

Aus dem Institut für Anatomie und Zellbiologie
(Direktor: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich)
der Universitätsmedizin Greifswald



Klinisch-anatomische Untersuchungen zur Treffgenauigkeit von Injektionen an die Tonsilla pharyngea unter besonderer Berücksichtigung des Geschlechtsdimorphismus – eine biometrische Studie basierend auf der Digitalen Volumentomografie (DVT)

Inauguraldissertation
zur
Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin
(Dr. med. dent.)
der
Universitätsmedizin Greifswald
2024

vorgelegt von:
Wolfgang Sebastian Leisenberg
geb. am 28. August 1990
in Dresden

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Koppe
2. Gutachter: Prof. Dr. Andreas Prescher

Ort, Raum: Institut für Rechtsmedizin Greifswald, Seminarraum

Tag der Disputation: 21.02.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Fragestellung	1
2	Literaturübersicht	4
2.1	Embryonale Entwicklung des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea	4
2.2	Anatomische Grundlagen des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea	5
2.3	Wachstums- und Altersveränderungen des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea	8
2.4	Geschlechtsdimorphismus des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea	11
2.5	Klinik der Tonsilla pharyngea	12
2.5.1	Interventionen an der Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke	13
2.6	Bildgebung des Epipharynx	18
3	Material und Methoden	20
3.1	Material	20
3.2	Methoden	21
3.2.1	DVT-Untersuchungen	21
3.2.2	Ermittlung der Kanülenlage	21
3.3	Biostatistische Auswertung	30
4	Ergebnisse	34
4.1	Epipharynxmaße	34
4.2	Maße zur Bestimmung der Kanülenlage	36
4.3	Ergebnisse der Korrelationsanalyse	41
4.4	Ergebnisse der Regressionsanalyse	45
4.5	Ergebnisse der Linearen Diskriminanzanalyse	49
5	Diskussion	53
5.1	Interpretation der Ergebnisse	53
5.1.1	Unterschiede der knöchernen Kanülentreffpunkte im Epipharynx von gebogener versus gerader Kanüle	53

5.1.2	Einflüsse verschiedener Schädel- und Epipharynxmaße auf die Kanülenlage im Epipharynx	54
5.1.3	Geschlechtsdimorphismus	57
5.2	Limitationen der Studie	58
5.3	Hauptergebnisse der Studie	59
6	Zusammenfassung	61
7	Literaturverzeichnis	63
8	Anhang	

1 Einleitung und Fragestellung

Die Tonsilla pharyngea wird zusammen mit der Tonsilla palatina, Tonsilla tubaria, Tonsilla lingualis und den sogenannten Seitensträngen in der pharyngealen Mukosa als Bestandteil des Waldeyer-Rachenringes in zahlreichen Standardwerken der Medizin aufgeführt. Diese auch als Rachenmandel bezeichnete Tonsille wurde vermutlich zuerst 1661 von Conrad Victor Schneider erwähnt (Ruben 2017). Durch den Dänen Hans Wilhelm Meyer erfolgte dann 1868 eine ausführliche Beschreibung einer Erkrankung der Tonsilla pharyngea in Zusammenhang mit Symptomen wie Hörverlust, Mundatmung, Schwindel, Fieber und Schmerzen. Außerdem berichtete Meyer (1868) über die Entfernung des sogenannten Adenoids (Ruben 2017; Zwierz et al. 2023). In den letzten Jahrzehnten konnte nicht nur vielfach ein Zusammenhang einer Hyperplasie der Tonsilla pharyngea mit Symptomen wie Schlafapnoe, Schnarchen und Mundatmung belegt werden, sondern es wurden auch die Verfahren zur Diagnostik und Therapie, einschließlich der Entfernung der Tonsilla pharyngea entscheidend weiterentwickelt (Ruben 2017).

Die Rachenmandel besteht aus mukosaassoziiertem lymphatischem Gewebe und ist an der oberen Epipharynxwand lokalisiert. Sie besitzt vor allem eine Immunfunktion (Ahmad et al. 2023). Sie wird mit Erkrankungen wie der adenoiden Hyperplasie, welche der häufigste Grund für Obstruktionen der oberen Atemwege im Kindes- und Jugendalter ist, in Verbindung gebracht (Pereira et al. 2018). Bei anhaltenden Beschwerden ist laut aktueller deutscher Leitlinie zur Diagnostik und Therapie adenoider Vegetationen (Ahmad et al. 2023) eine chirurgische Entfernung der Tonsilla pharyngea indiziert.

