

Aus der Abteilung für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie  
Krankenhaus Agatharied,  
Lehrkrankenhaus der Ludwig-Maximilians Universität München  
Chefarzt: Prof. Dr. med. Hans Martin Schardey

# **Narbenfreie endoskopische Schilddrüsenchirurgie von dorsal: Die Rolle des Nervus accessorius**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Ulrich Michael Wirth  
aus  
München

2014

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Hans Martin Schardey

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Heinrich Fürst  
Prof. Dr. rer. nat. Anne-Laure Boulesteix

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Priv. Doz. Dr. med. Stefan Konrad Schopf

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 03.04.2014

Teile dieser Arbeit wurden publiziert in:

Wirth, U.; Kammal, M.; Doberauer, J.; Graw, M.; Schardey, H.M.; Schopf, S.: Invisible scar endoscopic thyroid surgery by the dorsal approach: importance of the spinal accessory nerve. *Surgical and Radiologic Anatomy* (2011) 33(8):703-11

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
1.1.	EndoCATS .....	10
1.2.	Anatomische Grundlagen des N. accessorius .....	12
1.3.	Verletzungen des N. accessorius .....	15
1.3.1.	Ursachen der N. accessorius-Verletzung .....	15
1.3.2.	Klinisches Beschwerdebild der N. accessorius-Verletzung.....	17
1.3.3.	Diagnosestellung der N. accessorius-Verletzung .....	19
1.3.4.	Prognose der N. accessorius-Verletzung .....	21
1.3.5.	Therapieoptionen bei N. accessorius-Verletzung .....	22
1.4.	Methoden zur Auffindung des N. accessorius.....	22
1.5.	Zielsetzung.....	28
<b>2</b>	<b>Anatomische Präparate und Methodik .....</b>	<b>29</b>
2.1.	Anatomische Präparate .....	29
2.2.	Methodik .....	30
2.2.1.	Präparation.....	32
2.2.2.	Messung Strecke dMA .....	34
2.2.3.	Messung Strecke dAJ .....	35
2.2.4.	Untersuchung des Verhältnisses von N. accessorius zu M. sternocleidomastoideus.....	36
2.2.5.	Untersuchung der Mäandrierung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck ..	37
2.2.6.	Untersuchung des Zwickels zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius .....	38
2.2.7.	Statistische Auswertung .....	40
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>41</b>
3.1.	Messungen für Strecke dMA .....	41

3.2.	Messungen für Strecke dAJ .....	44
3.3.	Verhältnis des N. accessorius zur Hinterkante des M. sternocleidomastoideus .....	47
3.4.	Mäandrierung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck .....	48
3.5.	Verschieblichkeit des N. accessorius an Halsregionen frisch Verstorbener .....	48
3.6.	Zwickel zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius.....	49
3.7.	Korrelationsanalyse.....	50
3.8.	Regressionsanalyse .....	53
3.9.	Kreuzvalidierung in den leave-one-out-Experimenten .....	61
3.10.	Beispiele der Fotodokumentation .....	62
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>66</b>
4.1.	Methode .....	66
4.2.	Lage des N. accessorius in Bezug auf den EndoCATS Operationsweg .....	67
4.2.1.	Besondere Gefährdung des N. accessorius .....	67
4.2.2.	Häufigkeit des Zwickels zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius .	67
4.2.3.	Verhältnis von N. accessorius zu M. sternocleidomastoideus.....	71
4.2.4.	Strecke dMA .....	73
4.3.	Erscheinen Methoden zur präoperativen Abschätzung des N. accessorius-Verlaufes sinnvoll? Die Bedeutung der Mäandrierung.....	75
4.4.	Präoperative Abschätzung des N. accessorius-Verlaufes.....	76
4.4.1.	Intervalle dMA und dAJ .....	77
4.4.2.	Regressionsanalyse und leave-one-out-Experimente.....	78
4.5.	Modifikation EndoCATS .....	80
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>83</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>Appendix .....</b>	<b>94</b>

A1	Abkürzungsverzeichnis .....	94
A2	Abbildungsverzeichnis.....	96
A3	Tabellenverzeichnis.....	99
B	Einzelbefunde .....	102
C	Tabellarische Aufstellung der erhobenen Messwerte und Beobachtungen.....	163
D	Danksagung .....	174
E	curriculum vitae .....	175
	Eidesstattliche Versicherung .....	177

## 1 Einleitung

Die operative Therapie benigner Schilddrüsenerkrankungen mit der Kocher'schen Schnittführung etwa zwei Querfinger oberhalb des Jugulums zählt heute zu den Standardeingriffen mit niedriger Mortalität und Morbidität [73, 83]. Entsprechend wurden Operationen an der Schilddrüse in den vergangenen Jahren deutschlandweit mehr als 100.000 Mal jährlich durchgeführt [14, 17].

An häufigen Komplikationen spielen derzeit vor allem eine transiente (0,0 – 7,1%) [18] bzw. permanente (0,0 – 1,45%) [26] Parese des N. laryngeus recurrens, transiente (5,4 – 28,4%) [43, 61, 88] oder permanente (2%) [88] Störung der Kalziumhomöostase und postoperative, revisionspflichtige Nachblutungen mit der Gefahr der Asphyxie (1,7%) eine Rolle [26, 61, 83]. Die 2001 veröffentlichte Papillon-Studie zeigte, dass in Deutschland 33,2% der Bevölkerung krankhafte Veränderungen an der Schilddrüse aufweisen. Hierbei ist die Verteilung zwischen den Geschlechtern nahezu gleich (Frauen 50,4%, Männer 49,6%). Ab dem 45. Lebensjahr weisen jede zweite Frau und jeder dritte Mann in Deutschland pathologische Befunde an der Schilddrüse auf, doch auch jüngere Menschen sind bereits häufig betroffen: 33,4% der Frauen zwischen 31 und 45 Jahren sowie 27,9% der Männer im gleichen Alter zeigen hier krankhafte Veränderungen [54]. Von allen an der Schilddrüse operierten Patienten beträgt der Anteil der Frauen etwa 75%, davon waren 75% jünger als 65 Jahre [14]. Gutartige Schilddrüsenerkrankungen haben an den Operationsindikationen einen Anteil von 80%, hier vor allem die Struma nodosa und Struma diffusa [55]. Eine von Trocchi durchgeführte DRG-Analyse über maligne Erkrankung der Schilddrüse der Jahre 2005 und 2006 zeigt auch hier einen mit 68% doch deutlich hohen Anteil an weiblichen Patienten [76]. Dieses relativ junge Patientenkollektiv mit einem Frauenanteil von etwa 75% und in der Mehrzahl benignen Schilddrüsenpathologien ist sicher eine Erklärung für die steigende Nachfrage an kosmetisch ansprechenden Operationsverfahren im Bereich der Schilddrüsenchirurgie.

Dabei ist die Bildung hypertropher Narben oder sogar von Narbenkeloiden nicht selten. Die Prävalenz von Keloiden ist in der zweiten und dritten Lebensdekade am höchsten und wird in der Literatur mit 4,5% bis 16% beziffert [3, 23, 66]. Problematisch für die weltweit etwa 100 Millionen Menschen, die von hypertrophen Narben oder Narbenkeloiden betroffen sind, sind die wenig aussichtsreichen und wenigen evidenzbasierten, verfügbaren Behandlungsoptionen [3, 23]. Aus diesen Gründen sollten Narben an exponierten Körperarealen wie dem Hals idealerweise vermieden werden [66]. Dies könnte auch die Hemmschwelle für eine definitive Abklärung krankhafter Schilddrüsenveränderungen durch eine Operation senken, da 9%(15)-30% aller Befunde weder durch Ultraschalluntersuchung noch Feinnadelpunktionszytologie, sondern letztlich nur durch eine Operation mit

anschließender histologischer Aufarbeitung des Präparats sicher geklärt werden können [1, 12, 38].

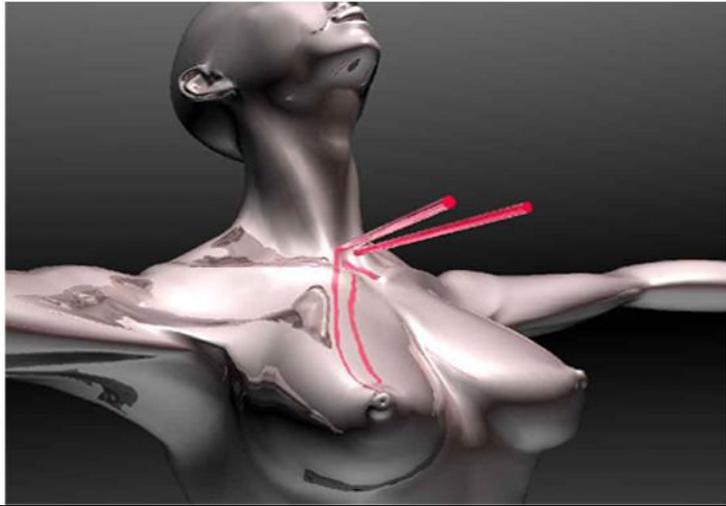
Der technische Fortschritt der vergangenen Jahrzehnte mit der Entwicklung von endoskopischen und Video-assistierten Verfahren macht es möglich, Operationen an der Schilddrüse zunehmend kosmetisch günstiger und letztlich mit dem Ziel der Narbenfreiheit, auch mit einer Schnittführung in anderen Körperregionen als dem Hals durchzuführen [73, 83]. Letztere Variante, das Verstecken der Narbe einer Schilddrüsenoperation in einer anderen, weniger eingesehenen Körperregion, scheint ideal, da vor allem die Narbe nach Schilddrüsenoperation aufgrund ihrer exponierten Lage für viele Menschen eine große kosmetische Bedeutung hat [77].

1996 gelang Gagner erstmals eine endoskopische, subtotale Nebenschilddrüsenresektion [22, 51], im folgenden Jahr führte Hüscher die erste dokumentierte endoskopische Schilddrüsenoperation durch [30]. Seitdem wurden mehr als 20 verschiedene Verfahren zur endoskopischen Schilddrüsenoperation, teils auch als Hybridverfahren, entwickelt [20, 25, 31, 41, 45, 47, 49, 53, 64, 73, 83, 84, 87]. Endoskopische Verfahren kommen aktuell vor allem bei gutartigen Schilddrüsenerkrankungen zum Einsatz, die auch den größten Teil der durchgeführten Operationen ausmachen. Dabei erreichen die endoskopischen Schilddrüsenoperationen mindestens eine der konventionellen Chirurgie vergleichbare Sicherheit [4, 20, 45, 53, 73]. Weitere Vorteile sollen ein geringeres Operationstrauma mit geringeren postoperativen Schmerzen, einer schnelleren Rekonvaleszenz, sowie eine bessere Übersicht über das Operationsgebiet durch die Vergrößerung der Video-endoskopischen Geräte sein [30, 45, 49, 64, 65, 82, 87].

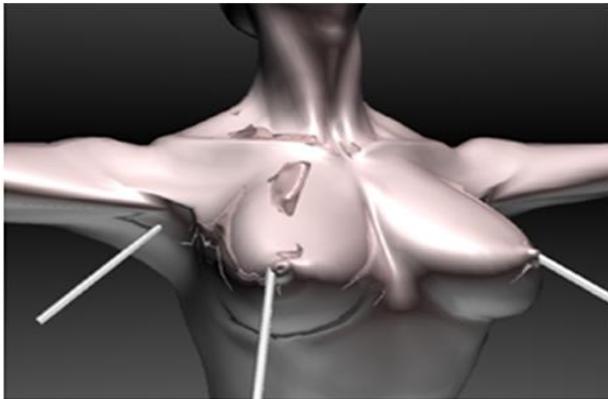
Verschiedene klinisch etablierte Techniken sind beispielsweise die *Minimalinvasive Video Assistierte Thyreoidektomie* (1998, Miccoli) und die Zugänge über die Brustwand, die Achselhöhle, die Areolae oder eine Kombination dieser Zugänge (Abb. 1.1) [11, 25, 29, 31, 32, 41, 47, 49, 53]. Jedoch bleiben bei all diesen Methoden sichtbare, wenn auch nur kleine Narben zurück. Somit bleibt bei diesen Verfahren der echte Vorteil für den Patienten unklar.



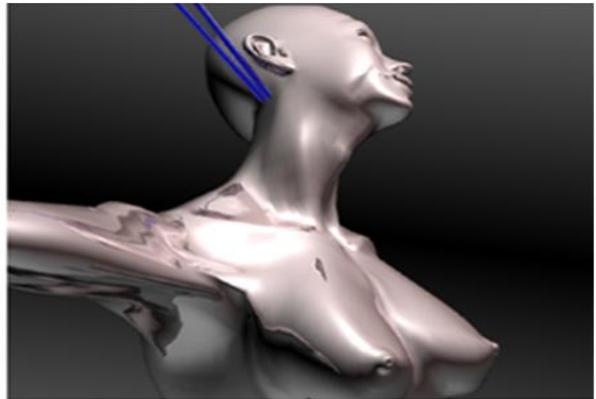
nach Kocher



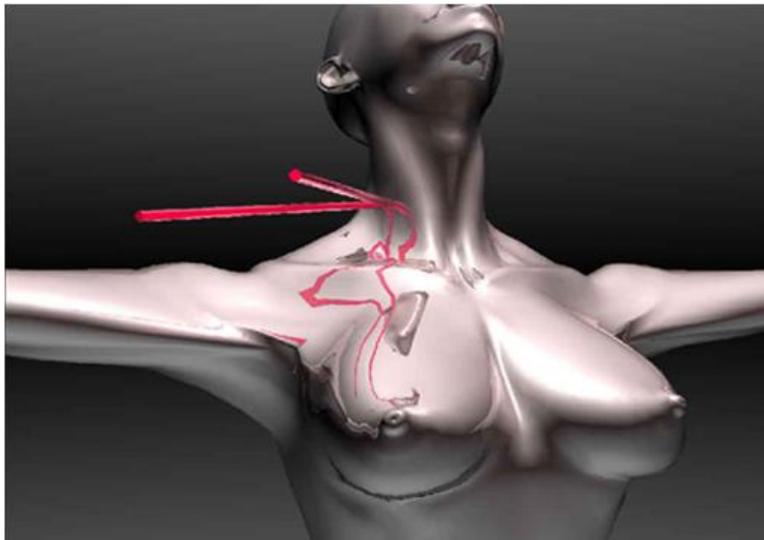
MIVAT (Miccoli) [47]



ABBA [31, 41]



EndoCATS [64, 65, 66]



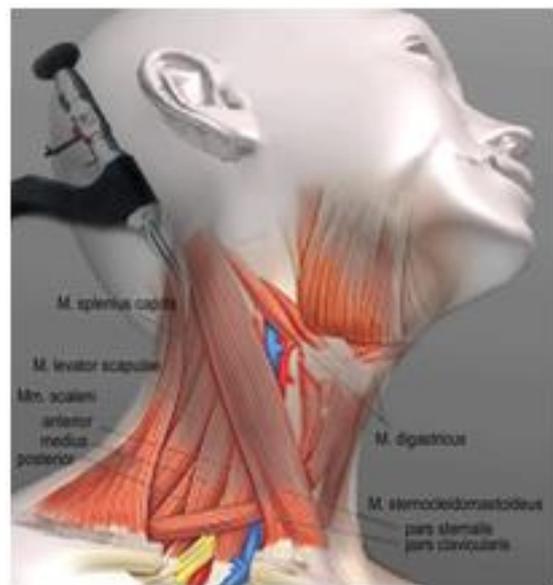
nach Henry [25]

**Abbildung 1.1 Übersicht an Zugangsvarianten zur operativen Therapie von Schilddrüsenerkrankungen**

### 1.1 EndoCATS

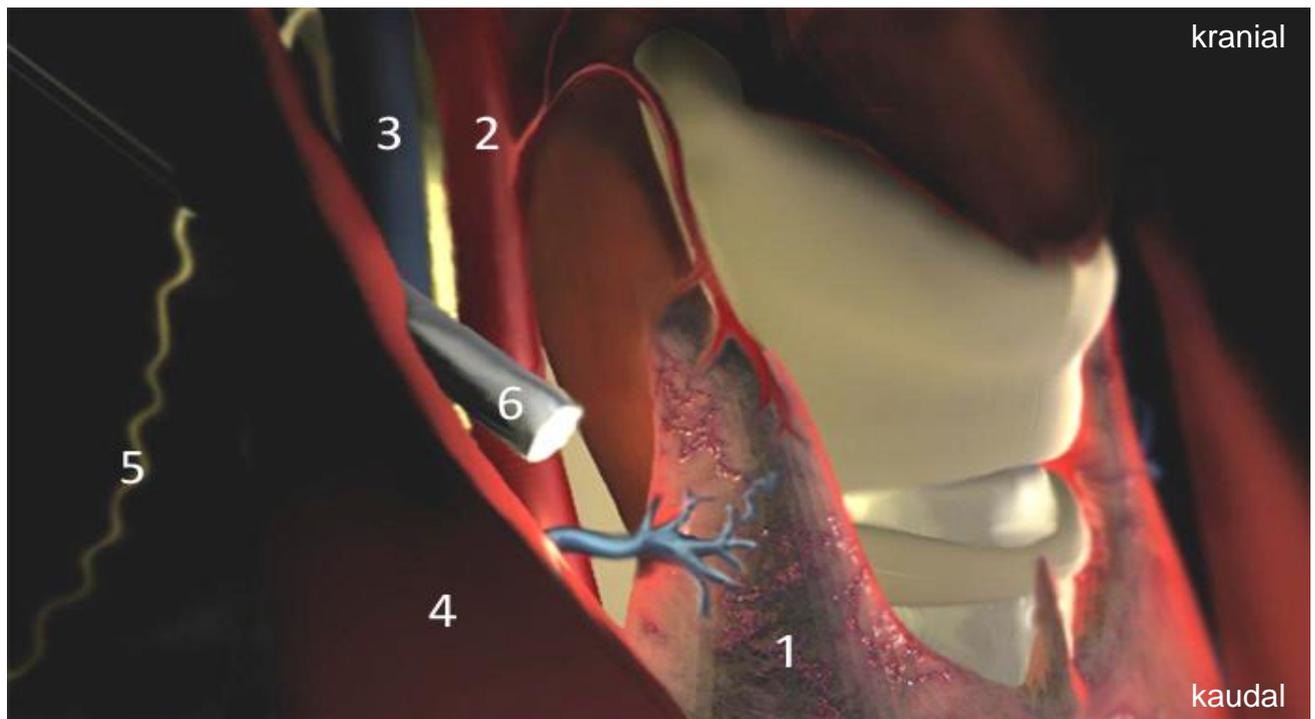
Eine weitere endoskopische Methode ist die EndoCATS-Operationsmethode (*Endoscopic Cephalic Access Thyroid Surgery*) nach Schardey und Schopf ohne sichtbare Narbe (Abb. 1.2 und 1.3) [64].

Die Operation wird in modifizierter halb-sitzender Lagerung (modifizierte beach-chair-Lagerung) mit nicht fixiertem Kopf und Blick zur Gegenseite durchgeführt. Bei dieser Methode erfolgt der etwa 3 cm lange Hautschnitt retroauriculär, etwa 2 cm dorso-kaudal des Processus mastoideus, und ist nach abgeschlossener Wundheilung unter dem Haaransatz verborgen. Danach wird die Hinterkante des M. sternocleidomastoideus (SCM) an der Überkreuzung des M. trapezius (TM), sogenannter Zwickel, und damit die obere Spitze des lateralen Halsdreiecks aufgesucht. Anschließend wird mithilfe eines löffelförmigen Spatels mit integrierter 5 mm Optik stumpf für mehr als 8 cm auf der Lamina superficialis der Fascia Cervicalis medial des M. sternocleidomastoideus nach kaudal präpariert, bis man das Trigonum caroticum mit A. carotis, V. jugularis interna und N. vagus erreicht. Von dort aus gelangt man zwischen der geraden Halsmuskulatur und der Fascia carotica in das Spatium chirurgicum (de Quervain) und kann unter endoskopischer Sicht und Schonung des N. laryngeus recurrens und der Glandulae parathyroideae auf der entsprechenden Seite eine subtotale Hemithyroidektomie inklusive der kompletten Isthmusregion



**Abb. 1.2: Operationsweg EndoCATS, schematisch**

durchführen. Zur sicheren Identifikation und Schonung des N. laryngeus recurrens kommt das sogenannte Neuromonitoring des Nerven, eine „intraoperative neurophysiologische Untersuchung durch Stimulation des N. recurrens und ein zeitgleich abgeleitetes Kehlkopf-Elektromyogramm (EMG)“ [74, 84], sowie die Neuronavigation nach Schardey und Schopf zum Einsatz [64, 65, 67].



**Abbildung 1.3: 3D-Animation EndoCATS Operation an der Schilddrüse mit: 1 Schilddrüse, 2 A. carotis interna, 3 V. jugularis interna, 4 M. sternocleidomastoideus, 5 N. accessorius, 6 Endoskop**

Die Methode eignet sich insbesondere zur Hemithyroidektomie im Rahmen von gutartigen Schilddrüsenerkrankungen. Durch den Einsatz des speziellen Retraktorspatels kann auf eine CO<sub>2</sub>-Insufflation verzichtet werden. Die Operation ist prinzipiell von einem Operateur ausführbar und hinterlässt nach dem Nachwachsen des retroaurikulären Haaransatzes keine sichtbare Narbe. Der Operationsweg folgt ausschließlich anatomischen Schichten, was eine Minimierung des Operationstraumas bewirkt. Trotzdem können Präparate nahezu beliebiger Größe geborgen werden. Die endoskopische Technik erlaubt eine vergrößerte Darstellung kleiner Strukturen, so etwa der Gll. parathyroideae und des N. laryngeus recurrens, dabei scheint der Betrachtungswinkel der Nebenschilddrüsen und des N. laryngeus recurrens ideal zu sein. Durch die Darstellung des N. vagus wird ein entsprechendes Neuromonitoring von N. vagus und N. laryngeus recurrens ermöglicht. Die Neuronavigation mit einer 1 mm großen perkutan eingebrachten Sonde erleichtert die Präparation unter Schonung der Nn. laryngei recurrens und superior.

Allerdings traten bei der EndoCATS-Machbarkeitsstudie mit 30 Hemithyroidektomien überdurchschnittlich häufige Irritationen des N. accessorius (SAN) (5 von 30 Patienten, 17%) auf [65, 66]. Dies war der Ausgangspunkt für die folgende Untersuchung zur Aufarbeitung

der N. accessorius-Problematik bei EndoCATS bedingt durch die enge räumliche Beziehung des N. accessorius zum Operationsfeld von EndoCATS.



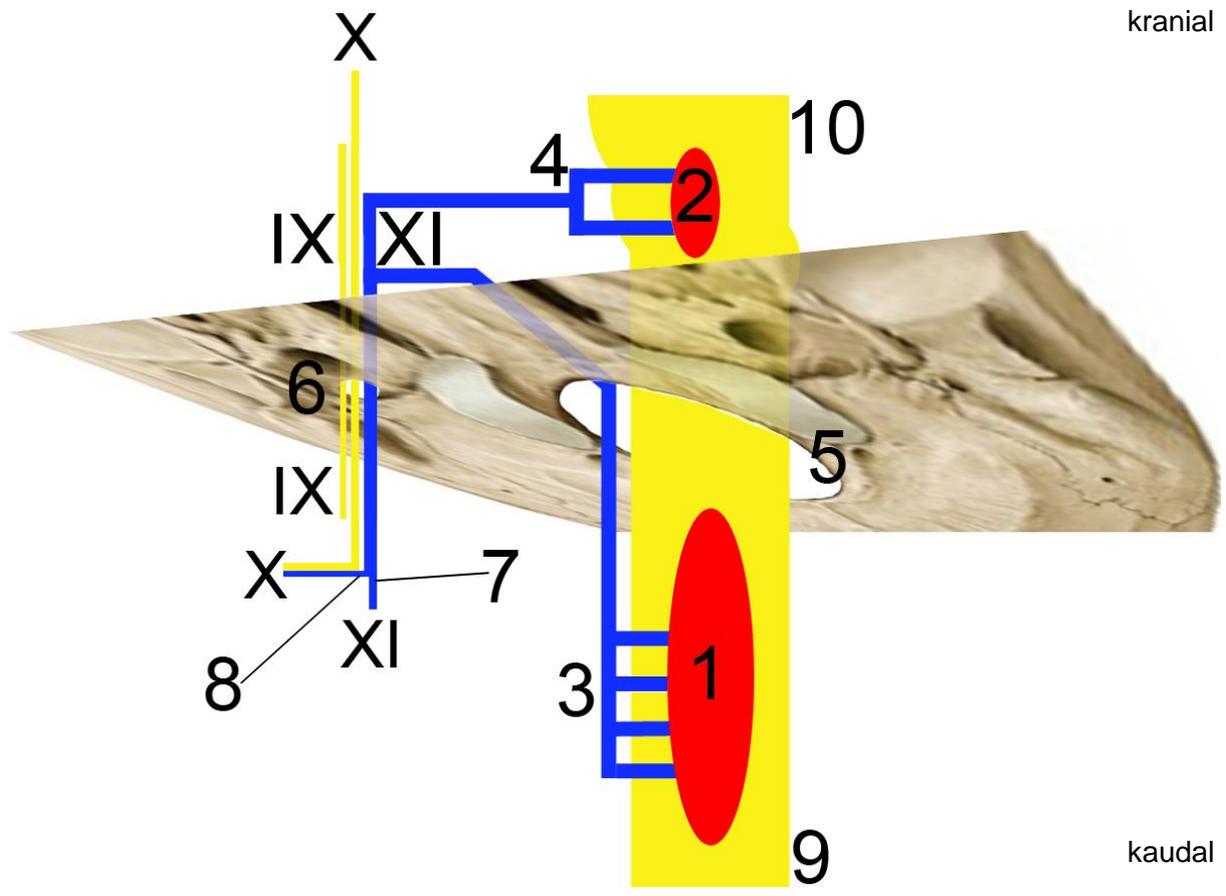
**Abbildung 1.4: kosmetisches Ergebnis nach linksseitiger Hemithyroidektomie mit EndoCATS 1 Woche postoperativ**

### 1.2 Anatomische Grundlagen des N. accessorius

Die Anatomie des sogenannten XI. Hirnnerven (N. accessorius) weist einige Besonderheiten auf.

Er entspringt mit seiner *Radix spinalis* im Nucleus N. accessorii des cervicalen Rückenmarks zwischen den Hinter- und Vorderwurzeln etwa auf Höhe C1-C5/6 nahe des *Sulcus posterolateralis* [8, 40, 62, 63, 78]. Diese Kernsäule aus typischen Motoneuronen liegt im lateralen Vorderhorn und die kompakte Anordnung der Motoneurone ist eher typisch für Hirnnervenkerne als für motorische Vorderhornzellen [2, 5, 8, 78, 80]. Diese spinalen Wurzeln bilden einen gemeinsamen Stamm mit etwa 2000 Nervenfasern [78]. Die Faserqualitäten dieser *Radix spinalis* sind somatomotorisch [2] und eventuell auch somatoafferent (siehe unten) [5]. Die *Radix spinalis* gelangt über das *Foramen occipitale magnum* in die Schädelhöhle und lagert sich dort intrakraniell und extrazerebral mit der *Radix cranialis* aus dem *Ncl. ambiguus* zusammen [5, 8, 52, 72, 78]. Deren Anteile entspringen in der *Medulla oblongata* etwas dorsal der Olive und kaudal der Fasern des N.

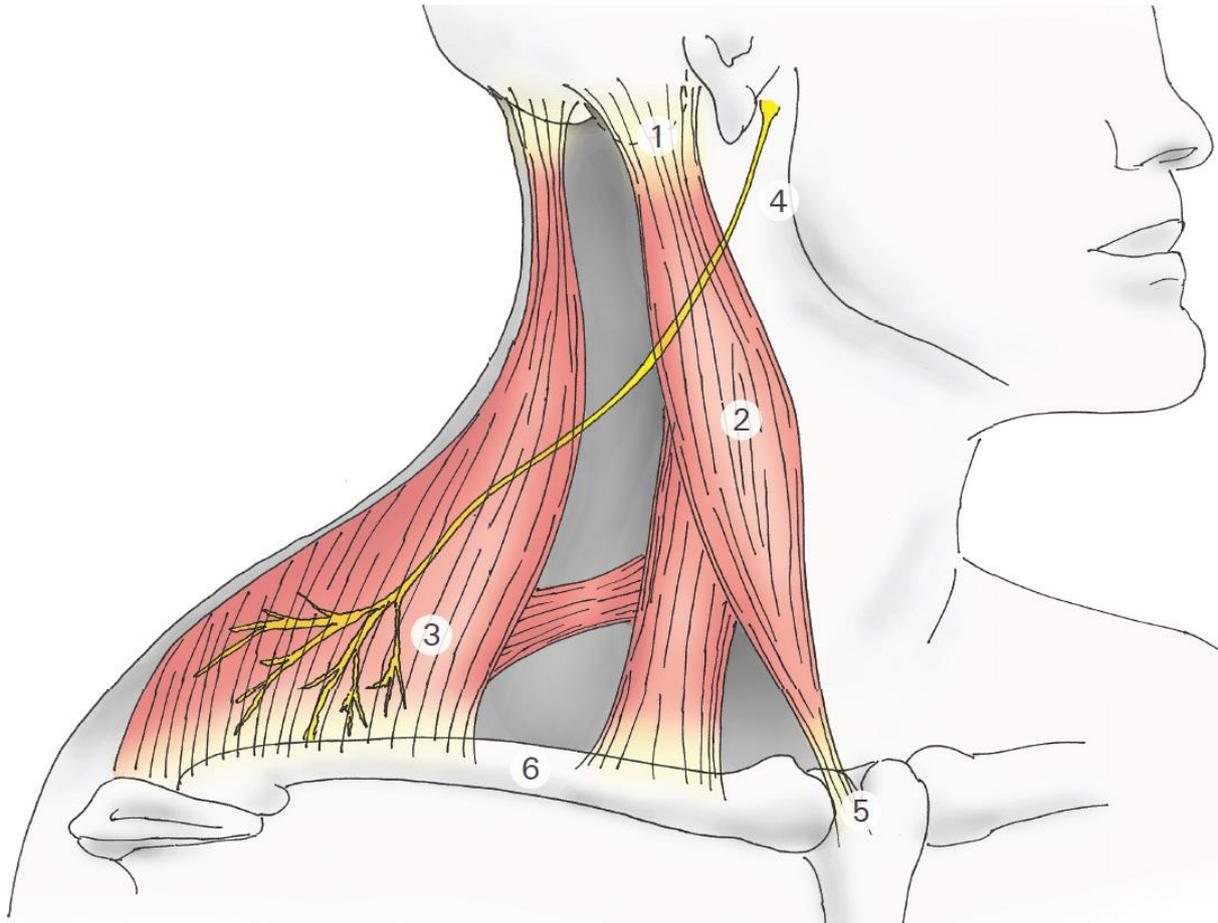
vagus und entsprechen auch funktionell seiner kaudalen Verlängerung, wobei sie speziell viszeroefferente Faserqualitäten besitzen [2, 5].



**Abb. 1.5: Schema N. accessorius mit: IX N. glossopharyngeus, X N. vagus, XI SAN, 1 Ncl. spinalis n. accessorii, 2 Ncl. ambiguus, 3 Radix spinalis, 4 Radix cranialis, 5 Foramen magnum, 6 Foramen jugulare, 7 Ramus externus n. accessorii, 8 Ramus internus n. accessorii, 9 Medulla spinalis, 10 Medulla oblongata**

Der kurze gemeinsame Stamm des N. accessorius liegt zunächst zusammen mit den Nn. vagus (X) und glossopharyngeus (IX) im Subarachnoidalraum [8] und verlässt dann durch die *Pars nervosa* des *Foramen jugulare* zusammen mit denselben Nerven von *Dura mater* umhüllt die Schädelhöhle [78] in das *Spatium retrostyloideum* und zerfällt dort wieder in seine beiden Teile (Abb. 1.5) [5, 8, 13, 34, 40, 62, 72]. Die Fasern aus der *Radix cranialis* ziehen dort als *R. internus* zum N. vagus, bzw. dessen *Ganglion superior* und versorgen die quergestreifte Muskulatur des Larynx motorisch [5, 8, 40, 62, 72]. Der spinale Anteil zieht als *R. externus* und eigentliche Fortsetzung des N. accessorius im *Spatium parapharyngeum* [40] weiter nach kaudo-lateral, kreuzt die *V. jugularis interna* entweder ventral oder dorsal und erreicht den *M. sternocleidomastoideus* [8, 44, 52, 62, 72, 78].

Er gibt Äste zur Innervation des Muskels ab, unter- oder durchquert den M. sternocleidomastoideus und tritt in das seitliche Halsdreieck ein. Das seitliche Halsdreieck ist eine oberflächlich muskelfreie Lücke, die dorsal von der Vorderkante des M. trapezius, medial von der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus und kaudal von der Clavicula begrenzt wird (Abb. 1.6) [5, 10, 21, 40, 52, 72, 78].



**Abb. 1.6: schematischer Überblick seitliches Halsdreieck der rechten Körperseite mit: 1 Spitze des Processus mastoideus (TMB), 2 SCM, 3 TM, 4 SAN, 5 Incisura jugularis sterni (IJS), 6 Clavicula**

Dort verläuft der Nerv zwischen den Laminae superficialis et praevertebralis der Fascia cervicalis auf dem M. levator scapulae und liegt eingebettet in Fett- und Bindegewebe in enger Assoziation mit den oberflächlichen Halslymphknoten des seitlichen Halsdreiecks [5, 8, 13, 19, 27, 37, 42, 52, 62, 72, 78, 86]. Er durchquert das seitliche Halsdreieck in latero-kaudaler Richtung, teilt sich meist in mehrere Äste auf und erreicht schließlich den M. trapezius, dessen Anteile er innerviert [8, 35, 36, 40, 59, 72, 79, 80]. Anastomosen mit dem Plexus cervicalis, vor allem der Segmente C2-C4, treten am häufigsten tief unter dem M.

sternocleidomastoideus auf, daneben können sie auch im seitlichen Halsdreieck oder auch erst unter dem M. trapezius vorkommen (Abb. 1.6) [21, 36, 70, 72, 79, 80]. Lanz und Wachsmuth bezeichnen dies auch als „Plexus accessorio-cervicalis“ [40]. Die Anastomosen mit dem Plexus cervicalis sind dabei sehr variabel und es ist noch nicht abschließend geklärt, welchen Anteil die Äste des Plexus cervicalis an der motorischen Innervation des M. trapezius ausmachen oder ob sie rein propriozeptive Qualitäten führen und ob der N. accessorius damit – wie oft behauptet wird – ein rein motorischer Nerv ist und seine somatoafferenten Fasern rein aus dem Plexus cervicalis stammen [13, 36, 42, 52, 59, 69, 70, 72, 78, 79].

Kierner et al. zeigten, dass die Pars descendens des M. trapezius von einem kleinen, kranialen Ast des N. accessorius innerviert wird [35]. Weiter erklären sie, dass der Plexus cervicalis nicht wesentlich zur motorischen Innervation des M. trapezius beiträgt, außer wenn der N. accessorius unterhalb des M. sternocleidomastoideus verläuft (1/3 der beobachteten Fälle) [35]. Lee et al. untersuchten die Häufigkeit der einzelnen Anastomosierungen zwischen den Segmenten des Plexus cervicalis und dem N. accessorius, wobei am häufigsten eine Anastomose mit dem Segment C2 (53.1%), in 38.1% eine Anastomose mit C2 und C3 und in 8.8% eine Anastomose mit C3 beobachtet werden konnte [42]. Die Äste des Plexus cervicalis, vor allem der Segmente C3 oder C4, können aber auch unabhängig vom N. accessorius den M. trapezius erreichen (Abb. 1.7) [5, 36, 40, 59, 69, 70, 72, 79].

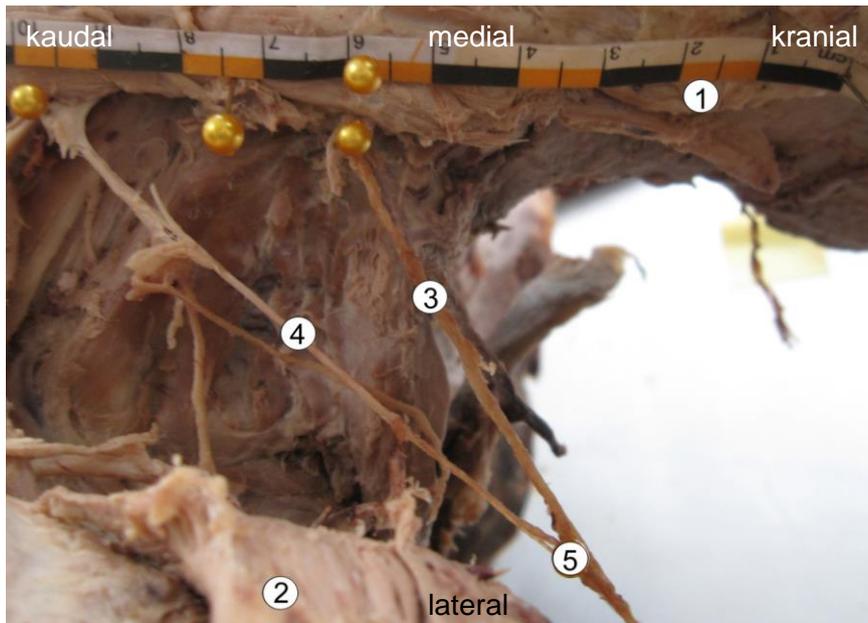
Soo et al. zeigten mit Hilfe der Elektromyographie 1990, dass der obere Anteil (*Pars descendens*) des M. trapezius mehr vom N. accessorius selbst und die unteren Anteile (*Partes transversa et ascendens*) zunehmend motorischen Input von Segmenten des Plexus cervicalis erhalten [69], das bestätigt auch die Arbeit von Tubbs et al. (Abb. 1.8) [79].

### 1.3 Verletzungen des N. accessorius

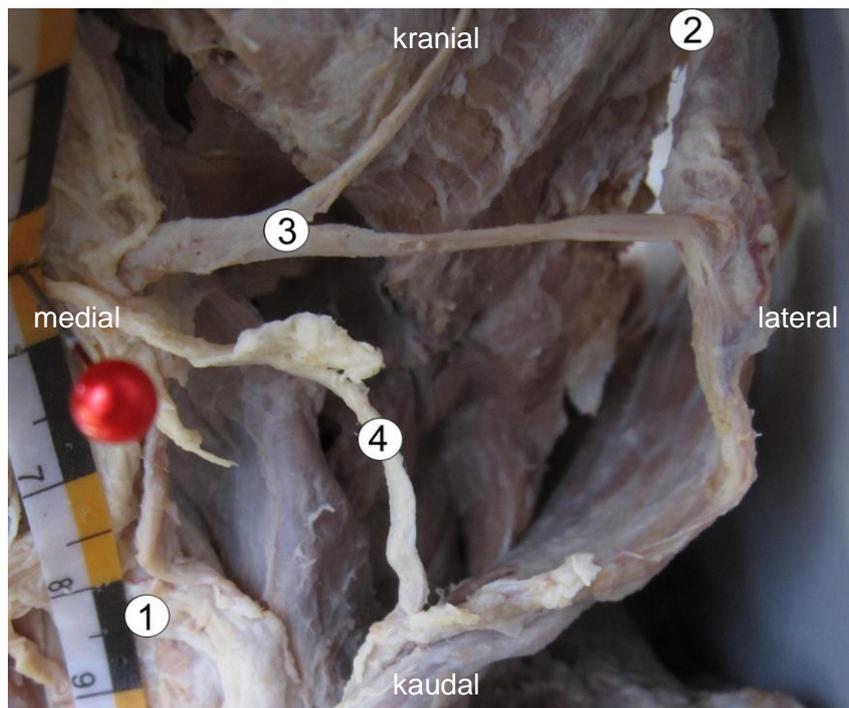
#### 1.3.1 Ursachen der N. accessorius-Verletzung

Verletzungen des N. accessorius kommen bei Eingriffen im seitlichen Halsdreieck häufig vor und spielen für die betroffenen Patienten im Hinblick auf Funktionseinschränkungen und die Lebensqualität eine große Rolle [9, 10, 21, 37, 48, 50, 52, 63, 72].

Wichtig ist es, Verletzungen mit zumindest partieller Kontinuitätsunterbrechung des Nervs von meist eher temporären Irritationen zu unterscheiden. In den meisten Fällen sind Verletzungen iatrogen bedingt [9, 19, 34, 72]. Neben gewollter Kontinuitätsunterbrechung bei der zunehmend verlassenen radikalen Lymphknotendisektion am Hals [19, 28, 62, 72] oder autologer Transplantation des N. accessorius zur Therapie bei Verletzungen des Plexus brachialis [13], spielen vor allem die akzidentellen Verletzungen eine große Rolle.



**Abb. 1.7: Anastomosen des SAN mit Ästen des PC Präparat 16/08 links mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 Ast des Plexus cervicalis, 5 Anastomose**



**Abb. 1.8: Ast des PC innerviert den TM unabhängig vom SAN Präparat 48/08 mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN mit Aufzweigung, oberer Ast zu Pars descendens M. trapezii, 4 Ast des Plexus cervicalis**

Diese lassen sich in zwei Gruppen aufteilen: 1. direkte Verletzung durch ärztliche Eingriffe oder penetrierende Verletzungen und 2. indirekte Verletzungen beispielsweise durch intraoperative Lagerung oder stumpfe Traumata mit Zug und Kompression als Pathomechanismus [7, 34, 52].

Letztere Form der Verletzung tritt sehr selten auf. Wie bereits beschrieben ist der N. accessorius im seitlichen Halsdreieck durch die enge Assoziation mit den Lymphknoten durch Lymphknotenbiopsien besonders gefährdet [13, 19, 37, 42, 52, 62, 72, 78, 86]. Camp et al. kamen in ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, dass etwa 80% der N.-accessorius-Verletzungen iatrogen bedingt sind und meist bei Lymphknotenbiopsien auftreten [9]. Die immer noch große Anzahl an akzidentellen SAN-Verletzungen lässt vermuten, dass viele Operateure dieses Risiko in Kauf nehmen, dass die anatomischen Verhältnisse interindividuell sehr variabel sind und noch keine ideale Lösung zur Schonung des Nervs gefunden ist. In seltenen Fällen treten Verletzungen des N. accessorius außerdem bei koronararteriellen Bypassoperationen, Kanülierung der ipsilateralen V. jugularis interna, im Rahmen von Schilddrüsenoperationen oder auch spontan ohne erkennbare Ursache auf [10, 34, 52, 65, 81, 86].

### 1.3.2 Klinisches Beschwerdebild der N. accessorius-Verletzung

Eine Irritation oder Verletzung des N. accessorius kann zu einem sehr vielfältigen klinischen Beschwerdebild führen.

Im Allgemeinen kommt es zum 1961 von Nahum et al. beschriebenen, sogenannten „Schulter-Syndrom“. Dies äußert sich vorwiegend in:

- Schlecht lokalisierbaren Schmerzen im Bereich des Schultergelenks, eventuell bedingt durch den Zug der nicht mehr korrekt fixierten Schulter auf den Plexus brachialis [62, 72]
- Einem Abduktionsdefizit des Armes über die Horizontale bei voller passiver Beweglichkeit
- Anatomischen Abnormalitäten wie hängende Schulter, prominent hervorstehende Scapula und kompensatorische Hypertrophie der Mm. rhomboidei und M. levator scapulae [50, 52, 62, 72].

Dass diese Symptomatik bei Patienten mit Verletzung des SAN sehr variabel ausgeprägt sein kann, aber auch vollkommen fehlen kann, weist auf die sehr variablen und in der Literatur durchaus kontrovers diskutierten Verbindungen zwischen N. accessorius und Plexus cervicalis, sowie die komplexe und interindividuell sehr verschiedene Innervation der verschiedenen Anteile des TM durch den N. accessorius und Äste des Plexus cervicalis hin [6, 10, 35, 36, 39, 62, 66, 69, 72, 78, 79].

