2.1.1. Halslymphknotenlevel

Es gibt 6 verschiedene Halslymphknotenlevels. Diese werden eingeteilt in Level I-VI. Ein weiteres Level, das Level VII, wird nicht mehr zu den Halslymphknotenlevels dazugezählt. Dieses gehört zur Gruppe der Lymphknotengruppen im oberen Mediastinum.

Level I	Das Level I beinhaltet die Submentale und Submandibuläre Lymphknotengruppe (LKG) und wird auch noch einmal in diese 2 Untergruppen aufgeteilt.
	Level Ia (Submentale LKG): Dieses Level wird begrenzt durch den Vorderrand des M. digastricus, des Os Hyoideum sowie der medianen Halsebene. Diese drei Grenzen bilden

	<p>ein Dreieck und alle Lymphknoten in diesem Dreieck gehören dem Level Ia an. (18)</p>
	<p>Level Ib (Submandibuläre LKG): In dieses Level fallen alle Lymphknoten, welche hinter dem vorderen Bauch des M. digastricus, vor dem M. stylohyoideus und unter dem Unterkieferkörper liegen.</p> <p>Die untere Begrenzung dieses Levels wird vom hinteren Bauch des M. digastricus gebildet. Bei Entfernung dieses Levels, in welchem unter anderem auch die Glandula submandibularis liegt, wird diese auch mitentfernt.</p>
<p>Level II</p>	<p>Level II (craniojuguläre LKG): Das zweite Level erstreckt sich von der Schädelbasis bis zum unteren Körper des Os hyoidale. Die hintere Grenze dieser Fläche wird durch die hintere Grenze des MSCM begrenzt. Nach vorne wird der Bereich durch den M. stylohyoideus begrenzt. Das Level II wird, wie auch das submandibuläre und submentale Level in zwei weitere Teile geteilt. Dieses Level wird durch den NA in diese zwei Teile geteilt, welcher schräg durch diesen Bereich zieht. (18) Speziell in diesem Level ist bei Operationen aufgrund der Lage des NA besonders darauf zu achten, den NA nicht zu verletzen oder zu traumatisieren. (22,23)</p> <p>Level IIa (mediale LKG): Dieser Bereich liegt medial des NA.</p> <p>Level IIb (laterale LKG): Dieser Bereich liegt lateral des NA.</p>

Level III	<p>Level III (mediojuguläre LKG): Dieser Sektor liegt zwischen dem Unterrand des Os hyoideum und der Unterkante des Ringknorpels. Die vordere Begrenzung wird durch den M. sternohyoideus gebildet, die hintere durch den hinteren Rand des MSCM.</p>
Level IV	<p>Level IV (kaudojuguläre LKG): Das viertel Level erstreckt sich vom Unterrand des Ringknorpels bis zur Clavicula. Nach vorne und hinten wird es genauso wie beim Level III durch den M. sternohyoideus sowie den MSCM. Es umfasst die Lymphknoten, welche sich in der Nähe des unteren Drittels der VJI befinden.</p>
Level V	<p>Level V (posteriores Halsdreieck): Diese Lymphknotengruppe besteht vorwiegend aus den Lymphknoten, welche entlang des unteren Teiles des Nervus Accessorius liegen sowie an der A. cervicalis transversalis. Unter anderem sind auch die supraclaviculären Lymphknoten in dieser LKG dabei. Der Bereich des hinteren Halsdreiecks wird wie schon bei den Lymknotenleveln I und II in zwei Bereiche aufgeteilt.</p> <p>Level Va: Die obere Grenze ist die Spitze, welche durch die Konvergenz des MSCM sowie den MT gebildet wird. Nach unten wird dieses Sublevel durch eine verlängerte Linie, welche vom Unterrand des Ringknorpels gerade nach lateral gezogen wird, begrenzt. Die vordere Grenze wird durch den hinteren Rand des MSCM gebildet und die</p>

	<p>hintere durch den vorderen Rand des MT. Dieses Sublevel beinhaltet die oben genannten Lymphknoten welche entlang des Verlaufes des NA liegen.</p>
	<p>Level Vb: Die craniale Begrenzung ist die wie in Sublevel Va beschriebene Verlängerung des Ringknorpels. Nach unten wird der Bereich durch die Clavicula begrenzt und nach vorne bzw. hinten durch den Hinterrand des MSCM und den Vorderrand des MT. Zu diesem Sublevel gehören die Lymphknoten, welche entlang der transversalen zervikalen Arterie liegen sowie die supraclaviculären Lymphknoten mit Ausnahme des Virchow- Lymphknotens, welcher zum Level IV gehört.</p>
Level VI	<p>Level VI (vorderes Kompartiment): In diesem Kompartiment befinden sich die pre- sowie paratrachealen LK, die LK welche vor dem Ringknorpel zu finden sind, sowie die perithyroidalen entlang des Nervus recurrens laryngeus.</p>

Tabelle 1: Halslymphknotenlevel modifiziert von Robbins KT (24)

1.2.1.2. „Klassische“ radikale Neck dissection (RND)

Die klassische RND wurde von Crile et al (21) erstmals beschrieben. Diese Operation stellt die ursprüngliche Operation dar und wurde über die Jahre modifiziert und abgeändert. Bei der klassischen radikalen ND werden nicht nur die Halslymphknoten der Level I- V, die Lymphgefäße sowie deren umgebendes Fettgewebe entfernt sondern unter anderem auch andere Strukturen am Hals, wie der MSCM, die Unterkieferspeicheldrüse (Glandula Submandibularis) und der Schwanz der Ohrspeicheldrüse (Glandula parotidea), die Vena jugularis interna, die sensorischen Nerven des Plexus cervicales und der Nervus

Accessorius. Bei dieser Operation werden alle diese Gewebsstrukturen entfernt, unabhängig davon, ob sie beteiligt sind oder nicht. (24,25) Diese radikale Methode basiert auf dem Paradigma des amerikanischen Chirurgen William Stewart Halsted und der Philosophie des frühen zwanzigsten Jahrhunderts. Damals war man der Ansicht, dass sich die Tumorzellen nur lokal ausbreiten und die Zellen nicht durch z.B. Blutgefäße im Körper verteilt werden. In weiterer Folge ging man davon aus, dass die Heilungschancen des Patienten/Patientin umso größer sind umso mehr man reseziert. Dadurch wurde versucht, so radikal wie möglich die Gewebestrukturen zu entfernen und damit die Krebserkrankung zu kurieren. Man entfernt dabei alles „en bloc“, das heißt während einer Operationssitzung und das war auch damals das Kennzeichen dieser radikalen Operationen. (26,27) Das oberste Ziel im Bezug auf den Patienten/Patientin war es, jede Krebszelle des Körpers zu resezieren und dadurch den Tumor zu entfernen. Das körperliche Befinden des Patienten/Patientin nach der Operation und die sogenannte „Quality of Life“ war zu der damaligen Zeit sekundär. Das Konzept der radikalen Operation als ideale Operationsmethode zur Bekämpfung von Krebserkrankungen prägte die Medizin für viele Jahre. Erst Mitte des 20. Jahrhunderts wurde als Resultat der Fortschritte in der Erforschung der Metastasierung bei Tumorerkrankungen die operative Vorgehensweise überdacht. Die radikalen Operationen wurden in weiterer Folge individualisiert und an die einzelnen Patienten/Patientinnen angepasst. Auch heutzutage werden noch radikale Operationen durchgeführt, jedoch nur bei dafür entsprechender Indikation.

1.2.1.3. Modified Radical Neck Dissection (MRND)

Die modifizierte ND ist der radikalen ND sehr ähnlich. Es werden auch bei dieser Operation alle Lymphknoten des Halses entfernt, jedoch wird bei der modifizierten ND mindestens ein Nicht-lymphatisches Organ erhalten. Erhalten können werden der NA, die VJI oder der MSCM. (24) Bei Erhaltung des NA ist die Wahrscheinlichkeit postoperativ ein „Sloping Shoulder Syndrome“ (28,29) zu entwickeln geringer und die „Quality of Life“ wird erhöht.

1.2.1.4. Funktionelle Neck Dissection (FND)

Die funktionelle ND Operation hat dasselbe Ziel wie die radikale sowie die modifizierte

ND Operation. Der Operateur versucht bei dieser Operation, den Tumor bzw. die von Tumorzellen befallenen Lymphgefäße, Lymphknoten oder andere Strukturen zu reseziieren und dadurch den Körper zu kurieren. Der Ansatz der FND Operation ist jedoch ein anderer. Es wird nicht wie bei der klassischen ND radikal operiert und so viel Gewebe wie möglich entfernt, sondern man verfolgt einen konservativeren Ansatz, ähnlich wie bei der modifizierten. In anderen Worten heißt das, dass der Operateur den NA, den MSCM sowie die VIJ nicht reseziert, sondern erhält. (30) Dadurch verhindert man bzw. beugt man im Gegensatz zu einer radikalen ND morphologischen sowie funktionellen postoperativen Schäden vor. (31) Eine hundert prozentige Garantie dafür, dass nach dieser großen Operation keine postoperativen Folgeschäden vorliegen, kann man natürlich nicht versprechen, jedoch ist die Chance aufgrund der Erhaltung der Strukturen weitaus höher, als wenn sie während der Operation entfernt werden. Der Vergleich der postoperativen Ergebnisse zeigt deutlich, dass die radikale ND mit erhöhten Komplikationen verbunden ist. Die Patienten/Patientinnen, welche sich einer radikalen ND unterzogen hatten, klagten postoperativ über eine erhöhte Steifigkeit des Halses und der Schulter sowie die fehlende Möglichkeit schwere und zum Teil leichte Gewichte zu heben. Des Weiteren hatten die Patienten/Patientinnen Schwierigkeiten Gegenstände über der Schulterhöhe zu erreichen. Die Patienten/Patientinnen mit einer funktionellen ND beklagten zwar dieselbe Symptomatik, jedoch in geringerem Ausmaß. (32) Bei der funktionellen ND wurde unter anderem auch mittels eines Elektromyogramms festgestellt, dass die Werte postoperativ geringer ausfallen als präoperativ. Der Nerv erholt sich zwar wieder nach einer gewissen Zeit, jedoch erreicht er nicht mehr den präoperativen Ausgangswert. Im Gegensatz zur radikalen ND ist jedoch die Möglichkeit postoperativ am „Shoulder Syndrom“ zu leiden weitaus geringer als bei einer funktionellen ND. (33)

1.2.1.5. Selektive Neck Dissection (SND)

Bei einer selektiven ND wird der Operationsumfang im Gegensatz zur funktionellen ND noch einmal reduziert um dadurch die Komplikationsrate weiter zu senken. Bei der SND werden nur Halslymphknoten aus bestimmten Levels des Halses reseziert. Es handelt sich hauptsächlich um elektive Eingriffe, damit ist gemeint, dass die Eingriffe geplant werden, ohne vorher klinisch auffällige Befunde der Lymphknoten zu haben. Jedoch wird angenommen, dass ein Risiko für das Vorliegen von Metastasen 15- 20% übersteigt und

darum wird der/die Patient/Patientin operiert, um ein Ausbreiten zu verhindern. (34) Im Vergleich mit einer funktionellen bzw. modifizierten ND kommt es aufgrund des weniger traumatischen Eingriffes und geringeren Umfangs der Operation auch zu geringeren Komplikationen und besserem postoperativen Ergebnis. (35) Kennzeichnend für eine Selektive ND ist die Nichtresektion von mindestens einer Lymphknotengruppe, welche bei einer radikalen ND entfernt werden würde. Diese Philosophieänderung, dass man auch nicht alle Lymphknotenlevel entfernt, war der erste und wichtigste Schritt des Umdenkens, diese Veränderung bezieht sich vor allem auf die Selektivität, mit der die Lymphknotengruppen entfernt werden. Welche Lymphknotengruppen entfernt werden und welche man nicht resektieren muss, ist abhängig von der Lokalisation, der Art des Primärtumors und welche Strukturen betroffen sind. (36) Es gibt verschiedene Typen von selektiven ND, welche sich auf die zu entnehmenden Lymphknotengruppen beziehen. Die am häufigsten durchgeführten Operationseingriffe sind die laterale, supraomohyoid, anterolateral und die zentrale selektive ND. Bei der lateralen SND werden die Lymphknotengruppen aus den Levels II- IV entfernt, welche vor allem bei Tumoren des Oropharynx, des Hypopharynx sowie des Larynx betroffen sind. Diese Methode ist speziell für die Erhaltung der Funktionen der durch den NA innervierten Muskeln relevant, da sie weniger sekundäre Schäden verursacht als die funktionelle ND. (37) Die posterolaterale ND wird bei Hauttumoren hinter dem Ohr durchgeführt und es werden die Lymphknoten Level II- V resektiert. Die supraomohyoide ND bezieht die auf die Level I- III mit ein und ist das Mittel der Wahl bei Tumoren der Mundhöhle. Wird ein Tumor des Zungengrundes oder der vorderen Anteils der Zunge diagnostiziert werden die Level I- IV resektiert, was einer Anterolateralen ND entspricht. Ist die Schilddrüse befallen, muss man eine zentrale ND durchführen, welche das Level VI enthält. (34,38)