Dass die adenoide Hyperplasie vor allem in der Kindheit und Jugend auftritt, liegt im starken Wachstum der Tonsilla pharyngea im frühen Kindesalter, mit dem Höhepunkt im etwa fünften Lebensjahr, begründet (Fujioka et al. 1979). Die ossären Strukturen des Epipharynx folgen einem anderen Wachstumsmuster als das lymphatische Gewebe im Bereich der Tonsillen. In der Kindheit kommt es zu einer Verminderung des Volumens der oberen Atemwege und ist im Alter von fünf bis acht Jahren am schmalsten (Cohen et al. 2020). Das Wachstum des lymphatischen Gewebes wurde deshalb vor allem in der frühen Entwicklung intensiv untersucht. Bis heute ist jedoch nur wenig über die Größe des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea im

Erwachsenenalter bekannt. Außerdem ist fraglich, inwiefern und ob mit fortgeschrittenem Alter eine erneute Veränderung dieser Strukturen stattfindet.

Abgesehen von der Literatur über die Wachstumsveränderungen der Tonsilla pharyngea im Kindes- und Jugendalter, finden sich nur wenige Arbeiten, die sich mit dem Geschlechtsdimorphismus der Tonsilla pharyngea und des Epipharynx befassen (Fujioka et al. 1979; Linder-Aaronson and Leighton 1983; Preston et al. 2004; Vilella et al. 2006). Da solche Informationen auch für Injektionen an die Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke von praktischem Interesse sind, befasst sich die vorliegende Studie mit dem Vergleich zweier Nadelarten zur sicheren Injektion und den Zugangsmöglichkeiten in diese Region unter besonderer Berücksichtigung des Geschlechtsdimorphismus. Solche Kenntnisse sind auch deshalb von einigem klinischen Interesse, weil in der Literatur Verletzungen im Rahmen neuraltherapeutischer Injektionen im Bereich der Tonsilla pharyngea dokumentiert sind. Die Gefährlichkeit von nicht fachgerecht durchgeführten neuraltherapeutischen Behandlungen wird beispielsweise in einer Fallbeschreibung durch Schmittinger et al. (2011) deutlich. So berichten diese Autoren, dass es bei einer neuraltherapeutischen Injektionsbehandlung mit 1 ml Procain zur Libidosteigerung einer jungen Frau zu einer kurzzeitigen rechtsseitigen Hemiparese sowie zu Taubheitsgefühl in allen Gliedmaßen, Übelkeit, Erbrechen und Drehschwindel kam.

Bei nicht fachgerechten Injektionen an die Tonsilla pharyngea sind Zwischenfälle auf Grund der komplexen Anatomie möglich. Da bislang dem Geschlechtsdimorphismus in diesem Zusammenhang wenig Beachtung geschenkt wurde, erfolgte in der vorliegenden biometrischen Studie der Vergleich von DVT-Datensätzen weiblicher und männlicher Probanden. Im Einzelnen verfolgt diese Arbeit dabei die folgenden Zielstellungen:

1. Morphometrische Untersuchung der virtuellen Kanülenlage bei Injektionen an die Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie,
2. Vergleich der Einstichstelle an der dorsalen Wand des Epipharynx unter Verwendung einer geraden Kanüle und einer um 40° nach kranial gebogenen Kanüle,
3. Untersuchung des Einflusses des Geschlechtsdimorphismus auf die Lage der Kanülenspitze im Epipharynx bei der Verwendung einer geraden und einer gebogenen Kanüle,

4. Untersuchung des Einflusses verschiedener Schädelmaße und des Alters auf ihre Vorhersagekraft in Bezug auf mögliche Risiken bei Injektionen an die Tonsilla pharyngea,

5. Erörterung der klinischen Bedeutung der Ergebnisse.

2 Literaturübersicht

2.1 Embryonale Entwicklung des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea

Die Bildung des Pharynx beginnt ab der vierten Schwangerschaftswoche, indem Zellen der Neuralleiste in die zukünftigen Kopf- und Halsregionen des Embryos einwandern und Branchialbögen formen (Moore et al. 2016). Jeder Branchialbogen enthält einen mesenchymalen Kern mit Anlagen für spezifische Muskeln, Nerven, Arterien und spätere Skelettelemente. Am Ende der vierten Woche haben sich vier äußerlich sichtbare Bogenpaare gebildet. Sie werden außen durch Pharyngealfurchen und innen durch Pharyngealtaschen begrenzt (Moore et al. 2016). Die Branchialbögen stützen die Seitenwände des vorläufigen Pharynx, welcher aus dem kranialen Teil des Vorderdarms hervorgegangen ist.

Das Stomatodeum, der sogenannte Urmund, erscheint zunächst als leichte Vertiefung auf der Oberfläche und wird durch die bilaminare, oropharyngeale Membran, die sich außen aus dem Ektoderm und innen aus dem Endoderm zusammensetzt, vom Pharynx getrennt (Moore et al. 2016). Diese Membran reißt etwa am Tag 26. Dadurch kommunizieren Vorderdarm und die Amnionhöhle miteinander. Aus dem Ektoderm des ersten Branchialbogens geht das orale Epithel hervor (Moore et al. 2016). Die sich formenden Nasenhöhlen und der Epipharynx werden zu diesem Zeitpunkt noch durch die oronasale Membran von der Mundhöhle getrennt (Regauer 2006). Durch die Ruptur der Membrana oronasalis in der sechsten Woche werden Nasen- und Mundhöhle miteinander verbunden. Die Verbindung zum späteren Pharynx erfolgt durch die primitiven Choanen (Regauer 2006).