Camp und Birch vermuten hinter den Schmerzen, assoziiert mit einer Verletzung des N. accessorius, aufgrund des Beginns und der ausgeprägten Symptomatik, eine neuropathische Genese, da der Schmerz auf konventionelle Schmerztherapie schlecht anspricht, jedoch nach der operativen Therapie mit Re-Anastomosierung oder Nerveninterponat mittels autologer Transplantation rasch verschwindet [9].

Selten kommt es zu einer Beeinträchtigung der Funktion des M. sternocleidomastoideus, da Verletzungen des N. accessorius meist erst im seitlichen Halsdreieck auftreten und seine Äste, welche den SCM innervieren, intakt bleiben [9, 13, 34, 37, 40, 48, 52, 58, 72, 81]. Gemäß der Funktion des SCM kommt es hierbei zu einem motorischen Defizit in der Rotation des Kopfes zur kontralateralen Seite, der Seitneigung des Kopfes zur ipsilateralen Seite und theoretisch bei bilateraler Schädigung des N. accessorius, zu einem Defizit der „Ventralneigung des Kopfes in der unteren Halswirbelsäule“ [40].

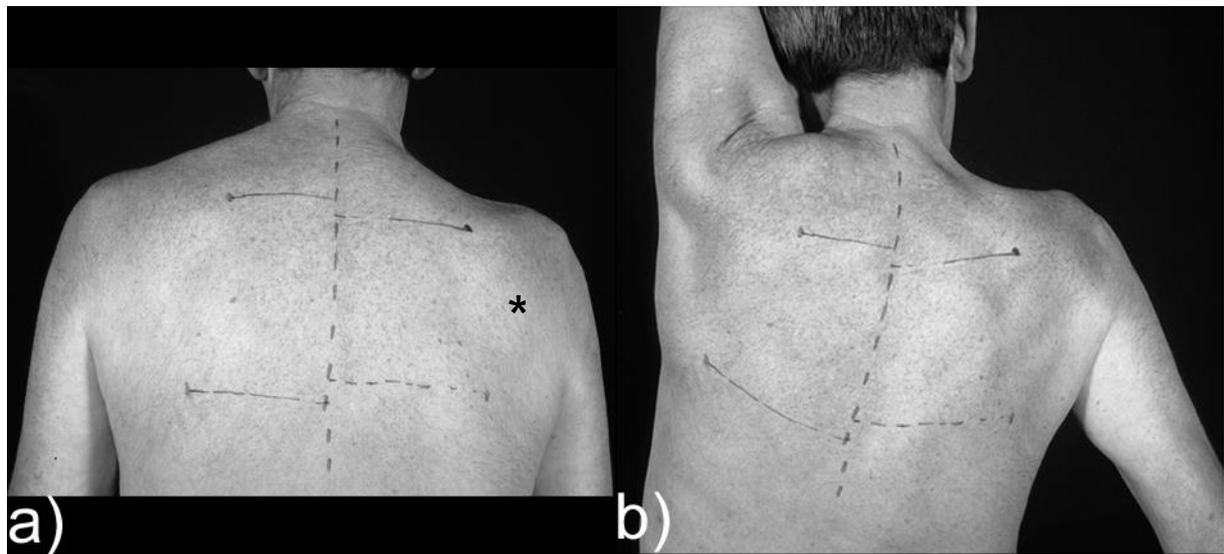
Bei der häufigeren, weiter peripheren Verletzung des SAN kommt es zu einem Defizit der Funktionen des M. trapezius, welche aber aufgrund der sehr variablen Mit-Innervation durch den Plexus cervicalis, Segmente C2-C4, und je nach Höhe der Läsion sehr unterschiedlich ausfallen kann [13, 36, 40, 69, 70, 72, 78, 79]. Straus und Howell bezeichnen den M. trapezius auch als den wichtigsten Muskel im Rücken-/Schulterbereich, weil er viele für das tägliche Leben wichtige Bewegungen ermöglicht [71].

Ein Ausfall der meist rein vom N. accessorius innervierten Pars descendens führt zu einer Instabilität der Schulter, da die passive Haltefunktion dieses Muskelanteils wegfällt. Des Weiteren wird die Beweglichkeit im Schultergelenk eingeschränkt, da die Pars descendens zusammen mit der Pars ascendens die Skapula rotiert und jeweils nach kranial bzw. kaudal zieht und damit die Fossa glenoidalis nach kranial bewegt, um eine volle Abduktion im Schultergelenk zu ermöglichen.

Ein motorisches Defizit der Pars transversa führt zu fehlender Adduktion und Fixation der Skapula am Brustkorb während der Rotationsbewegungen durch die Pars descendens und ascendens. Die Pars descendens wird dabei vom M. levator scapulae und die Pars ascendens vom M. serratus anterior unterstützt (Synergisten) [2, 37, 52, 60].

Durch die aufgehobene Antagonisierung des M. serratus anterior durch Teile des M. trapezius kommt es bei Verletzungen des N. accessorius mit Lähmung des M. trapezius meist zu einem der „Scapula alata“ ähnlichen Bild: der fehlende Zug der Pars transversa M. trapezii nach medial lässt die Skapula flügelartig nach latero-kaudal abstehen. Während bei der klassischen „Scapula alata“ durch Lähmung des M. serratus anterior (N. thoracicus longus) eine Medialstellung des Skapula zu beobachten ist (Zug der Pars transversa M. trapezii) und sich die Symptomatik bei Abduktion des Armes über 90° verstärkt, steht bei Lähmung des M. trapezius (N. accessorius) der Margo medialis vom Brustkorb ab und die

Symptomatik zeigt bei Armelevation über 90° eher eine Besserung (Abb. 1.9) [2, 9, 21, 52, 72].



**Abb. 1.9: Atrophie des TM und sog. *winging-Scapula* mit Absenkung und Lateralverschiebung (\*) bei SAN-Durchtrennung rechts: Position der Scapula in Ruhe (a) und bei maximaler Abduktion von 25° (b) aus [9]**

Im Rahmen der EndoCATS-Machbarkeitsstudie traten ausschließlich inkomplette und temporäre Irritationen des N. accessorius auf, die sich vorwiegend in einem Schweregefühl der Schulter sowie subjektivem Kraftverlust äußerten. Die Symptome verschwanden innerhalb der ersten drei postoperativen Monate und in der neurologischen Diagnostik konnten zu keiner Zeit Denervierungspotentiale der betroffenen Nerven nachgewiesen werden [65, 66].

### 1.3.3 Diagnosestellung der N. accessorius-Verletzung

Camp und Birch stellten 2011 fest, dass es bis zur korrekten Stellung der Diagnose einer Verletzung des N. accessorius meist zu einer nicht akzeptablen Verzögerung kommt [9].

Die mittlere Zeit bis zur korrekten Diagnose betrug in ihrer Arbeit 384,9 Tage für die iatrogen verursachten Nervenverletzungen gegenüber 167,5 Tagen für die wenigen Nervenverletzungen durch Unfälle. In nur 14/111 Fällen wurde die korrekte Diagnose durch den verursachenden Arzt gestellt, in 59/111 durch einen Orthopäden, in 25/111 von einem Neurologen und in den restlichen Fällen durch andere Fachdisziplinen [9]. Lanz und Wachsmuth sowie Braybrooke et al. geben an, dass eine Verletzung des N. accessorius gerade im Frühstadium schwer zu erkennen ist [7, 40]. Die Funktionen der innervierten

Muskulatur werden von einer Reihe von Synergisten übernommen (Tab. 1.1), die Symptome sind relativ unspezifisch und die physischen Zeichen der Muskelatrophie noch nicht ausgeprägt [7]. Schließlich ist, wie bereits beschrieben, die Lähmung des M. trapezius bei Verletzung des SAN sehr variabel, die Muskelfunktion kann dennoch vollkommen intakt sein [69].

### Synergisten

<i>Synergisten SCM</i>	<p><b>Lateralflexion der Halswirbelsäule/des Kopfes:</b></p> <p>M. scaleni anterior, medius et posterior, M. semispinalis capitis et cervicis, Mm. longissimi cervicis et capitis, M. iliocostalis cervicis, Mm. splenii cervicis et capitis, Mm. intertransversarii, M. obliquus capitis superior, Mm. recti capitis anterior et lateralis, M. levator scapulae</p> <hr/> <p><b>Rotation des Kopfes zur Gegenseite:</b></p> <p>Kontralateraler M. longissimus cervicis, kontralateraler M. iliocostalis cervicis, kontralaterale Mm. multifidi cervicis, kontralaterale Mm. splenii cervicis et capitis, kontralateraler M. rectus capitis posterior major, kontralateraler M. obliquus capitis inferior</p> <hr/> <p><b>Extension der kranialen HWS mit Kopfgelenken (beidseits; kraniale Anteile des SCM):</b></p> <p>Mm. spinales cervicis, M. semispinalis capitis et cervicis, Mm. longissimi cervicis et capitis, M. iliocostalis cervicis, M. splenius capitis</p>
<i>Synergisten TM</i>	<p><b>Zug der Scapula nach medial (partes ascendens, transversa und descendens):</b></p> <p>Mm. rhomboidei minor et major</p> <hr/> <p><b>Zug der Scapula nach kranial (pars descendens)</b></p> <p>M. levator scapulae, Mm. rhomboidei minor et major, M. serratus anterior (pars superior)</p> <hr/> <p><b>Zug der Scapula nach kaudal (pars ascendens)</b></p> <p>M. serratus anterior (pars inferior), M. pectoralis minor</p> <hr/> <p><b>Scapularotation, Margo lateralis und Cavitas glenoidalis nach kranial (partes ascendens und descendens):</b></p> <p>M. levator scapulae, M. serratus anterior</p>

**Tab. 1.1: Synergisten der vom SAN innervierten Muskulatur [2, 40, 60]**

Allerdings sollten einen diese Symptome gerade bei Patienten mit einem Eingriff im seitlichen Halsdreieck in der Anamnese an eine solche Läsion denken lassen.

Hier haben die klinisch-neurologische Untersuchung und der Funktionstest der betroffenen Muskulatur mit einer entsprechenden Funktionseinschränkung des M.

sternocleidomastoideus bzw. M. trapezius mit seinen unterschiedlichen Anteilen ihren festen Platz. In der Inspektion des Patienten fällt im Verlauf zumeist eine Atrophie der betroffenen Muskulatur, eine Hypertrophie der Synergisten (Tab. 1.1) und somit auch eine Asymmetrie der Körperkontur auf. Des Weiteren kann es wie bereits beschrieben zu einem der „Scapula alata“ ähnlichen klinischen Bild kommen. Die Funktionsprüfung der Mm. sternocleidomastoideus und vor allem trapezius kann trotz der Variabilität der möglichen Befunde einen entscheidenden Hinweis bezüglich der Verletzung des N. accessorius geben. Nächster Schritt zu einer korrekten Diagnose des Nervenschadens wäre eine elektroneurographische Untersuchung. Hier sind die Befunde eine verlängerte Latenz und verringerte Amplitude der Reizantwort. Ergänzen kann man diese diagnostischen Schritte durch ein Elektromyogramm. In diesem finden sich bei einer Verletzung des Nerven Denervierungspotentiale, evtl. verbunden mit einer inkompletten Rekrutierung der Muskelfasern bei willkürlicher Innervation des Muskels. Hilfreich bei all diesen klinisch-technischen Untersuchungen kann der direkte Seitenvergleich mit der gesunden Körperseite sein. [7, 9, 58, 86]

Eine Zusammenfassung der möglichen Diagnostik und der wichtigsten Befunde bei Verletzung des N. accessorius gibt Tab. 1.2.

#### Untersuchungsmethoden und -befunde

Klinische Untersuchung	Muskelfunktionen	ENG	EMG
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asymmetrie des Halses/im Schulterbereich</li> <li>- Zeichen der „Scapula alata“</li> <li>- Atrophie SCM und/oder TM</li> <li>- Hypertrophie der Synergisten</li> </ul>	SCM: Kopfdrehung, Kopfnicken, Kopfeigung zur Seite  TM: Abduktionsdefizit, Herunterhängen der Schulter	Verlängerte Latenz  Verringerte Amplitude	Denervierungspotentiale, Inkomplette Rekrutierung bei willkürlicher Innervation

**Tab. 1.2: Übersicht über Untersuchungsmethoden und mögliche Untersuchungsbefunde bei SAN-Verletzung [9, 33, 34, 40, 50, 58, 72, 75, 81, 86]**

#### 1.3.4 Prognose der N. accessorius-Verletzung

Die Prognose der SAN-Verletzung ist uneinheitlich.

Die spontane Regeneration des Nerven wurde nach neuralgischer Schulteramyotrophie oder bei SAN-Läsionen unklarer Genese beobachtet, iatrogen bedingten Verletzungen folgt

meistens eine nur inkomplette Wiederherstellung der Funktion [7]. Diese uneinheitliche Prognose ist wahrscheinlich genauso wie die verschiedenen schwere klinische Ausprägung einer Läsion des SAN eine Folge der variablen Innervation des M. trapezius mit großen interindividuellen Unterschieden.

### 1.3.5 Therapieoptionen bei N. accessorius-Verletzung

Aufgrund der eher schlechten Prognose einer iatrogenen Verletzung des N. accessorius spielen mögliche Therapieoptionen eine wichtige Rolle.

Die Therapie inkompletter Verletzungen kann aus adäquater Beübung der entsprechenden Schulter mit Physiotherapie bestehen, um eine komplette Ruhigstellung zu vermeiden, welche in einem sogenannten „frozen shoulder syndrome“ enden würde.

Für den Fall einer meist im ENG/EMG nachgewiesenen kompletten Läsion des SAN sollte die operative Revision des seitlichen Halsdreieckes erfolgen und der Nerv an der Stelle seiner Verletzung aufgesucht werden. Bei ausgeprägtem Narbengewebe und hierdurch einem sogenannten „entrapment“ des Nerven, also einem Funktionsverlust durch Kompression und Ischämie, kann eine Neurolyse ausreichend sein. Bei Kontinuitätsunterbrechung sind eine Reanastomosierung des durchtrennten Nerven, ein Nerventransfer von Ästen des Plexus brachialis auf den M. trapezius, bzw. den erhaltenen distalen Stumpf des N. accessorius, oder eine Überbrückung der fehlenden Strecke mit einem autologen Nerventransplantat Methoden der Wahl [7, 9, 46, 86]. Dies kann beispielsweise mit einem motorischen Interponat aus dem Plexus brachialis oder dem N. obturatorius geschehen [46]. Dabei wird der Zeitpunkt zur operativen Intervention kontrovers diskutiert [7]. Die Ergebnisse der operativen Intervention sind meist gut [7, 9, 46]. Camp und Birch zeigten mit ihrer Arbeit über insgesamt 111 Fälle einer Läsion des SAN, dass die Ergebnisse nicht vom Zeitpunkt der Intervention abhängig waren und in 79% gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt werden konnten [9].

### 1.4 Methoden zur Auffindung des N. accessorius

Grundlage für die sichere Schonung des N. accessorius vor einer akzidentellen Verletzung bei jeglicher Art von Eingriffen mit einem Gefährdungspotential ist eine passende Methode, um seinen Verlauf prä- oder intraoperativ mit hinreichender Genauigkeit abschätzen zu können.

Solide Grundkenntnisse in der topographischen Anatomie des N. accessorius, vor allem bei der Querung des M. sternocleidomastoideus und über seinen Verlauf im seitlichen Halsdreieck, sind daher für jeden operativen Eingriff in diesem Bereich wichtig [13, 19, 24, 28, 37, 72]. Weiterhin ist zur Vermeidung einer akzidentellen Verletzung des Nerven hilfreich,

für den Patienten individuell den Verlauf des N. accessorius und seinen Bezug zum Operationsgebiet präoperativ bestimmen zu können.

Ein Lösungsansatz für die N.-accessorius-Problematik bei der EndoCATS-Operation ist es, den Nerven präoperativ mittels Hochfrequenzsonographie aufzusuchen und seinen Verlauf zu markieren. Nach eigener Erfahrung erschien die Methode zu unsicher, um eine zuverlässige Schonung des Nerven während der Operation zu garantieren.

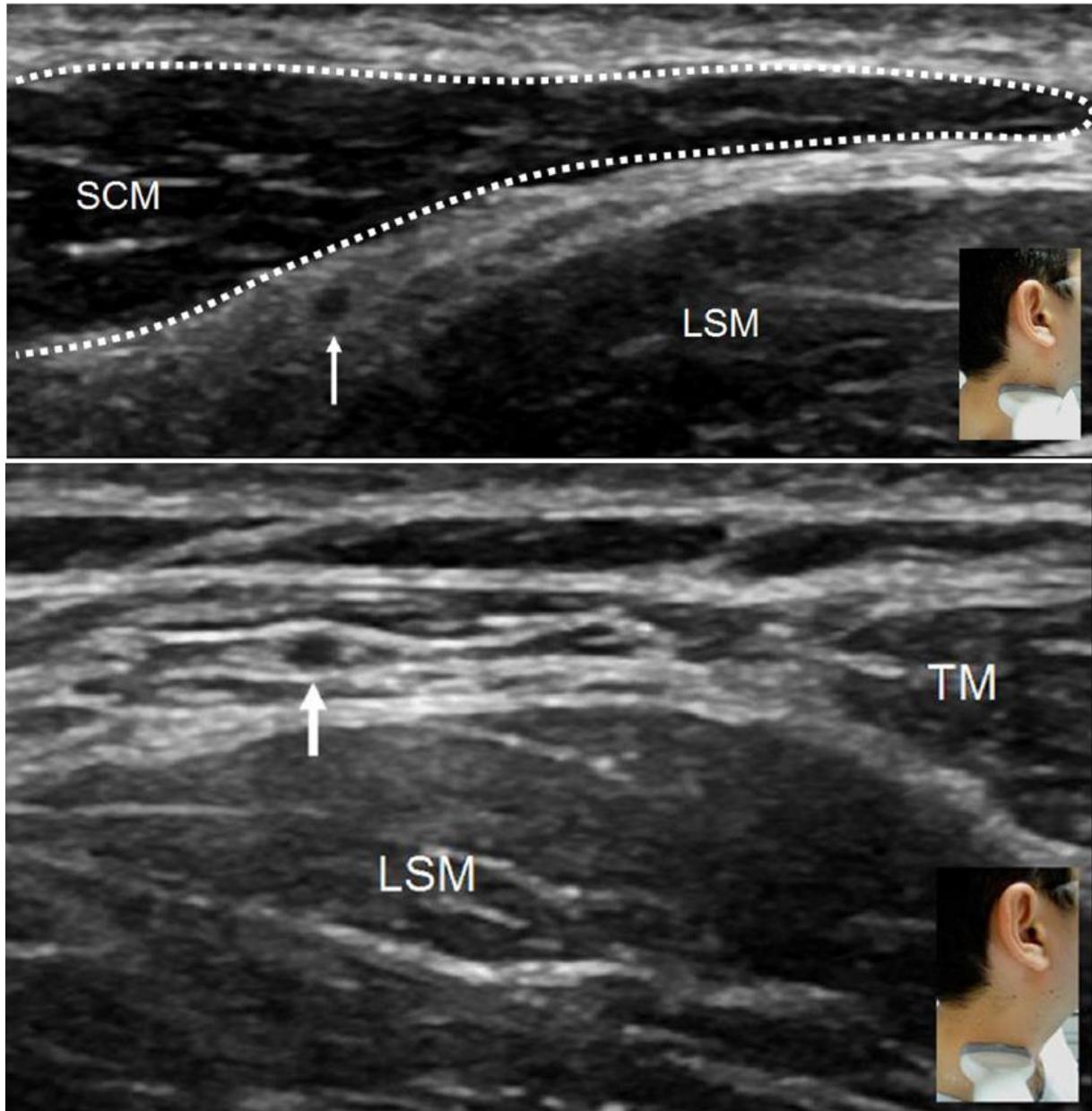
Deshalb wurde in der Machbarkeitsstudie zu EndoCATS an 30 Hemithyroidektomien dazu übergegangen den N. accessorius intraoperativ mittels Neuronavigation nach Schardey und Schopf aufzusuchen und somit aufgrund der Kenntnis seiner Lage schonen zu können. Hierbei handelt es sich um die wiederholte intraoperative Stimulation entlang des Operationsweges medial des M. sternocleidomastoideus mit optischer Kontrolle des M. trapezius. Damit kann der N. accessorius, sofern er in enger Beziehung zum Operationsweg steht, sicher lokalisiert werden. Bei anhaltend negativem optischem Kontrollbefund kann andererseits ausgeschlossen werden, dass der N. accessorius das Operationsgebiet kreuzt. Eine Lösung des Problems ist hiermit aber nicht erreicht, denn trotz seiner sicheren Identifikation während einiger EndoCATS-Operationen traten temporäre Irritationen des N. accessorius auf. Diese Komplikation konnte nicht in Kauf genommen werden, da auch nicht auszuschließen war, dass es einmal zu einer kompletten Verletzung des Nerven kommen könnte.

2011 beschrieben Canella et al. zum ersten Mal die zuverlässige Darstellung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck an sieben Leichen und 15 Freiwilligen mittels Sonographie (Abb. 1.10) [10]. Kurz darauf berichteten Mirjalili et al. über ihre Versuche den N. accessorius mittels Ultraschall an 50 Freiwilligen aufzufinden, den Verlauf durch das seitliche Halsdreieck zu verfolgen und seine Beziehung zu bekannten anatomischen Fixpunkten und den oberflächlichen Lymphknoten anzugeben [48]. Auch sie postulieren, dass man den N. accessorius mittels Ultraschall einfach und verlässlich auffinden kann.

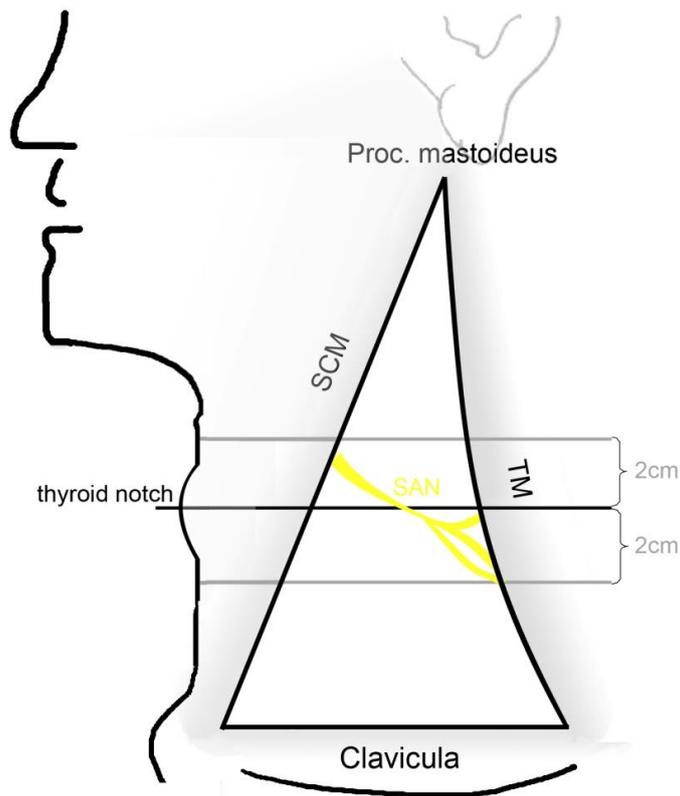
Als weiterer Lösungsansatz erschien die Vorhersage des Verlaufs des N. accessorius anhand anatomischer Orientierungspunkte. In der Literatur sind hierfür bereits einige Methoden beschrieben, um die Lage bzw., topographisch gesehen, den Verlauf des N. accessorius präoperativ oder intraoperativ anhand von anatomischen Landmarken, das heißt leicht auffindbaren Orientierungspunkten im Operationsgebiet oder im Bereich des seitlichen Halsdreiecks, wie beispielsweise tastbaren Knochenpunkten, zu finden und somit das Verletzungsrisiko für den Nerven zu minimieren.

King und Motta beschreiben eine Methode, bei der anhand einer horizontalen Hilfslinie von der Prominentia laryngea über den Hals zwei wichtige Punkte des N. accessorius aufgefunden werden können: der Punkt an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus,

an dem der N. accessorius in das seitliche Halsdreieck eintritt (er liegt 2 cm über der Hilfslinie) und der Punkt, an dem der N. accessorius den M. trapezius erreicht (er liegt 2 cm unter dieser Hilfslinie) (Abb. 1.11). Ausgehend von den beiden Punkten, kann durch die gerade Verbindung ungefähr der Verlauf des Nervs durch das seitliche Halsdreieck vorhergesagt werden [37].



**Abbildung 1.10: Hochfrequenzsonographie des SAN (Pfeil) a) unter dem SCM und b) auf dem M. levator scapulae im seitlichen Halsdreieck aus [10]**



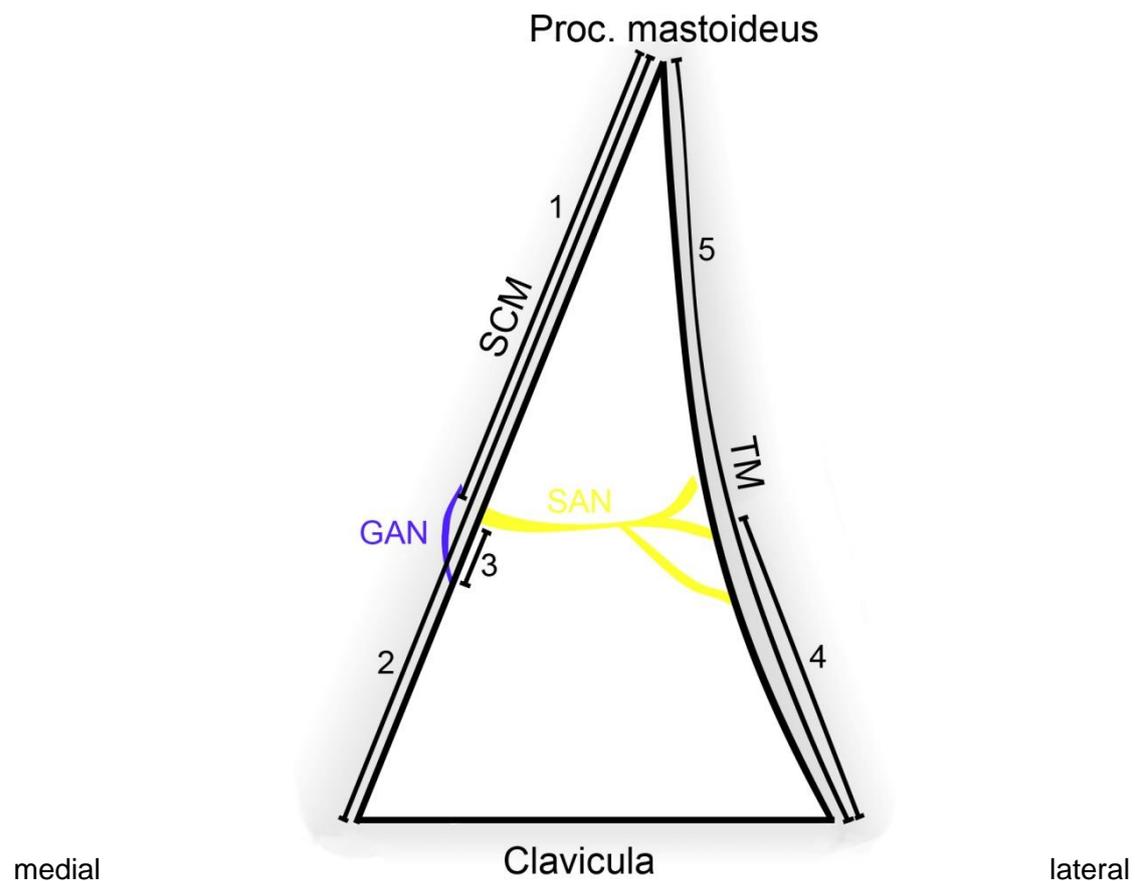
**Abbildung 1.11 Methode zur Auffindung des SAN im seitlichen Halsdreieck modifiziert nach [37]**

Fischer benutzt die Nadelstich- („pinprick“)-Hyperästhesie, um den Verlauf des N. accessorius zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius zu finden. Mit 20/22G Subkutan-Injektionskanülen wird in einer Art Raster oberflächlich in die Haut eingestochen, die Punkte, an denen die Intensität des Schmerzreizes am größten war werden markiert und am Ende miteinander verbunden. Somit erhält man den vermutlichen Verlauf des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck [21].

Bei offenen Operationen am Hals, wie z.B. der Lymphknotendisektion, kann man den Abstand des Punktes, an dem der N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus in das seitliche Halsdreieck eintritt, zum Abstand des Punktes, an dem der N. auricularis an der Hinterkante des Muskels hervorkommt, benutzen, um den N. accessorius aufzufinden. Dabei ist der N. auricularis magnus ein verlässlicher Parameter, da er leicht auf dem M. sternocleidomastoideus zu identifizieren ist und der N. accessorius in sehr kurzer Entfernung oberhalb des N. auricularis magnus in das seitliche Halsdreieck eintritt [28, 62, 70, 72]. Zusätzlich wird das Verhältnis der Strecken, Unterkante des

Processus mastoideus bis N. accessorius zu der Gesamtlänge der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus als Parameter verwendet, welches etwa  $0,36 \pm 0,08$  beträgt [72].

Ein weiterer Anhaltspunkt bei Operationen im seitlichen Halsdreieck ist die Strecke zwischen Clavicula und dem Punkt, an dem der N. accessorius unter die Vorderkante des M. trapezius eintritt, bzw. das Verhältnis dieser Strecke zu der Gesamtlänge der Vorderkante des M. trapezius (Abb. 1.12) [24, 28, 62, 72].



**Abbildung 1.12 Methoden zur Auffindung des SAN im seitlichen Halsdreieck:**

- 1 Abstand Proc. mastoideus zum Austrittspunkt des SAN (dMA)
- $1/2$  Verhältnis Distanz 1 zur Gesamtlänge der Hinterkante des SCM
- 3 Abstand des Austrittspunktes des N. auricularis magnus zum Austrittspunkt des SAN
- 4 Abstand des Eintrittspunktes des SAN unter dem TM
- $4/5$  Verhältnis Distanz 4 zur Gesamtlänge der Vorderkante des TM

**modifiziert nach [62, 72]**

Die Methode von King und Motta kann nur einen ungefähren Anhaltspunkt für den Verlauf des N. accessorius liefern und die Methode von Fischer wird als ungenau beschrieben [21, 62]. Zudem ist sie sehr aufwändig und weiter ungeklärt, ob der N. accessorius in seinen somatoafferenten Anteilen auch Schmerzempfindungen oder nur propriozeptive Informationen aus den Muskelspindeln verarbeiten kann und nicht fälschlicherweise Äste des Plexus cervicalis mit dieser Methode lokalisiert werden [13, 36, 42, 52, 69, 70, 72, 78, 79].

Mirjalili et al. stellten fest, dass es trotz vielfältiger Methoden zur präoperativen Auffindung des Verlaufs des N. accessorius häufig zu Verletzungen des Nerven kommt und vermuteten, dass anatomische Landmarken für die Vorhersage seines Verlaufes ungeeignet sind, da der Verlauf des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck zu variabel ist [48].

Schließlich lässt sich der Verlauf des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck aufgrund seines oberflächlichen Verlaufes bis zur Hinterkante des M. sternocleidomastoideus durch perkutane Elektrostimulation und Ableitung eines M. trapezius-EMG auffinden [33, 56, 58, 75]. Diese Methode wurde, obwohl sie recht genaue Ergebnisse liefern würde, verworfen, da hierbei Erfahrung und spezielle Ausrüstung, sowie ein hoher Zeit- und Personalaufwand notwendig sind.

Insgesamt erwiesen sich die beschriebenen Methoden als zu ungenau (King und Motta, Fischer) als zu aufwendig (N.-accessorius-ENG, Nadelstich-Hyperästhesie nach Fischer), unzureichend validiert (Sonographie, Nadelstichhyperästhesie nach Fischer) oder aber vom Ansatz her in Bezug auf den retroauriculären Zugang als ungeeignet (enge anatomische Beziehung zum N. auricularis magnus), um in dem speziellen Fall der EndoCATS-Operationsmethode nach Schardey und Schopf den Verlauf des N. accessorius präoperativ angeben zu können.

Neben diesen Ansätzen, um den Verlauf präoperativ bestimmen zu können, kann man auch intraoperativ versuchen, den N. accessorius durch aufwändige Präparation zu medialisieren und den M. sternocleidomastoideus zu lateralisieren, um den Nerven während der Operation zu schonen und ihn keiner Zugspannung auszusetzen. Jedoch ist der Nerv damit trotzdem einer Druckbelastung ausgesetzt, muss erst aufgefunden und aufwändig präpariert werden. Somit ist eine Verletzung des N. accessorius nicht sicher vermeidbar.

### 1.5 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, die Anatomie des N. accessorius im Hinblick auf den Operationsweg bei EndoCATS zu untersuchen, vor allem an seiner Kreuzung mit dem M. sternocleidomastoideus als Leitstruktur bei der Operation bis zu seinem Eintritt ins seitliche Halsdreieck.

Die Anatomie soll systematisch erfasst und Messungen ausgehend von anatomischen Orientierungspunkten durchgeführt werden. Damit soll geprüft werden, welche Rolle die Lagebeziehung des N. accessorius zum Operationsweg für EndoCATS spielt, ob eine präoperative Vorhersage des N. accessorius bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus – beispielsweise anhand anatomischer Orientierungspunkte – möglich und sinnvoll erscheint und ob es unter dem M. sternocleidomastoideus einen sicheren Weg zur Schilddrüse für EndoCATS geben kann.

## 2 Anatomische Präparate und Methodik

Ein erster wichtiger Schritt ist die Auswahl des geeigneten Modells für die anatomischen Untersuchungen.

Am praktikabelsten erschien hier die systematische Untersuchung an Formalin-fixierten Leichen in der Anatomischen Anstalt der LMU München, zu dieser Zeit unter der kommissarischen Leitung von Herrn Prof. Dr. med. L. J. Wurzinger. Aufgrund der Verfügbarkeit einer großen Anzahl von Präparaten wurden die folgenden Untersuchungen im Rahmen des Präparierkurses für Studenten der Humanmedizin vorgenommen, wobei die parallele Präparation mit den Studenten nicht nur Vorteile bietet, da manche Halsregionen nach studentischer Präparation für eine systematische Untersuchung nicht mehr geeignet waren und um den Fortgang des Kurses nicht zu stören, nur ein enges Zeitfenster für die Untersuchungen blieb.

Der für diese Arbeit zur Datenerfassung nötige Umgang mit den Leichen der Präparierkurse 2008/09 und 2009/10 wurde von der Anatomischen Anstalt, unter der kommissarischen Leitung von Herrn Prof. Dr. med. L. J. Wurzinger, genehmigt. Ethische Bedenken zur Arbeit an den für anatomische Zwecke Formalin-fixierten Leichen gab es nicht, handelt es sich bei diesen Leichen um Menschen, die sich zu Lebzeiten freiwillig nach den dafür geltenden Regeln der Anatomischen Anstalt der LMU München dazu entschlossen haben, ihren Körper nach einem natürlichen Tod in der Anatomischen Anstalt der LMU München der Wissenschaft und der Ausbildung junger Mediziner zur Verfügung zu stellen.

### 2.1. Anatomische Präparate

Im Rahmen des studentischen Präparierkurses der Anatomischen Anstalt der LMU München wurden systematische Untersuchungen an insgesamt 53 Formalin-fixierten Leichen durchgeführt.

Dabei wurden 21 Untersuchungen an 21 Leichen im Kurs des WS 2008/09 und weitere 40 Untersuchungen an 32 Leichen im Kurs des WS 2009/10 durchgeführt. In acht Fällen konnte sowohl die linke, wie auch die rechte Körperseite vermessen und systematisch untersucht werden, in den restlichen 45 Fällen wurde jeweils nur eine Körperseite (links oder rechts) betrachtet.

Die Auswahl der Halsregionen, die zur Vermessung und systematischen Untersuchung verwendet wurden, erfolgte nach Qualität der fixierten Leichen, Qualität sowie Fortschritt der Präparation und damit zweifelsfreier Darstellbarkeit und sicherer Identifizierung des N. accessorius (SAN).

Einen Überblick über die in der Anatomischen Anstalt München erhobenen und hier erfassten allgemeinen Angaben der Leichen (Körpergröße, Körpergewicht, daraus berechnet die Körperoberfläche und Alter) gibt Tab. 2.1. 35 der Leichen waren weiblichen und 18 der Leichen waren männlichen Geschlechts. Weitere Angaben zu den Leichen und eine Aufstellung über die jeweils erhobenen Messwerte finden sich im Anhang.

<b>Statistiken</b>				
	Körpergröße in cm	Körpergewicht in kg	KOF in m <sup>2</sup>	Alter in Jahren
N	53	53	53	53
Mittelwert	163,8	60,0	1,6	82,0
Standardabweichung	9,8	16,8	0,25	12,2
Spannweite	41	70	1,0	54
Minimum	142	26	1,1	44
Maximum	183	96	2,1	98

**Tab. 2.1: Überblick Leichenparameter**

## 2.2. Methodik

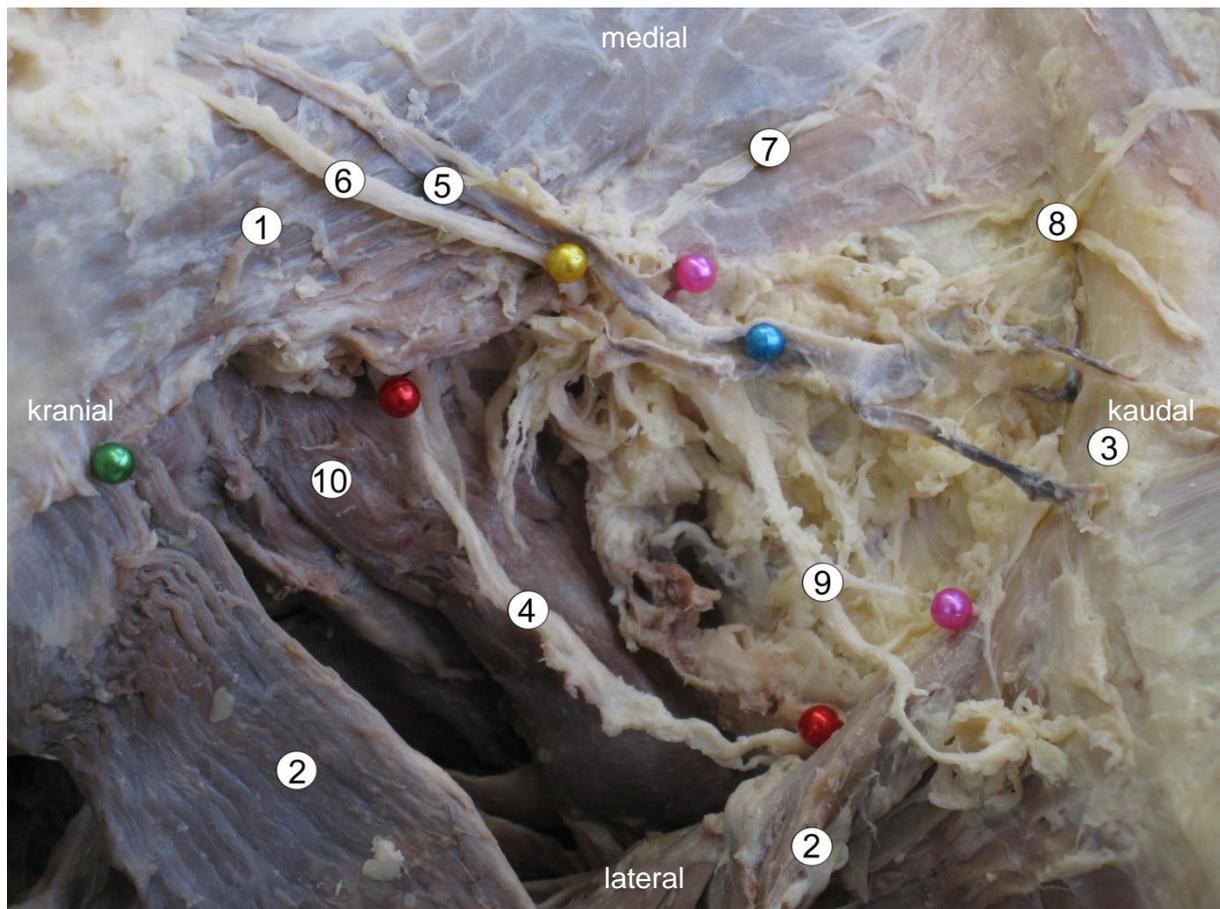
Nötig für die präoperative Vorhersagbarkeit des SAN sind anatomische Fixpunkte, die auch am Patienten getastet und markiert werden können.

Wir verwendeten dabei die Unterkante des Processus mastoideus (Tip of mastoid bone=TMB) und die Incisura jugularis Sterni (IJS).

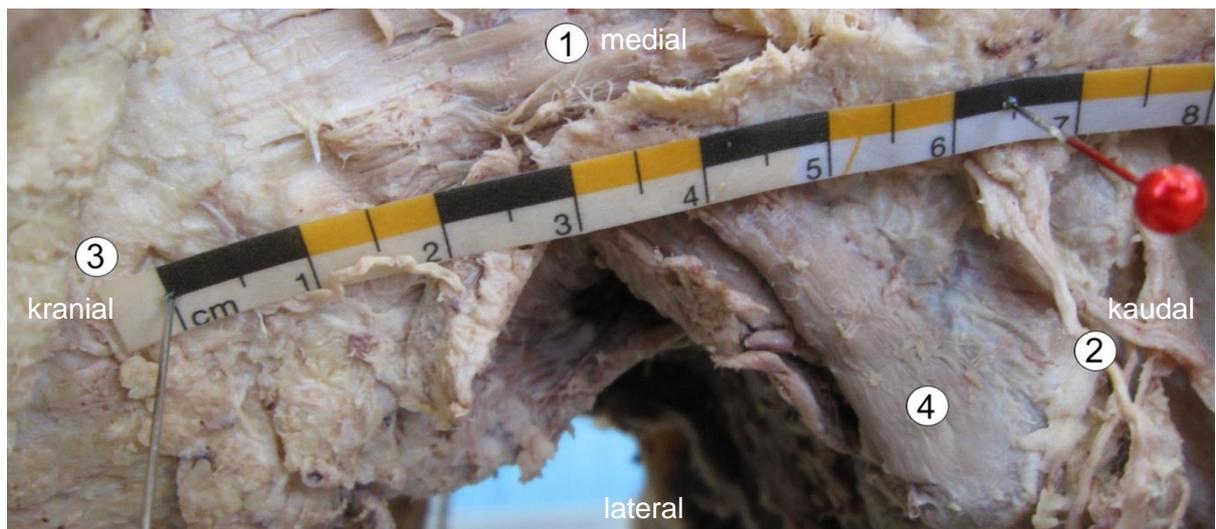
Neben TMB und IJS wurden zur besseren Orientierung weitere anatomische Leitstrukturen aufgesucht: das Punctum nervosum und die Äste des Plexus cervicalis, der M. trapezius, der M. sternocleidomastoideus, der Verlauf des N accessorius vom Austrittspunkt an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus durch das seitliche Halsdreieck (Abb. 2.1).

Zur Messung wurde eine flexible Papiermessskala verwendet, anhand der es möglich war die entsprechenden Strecken in 1 mm- bzw. 2,5 mm-Schritten zu vermessen. Diese Messskala wurde mit farbigen Stecknadeln fixiert; auch die oben genannten anatomisch relevanten Fixpunkte wurden mithilfe der farbigen Stecknadeln in den betrachteten Halsregionen zur besseren Übersicht markiert (Abb. 2.2).

Die Dokumentation aller gemessenen Werte und weiterer relevanter Beobachtungen erfolgte mithilfe eines dafür entworfenen Dokumentationsbogens, der aufgrund der Ausdehnung der Beobachtungen für die Messserie im WS 2009/10 weiter ergänzt wurde (Abb. 2.3).