1.2.2. Zervikale Lymphknoten Biopsie (LKB)

Bei einer Lymphknotenbiopsie muss man verschiedene Arten von Biopsien unterscheiden: Es kann eine interventionelle LKB durchgeführt werden oder eine LKB im Rahmen einer chirurgischen Operation. Eine interventionelle LKB ist eine Feinnadelbiopsie, bei welcher eine ca. 1mm im Durchmesser dünne Nadel von außen in den Lymphknoten gestochen wird und dadurch eine kleine Anzahl von Zellen gewonnen werden kann. (39) Werden bei dieser Methode zu wenig Zellen gewonnen um eine Diagnose abzugeben, kann man auch

eine Stanzbiopsie durchführen. Eine Stanzbiopsie ist eine Hochgeschwindigkeitsbiopsie, bei welcher der Zylinder einen größeren Durchmesser hat und dadurch kann mehr Gewebe aus dem verdächtigen Lymphknoten extrahiert und analysiert werden. (40) Kann selbst mittels einer Stanzbiopsie nicht ausreichend genug Material für eine histologische Untersuchung gewonnen werden und daher keine Diagnose gestellt werden, kann eine offene Biopsie durchgeführt werden. Hier gibt es zwei Arten der offenen Biopsie, eine Inzisionsbiopsie, bei welcher ein operativer Eingriff durchgeführt wird, bei welchem ein Teil des Tumors bzw. einzelne Lymphknoten entfernt und die Biopsie analysiert wird. Die zweite Möglichkeit ist die Exzisionsbiopsie, bei welcher der gesamte Tumor bzw. das gesamte durch den Tumor befallene Gewebe entfernt wird. Diese Art der Biopsie hat den Vorteil, dass möglicherweise nach späterer Analyse des entfernten Materials die Therapie für den/die Patienten/Patientin bei benignen Tumoren mit dem einen Eingriff schon ausreichend ist. (40) Eine offene Exzisionsbiopsie ist zum Beispiel die ND, bei welcher versucht wird die verdächtigen Lymphknotengruppen zu entfernen. Eine Lymphknoten Biopsie ist indiziert, wenn der Verdacht besteht, dass bei dem/der zu untersuchenden Patienten/Patientin eine maligne Erkrankung oder eine neoplastische Veränderung vorliegt. (41) Verhärtete, vergrößerte und leicht zu tastende Lymphknoten im Zuge dieser Veränderung sind verdächtig sowie mittels bildgebenden Verfahren wie zum Beispiel das Röntgen, die Magnetresonanz Untersuchung oder die Computertomographie festgestellte Veränderungen des Gewebes. In Bezug auf den NA muss man vor allem bei offenen Biopsien im Bereich des II und V (hinteres Halsdreieck) Halslevels aufpassen, (42) dass man den Nerv nicht verletzt. Doch trotz Arbeiten zu dem Thema Landmarks bei Lymphknoten Biopsien, (43) kommt es immer wieder zu Verletzungen des Nervs in Folge dieser Operationen. (44-46) Die Lymphknoten in diesen Bereichen liegen in unmittelbarer Nähe des NA und bei einer Lymphknoten Biopsie kann dieser schnell übersehen und verletzt werden. Mehr als die fünfzig Prozent aller Läsionen des hinteren Halsdreiecks sind iatrogen während Lymphknoten Biopsien verursacht. (44)

1.2.3. Carotis Endarteriektomie (CEA)

Eine Carotis Endarteriektomie (CEA) ist eine Operation an der A. carotis interna, A. carotis externa oder der A. carotis communis, welche sich in die beiden erstgenannten Arterien aufteilt. Die Indikation der Operation hängt vom Stadium der klinischen

Symptomatik ab. Bei asymptomatischer Stenose mit weniger als 70% oder Verschluss der Arterie, was dem Stadium I entspricht, ist eine CEA indiziert. Auch im Stadium II, in welchem sogenannte TIAs (transiente ischämische Attacken) diagnostiziert werden ist eine Operationsindikation gegeben. Bei einer TIA, handelt es sich um eine in ihrer Symptomatik dem Schlaganfall ähnelnde, vorübergehende neurologische Störung, welche auf eine Mikroembolie im Gehirn zurück zu führen ist. Der Definition nach dauert eine TIA nicht länger als 24 Stunden. sind ischämische neurologische Ausfälle, welche sich nach spätestens 24h wieder vollständig rückgebildet haben. Die Operation im Stadium I und II hat prophylaktischen Charakter und soll einen schweren zukünftigen Schlaganfall verhindern. Im Stadium III ist eine CEA selten indiziert, da diese nur innerhalb von 6-12h nach dem ischämischen Ereignis möglich ist und auch nur, wenn der/die Patient/Patientin bei Bewusstsein war. Im Stadium IV ist eine Operation indiziert bei vermutlich guter Rückbildung der neurologischen Symptomatik. Jedoch auch nur auf der ipsilateralen Seite des neurologischen Ausfalles. (47) Bei einer CEA wird als Erstes am Vorderrand des MSCM eine ein länglicher Schnitt durchgeführt. Danach wird die Platysma eröffnet und vor dem MSCM in die Tiefe präpariert. Anschließend werden die Gefäße freigelegt und der Teil der Arterie, welcher verschlossen ist bzw. eingengt ist eröffnet und die Arterienwand ausgeschält. Eine Verletzung des NA während einer CEA ist eine seltene Komplikation, jedoch findet man immer wieder Berichte über Komplikationen in denen der NA involviert ist.(6,48-50)Vor allem bei CEA- Operationen entlang des proximalen Teiles der Carotis kann es zu Komplikationen mit dem NA kommen. (51)

1.2.4. Rhytidektomie (Facelift Operation)

Das Hauptziel der Facelift Operationen ist das Nachspannen von Gesichts- und Halshaut zur ästhetischen Verjüngung bei altersbedingten Veränderungen. Nur wenige kongenitale Krankheiten wie zum Beispiel Ehlers-, Danloss- oder Werner- Syndrom bzw. erworbene Fazialisparese indizieren eine altersunabhängige Facelift- Operation. Die Hauptzielgruppe solcher Facelift Operationen sind daher zum größten Teil Frauen um die 50 Jahre oder älter bei denen es aufgrund des Alterungsprozesses der Haut zu Gewebselastizitätsverlust gekommen ist und in weiterer Folge zu Hängewangen, Ptose der Stirn, der Augenbrauen sowie des Platysmas. (52) Bei einer Facelift Operation liegt das Hauptaugenmerk darauf, dass man postoperativ keine Auffälligkeiten wie zum Beispiel Narben identifizieren kann.

Das bestmögliche Ergebnis einer solchen Operation ist, wenn es keine Anzeichen für eine Operation gibt. Aus diesem Grund versucht der Operateur die Schnittführung so zu wählen, dass die Narbe in einer Hautfalte verschwindet bzw. wie bei einer Facelift Operation hinter dem Ohr platziert wird, so dass die Narben nur sehr schwer zu entdecken sind. Die Standardinzision für eine Facelift Operation erfolgt temporal ca. 3cm dorsal der Schläfenhaargrenze nach präaurikulär zum Tragus, vom kaudalen Tragusrand über die präaurikuläre Hautfalte und nach retroaurikulär über das Mastoid im 90°- Winkel in die behaarte Okzipitalregion auslaufend. Im Allgemeinen beginnt die Präparation retroaurikulär auf die Faszie des MSCM unter besonderer Berücksichtigung des Austrittspunktes des N. auricularis magnus am Hinterrand des MSCM. (52) Dieser Austrittspunkt des N. auricularis magnus wird „Great Auricular Nerve Point (GAP)“ genannt und hat eine sehr enge Lagebeziehung zum NA und dessen Austrittspunkt aus dem Hinterrand des MSCM. (53-55) Eine iatrogene Verletzung des NA während einer Facelift Operation ist zwar eine seltene Komplikation, jedoch wird immer wieder über Fälle berichtet, bei denen es postoperativ aufgrund der NA Verletzung zu einer Lähmung sowie Atrophie des MT gekommen ist. (7-9) Es ist daher bei einer Rhytidektomie Operation eine gute Kenntnis der dort lokalisierten Nervenstränge essentiell und mittels Landmarks könnte man diese Nervenaustrittspunkte sehr schnell auffinden und dadurch eine iatrogene Verletzung des Nervs während einer Operation verhindern.

1.3. Pathologie einer NA Verletzung

Passieren aufgrund von intraoperativen Läsionen bzw. Traumen Verletzungen des Nervus Accessorius, muss man differenzieren, an welcher Stelle der Nerv verletzt wurde. Befindet sich die NA Läsion im distalen Bereich des Nervs, ist vor allem der craniale Anteil des MT betroffen. Durch die fehlende Innervation kommt es zu einer Atrophie des cranialen Anteils dieses Muskels. Infolge dieser Atrophie wird die Scapula, welche durch die cranialen Anteile des MT normalerweise nach medial gezogen wird, nach lateral verschoben und es entsteht eine Scapula Alata, auch Engelsflügel genannt. Diese Engelsflügel entstehen aufgrund der Atrophie des MT. Weiters kommt es auch zu einem Schulterschiefstand (56) sowie einer signifikanten Verminderung der Abduktion des Armes aufgrund der Läsion und der dadurch fehlenden Innervation des MT. (56) Um bei der klinischen Untersuchung die Atrophie bzw. die fehlende Innervation des proximalen

Anteils des Nervus accessorius festzustellen wird der/die Patient/Patientin gebeten, die Schulter gegen Widerstand zu heben. Ist dies nicht möglich, ist die Wahrscheinlichkeit für eine Läsion des Nervus Accessorius sehr hoch. Neuesten Beobachtungen zufolge kommt es nach einer Läsion des N. accessorius aufgrund der Atrophie des MT zu einer Höhlenbildung und Asymmetrie in der pectoralen bzw. subclaviculären Region, sowie in der deltopectoralen Rinne. (57) Bei einer proximalen Läsion ist zusätzlich der MSCM betroffen. Dieser wirkt sich auf Drehbewegungen des Kopfes aus. Durch die Schädigung des MSCM und des MT ist es nicht mehr möglich den Kopf auf die Gegenseite zu drehen. Überdies kann die Scapula nicht mehr adduziert und gehoben werden. (58) Eine weitere Pathologie nach einer Verletzung des NA ist das „Shoulder Syndrom“ (59,60) Bei diesem Krankheitsbild kommt es aufgrund der Läsion des NA zu Schmerzen im Schultergelenk, welche nicht reproduziert werden können, weder durch Druck auf das Schultergelenk, noch durch Bewegungen des Schultergelenkes in verschiedene Richtungen. Des Weiteren kommt es, wie oben beschrieben, zu einer Minderung der aktiven Abduktionsfähigkeit im Schultergelenk. Jedoch ist die passive Bewegungsfähigkeit uneingeschränkt vorhanden. Auch kommt es aufgrund der Atrophie des cranialen Anteils des MT zum Hervortreten von anatomischen Strukturen wie der Scapula oder der übriggebliebenen Schultermuskeln, der Mm. rhomboidei zum Beispiel. (58) Auch die Elektromyographie spielt eine Rolle bei der Diagnosesicherung. Eine Elektromyographie ist eine Untersuchungsmethode der Neurophysiologie, welche die natürlicherweise auftretende elektrische Spannung in einem Muskel misst. Mit dieser Methode kann festgestellt werden, ob eine Erkrankung des Muskels bzw eine Reizleitungsstörung des versorgenden Nervs vorliegt. Kommt es hierbei zu pathologischen Werten bei der Untersuchung, unterstützt dies die Diagnose. (4,30,32,61,62)