**Abb. 2.1: seitliches Halsdreieck Fotodokumentation Präparat 43/08 rechts mit: 1 SCM, 2 TM, 3 Clavicula, 4 SAN, 5 V. jugularis externa, 6 N. auricularis magnus, 7 N. transversus colli, 8 Nn. supraclaviculares, 9 Ast des Plexus cervicalis zum TM, 10 M. levator scapulae**



**Abbildung 2.2: Beispiel der Messskala mit Befestigung an der Hinterkante des SCM 16/08 rechts mit: 1 SCM, 2 SAN, 3 TMB, 4 M. levator scapulae**

### 2.2.1 Präparation

Die Präparation im Kursus der makroskopischen Anatomie folgte den im Präparierskript zum Kursus der makroskopischen Anatomie im WS 2009/2010 der anatomischen Anstalt München [85] vorher festgelegten Präparationsschritten.

Zu Beginn wurde von dorsal nach den Hautschnitten und der Präparation der Haut nach lateral die Faszie des M. trapezius unter Schonung von Ursprung und Ansatz dargestellt und die oberflächlichen Hautnerven aufgesucht. Danach wurde die Faszie des M. trapezius entfernt, der Muskel im weiteren Kursverlauf von den Dornfortsätzen scharf abgetrennt und an seiner Unterseite der N. accessorius aufgesucht und dieser stumpf nach kranial in Richtung laterales Halsdreieck verfolgt. Danach wurde der M. levator scapulae von dorsal dargestellt und seine Faszie entfernt. In der Präparation von ventral wurde nach Hautschnitt und Präparation der Haut nach lateral entlang der Mandibula bis zum Mastoid bzw. entlang der Clavicula bis zum Acromion, die Vorderkante des M. trapezius aufgesucht, sein Ursprung dargestellt und das Platysma mobilisiert. Die Fascia cervicalis, Lamina superficialis wurde dabei idealerweise geschont.

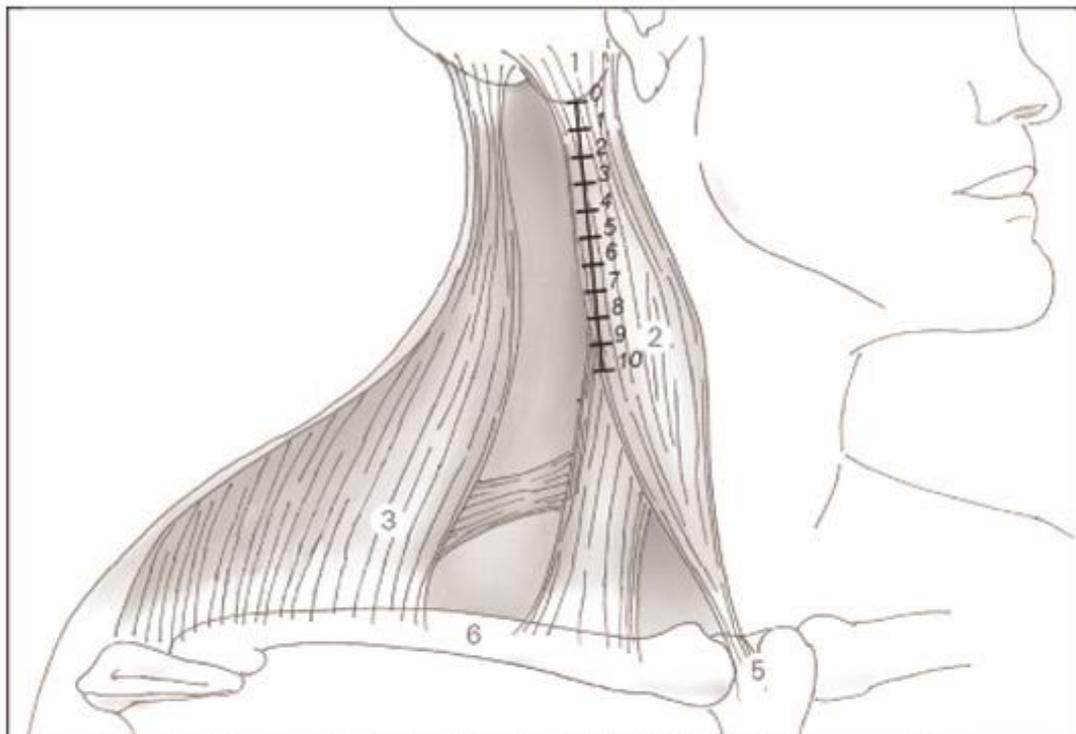
Entlang der Äste des Plexus cervicalis im seitlichen Halsdreieck konnte die „Area nervosa“ im Idealfall mit den Nn. transversus colli, supraclaviculares, auricularis magnus und occipitalis minor an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus aufgesucht werden. Im nächsten Schritt wurde die Fascia cervicalis, Lamina superficialis über der V. jugularis externa unter Schonung des N. occipitalis minor gespalten, die Vene dargestellt und daraufhin die oberflächliche Halsfaszie bis zum Vorderrand des M. trapezius entfernt. Im Anschluss daran konnte der M. levator scapulae auch von ventral/lateral dargestellt und der N. accessorius im seitlichen Halsdreieck im Fett- und Bindegewebe oberhalb der Fascia cervicalis, Lamina praevertebralis, aufgesucht und bis zu seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus verfolgt werden.

In diesem Stadium der Präparation im Kursverlauf konnte mit der selbstständigen Nachpräparation vor allem des Ursprungs des M. sternocleidomastoideus sowie seiner Hinterkante und anschließend Vermessung der Verhältnisse im seitlichen Halsdreieck begonnen werden. Allerdings waren an manchen Leichen je nach Qualität der Präparation wichtige Leitstrukturen, der N. accessorius und gerade die Äste des Plexus cervicalis nicht mehr auffindbar; diese Querverbindungen mit dem N. accessorius wurden deswegen und aus mangelnder Relevanz für EndoCATS generell nicht weiter untersucht. Es wurden nur Präparate ausgewählt, an denen die wichtigsten Strukturen, wie der M. sternocleidomastoideus, der N. auricularis magnus, der N. occipitalis minor, die Innervation des M. trapezius und vor allem der N. accessorius eindeutig identifiziert werden konnten.

Pröp-Nr: \_\_\_\_\_ Körpergewicht: \_\_\_\_\_ kg  
 Register-Nr: \_\_\_\_/\_\_\_\_ Körpergröße: \_\_\_\_\_ m  
 Alter: \_\_\_\_\_ Jahre KOF: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 Geschlecht:  weiblich  männlich BMI: \_\_\_\_\_ kg/m<sup>2</sup>  
 Körperseite:  links  rechts

**Besonderheiten:**

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten: 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: \_\_\_\_\_ mm  
 dAJ: \_\_\_\_\_ mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

Ja  Nein

**geschlängeltem Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

Ja  Nein

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

SAN unter dem SCM  SAN durch den SCM

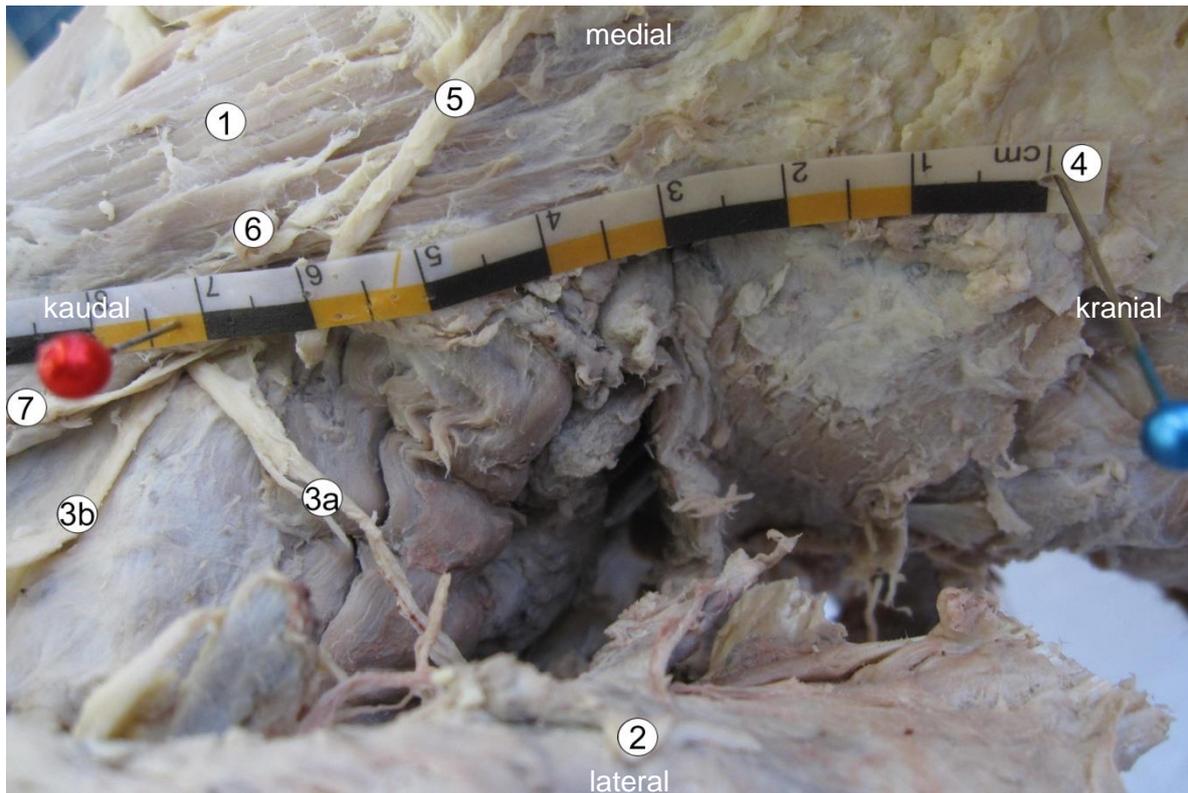
Abbildung 2.3: Dokumentationsbogen WS2009/10 (rechte Körperseite)

Je nach Qualität der Präparate konnten einzelne Messungen oder Beobachtungen in Einzelfällen nicht vorgenommen werden, deswegen kann die angegebene Zahl der Messungen/Beobachtungen von der Gesamtzahl der insgesamt betrachteten Präparate abweichen. Im Anschluss an die Vermessung wurde im weiteren Kursverlauf der sternale Kopf des M. sternocleidomastoideus abgetrennt, die Clavicula in der *Articulatio sternoclavicularis* exartikuliert und medial des Ansatzes des M. trapezius durchtrennt. Dies ermöglichte es an den Präparaten das Verhältnis des N. accessorius zu dem Muskel näher zu betrachten [85]

### 2.2.2. Messung Strecke dMA

Der Abstand des N. accessorius vom Processus mastoideus entlang der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus (dMA) bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck wurde verwendet, weil der Operationsweg von EndoCATS anfangs der Unterseite des SCM folgt und es sich damit am besten eignet die Gefährdung des N. accessorius in diesem Zusammenhang zu untersuchen. In der Literatur sind hierzu schon ähnliche Messungen beschrieben, mit denen unsere Werte verglichen werden können. Die Strecke dMA konnte in 61 Fällen gemessen werden. (Abb. 2.4).

Darüber hinaus kann die Mastoidunterkante auch am lebenden Patienten getastet werden und so anhand der Messwerte ein Intervall angegeben werden, in dem der Nerv mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit bei einem Patienten gefunden werden kann, um ihn intraoperativ entweder besser finden oder besser schonen zu können. Da für EndoCATS vor allem relevant ist, ab welcher Entfernung von der Mastoidunterkante entlang der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus nach kaudal mit dem N. accessorius gerechnet werden muss, wird das 95% Konfidenzintervall entsprechend gewählt, so dass es nicht symmetrisch um den Mittelwert liegt, sondern erst nach den ersten 5% an Messwerten beginnt (Abb. 2.4).



**Abbildung 2.4: Messung dMA Präparat 49/08 links mit 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, der sich unter dem SCM aufteilt (a zur Pars descendens, b zur Pars transversa), 4 TMB, 5 N. auricularis magnus, 6 Rest des N. occipitalis minor, 7 N. transversus colli**

### 2.2.3. Messung Strecke dAJ

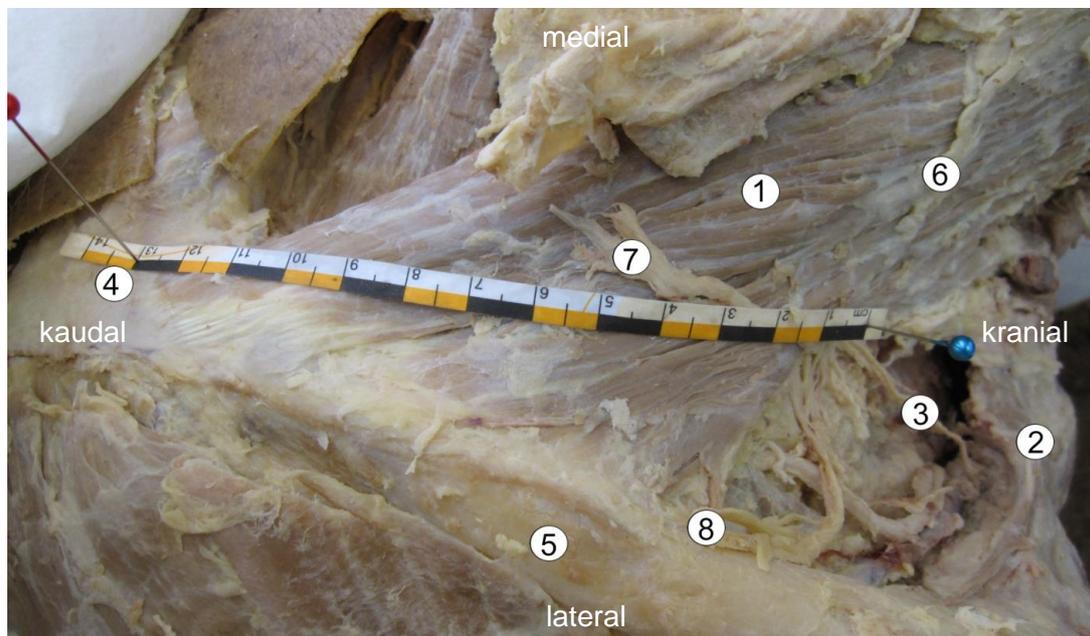
Als weiterer und erstmals in dieser Form dokumentierter Parameter wurde die Entfernung des Eintrittspunktes des N. accessorius in das seitliche Halsdreieck an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus zur Incisura Jugularis Sterni gemessen (dAJ). Dies erfolgte von der Medianlinie als direkte, der Oberfläche folgende Verbindung dieser beiden Punkte quer über den M. sternocleidomastoideus ausschließlich im Kurs des WS2009/10 in 40 Fällen an 32 Leichen.

Wiederum ist für den EndoCATS-Operationsweg relevanter, ab welcher Entfernung zum Jugulum mindestens 95% der Messwerte zu finden sind, die in größerer Entfernung zum Mastoid liegen als die verbleibenden 5%. Da bei dAJ von der Incisura Jugularis Sterni ausgehend die Entfernung zum N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus gemessen wird, handelt es sich bei den 5% um die größten Messwerte und bei den 95% um den 95%-Anteil der kleineren Messwerte (Abb. 2.5).

#### 2.2.4. Untersuchung des Verhältnisses von N. accessorius zu M. sternocleidomastoideus

In 37 Fällen wurde ausschließlich an den 32 ausgewählten Leichen im WS 2009/10 untersucht, wie sich der SAN in Bezug auf die Hinterkante des M. sternocleidomastoideus verhält.

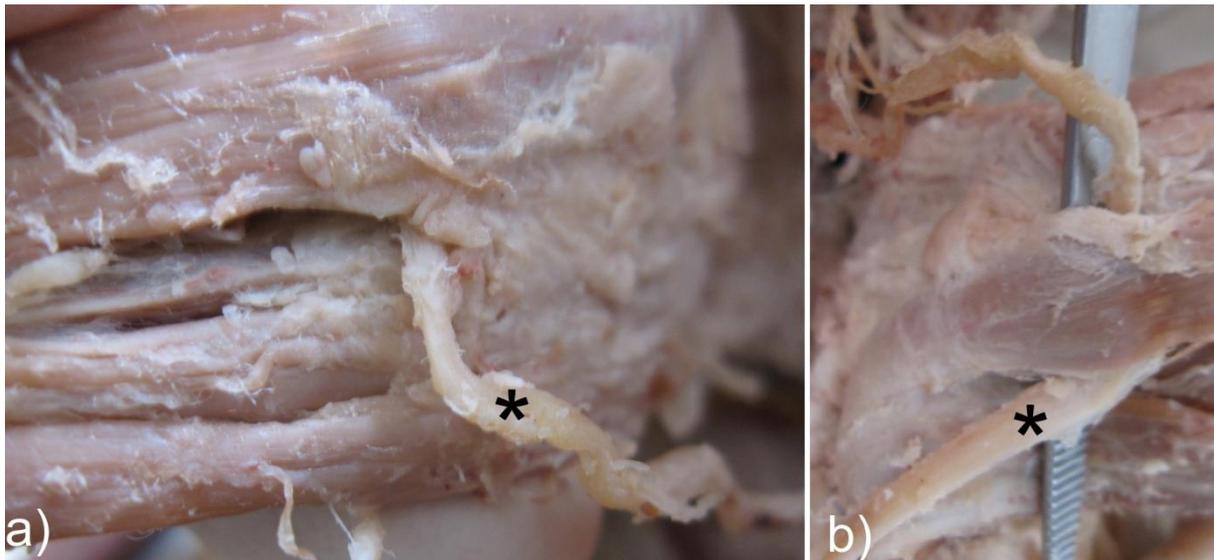
Der Nerv kann unterhalb des Muskels verlaufen und dabei einen oder mehrere Äste zur Innervation des Muskels abgeben oder er kann durch den Muskel verlaufen. Da für EndoCATS nur der Verlauf an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus relevant schien, wurde untersucht, ob der Nerv an seinem Austritt an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus und mindestens für 5 mm proximal davon unter oder im Muskel verläuft (Abb.2.6 und 2.7).



**Abbildung 2.5: Messung dAJ Präparat 23/08 links mit 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 IJS, 5 Clavicula, 6 Rest des N. auricularis magnus, 7 Rest des N. transversus colli, 8 dislozierte Reste der Nn. supraclaviculares**



**Abbildung 2.6: Verhältnis SAN zum SCM: SAN unter dem SCM mit einem den SCM innervierenden Ast nach Hochklappen des Muskels (\*) nach kranial**



**Abbildung 2.7: Verhältnis SAN (\*) zum SCM Präparat 26/09: SAN durch den SCM a) zwischen sternalem und klavikulären Anteil (rechts) und b) zwischen nur wenigen Muskelfasern (links)**

#### 2.2.5. Untersuchung der Mäandrierung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck

Weiterhin wurde die Verlaufsform des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck in 52 Fällen untersucht.

In vielen Publikationen wird von einem geschlängelten Verlauf im seitlichen Halsdreieck berichtet, jedoch in unterschiedlicher Häufigkeit. Hier wird die geschlängelte Verlaufsform des SAN in den präparierten Halsregionen näher quantifiziert (Abb. 2.8 und 2.9).



---

**Abbildung 2.8: Mäandrierung des SAN (\*) im seitlichen Halsdreieck Präparat 26/09**



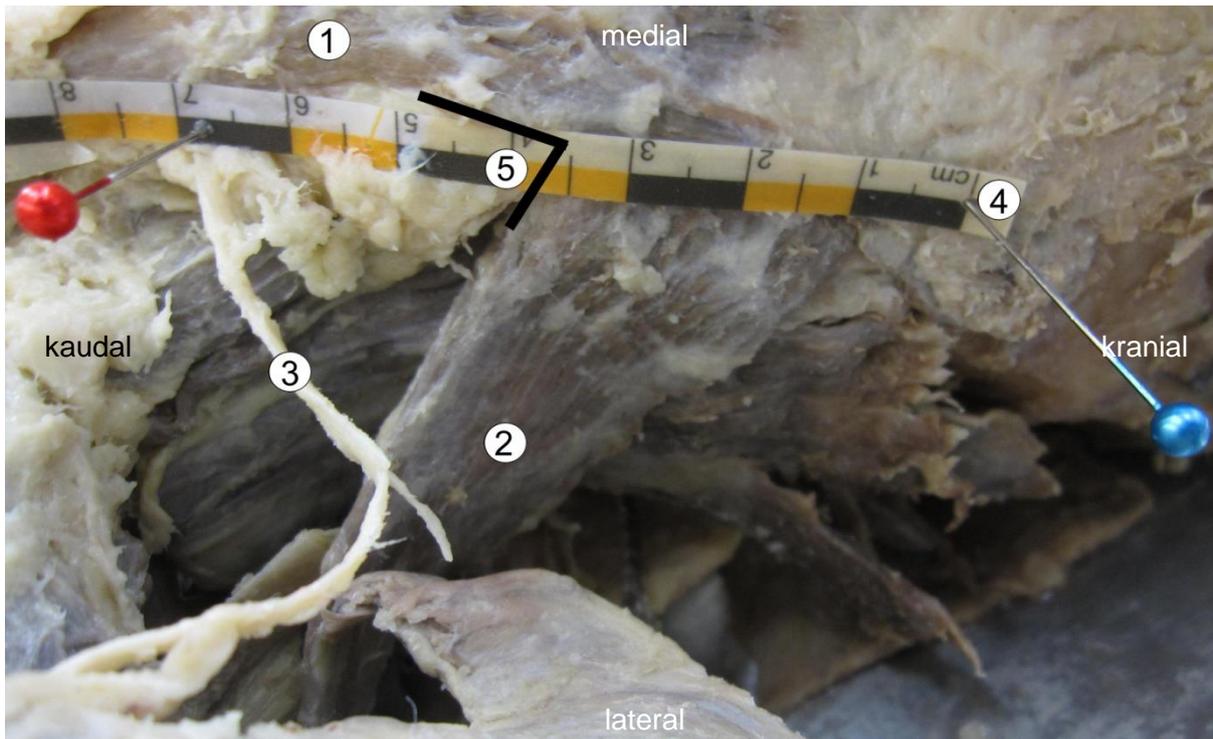
---

**Abbildung 2.9: keine Mäandrierung des SAN (\*) im seitlichen Halsdreieck Präparat 25/08**

#### 2.2.6. Untersuchung des Zwickels zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius

In 61 Fällen wurde untersucht, ob der sogenannte *Zwickel* zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius etwas unterhalb des gemeinsamen Ursprungs am Processus mastoideus vorhanden ist.

Dabei kommt es durch die etwa senkrechte Überlagerung der Fasern des nach ventral-kaudal Richtung Jugulum ziehenden M. sternocleidomastoideus und den Fasern des nach lateral-kaudal Richtung Schulter ziehenden M. trapezius distal des gemeinsamen Ursprungs am Processus mastoideus zur Ausbildung dieses Zwickels.



**Abbildung 2.10: Zwickel zwischen SCM und TM Präparat 86/08 mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 TMB, 5 Zwickel**

Seine Ausbildung kann variieren, je nachdem, wie weit kaudal am M. sternocleidomastoideus entlang die Fasern des M. trapezius verlaufen. In manchen Fällen kann er ganz fehlen, wenn der Ursprung der beiden Muskeln nicht gemeinsam ist und folglich diese rechtwinklige Überlagerung der Fasern fehlt. Dieser Zwickel ist bei der EndoCATS-Operation wichtig, da ausgehend von dem retroauriculären Hautschnitt anschließend oberhalb der Muskeln entlang dem M. sternocleidomastoideus nach kaudal präpariert wird und sich nach Erreichen des Zwickels an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus eine Gelegenheit bietet unter den Muskel in Richtung der Karotisloge abzutauchen ohne Fasern der Muskeln durchtrennen zu müssen. Fehlt dieser Zwickel, fehlt ein Orientierungspunkt für den Einstieg der EndoCATS-Operation in die tieferen Schichten unter dem M. sternocleidomastoideus. In dieser Arbeit wird quantifiziert, in wie vielen Fällen mit diesem Zwickel zu rechnen ist, bzw. in wie viel Prozent der Fälle dieser Zwickel fehlen kann (Abb. 2.10).

### 2.2.7 Statistische Auswertung

Die erhobenen und berechneten Daten wurden im Anschluss statistisch ausgewertet.

Neben den in den Untersuchungen gewonnenen Daten wurden die in der Anatomischen Anstalt München routinemäßig postmortal erhobenen Daten zu Körpergröße, Körpergewicht, Alter in vollendeten Lebensjahren und Geschlecht erfasst. Aus Körpergröße und Körpergewicht wurde zusätzlich die Körperoberfläche berechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics 18. Dabei kamen die Funktionen zur deskriptiven Statistik (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, IQR, Häufigkeiten, Perzentilen), Korrelationsanalysen mit dem Korrelationskoeffizienten  $r$  (mit  $-1 < r < 1$ ), lineare Regressionsanalysen, der Levene-Test der Varianzgleichheit und der t-Test für unverbundene Stichproben sowie der Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung der Daten zur Anwendung. Zur graphischen Darstellung wurden mithilfe dieser Software Boxplots und Streudiagramme erstellt. Die Daten werden als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung (range) angegeben. Die Messergebnisse und anderen von der Anatomischen Anstalt erhobenen Daten werden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf ihre Normalverteilung geprüft. Bei angenommener Normalverteilung wurde daraufhin der t-Test für unverbundene Stichproben für den Vergleich der Daten verwendet. Ausgehend von den Ergebnissen zur Regressionsanalyse wurde ein Modell zur Vorhersage des Austrittspunktes des *N. accessorius* an der Hinterkante des *M. sternocleidomastoideus* erstellt. Dieses Modell wird im Anschluss anhand der Kreuzvalidierung in leave-one-out-Experimenten überprüft. Das bedeutet, dass für alle 40 Datensätze  $dAJ^n$  unter Weglassen jeweils eines Datensatzes anhand einer jeweils dafür neu berechneten Regressionsformel mit den Parametern des ausgelassenen Datensatzes berechnet wird. In einem zweiten Schritt wird dann die Genauigkeit des Modells überprüft, indem der neu berechnete Wert  $dAJ^n$  mit dem tatsächlich gemessenen  $dAJ$  für den entsprechenden Datensatz verglichen wird. Weiterhin wird geprüft, in wie vielen Fällen die aus den Werten  $dAJ$  und  $dAJ^n$  bestimmte Differenz in dem für die Regressionsanalyse berechneten 95%-Konfidenzintervall liegt.

In dieser Arbeit werden p-Werte von  $\alpha < 0,05$  (Irrtumswahrscheinlichkeit) als statistisch signifikant und in Analogie dazu Konfidenzintervalle von 95% als ausreichend für eine genaue Vorhersage betrachtet.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1. Messungen für Strecke dMA

Die Messungen in 61 Halsregionen an 53 anatomischen Präparaten ergaben, dass der Austrittspunkt des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus im Mittel 66,7 mm  $\pm$ 11,7 mm (SD) (45-100 mm) von der Unterkante des Processus mastoideus entfernt ist. Weitere Angaben zur Verteilung der Messwerte finden sich in Tabelle 3.1. Das 95%-Konfidenzintervall für dMA beginnt ab 50 mm von der Unterkante des Processus mastoideus entfernt, nur zwei Messwerte finden sich davor (45 mm und 47 mm).

<b>dMA</b>		
Anzahl	61	
Mittelwert	66,7 mm	
Standardabweichung	11,7 mm	
Varianz	137,3 mm	
Spannweite	55,0 mm	
Minimum	45,0 mm	
Maximum	100,0 mm	
Perzentile	2,5	46,1 mm
	5	50,0 mm
	95	85,0 mm
	97,5	93,1 mm

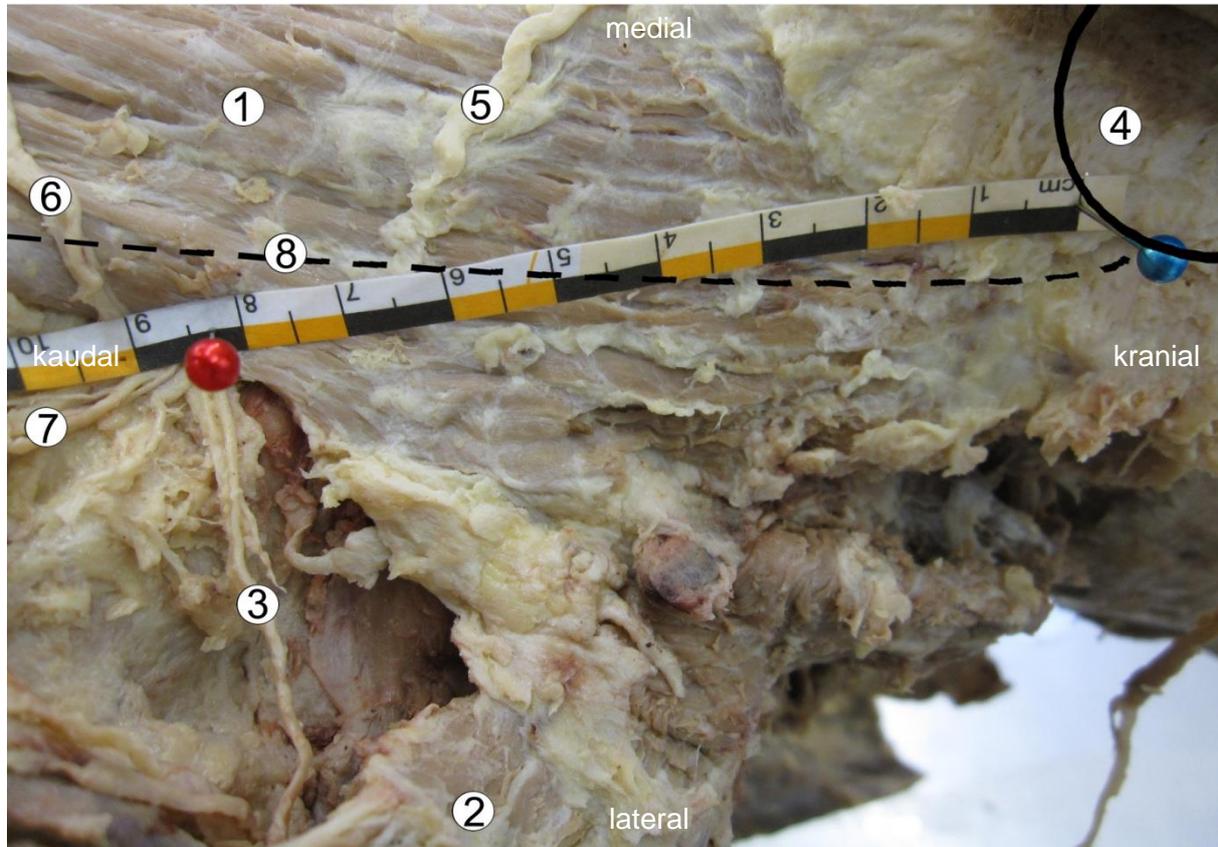
**Tab. 3.1: statistische Auswertung dMA**

Die Strecke dMA wurde in 32 Fällen an der rechten und in 29 Fällen an der linken Körperseite vermessen, dabei konnte sie in acht Fällen beidseitig an einer Leiche vermessen werden (Tab. 3.3). 40 Messungen wurden an weiblichen und 21 Messungen an männlichen Leichen durchgeführt (Tab. 3.6).

In einem Fall war der Verlauf des M. sternocleidomastoideus distal seines Ursprungs so ausladend, dass die Strecke dMA nicht entlang seiner Hinterkante gemessen werden konnte (Abb. 3.1).

Ein Vergleich der Messergebnisse mit dem t-Test für unverbundene Stichproben bei Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test mit asymptotischer Signifikanz von 0,296) ergab für den Vergleich „Messungen dMA nach Körperseite“ keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p=0,926$ ) unter der Annahme, dass die Varianzen nicht gleich sind (Levene-Test der Varianzgleichheit von  $p=0,583$ ) (Tab 3.2 und Tab. 3.3, Abb. 3.2). Für den Vergleich „Messungen dMA nach Geschlecht“ ergab der t-Test einen statistisch signifikanten

Unterschied ( $p < 0,05$ ) unter der Annahme, dass die Varianzen nicht gleich sind (Levene-Test der Varianzgleichheit von  $p = 0,840$ , Tab. 3.4). Die Messungen bei männlichen Leichen ergaben im Durchschnitt 9,9% höhere Messwerte als Messungen an weiblichen Leichen (Tab. 3.5, Abb. 3.2).



**Abb. 3.1:** Beispiel eines am Ursprung weit ausladenden SCM Präparat 23/08 links mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 TMB (Ausdehnung schematisch markiert), 5 N. auricularis magnus, 6 N. transversus colli, 7 Äste des PC, 8 erwartete Position der Hinterkante des SCM

### Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit				
		F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
dMA	Varianzen sind gleich	0,305	0,583	0,092	0,927	0,927	0,2791	3,0289
	Varianzen sind nicht gleich			0,093	0,926	0,926	0,2791	3,0119

Tab. 3.2: t-Test für dMA nach Körperseite

### Gruppenstatistiken

	Körperseite	N	Prozent	Mittelwert	Standardabweichung
dMA	links	29	47,5	66,810	11,0949
	rechts	32	52,5	66,531	12,4278

Tab. 3.3: dMA nach Körperseite

### Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit				
		F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
dMA	Varianzen sind gleich	0,041	0,840	-2,081	59	0,042	-6,3946	3,0731
	Varianzen sind nicht gleich			-2,090	41,253	0,043	-6,3946	3,0597

Tab. 3.4: t-Test für dMA nach Geschlecht

### Gruppenstatistiken

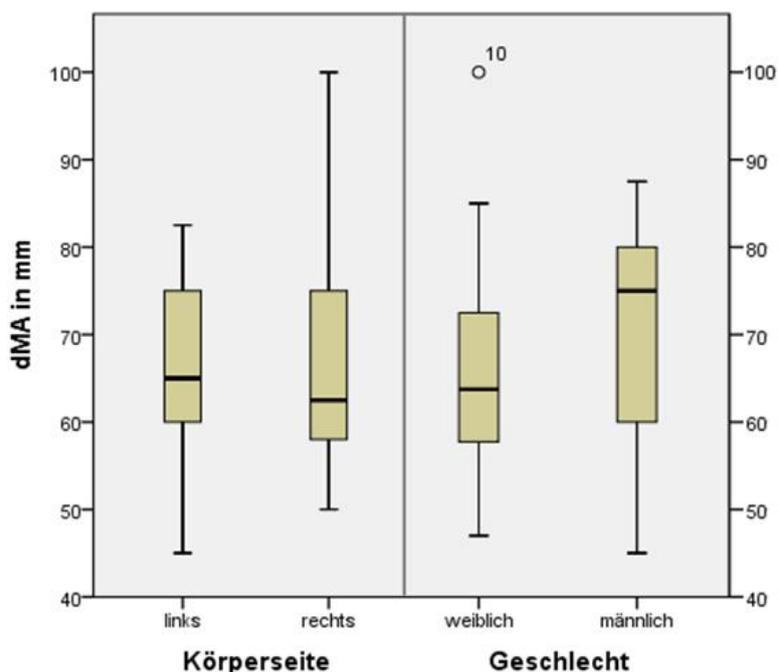
	Geschlecht	N	Prozent	Mittelwert	Standardabweichung
dMA	weiblich	40	65,6	66,463	11,4569
	männlich	21	34,4	70,857	11,2995

**Tab. 3.4: dMA nach Geschlecht**

#### 3.2. Messungen für Strecke dAJ

Die 40 Messungen an 32 Leichen ergaben, dass dAJ im Durchschnitt 125,4 mm  $\pm$ 12,9 mm (SD) (100-160 mm) beträgt. Weitere Angaben zur Verteilung der Messwerte finden sich in Tabelle 3.6. Das 95%-Konfidenzintervall für dAJ beträgt 100,1-159,8 mm. Das 95%-Konfidenzintervall gibt an, dass sich bis zu dem Punkt an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus, der 149,5 mm von der Incisura Jugularis Sterni entfernt ist, sich mehr als 95% der Messwerte finden, nur zwei Messwerte sind größer (150 mm und 160 mm).

Die Strecke dAJ wurde in 19 Fällen an der rechten und in 21 Fällen an der linken Körperseite vermessen, dabei konnte sie in acht Fällen beidseitig an einer Leiche vermessen werden (Tab. 3.8). 24 Messungen wurden an weiblichen und 16 Messungen an männlichen Leichen durchgeführt (Tab. 3.10).



**Abb. 3.2: Vergleich dMA nach Körperseite (p=0,926) und Geschlecht (p=0,043)**

**dAJ**

Anzahl		40
Mittelwert		125,4 mm
Standardabweichung		12,9 mm
Varianz		166,9 mm
Spannweite		60,0 mm
Minimum		100,0 mm
Maximum		160,0 mm
Perzentile	2,5	100,0 mm
	5	102,2 mm
	95	149,5 mm
	97,5	159,8 mm

**Tab. 3.6: statistische Auswertung dAJ**

Ein Vergleich der Messergebnisse mit dem t-Test für unverbundene Stichproben bei angenommener Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest mit  $p=0,247$ ) ergab für den Vergleich „Messungen dAJ nach Körperseite“ wie bei dMA keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p=0,772$ ) (Tabelle 3.7 und 3.8, Abb. 3.2). Auch für dAJ konnte mit dem t-Test für unverbundene Stichproben ein signifikanter Unterschied für den Vergleich „Messungen dAJ nach Geschlecht“ festgestellt werden ( $p<0,05$ ) unter der Annahme, dass die Varianzen nicht gleich sind (Levene-Test der Varianzgleichheit mit  $p=0,436$ , Tab. 3.9). Die Messungen an männlichen Leichen ergaben im Durchschnitt 11,6% größere Werte als Messungen an weiblichen Leichen (Tabelle 3.10, Abb. 3.3).

**Test bei unabhängigen Stichproben**

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit				
		F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
dAJ	Varianzen sind gleich	1,248	0,271	-0,289	38	0,774	-1,1955	4,1394
	Varianzen sind nicht gleich			-0,291	37,798	0,772	-1,1955	4,1025

**Tab. 3.7: t-Test für dAJ nach Körperseite**

### Gruppenstatistiken

Körperseite		N	Prozent	Mittelwert	Standardabweichung
dAJ	links	21	52,5	124,857	14,1042
	rechts	19	47,5	126,053	11,8238

**Tab. 3.8: dAJ nach Körperseite**

### Test bei unabhängigen Stichproben

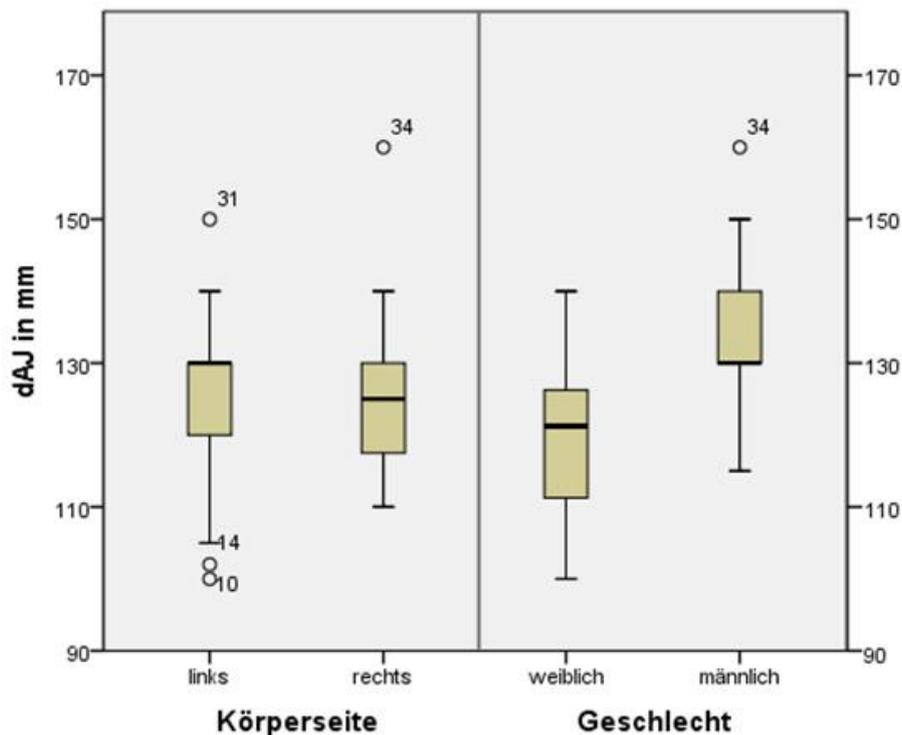
Levene-Test der Varianzgleichheit			T-Test für die Mittelwertgleichheit					
		F	Signifikanz	T	df	Signifikanz (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
dAJ	Varianzen sind gleich	0,619	0,436	-3,882	38	0,000	-13,8750	3,5745
	Varianzen sind nicht gleich			-3,966	34,564	0,000	-13,8750	3,4988

**Tab. 3.9: t-Test für dAJ nach Geschlecht**

### Gruppenstatistiken

Geschlecht		N	Prozent	Mittelwert	Standardabweichung
dAJ	weiblich	24	60,0	119,875	11,5130
	männlich	16	40,0	133,750	10,3682

**Tab. 3.10: dAJ nach Geschlecht**



**Abb. 3.3: Vergleich dAJ nach Körperseite ( $p=0,772$ ) und Geschlecht ( $p<0,001$ )**

### 3.3. Verhältnis des N. accessorius zur Hinterkante des M. sternocleidomastoideus

In der Untersuchung der Verhältnisse des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck in 37 Halsregionen verlief der Nerv in 33 Fällen (89,2%) an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus und mindestens 5 mm proximal davon unter dem Muskel und in vier Fällen (10,8%) durch den Muskel (Tabelle 3.11, Abb. 3.3).

**Häufigkeiten SAN zu SCM**

	Häufigkeit	Prozent
SAN unter SCM	33	89,2
SAN durch SCM	4	10,8
Gesamt	37	100,0

**Tab. 3.11 Verhältnis SAN zu SCM**

### 3.4. Mäandrierung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck

An insgesamt 52 Halsregionen wurde die Verlaufsform des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck quantifiziert. In 46 Fällen (88,5%) folgte der N. accessorius im seitlichen Halsdreieck einem geschlängelten Verlauf. In sechs Fällen (11,5%) wies der Nerv keine Mäandrierung auf (Tab. 3.12, Abb. 3.3).

	Häufigkeit	Prozent
keine Mäandrierung	6	11,5
Mäandrierung	46	88,5
Gesamt	52	100,0

**Tab. 3.12: Mäandrierung des SAN im seitlichen Halsdreieck**

### 3.5. Verschieblichkeit des N. accessorius an Halsregionen frisch Verstorbener

Im Institut für Rechtsmedizin der LMU München konnten, mit freundlicher Genehmigung durch Herrn Prof. Dr. med. M. Graw, Untersuchungen zur Verschieblichkeit und Fixation des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck an unfixierten, frisch verstorbenen Leichen durchgeführt werden. Die Halsregionen an frisch verstorbenen Leichen schienen ein ideales Modell zu sein, um diesen Sachverhalt näher aufzuklären, aber es konnte nicht ausgeschlossen werden, dass der N. accessorius durch die Präparation eine abnorme Beweglichkeit erlangte. Ohne Präparation war der Nerv aber nicht darstellbar. Da es nicht gelang den Versuchsablauf reproduzierbar zu gestalten, musste auf eine genauere Untersuchung der Funktion des geschlängelten Verlaufes des N. accessorius verzichtet werden. Allerdings konnte auf diese Weise in Einzelbeobachtungen festgestellt werden, dass der N. accessorius bei seiner Querung des M. sternocleidomastoideus gut fixiert ist und sich seine Lage auch bei extremen Kopfdrehungen nicht verändert.

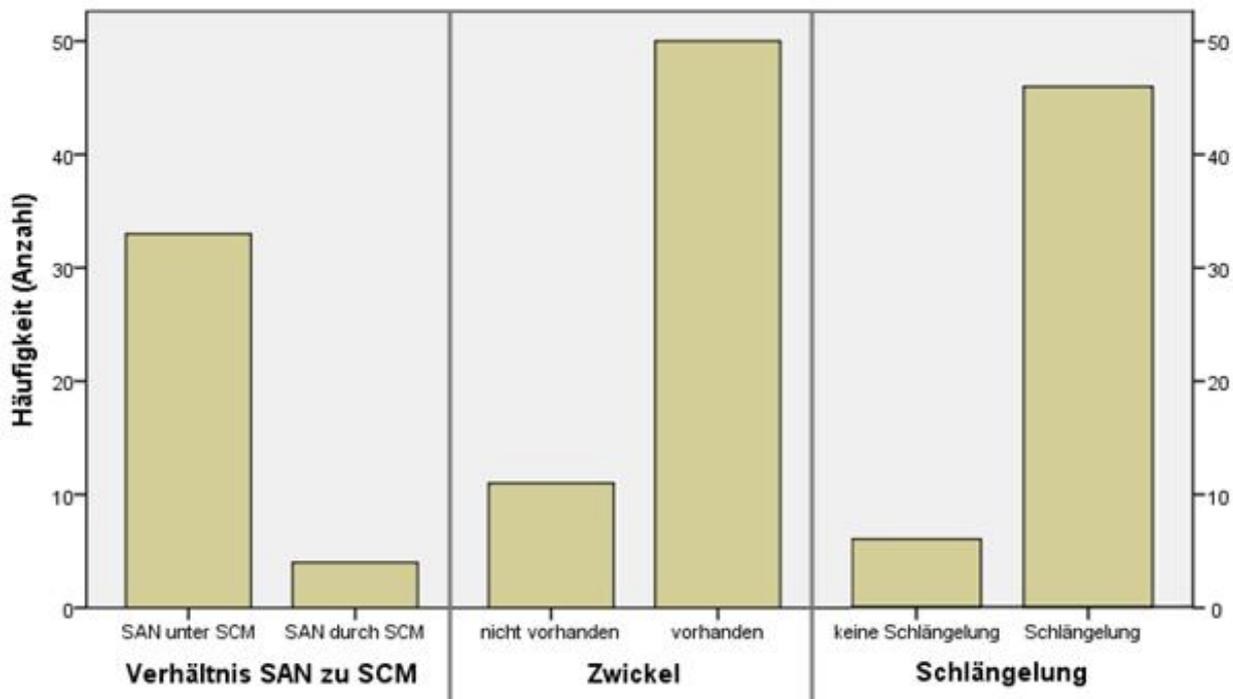
### 3.6. Zwikel zwischen *M. sternocleidomastoideus* und *M. trapezius*

Die Untersuchung der Verhältnisse am Ursprung der Mm. sternocleidomastoideus et trapezius zeigte, dass in 50 Fällen (82%) ein Zwikel und in elf Fällen (18%) kein Zwikel bestand (Tab. 3.13, Abb. 3.4).

**Häufigkeiten Zwikel**

	Häufigkeit	Prozent
nicht vorhanden	11	18,0
vorhanden	50	82,0
Gesamt	61	100,0

**Tab. 3.13: Zwikel zwischen SCM und TM**



**Abb. 3.4: Häufigkeiten von Verhältnis SAN zu SCM, Zwikel und Mäandrierung**

### 3.7. Korrelationsanalyse

Eine durchgeführte Korrelationsanalyse nach Pearson ergab folgende Aussagen für die Zusammenhänge der einzelnen Parameter (Tabelle 3.14):

Das bedeutet, dass für alle Parameter gewisse Zusammenhänge bestehen, die sich in ihrer Größe und Bedeutung voneinander unterscheiden. Zwischen dMA und Körpergröße ( $r=0,289$ ), dMA und Körpergewicht ( $r=0,136$ ), dMA und Körperoberfläche ( $r=0,191$ ), dMA und BMI ( $r=0,031$ ), dMA und Geschlecht ( $0,261$ ), dMA und Alter ( $r=-0,282$ ), dAJ und BMI ( $r=0,289$ ) bestehen positive, bzw. negative Zusammenhänge, bei denen der Korrelationskoeffizient  $r$  mit Werten  $<0,4$  jedoch nur auf einen schwachen Zusammenhang hinweist.

Etwas größere Korrelationen ergeben sich für dAJ und Körpergröße ( $r=0,519$ ), dAJ und Körpergewicht ( $r=0,470$ ), dAJ und Körperoberfläche ( $r=0,499$ ), dAJ und Geschlecht ( $0,533$ ), dAJ und Alter ( $r=-0,449$ ), bei denen sich stärkere Zusammenhänge mit Korrelationskoeffizienten zwischen  $0,4 < r < 0,6$  ergeben. Zur graphischen Veranschaulichung dienen die Abbildungen 3.5 und 3.6.

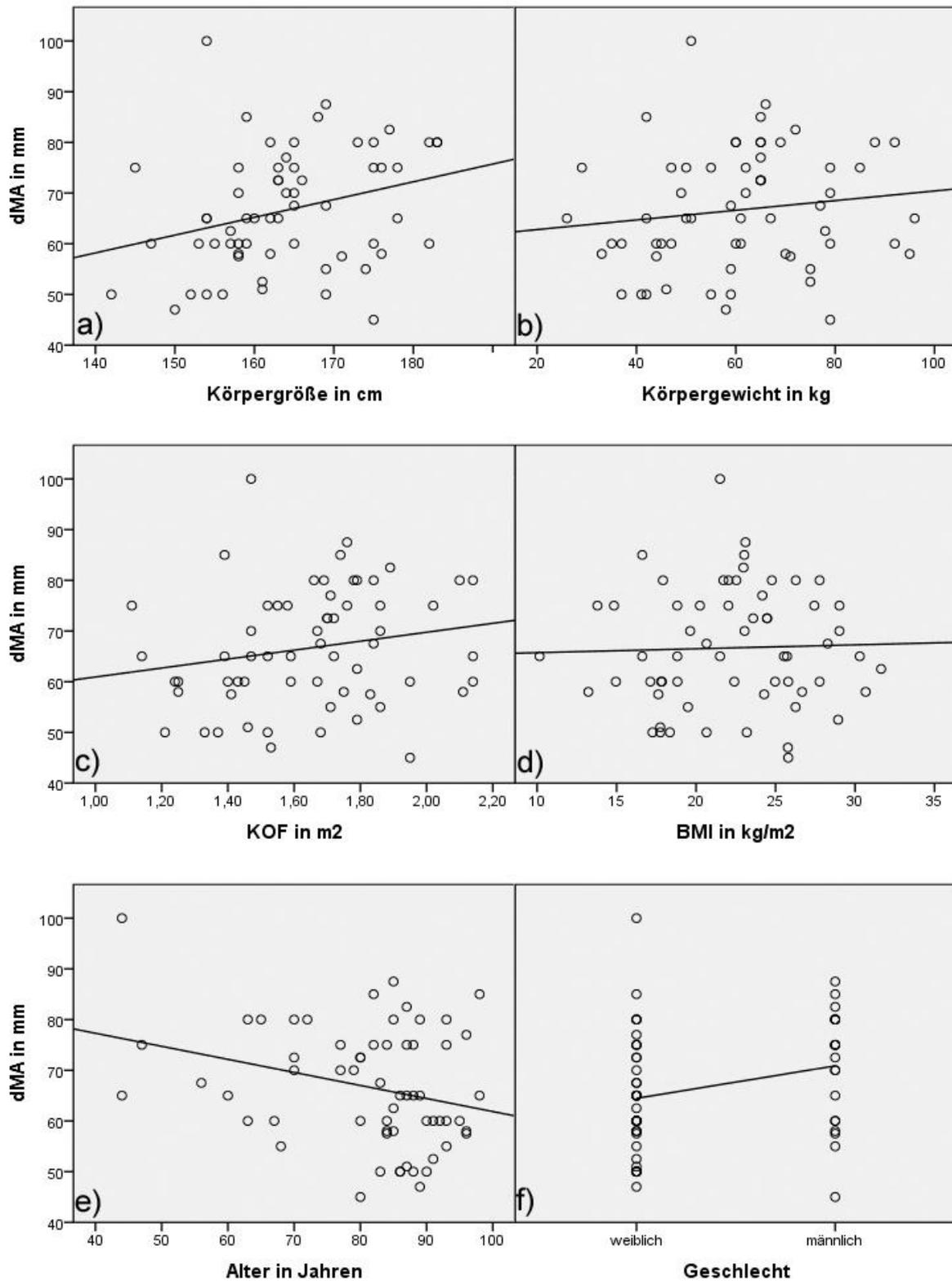
**Korrelationen nach Pearson**

		Körpergröße	Körpergewicht	KOF	BMI	Geschlecht	Alter
dMA	Korrelation	0,289*	0,136	0,191	0,031*	0,261*	-0,282
	Signifikanz	0,024	0,295	0,140	0,811	0,042	0,028
	N	61	61	61	61	61	61
dAJ	Korrelation	0,519**	0,470**	0,499*	0,289	0,533**	-0,449**
	Signifikanz	0,001	0,002	0,001	0,070	0,000	0,004
	N	40	40	40	40	40	40

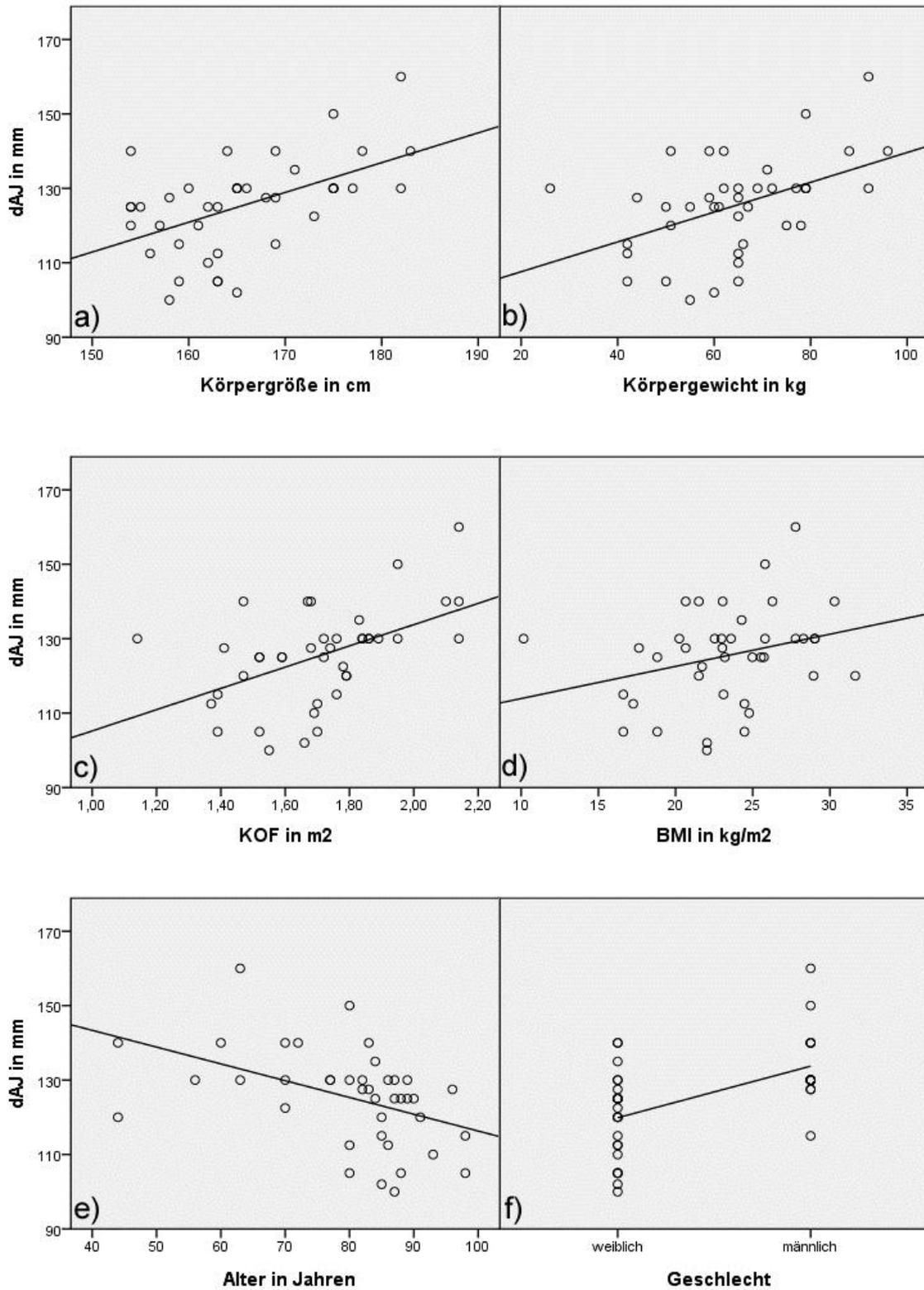
\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\*.. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

**Tab. 3.14: Korrelationsanalyse**



**Abb. 3.5: Korrelation dMA a) Körpergröße ( $r=0,289$ ), b) Körpergewicht ( $r=0,136$ ), c) Körperoberfläche (KOF) ( $r=0,191$ ), d) Body Mass Index (BMI) ( $r=0,031$ ), e) Alter ( $r= -0,282$ ), f) Geschlecht ( $r=0,261$ )**



**Abb. 3.6: Korrelation dAJ a) Körpergröße ( $r=0,519$ ), b) Körpergewicht ( $r=0,295$ ), c) Körperoberfläche (KOF) ( $r=0,499$ ), d) Body Mass Index (BMI) ( $r=0,070$ ), e) Alter ( $r=-0,449$ ), f) Geschlecht ( $r=0,533$ )**

### 3.8. Regressionsanalyse

Ausgehend von den Ergebnissen der Korrelationsanalyse wurden lineare Regressionsanalysen durchgeführt, um herauszufinden, ob die unabhängigen Variablen Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Körperoberfläche und Geschlecht einen Einfluss auf die abhängige Variablen dMA und/oder dAJ (in Form der hier durchgeführten Messungen) haben. Für Regressionsanalysen mit mehr als drei unabhängigen Variablen wurde aufgrund der in diesem Fall genaueren Aussage des Wertes das korrigierte  $r^2$  mit angegeben, bei weniger als drei unabhängigen Variablen ergaben sich mit dem nicht korrigierten  $r^2$  genügend korrekte Aussagen. Bei einer ersten linearen Regressionsanalyse für dMA mit allen oben genannten unabhängigen Variablen zeigte sich, dass die unabhängigen Variablen in diesem Fall keinen großen Einfluss auf dMA haben. Das  $r^2$  betrug 0,157 (korrigiert 0,08), das bedeutet, dass 15,7% (8,0%) der Variation bei den Messwerten dMA auf die unabhängigen Variablen zurückzuführen sind (Tabelle 3.15).

#### **Modellzusammenfassung**

R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
0,396 <sup>a</sup>	0,157	0,080	11,2363

a. Einflußvariablen: (Konstante), Geschlecht, Alter, Körpergewicht, Körpergröße, KOF

**Tab. 3.15: Modellzusammenfassung Regressionsanalyse I dMA**

Die restlichen 84,3% (92%) erklären sich durch unbekannte oder andere Einflussfaktoren. Zudem waren die Ergebnisse der Varianzanalyse (Analysis of Variance = ANOVA) mit einem relativ niedrigen Wert des F-Tests von 2,046 auf dem 5%-Niveau statistisch nicht signifikant ( $p=0,086$ )(Tabelle 3.16). Insgesamt sagen die einzelnen Regressionskoeffizienten für die unabhängigen Variablen wie auch die Regressionskonstante die abhängige Variable (dMA) in diesem Modell nicht auf signifikantem Niveau voraus ( $p>0,05$ ) (Tabelle 3.17).

### ANOVA<sup>a</sup>

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Regression	1291,828	5	258,366	2,046	0,086 <sup>b</sup>
Nicht standardisierte Residuen	6944,033	55	126,255		
Gesamt	8235,861	60			

a. Abhängige Variable: dMA

b. Einflußvariablen : (Konstante), Geschlecht, Alter, Körpergewicht, Körpergröße, KOF

**Tab. 3.16: ANOVA Regressionsanalyse I dMA**

### Koeffizienten<sup>a</sup>

Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	
Regressions- koeffizient B	Standardfehler	Beta			
(Konstante)	64,772	50,043		1,294	0,201
Alter	-0,209	0,120	-0,228	-1,736	0,088
Körpergröße	-0,357	0,786	-0,294	-0,454	0,651
Körpergewicht	-1,201	1,201	-1,718	-1,000	0,322
KOF	90,352	100,131	1,958	0,902	0,371
Geschlecht	3,478	4,356	0,142	0,798	0,428

a. Abhängige Variable: dMA

**Tab. 3.17: Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse I dMA**

Im nächsten Schritt wurde eine lineare Regressionsanalyse erstellt, um den Einfluss der unabhängigen Variablen Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Körperoberfläche und Geschlecht auf die abhängige Variable dAJ zu überprüfen. Das  $r^2$  betrug 0,463 bzw. 0,384 (korrigiert), also lassen sich bei dAJ 46,3% bzw. 38,4% der Variabilität durch die unabhängigen Variablen erklären (Tab. 3.18).

### Modellzusammenfassung

R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
0,680 <sup>a</sup>	0,463	0,384	10,1426

a. Einflußvariablen: (Konstante), Geschlecht, Alter, Körpergewicht, Körpergröße, KOF

**Tab. 3.18: Modellzusammenfassung Regressionsanalyse I dAJ**

In der Varianzanalyse ergab der F-Test einen Wert von 5,855 der auf dem 5% Niveau statistisch signifikant ist ( $p < 0,05$ ) (Tab. 3.19). Bei den Regressionskoeffizienten ergab sich ein statistisch signifikanter Wert nur für die Variable Alter (Tab. 3.20).

#### ANOVA<sup>a</sup>

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Regression	3011,647	5	602,329	5,855	0,001 <sup>b</sup>
Nicht standardisierte Residuen	3497,628	34	102,871		
Gesamt	6509,275	39			

a. Abhängige Variable: dAJ

b. Einflußvariablen: (Konstante), Geschlecht, Alter, Körpergewicht, Körpergröße, KOF

**Tab. 3.19: ANOVA Regressionsanalyse I dAJ**

#### Koeffizienten<sup>a</sup>

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	53,660	52,427		1,024	0,313
Alter	-0,323	0,137	-0,322	-2,357	0,024
Körpergröße	1,129	0,825	0,731	1,369	0,180
Körpergewicht	1,308	1,282	1,537	1,020	0,315
KOF	-108,224	106,648	-1,893	-1,015	0,317
Geschlecht	7,854	4,404	0,302	1,783	0,083

a. Abhängige Variable: dAJ

**Tab. 3.20: Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse I dAJ**

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse der ersten Regressionsanalyse für dAJ wurde eine zweite nur mit den unabhängigen Variablen Alter und Geschlecht erstellt. Das  $r^2$  (0,414) ergibt dass sich 41,4% der Variabilität von dAJ mit den beiden unabhängigen Variablen Alter und Geschlecht erklären lassen, wobei das Geschlecht mit einem standardisierten Regressionskoeffizienten von 0,468 gegenüber dem Alter (-0,367) einen leicht größeren Einfluss auf dAJ hat (Tab.3.21 und 3.22).

### Modellzusammenfassung

R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
0,644 <sup>a</sup>	0,414	0,383	10,1499

a. Einflußvariablen : (Konstante), Geschlecht, Alter

**Tab. 3.21: Modellzusammenfassung Regressionsanalyse II dAJ**

### Koeffizienten<sup>a</sup>

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
(Konstante)	137,741	12,075		11,407	0,000
Alter	-0,368	0,128	-0,367	-2,871	0,007
Geschlecht	12,195	3,328	0,468	3,665	0,001

a. Abhängige Variable: dAJ

**Tab. 3.22: Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse II dAJ**

In der Varianzanalyse ergab sich mit einem Wert von 13,092 für den F-Test ein mit einem  $p < 0,05$  statistisch signifikantes Ergebnis für den Einfluss der Variablen auf dAJ (Tab. 3.23).

### ANOVA<sup>a</sup>

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Regression	2697,541	2	1348,771	13,092	0,000 <sup>b</sup>
Nicht standardisierte Residuen	3811,734	37	103,020		
Gesamt	6509,275	39			

a. Abhängige Variable: dAJ

b. Einflußvariablen : (Konstante), Geschlecht, Alter

**Tab. 3.23: ANOVA Regressionsanalyse II dAJ**

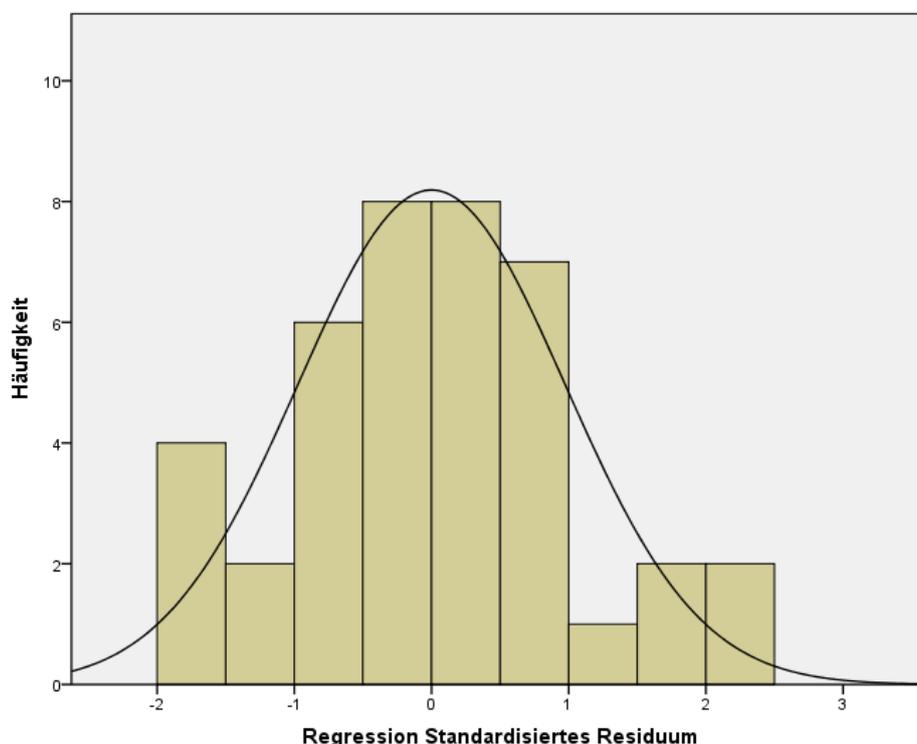
Als Regressionskoeffizienten ergaben sich die Werte 137,74 (Regressionskonstante), -0,368 (Alter) und 12,195 (Geschlecht) mit deutlicher statistischer Signifikanz von jeweils  $p < 0,05$  (Tab. 3.22). Damit lässt sich die Regressionsgleichung wie folgt bestimmen:

$$\text{„dAJ} = 137,74 - 0,368 \times \text{Alter} + 12,195 \times \text{Geschlecht}\text{“}$$

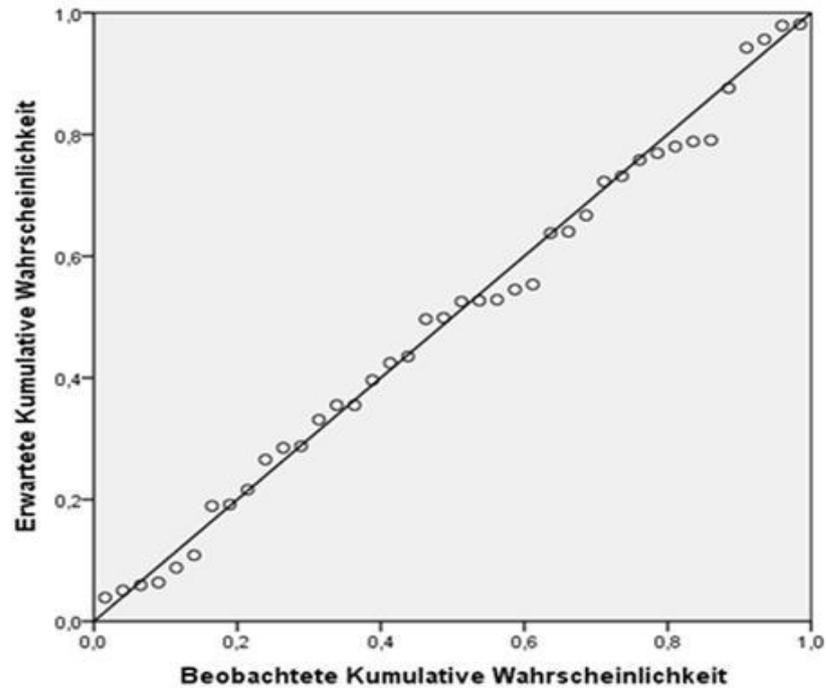
(mit Alter in Jahren und Geschlecht „weiblich“ = 1 sowie „männlich“ = 2).

Die Normalverteilung der quantitativen, intervallskalierten Variable „dAJ“ wurde bereits in Abschnitt 3.2 gezeigt (siehe auch Appendix Teil C). Die Variable „Alter“ ist ebenfalls normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest,  $p=0,067$ ). Die Variable „Geschlecht“ ist nominal skaliert. Die Prüfung der Residuen auf Normalverteilung erfolgte graphisch anhand des Histogramms in Abbildung 3.7 und anhand der Darstellung der erwarteten gegenüber der beobachteten kumulierten Wahrscheinlichkeit in Abbildung 3.8. Beide Abbildungen lassen darauf schließen, dass die Residuen annähernd einer Normalverteilung unterliegen. Ein Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest bestätigt dies ( $p=0,967$ ).

Der lineare Zusammenhang zwischen dAJ und den unabhängigen Variablen „Alter“ und „Geschlecht“ wurde bereits in der Korrelationsanalyse gezeigt (Tab. 3.14, Abb. 3.6). Da diese lineare Regressionsanalyse somit alle statistischen Grundvoraussetzungen für eine korrekte Anwendung erfüllt, kann ihr Ergebnis als Modell zur Vorhersage der abhängigen Variable dAJ anhand der unabhängigen Variablen (Alter und Geschlecht) verwendet werden.



**Abb. 3.7: Normalverteilung der standardisierten Residuen Regressionsanalyse II dAJ (Abhängige Variable dAJ)**



**Abb. 3.8: Normalverteilung der standardisierten Residuen Regressionsanalyse II dAJ (Abhängige Variable dAJ)**

Dieses Modell würde sich zur präoperativen Vorhersage der Lage des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus anhand eines vorhergesagten Wertes für dAJ - dAJ<sup>n</sup> - am Patienten eignen: zum einen können die Variablen *Alter* und *Geschlecht* für einen Patienten sehr einfach erhoben werden, zum anderen kann der entsprechend berechnete Wert für die Strecke dAJ leicht anhand der Incisura jugularis Sterni bis zur Hinterkante des M. sternocleidomastoideus aufgetragen werden. Entsprechend der berechneten Regressionsgleichung kann der vorhergesagte Wert dAJ<sup>n</sup> folgendermaßen berechnet werden:

$$dAJ^n \text{ (in mm)} = 137,74 - \text{Alter} \times (0,368) + \text{Geschlecht} \times (12,195)$$

Dabei ist das Alter in vollendeten Lebensjahren und für das Geschlecht eine 1 (weiblich) oder eine 2 (männlich) einzusetzen.

Da es sich hierbei nur um ein Modell handelt, dessen vorhergesagte Werte sich von den wahren Werten unterscheiden werden, ist ein Konfidenzintervall nötig, mit dem die Genauigkeit der Vorhersage verbessert werden kann. Daher wurde mit Hilfe der Standardabweichung der Residuen, sie beträgt 9,9 mm, nach folgender Formel für normalverteilte Werte das punktweise 95%-Konfidenzintervall bestimmt:

95%-Konfidenzintervall =  $\bar{x} \pm 1,96 \cdot \text{Standardabweichung}$  der Residuen. Die Standardabweichung der Residuen beträgt 9,9 mm (Tab. 3.24).

**Residuenstatistik<sup>a</sup>**

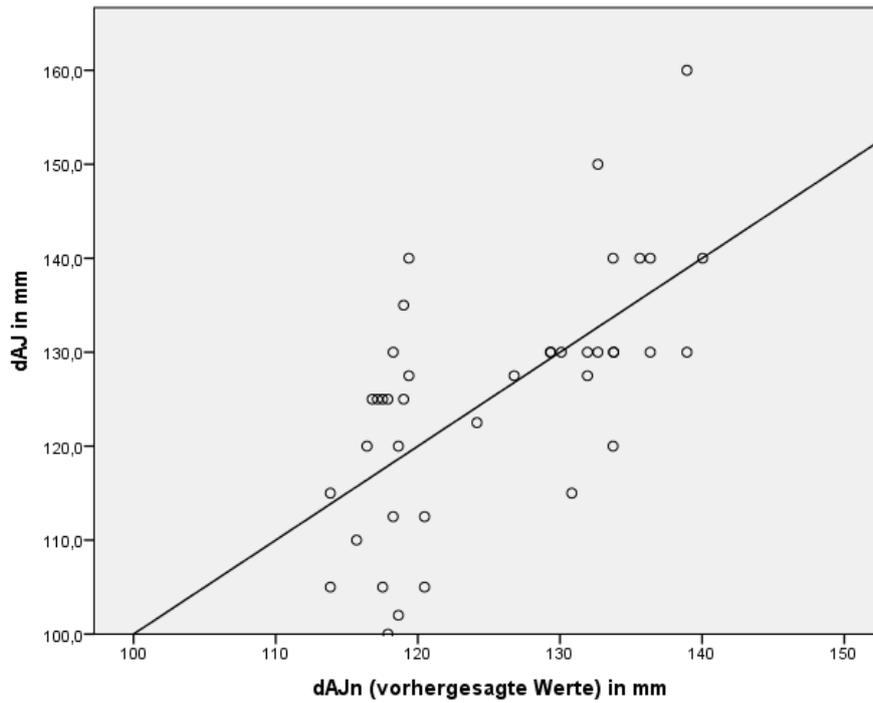
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	N
Nicht standardisierter vorhergesagter Wert	113,844	140,034	125,425	8,3167	40
Nicht standardisierte Residuen	-17,8955	21,0711	0,0000	9,8862	40
Standardisierter vorhergesagter Wert	-1,392	1,757	0,000	1,000	40
Standardisierte Residuen	-1,763	2,076	0,000	0,974	40

a. Abhängige Variable: dAJ

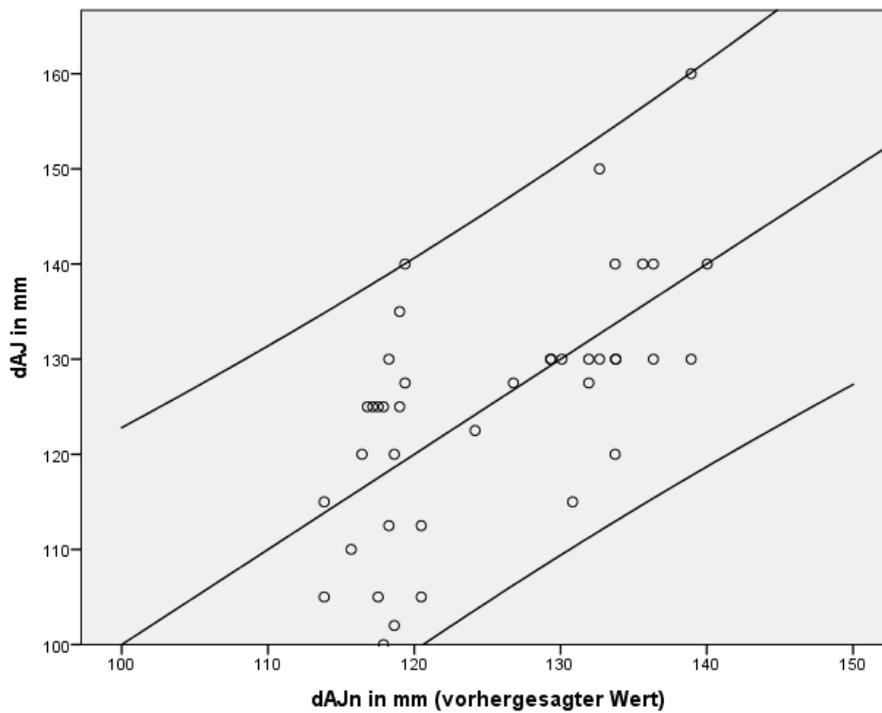
**Tab. 3.24: Residuenstatistik Regressionsanalyse II dAJ**

Also beträgt das 95%-Konfidenzintervall für  $dAJ^n$   $\bar{x} \pm 19,4$  mm. Punktweise bedeutet, dass für jeden Punkt ein Konfidenzintervall berechnet wird, das den wahren Wert für dAJ mit entsprechender Wahrscheinlichkeit enthält. Im Streudiagramm Abbildung 3.9 sind die gemessenen, wahren gegenüber den vorausgesagten Werten  $dAJ^n$  aufgetragen; es lässt sich ein deutlicher Unterschied zwischen den Werten ausmachen. Im Streudiagramm Abbildung 3.10 sind dieselben Werte gegeneinander aufgetragen, allerdings ist zur Veranschaulichung ein 95% Konfidenzintervall um die lineare Interpolationslinie aufgetragen, das alle Wertepaare enthält.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es anhand der Berechnung von  $dAJ^n$  möglich ist, den Eintrittspunkt des N. accessorius in das seitliche Halsdreieck an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus auf  $\bar{x} \pm 19,4$  mm (38,8 mm) genau zu berechnen.



**Abb. 3.9: gemessene (dAJ) gegenüber vorhergesagten Werten (dAJ<sup>n</sup>)  
Regressionsanalyse II dAJ**



**Abb. 3.10: gemessene (dAJ) gegenüber vorhergesagten Werten (dAJ<sup>n</sup>) mit 95%  
Konfidenzintervall Regressionsanalyse II dAJ**

### 3.9. Kreuzvalidierung in den leave-one-out-Experimenten

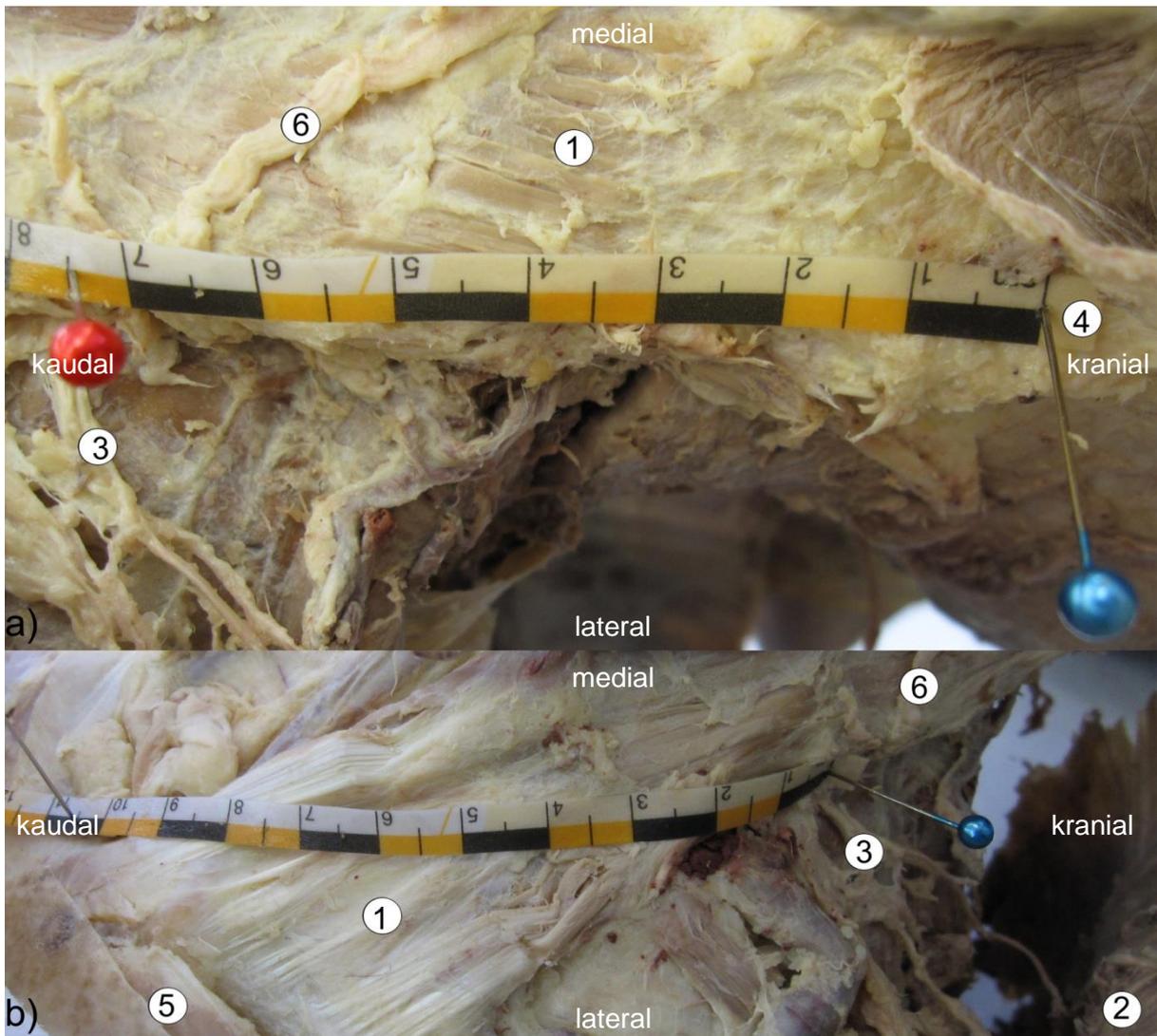
Die Kreuzvalidierung ergibt, dass 95% der neu berechneten Werte für  $dAJ^n$  innerhalb des in der Regressionsanalyse bestimmten 95%-Konfidenzintervalls für  $dAJ^n$  von  $x \pm 19,4$  mm liegen.

Lediglich 5% ( $n=2$ ) der Ergebnisse liegen mit 22 mm und 23 mm jeweils außerhalb des in 3.8 bestimmten Konfidenzintervalls. Zur genauen Verteilung der Ergebnisse der Kreuzvalidierung siehe Tabelle 3.25.