1.4. Therapie einer NA Läsion

Nachdem bei einem/einer Patienten/Patientin mittels Elektromyographie (30,63) oder anderer Methoden eine Läsion des NA festgestellt wurde, sollte man eine Therapie so schnell wie möglich beginnen. Der Zeitraum zwischen der Verletzung des Nervs und der operativen Behandlung ist der wichtigste Parameter, wenn es um die bestmögliche Regeneration des Nervs geht. Am besten sollte eine Nerven- Rekonstruktions OP innerhalb der ersten 3-4 Monate nach der Läsion eingeplant werden. Der maximale Zeitraum

zwischen diesen beiden Ereignissen sollte die 6 Monate jedoch nicht übersteigen, da sich nach diesem Zeitraum die Prognose für die Heilung kontinuierlich verschlechtert. (64,65) Beim NA sind zwar nach 6 Monaten auch noch gute Ergebnisse zu erzielen jedoch sollte primär eine schnelle Versorgung der Läsion im Vordergrund stehen. (66) Durch eine rechtzeitige Therapie kommt es zu einer Verbesserung der Symptomatik, es kann auch die „Quality of Life“ des/der Patienten/Patientin verbessert werden, welche durch die Symptomatik der NA Läsion stark eingeschränkt wird. (67) Wird intraoperativ eine iatrogene Verletzung des NA festgestellt sollte der Nerv sofort mikrochirurgisch genäht werden. Mittels einer schnellen Nervenadaptation nach einer NA- Verletzung zwischen dem MT und des distalen Stumpfes des Nervs sollte nach drei bis vier Monaten eine Verbesserung der Symptome diagnostiziert werden. Kommt es zu keiner Verbesserung, wird eine Freilegung des Nervs empfohlen. (68) Ein wichtiger Faktor, der die Prognose positiv beeinflusst ist eine physiotherapeutische Therapie, welche vor der Operation begonnen wird und postoperativ weitergeführt werden sollte. Eine Elektrotherapie ist auch zu empfehlen, um die Atrophie der Muskeln entgegenzuwirken und zu verlangsamen. (64) Bei der Operation kann eine Nerven transplantation notwendig sein, außer die Stümpfe sind noch gut erhalten und nicht weit voneinander entfernt, dann kann man eine End- zu- End- Nervenkoaptation durchführt werden, wobei die beiden Enden zusammengenäht werden. Wird festgestellt, dass die Parese aufgrund einer Kompression des Nervs durch Narbengewebe der Voroperation besteht, kann mittels Neurolyse die Symptomatik behoben werden. Ist eine End- zu- End- Naht nicht möglich, da der distale Stumpf nicht aufzufinden ist, ist es möglich den Nerv direkt an den MT anzunähen. (68)

1.5. Physiotherapie nach einer peripheren Nervenläsion

Eine post- und präoperative Physio- und Ergotherapie trägt signifikant dazu bei, dass der chirurgische Eingriff den maximalen Erfolg erreicht. Das Ziel der Physiotherapie ist es, den/die Patienten/Patientin muskulär wieder auf den körperlichen Zustand zu bringen, in welchem der/die Patient/Patientin vor der Operation war bzw. bevor es zu einer Läsion des Nervens gekommen ist. Bei der postoperativen Physiotherapie liegt der Fokus auf der Reduzierung des Schmerzes sowie der Entzündungszeichen, der Verhinderung bzw. Minimierung der Bildung von Narbengewebe und der Rückkehr der Funktionalität auf das präoperative Niveau. Der Ergo- und Physiotherapieplan sollte für jede/en

Patienten/Patientin individuell erstellt werden und besonders auf die Bedürfnisse eingegangen werden, vor allem zur Bewältigung von Alltagsaktivitäten. Durch das Miteinbeziehen des/der Patienten/Patientin in die Erstellung und Umsetzung des Ergo- und Physiotherapieplans kommt es zu einer erhöhten Motivation der Patienten und sie sind gewillter selbst daran zu arbeiten. Man sollte dem/der Patienten/Patientin erklären, dass eine aktive Teilnahme am Rehabilitationsprogramm das zu erwartende Ergebnis stark verbessern kann. Die Therapie sollte so schnell wie möglich nach der Läsion erfolgen bzw. nach der Rekonstruktion. Vor allem starre Unterstützungen wie Gipsschienen sollten auf ein Minimum reduziert werden um Adhäsionen des Narbengewebes und Einschnürungen zu verhindern und auch einer möglichen Steifigkeit vorzubeugen. Jedoch ist darauf zu achten, die Nervennaht bzw. die Wunde nicht zu stark zu belasten, um eine Nahtdehiszenz zu verhindern. Eine Physio- und Ergotherapie gliedert sich in 3 Abschnitte. Das Aufbautraining startet, wenn der Operateur mit den bisherigen Heilungsfortschritten zufrieden ist. Die ersten 2 Wochen beginnen mit aktiven und aktiven aber assistierten „Range of Motion“ (ROM) Bewegungsübungen und Aufklärungen über Schmerzen und Schmerzmanagement um dadurch den Bewegungsspielraum zu erhöhen. (69,70) Während der zweiten Phase der Physiotherapie wird mehr auf die Beweglichkeit und die Kraft eingegangen und man versucht beides mit Hilfe von Widerstandsvorrichtung bzw. geschlossenen kinetischen Kettenübungen (CKC) zu erhöhen. Eine aggressivere Gelenkmobilisierung wird in den Rehabilitationsplan integriert sowie eine Mobilisierung der Operationsnarbe zusätzlich zu einer Laser und Ultraschalltherapie, um das Narbengewebe zu verbessern. Überdies wird in dieser Phase versucht, die Bewegungsdefizite aus der pre- und postoperativen Phase zu korrigieren. (70) In der letzten finalen Phase der Rehabilitation werden CKC Übungen erschwert, um den/die Patienten/Patientin herauszufordern und den Fortschritt dadurch zu erhöhen. Die Stärkungs-, Flexibilitäts- und Ausdauerübungen werden so lange weitergeführt, bis die körperlichen Fähigkeiten wieder innerhalb normaler Parameter liegen. Zusätzlich werden funktionelle Übungen zum Rehabilitationsplan hinzugefügt, um Aktivitäten des täglichen Alltages und der sportlichen Aktivitäten zu schaffen. Schlussendlich können noch therapeutische und kryotherapeutische Therapieformen angewendet werden, um die letzten Entzündungszeichen zu reduzieren und auszuthrapieren. (70)

1.6. Identifikation des Nervus Accessorius

1.6.1. Oberflächliche Identifizierung

Der NA kann nicht nur während einer Operation exploriert und identifiziert werden. Es ist auch möglich, den NA präoperativ mit der Unterstützung eines Ultraschallgerätes aufzusuchen und darzustellen. Der NA wird im Ultraschall (US) als echoarme, lineare Struktur abgebildet, welche bei Farbdopplerflussuntersuchungen keine Ergebnisse zeigt. Der Durchmesser beträgt laut Hong MJ et al. ungefähr $0,55 \pm 0,9\text{mm}$. (71) Der NA ist trotz seines geringen Durchmessers sehr gut darstellbar und wird auch zu einem sehr hohen Prozentsatz aufgefunden (71,72) jedoch sollte der ungefähre Verlauf des NA bekannt sein, um ein langes Aufsuchen des Nervs zu verhindern. (73) Vor allem der Verlauf des NA von der hinteren äußeren Grenze des MSCM bis zur vorderen Grenze des MT, welche zugleich die vordere und hintere Grenze des hinteren Halsdreiecks (siehe Tab1) darstellen, kann trotz des dort liegenden Fettgewebes und der Einbettung des NA in dieses dargestellt werden. (22,23) Es ist daher möglich, mittels US ein Mapping des Verlaufes des NA zu erstellen, welches intraoperativ verwendet werden kann um den NA früh zu identifizieren, zu markieren und dadurch das Risiko zu senken, den Nerv zu durchtrennen. (73)

1.6.2. Intraoperative Identifizierung

Mittels präoperativer US Untersuchung kann der NA gut dargestellt werden und es ist möglich, mittels Mapping den ungefähren Verlauf zu dokumentieren. Dadurch, dass der Nerv jedoch sehr oberflächlich und des Öfteren eingebettet im Fettgewebe liegt, ist er schwer zu identifizieren. (3) Um eine Läsion des NA zu verhindern und es möglich zu machen ihn schnell und eindeutig zu identifizieren, gibt es mehrere sogenannter Landmarks, welche Wegweiser und Orientierungspunkte für den Operateur darstellen. An diesen Punkten kann sich der Operateur orientieren und mit deren Hilfe auf den Verlauf des NA schließen. Dadurch ist es ihm möglich den NA schnell zu identifizieren, zu markieren und während des weiteren Verlaufs der Operation, den Nerv nicht zu durchzutrennen. Einer der verlässlichsten Orientierungspunkte ist der „Great Auricular Nerve“- Punkt (GAP). Dieser Punkt beschreibt den Austritt des N. auricularis magnus am posterioren Ende des MSCM. (53,55,74) Hone et al. beschreibt diesen Punkt als konstant und er kommt als Landmark für die Auffindung des NA in Frage, da der NA in allen

Leichen dieser Studie über dem GAP- Punkt liegt, jedoch nicht weiter als zwei Zentimeter davon entfernt. (53) Jedoch ist es auch möglich, dass der Nerv weiter cranial liegt als diese zwei Zentimeter, jedoch liegt der Durchschnitt unter zwei Zentimeter. (42) Nicht verwechseln darf man diesen Punkt jedoch mit dem Erb'schen Punkt, welcher 1882 von Wilhelm H. Erb ausgeforscht wurde. (53) Weitere Orientierungspunkte bzw. Distanzen, mit welchen eine ungefähre Schätzung des Eintrittspunktes des NA in den MT möglich wären, ist von der Mitte der Clavicula, vom Proc. mastoideus, Proc. acromialis oder von der hinteren Grenze des MSCM aus. (2,42) Eine weitere Möglichkeit sich zu orientieren und den NA aufzufinden ist es, den Proc. transversus des ersten Halswirbels, des Atlas, zu palpieren. Kann man diesen palpieren, liegt der NA an der Vorderseite des Proc. transversus und der Vorteil bei dieser Methode ist, dass der Proc. gut tastbar ist. (3,75)

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

In unserer Studie handelt es sich um Grundlagenforschung im Bereich der menschlichen Anatomie. Mit Hilfe unserer Ergebnisse möchten wir den Austrittspunkt des NA aus dem MSCM exakt feststellen und des Weiteren Landmarks etablieren, an welchen man sich orientieren kann, um dadurch den Austrittspunkt des NA besser eruieren zu können. Es sollte durch unsere Studie dem Chirurgen möglich sein, prä- sowie intraoperativ den wahrscheinlichen Austrittspunkt des NA festzustellen und in diesem Bereich besondere Vorsicht walten zu lassen.

2.2. Verwendete Körper



Abbildung 1: Eine Kopfseite vor der Durchführung der Distanzmessungen

Für diese Studie wurden 111 Leichen verwendet, davon waren 67 Leichen männlich und 44 weiblich. Alle Leichname wurden vom Institut für makroskopische und klinische Anatomie der medizinischen Universität Graz zur Verfügung gestellt. Alle Leichname entstammen dem unter strengen Kriterien unterliegenden Spenderprogramm des Institutes und auch einem generellen Ethikkommissionsvotum der Medizinischen Universität Graz (MUG). Durch die Auswahl von, mit Unterbrechungen, fortlaufenden Nummern einer Charge ergab sich nicht nur automatisch die Anonymisierung, sondern auch die Randomisierung der Leichen.

Der Leichnam landet im weiteren Verlauf auf den Seziertischen der anatomischen Institute um den Ärzten/Ärztinnen in Ausbildung eine Möglichkeit zu bieten, die Anatomie des menschlichen Körpers nicht nur aus dem Buch zu lernen sondern an einem menschlichen Leichnam studieren zu können. Die Körper der Spender/Spenderinnen wurden in Thiel'scher Lösung eingelegt. Der größte Unterschied zu herkömmlichen Einlagerungslösungen

ist der geringe Anteil an Formalin. (76-78) Im Gegensatz zu anderen Konservierungsmöglichkeiten wird durch die Konservierung mittels der Thiel'schen Lösung der Leichnam nahezu lebensecht konserviert. Die Farbe, die Konsistenz sowie Transparenz wird aufrecht gehalten und kaum verändert. (79) Ein Nachteil dieser Konservierungsmethode ist nach Konservierung der Körper eine erhöhte „Range of Motion“ bei Gelenken und Knochen, was bei unserer Studie nur bedingt Einfluss hat. (80) Im Bezug auf die Gewebeskonservierung kommt es bei der Einlagerung in die Thiel'sche Lösung zu einer fünfmal niedrigeren Steifigkeit als bei anderen Methoden der Leichenkonservierung. (81) Umfahrer et al. hat im Jahr 2002 in seiner Studie über die Leitungsanästhesie des N. Mandibularis bei mit Thiel'scher Lösung konservierten Leichen festgestellt, dass das Ausbreitungsmuster der Leitungsanästhesie dem des Lebenden entspricht und lebensecht erhalten wird. (82) Die Erhaltung der Leichen kann darüberhinaus auch über einen längeren Zeitraum erhalten werden als durch andere Präservierungslösungen (78,79) Weitere Vorteile der Konservierung durch die Thiel'sche Lösung sind die geringe Geruchsentwicklung der Leichen und die Möglichkeit der multidisziplinären Nutzung der Körper. (78) Durch die Konservierung der Leichen in der Thiel'schen Lösung ist es möglich, sehr realitätsgetreu auf die anatomischen Gegebenheiten einzugehen und an den Leichen zu forschen. Die 111 für diese Studie verwendeten Leichen wurden im Zuge der universitären Ausbildung in den Jahren 2010-2012 in 3 verschiedenen Sezierkursen seziiert. Sie wurden von Studenten/Studentinnen der Medizinischen Universität Graz unter Aufsicht der Professoren/Professorinnen des Anatomischen Institutes, nach einem gewissen Schema seziiert. Das mittlere Alter der konservierten Körper betrug 77 Jahre. Die Körper der Leichen waren im Durchschnitt 1,68cm groß und 66kg schwer. Es konnten insgesamt 186 Seiten mit zugehörigem NA präpariert und freigelegt werden.