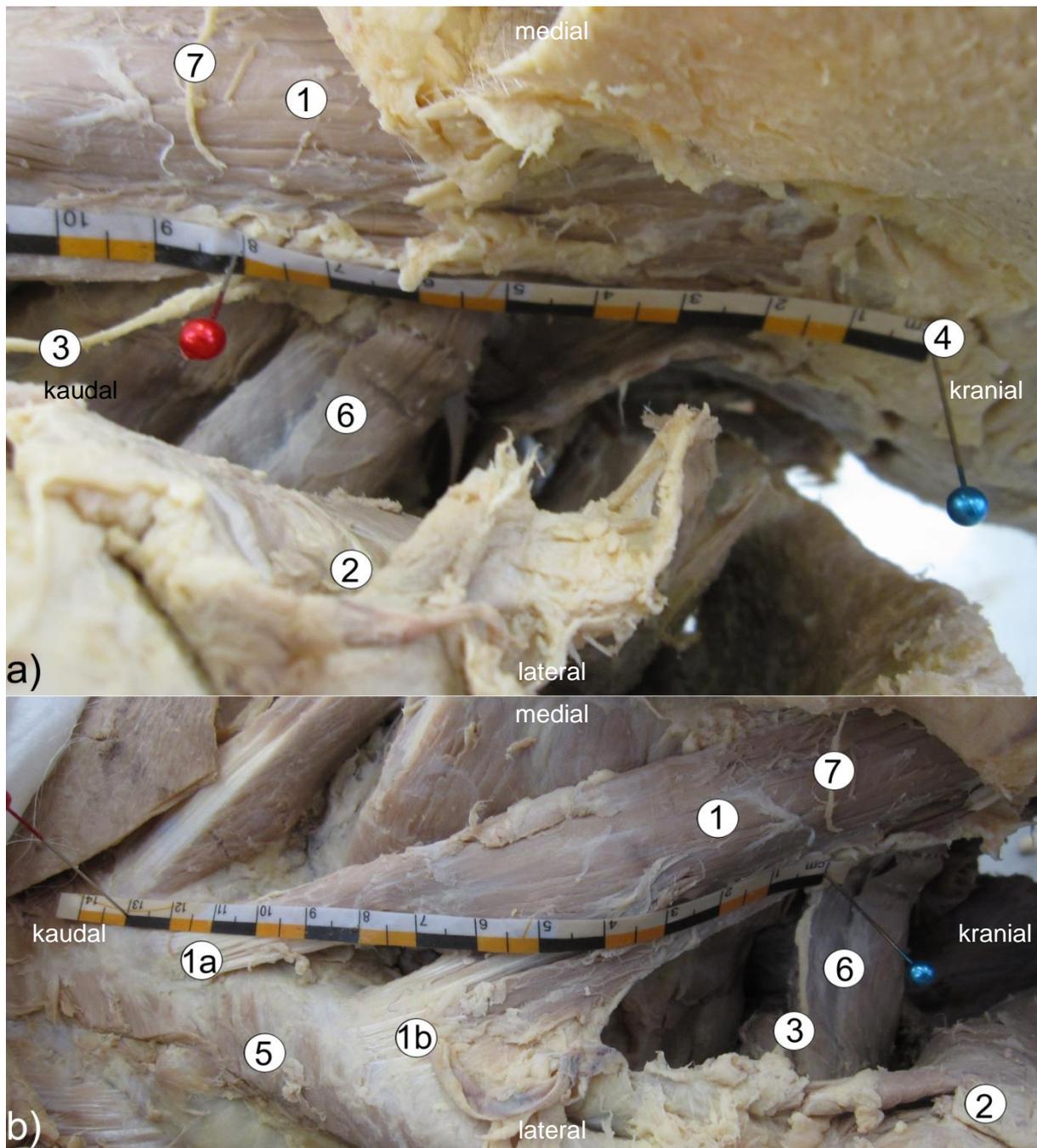
Differenz $dAJ$ zu $dAJ^n$ N=40	>19,4 mm	15-19,4 mm	10-14 mm	5-9 mm	0-4 mm
N	2	7	4	11	16
in Prozent	5	17,5	10	27,5	40

**Tabelle 3.25: Ergebnisverteilung der Kreuzvalidierung in den leave-one-out-Experimenten**

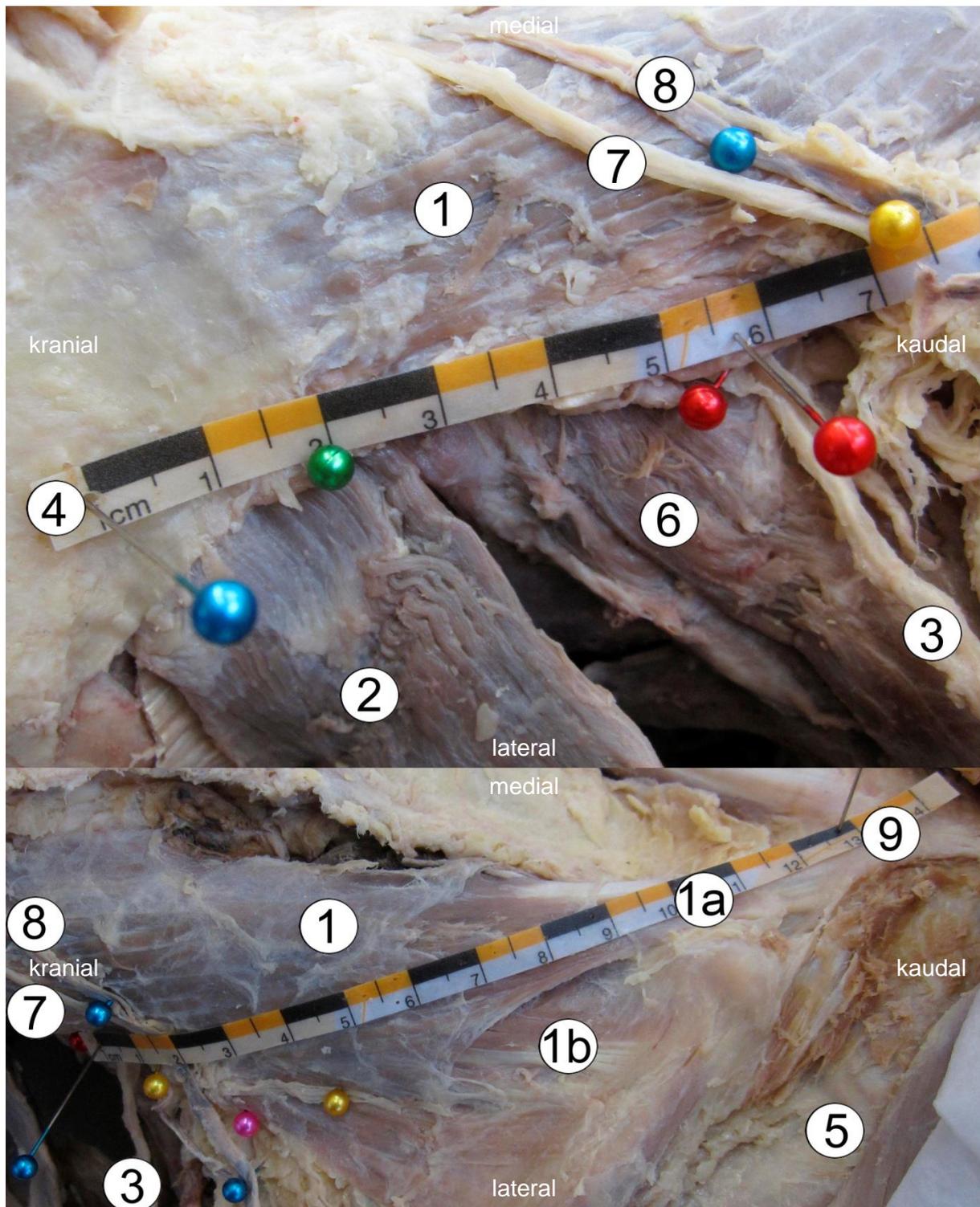
3.10. Beispiele der Fotodokumentation



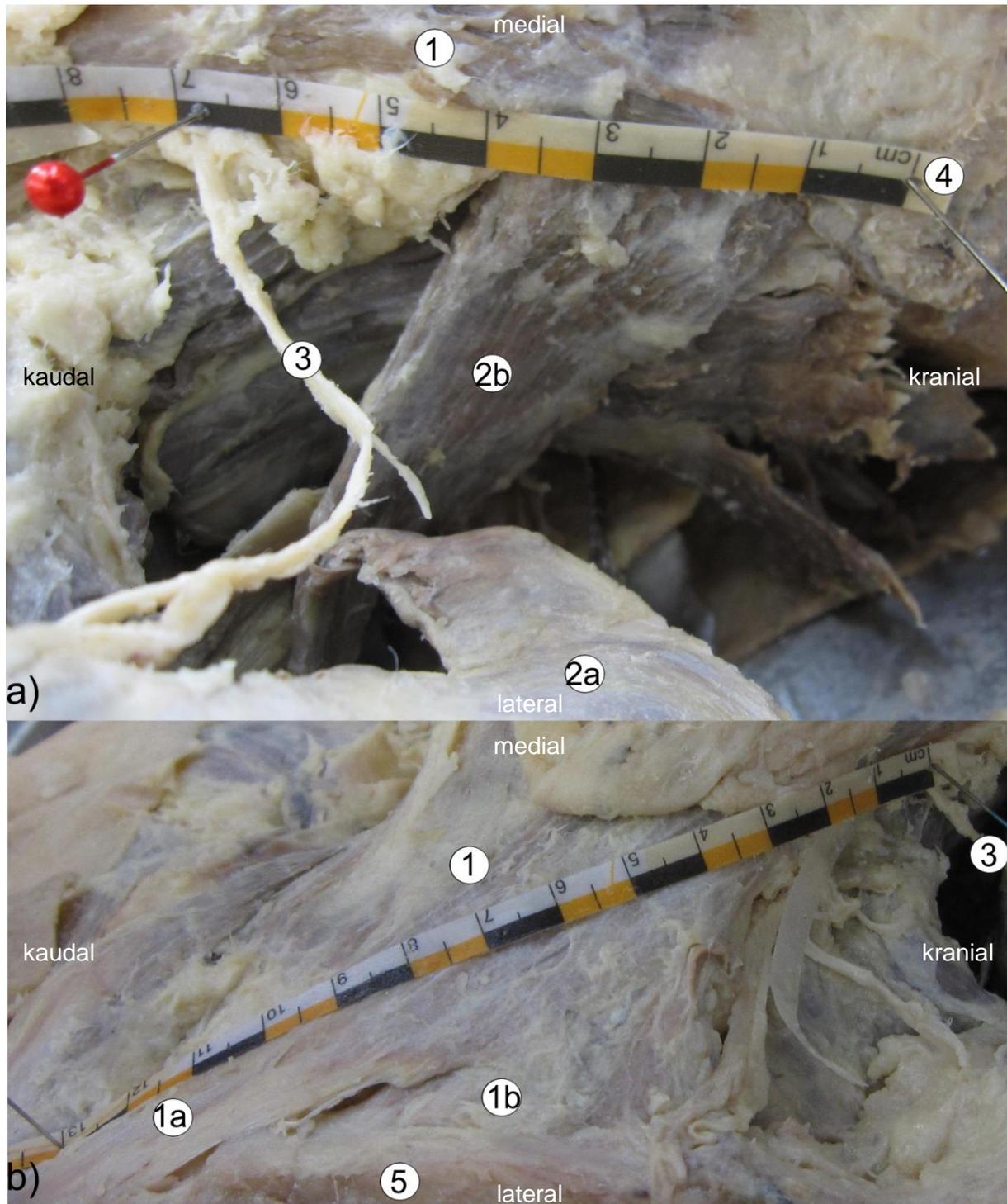
**Abb. 3.11: Fotodokumentation Präparat 16/08 links a) Messung dMA, b) Messung dAJ mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 TMB, 5 Clavicula, 6 N. auricularis magnus**



**Abb. 3.12: Fotodokumentation Präparat 33/08 links a) Messung dMA, b) Messung dAJ mit: 1 SCM (1a sternaler Kopf, 1b klavikulärer Kopf), 2 TM, 3 SAN, 4 TMB, 5 Clavicula, 6 M. levator scapulae, 7 Rest des N. auricularis magnus**



**Abb. 3.13: Fotodokumentation Präparat 43/08 links a) Messung dMA, b) Messung dAJ mit: 1 SCM (1a sternaler, 1b klavikulärer Kopf), 2 TM, 3 SAN, 4 TMB, 5 Clavicula, 6 M. levator scapulae, 7 N. auricularis magnus, 8 V. jugularis externa, 9 Incisura jugularis sterni**



**Abb. 3.14: Fotodokumentation Präparat 86/08 links a) Messung dMA, b) Messung dAJ mit: 1 SCM (1a sternaler, 1b klavikulärer Kopf), 2 TM (2a Pars transversa, 2b Pars descendens), 3 SAN, 4 TMB, 5 Clavicula**

## 4 Diskussion

### 4.1. Methode

Die Untersuchungen wurden in den Kursus der Makroskopischen Anatomie der Anatomischen Anstalt München eingebunden. Dies bietet nicht nur Vorteile.

Die lückenlose Datenerfassung wurde einerseits durch die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit und andererseits durch die parallele studentische Präparation behindert. So wurde auf die mehrfache Erhebung der Messwerte (Intrarater-Reliabilität) und die vergleichende Erhebung durch mehrere Untersucher (Interrater-Reliabilität) verzichtet.

Trotz sorgfältigen Arbeitens ist nicht auszuschließen, dass es aufgrund der Konsistenz der Gewebe an Formalin-fixierten Leichen bei der Fixierung der Messskala zu Messungenauigkeiten gekommen ist. Die Gewebe sind überwiegend weich und auf hartem Untergrund (Knochen) verschieblich und somit anormal beweglich und können folglich von ihrem ursprünglichen Platz disloziert sein.

In manchen der zur Verfügung stehenden Präparate wurden wesentliche Strukturen in der Regio Colli lateralis reseziert oder die topographischen Verhältnisse verändert, so dass aus allen zur Verfügung stehenden anatomischen Präparaten 53 aufgrund der Qualität und des Präparationsfortschrittes für die vorliegenden Untersuchungen ausgewählt wurden. In Einzelfällen konnten einzelne Messungen oder Beobachtungen an verwendeten Präparaten nicht erhoben werden, so können bei der Gesamtzahl der erhobenen Befunde geringfügige Abweichungen auftreten.

Weiterhin muss auf das hohe Lebensalter der verwendeten Präparate gegenüber den zur Operation kommenden Patienten hingewiesen werden. Aufgrund des im Mittel hohen Sterbealters von 81,67 Jahren (44-98 Jahre) gegenüber den bisherigen EndoCATS-Patienten im Alter von im Mittel 44 Jahren (24-61 Jahre) [65] und der Formalin-Fixierung der Leichen, ändern sich zwar die Beschaffenheit des Gewebes, der Verlauf der in Bezug auf den EndoCATS-Operationsweg relevanten Strukturen bleibt jedoch gleich. Dies sind vor allem die Strecke dMA und das Verhältnis des N. accessorius zur Hinterkante des M. sternocleidomastoideus.

Inwieweit das hohe Alter einen unbeabsichtigten Einfluss auf das der Regressionsanalyse abgeleitete Modell zur Berechnung von  $dAJ^n$  anhand von Geschlecht und Alter hat, muss im Zweifelsfall vor einer Anwendung zur sicheren Auffindung des N. accessorius evaluiert werden. Hier würde sich nach neuem Kenntnisstand die Hochfrequenzsonographie eignen [10, 48].

#### 4.2. Lage des N. accessorius in Bezug auf den EndoCATS Operationsweg

##### 4.2.1. Besondere Gefährdung des N. accessorius

Ein weiterer Faktor, der zur Gefährdung des N. accessorius beiträgt ist histologischer Art.

Die sogenannten Hirnnerven, zu denen der N. accessorius zählt, zeigen im Gegensatz zu peripheren Nerven Unterschiede im histologischen Aufbau, die sie unabhängig von einer direkten Schädigung verletzlich für mechanische Kräfte machen. So ist beschrieben, dass sie kein Epineurium und kein kräftiges Perineurium besitzen und nur durch eine einfache oder doppelte Schicht an flachen Hüllzellen ohne kontinuierliche Basallamina umgeben sind. Auch der Kollagengehalt ist geringer als bei peripheren Nerven, ebenso das interfaszikuläre Bindegewebe, welches die Nervenfasern in Faszikel teilt. Aufgrund dieser Unterschiede im histologischen Aufbau sollen die Hirnnerven gerade für Zugkräfte anfälliger sein, welche Schäden im Feinbau und der Funktion, bei erhaltener Kontinuität des Nerven, bewirken [6, 15].

Diese histologischen Unterschiede könnten retrospektiv die meisten der aufgetretenen akzidentellen Verletzungen des N. accessorius bei EndoCATS erklären, da der Nerv nur in einem Fall direkt geschädigt wurde, die anderen passageren Funktionsstörungen aber nicht durch direkten Kontakt mit dem Nerven erklärbar waren. In diesen Fällen wurde der Nerv mutmaßlich mit dem eingesetzten Retraktorspatel bei der Präparation entlang des M. sternocleidomastoideus und der Manipulation an der Schilddrüse durch die wirkenden Hebelkräfte einer übermäßigen Druck- bzw. Zugbelastung ausgesetzt und auf diese Weise geschädigt [65].

Diese histologischen Unterschiede mit der erhöhten Empfindlichkeit des N. accessorius gegenüber peripheren Nerven sind eine logische Erklärung für die vielen akzidentellen, glücklicherweise meist temporären Verletzungen, die trotz makroskopisch intakter Kontinuität des Nerven auftreten und für den Operateur nicht immer einen ersichtlichen Grund haben.

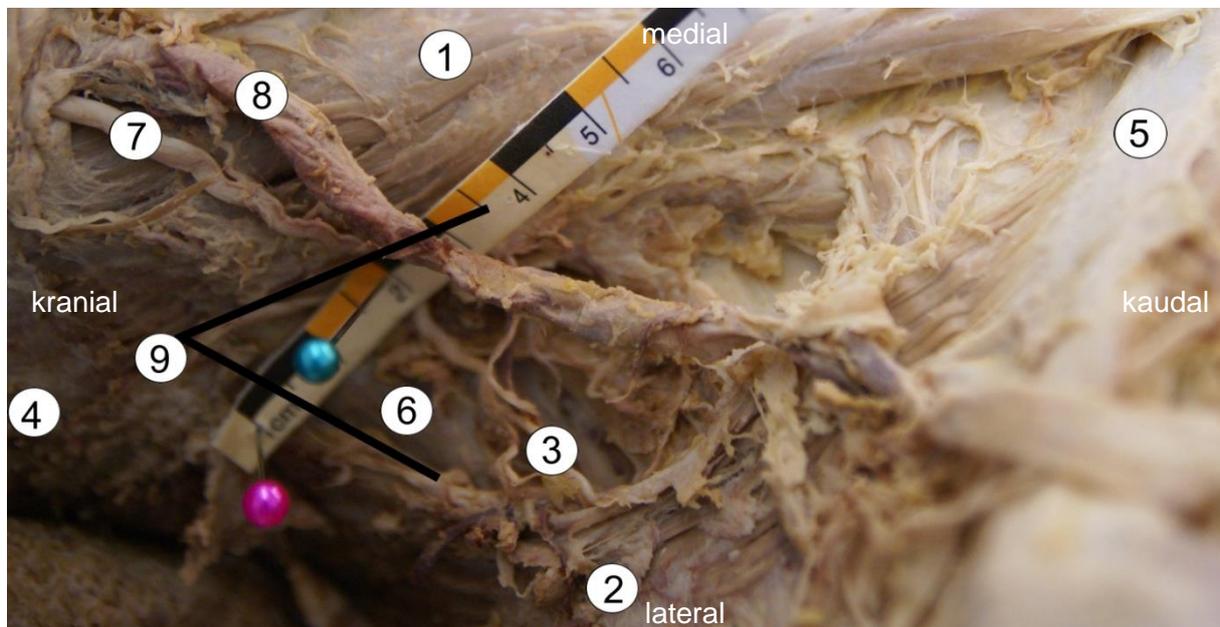
##### 4.2.2. Häufigkeit des Zwickels zwischen M. sternocleidomastoideus und M. trapezius

Zu Beginn der EndoCATS-Operation ist der von den Mm. sternocleidomastoideus und trapezius gebildete Zwickel von großer Bedeutung.

Nach dem retroauriculären Hautschnitt erfolgt bei der Operation ausgehend von der oberen Spitze des seitlichen Halsdreiecks, die Präparation der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus, um unter seiner Hinterkante zur V. jugularis interna, zur Karotisloge und schließlich zur Schilddrüse zu gelangen.

Der Einstieg unter den M. sternocleidomastoideus bereitete in manchen Fällen Probleme, da in diesem Bereich die verschiedenen Schichten in der Präparation aufgrund ihrer

Verwachsungen oftmals schwierig zu unterscheiden und voneinander zu lösen sind. In diesem Fall lässt sich die Hinterkante des M. sternocleidomastoideus nur schwer auffinden. Auf der Suche nach der richtigen Schicht geht wertvolle Zeit verloren und für den Einstieg wird unter Umständen ein Weg durch den Muskel gewählt, was wieder mit einem größeren Risiko für eine akzidentelle Verletzung des N. accessorius verbunden ist. Auch steht dies der Absicht bei EndoCATS einem festen Schema an Knotenpunkten zu folgen entgegen, um damit den Operationsablauf zu standardisieren und die Operationsqualität zu erhöhen [64]. Intraoperativ und bei den ersten anatomischen Voruntersuchungen fiel auf, dass sich auffällig oft die Fasern der Mm. sternocleidomastoideus et trapezius im Bereich des Processus mastoideus bzw. etwas distal davon überkreuzen, diese Stelle wird als sogenannter Zwickel bezeichnet. Dabei schneiden sich die Muskelfasern etwa in einem Winkel von 60°-90° (Abb 4.1).



**Abb. 4.1: Zwickel zwischen SCM und TM mit: 1 SCM, 2 TM, 3 SAN, 4 TMB, 5 Clavicula, 6 M. levator scapulae, 7 N. auricularis magnus, 8 V. jugularis externa, 9 Zwickel unter einem Winkel von 53°**

Ausgehend von dieser Problemstellung wurde die Häufigkeit des Vorkommens des Zwickels an den untersuchten Halsregionen erhoben. Dieser Zwickel konnte an 50 der 61 Präparate (82%) aufgefunden werden, in elf von 61 Fällen (18%) dagegen nicht.

Letzteres könnte beispielsweise aufgrund eines weiter nach lateral/fazial gelegenen Ursprungs des M. sternocleidomastoideus und/oder eines weiter nach medial/okzipital

gelegenen Ursprungs des M. trapezius der Fall sein. Am wahrscheinlichsten handelt es sich hierbei aber um ein durch die studentische Präparation bedingtes Artefakt. Anfangs wurde der M. trapezius bei den Leichen im Kursverlauf von dorsal präpariert, wobei es höchstwahrscheinlich zu einem Verlust an Muskelgewebe an seinem Ursprung kam. So konnte in diesen Fällen der Muskel nach vollständiger Ablösung seiner Pars descendens vom Ursprung zwischen Processus mastoideus und Protuberantia occipitalis superior an der Squama Ossa occipitalis [60] nicht mehr regelrecht an seinen Ursprung adaptiert werden und sich kein Zwickel mit dem M. sternocleidomastoideus ausbilden.

Jedoch ist nicht sicher auszuschließen, dass dieser Zwickel in Einzelfällen intraoperativ nicht aufgefunden werden kann.

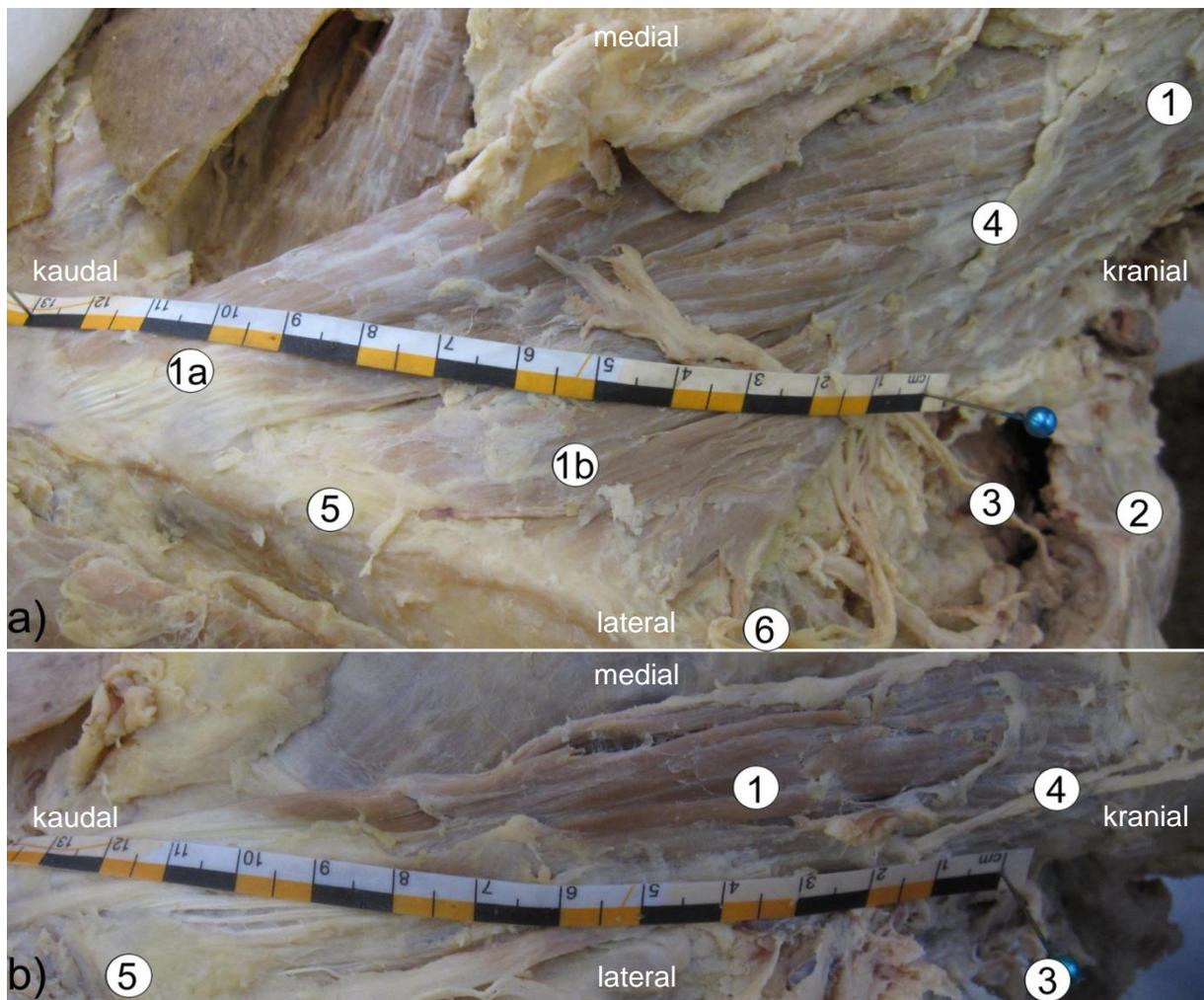
In den Untersuchungen der anatomischen Präparate fiel auf, dass die beiden Muskeln innerhalb der normalen Bandbreite der interindividuellen Variabilität in manchen Fällen eher einen stärkeren Durchmesser, dafür eine geringere Oberflächenausdehnung und in anderen Fällen eine größere Oberflächenausdehnung, dafür einen geringeren Durchmesser aufwiesen (Abb. 4.2). Für den Fall, dass der M. sternocleidomastoideus und vor allem der M. trapezius einen relativ flächigen Verlauf aufweisen, kann sich der Zwickel ausgehend vom Processus mastoideus betrachtet weiter dorso-kaudal bzw. im Fall des M. trapezius weiter distal zum Processus mastoideus befinden. Dementsprechend war der Zwickel in manchen Fällen direkt am Processus mastoideus lokalisiert, in anderen Fällen bis zu 45 mm entlang der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus nach distal lokalisiert.

In manchen Fällen war der M. sternocleidomastoideus an seinem Ursprung nach dorso-okzipital relativ breit und ausladend, wodurch der Zwickel nach dorso-kaudal verlegt wird. Dadurch ergibt sich für EndoCATS ein etwas weiterer Weg zur Schilddrüse und unter Umständen ein anderer Winkel zum Zielgebiet, der Schilddrüsenloge.

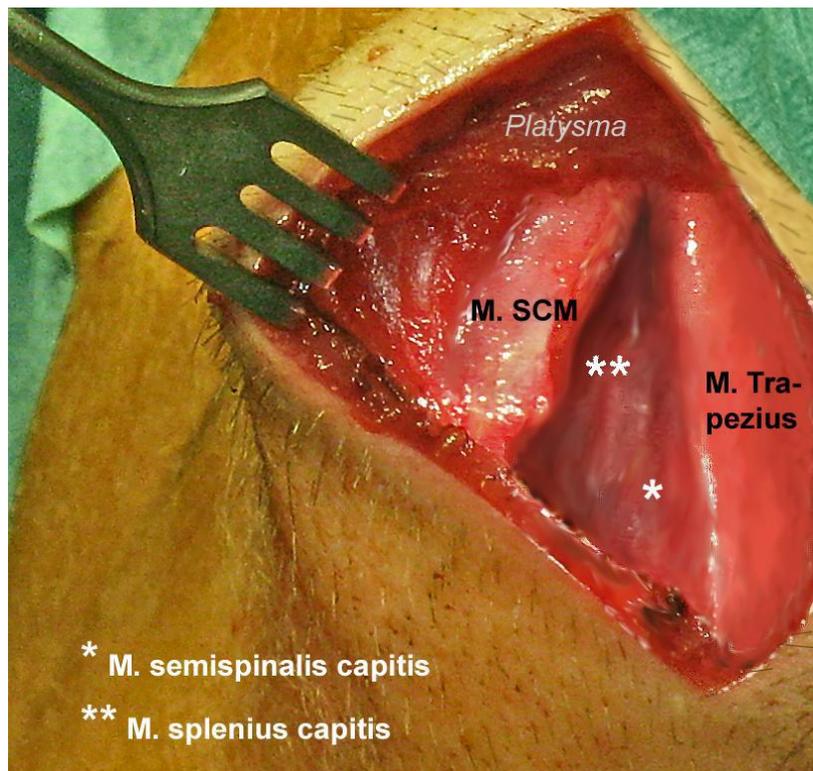
Da der Zwickel zwischen den Muskelfasern der Mm. sternocleidomastoideus et trapezius, bis auf eventuell wenige nicht ganz auszuschließende Ausnahmen, regelhaft vorhanden ist, wurde er als fester Knotenpunkt in den Operationsablauf von EndoCATS integriert [65]. Praktisch bedeutet das, dass nach dem retroaurikulären Hautschnitt die obere Spitze des seitlichen Halsdreieckes präpariert und der Zwickel aufgesucht wird. Dadurch ist trotz der Verwachsungen einzelner Schichten eine sehr gute Orientierung im seitlichen Halsdreieck möglich und die Hinterkante des M. sternocleidomastoideus kann eindeutig identifiziert werden (Abb. 4.3). Es folgt der schichtgerechte Einstieg unter den Muskel mit stumpfer Präparation bis zur Karotisloge (V. jugularis interna).

Anhand dieses Vorgehens konnte der Operationsablauf in diesem Punkt, ferner die Übersicht und Orientierung verbessert werden. Der Zeitbedarf für die Präparation bis zum

Einstieg unter den M. sternocleidomastoideus nahm bei den weiteren durchgeführten Operationen ab und es traten keine Komplikationen in diesem Zusammenhang auf.



**Abb. 4.2: verschiedene Formen des SCM a) flächiger (~5,5 cm oberflächliche Breite, Präparat 23/08) und b) schmaler (~3 cm oberflächliche Breite, Präparat 29/08) SCM mit: 1 SCM (1a sternaler und 1b klavikulärer Anteil), 2 TM, 3 SAN, 4 N. auricularis magnus, 5 Clavicula, 6 dislozierter N. supraclavicularis aus dem PC**



**Abb. 4.3: Intraoperative Darstellung des Zwickels zwischen SCM und TM aus [66]**

#### 4.2.3. Verhältnis von N. accessorius zu M. sternocleidomastoideus

Im weiteren Verlauf der Endo-CATS Operation unterliegt der N. accessorius bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck bei der Querung des M. sternocleidomastoideus in den meisten Fällen dem Risiko einer akzidentellen Verletzung.

Für mindestens 8 cm wird hier stumpf entlang der Unterkante des M. sternocleidomastoideus in Richtung der Karotisloge präpariert [65]. Dabei spielt es eine wesentliche Rolle, ob der N. accessorius unterhalb des Muskels oder im Muskel, also beispielsweise zwischen seinem sternalen und seinem clavikulären Anteil verläuft. Für den Fall, dass der N. accessorius unterhalb des M. sternocleidomastoideus verläuft, ist das Risiko, ihn trotz sorgfältiger Präparation zu verletzen deutlich höher als in dem Fall, dass er im Muskel verläuft. Im ersten Fall steht er entweder in enger Assoziation zum Operationsfeld oder er befindet sich gar im Operationsfeld. In jedem Fall kreuzt er den M. sternocleidomastoideus quer in seinem Verlauf zum lateralen Halsdreieck.

Die durchgeführten Beobachtungen sagen aus, dass der Nerv in 33 von 37 Fällen (89,2%) an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus bei seinem Eintritt in das laterale Halsdreieck und mindestens 5 mm proximal davon unter dem M. sternocleidomastoideus verläuft und nur in vier Fällen (10,8%) einen Weg durch den Muskel nimmt. Die hier

präsentierten Ergebnisse unterscheiden sich in den Zahlen deutlich von denen anderer Arbeitsgruppen, die diesen Sachverhalt näher quantifiziert haben (Tab. 4.1). Lediglich Kierner et al. [36] sowie Durazzo et al. [19] finden den SAN in ihren anatomischen Untersuchungen auch häufiger unter dem SCM als durch den SCM hindurch verlaufend, während andere anatomische Untersuchungen von Caliot et al. [8], Diop et al [16] und neuere hochfrequenzsonographische Untersuchungen [48] das Gegenteil zeigen.

Unsere Ergebnisse betreffend lässt sich dieser Sachverhalt vor allem durch die angewandte Untersuchungsmethodik erklären. Für EndoCATS ist es relevant, ob der N. accessorius bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck generell an der Unterkante eines der Anteile des M. sternocleidomastoideus zu finden ist. Andere Gruppen hingegen haben den Sachverhalt näher dahingehend betrachtet, ob der Nerv generell unter dem M. sternocleidomastoideus vorbei oder durch Anteile dieses Muskels hindurch zieht. Letztere Beobachtung ist anatomisch korrekt, allerdings für EndoCATS nicht weiter relevant. Denn bei der stumpfen Präparation kann der Nerv beispielsweise nach Hindurchziehen durch den medial liegenden sternalen Anteils des M. sternocleidomastoideus bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck trotzdem unter dem klavikulären Anteil liegen und somit bei der Präparation einem erhöhten Verletzungsrisiko ausgesetzt sein. Deshalb wurde hier das Verhältnis des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus bis 5 mm proximal davon betrachtet. Diese Beobachtung erwies sich auch im Kursverlauf als praktikabel und gut zu erheben.

Shiozaki et al. beschrieben 2007 drei anatomische Varianten, nach denen der N. accessorius den M. sternocleidomastoideus queren kann: A) der Nerv zieht unter dem M. sternocleidomastoideus hindurch, gibt Äste zu dessen Innervation ab (45,9%), B) der Nerv zieht erst durch den M. sternocleidomastoideus hindurch, liegt aber im weiteren Verlauf wieder an dessen Unterseite (50,8%) und C) der Nerv verläuft komplett durch den M. sternocleidomastoideus und verlässt ihn erst an seiner Hinterkante (3,3%) [68]. Dabei entsprechen die beiden Typen A und B der hier gemachten Beobachtung „SAN unter dem SCM“ und der Typ C entsprechend „SAN durch den SCM“. Auch die Angaben zur Häufigkeit bei Shiozaki et. al. unterscheiden sich bei näherer Betrachtung also nur marginal von den hier gemachten Untersuchungen. Ansonsten sind die in der Literatur angegebenen Ergebnisse für den rein anatomischen Sachverhalt, ob der Nerv durch oder unter dem M. sternocleidomastoideus verläuft sehr variabel und schwanken je nach Quelle meist etwa um 50% (Tab. 4.1).

Diese Ergebnisse zeigen, dass der N. accessorius aufgrund seiner meistens exponierten Lage an der Innenseite des M. sternocleidomastoideus bei der EndoCATS-Operation auf dem Weg zur Karotisloge einem großen Verletzungsrisiko unterliegt.

#### 4.2.4. Strecke dMA

Die Messungen des Abstands zwischen Processus mastoideus und dem N. accessorius, gemessen entlang der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus, dMA, zeigen ebenfalls, dass der N. accessorius aufgrund seiner Lage zum Processus mastoideus bei EndoCATS gefährdet ist.

Der Operationsweg folgt wie bereits beschrieben für mindestens 8 cm der Unterkante des M. sternocleidomastoideus [65], wobei der N. accessorius im Mittel etwa bei 66,7 mm entfernt vom Processus mastoideus den M. sternocleidomastoideus kreuzt. Alle Messwerte fanden sich bis zu einem Abstand von 10 cm vom Processus mastoideus, die kleinsten Werte lagen bei 45 mm Abstand zum Processus mastoideus. In 56 von 61 Messungen (91,8%) kreuzte der Nerv 8 cm oder näher vom Processus mastoideus entfernt die Hinterkante des M. sternocleidomastoideus, würde also in enger Assoziation mit dem EndoCATS-Operationsweg liegen. In den restlichen fünf Fällen lag der Nerv zwischen 8 cm und maximal 10 cm vom Processus mastoideus entfernt, in diesem Bereich ist eine akzidentelle Verletzung des Nervs zumindest möglich. Keine Messung ergab Werte größer als 10 cm. Zusammen mit der am häufigsten vorkommenden Lage des N. accessorius unter der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus zeigen die durchgeführten Messungen zu dMA die Gefährdung des N. accessorius bei der EndoCATS-Operation. Diese enge Assoziation mit dem EndoCATS-Operationsweg wurden in der EndoCATS-Machbarkeitsstudie bei insgesamt 30 Hemithyroidektomien unabhängig von vorgekommenen akzidentellen Verletzungen des Nervs bestätigt; der Nerv kreuzte bei sechs Operationen sichtbar das Operationsfeld, konnte aber durch vorsichtige Präparation und Mobilisierung geschont werden [64].

Ähnliche Ergebnisse für die Entfernung des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus zum Processus mastoideus finden sich auch in der Literatur (Tab. 4.1). Während andere anatomische Studien Mittelwerte etwa zwischen 50 mm und 63 mm für den Abstand des Nervs vom Processus mastoideus an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus angeben [16, 72, 78], stimmen die Ergebnisse der einzigen verfügbaren in-vivo Messung mittels Hochfrequenzsonographie von Mirjalili et al. 2012 mit den in dieser Arbeit erhobenen Ergebnisse sehr deutlich überein (Tab. 4.1) [48].

**Vergleich der Ergebnisse verschiedener Arbeitsgruppen**

Autoren	dMA $\pm$ SD (range)	SAN zu SCM			Mäandrierung
		unter	durch		
Wirth [84]	66,7 mm $\pm$ 11,7 mm (45-100 mm)	89,2%	10,8%		+ (88,5%)
Mirjalili 2012 [48]	67 mm $\pm$ 11 mm (40-94 mm)	34%	66%		+ (44%)
Canella 2011 [10]	92 mm $\pm$ 15 mm (75-105 mm)				
Symes 2005 [72]	61,3 mm $\pm$ 14,3 mm (31-98 mm)				+ (26%)
Tubbs 2005 [78]	50 mm $\pm$ 13 mm (45-65 mm)				
Dailiana 2001 [13]	(49-62 mm)	20%	80%		
Caliot 1989 [8]	(40-60 mm)	7%	93%		
Diop 1987 [16]	63,4 mm (48-99 mm)	40%	60%		
Durazzo 2009 [19]		55%	45%		
Lee 2009 [42]		45,9%	54,1%		
Shiozaki 2007 [68]		A 45,9%	B 50,8%	C 3,3%	
Kierner 2000 [36]		63%	37%		+
Krause 1991 [39]		38,5%	61,5%		
Nason 2000 [52]					+
Pereira 1999 [57]					+

**Tab. 4.1: Vergleich der Ergebnisse mit anderen Arbeitsgruppen**

#### 4.3 Erscheinen Methoden zur präoperativen Abschätzung des SAN-Verlaufes sinnvoll? Die Bedeutung der Mäandrierung

Bevor eine Methode zur Abschätzung des Verlaufs des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus und im seitlichen Halsdreieck angewendet wird, muss man sich die Frage stellen, inwieweit eine solche Anwendung für EndoCATS in einer so gut beweglichen Region wie dem Hals Sinn machen kann.

Aufgrund der technischen Gegebenheiten wurden die Messungen an den anatomischen Präparaten in Neutralstellung durchgeführt. Dies erfolgte aus dem einfachen Grund, dass an einer noch nicht vollständig präparierten Halsregion eine Drehung des Kopfes zur Gegenseite ipsilateral aufgrund des Verlustes an Dehnbarkeit der Gewebe zu einer widernatürlichen Zerrung des Gewebes führen könnte und somit für diesen Fall nicht unbedingt repräsentative Messergebnisse zu erwarten sind. Dreht man den Kopf nach vollständiger Präparation, sind alle Strukturen nur mehr unzureichend in ihrer Umgebung fixiert, so dass es mit großer Wahrscheinlichkeit zu falschen Beobachtungen kommen würde.

Kann man aber die in Neutralstellung erhobenen Befunde auf einen intraoperativ zur Gegenseite gedrehten Hals übertragen? Die Frage ist, ob der Nerv je nach Kopfstellung relativ zum M. sternocleidomastoideus und im seitlichen Halsdreieck seine Lage ändert, also im lockeren Bindegewebe verschieblich ist. In den anatomischen Präparationen zeigte sich, dass der N. accessorius im bzw. unter dem M. sternocleidomastoideus im ihn umgebenden Bindegewebe gut fixiert war, allerdings lässt sich nicht mit Sicherheit ausschließen, dass es sich bei dem den SAN fixierenden Bindegewebe um ein durch die Formalin-Fixierung bedingtes Artefakt handelt. Gerade der Verlust der bindegewebigen Verschiebeschichten, sowie die generelle Veränderung der Gewebebeschaffenheit durch die Fixierung der Leichen bedingten auch, dass zu diesem Sachverhalt keine näheren Untersuchungen an den anatomischen Präparaten möglich waren. Unabhängig von der Funktion des Bindegewebes, in welches der N. accessorius bei seinem Verlauf im bzw. unter dem M. sternocleidomastoideus eingebettet ist, legen seine Äste, die der Innervation des Muskels dienen, aber eine relativ fixe Position des Nerven bei der Querung des Muskels nahe. Im seitlichen Halsdreieck selbst liegt der Nerv in enger Assoziation mit den Lymphknoten des Levels V, teilweise Gefäßen, anastomosierenden Ästen des Plexus cervicalis und ist von Fett- und Bindegewebe umgeben, was für eine gute Fixierung spricht [8, 42, 48, 52, 62, 72]. Weiterhin fiel auf, dass der N. accessorius im seitlichen Halsdreieck oft einen mehr oder weniger geschlängelten Verlauf aufwies, in 46 von 52 Fällen (88,5%). Diese Tatsache wurde bereits in mehreren Publikationen erwähnt und teilweise auch näher quantifiziert (Tab. 4.1). Bedenkt man, dass der N. accessorius unter enormen Zug stehen müsste, wenn man den Kopf nach kontralateral dreht und ipsilateral die Schulter nach dorso-kaudal bewegt,

erscheint die meist aufgefundene Mäandrierung des N. accessorius als ideale biomechanische Längenreserve um solche Bewegungen des Halses zu kompensieren. Die in den Untersuchungen im Institut für Rechtsmedizin der LMU München gewonnenen Einzelbeobachtungen legen auch nahe, dass der N. accessorius bei seiner Querung des M. sternocleidomastoideus gut fixiert ist und seine Lage auch bei extremen Kopfdrehungen nicht verändert. Dies wird auch von den EndoCATS-Operateuren bestätigt.

Tubbs et al. konnten in histologischen Untersuchungen des N. accessorius keinen Grund für den unüblich geschlängelten Verlauf des N. accessorius finden und gehen auch von der „*biomechanical functional necessity*“ [80] aus, haben aber auch keine begründete Erklärung, warum der N. accessorius der einzige Nerv mit diesem geschlängelten Verlauf zu sein scheint [80].

Es kann an dieser Stelle nur spekuliert werden, inwieweit der N. accessorius im seitlichen Halsdreieck eine Verschieblichkeit aufweist, jedoch liefert der häufig gefundene geschlängelte Verlauf und seine Assoziation mit Lymphknoten, Bindegeweben, Gefäßen sowie Ästen des Plexus cervicalis eine plausible Erklärung dafür, dass diese Verschieblichkeit eher gering sein dürfte.

Für die präoperative Vorhersage des Verlaufes des N. accessorius anhand der hier verwendeten anatomischen Orientierungspunkte reicht die Erkenntnis aus, dass der Nerv an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus bei seinem Eintritt in das seitliche Halsdreieck relativ gut fixiert und nicht weiter gegenüber der Umgebung verschieblich ist. Dies lässt eine präoperative Evaluierung seines Verlaufes zur besseren Schonung sinnvoll erscheinen.

#### 4.4. Präoperative Abschätzung des N. accessorius-Verlaufes

Die Gefährdung des N. accessorius im seitlichen Halsdreieck und an der Facies medialis des M. sternocleidomastoideus beispielsweise bei Lymphknotenbiopsien oder EndoCATS lassen es nötig erscheinen, den Verlauf des Nerven in diesen Arealen, etwa anhand von anatomischen Orientierungspunkten, abschätzen zu können.

Damit kann im entsprechenden Gebiet bei der Operation mit besonderer Sorgfalt vorgegangen werden oder im idealen Fall anhand der präoperativen Abschätzung des Verlaufes eine Gefährdung mit großer Sicherheit ausgeschlossen werden, wenn der Verlauf des Nerven nicht mit dem Operationsweg in Assoziation steht. Einige Methoden wurden bereits beschrieben und erwiesen sich im Hinblick auf EndoCATS als nicht geeignet, zu ungenau oder nicht ausreichend evaluiert. Speziell für EndoCATS kann ausgehend von den hier vorgestellten Untersuchungen mit Hilfe von anatomischen Orientierungspunkten

versucht werden, die Stelle an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus präoperativ abzuschätzen, an welcher der N. accessorius in das seitliche Halsdreieck eintritt.

#### 4.4.1. Intervalle dMA und dAJ

Eine Möglichkeit der präoperativen Abschätzung des Verlaufes des N. accessorius besteht anhand der leicht tastbaren anatomischen Fixpunkte Jugulum und Processus mastoideus.

Ausgehend von den Messungen zu dMA kann davon ausgegangen werden, dass der N. accessorius nicht vor einer Distanz von 4 cm zur Spitze des Processus mastoideus an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus in das seitliche Halsdreieck eintritt. Das anhand der Messwerte zu dMA erstellte 95%-Konfidenzintervall gibt an, dass der N. accessorius ab einer Distanz von 5 cm von der Spitze des Processus mastoideus und nicht weiter als 10 cm von dieser entfernt den M. sternocleidomastoideus an dessen Hinterkante kreuzt ( $5 \text{ cm} \leq x^{\text{dMA}} \leq 10 \text{ cm}$ ). Zusätzlich lässt sich der Punkt mit Hilfe der erhobenen Messwerte zu dAJ weiter eingrenzen. Hier findet sich der N. accessorius ab einer Distanz von 16 cm ausgehend von der Incisura jugularis Sterni, quer über den Muskel zu dessen Hinterkante gemessen. Das 95%-Konfidenzintervall zu dAJ beginnt unterhalb des Wertes von 15 cm ( $10 \text{ cm} \leq x^{\text{dAJ}} < 15 \text{ cm}$ ).

Der Vergleich für die Messwerte zu dMA und dAJ nach Körperseite ergab, wie auch bei der Untersuchung von Canella et al., keinen signifikanten Unterschied, was aufgrund der Körpersymmetrie auch nicht zu erwarten war [10]. Interessanterweise besteht im Gegensatz zu den Untersuchungen von Canella et al. sowohl für dMA als auch für dAJ ein signifikanter Unterschied zwischen Messungen an männlichen gegenüber weiblichen Präparaten [10]. Um diesen Aspekt ausreichend in den entsprechenden Konfidenzintervallen zu berücksichtigen ist die Fallzahl dieser Untersuchung mit 40 (24) Messungen an weiblichen und 21 (16) Messungen an männlichen Präparaten für dMA (dAJ) aber zu gering. Um diesen Sachverhalt näher beleuchten und auf seinen praktischen Nutzen hin prüfen zu können, wäre eine Untersuchung an einem größeren Kollektiv notwendig. Dabei ist es unwahrscheinlich, dass es sich um einen reinen Messfehler oder systematischen Untersuchungsfehler handelt, da sich in diesem Fall die Messwerte für dMA und dAJ gegenläufig zueinander verhalten würden: ein größeres dMA hätte ein kleineres dAJ zur Folge und umgekehrt. In diesem Falle aber sind sowohl die Messwerte zu dMA als auch zu dAJ an männlichen Präparaten signifikant größer als die an weiblichen Präparaten. Vergleichbare Beobachtungen konnten außer in der Untersuchung von Canella et al. in der Literatur nicht gefunden werden [10].

Insgesamt erscheint der hier erstmals erhobene Abstand des N. accessorius zur Incisura jugularis sterni (dAJ) für eine präoperative Abschätzung des Punktes an der Hinterkante des

M. sternocleidomastoideus, an welchem der N. accessorius in das seitliche Halsdreieck eintritt, geeigneter als der Abstand dMA zu sein, da sich auch gewisse Tendenzen einer Korrelation mit den Patientenparametern Körpergröße, Körpergewicht, Körperoberfläche und Alter zeigten. Die Incisura jugularis Sterni ist dabei ein sehr gut zu tastender Knochenpunkt, allerdings ist, da es sich bei dAJ um einen entlang der Körperoberfläche gemessenen Parameter handelt, zu vermuten, dass dAJ bei stark adipösen Patienten zur Auffindung des N. accessorius nicht geeignet sein wird. Inwieweit dAJ bei der präoperativen Lageabschätzung in vivo wirklich hilfreich sein kann, muss Gegenstand von weiteren Untersuchungen sein.