Zeitraum	Anzahl der Leichen	Sezierte Seiten	Durchschnittl. Alter	Durchschnittl. Größe	Durchschnittl. Gewicht
2010-2012	111	186	77 Jahre	168cm	66kg

Tabelle 2: Gesamtstatistik der Sezierkurse

Abhaltungs- jahr	Anzahl der Leichen	Sezierte Seiten	Durchschnittl. Alter	Durchschnittl. Größe	Durchschnittl. Gewicht
2010/2011	35	54	75	166	62
2011/2012	39	72	79	169	68
2012/2013	37	60	68	170	65

Tabelle 3: Einzelstatistik der Sezierkurse nach Jahren

2.3. Datenerhebung

Während des Sezierkurses werden die Leichen von den Studenten/Studentinnen der Medizinischen Universität Graz nach einem vom Institut für Anatomie vorgegebenen stufenartigen Ablaufmusters freipräpariert. Der NA wird in diesem Schema erhalten und nach Beendigung des Sezierkurses liegt der NA frei im Trigonum laterale. In weiterer Folge wurden mehrere Orientierungspunkte, sogenannte Landmarks in der Kopf- Hals Region bestimmt, von welchen aus es möglich sein sollte, den Austrittspunkt des NA festzustellen. Für Operateure sind diese Landmarks relevant, um sich während Operationen im Hals- Kopfbereich zu orientieren sowie wichtige Strukturen in der Nähe dieser Landmarks rechtzeitig zu erkennen und eine mögliche Durchtrennung bzw. zu große Manipulation des NA zu verhindern. Wir entschieden uns für 4 verschiedene knöcherne Landmarks. In weiterer Folge wurde der Abstand von diesen Landmarks zum Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM gemessen. Wir entschieden uns für 4 gut tastbare knöcherne Strukturen in der Nähe des voraussichtlichen Austrittspunktes des NA. Mit Hilfe dieser 4 knöchernen Strukturen ist es möglich, schon vor dem ersten Schnitt den möglichen Austrittspunkt des NA zu eruieren und intraoperativ in diesem Bereich besonders vorsichtig zu operieren. Als ersten Landmark legten wir die Spitze des Proc. Mastoideus fest. Die zweite Wegstrecke, die ausgemessen wurde, verläuft vom Art. sternoclavicularis zum Austrittspunkt des NA an der posterioren Grenze des MSCM. Wie auch in der Studie von Hone et al. (53) entschlossen wir uns auch für eine Wegstrecke zu der Clavicula, jedoch zum Austrittspunkt des NA, aus dem MSCM und nicht zum Eintrittspunkt des NA in den MT. Die Distanzmessung erfolgte ausgehend vom Austrittspunkt des NA aus dem MSCM zum Mittelpunkt der Clavicula. Der letzte Orientierungspunkt ist das Art. acromioclavicularis, von welchem aus die Distanz zum Austrittspunkt des NA gemessen wurde. Die verschiedenen Distanzen wurden mithilfe

eines Lineals von den vier Ausgangspunkten zum Austrittspunkt des NA aus der hinteren Grenze des MSCM ausgemessen und sorgfältig notiert. Die Messungen fanden jeweils nach dem Ende der Sezierkurse statt.

2.3.1. Distanzmessungen und Landmarks

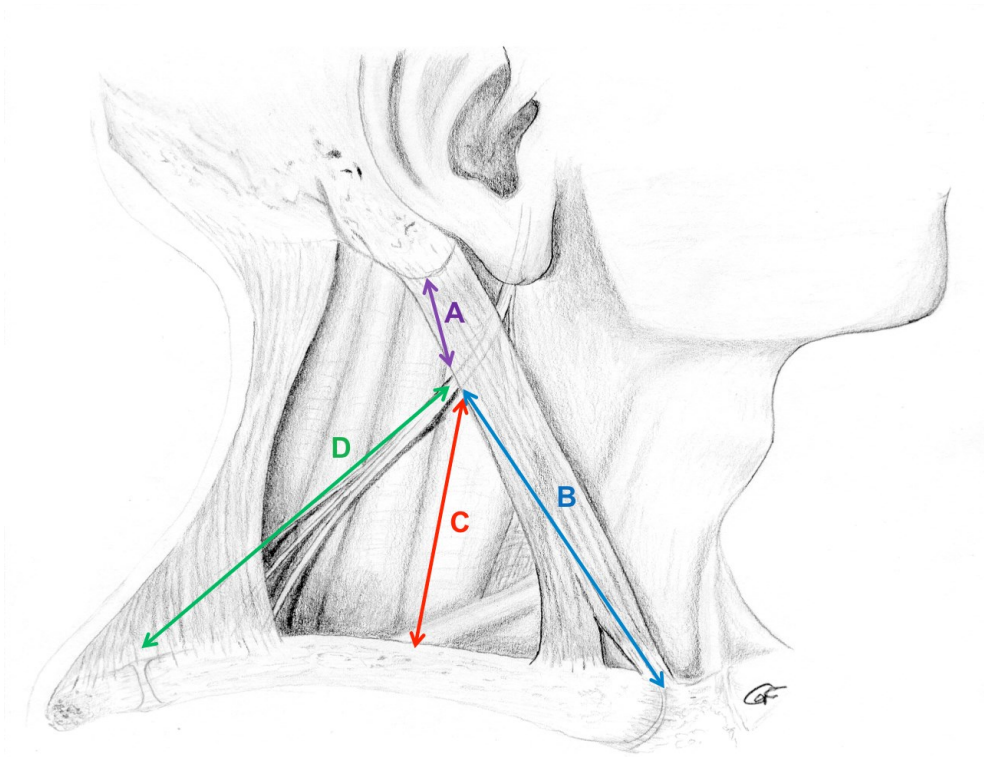


Abbildung 2: Durchgeführte Distanzmessungen

Landmarks:	
A: Spitze des Proc. Mastoideus	Der Proc. Mastoideus ist ein Teil der Pars Petrosa des Os Temporale am Schädel. Dieser Fortsatz fehlt beim Neugeborenen und wird erst mit dem 4. Lebensjahr gebildet. Er entsteht durch das Aufrichten des Kopfes und den dadurch entstehenden Zug des MSCM. (83)
B: Art. Sternoclavicularis	Die Art. Sternoclavicularis ist die einzige gelenkige Befestigung der oberen Extremität am Rumpf. Es setzt sich aus dem Gelenkkopf der Extremitas sternalis claviculae und der Gelenkspfanne, die Incisura clavicularis des Sternums. (84)

C: Mittelpunkt der Clavicula	Die Clavicula ist ein S- förmig gekrümmter 12-15cm langer Knochen. Die Clavicula verbindet die obere Extremität über die Artt. sternoclavicularis und acromioclavicularis mit dem Rumpf. Der Orientierungspunkt wurde durch Ausmessen der Mittelpunkt der Clavicula ermittelt. (85)
D: Art. acromioclavicularis	Die Art. acromioclavicularis bildet den höchsten Punkt der Schulterkontur und weist zwei variable, oval geformte und von Faserknorpel überzogene Gelenksflächen. (84)

Tabelle 4: Landmarks zur Bestimmung des Austrittspunktes des NA

3. Ergebnisse

3.1. Gesamtergebnisse

Insgesamt wurden 111 Leichen für diese Studie verwendet. Bei 67 Leichen handelte es sich um männliche Leichen und bei 44 um weibliche Leichen. Das durchschnittliche Alter der Leichen betrug 77 Jahre. Die Leichen waren durchschnittlich 168cm groß und wogen 66kg. Die Leichen stammten aus den Sezierkursen des Anatomischen Institutes der Medizinischen Universität Graz der Jahre 2009/2010, 2010/2011 und 2011/2012. Teilnehmer dieser Sezierkurse waren Studenten/Studentinnen der Medizinischen Universität von Graz. Es wurden insgesamt 186 Seiten sezirt. Es wurden wie oben beschrieben jeweils 4 Distanzmessungen pro NA durchgeführt. Der Mittelwert der Ergebnisse der ersten Distanzmessung zwischen dem Austrittspunkt des NA aus dem MSCM und dem Proc. mastoideus betrug 5,1cm mit einer Standardabweichung (STABW) von $\pm 0,99$. Der maximale Wert der ermittelt wurde betrug 7,5cm und der kleinste Wert lag bei 2,6cm. Bei der zweiten Distanzmessung zwischen dem Art. sternoclavicularis und dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM betrug die durchschnittliche Distanz 11cm. Die STABW lag bei $\pm 1,48$ cm. Die maximal gemessene Länge lag bei 14,5cm und der kleinste gemessene Wert bei 7cm. Bei der dritten Messung zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Mittelpunkt der Clavicula lag der durchschnittliche Wert bei 9,1cm. Die STABW betrug $\pm 1,24$ cm. Die

maximal gemessene Distanz lag bei 13cm und die kleinste gemessene Distanz bei 5cm. Die vierte Distanzmessung, Distanzmessung D zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Art. acromioclavicularis war im Durchschnitt 12,8cm lang mit einer STABW von $\pm 1,37$ cm. Die maximal gemessene Länge betrug 16,3 cm. Die geringste gemessene Distanz betrug bei dieser Messung 8,5cm.