#### 4.4.2. Regressionsanalyse und leave-one-out-Experimente

Der Ansatz, den Verlauf des SAN anhand der Variablen Alter und Geschlecht abschätzen zu können, ist vollkommen neu.

Ausgehend von einer konstant vorhandenen und leicht aufzufindenden anatomischen Landmarke, der Incisura jugularis Sterni, kann die berechnete Strecke  $dAJ^n$  entlang der bei Kopfdrehung sichtbaren Hinterkante des SCM in jedem Fall zur präoperativen Abschätzung des Verlaufes des SAN verwendet werden.

Da mit den beiden Konfidenzintervallen dMA und dAJ nur der Punkt bestimmt werden kann, an dem der Nerv ausgehend vom Processus mastoideus entlang der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus frühestens aufgefunden werden kann, wurde ausgehend von den Messungen anhand der durchgeführten Regressionsanalysen ein Modell erstellt, mit dem  $dAJ^n$  mit den beiden Variablen Alter und Geschlecht nach folgender Gleichung berechnet werden kann:

$$dAJ^n(\text{in mm}) = 137.74 - \text{Alter} \times (0.368) + \text{Geschlecht} (1 \text{ weiblich oder } 2 \text{ männlich}) \times 12.195.$$

Die für dieses Modell berechnete Standardabweichung von 9,9 mm erlaubt es, ein punktweises 95%-Konfidenzintervall für jeden berechneten Wert  $dAJ^n$  anzugeben. Es beträgt insgesamt 38,8 mm ( $x \pm 19,4$  mm). In diesem Intervall ist der wahre Wert für dAJ mit 95%iger Wahrscheinlichkeit enthalten.

Der bereits diskutierte, deutlich signifikante Unterschied im t-Test zwischen männlichen und weiblichen Präparaten für dAJ ( $p < 0,001$ ) kommt entsprechend auch in der Regressionsanalyse zum Tragen.

Ein wichtiger Punkt bei einer präoperativen Abschätzung des Verlaufs des N. accessorius an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus ist die Genauigkeit. Diese ist mit einer

aufgrund dieser Untersuchungen zu erwartenden Streuung von ca. 4 cm nicht perfekt, aber hinreichend genau, um den Nerven in diesem Gebiet aufzufinden, da man sich bei der Operation auf ein entsprechendes Gebiet konzentrieren kann. Vermutlich lässt sich eine maximale Genauigkeit in der Kombination dieser drei einfachen Methoden erreichen: die Berechnung von  $dAJ^n$  und der Vergleich des berechneten Wertes mit den beiden Konfidenzintervallen zu  $dAJ$  und  $dMA$ , da der Nerv wenig wahrscheinlich vor einer Entfernung von kleiner als 4 cm zum Processus mastoideus ( $dMA$ ) und weniger als 15 cm von der Incisura jugularis Sterni an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus zu finden ist. Ein deutlicher Vorteil dieser Methoden ist, dass sie nicht-invasiv sind und trotzdem eine relativ genaue Vorhersage des Punktes an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus erlauben, an dem der N. accessorius in das seitliche Halsdreieck eintritt. Problematisch dabei ist, dass es sich bei der Berechnung von  $dAJ^n$  bislang um ein rein theoretisches Modell handelt, dessen praktische Anwendung vor einer möglichen klinischen Anwendung hinreichend evaluiert werden muss. Hier spielt vor allem eine Rolle, dass ein derartiges Modell gut geeignet ist, Werte für ein großes Kollektiv mit der durch das punktweise 95%-Konfidenzintervall festgelegten Genauigkeit vorherzusagen, beispielsweise sollten von 100 berechneten Werten für  $dAJ^n$  maximal fünf weiter als 19,4 mm ( $1,96 \times SD$ ) vom wahren Wert abweichen.

Zur Überprüfung der Genauigkeit des anhand der Regressionsanalyse bestimmten Modells zur Berechnung von  $dAJ^n$  wurde eine Kreuzvalidierung in Form von leave-one-out-Experimenten anhand der für diese Untersuchung an 40 Halsregionen gewonnenen Daten zu  $dAJ$  durchgeführt. Hier wird jeweils von den 40 gemessenen Datensätzen zu  $dAJ$  einer ausgelassen und anhand der linearen Regression mit den Parametern „Alter“ und „Geschlecht“ des ausgelassenen Datensatzes der Wert für  $dAJ$  neu berechnet ( $dAJ^n$ ). Die Berechnung erfolgt in Analogie zu der in 3.8. beschriebenen Regressionsanalyse. Der für den ausgelassenen Datensatz berechnete Wert  $dAJ^n$  wird dann mit dem gemessenen, wahren Wert  $dAJ$  aus diesem Datensatz verglichen.

Es zeigt sich, dass wie vorhergesagt, 95% der berechneten Werte für  $dAJ^n$  in dem zuvor bestimmten, punktweisen 95%-Konfidenzintervall liegen (siehe 3.8.). 67,5% der auf diesem Weg ermittelten Werte liegen von dem wahren Wert  $dAJ$  sogar weniger als 10 mm entfernt. Weitere 27,5% liegen zwischen 10 mm und 19,4 mm, also der Grenze des Konfidenzintervalls, vom wahren Wert  $dAJ$  entfernt. Lediglich 2 berechnete Werte (5%) liegen knapp außerhalb des Konfidenzintervalls (22 mm und 23 mm).

Diese Ergebnisse bestätigen, dass das anhand der Regressionsanalyse bestimmte Modell zur Berechnung von  $dAJ^n$  in seinen Grenzen, angegeben durch das punktweise 95%-Konfidenzintervall von  $x \pm 19,4$  mm, hinreichend genaue Ergebnisse liefert.

Im Einzelfall aber kann prospektiv nicht ausgeschlossen werden, dass der berechnete Wert  $dAJ^n$  zu den 5% aller Ergebnisse zählt, bei denen der wahre Wert nicht in diesem Intervall enthalten sein wird. Dies bedeutet ein für diesen Einzelfall nicht unbedeutendes und somit inakzeptables Restrisiko für eine intraoperative akzidentelle Verletzung des SAN.

Zur Zeit der Untersuchung lagen noch keine Ergebnisse zur Untersuchung des Verlaufs des N. accessorius mithilfe von Ultraschall vor. Dies würde sich aus heutiger Sicht als vielversprechende Methode zur individuellen, klinischen Evaluation dieses theoretischen Modells zur Berechnung von  $dAJ^n$  anbieten. Allerdings bietet auch diese Methode einige Fehlerquellen. So können beispielsweise Verwechslungen mit größeren Ästen des Plexus cervicalis auftreten. Aufgrund der komplexen Situation im seitlichen Halsdreieck mit Aufzweigung des SAN in kleinere Äste und multipler, inkonstanter Anastomosierungen mit Ästen des Plexus cervicalis kann sich das Auffinden von Nervenästen mit geringem Durchmesser schwierig bis unmöglich gestalten. Weiterhin wird man während der Untersuchung den Patienten nicht in eine zum operativen Setting vergleichbaren Lagerung bringen können, da intraoperativ aufgrund der Narkose und Muskelrelaxation gewisse extreme Lagen problemlos toleriert werden können. So kann es sich schwierig gestalten, die präoperativ erhobenen Befunde in das intraoperative Setting zu übertragen.

Auf eine Evaluation des vorliegenden Modells zur präoperativen Berechnung der Strecke  $dAJ^n$  und Verwendung der Intervalle  $dMA$  und  $dAJ$  sowie sonographischer Korrelation und abschließender intraoperativer Kontrolle im Rahmen der EndoCATS-Operation wurde aufgrund einer auf dieser Arbeit basierenden Modifikation des EndoCATS-Operationsweges verzichtet, da das bestehende Restrisiko für eine akzidentelle SAN-Verletzung als nicht akzeptabel erschien.

#### 4.5. Modifikation EndoCATS

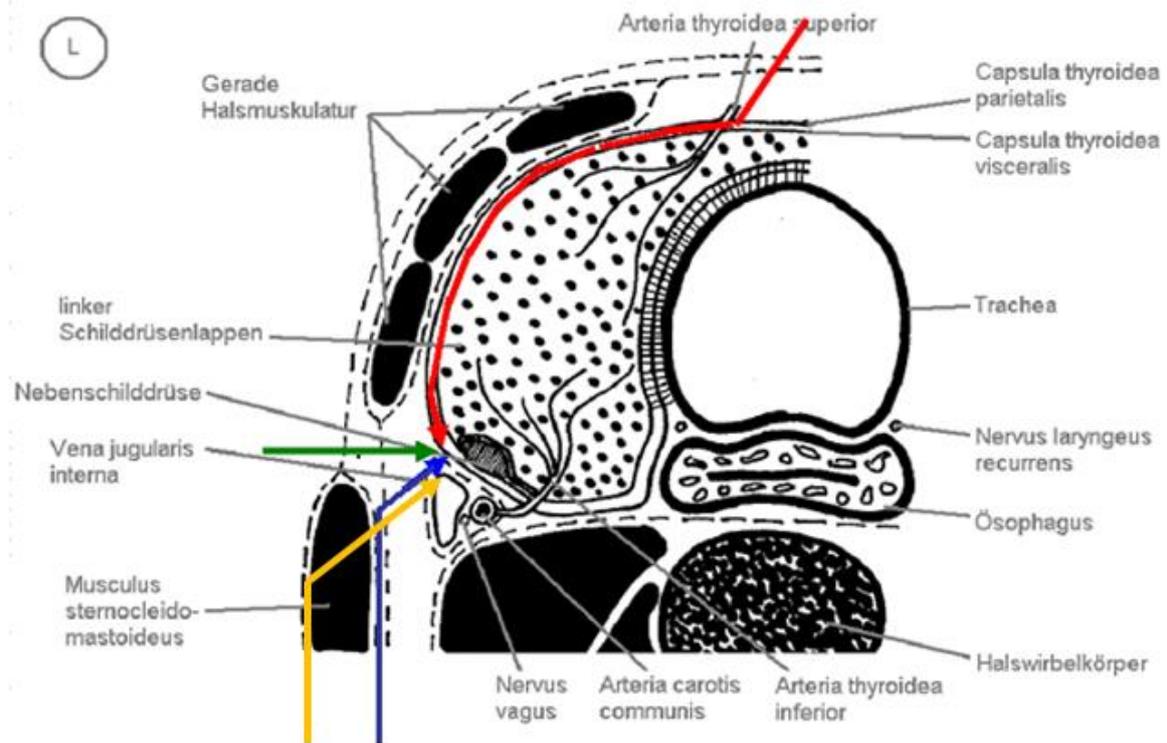
Letztendlich kann jedoch, gleich nach welcher Methode und mit welcher Genauigkeit der N. accessorius präoperativ betrachtet wird, im Einzelfall nicht ausgeschlossen werden, dass es zu einem direkten Trauma oder einer Traktionsverletzung durch wirkende Hebelkräfte kommen kann, solange der Nerv wie mit diesen Untersuchungen gezeigt worden ist, meist in enger Assoziation mit dem Operationsweg von EndoCATS liegt.

Der großen Gefahr, den Nerven ohne Kenntnis seiner genauen Lage unwissentlich zu verletzen, kann man mit den vorgestellten Methoden hinreichend begegnen. Dennoch bleibt der N. accessorius durch seine Lage im Operationsfeld gefährdet, da gerade bei der Präparation und Mobilisation zu seiner Schonung auch Verletzungen auftreten können, was im Rahmen der Operation benigner Schilddrüsenerkrankungen unnötig erscheint.

Somit sind Methoden zur präoperativen Lageabschätzung des N. accessorius gute Hilfsmittel, das Grundproblem jedoch lässt sich auf diesem Weg nicht mit absoluter Sicherheit lösen.

In Kenntnis seiner anatomischen Lage und engen Beziehung zum EndoCATS-Operationsweg bedeutet eine Medialisierung des Nervs in Bezug auf den Operationsweg immer eine potentielle Druckbelastung und eine Lateralisierung eine Zugbelastung mit der Gefahr, hierdurch den Nerven zu schädigen.

Daher wurde, um eine Gefährdung des N. accessorius zu vermeiden, nach neuerlicher anatomischer Betrachtung des Weges von retroaurikulär zur Schilddrüse für die EndoCATS-Operationsmethode ein modifizierter Zugang lateral des M. sternocleidomastoideus, gewählt. Dabei bietet die gut sichtbare Vorderkante des M. sternocleidomastoideus nach Spaltung seiner Faszie eine gute Orientierung bis zur Clavicula. Im weiteren Verlauf der Präparation wird nun weiter distal der sternale vom klavikulären Anteil des M. sternocleidomastoideus getrennt, was bei ausgesprochen gutem Überblick über das Operationsfeld einen direkten Weg zur V. jugularis interna, damit zum *Spatium chirurgicum* (de Quervain) und von dort zur Schilddrüse, bietet [66]. Auf diese Weise ist der N. accessorius dank seines weiter proximalen, schräg von medio-kranial nach latero-kaudal ziehenden Verlaufes unterhalb oder innerhalb des M. sternocleidomastoideus definitiv vor einem direkten Operationstrauma und durch den ihm aufliegenden bzw. umgebenden M. sternocleidomastoideus auch ausreichend gegenüber einer möglichen Druck-/ Zugbelastung geschützt (Abb. 4.4).



**Abb. 4.4: Schema der verschiedenen Zugangsvarianten zur Schilddrüse mit:**

- **roter Pfeil:** konventioneller Zugang mittels Kocher-Kragenschnitt sowie MIVAT, ABBA
- **grüner Pfeil:** konventioneller, lateraler Zugang nach de Quervain sowie minimal invasiv nach Henry
- **blauer Pfeil:** ursprünglicher Zugang EndoCATS medial des SCM
- **gelber Pfeil:** neuer, modifizierter Zugang EndoCATS lateral des SCM

[25, 41, 47, 49, 53, 64, 65, 66]

## 5 Zusammenfassung

In 61 Halsregionen wurden die anatomischen Verhältnisse des N. accessorius anhand von definierten anatomischen Orientierungspunkten systematisch erfasst, um die Gefährdung des N. accessorius bei der EndoCATS-Operation zu untersuchen und eine Lösung für die Problematik der akzidentellen Verletzung des Nerven zu finden.

Die Ergebnisse zeigten, dass der Nerv durch seine Lage relativ zum M. sternocleidomastoideus und aufgrund seiner mittleren Entfernung zum Processus mastoideus, gemessen an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus, in enger Assoziation zum EndoCATS-Operationsweg liegt. Alle Messungen und Beobachtungen wurden mit der aktuellen Literatur verglichen.

Ausgehend von den Messungen wurde eine einfache, nicht-invasive Methode beschrieben, um den Verlauf des Nervs bei EndoCATS anhand der anatomischen Orientierungspunkte präoperativ abschätzen zu können. Anhand der Berechnung von  $dAJ^n$  ist es möglich, den Punkt an der Hinterkante des M. sternocleidomastoideus mit 95%iger Sicherheit auf  $\pm 19,4$  mm genau abzuschätzen, an dem der N. accessorius in das seitliche Halsdreieck eintritt. Dies wird durch die Kreuzvalidierung bestätigt. Die Genauigkeit dieser Vorhersage kann mit Hilfe der 95%-Konfidenzintervalle zu  $dMA$  und  $dAJ$  noch verbessert werden.

Dabei handelt es sich bisher um ein rein theoretisches Modell, dessen Eignung für eine in vivo-Vorhersage noch aussteht und bei dem nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Vorhersage in Einzelfällen um mehr als das angegebene Konfidenzintervall vom wahren Wert abweichen kann. Auch kann man durch eine sichere prä- und intraoperative Identifizierung nicht mit letzter Sicherheit eine akzidentelle Verletzung des Nervs ausschließen.

Daher wurde basierend auf dieser anatomischen Untersuchung der EndoCATS-Operationsweg erfolgreich modifiziert, um eine sichere Schonung des N. accessorius zu ermöglichen. Der neue Operationsweg führt lateral am M. sternocleidomastoideus vorbei und zwischen seinen sternalen und claviculären Anteilen hindurch zur V. jugularis und dem *Spatium chirurgicum* (de Quervain).

## 6 Literaturverzeichnis

01. Alexander, EK.; Kennedy, GC.; Baloch, ZW.; Cibas, ES.; Chedova, D.; Diggans, J.; Friedmann L.; Kloos, RT.; LiVolsi, VA.; Mandel, SJ.; Raab, SS.; Rosai, J.; Steward, DL.; Walsh, PS.; Wilde, JI.; Zeiger, MA.; Lanman, RB.; Haugen, BR.:  
Preoperative Diagnosis of Benign Thyroid Nodules with Indeterminate Cytology  
New Engl J Med (2012) 367(8):705-15
02. Aumüller, G.; Aust, G.; Doll, A. et al.:  
Anatomie – Duale Reihe  
429-430 und 1001-1002, Thieme, Stuttgart, 2007
03. Baker, R.; Urso-Baiarda, F.; Linge, C.; Grobbelaar, A.:  
Cutaneous Scarring: A Clinical Review  
Deramtol Res Pract (2010), S. 1–7 – Epub 10.02.2010
04. Benhidjeb, T.; Harlaar, J.; Kerver, A.; Kleinrensink, G.J.; Wilhelm, T.:  
Transorale endoskopische Thyreoidektomie – Teil 2: Operationstechnik  
Chirurg (2010) 81(2):134-8
05. Benninghoff, A.; Drenkhahn, D.:  
Kapitel 12.5 in: Anatomie -Makroskopische Anatomie, Embryologie, Zellbiologie  
Band 2, 564-565, Urban und Fischer, München – Jena, 2004
06. Brown, H.:  
Anatomy of the spinal accessory nerve plexus: relevance to head and neck cancer and atherosclerosis  
Exp Biol Med (2002) 227(8):570–578
07. Braybrooke, J.; Kumar, C.; Morris, E.:  
Spinal accessory nerve palsy following blunt trauma  
Injury (2003), Int J Care Injured 34:948-9
08. Caliot, P.; Bousquet, V.; Midy, D.; Cabanie, P.:  
A contribution to the study of the innervation of the sternocleidomastoid muscle  
Anat Clin (1984) 11:11–15
09. Camp, S.J.; Birch, R.:  
Injuries to the spinal accessory nerve: a lesson to surgeons  
J Bone Joint Surg Br (2011) 93:62-7
10. Canella, C.; Demondion, X.; Abreu, E.; Marchiori, E.; Cotton, H.; Cotton, A.:  
Anatomical study of spinal accessory nerve using ultrasonography  
Eur J Radiol (2013) 82(1):56-61

11. Cheah, W.K.; Delbridge, L.:  
Scarless (in the neck) endoscopic thyroidectomy (SET): an evidence-based review of published techniques  
World J Surg. (2008) 32(7): 1349–57.
12. Chiu, CG.; Yao, R.; Chan, SK.; Strugnell, SS.; Bugis, S.; Irvine, R.; Anderson, D.; Walker, B.; Jones, SJ.; Wiseman, SM.:  
Hemithyroidectomy is the preferred initial operative approach for an indeterminate fine needle aspiration biopsy diagnosis  
Can J Surg (2012) 55(3): 191-8
13. Dailiana, Z.H.; Mehdian, H.; Gilbert, A.:  
Surgical anatomy of the spinal accessory nerve: is trapezius functional deficit inevitable after division of the nerve?  
J Hand Surg Br (2001) 26(2):137-41
14. DESTATIS. Statistisches Bundesamt.  
Gesundheit 2010  
Wiesbaden (2011)
15. DeVries, J.; Menovsky, T.; Grotonhuis, J.A.; van Overbeek, J.J.:  
Protective coating of cranial nerves with fibrin during cranial base surgery: technical note  
Neurosurgery (1998) 43:1242–1246
16. Diop, E.M.; Sow, M.L.; Diop, L.S.; Sylla, S.:  
Anatomical features concerning the spinal accessory nerve. Apropos of 106 dissections of the neck in cadavers  
Ann Otolaryngol Chir Cervicofac (1987) 104:227–232
17. Dralle, H.:  
Rekurrens- und Nebenschilddrüsenpräparation in der Schilddrüsenchirurgie  
Chirurg (2010) 80:352-363
18. Dralle, H.; Sekulla, C.; Lorenz, K.; Brauckhoff, M.; Machens, A:  
Intraoperative monitoring of the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery  
World J Surg (2008) 32(7):1358–66
19. Durazzo, M.D.; Furlan, J.C.; Teixeira, G.V.; Friguglietti, C.U.M.; Kulcsar, M.A.V.; Magalhaes, R.P.; Ferraz, A.R.; Brandao, L.G.:  
Anatomic landmarks for localization of the spinal accessory nerve  
Clin Anat (2009) 22:471–475

20. Fan, Y.; Guo, B.; Guo, S.; Kang, J.; Wu, B.; Zhang, P.; Zheng, Q.:  
Minimally invasive video-assisted Thyroidectomy: experience of 300 cases  
*Surg Endosc* (2010) 24(10):2393-400
21. Fischer, D.A.:  
A simple method of identifying the spinal accessory nerve  
*Dermatol Surg* (2000) 26:384–386
22. Gagner, M.:  
Endoscopic subtotal parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism  
*Br J Surg* (1996) 83:875
23. Gauglitz, G.G.; Korting, HC.; Pavicic T.; Ruzicka T.; Jeschke, MG.:  
Hypertrophic scarring and keloids: pathomechanisms and current and emerging treatment strategies  
*Mol Med* (2011) 17(1–2): 113–25
24. Hale, S.J.; Mirjalili, S.A.; Stringer, M.D.:  
Inconsistencies in Surface Anatomy: The Need for an Evidence-Based Reappraisal  
*Clin Anat* (2010) 23(8):922-30
25. Henry, J.F., Sebay F.:  
Lateral endoscopic approach for thyroid and parathyroid surgery  
*Annales de chirurgie* (2006) 131(1):51-6
26. Hermann, M.:  
*Schilddrüsenchirurgie*. Wien: Springer, 2010: 153, 185.
27. Hill, J.H.; Olson, N.R.:  
The Surgical Anatomy of the Spinal Accessory Nerve and the Internal Branch of the Superior Laryngeal Nerve  
*Laryngoscope* (1979) 89(12):1935-42
28. Hone, S.W.; Ridha, H.; Rowley, H.; Timon, C.I.:  
Surgical landmarks of the spinal accessory nerve in modified radical neck dissection  
*Clin Otolaryngol* (2001) 26:16-18
29. Hur, S.M.; Kim, SH.; Lee, SK.; Kim, WW.; Choe, JH.; Lee, JE.; Kim, JH.; Nam, SJ.; Yang, JH.; Kim, JS.:  
New endoscopic thyroidectomy with the bilateral areolar approach: a comparison with the bilateral axillo-breast approach  
*Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* (2011) 21(5): e219–24

30. Hüscher, C.S.G.; Chiodini, S.; Napolitano, C.; Recher, A.:  
Endoscopic right thyroid lobectomy  
*Surg Endosc* (1997) 11:877
31. Ikeda, Y.; Takami, M.; Niimi, M.; Kan, S.; Sasaki, Y.; Takayama, J.:  
Endoscopic neck surgery by the axillary approach  
*J Am Coll Surg.* (2000) 191(3): 336–40
32. Ishii, S.; Ohgami, M.; Arisawa, M.:  
Endoscopic thyroidectomy with anterior chest wall approach  
*Surg Endosc.* (1998) 12:611.
33. Karlikaya, G.; Citci, B.; Güclü, B.; Türe, H.; Türe, U.; Bingöl, C.A.:  
Spinal Accessory Nerve Monitoring in Posterior Fossa Surgery  
*J Clin Neurophysiol* (2008) 25:346-50
34. Keles, Z.; Zinnuroglu, M.; Beyazova, M.:  
Impairment of upper Trapezius Branch of the Spinal Accessory Nerve during Bypass Grafting: a stretch Injury?  
*Muscle Nerve* (2010) 41:144-7
35. Kierner, A.C.; Burian, M.; Bentzien, S.; Gstoettner, W.:  
Intraoperative electromyography for identification of the trapezius muscle innervations: clinical proof of a new anatomical concept  
*Laryngoscope* (2002) 112:1853–1856
36. Kierner, A.C.; Zelenka, I.; Heller, S.; Burian, M.:  
Surgical anatomy of the spinal accessory nerve and the trapezius branches of the cervical plexus  
*Arch Surg* (2000) 135:1428–1431
37. King, R.J., Motta, G.:  
Iatrogenic spinal accessory nerve palsy  
*Annals of the Royal College of Surgeons of England* (1983) 65: 35-37
38. Kouniavsky, G.; Zeiger, M.:  
The Quest for Diagnostic Molecular Markers for Thyroid Nodules With Indeterminate or suspicious Cytology  
*J Surg Oncol* (2012) 105: 438-43
39. Krause, H.R.; Bremerich, A.; Herrmann, M.:  
The innervation of the trapezius muscle in connection with radical neck-dissection  
*J Craniomaxillofac Surg* (1991) 19:87–89

40. Lanz, T., v.; Wachsmuth, W.:  
Hirnnerven des Halsbereiches in: Praktische Anatomie: Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns  
Band 1, Teil 2, 48-49, J. Springer, Berlin – Göttingen – Heidelberg 1955
41. Lee, K.E.; Kim, H.Y.; Park, W.S.; Choe, J.H.; Kwon, M.R.; Oh, S.K.; Youn, Y.K.:  
Postauricular and Axillary Approach Endoscopic Neck Surgery: A New Technique  
World J Surg (2009) 33:767-72
42. Lee, S.H.; Lee, J.K.; Jin, S.M.; Kim, J.H.; Park, S.; Chu, H.R.; Ahn, H.J.; Rho, Y.S.:  
Anatomical variations of the spinal accessory nerve and its relevance to level IIb lymph nodes  
Otolaryngol Head Neck Surg (2009) 141:639-44
43. Lee, Y.S.; Nam, K.H.; Chung, W.Y., Chang, H.S.; Park, C.S.:  
Postoperative complications of thyroid cancer in a single center experience  
J Korean Med Sci. (2010) 25(4): 541–5
44. Levy, D.; Vacher, C.; Lezy, J.P.:  
Relations of the accessory nerve with the internal jugular vein: surgical implications in cervical lymph node clearances  
Surg Radiol Anat (2001) 23(3):155-7
45. Li, Z.Y.; Wang, P.; Wang, Y.; Xu, S.M.; Cao, L.P.; Que, R.S.; Zhou, F.:  
Endoscopic lateral neck dissection via breast approach for papillary thyroid carcinoma: a preliminary report  
Surg Endosc (2011) 25(3):860-6
46. Magill, C.K.; Moore, A.M.; Mackinnon, S.E.:  
Same modality nerve reconstruction for accessory nerve injuries  
Otolaryngol Head Neck Surg (2008) 139:854-6
47. Miccoli, P.; Bellantone, R.; Mourad, M.; Walz, M.; Raffaelli, M.; Berti, P.:  
Minimally invasive surgery for thyroid small nodules: preliminary report  
J Endocrinol Invest. (1999) 22(11): 849–51
48. Mirjalili, S.A.; Muirhead, J.C.; Stringer, M.D.:  
Ultrasound Visualization of the Spinal Accessory Nerve In Vivo  
J Surg Res (2012) 175:e11-6
49. Muenscher, A.; Dalchow, C.; Kutta, H.; Knecht, R.:  
The endoscopic approach to the Neck: A review of literature, and overview of the various techniques  
Surg Endosc (2011) 25:1358-63

50. Nahum, A.M.; Mullally, W.; Marmor, L.:  
A syndrome resulting from radical neck dissection  
Arch Otolaryngol (1961) 74:82–86
51. Naitoh, T.; Gagner, M.; Garcia-Ruiz, A.; Heniford, B.T.:  
Endoscopic endocrine surgery in the neck – an initial report of endoscopic  
subtotal parathyroidectomy  
Surg Endosc (1998) 12:202-5
52. Nason, R.W.; Abdulrauf, B.M.; Stranc, M.F.:  
The Anatomy of the spinal accessory nerve and cervical lymph node  
biopsy  
Am J Surg (2000) 180:241–243
53. Papaspyrou, G.; Ferlito, A.; Silver, C.E.; Werner, J.A.; Genden, E.; Sesterhenn, A.M.:  
Extracervical approaches to endoscopic thyroid surgery  
Surg Endosc (2011) 25:995-1003
54. Papillon-Studie:  
Papillon-Studie, bundesweite Ultraschall-Untersuchung von 96 278  
Personen als Initiative der Firma Sanofi-Aventis  
2001.
55. Papillon-Studie:  
Die Schilddrüsenwoche 2008: Kropf und Knoten im Blick – Operationen  
vermeiden.  
sanofi-aventis, Pressemitteilung (2008)
56. Park, J.I.:  
Preoperative Percutaneous Cranial Nerve Mapping in Head and Neck  
Surgery  
Arch Facial Plast Surg (2003) 5:86-91
57. Pereira, M.T.; Williams, W.W.:  
The Spinal Accessory Nerve Distal to the Posterior Triangle  
J Hand Surg Br (1999) 24(3):368-9
58. Pinto, S.; Carvalho, de M.:  
Accessory nerve stimulation: motor response of the sternocleidomastoid  
muscle  
Neurophysiol Clin (2008) 38(2):133-6

59. Pu, Y.M.; Tang, E.Y.; Yang, X.D.:  
Trapezius muscle innervations from the spinal accessory nerve and  
branches of the cervical plexus  
Int J Oral Maxillofac Surg (2008) 37:567–572
60. Putz, R.; Pabst R.:  
Rumpf-Schultergürtel-Muskeln in: Sobotta – Atlas der Anatomie des  
Menschen  
426, Urban und Fischer, München – Jena, 2004
61. Röher, H.D.; Goretzki, P.E.; Hellmann, P.; Witte, J.:  
Risiken und Komplikationen der Schilddrüsenchirurgie – Häufigkeit und  
Therapie  
Chirurg (1999) 70:999-1010
62. Salgarelli, A.C.; 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) 13:69–72
63. Saylam, C.Y.; Orhan, M.; Ikiz, Z.A.A.; Uçerler, H.; Zileli, M.:  
Connection types between the spinal root of the accessory nerve and the  
posterior roots of the C2–C6 spinal nerves  
Surg Radiol Anat (2009) 31:419–423
64. Schardey, H.M.; Schopf, S.; Kammal, M.; Barone, M.; Rudert, W.; Hernandez-Richter,  
T.; Pörtl, S.:  
Invisible scar endoscopic thyroidectomy by the dorsal approach:  
experimental development of a new technique with human cadavers and  
preliminary clinical results  
Surg Endosc (2008) 22:813–820
65. Schardey, H.M.; Barone, M.; Pörtl, S.; Ahnen, von M.; Ahnen, von T.; Schopf, S.:  
Invisible Scar Endoscopic Dorsal Approach Thyroidectomy: A Clinical  
Feasibility Study  
World J Surg (2010) 34(12)2997-3006
66. Schopf, S.:  
Entwicklung des gaslosen, videoendoskopischen Zugangs zur Schilddrüse  
von dorsal  
Habilitationsschrift, Ludwig-Maximilians-Universität, München (2012)

67. Schopf, S., Schardey, H.M.:  
Neuronavigation (01.12.2012)  
<http://www.schilddruese-narbenlos.de/schilddr%C3%BCsen-op-methoden/sicherheit/>
68. Shiozaki, K.; Abe, S.; Agematsu, H.; Mitarashi, S.; Sakiyama, K.; Hashimoto, M.; Die, Y.:  
Anatomical study of accessory nerve innervation relating to functional neck dissection  
J Oral Maxillofac Surg (2007) 65:22–29
69. Soo, K.C.; Guiloff, J.; Oh, A.; Querci, Della Rovere G.; Westbury, G.:  
Innervation of the trapezius muscle: a study in patients undergoing neck dissection  
Head Neck (1990) 12:488–495
70. Soo, K.C.; Hamlyn, P.J.; Pegington, J.; Westbury, G.:  
Anatomy of the accessory nerve and its cervical contributions in the neck  
Head Neck Surg (1986) 9:111–115
71. Straus, W.L.; Howell, A.B.:  
The spinal accessory nerve and its musculature  
Q Rev Biol (1936) 11:387-405
72. Symes, A.; Ellis, H.:  
Variations in the surface anatomy of the spinal accessory nerve in the posterior triangle  
Surg Radiol Anat (2005) 27:404–408
73. Tan, C.T.K.; Cheah, W.K.; Delbridge, L.:  
“Scarless” (in the Neck) Endoscopic Thyroidectomy (SET): An Evidence-based Review of Published Techniques  
World J Surg (2008) 32:1349-57
74. Timmermann, W.; Hamelmann, W.H.; Thiede, A.:  
Schilddrüsenchirurgie: Neuromonitoring zur Schonung des Nervus recurrens  
Dtsch Arztebl (2004) 101: A 1341–1345
75. Topsakal, C.; Al-Mefty, O.; Bulsara, K.R.; Williford, V.S.:  
Intraoperative monitoring of lower cranial nerves in skull base surgery: technical report and review of 123 monitored cases  
Neurosurg Rev (2008) 31:45-53

76. Trocchi, P.; Kluttig, A.; Dralle, H.; Sekulla, C.; Biermann, M.; Stang, A.:  
Thyroid cancer surgery in Germany  
Langenbecks Arch Surg (2012) 397:421-8
77. Trupka, A.:  
Information und Aufklärung für Patienten (20.03.2012)  
Abs. 3 ([http://www.endokrine-chirurgie.de/info\\_08.html](http://www.endokrine-chirurgie.de/info_08.html))
78. Tubbs, R.S.; Salter, E.G.; Wellons, J.C.; Blount, J.P.; Oakes, J.:  
Superficial landmarks for the spinal accessory nerve within the posterior cervical triangle  
J Neurosurg Spine (2005) 3:375-8
79. Tubbs, R.S.; Shoja, M.M.; Loukas, M.; Lancaster, J.; Mortazavi, M.M.; Hattab, E.M.; Cohen-Gadol, A.A.:  
Study of the cervical plexus innervations of the trapezius muscle  
J Neurosurg Spine (2011) 14:626-9
80. Tubbs, R.S.; Stetler, W.; Louis, R.G.; Gupta, A.A.; Loukas, M.; Kelly, D.R.; Shoja, M.M.; Cohen-Gadol, A.A.:  
Surgical challenges associated with the morphology of the spinal accessory nerve in the posterior cervical triangle: functional or structural?  
J Neurosurg Spine (2010) 12:22-24
81. Walker, H.K.; Hall, W.D.; Hurst, J.W.:  
Cranial Nerve XI: The Spinal Accessory Nerve. The History, Physical, and Laboratory Examinations  
Butterworths, Boston, 1990
82. Walvekar, R.R.; Wallace, E.; Bergeron, B.; Whitworth, R.; Beahm, D.D.; Nuss, D.W.:  
Retro-auricular video-assisted "gasless" Thyroidectomy: feasibility study in human cadavers  
Surg Endosc (2010) 24(11):2895-9
83. Wilhelm, T.; Harlaar, J.; Kerver, A.; Kleinrensink, G.J.; Benhidjeb, T.:  
Transorale endoskopische Thyreoidektomie – Teil 1: Rationale und anatomische Studien  
Chirurg (2010) 81(1):50-55
84. Wirth, U.; Kammal, M.; Doberauer, J.; Graw, M.; Schardey, H.M.; Schopf, S.:  
Invisible scar endoscopic thyroid surgery by the dorsal approach: importance of the spinal accessory nerve  
Surg Radiol Anat (2011) 33(8):703-11

85. Wurzinger, L.J.:

Präparierskript im Wintersemester 2009/2010

Anatomische Anstalt München, 24.08.2009

86. Yavuzer, G.; Tuncer, S.:

Accessory Nerve Injury as a Complication of Cervical Lymph Node Biopsy

Am J Phys Med Rehabil (2001) 80:622-3

87. Yeung, G.H.:

Endoscopic thyroid surgery today: a diversity of surgical strategies

Thyroid (2002) 12(8):703-6.

88. Youngwirth, L.; Benavidez, J.; Sippel, R.; Chen, H.:

Parathyroid hormone deficiency after total thyroidectomy: incidence and time

J Surg Res. (2010) 163(1):69–71

## 7 Appendix

### A1 - Abkürzungsverzeichnis

A.	<i>Arteria</i>
Abb.	Abbildung
ABBA	<i>axillary bilateral breast approach</i>
ANOVA	Varianzanalyse ( <i>Analysis of Variance</i> )
BMI	<i>Body-Mass-Index</i>
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
df.	Differenz
dMA	Abstand <i>Proc. mastoideus</i> – <i>N. accessorius</i>
dAJ	Abstand <i>N. accessorius</i> – <i>Incisura jugularis Sterni</i>
DRG	diagnosebezogene Fallgruppen ( <i>Diagnosis related Groups</i> )
EndoCATS	<i>Endoscopic cephalic access thyroid surgery</i>
IJS	<i>Incisura jugularis Sterni</i>
KGR	Körpergröße
KGW	Körpergewicht
KOF	Körperoberfläche
n	Anzahl

N.	<i>Nervus</i>
Ncl.	<i>Nucleus</i>
MIVAT	Minimalinvasive Video Assistierte Thyreoidektomie
MW	Mittelwert
PC	<i>Plexus cervicalis</i>
Proc.	<i>Processus</i>
R.	<i>Ramus</i>
SAN	<i>N. accessorius (spinal accessory nerve)</i>
SCM	<i>M. sternocleidomastoideus</i>
SD	Standardabweichung ( <i>standard deviation</i> )
Sig.	Signifikanz
sog.	sogenannt
stat.	statistisch
Tab.	Tabelle
TM	<i>M. trapezius</i>
TMB	Spitze des <i>Proc. mastoideus (tip of mastoid bone)</i>
V.	<i>Vena</i>

**Tabelle A1: Abkürzungsverzeichnis**

A2 - Abbildungsverzeichnis

<b>Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
1.1	Übersicht an Zugangsvarianten zur operativen Therapie von Schilddrüsenerkrankungen	9
1.2	Operationsweg EndoCATS, schematisch	10
1.3	3D-Animation EndoCATS-Operation an der Schilddrüse	11
1.4	kosmetisches Ergebnis nach linksseitiger Hemithyroidektomie	12
1.5	Schema N .accessorius	13
1.6	schematischer Überblick seitliches Halsdreieck	14
1.7	Anastomosen des SAN mit Ästen des PC	16
1.8	Ast des PC innerviert den SCM unabhängig vom SAN	16
1.9	Atrophie des TM und sog. <i>winging-Scapula</i>	19
1.10	Hochfrequenzsonographie des SAN	24
1.11	Methode zur Auffindung des SAN im seitlichen Halsdreieck	25
1.12	Methoden zur Auffindung des SAN im seitlichen Halsdreieck	27
2.1	Seitliches Halsdreieck Fotodokumentation	31
2.2	Beispiel der Messskala mit Befestigung an der Hinterkante des SCM	32
2.3	Dokumentationsbogen WS2009/10	34
2.4	Messung dMA	35
2.5	Messung dAJ	36
2.6	Verhältnis SAN zu SCM: SAN unter dem SCM	37

2.7	Verhältnis SAN zu SCM: SAN durch dem SCM	37
2.8	Mäandrierung des SAN im seitlichen Halsdreieck	38
2.9	Keine Mäandrierung des SAN im seitlichen Halsdreieck	38
2.10	Zwickel zwischen SCM und TM	39
3.1	Beispiel eines am Ursprung weit ausladenden SCM	42
3.2	Vergleich dMA nach Körperseite und Geschlecht	44
3.3	Vergleich dAJ nach Körperseite und Geschlecht	47
3.4	Häufigkeiten von Verhältnis SAN zu SCM, Zwickel und Mäandrierung	49
3.5	Korrelation dMA	51
3.6	Korrelation dAJ	52
3.7	Normalverteilung der standardisierten Residuen Regressionsanalyse II dAJ (Histogramm)	57
3.8	Normalverteilung der standardisierten Residuen Regressionsanalyse II dAJ (Graph)	58
3.9	Gemessene (dAJ) gegenüber vorhergesagte Werte (dAJ <sup>n</sup> ) Regressionsanalyse II dAJ	60
3.10	Gemessene (dAJ) gegenüber vorhergesagte Werte (dAJ <sup>n</sup> ) mit 95%-Konfidenzintervall Regressionsanalyse II dAJ	60
3.11	Fotodokumentation 16/08	62
3.12	Fotodokumentation 33/08	63
3.13	Fotodokumentation 43/08	64
3.14	Fotodokumentation 86/08	65

4.1	Zwickel zwischen SCM und TM	68
4.2	Verschiedene Formen des SCM	70
4.3	Intraoperative Darstellung des Zwickels zwischen SCM und TM	71
4.4	Schema der verschiedenen Zugangsvarianten zur Schilddrüse	82

**Tabelle A2: Abbildungsverzeichnis**

### A3 - Tabellenverzeichnis

<b>Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
1.1	Synergisten der vom SAN innervierten Muskulatur	20
1.2	Übersicht über Untersuchungsmethoden und mögliche Untersuchungsbefunde bei SAN-Verletzung	21
2.1	Überblick Leichenparameter	30
3.1	statistische Auswertung dMA	41
3.2	t-Test für dMA nach Körperseite	43
3.3	dMA nach Körperseite	43
3.4	t-Test für dMA nach Geschlecht	43
3.5	dMA nach Geschlecht	44
3.6	statistische Auswertung dAJ	45
3.7	t-Test für dAJ nach Körperseite	45
3.8	dAJ nach Körperseite	46
3.9	t-Test für dAJ nach Geschlecht	46
3.10	dAJ nach Geschlecht	46
3.11	Verhältnis SAN zu SCM	47
3.12	Mäandrierung des SAN im seitlichen Halsdreieck	48
3.13	Zwickel zwischen SCM und TM	49
3.14	Korrelationsanalyse	50
3.15	Modellzusammenfassung Regressionsanalyse I dMA	53

3.16	ANOVA Regressionsanalyse I dMA	54
3.17	Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse I dMA	54
3.18	Modellzusammenfassung Regressionsanalyse I dAJ	54
3.19	ANOVA Regressionsanalyse I dAJ	55
3.20	Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse I dAJ	55
3.21	Modellzusammenfassung Regressionsanalyse II dAJ	56
3.22	Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse II dAJ	56
3.23	ANOVA Regressionsanalyse II dAJ	56
3.24	Residuenstatistik Regressionsanalyse II dAJ	59
3.25	Ergebnisverteilung der Kreuzvalidierung in den leave-one-out-Experimenten	61
4.1	Vergleich der Ergebnisse mit anderen Arbeitsgruppen	74
A1	Abkürzungsverzeichnis	94
A2	Abbildungsverzeichnis	96
A3	Tabellenverzeichnis	99
C1	Übersicht erhobene Messwerte und Beobachtungen	163
C2	Übersicht Messergebnisse dMA	167
C3	statistische Auswertung dMA	167
C4	Übersicht Messergebnisse dAJ	168
C5	statistische Auswertung dAJ	168
C6	Übersicht Ergebnisse Zwickel	169

C7	Übersicht Ergebnisse Verhältnis SAN zu SCM	169
C8	Übersicht Ergebnisse Verhältnis SAN zu SCM	170
C9	Test auf Normalverteilung für dMA	170
C10	Test auf Normalverteilung für dAJ	170
C11	Test auf Normalverteilung der Variablen Alter	171
C12	Test auf Normalverteilung der standardisierten Residuen Regressionsanalyse II dAJ	171
C13	Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse II dAJ Teil II	171
C17	Übersicht Ergebnisse Kreuzvalidierung in den leave-one-out- Experimenten	172