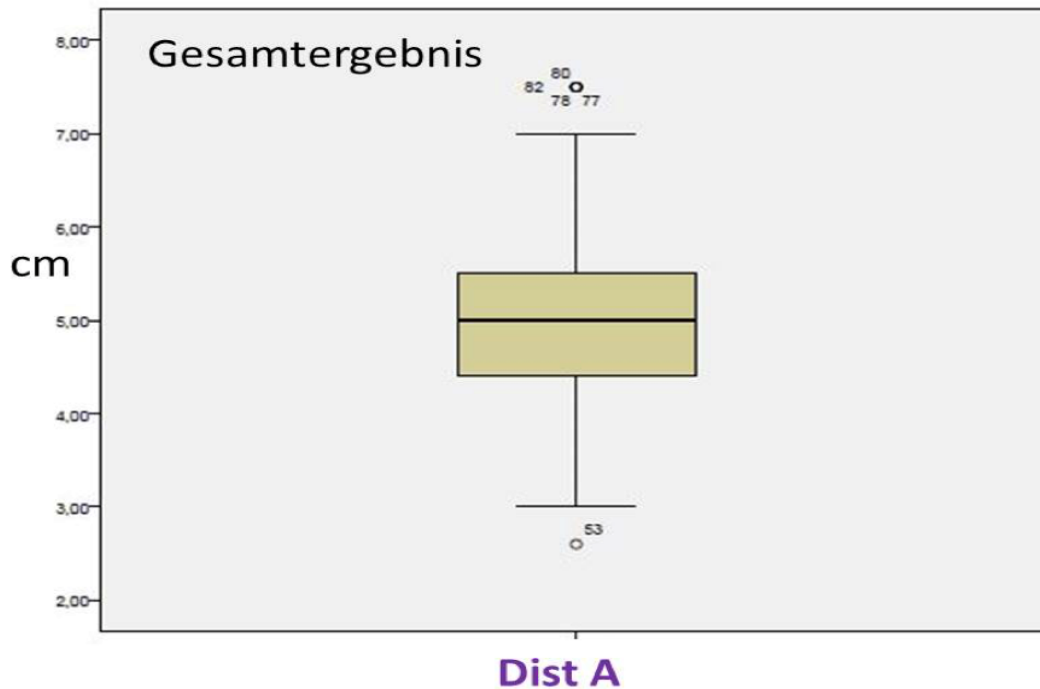


Abbildung 3: Boxplot zu den Gesamtergebnissen aus den Sezierkursen 2009- 2012

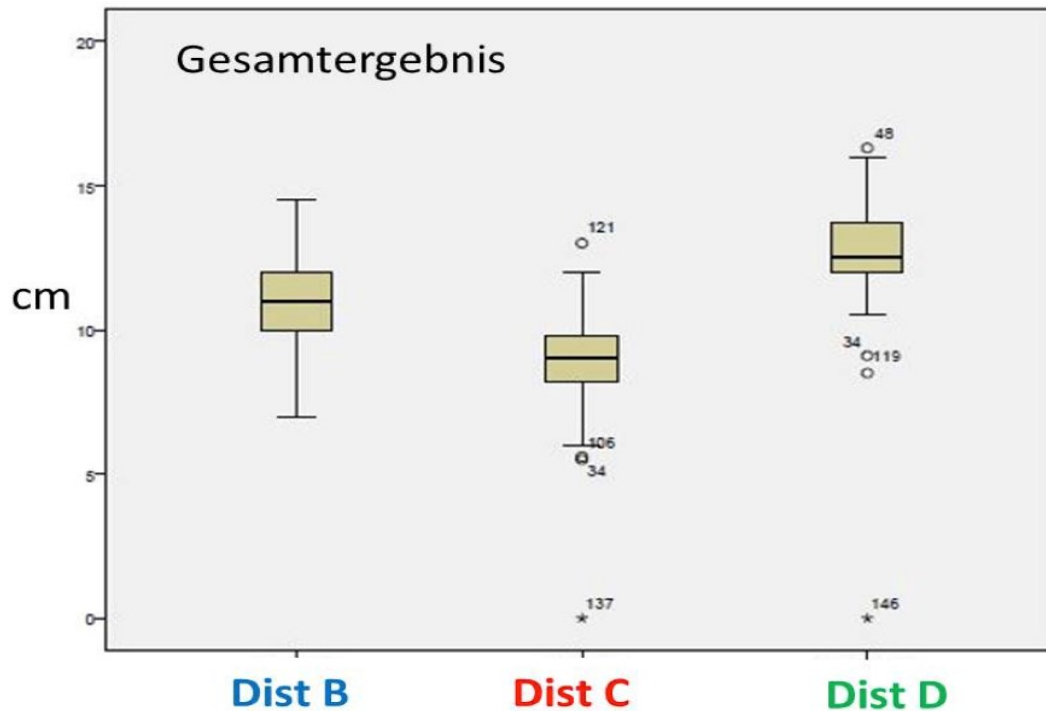


Abbildung 4: Boxplot zu den Gesamtergebnissen aus den Sezierkursen 2009- 2012

3.1.1. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2009/2010

Im Sezierkurs 2009/2010 wurden insgesamt 35 Leichen seziert. Es wurden 18 männliche Leichen und 17 weibliche Leichen seziert. Das durchschnittliche Alter lag bei 75 Jahren. Die Körper der Leichen wogen im Durchschnitt 62kg und waren 1,66cm groß. Der NA konnte auf insgesamt 54 Seiten dargestellt und abgemessen werden.

Der Mittelwert der Ergebnisse der ersten Distanzmessung A zwischen dem Austrittspunkt des NA aus dem MSCM und dem Proc. mastoideus beträgt 5,7cm mit einer STABW von $\pm 0,85$ cm. Der maximale Wert, der ermittelt wurde, beträgt 7,5cm und der kleinste Wert liegt bei 4cm. Bei der Distanzmessung B zwischen dem Art. sternoclavicularis und dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM beträgt die durchschnittliche Distanz 11,1cm. Die STABW liegt bei $\pm 1,33$ cm. Die maximale Länge betrug 14,5cm und der kleinste gemessene Wert lag bei 8cm. Bei der Messung C zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Mittelpunkt der Clavicula liegt

der durchschnittliche Wert bei 9cm. Die STABW beträgt $\pm 1,27$ cm. Die maximal gemessene Distanz liegt bei 12cm und die kleinste gemessene Distanz bei 5cm. Die vierte Distanzmessung, Distanzmessung D zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Art. acromioclavicularis, war im Durchschnitt 12,3cm lang mit einer STABW von $\pm 0,93$ cm. Die maximal gemessene Länge betrug 13cm. Die geringste gemessene Distanz betrug bei dieser Messung 11cm.

Sezierkurs 2009/2010				
Distanzmessung	Mittelwert (MW) in cm	Standardabweichung (STABW) in cm	Maximalwert in cm	Minimalwert in cm
A	5,7	$\pm 0,85$	7,5	4
B	11,1	$\pm 1,33$	14,5	8
C	9	$\pm 1,27$	12	5
D	12,3	$\pm 0,93$	13	11

Tabelle 5: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2009/2010

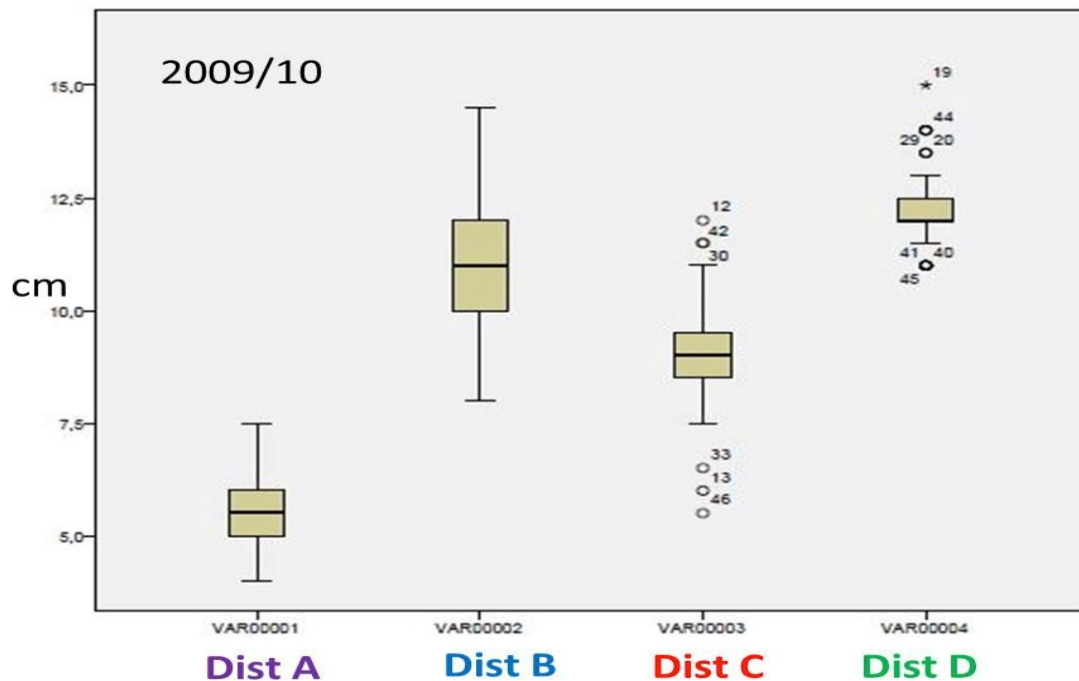


Abbildung 5: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2009/2010

3.1.2. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2010/2011

Im Sezierkurs des Studienjahres 2010/2011 wurden insgesamt 39 Leichen seziiert. Von den 39 Leichen waren 25 männliche und 14 weibliche Leichen. Das durchschnittliche Alter lag bei 79 Jahren. Die Körper der Leichen waren im Durchschnitt 68kg schwer und 1,69cm groß. Der NA konnte auf insgesamt 72 Seiten dargestellt und abgemessen werden.

In diesem Jahrgang wurde die Distanzmessung A nicht durchgeführt und daher liegen uns für diese Messung keine weiteren Daten vor. Bei der Distanzmessung B zwischen dem Art. sternoclavicularis und dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM betrug die durchschnittliche Distanz 11,5cm und die STABW lag bei $\pm 1,11$ cm. Die maximale Länge betrug 14 cm und der kleinste gemessene Wert lag bei 8cm. Bei der Distanzmessung C zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Mittelpunkt der Clavicula lag der durchschnittliche Wert bei 9,6 cm. Die STABW betrug $\pm 0,98$. Die maximal gemessene Distanz liegt bei 13cm und die kleinste gemessene Distanz bei 8cm. Die vierte Distanzmessung, die Distanzmessung D zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Art. acromioclavicularis war im Durchschnitt 13,2cm lang mit einer STABW von $\pm 1,32$ cm. Der maximal gemessene Wert betrug bei dieser Distanzmessung D 16cm und die geringste gemessene Distanz betrug 8,5cm.

Sezierkurs 2010/2011				
Distanzmessung	Mittelwert (MW) in cm	Standardabweichung (STABW) in cm	Maximalwert in cm	Minimalwert in cm
B	11,5	$\pm 1,11$	14	8
C	9,6	$\pm 0,98$	13	8
D	13,2	$\pm 1,32$	16	8,5

Tabelle 6: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2010/2011

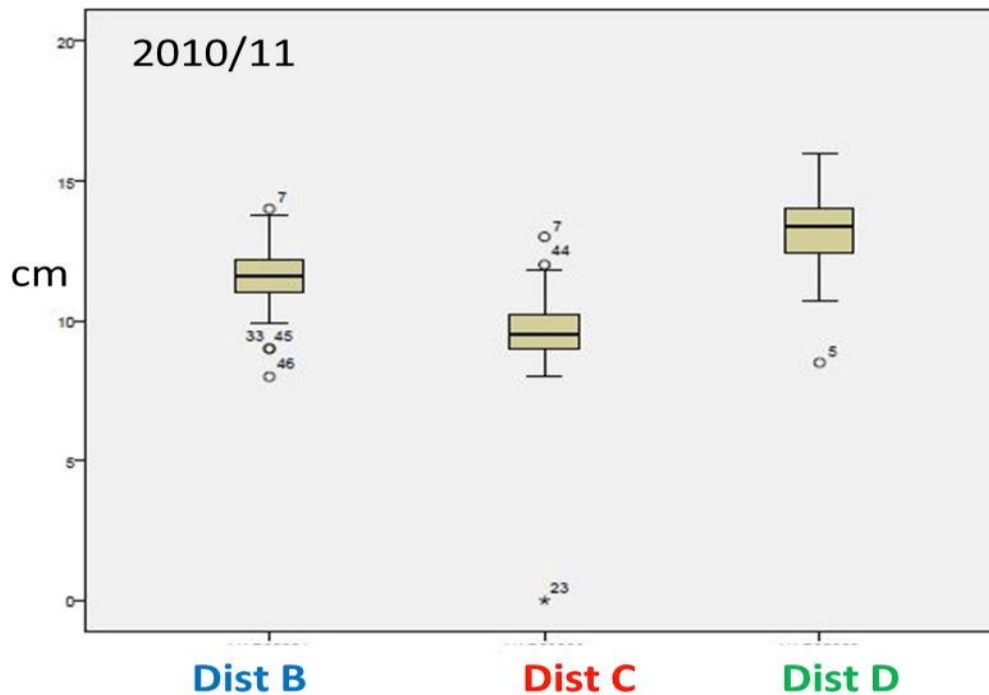


Abbildung 6: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2010/2011

3.1.3. Ergebnisse aus dem Sezierkurs 2011/2012

Im Sezierkurs des Studienjahres 2011/2012 wurden insgesamt 37 Leichen seziiert. Von den 37 Leichen waren 24 männliche und 13 weibliche Leichen. Das durchschnittliche Alter lag bei 68 Jahren. Die Körper der Leichen waren im Durchschnitt 65kg schwer und 1,70cm groß. Der NA konnte auf insgesamt 60 Seiten dargestellt und abgemessen werden.

Der Mittelwert der Ergebnisse der ersten Distanzmessung A zwischen dem Austrittspunkt des NA aus dem MSCM und dem Proc. mastoideus beträgt 4,5cm mit einer STABW von $\pm 0,65$ cm. Der maximale Wert, der ermittelt wurde, beträgt 5,8cm und der kleinste Wert lag bei 2,6cm. Bei der Distanzmessung B zwischen dem Art. sternoclavicularis und dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM betrug die durchschnittliche Distanz 10,1cm und die STABW lag bei $\pm 1,61$ cm. Die maximale Länge betrug 14 cm und der kleinste gemessene Wert lag bei 7cm. Bei der Distanzmessung C zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Mittelpunkt der Clavicula lag der durchschnittliche Wert bei 8,6cm. Die STABW betrug $\pm 1,28$ cm. Die maximal gemessene Distanz liegt bei 12cm und die kleinste gemessene Distanz bei 5,5cm.

Die vierte Distanzmessung, die Distanzmessung D zwischen dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und dem Art. acromioclavicularis, war im Durchschnitt 12,7cm lang mit einer STABW von $\pm 1,57$ cm. Der maximal gemessene Wert betrug bei dieser Distanzmessung D 16,3cm und die geringste gemessene Distanz betrug 9,1cm.

Sezierkurs 2011/2012				
Distanzmessung	Mittelwert (MW) in cm	Standardabweichung (STABW) in cm	Maximalwert in cm	Minimalwert in cm
A	4,5	$\pm 0,65$	5,8	2,6
B	10,1	$\pm 1,61$	14	7
C	8,6	$\pm 1,28$	12	5,6
D	12,7	$\pm 1,57$	16,3	9,1

Tabelle 7: Detaillierte Ergebnisse Sezierkurs 2011/2012

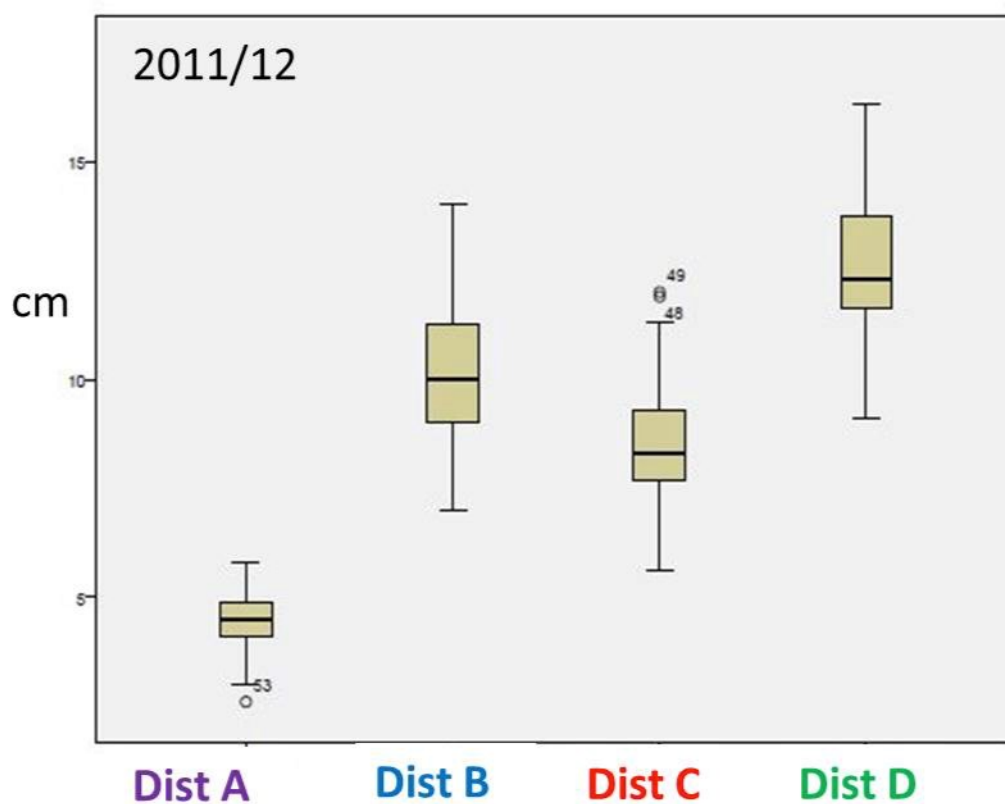


Abbildung 7: Boxplot zu den Ergebnissen des Sezierkurses 2011/2012

3.2. Interpretation

Mit Hilfe der vier von uns durchgeführten Distanzmessungen, welche von der Spitze des Proc. Mastoideus, dem Art. sternoclavicularis, dem Mittelpunkt der Clavicula und dem Art. acromioclavicularis zum Austrittspunkt des NA aus dem MSCM gemessen wurden hat man die Möglichkeit eine sogenannte „Danger Zone“ zu definieren. Diese „Danger Zone“ kann man unter Zuhilfenahme der Mittelwerte der Distanzmessungen sowie der Standardabweichungen der jeweiligen Distanzmessungen als eine ca. münzgroße Fläche zu definieren, welche den durchgeführten Messungen zufolge mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit den Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM beinhalten sollte. Der Durchmesser der ausgerechneten „Danger Zone“ beträgt 2,96cm und die Fläche beträgt ca. 6,8 cm².

Mit Hilfe der Distanzmessung A von der Spitze des Proc. mastoideus zum Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM sowie der damit verbundenen Standardabweichungen ist es möglich, diese Fläche noch zusätzlich stark zu verkleinern und dadurch den möglichen Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM noch zusätzlich zu konkretisieren. Mittels Standardabweichung der Distanzmessung A ist es möglich, die Fläche von 6,8 cm² auf 3,07 cm² zu verkleinern sowie den Durchmesser von 2,96cm auf 1,98cm.

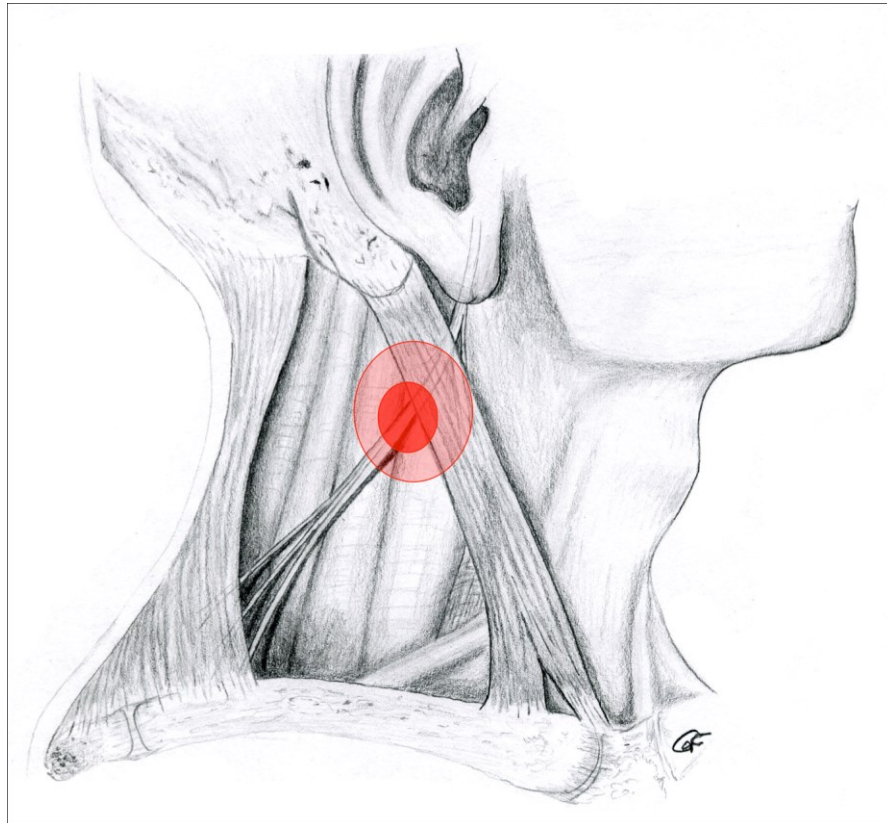


Abbildung 8: Mittels Distanzmessungen und Standardabweichungen evaluierte „Danger Zone“.

4. Discussion

Der NA wird in einigen Publikationen als der am häufigsten iatrogen verletzte bzw. durchgetrennte Nerv des menschlichen Körpers bezeichnet. (1-3) Dies war auch der Grund, weswegen wir uns für diese Studie entschieden haben. Denn obwohl der NA der am häufigsten iatrogen verletzte Nerv ist, findet man in der medizinischen Literatur relativ wenig Publikationen, welche über mögliche Lösungsansätze dieses Problems, wie zum Beispiel Orientierungspunkte, auch Landmarks genannt, berichten, obwohl mittels Landmarks eine bessere Orientierung und schnellere Auffindung des NA möglich sein sollte. Begünstigende Faktoren für eine intraoperative Verletzung des NA sind neben Anomalien im Verlauf auch der relativ oberflächliche Verlauf des Nerv im hinteren Halsdreieck. Da der NA ein somatomotorischer Nerv ist und die Skelettmuskulatur innerviert, kommt es bei Verletzungen des NA zu Atrophien der des MT und MSCM. Abhängig von der genauen Läsionsstelle ist entweder der MT als einziger Muskel betroffen, in diesem Fall muss die Läsionsstelle distal der posterioren Grenze des MSCM liegen. Liegt die Läsionsstelle proximal dieser Grenze, dann sind sowohl der MT als auch

der MSCM betroffen. Es kommt bei einer distalen Verletzung des NA aufgrund der Atrophie des MT zu einer Scapula Alata sowie in weiterer Folge zu einem Schulterschiefstand und einer verminderten Abduktionsfähigkeit. (56) Bei einer proximalen Verletzung ist der MSCM mitbeteiligt und eine Drehbewegung auf die Gegenseite der Läsionsstelle ist nicht mehr möglich. (58) Auch das schmerzhafte Krankheitsbild eines Shoulder Syndrom nach NA Läsion wurde beschrieben. (59,60) Die Identifikation des NA ist nicht nur intraoperativ sondern auch präoperativ mittels US möglich. Hong MJ et al. (71) beschreiben den NA im US als echoarme, lineare Struktur mit einem Durchmesser von $0,55\pm 0,9\text{mm}$, der zu einem hohen Prozentsatz aufgefunden wird. (71,72) Es gibt auch mehrere Studien, mit dessen Hilfe es möglich ist, den möglichen Verlauf relativ genau zu eruieren. Im vorderen Halsdreieck wird die Beziehung zwischen dem NA mit der VJI häufig beschrieben. Mit Hilfe dieses Gefäßes könnte man den NA aufsuchen, jedoch findet man in der Literatur unterschiedliche Verläufe, da der Nerv lateral oder medial der VJI verlaufen kann (86,87) und auch Fälle bekannt sind, bei denen der Nerv die VJI durchzieht. (11-13) Sehr gut beschreibt Lloyd (3), dass die VJI keine verlässliche Orientierungshilfe darstellt, da es mehrere verschiedene Varianten des Verlaufes gibt. Eine weitere Landmark zum Aufsuchen des NA stellt der Eintrittspunkt des NA in den MSCM dar. Dieser wird als 3,2cm bis 4,7cm entfernter Punkt vom Proc. Mastoideus beschrieben. (88,89) Es kann jedoch auch bei dieser Landmark vorkommen, wie von Soo et al. (86) beschrieben, dass der NA sich schon vor dieser Landmark in 3 Äste aufspaltet und diese ziehen in weiterer Folge weiter zum MT, MSCM sowie zum Plexus cervicales. Kommt es zu vorher zu dieser Auftrennung, ist das Auffinden des Eintrittspunktes stark erschwert. Im vorderen Halsdreieck kann man zwar den Verlauf des NA nachvollziehen und möglicherweise mit dem Ultraschallgerät den Nerv schnell aufsuchen und finden. Die Landmarks sind allerdings nicht sehr zuverlässig und es wurden in Zusammenhang mit diesen mehrere verschiedene Variationen beschrieben.