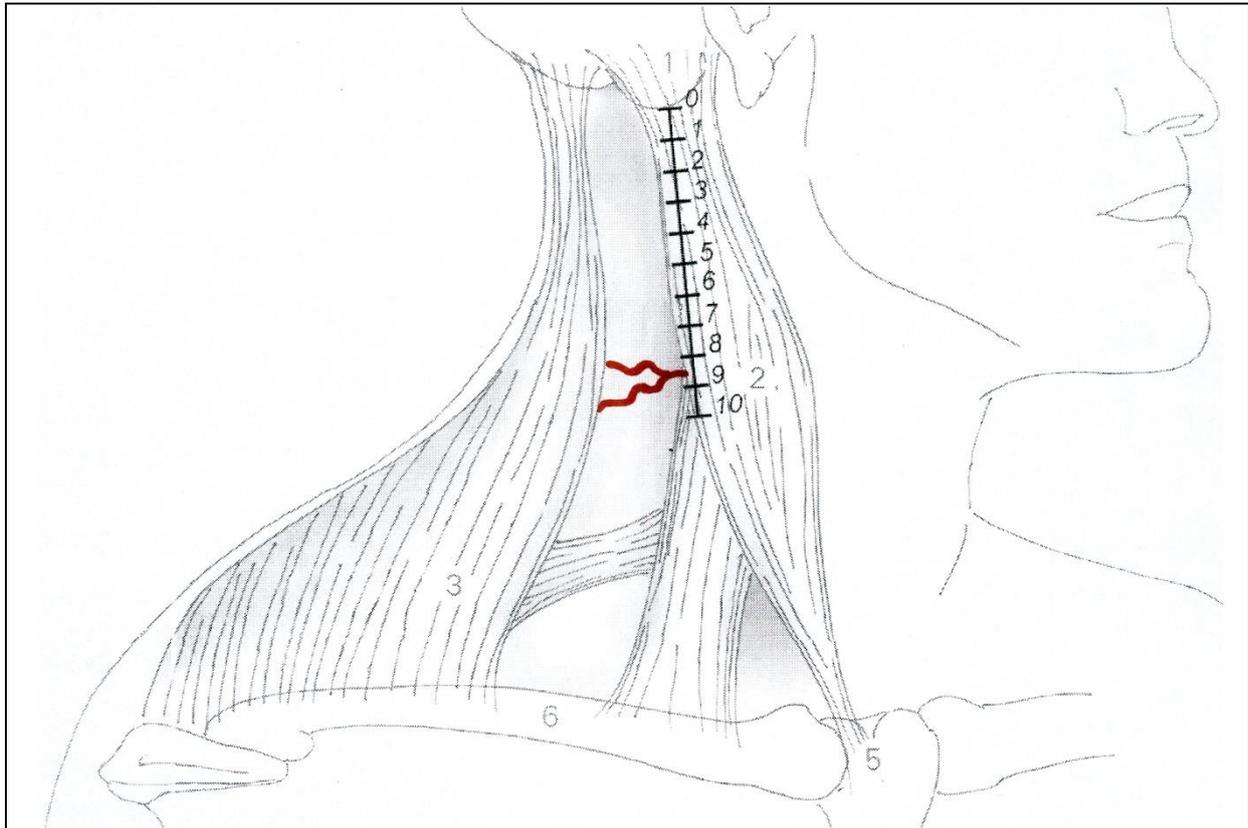
**Tabelle A3: Tabellenverzeichnis**



Präp-Nr:	2	Körpergewicht:	42kg
Register-Nr:	01/08	Körpergröße:	1,59m
Alter:	98 Jahre	KOF:	1,39 m <sup>2</sup>
Geschlecht:	X weiblich      O männlich	BMI:	16,61kg/m <sup>2</sup>
Körperseite:	O links              X rechts		

**Besonderheiten:**

X      Zwickel 38mm von processus mastoideus entfernt



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA:                                      85mm  
dAJ:                                        115mm

**Zwickel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja                                              Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja                                              Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM                      SAN durch den SCM O







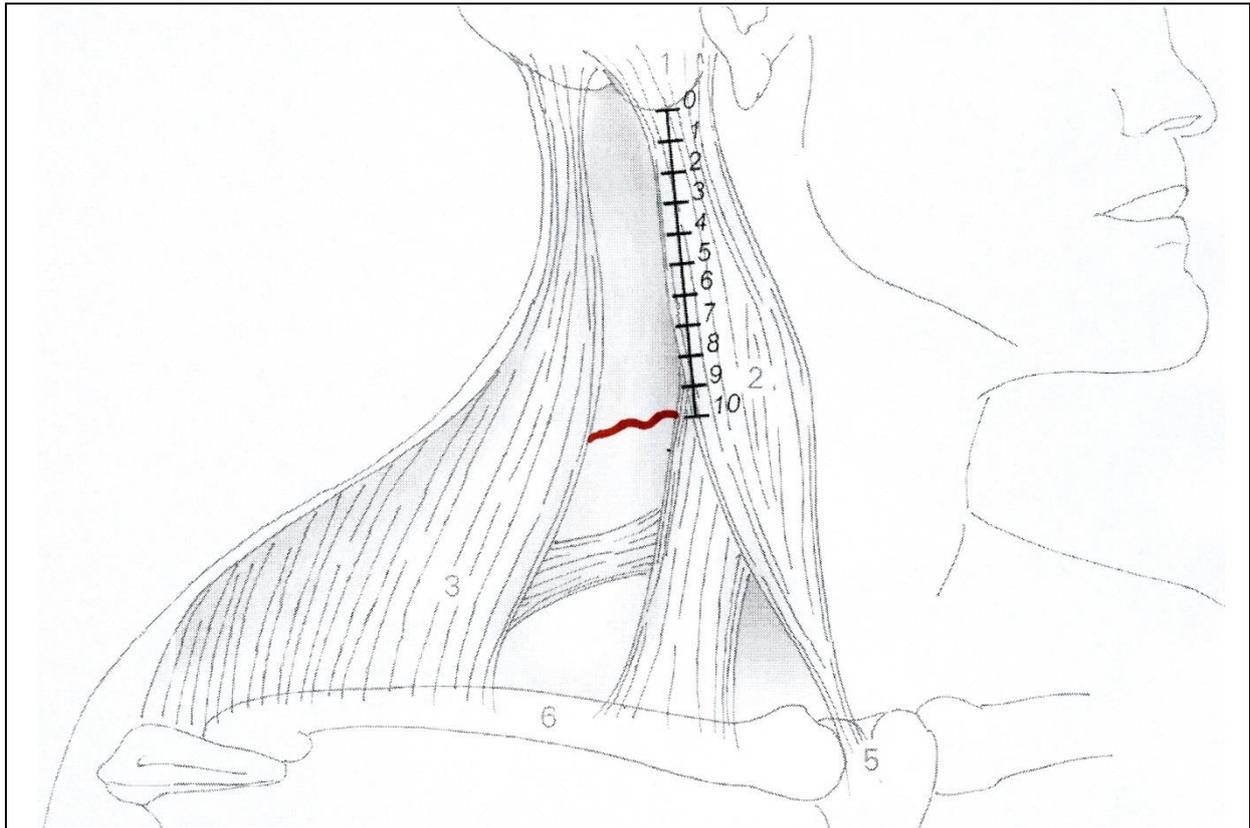




Präp-Nr:	8	Körpergewicht:	51kg
Register-Nr:	10/08	Körpergröße:	1,54m
Alter:	44 Jahre	KOF:	1,47 m <sup>2</sup>
Geschlecht:	X weiblich      O männlich	BMI:	21,50kg/m <sup>2</sup>
Körperseite:	O links              X rechts		

**Besonderheiten:**

O \_\_\_\_\_



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 100mm  
dAJ: 120mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja                                      Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja                                      Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM                      SAN durch den SCM O

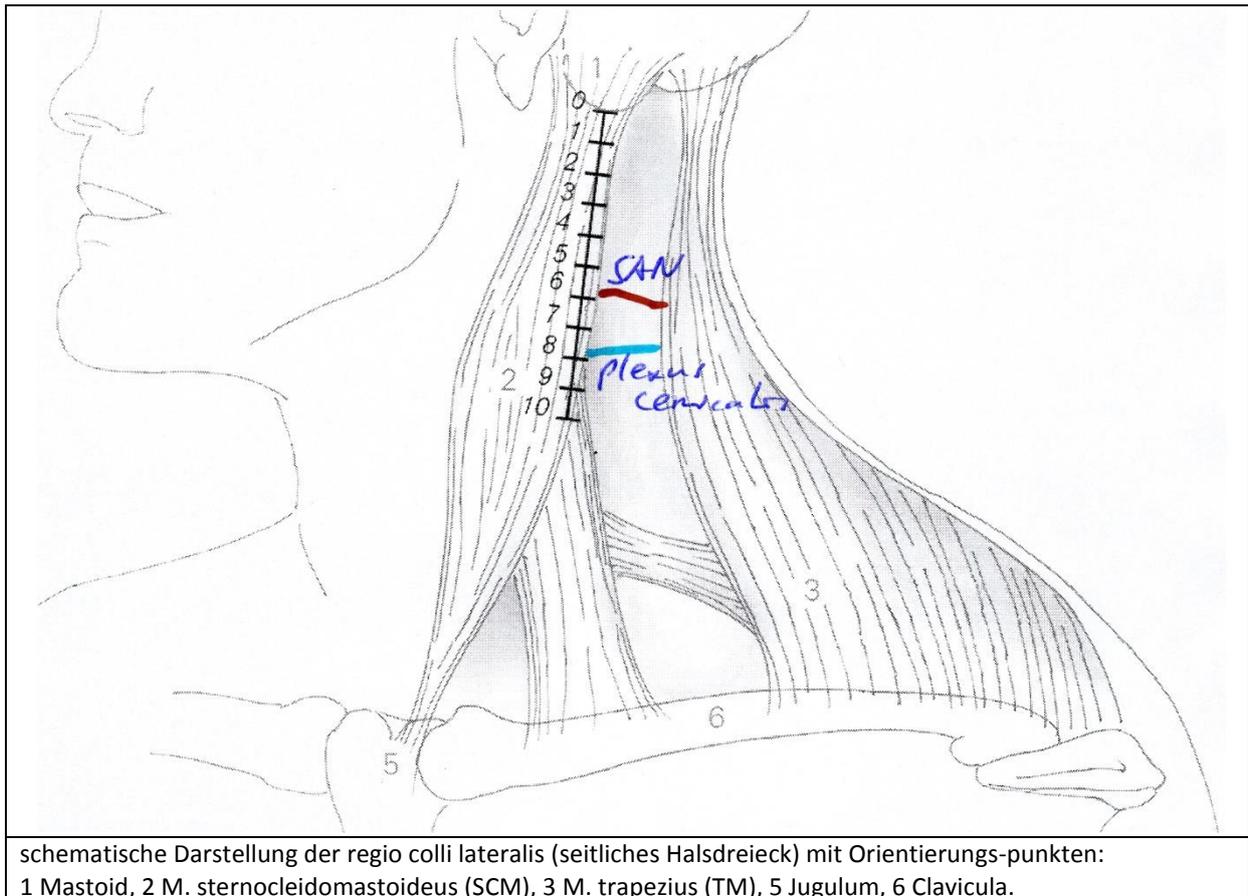


Präp-Nr: 10  
Register-Nr: 12/07  
Alter: 85 Jahre  
Geschlecht: O weiblich X männlich  
Körperseite: X links O rechts

Körpergewicht: 95kg  
Körpergröße: 1,76m  
KOF: 2,11 m<sup>2</sup>  
BMI: 30,67kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Doppelnervation mit plexus cervicalis



**Messwerte:**

dMA: 58mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

O Ja Nein X

Präp-Nr: 11

Register-Nr: 12/08

Alter: 89 Jahre

Geschlecht:  weiblich  männlich

Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 61kg

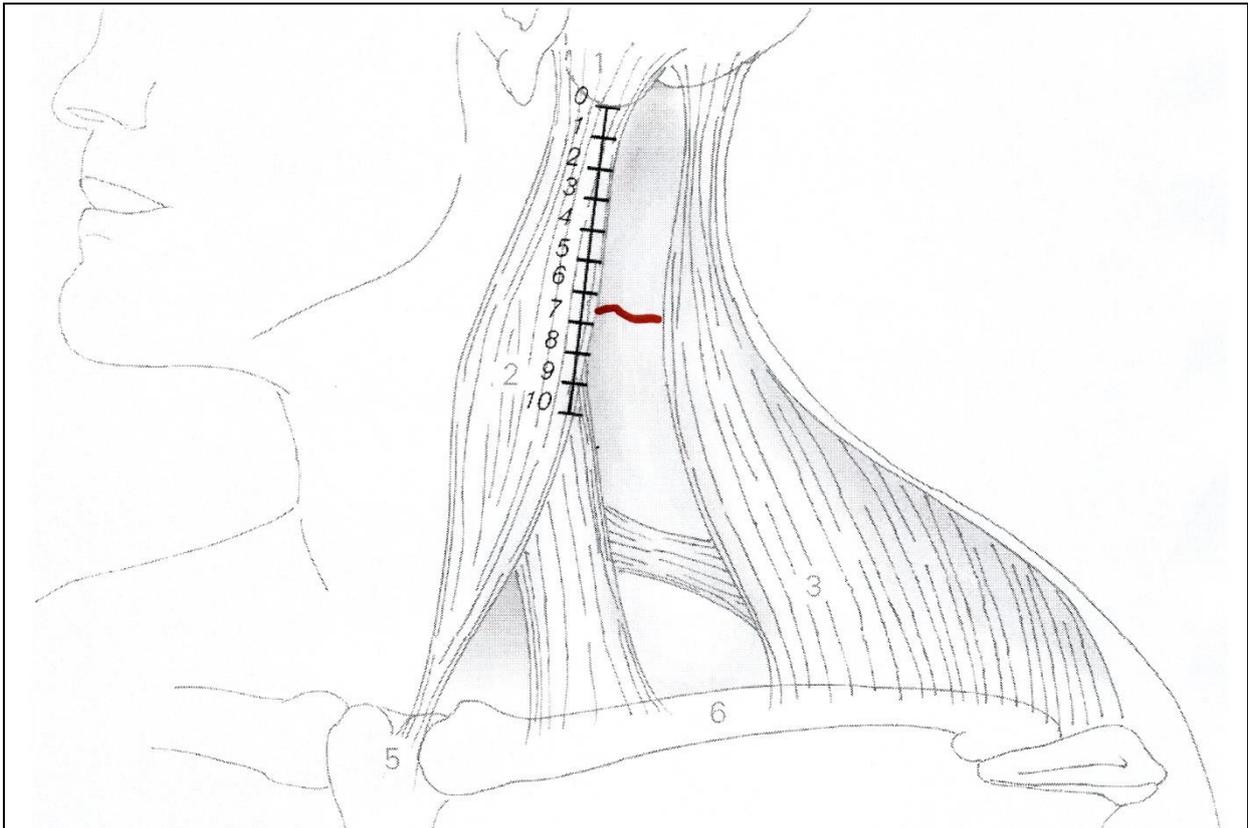
Körpergröße: 154m

KOF: 1,59 m<sup>2</sup>

BMI: 25,72kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x mit Lymphknoten neben N. accessorius



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 65mm

dAJ 125mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja  Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja  Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM  SAN durch den SCM O

























Präp-Nr: 24

Register-Nr: 24/07

Alter: 68 Jahre

Geschlecht: X weiblich O männlich

Körperseite: O links X rechts

Körpergewicht: 75kg

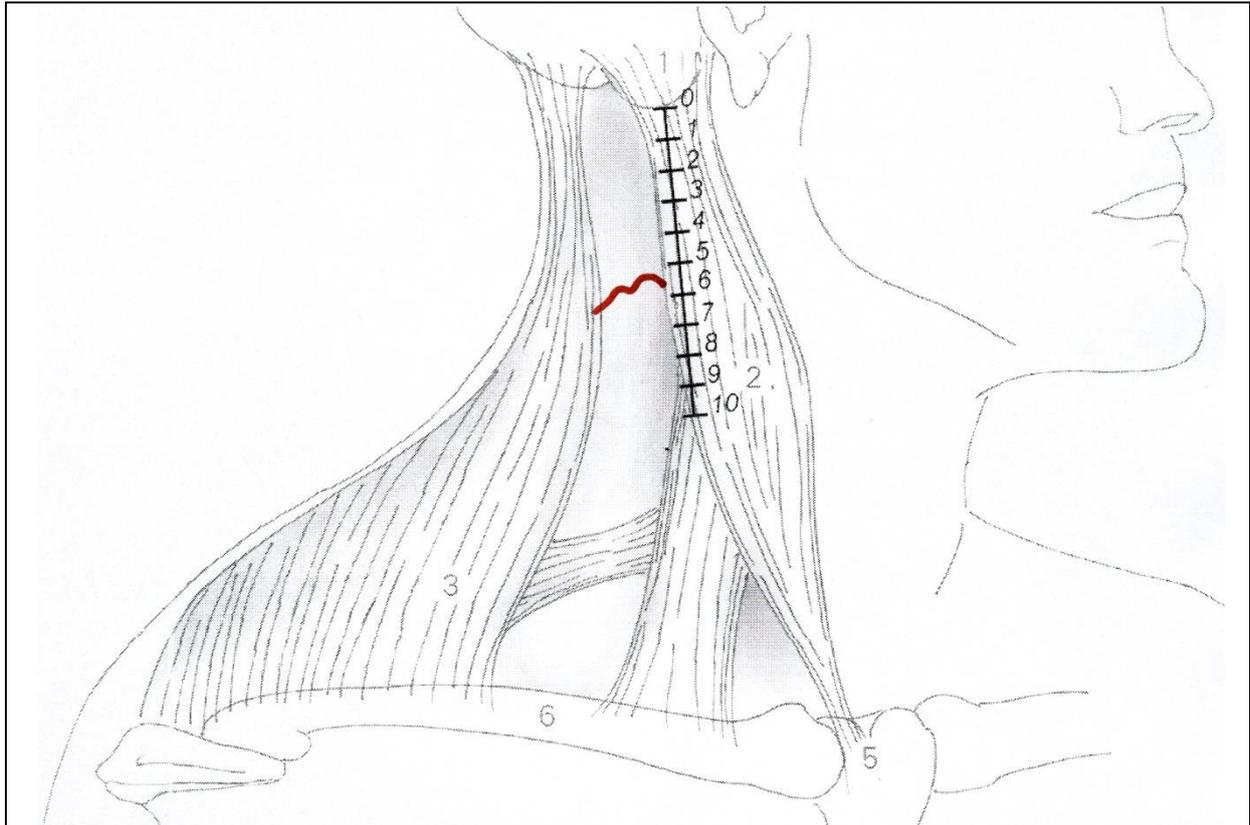
Körpergröße: 1,69m

KOF: 1,86 m<sup>2</sup>

BMI: 26,26kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

O



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 55mm

**Zwicker zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

O Ja Nein X

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja Nein O



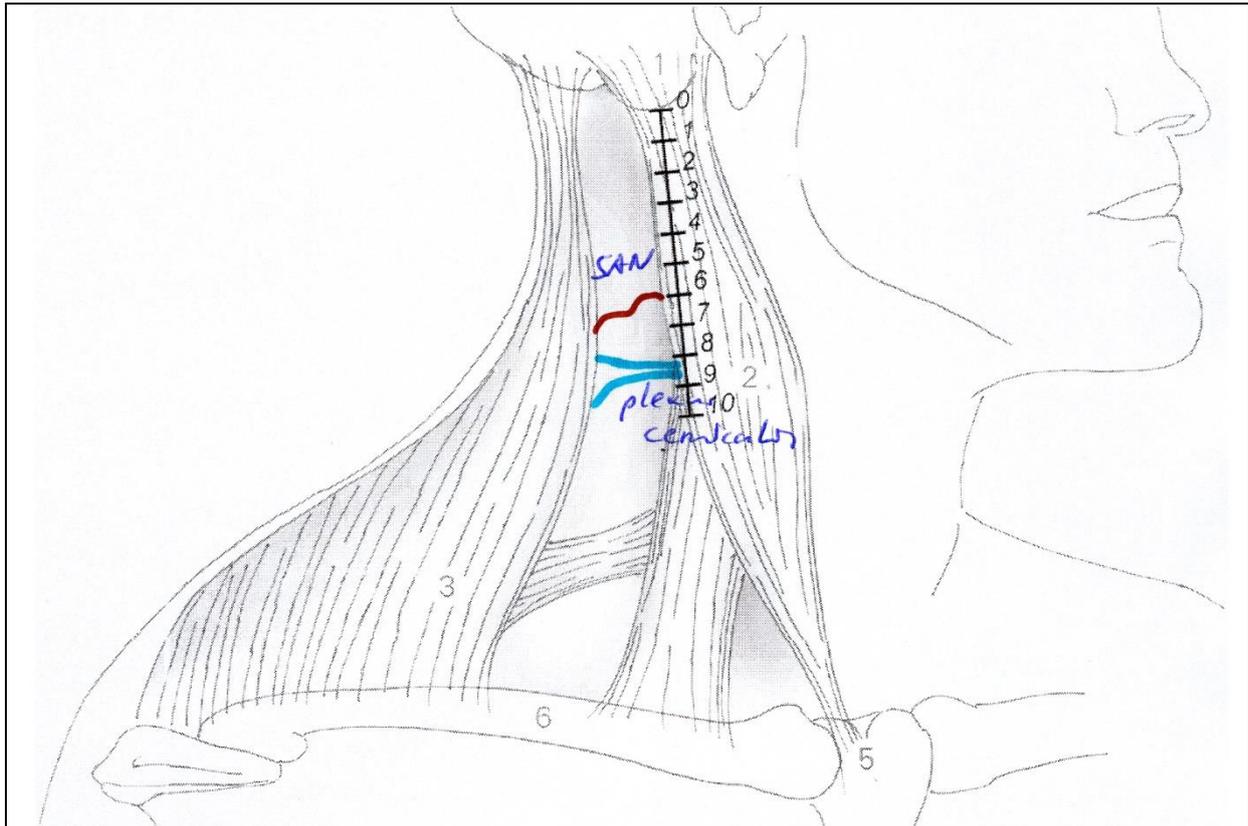


Präp-Nr: 27  
 Register-Nr: 26/09  
 Alter: 80 Jahre  
 Geschlecht:  weiblich  männlich  
 Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 79kg  
 Körpergröße: 1,75m  
 KOE: 1,95 m<sup>2</sup>  
 BMI: 25,80kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Doppelinnervation mit plexus cervicalis



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten: 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 60mm  
 dAJ: 130mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja  Nein O

**geschlängeltes Verlaufs im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja  Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

O SAN unter dem SCM  SAN durch den SCM X

Präp-Nr: 28

Register-Nr: 28/07

Alter: 89 Jahre

Geschlecht: X weiblich O männlich

Körperseite: X links O rechts

Körpergewicht: 58kg

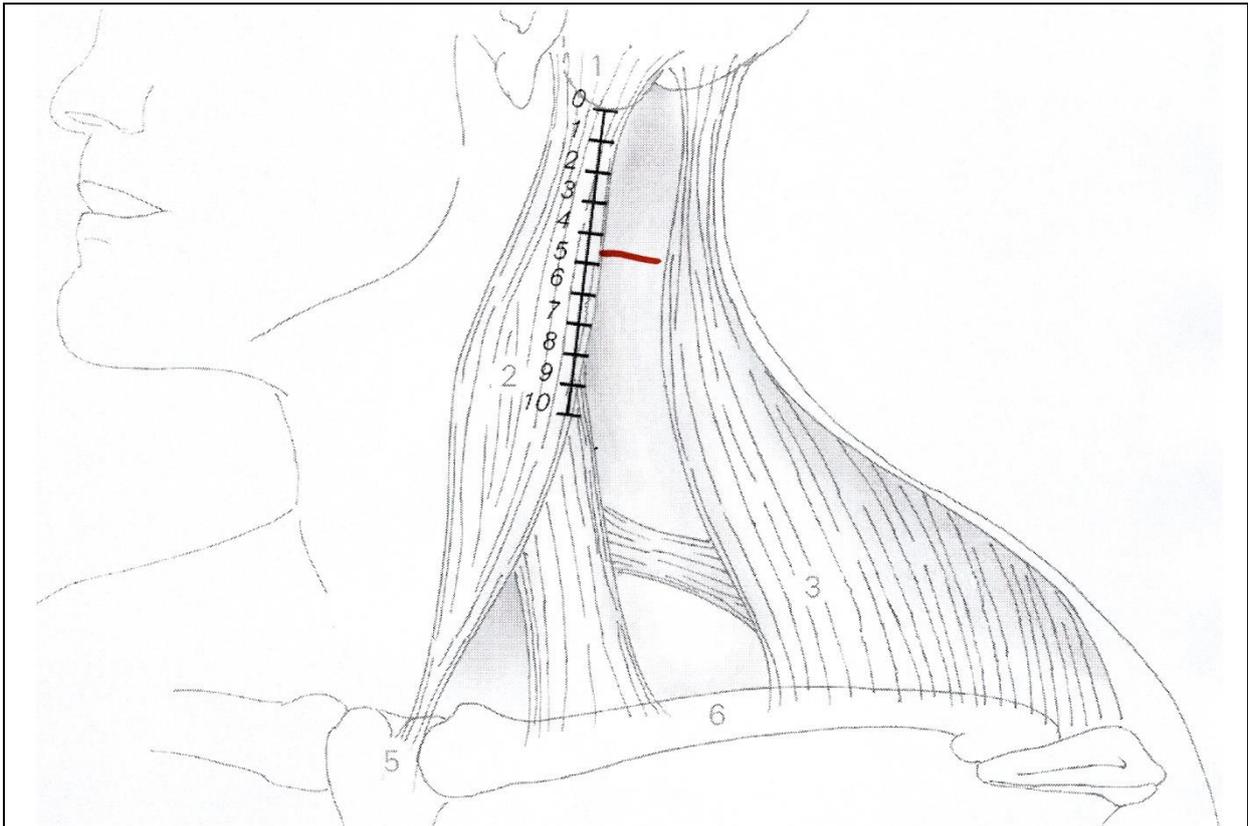
Körpergröße: 1,50m

KOF: 1,53 m<sup>2</sup>

BMI: 25,78kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

O \_\_\_\_\_



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 47mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

O Ja Nein X

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

O Ja Nein X





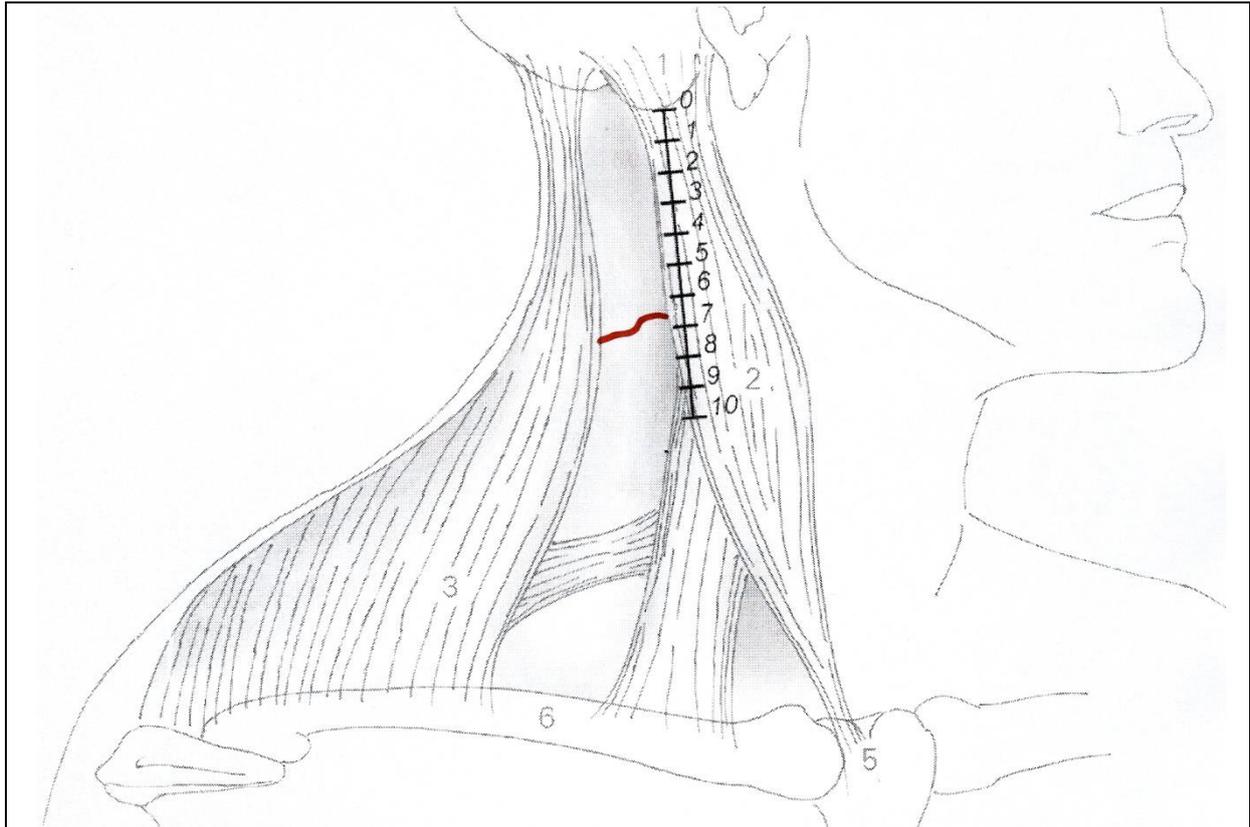


Präp-Nr: 32  
Register-Nr: 29/08  
Alter: 83 Jahre  
Geschlecht: X weiblich O männlich  
Körperseite: O links X rechts

Körpergewicht: 59kg  
Körpergröße: 1,69m  
KOF: 1,68 m<sup>2</sup>  
BMI: 20,66kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

O



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 67,5mm  
dAJ: 127,5mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

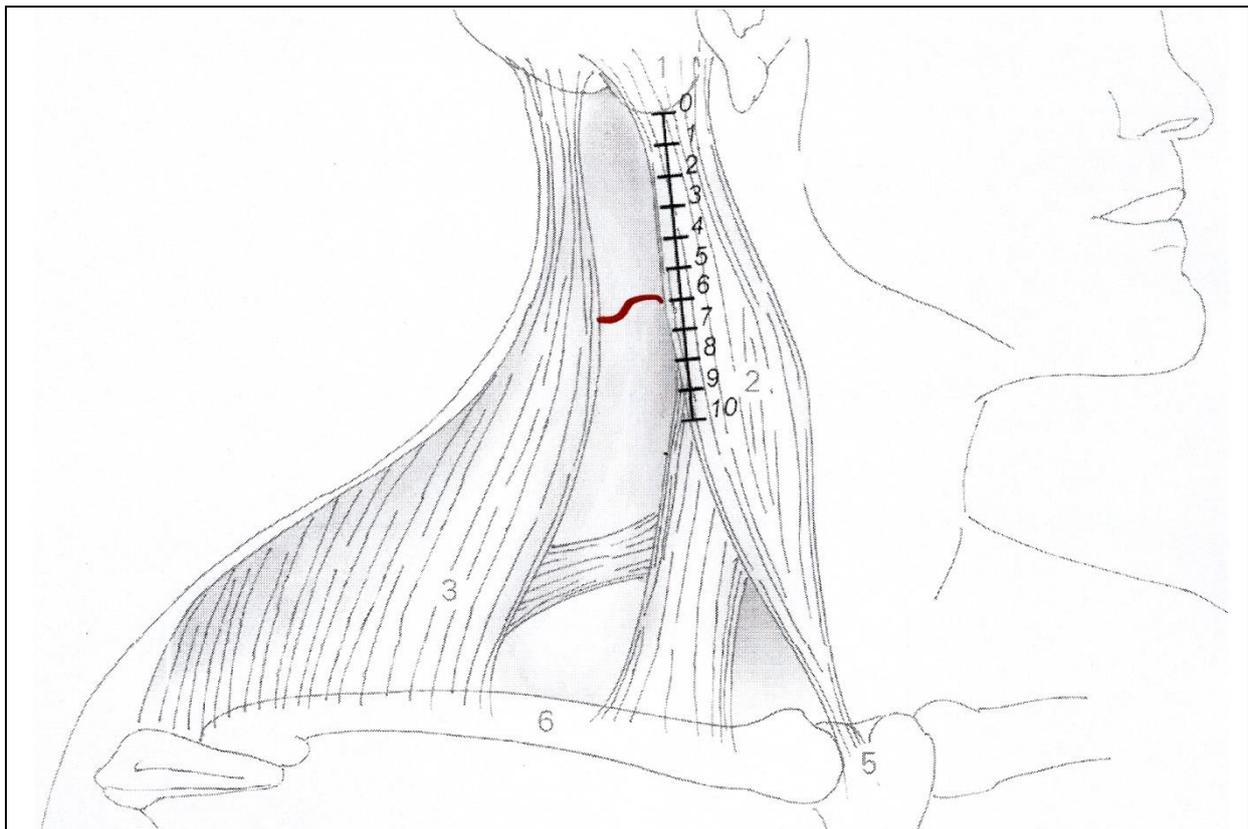
X Ja Nein O



Präp-Nr: 34  
Register-Nr: 30/08  
Alter: 63 Jahre  
Geschlecht:  weiblich  männlich  
Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 92kg  
Körpergröße: 1,82m  
KOF: 2,14 m<sup>2</sup>  
BMI: 27,77kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 60mm  
dAJ: 160mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja  Nein

**geschlängeltes Verlaufs im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja  Nein

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM  SAN durch den SCM

Präp-Nr: 35

Register-Nr: 31/08

Alter: 91 Jahre

Geschlecht:  weiblich  männlich

Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 75kg

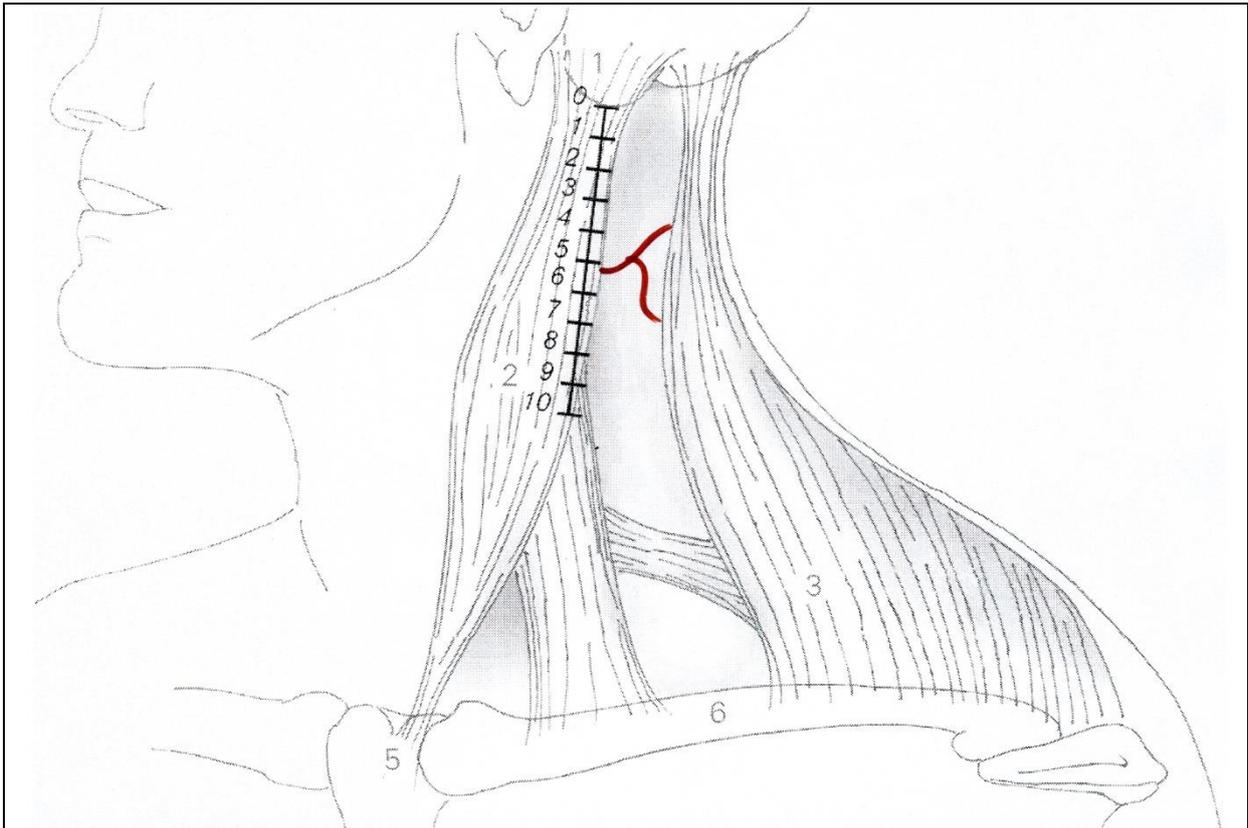
Körpergröße: 1,61m

KOF: 1,79 m<sup>2</sup>

BMI: 28,93kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

Aufteilung N. accessorius



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 52,5mm

dAJ 120mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

Ja

Nein



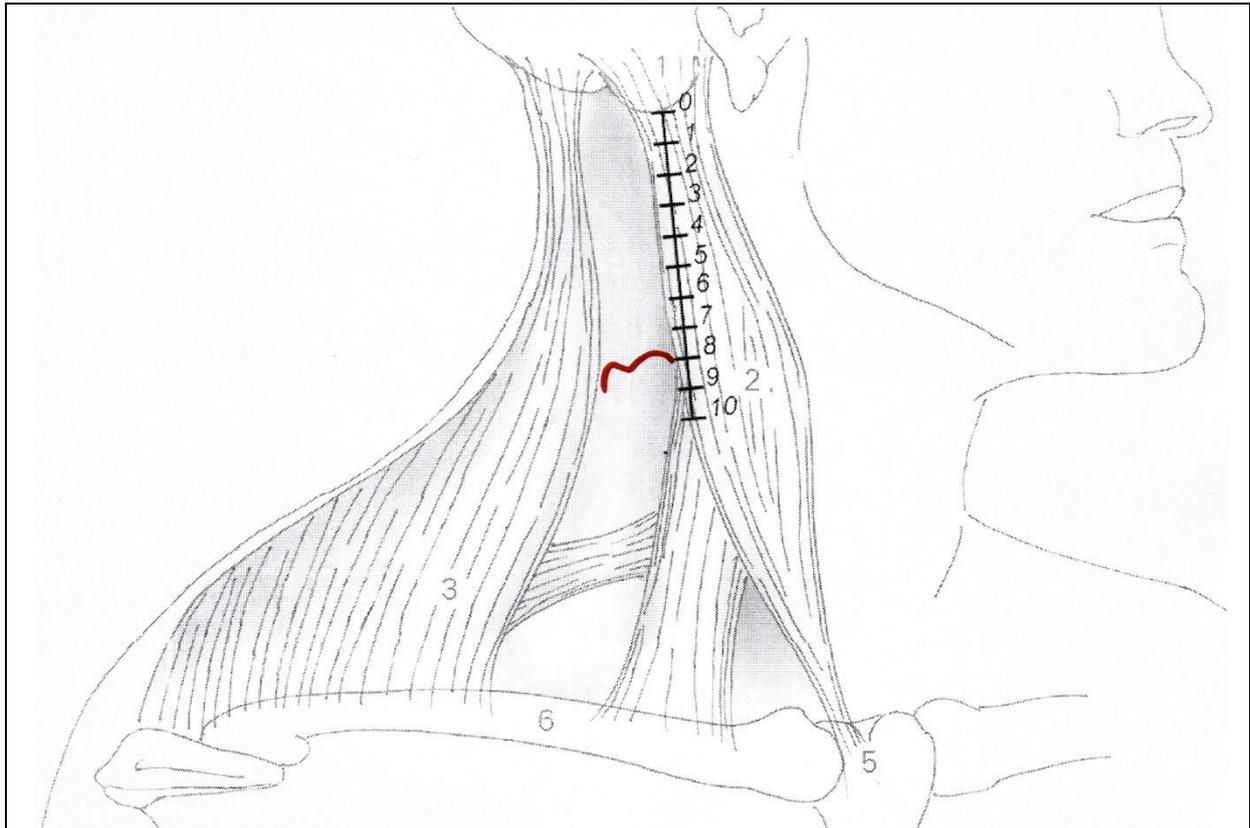




Präp-Nr:	39	Körpergewicht:	65kg
Register-Nr:	36/08	Körpergröße:	1,73m
Alter:	70 Jahre	KOF:	1,78 m <sup>2</sup>
Geschlecht:	X weiblich      O männlich	BMI:	21,72kg/m <sup>2</sup>
Körperseite:	O links              X rechts		

**Besonderheiten:**

O \_\_\_\_\_



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 80mm  
 dAJ: 122,5mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja                                      Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja                                      Nein O

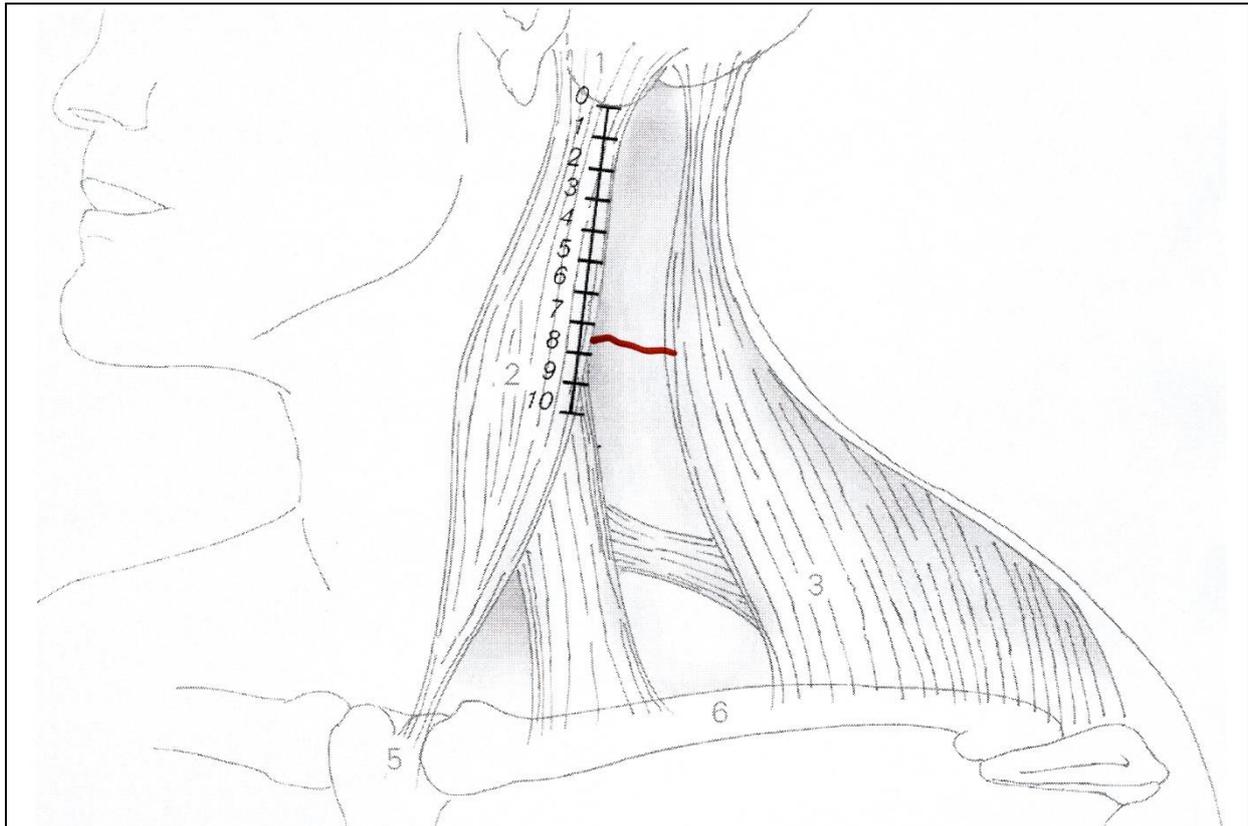
**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM                      SAN durch den SCM O

Präp-Nr: 40  
Register-Nr: 37/07  
Alter: 93 Jahre  
Geschlecht:  weiblich  männlich  
Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 85kg  
Körpergröße: 1,76m  
KOF: 2,02 m<sup>2</sup>  
BMI: 27,44kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 75mm