Für unsere Studie ist der NA im vorderen Halsdreieck aufgrund der Unzuverlässigkeit im Verlauf und des Variantenreichtums keine Option um Landmarks zum Aufsuchen zu etablieren. Wir möchten mit Hilfe unserer Studie gängige Landmarks für das Aufsuchen des NA im hinteren Halsdreieck etablieren. Wir interessierten uns speziell für den Ausgangspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM. Brown et al. beschrieb, dass sich dieser Austrittspunkt zwischen dem proximalsten Drittel und den zwei distalen Dritteln des MSCM befindet. (19) Diese Beschreibung des Austrittspunktes aus dem

MSCM und dem gleichzeitigen Eintrittspunkt des Nerven in das hintere Halsdreieck ist sehr unspezifisch formuliert und erscheint nicht verlässlich als Grundlage zur Auffindung des NA. Ein wenig genauer beschrieben wurde der Austrittspunkt von Kierner et al. Dieser beschreibt den Austrittspunkt des NA zwischen 7-9cm entfernt von der Clavicula und entlang der posterioren Grenze des MSCM. Jedoch beschreibt er nicht genau, von welcher Claviculastelle aus gemessen wurde. (90) In unserer Studie konnte bei dieser Distanzmessung, welche mit Distanzmessung C beschriftet wurde, ein Mittelwert von 9,1cm mit einer Standardabweichung von $\pm 1,27$ cm gemessen werden. Der Maximalwert lag bei unserer Studie bei 13cm und die kleinste gemessene Distanz betrug 5cm. Unsere Ergebnisse sind denen von Kierner et al sehr ähnlich und bestätigen diese. (90) Lu et al. verwendete in ihrer Kadaver- Studie eine davon abweichende Distanzmessung. (91) Bei der Messung von Lu et al wurde die Distanz zwischen dem Austrittspunkt des NA aus dem posterioren Ende des MSCM und der Spitze des Proc. mastoideus gemessen. Die Ergebnisse dieser Studie und der Distanzmessung wurden mit $5,07 \pm 1,29$ cm angegeben. Die von Lu et al. verwendete Distanzmessung entspricht der in unserer Studie verwendeten Distanzmessung A, welche auch als Ausgangspunkt den Austrittspunkt des NA an der posterioren Grenze des MSCM hat und zur Spitze des Proc. mastoideus führt. Wir konnten in unserer Studie im Vergleich zur Studie von Lu et al. sehr ähnliche Ergebnisse herausfinden. Bei unserer Distanzmessung, der Distanzmessung A, konnte ein Mittelwert von $5,1 \pm 0,99$ cm ermittelt werden. Diese Werte ähneln den publizierten Ergebnissen von Lu et al., jedoch konnten wir für unsere Studie auf eine größere Anzahl an Kadavern zurückgreifen. Auch Tubbs et al. (2) verwendete für seine Studie dieselbe Distanzmessung und publizierte in seiner Arbeit bei der Messung vom Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM zur Spitze des Proc. Mastoideus eine mittlere Distanz von $5,0 \pm 1,3$ cm mit einer minimalen Distanz von 4,5 cm und einer maximalen Distanz von 6,5cm. Diese Distanzmessung kann man auch sehr gut mit den Ergebnissen unserer Arbeit vergleichen, jedoch verfügte auch Tubbs et al. über eine geringere Anzahl an seziierten Kadavern. Tubbs et al. verwendete für seine Studie jedoch nur 15 Kadaver im Gegensatz zu den 111 Kadavern aus unserer Studie. Tubbs et al. verwendete für seine Arbeit noch eine weitere Distanzmessung, ausgehend vom Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM zum Kieferwinkel an der Mandibula. Diese Distanzmessung halten wir für nicht sehr aufschlussreich, da der Kieferwinkel je nach Lagerung des Kopfes während der Messung stark abweichen kann und die Ergebnisse dadurch wenig aussagekräftig erscheinen. Eine sehr oft verwendete und auch sehr verlässliche Landmark im Bezug auf

die Auffindung und Identifikation des NA ist der „Great auricular nerve point (GAP)“. In mehreren Studien kann man darüber lesen, dass der GAP während des Eintritts des NA in das hintere Halsdreieck eine enge Beziehung mit dem NA hat. Chen et al. beschreibt in seiner Arbeit, dass die mittlere Distanz zwischen dem NA und dem GAP $0,92\pm 0,27$ cm betrug und aufgrund dieser kurzen Distanz zwischen den zwei Punkten eine verlässliche Orientierungshilfe für Chirurgen ist. (55) Durazzo und seine Kollegen verwendeten auch den GAP als Landmark zur Auffindung des NA bei Eintritt des Nervs in das hintere Halsdreieck. Bei ihren Messungen ergab sich eine mittlere Distanz zwischen den beiden Punkten von $0,97\pm 0,46$ cm mit einem Minimum von $0,1$ cm und einem Maximum von 2 cm. (54) In der Studie von Hone et al. beschreibt Hone, dass bei allen 18 Patienten/Patientinnen, bei denen insgesamt 23 MRNDs durchgeführt wurden, der NA über dem GAP lag. Die Distanz zwischen dem GAP und dem Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM gibt Hone mit im Durchschnitt $1,07\pm 0,63$ cm. (53) Es zeigt sich in den Studien von Hone, Durazzo und Chen, dass der GAP eine sehr verlässliche Orientierungshilfe für die Auffindung des NA darstellt. Jedoch ist der GAP meiner Meinung nach keine nützliche Landmark, da man während des intraoperativen Aufsuchens des GAP vor den gleichen Problemen steht, wie bei der intraoperativen Suche nach dem NA. Der GAP liegt ähnlich wie der Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM am Übergang vom MSCM in das hintere Halsdreieck. Zum exakten Auffinden des GAPs werden zum Teil auch die identischen Landmarks verwendet wie zur Suche des NA. Daher entschieden wir uns trotz der Tatsache, dass der GAP eine verlässliche Orientierungshilfe zum Auffinden des NA ist, gegen den GAP als Landmark für unsere Arbeit und für die vier knöchernen Strukturen aus unserer Arbeit, welche präoperativ und intraoperativ jederzeit getastet und als Landmark verwendet werden können. Für unsere Studie konnten wir auf 111 Leichen zurückgreifen, an denen 186 Seiten seziiert wurden. Diese Vielzahl an zur Verfügung gestellten Leichen erlaubte uns ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen. Wir konnten mittels der Standardabweichungen sowie der Mittelwerte unserer vier verschiedenen Distanzmessungen, ausgehend von den jeweiligen Landmarks zum Austrittspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM, eine sogenannte „Danger Zone“ beschreiben. Die von uns benannte „Danger Zone“ ist ein Gebiet, in welchem der NA mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit vorgefunden wird. Mittels dieser „Danger Zone“ sollte es möglich sein intraoperativ das Gebiet, in dem der NA vermutet wird, besser einzugrenzen, den Nerv schneller aufzufinden und dadurch möglichen Verletzungen des Nervs vorzubeugen. Speziell für die externe

Lymphknotenbiopsie soll es helfen, den NA nicht zu verletzen. Diese „Danger Zone“ kann unter Miteinbeziehung aller vier Mittelwertsberechnungen und Standardabweichungen auf eine ca. $6,8\text{cm}^2$ große Fläche mit einem Durchmesser von $2,96\text{cm}$ begrenzt werden. Verwendet man die verlässlichste Distanzmessung, die Distanzmessung A vom Proc. mastoideus zum Ausgangspunkt des NA aus der posterioren Grenze des MSCM und deren Mittelwert und Standardabweichungen ist es möglich diese Fläche noch zusätzlich auf eine Fläche von $3,07\text{cm}^2$ zu reduzieren sowie den Durchmesser auf $1,98\text{cm}$ zu verringern. Die von uns beschriebene „Danger Zone“ wurde bis jetzt in noch keiner Arbeit beschrieben und es gibt daher keine vergleichbaren Ergebnisse.

5. Literaturverzeichnis

- (1) Kretschmer T, Antoniadis G, Braun V, Rath SA, Richter HP. Evaluation of iatrogenic lesions in 722 surgically treated cases of peripheral nerve trauma. *J Neurosurg* 2001 Jun;94(6):905-912.
- (2) Tubbs RS, Salter EG, Wellons JC, 3rd, Blount JP, Oakes WJ. Superficial landmarks for the spinal accessory nerve within the posterior cervical triangle. *J Neurosurg Spine* 2005 Nov;3(5):375-378.
- (3) Lloyd S. Accessory nerve: anatomy and surgical identification. *J Laryngol Otol* 2007 Dec;121(12):1118-1125.
- (4) Lima LP, Amar A, Lehn CN. Spinal accessory nerve neuropathy following neck dissection. *Braz J Otorhinolaryngol* 2011 Mar-Apr;77(2):259-262.
- (5) Bostrom D, Dahlin LB. Iatrogenic injury to the accessory nerve. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2007;41(2):82-87.
- (6) Sweeney PJ, Wilbourn AJ. Spinal accessory (11th) nerve palsy following carotid endarterectomy. *Neurology* 1992 Mar;42(3 Pt 1):674-675.
- (7) Blackwell KE, Landman MD, Calcaterra TC. Spinal accessory nerve palsy: an unusual complication of rhytidectomy. *Head Neck* 1994 Mar-Apr;16(2):181-185.
- (8) Costagliola M, Rouge D, Reznik M, Julliard AF. An unusual complication of cervicofacial lift: paralysis of the external branch of the accessory spinal nerve. *Ann Chir Plast Esthet* 1995 Aug;40(4):340-348.
- (9) Matarasso A, Elkwood A, Rankin M, Elkowitz M. National plastic surgery survey: face lift techniques and complications. *Plast Reconstr Surg* 2000 Oct;106(5):1185-95; discussion 1196.
- (10) Borley NR, Healy JC, Collins P, Johnson D, Crossman AR, Mahadevan V, et al. Head and Neck. In: Standring S, editor. *Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 40th ed.: Elsevier; 2008. p. 459-460.
- (11) Hinsley ML, Hartig GK. Anatomic relationship between the spinal accessory nerve and internal jugular vein in the upper neck. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2010 Aug;143(2):239-241.
- (12) Taylor CB, Boone JL, Schmalbach CE, Miller FR. Intraoperative relationship of the spinal accessory nerve to the internal jugular vein: variation from cadaver studies. *Am J Otolaryngol* 2013 Sep-Oct;34(5):527-529.
- (13) Hashimoto Y, Otsuki N, Morimoto K, Saito M, Nibu K. Four cases of spinal accessory nerve passing through the fenestrated internal jugular vein. *Surg Radiol Anat* 2012 May;34(4):373-375.
- (14) Lanisnik B, Zargi M, Rodi Z. Identification of three anatomical patterns of the spinal accessory nerve in the neck by neurophysiological mapping. *Radiol Oncol* 2014 Nov 5;48(4):387-392.
- (15) Kierner AC, Zelenka I, Burian M. How do the cervical plexus and the spinal accessory nerve contribute to the innervation of the trapezius muscle? As seen from within using Sihler's stain. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2001 Oct;127(10):1230-1232.

- (16) Iseri M, Ustundag E, Aydin O. A rare anatomical variation of the spinal accessory nerve. *J Laryngol Otol* 2007 Mar;121(3):277-278.
- (17) Bater MC, Dufty J, Brennan PA. High division of the accessory nerve: a rare anatomical variation as a possible pitfall during neck dissection surgery. *J Craniomaxillofac Surg* 2005 Oct;33(5):340-341.
- (18) Matthews LA, Blythe JN, Brennan PA. High division of the spinal accessory nerve and communication with a C2 branch of the cervical plexus: a previously unreported anatomical variant. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2014 7;52(6):575-576.
- (19) Brown H, Burns S, Kaiser CW. The spinal accessory nerve plexus, the trapezius muscle, and shoulder stabilization after radical neck cancer surgery. *Ann Surg* 1988 Nov;208(5):654-661.
- (20) Pu YM, Tang EY, Yang XD. Trapezius muscle innervation from the spinal accessory nerve and branches of the cervical plexus. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008 Jun;37(6):567-572.
- (21) Crile G. III. On the Technique of Operations upon the Head and Neck. *Ann Surg* 1906 Dec;44(6):842-850.
- (22) Celik B, Coskun H, Kumas FF, Irdesel J, Zarifoglu M, Erisen L, et al. Accessory nerve function after level 2b-preserving selective neck dissection. *Head Neck* 2009 Nov;31(11):1496-1501.
- (23) Lee SH, Lee JK, Jin SM, Kim JH, Park IS, Chu HR, et al. Anatomical variations of the spinal accessory nerve and its relevance to level IIb lymph nodes. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2009 Nov;141(5):639-644.
- (24) Robbins KT, Clayman G, Levine PA, Medina J, Sessions R, Shaha A, et al. Neck dissection classification update: revisions proposed by the American Head and Neck Society and the American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2002 Jul;128(7):751-758.
- (25) Lee CH, Huang NC, Chen HC, Chen MK. Minimizing shoulder syndrome with intra-operative spinal accessory nerve monitoring for neck dissection. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2013 Apr;33(2):93-96.
- (26) Fisher B. From Halsted to prevention and beyond: advances in the management of breast cancer during the twentieth century. *Eur J Cancer* 1999 Dec;35(14):1963-1973.
- (27) Fisher B. The evolution of paradigms for the management of breast cancer: a personal perspective. *Cancer Res* 1992 May 1;52(9):2371-2383.
- (28) Salgarelli AC, Landini B, Bellini P, Multinu A, Consolo U, Collini M. A simple method of identifying the spinal accessory nerve in modified radical neck dissection: anatomic study and clinical implications for resident training. *Oral Maxillofac Surg* 2009 Jun;13(2):69-72.
- (29) Umeda M, Shigeta T, Takahashi H, Oguni A, Kataoka T, Minamikawa T, et al. Shoulder mobility after spinal accessory nerve-sparing modified radical neck dissection in oral cancer patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010 Jun;109(6):820-824.

- (30) Veyseller B, Aksoy F, Ozturan O, Acar H, Ertas B, Bayraktar FG, et al. Open functional neck dissection: surgical efficacy and electrophysiologic status of the neck and accessory nerve. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2010 Aug;39(4):403-409.
- (31) Brown H. Anatomy of the spinal accessory nerve plexus: relevance to head and neck cancer and atherosclerosis. *Exp Biol Med (Maywood)* 2002 Sep;227(8):570-578.
- (32) Orhan KS, Demirel T, Baslo B, Orhan EK, Yucel EA, Guldiken Y, et al. Spinal accessory nerve function after neck dissections. *J Laryngol Otol* 2007 Jan;121(1):44-48.
- (33) Salgarelli AC, Bellini P. Surgical Management of the Spinal Nerve in Modified Radical Neck Dissection. *Neck Dissection - Clinical Application and Recent Advances*; Prof Raja Kummoona (Ed) 2012.
- (34) Fagan J. Selective Neck Dissection. *THE OPEN ACCESS ATLAS OF OTOLARYNGOLOGY, HEAD & NECK OPERATIVE SURGERY* 2015.
- (35) Witt RL, Rejto L. Spinal accessory nerve monitoring in selective and modified neck dissection. *Laryngoscope* 2007 May;117(5):776-780.
- (36) Robbins KT. Indications for selective neck dissection: when, how, and why. *Oncology (Williston Park)* 2000 Oct;14(10):1455-64; discussion 1467-9.
- (37) Yuce I, Cagli S, Koseoglu E, Guney E. Spinal accessory nerve functions after functional and lateral neck dissections: an electromyographic study. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg* 2007;17(4):201-205.
- (38) Ferlito A, Robbins KT, Shah JP, Medina JE, Silver CE, Al-Tamimi S, et al. Proposal for a rational classification of neck dissections. *Head Neck* 2011 Mar;33(3):445-450.
- (39) Bruch H, Trentz O, Berchtold R, Hamelmann H, Peiper H-J. *Berchtold Chirurgie*. . 6, aktualisierte Auflage ed. München Jena: Urban & Fischer; 04/2008. p. 285-285.
- (40) Bruch H, Trentz O, Berchtold R, Hamelmann H, Peiper H-J. *Berchtold Chirurgie*. . 6, aktualisierte Auflage ed. München Jena: Urban & Fischer; 04/2008. p. 576-576.
- (41) Doberneck RC. The diagnostic yield of lymph node biopsy. *Arch Surg* 1983 Oct;118(10):1203-1205.
- (42) Aramrattana A, Harnsiriwattanagit K, Sittitrai P. Surgical Anatomy of the Spinal Accessory Nerve in the Posterior Triangle of the Neck. *Asian Journal of Surgery* 2005 7;28(3):171-173.
- (43) Nason RW, Abdulrauf BM, Stranc MF. The anatomy of the accessory nerve and cervical lymph node biopsy. *The American Journal of Surgery* 2000 9;180(3):241-243.
- (44) Harpf C, Rhomberg M, Rumer A, Rainer C, Hussl H. Iatrogenic lesion of the accessory nerve in cervical lymph node biopsy. *Chirurg* 1999 Jun;70(6):690-693.
- (45) Yavuzer G, Tuncer S. Accessory nerve injury as a complication of cervical lymph node biopsy. *Am J Phys Med Rehabil* 2001 Aug;80(8):622-623.

- (46) Fellmer PT, Fellmer J, Jonas S. Injury to the spinal accessory nerve during lymph node biopsy: expert witnesses and evidence-based procedures. *Zentralbl Chir* 2014 Dec;139 Suppl 2:e90-6.
- (47) Hepp W, Kogel H. Chronische Verschlussprozesse der Arteria Carotis. In: Hepp W, Kogel H, editors. *Gefäßchirurgie*. 2. Auflage 2007 ed. München Jena: Urban & Fischer; 2007. p. 388-391.
- (48) Yagnik PM, Chong PS. Spinal accessory nerve injury: a complication of carotid endarterectomy. *Muscle Nerve* 1996 Jul;19(7):907-909.
- (49) Woodward G, Venkatesh R. Spinal accessory neuropathy and internal jugular thrombosis after carotid endarterectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000 Jan;68(1):111-112.
- (50) Tamaki T, Node Y, Saitoum N, Saigusa H, Yamazaki M, Morita A. Vernet's syndrome after carotid endarterectomy. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2013 Dec;25(3-4):65-68.
- (51) Sasaki T, Nakamura Y, Yomo S, Sekiguchi Y, Kodama K, Ichikawa Y, et al. The posterior cervical triangle approach for high carotid artery exposure in carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 2012 Mar;116(3):680-684.
- (52) Vogt PM. Chirurgische Maßnahmen bei Formstörungen an Hals und Gesicht. In: Vogt PM, editor. *Praxis der Plastischen Chirurgie*. 1. Auflage ed. Berlin Heidelberg; 2011. p. 687-692.
- (53) Hone SW, Ridha H, Rowley H, Timon CI. Surgical landmarks of the spinal accessory nerve in modified radical neck dissection. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 2001 Feb;26(1):16-18.
- (54) Durazzo MD, Furlan JC, Teixeira GV, Friguglietti CU, Kulcsar MA, Magalhaes RP, et al. Anatomic landmarks for localization of the spinal accessory nerve. *Clin Anat* 2009 May;22(4):471-475.
- (55) Chen DT, Chen PR, Wen IS, Wu HP, Yang PK, Lee CF, et al. Surgical anatomy of the spinal accessory nerve: is the great auricular point reliable? *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2009 Jun;38(3):337-339.
- (56) Bazner UM, Braun V, Richter HP, Antoniadis G. Management of iatrogenic lesions of the spinal accessory nerve. *Nervenarzt* 2005 Apr;76(4):462-466.
- (57) Restrepo CE, Tubbs RS, Spinner RJ. Expanding what is known of the anatomy of the spinal accessory nerve. *Clin Anat* 2014 Dec 29.
- (58) Jesel M. Akute Lähmungen des Nervus Accessorius. *Neurologie für Physiotherapeuten*: Georg Thieme Verlag; 2004. p. 171-172.
- (59) Manning M, Stell PM. The shoulder after radical neck dissection. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1989 Oct;14(5):381-384.
- (60) NAHUM AM, MULLALLY W, MARMOR L. A syndrome resulting from radical neck dissection. *Arch Otolaryngol* 1961 Oct;74:424-428.
- (61) Lanisnik B, Zargi M, Rodi Z. Electrophysiological analysis of injury to cranial nerve XI during neck dissection. *Head Neck* 2015 Jan 10.

- (62) Giordano L, Sarandria D, Fabiano B, Del Carro U, Bussi M. Shoulder function after selective and superselective neck dissections: clinical and functional outcomes. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2012 Dec;32(6):376-379.
- (63) Nakamichi K, Tachibana S. Iatrogenic injury of the spinal accessory nerve. Results of repair. *J Bone Joint Surg Am* 1998 Nov;80(11):1616-1621.
- (64) Antoniadis G, Kretschmer T, Pedro MT, König RW, Heinen CP, Richter HP. Iatrogenic nerve injuries: prevalence, diagnosis and treatment. *Dtsch Arztebl Int* 2014 Apr 18;111(16):273-279.
- (65) Ma J, Novikov LN, Kellerth JO, Wiberg M. Early nerve repair after injury to the postganglionic plexus: an experimental study of sensory and motor neuronal survival in adult rats. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2003;37(1):1-9.
- (66) Camp SJ, Birch R. Injuries to the spinal accessory nerve: a lesson to surgeons. *J Bone Joint Surg Br* 2011 Jan;93(1):62-67.
- (67) Shah S, Har-El G, Rosenfeld RM. Short-term and long-term quality of life after neck dissection. *Head Neck* 2001 Nov;23(11):954-961.
- (68) Müller-Vahl H, Mumenthaler M, Stöhr M. Schulter- und Armnerven. **Läsionen peripherer Nerven und radikuläre Syndrome**: Thieme Verlag; 2014. p. 255-255.
- (69) DGH, DGN, DGNC, DGOOC, DRPRÄC, DGU. Versorgung peripherer Nervenverletzungen. 06/2013; Available at: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/005-010l_S3_Versorgung_peripherer_Nervenverletzungen_2013-06.pdf. Accessed 03/13, 2015.
- (70) Bond TJ, Lundy J. Physical therapy following peripheral nerve surgeries. *Clin Podiatr Med Surg* 2006 Jul;23(3):651-666.
- (71) Hong MJ, Baek JH, Kim DY, Ha EJ, Choi WJ, Choi YJ, et al. Spinal Accessory Nerve: Ultrasound Findings and Correlations with Neck Lymph Node Levels. *Ultraschall Med* 2014 Dec 17.
- (72) Mirjalili SA, Muirhead JC, Stringer MD. Ultrasound Visualization of the Spinal Accessory Nerve In Vivo. *J Surg Res* 2012 6/1;175(1):e11-e16.
- (73) Canella C, Demondion X, Abreu E, Marchiori E, Cotten H, Cotten A. Anatomical study of spinal accessory nerve using ultrasonography. *Eur J Radiol* 2013 1;82(1):56-61.
- (74) Yang H, Kim H, Hu K. Anatomic and histological study of great auricular nerve and its clinical implication. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 2015 2;68(2):230-236.
- (75) Becker GD, Parell GJ. Technique of preserving the spinal accessory nerve during radical neck dissection. *Laryngoscope* 1979 May;89(5 Pt 1):827-831.
- (76) Thiel W. Die Konservierung ganzer Leichen in natürlichen Farben. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 1992 6;174(3):185-195.
- (77) Thiel W. Ergänzung für die Konservierung ganzer Leichen nach W. Thiel. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger* 2002 5;184(3):267-269.

- (78) BALTA JY, CRONIN M, CRYAN JF, O'MAHONY SM. Human preservation techniques in anatomy: A 21st century medical education perspective. *Clinical Anatomy* 2015;28(6):725-734.
- (79) Healy SE, Rai BP, Biyani CS, Eisma R, Soames RW, Nabi G. Thiel Embalming Method for Cadaver Preservation: A Review of New Training Model for Urologic Skills Training. *Urology* 2015 3;85(3):499-504.
- (80) Benkhadra M, Bouchot A, Gerard J, Genelot D, Trouilloud P, Martin L, et al. Flexibility of Thiel's embalmed cadavers: the explanation is probably in the muscles. *Surg Radiol Anat* 2011 May;33(4):365-368.
- (81) Wilke H, Werner K, Häussler K, Reinehr M, Böckers TM. Thiel-fixation preserves the non-linear load–deformation characteristic of spinal motion segments, but increases their flexibility. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 2011 11;4(8):2133-2137.
- (82) Umfahrer P, Santler G, Preidler K, Weiglein AH. Anatomische und magnetresonanztomographische Untersuchung einer neuen Technik der Leitungsanästhesie des Nervus mandibularis.
- (83) Anderhuber F, Pera F, Streicher J. 6 Kopf, Cranium und Hals, Collum. In: De Gruyter Verlag, editor. *Waldeyer Anatomie des Menschen*. 19. Auflage ed.; 2012. p. 720-722.
- (84) Anderhuber F, Pera F, Streicher J. 6 Kopf, Cranium und Hals, Collum. In: De Gruyter Verlag, editor. *Waldeyer Anatomie des Menschen*. 19. Auflage ed.; 2012. p. 207-208.
- (85) Anderhuber F, Pera F, Streicher J. 6 Kopf, Cranium und Hals, Collum. In: De Gruyter Verlag, editor. *Waldeyer Anatomie des Menschen*. 19. Auflage ed.; 2012. p. 197-197.
- (86) Soo KC, Hamlyn PJ, Pegington J, Westbury G. Anatomy of the accessory nerve and its cervical contributions in the neck. *Head Neck Surg* 1986 Nov-Dec;9(2):111-115.
- (87) Levy D, Vacher C, Lezy JP. Relations of the accessory nerve with the internal jugular vein: surgical implications in cervical lymph node clearances. *Surg Radiol Anat* 2001 Jun;23(3):155-157.
- (88) Dailiana ZH, Mehdian H, Gilbert A. Surgical anatomy of spinal accessory nerve: is trapezius functional deficit inevitable after division of the nerve? *J Hand Surg Br* 2001 Apr;26(2):137-141.
- (89) Caliot P, Bousquet V, Midy D, Cabanie P. A contribution to the study of the accessory nerve: surgical implications. *Surg Radiol Anat* 1989;11(1):11-15.
- (90) Kierner AC, Zelenka I, Heller S, Burian M. Surgical anatomy of the spinal accessory nerve and the trapezius branches of the cervical plexus. *Arch Surg* 2000 Dec;135(12):1428-1431.
- (91) Lu L, Haman SP, Ebraheim NA. Vulnerability of the spinal accessory nerve in the posterior triangle of the neck: a cadaveric study. *Orthopedics* 2002 Jan;25(1):71-74.