**Zwicken zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

Ja  Nein X

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

Ja  Nein O









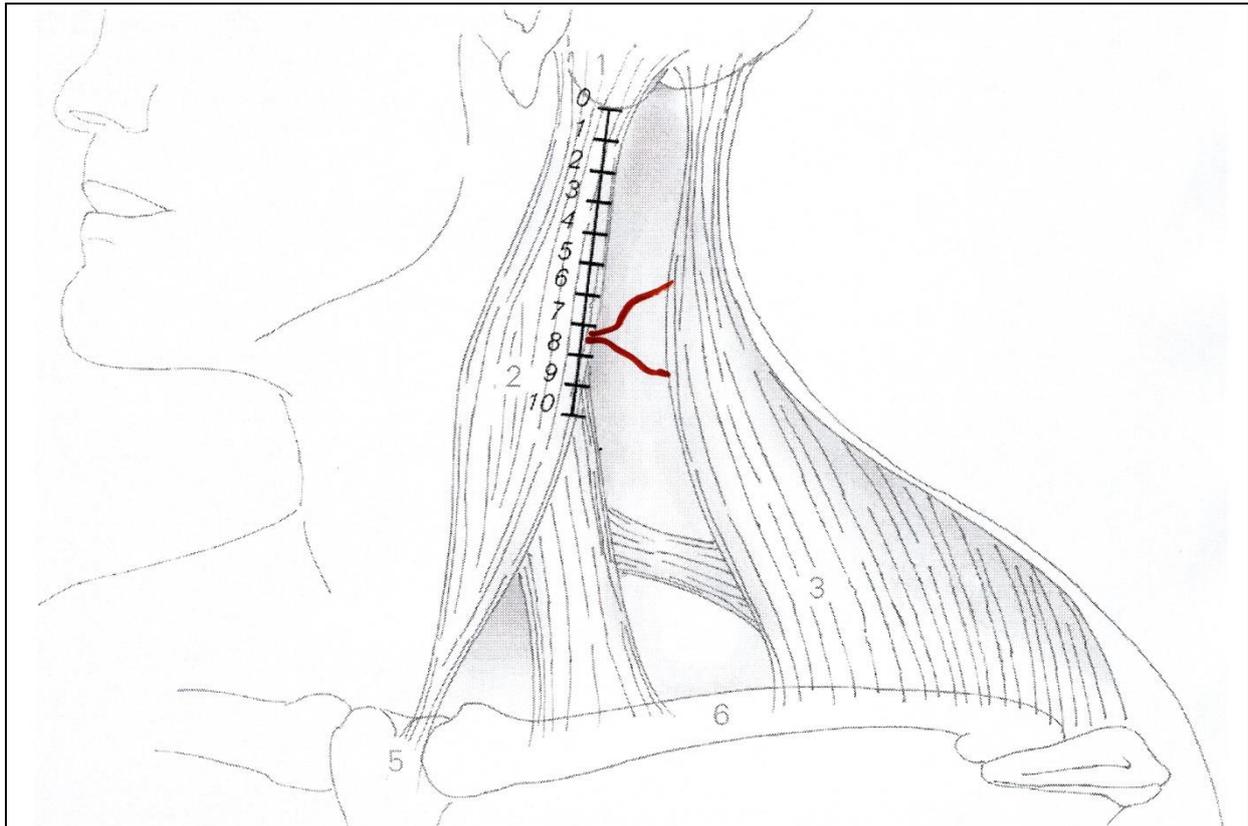




<b>Präp-Nr:</b>	<b>47</b>	<b>Körpergewicht:</b>	<b>65kg</b>
<b>Register-Nr:</b>	<b>49/08</b>	<b>Körpergröße:</b>	<b>1,63m</b>
<b>Alter:</b>	<b>80 Jahre</b>	<b>KOF:</b>	<b>1,70 m<sup>2</sup></b>
<b>Geschlecht:</b>	<b>X weiblich</b> <b>O männlich</b>	<b>BMI:</b>	<b>24,46kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Körperseite:</b>	<b>X links</b> <b>O rechts</b>		

**Besonderheiten:**

x      Aufzweigung des N. accessorius unter dem M. sternocleidomastoideus



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA:                              72,5mm  
 dAJ                                 105mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja                                              Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja                                              Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM                      SAN durch den SCM O



Präp-Nr: 49

Register-Nr: 50/07

Alter: 96 Jahre

Geschlecht:  weiblich     männlich

Körperseite:  links     rechts

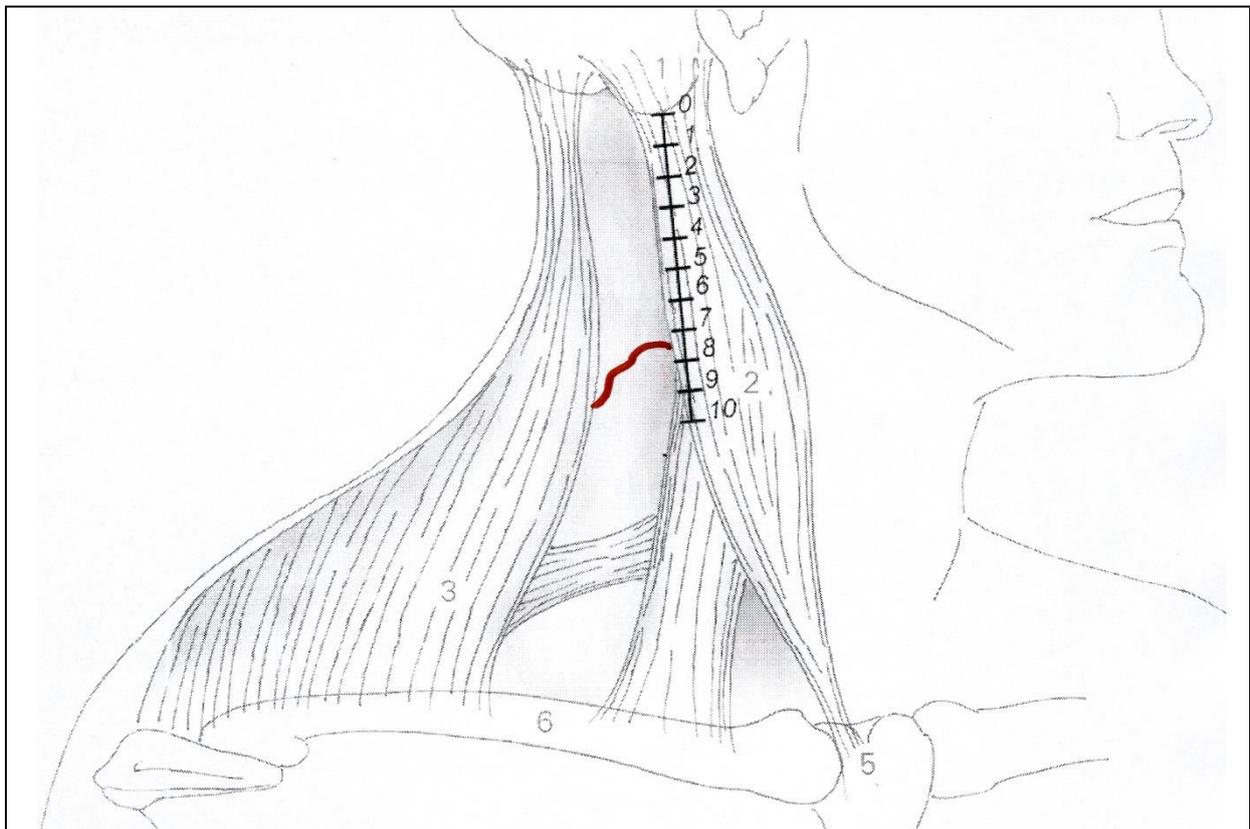
Körpergewicht: 65kg

Körpergröße: 1,64m

KOF: 1,71 m<sup>2</sup>

BMI: 24,17kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 77mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

Ja     Nein

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

Ja     Nein



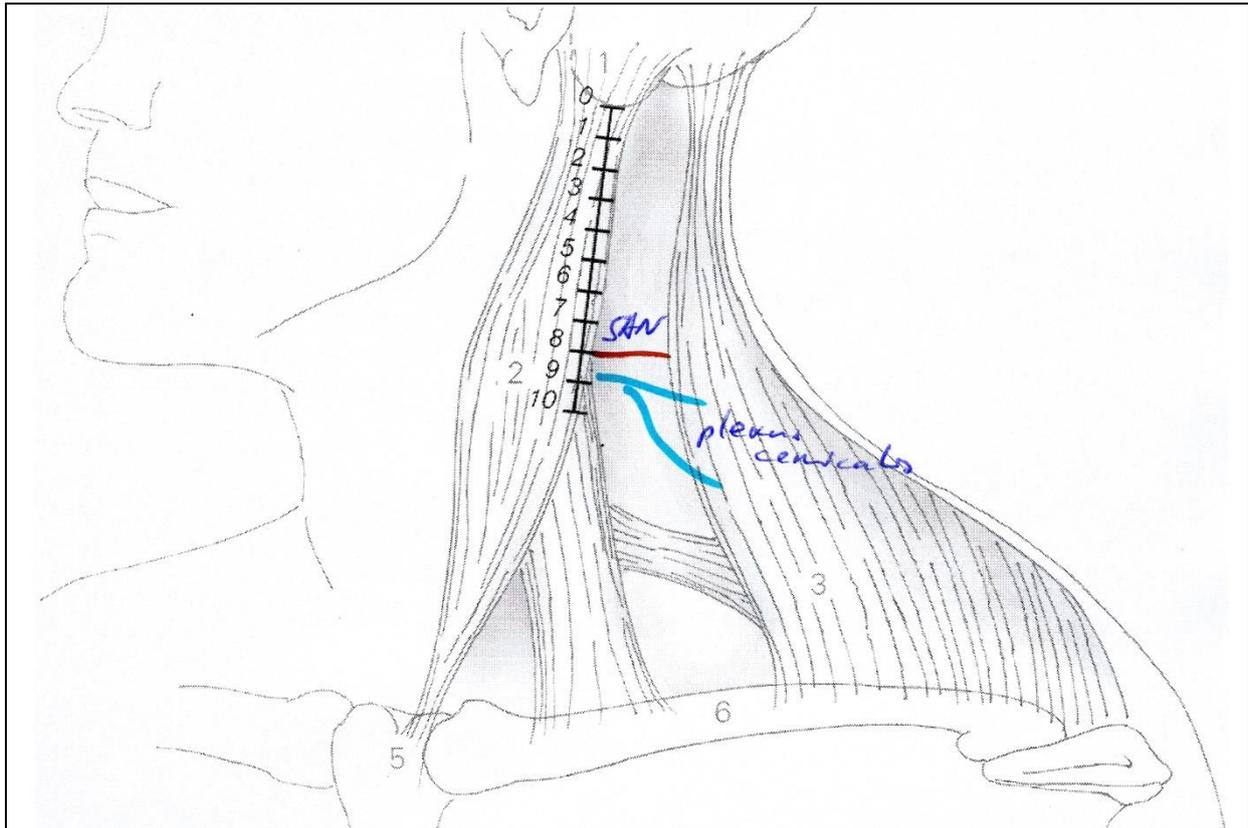


Präp-Nr: 52  
Register-Nr: 57/07  
Alter: 65 Jahre  
Geschlecht: O weiblich X männlich  
Körperseite: X links O rechts

Körpergewicht: 60kg  
Körpergröße: 1,83m  
KOF: 1,79 m<sup>2</sup>  
BMI: 17,92kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Doppelinnervation mit plexus cervicalis



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 80mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

O Ja Nein X

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

O Ja Nein X

Präp-Nr: 53

Register-Nr: 58/07

Alter: 96 Jahre

Geschlecht: X weiblich O männlich

Körperseite: O links X rechts

Körpergewicht: 33kg

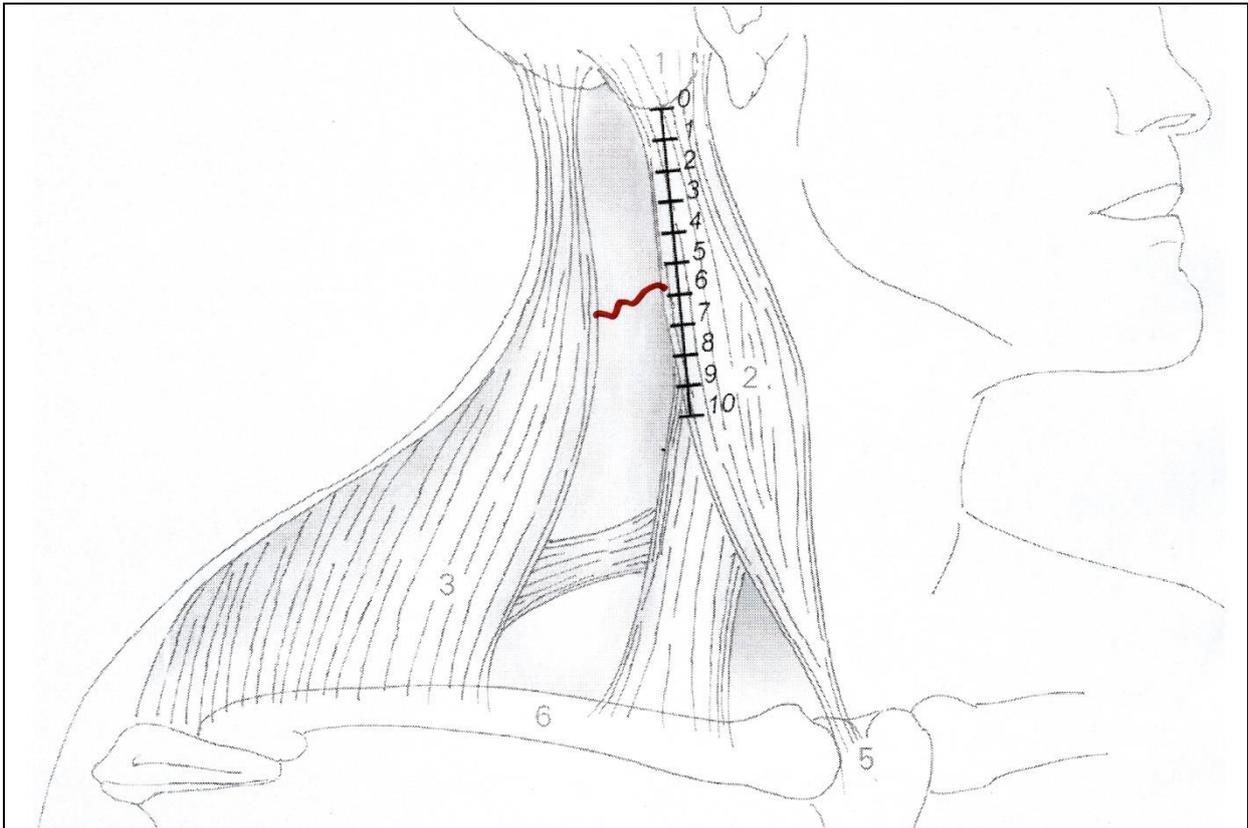
Körpergröße: 1,58m

KOF: 1,25 m<sup>2</sup>

BMI: 13,22kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Zwickel direkt am Ursprung beider Muskeln



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten: 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 58mm

**Zwickel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja Nein O

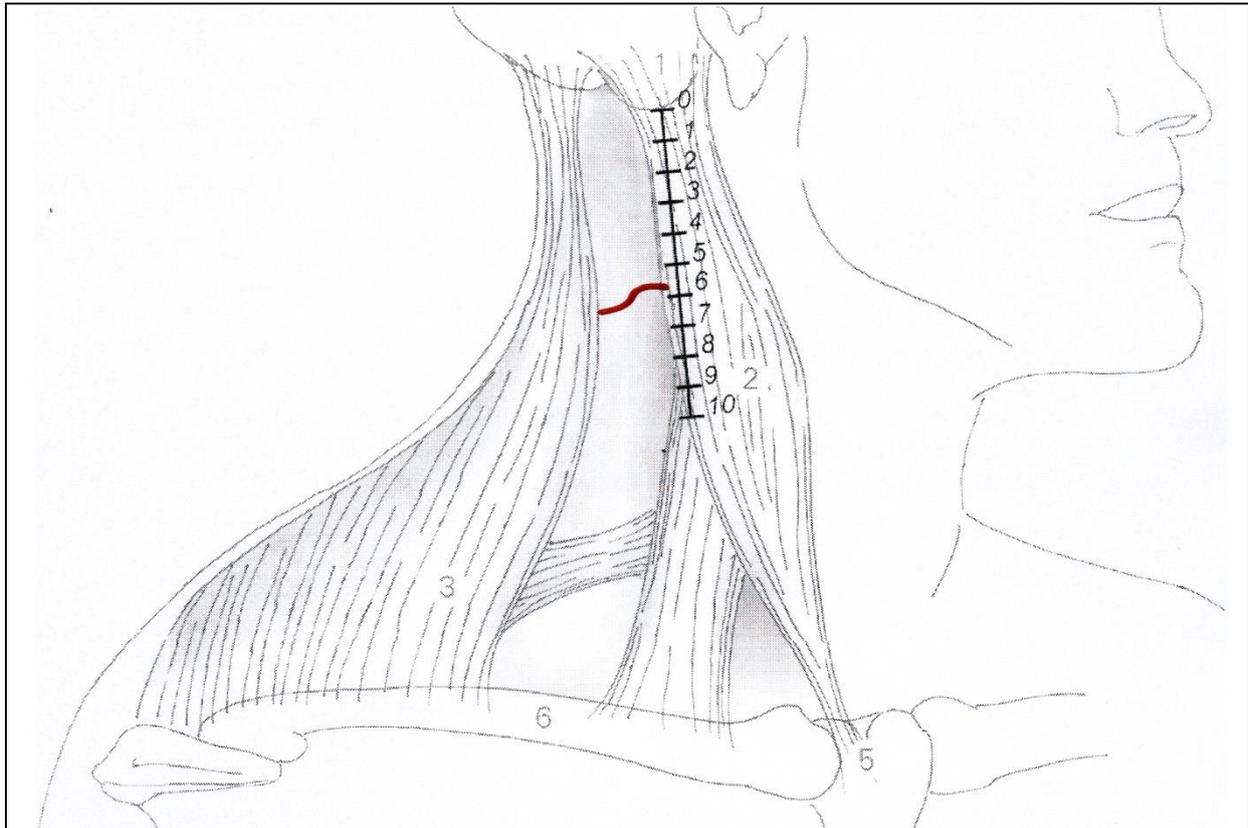
**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja Nein O



<b>Präp-Nr:</b>	55	<b>Körpergewicht:</b>	70kg
<b>Register-Nr:</b>	63/07	<b>Körpergröße:</b>	1,62m
<b>Alter:</b>	84 Jahre	<b>KOF:</b>	1,75 m <sup>2</sup>
<b>Geschlecht:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich	<b>BMI:</b>	26,67kg/m <sup>2</sup>
<b>Körperseite:</b>	<input type="checkbox"/> links <input checked="" type="checkbox"/> rechts		

**Besonderheiten:**



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
 1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 58mm

**Zwikel zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

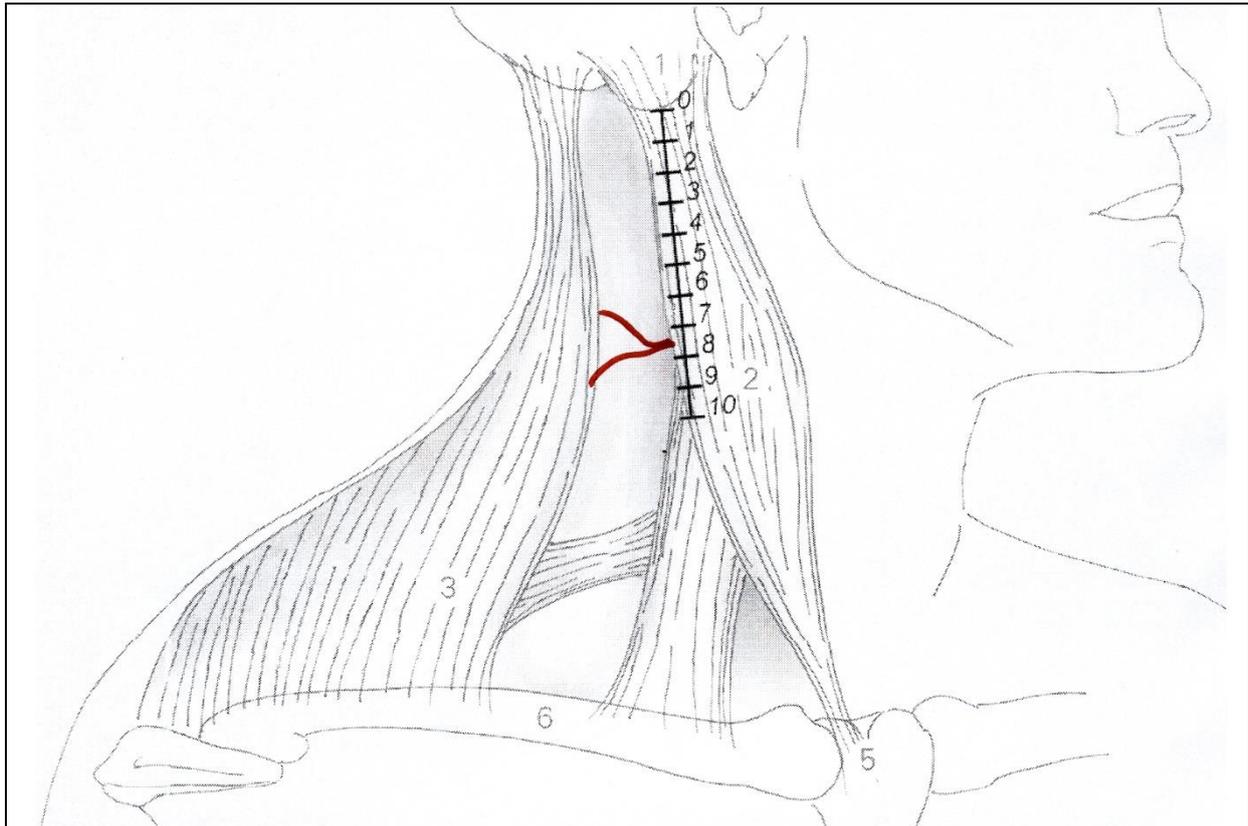
Ja                       Nein X

Präp-Nr: 56  
Register-Nr: 63/08  
Alter: 82 Jahre  
Geschlecht:  weiblich  männlich  
Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 62kg  
Körpergröße: 1,75m  
KOF: 1,76 m<sup>2</sup>  
BMI: 20,24kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Aufteilung des N. accessorius



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 75mm  
dAJ: 130mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

Ja  Nein

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

Ja  Nein

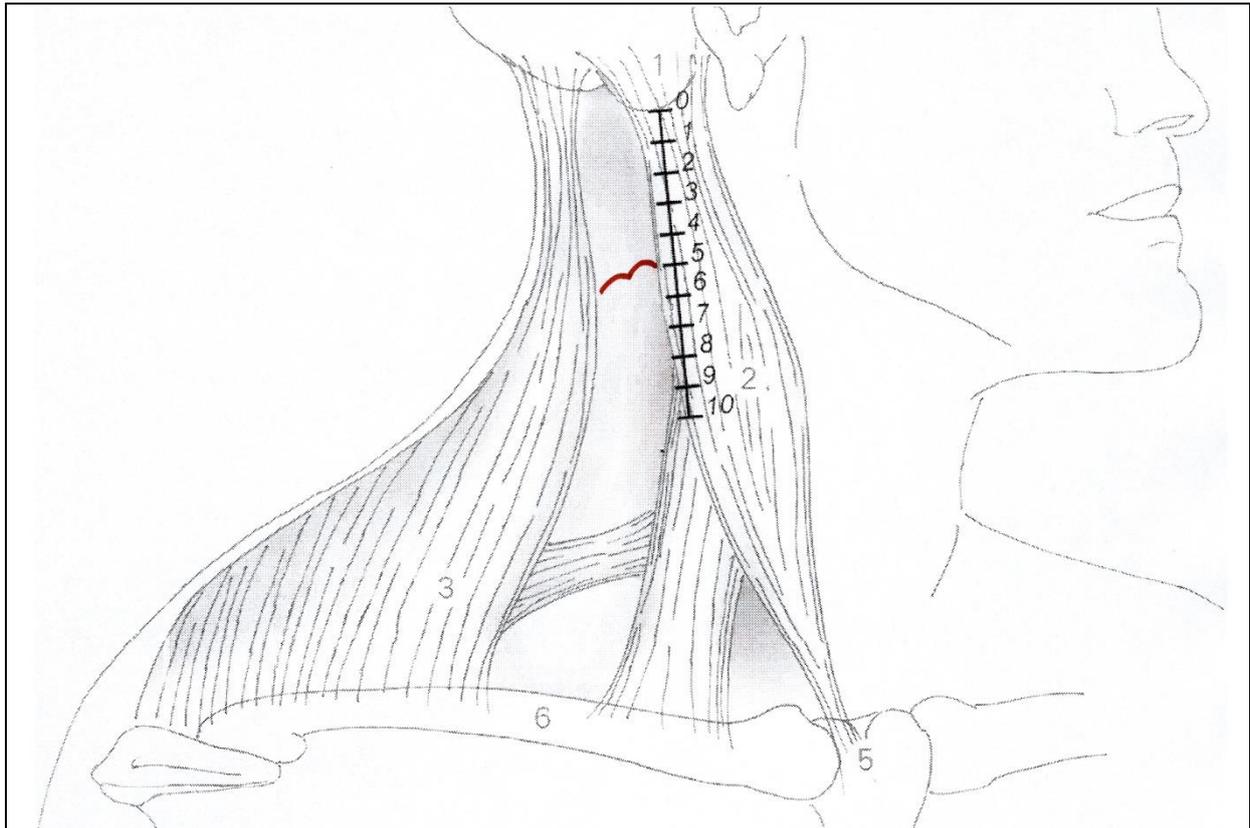
**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

SAN unter dem SCM  SAN durch den SCM

Präp-Nr:	57	Körpergewicht:	55kg
Register-Nr:	66/08	Körpergröße:	1,54m
Alter:	90 Jahre	KOF:	1,52 m <sup>2</sup>
Geschlecht:	X weiblich      O männlich	BMI:	23,19kg/m <sup>2</sup>
Körperseite:	O links              X rechts		

**Besonderheiten:**

O



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungspunkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 50mm  
dAJ: 125mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja                                      Nein O

**geschlängeltes Verlaul im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja                                      Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM                      SAN durch den SCM O



Präp-Nr: 59

Register-Nr: 72/08

Alter: 87 Jahre

Geschlecht:  weiblich  männlich

Körperseite:  links  rechts

Körpergewicht: 55kg

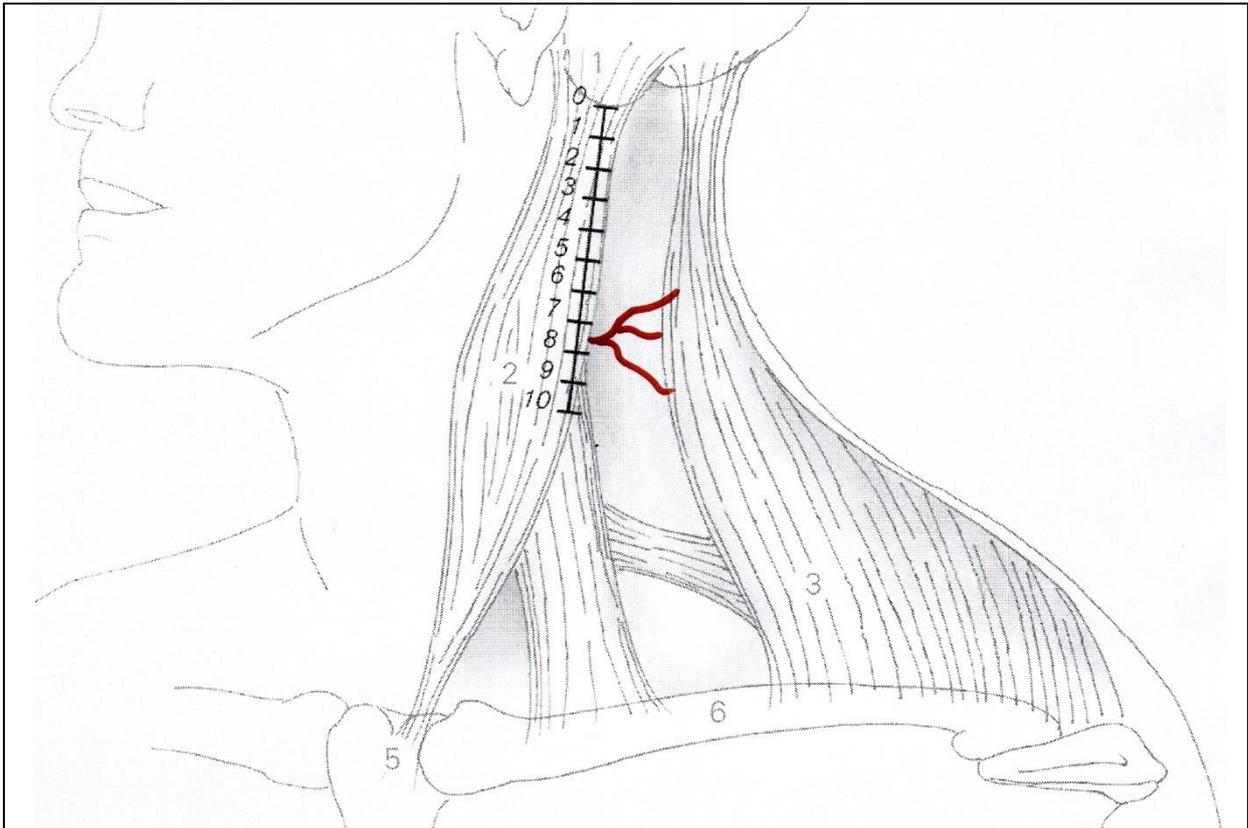
Körpergröße: 1,58m

KOF: 1,55 m<sup>2</sup>

BMI: 22,03kg/m<sup>2</sup>

**Besonderheiten:**

x Aufteilung des N. accessorius



schematische Darstellung der regio colli lateralis (seitliches Halsdreieck) mit Orientierungs-punkten:  
1 Mastoid, 2 M. sternocleidomastoideus (SCM), 3 M. trapezius (TM), 5 Jugulum, 6 Clavicula.

**Messwerte:**

dMA: 75mm

dAJ 100mm

**Zwickerl zwischen M. Sternocleidomastoideus und M. Trapezius:**

X Ja  Nein O

**geschlängelter Verlauf im seitlichen Halsdreieck:**

X Ja  Nein O

**Lage des Nervenaustrittspunktes an der Hinterkante des SCM zum SCM:**

X SAN unter dem SCM

SAN durch den SCM O





C Tabellarische Aufstellung der erhobenen Messwerte und Beobachtungen

Nr.	Präp.- Nr.	KGR in cm	KGW in kg	Geschlecht m/w	Alter in Jahren	Körperseite li/re	dMA in mm	dAJ in mm	Zwickel j/n	SAN zu SCM unter/durch	Schlänge- lung j/n
01	01/08	159	42	w	98	li	65	105	J		J
02	01/08	159	42	w	98	re	85	115	j	unter	J
03	02/08	178	96	m	60	re	65	140	J	unter	J
04	03/07	161	46	w	87	re	51		J		
05	07/08	162	65	w	93	re	80	110	j	unter	j
06	08/07	158	47	w	92	re	60		j		J
07	10/08	154	44	w	44	li	65	140	j	unter	j
08	10/08	154	44	w	44	re	100	120	j	unter	j
09	11/07	178	47	m	47	re	75		j		j
10	12/07	176	95	m	85	li	58		n		
11	12/08	154	61	w	89	li	65	125	j	unter	j
12	13/08	183	88	m	72	li	80	140	j	unter	
13	16/07	165	61	w	90	re	60		j		
14	16/08	163	50	w	88	li	75	105	j	unter	n
15	16/08	164	50	w	88	re	65	125	n	unter	j
16	17/07	145	29	w	84	li	75		j		
17	17/08	165	79	m	77	li	75	130	j	unter	

Nr.	Präp.- Nr.	KGR	KGW	Geschlecht	Alter	Körperseite	dMA	dAJ	Zwickel	SAN zu SCM	Schlänge- lung
18	17/08	165	79	m	77	re	70	130	j	unter	j
19	19/07	159	45	w	67	re	60		j		j
20	20/08	162	67	w	87	li	65	125	n	unter	n
21	21/07	152	41	w	88	li	50		j		j
22	22/07	153	35	w	95	re	60		j		j
23	23/08	177	72	m	87	li	82,5	130	j	unter	j
24	24/07	169	75	w	68	re	55		n		j
25	25/08	166	65	m	70	li	72,5	140	j	unter	n
26	26/09	175	79	m	80	li	45	150	j	unter	j
27	26/09	175	79	m	80	re	60	130	j	durch	j
28	28/07	150	58	w	89	li	47		n		n
29	28/08	168	65	m	82	re	85	127,5	j	unter	j
30	29/07	158	49	w	79	re	70		j		j
31	29/08	169	59	w	83	li	50	140	j	unter	j
32	29/08	169	59	w	83	re	67,5	127,5	j		j
33	30/08	182	92	m	63	li	80	130	n	unter	j
34	30/08	182	92	m	63	re	60	160	j	unter	j
35	31/08	161	75	w	91	li	52,5	120	J		
36	32/08	171	71	w	84	li	57,5	135	j	unter	j
37	33/08	175	69	m	89	li	80	130	j	unter	n

Nr.	Präp.- Nr.	KGR	KGW	Geschlecht	Alter	Körperseite	dMA	dAJ	Zwickel	SAN zu SCM	Schlänge- lung
38	34/08	169	66	m	85	re	87,5	115	j	unter	j
39	36/08	173	65	w	70	re	80	122,5	j	unter	j
40	37/07	176	85	m	93	li	75		n		j
41	41/08	157	78	w	85	li	62,5	120	j	unter	j
42	43/08	158	44	m	96	re	57,5	127,5	j	unter	j
43	45/07	142	37	w	86	re	50		j		j
44	45/08	165	60	w	85	li	80	102	j	unter	j
45	46/08	155	60	w	84	re	60	125	j	durch	j
46	48/08	160	26	w	86	li	65	130	j	durch	j
47	49/08	163	65	w	80	li	72,5	105	j	unter	j
48	49/08	164	65	w	80	re	72,5	112,5	j	unter	j
49	50/07	164	65	w	96	re	77		n		j
50	52/07	157	44	w	91	li	60		j		j
51	54/07	147	37	w	93	li	60		j		j
52	57/07	179	60	m	65	li	80		n		n
53	58/07	158	33	w	96	re	58		j		j
54	62/07	174	59	m	93	re	55		j		j
55	63/07	162	70	w	84	ee	58		n		
56	63/08	175	62	m	82	re	75	130	n	durch	j
57	66/08	154	55	w	90	re	50	125	j	unter	j

Nr.	Präp.- Nr.	KGR	KGW	Geschlecht	Alter	Körperseite	dMA	dAJ	Zwickel	SAN zu SCM	Schlänge- lung
58	69/08	156	42	w	86	re	50	112,5	j	unter	j
59	72/08	158	55	w	87	li	75	100	j	unter	j
60	79/08	164	62	m	70	re	70	140	j	unter	j
61	86/08	165	77	w	56	li	67,5	130	j	unter	
1-61		MW: 164,1 SD: 9,7	MW: 60,6 SD: 16,8	m: 21 w: 40	MW: 81,3 SD: 12,8	re:32 li: 29	MW: 66,7 SD: 11,7	MW: 125,4 SD: 12,9	j: 50 n: 11	durch: 4 unter: 33	j: 46 n: 6

**Tabelle C.1: Übersicht erhobene Messwerte und Beobachtungen**

dMA	N	Mittelwert	SD	min.	max.
1-61	61	66,7mm	11,7mm	45mm	100mm
m	21	70,9mm	11,3mm	45mm	87,5mm
w	40	64,5mm	11,5mm	47mm	100mm
re	32	66,5mm	12,4mm	50mm	100mm
li	29	66,8	11,1mm	45mm	82,5mm
m / re	11	69,1mm	10,9mm	55mm	87,5mm
m / li	10	72,8mm	12,0mm	45mm	82,5mm
w / re	21	65,2mm	13,2mm	50mm	100mm
w / li	19	63,7mm	9,4mm	47mm	80mm

**Tab. C.2: Übersicht Messergebnisse dMA**

dMA		
Anzahl		61
Mittelwert		66,7mm
Standardabweichung		11,7mm
Varianz		137,3mm
Spannweite		55,0mm
Minimum		45,0mm
Maximum		100,0mm
Perzentile	2,5	46,1mm
	5	50,0mm
	25	58,0mm
	75	75,0mm
	95	85,0mm
	97,5	93,1mm

**Tabelle C3: statistische Auswertung dMA**

dAJ	N	Mittelwert	SD	min.	max.
1-61	40	125,4mm	12,9mm	100mm	160mm
m	16	133,8mm	10,4mm	115mm	160mm
w	24	119,9mm	11,5mm	100mm	140mm
re	19	126,1mm	11,8mm	110mm	160mm
li	21	124,9mm	14,1mm	100mm	150mm
m / re	9	133,3mm	12,4mm	115mm	160mm
m / li	7	134,3mm	7,9mm	130mm	150mm
w / re	10	119,5mm	6,4mm	110mm	127,5mm
w / li	14	120,1mm	14,3mm	100mm	140mm

**Tab. C.4: Übersicht Messergebnisse dAJ**

dAJ		
Anzahl		40
Mittelwert		125,4mm
Standardabweichung		12,9mm
Varianz		166,9mm
Spannweite		60,0mm
Minimum		100,0mm
Maximum		160,0mm
Perzentile	2,5	100,0mm
	5	102,2mm
	25	123,4mm
	75	130,0mm
	95	149,5mm
	97,5	159,8mm

**Tabelle C5: statistische Auswertung dAJ**

Zwickel	N	Vorhanden	Nicht vorhanden
1-61	61	50	11
m	21	16	5
w	40	34	6
re	32	27	5
li	29	23	6
m / re	11	10	1
m / li	10	6	4
w / re	21	17	4
w / li	19	17	2

**Tabelle C6: Übersicht Ergebnisse Zwickel**

SAN zu SCM	N	unter	durch
1-61	37	33	4
m	16	14	2
w	21	19	2
re	18	15	3
li	19	18	1
m / re	9	7	2
m / li	10	7	3
w / re	9	8	1
w / li	12	11	1

**Tabelle C7: Übersicht Ergebnisse Verhältnis SAN zu SCM**

Schlängelung	N	Vorhanden	Nicht vorhanden
1-61	52	46	6
m	18	15	3
w	34	31	3
re	29	29	0
li	23	17	6
m / re	11	11	0
m / li	7	4	3
w / re	21	18	3
w / li	16	13	3

**Tabelle C8: Übersicht Ergebnisse Verhältnis SAN zu SCM**

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		dMA
N		61
Parameter der Normalverteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	66,664
	Standardabweichung	11,7160
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,977
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,296

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.  
b. Aus den Daten berechnet.

**Tabelle C9: Test auf Normalverteilung für dMA**

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		dAJ
N		40
Parameter der Normalverteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	125,425
	Standardabweichung	12,9192
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,977
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,296

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.  
b. Aus den Daten berechnet.

**Tabelle C10: Test auf Normalverteilung für dAJ**

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest		
		Alter
N		40
Parameter der Normal- verteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	79,80
	Standardabweichung	12,873
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,304
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,067
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normal- verteilung.		
b. Aus den Daten berechnet.		

**Tabelle C11: Test auf Normalverteilung der Variablen  
Alter**

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest		
		Standardized Residual
N		40
Parameter der Normal- verteilung <sup>a,b</sup>	Mittelwert	0E-7
	Standardabweichung	0,97402153
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,494
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,967
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.		
b. Aus den Daten berechnet.		

**Tabelle C12: Test auf Normalverteilung der standardisierten  
Residuen Regressionsanalyse II dAJ**

Koeffizienten <sup>a</sup>						
Modell		95,0% Konfidenzintervalle für B		Korrelationen		
		Untergrenze	Obergrenze	Nullter Ordnung	Partiell	Teil
4	(Konstante)	113,275	162,207			
	Alter	-0,628	-0,108	-0,449	-0,427	-0,361
	Geschlecht	5,452	18,937	0,533	0,516	0,461

a. Abhängige Variable: dAJ

**Tab. 13: Regressionskoeffizienten Regressionsanalyse II dAJ Teil II**

Nr.	Präp.- Nr.	Geschlecht  m/w	Alter  in Jahren	dAJ  in mm	Ergebnis leave- one-out- Kreuzvalidierung  in mm	Differenz  in mm
01	01/08	w	98	105	115	10
02	01/08	w	98	115	114	1
03	02/08	m	60	140	140	0
04	07/08	w	93	110	116	6
05	10/08	w	44	140	131	9
06	10/08	w	44	120	139	19
07	12/08	w	89	125	117	8
08	13/08	m	72	140	135	5
09	16/08	w	88	105	118	13
10	16/08	w	88	125	117	8
11	17/08	m	77	130	134	4
12	17/08	m	77	130	134	4
13	20/08	w	87	125	118	7
14	23/08	m	87	130	130	0
15	25/08	m	70	140	136	4
16	26/09	m	80	150	131	19
17	26/09	m	80	130	133	3
18	28/08	m	82	127,5	132	4,5
19	29/08	w	83	140	118	22
20	29/08	w	83	127,5	119	8,5
21	30/08	m	63	130	142	12
22	30/08	m	63	160	137	23
23	31/08	w	91	120	116	4
24	32/08	w	84	135	118	17
25	33/08	m	89	130	129	1
26	34/08	m	85	115	132	17
27	36/08	w	70	122,5	124	1,5
28	41/08	w	85	120	119	1
29	43/08	m	96	127,5	127	0,5
30	45/08	w	85	102	119	17

Nr.	Präp.- Nr.	Geschlecht  m/w	Alter  in Jahren	dAJ  in mm	Ergebnis leave- one-out- Kreuzvalidierung  in mm	Differenz  in mm
31	46/08	w	84	125	119	6
32	48/08	w	86	130	118	12
33	49/08	w	80	105	121	16
34	49/08	w	80	112,5	121	8,5
35	63/08	m	82	130	132	2
36	66/08	w	90	125	116	9
37	69/08	w	86	112,5	119	6,5
38	72/08	w	87	100	119	19
39	79/08	m	70	140	136	4
40	86/08	w	56	130	129	1
1-40		m: 16 w: 24	MW: 79,8 SD:12,9	MW: 125,7 SD: 13,1	MW: 125,5 SD: 8,4	Außerhalb Konfidenzintervall: n =2 (5%)

**Tabelle C14: Übersicht Ergebnisse Kreuzvalidierung in den leave-one-out-Experimenten**

### D Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. H. M. Schardey, für die Überlassung dieses spannenden Dissertationsthemas sowie auch für die im Laufe dieser Arbeit entstandene Begeisterung für die Chirurgie, die auch nach Beendigung dieser Arbeit ihre Spuren in meinem beruflichen Werdegang hinterlässt.

Ich danke auch besonders Herrn Privat-Dozent Dr. med. S. K. Schopf für die stetige und verlässliche Betreuung bei der Planung, Durchführung und Fertigstellung dieser Arbeit.

Ich danke weiterhin Herrn Prof. Dr. med. L. J. Wurzinger für die Erlaubnis diese Arbeit im Rahmen des studentischen Kursu der Makroskopischen Anatomie an der Anatomischen Anstalt der LMU München durchzuführen sowie für die kritische Diskussion der Ergebnisse. Hier danke ich auch allen Mitarbeitern der Anatomischen Anstalt der LMU München, die mich hierbei unterstützt haben: Herrn J. Doberauer, Frau Ch. Ebel sowie dem Team der Präparatoren.

Auch danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Medizinische Statistik und Epidemiologie am Klinikum Rechts der Isar, TU München, für die anfängliche Beratung in der statistischen Auswertung, allen voran Frau P. Wolf und Herrn Dr. rer. nat. T. Schuster.

Zuletzt danke ich meiner Familie für ihre Unterstützung, die zahlreichen Tipps und das Korrekturlesen.

*E curriculum vitae*



Eidesstattliche Versicherung

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

*Narbenfreie endoskopische Schilddrüsenchirurgie von dorsal:  
die Rolle des Nervus accessorius*

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Doktorand