Zeitgleich entwickeln sich zwischen den Branchialbögen mindestens vier Pharyngealtaschen aus denen wichtige Organe des Kopf- und Halsbereiches gebildet werden. Aus dem Material der zweiten Pharyngealtasche entwickelt sich die Tonsilla palatina, indem in der 12. bis 14. Woche das Taschenendoderm das Oberflächenepithel und die Tonsillenkrypten formt. Nach etwa 20 Wochen differenziert das Mesenchym der Tonsilla palatina zu lymphatischem Gewebe. Die erste Infiltration mit lymphoiden Zellen erfolgt etwa im siebten Monat (Regauer 2006; Moore et al. 2016). Aus dem Mesenchym des zweiten Pharynxbogens bilden sich die Blutgefäße und die Skelettmuskulatur des Pharynx (Regauer 2006).

Aus dem Ektoderm des Stomatodeum wird auch die sogenannte Rathke-Tasche gebildet. Es handelt sich dabei um eine hirnwärts wachsende Ausstülpung des primitiven Mundbuchtendes

(Lüllmann-Rauch und Asan 2015). Im Verlauf der embryonalen Entwicklung wächst die Rathke-Tasche weiter nach kranial und lagert sich an das Diencephalon an. Sie bleibt mit der Mundhöhle über den craniopharyngealen Kanal verbunden, welcher sich in der 6. Woche verengt und ab der 8. Woche verschlossen ist (Arey 1950). Aus der Rathke-Tasche entwickelt sich ab dem 24. Tag p. c. die Adenohypophyse als Teil der Hypophyse. Die Neurohypophyse entwickelt sich aus dem Diencephalon (Moore 2016). Im Rahmen dieses Entwicklungsprozesses werden meist auch Reste bzw. Derivate des Hypophysenvorderlappens in der Mukosa des Epipharynx, direkt unterhalb des Corpus ossis sphenoidalis, verlagert. Daraus differenziert spezifisches Drüsengewebe, welches als Rachendachhypophyse (Hypophysis pharyngis) bezeichnet wird (Starck 1965). Deshalb kann die Injektion an die Tonsilla pharyngea nicht nur das lymphatische Gewebe und den Plexus pharyngeus (N. glossopharyngeus, N. vagus) beeinflussen, sondern auch die Hypophyse selbst (Barop 2015).

Weiteres lymphatisches Gewebe des sogenannten Waldeyer-Rachenringes entsteht innerhalb der 14. bis 18. Schwangerschaftswoche. Die Tonsilla pharyngea entsteht aus Längsfalten und einer Ansammlung von Lymphknötchen in der posterioren Wand des Nasopharynx (Regauer 2006; Moore et al. 2016). Dabei entwickelt sich zunächst rostral und lateral der Region der Bursa pharyngea und unabhängig von dieser, adenoides Gewebe. Die Bursa pharyngea wird bereits in der 6. Schwangerschaftswoche angelegt (Wetzel 1938). Sie ist bereits fertig ausgebildet, bevor die Anlage der Tonsilla pharyngea nachweisbar ist. Ab dem dritten Monat akkumulieren Lymphozyten im Bereich der späteren Tonsilla pharyngea (Snook 1934).

2.2 Anatomische Grundlagen des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea

Das Cranium kann funktionell in das Viszerokranium, die Knochen, die dem Gesicht ihre Struktur geben und in das Neurokranium, welches das Gehirn umgibt, unterteilt werden. Da die hier zur Debatte stehende Tonsilla pharyngea mit Strukturen des Neurokraniums in Zusammenhang steht, soll nachfolgend kurz auf das Neurokranium eingegangen werden. Das Neurokranium setzt sich aus den folgenden Knochen zusammen: Os frontale, Os parietale, Os temporale, Os sphenoidale und Os occipitale. Während Os frontale, Os parietale und Os occipitale die Grundlage der Calvaria formen, bilden Os temporale, Os sphenoidale und Os occipitale die äußere Schädelbasis. Die Tonsilla pharyngea liegt in topographischer Nachbarschaft zum externen Teil des Clivus, welcher sich aus dem Os sphenoidale und dem Os occipitale zusammensetzt. Die Synchronosis sphenoccipitalis befindet sich zwischen dem Os sphenoidale und dem Os occipitale. Letzterer Schädelknochen besteht aus den vier Teilen: Pars basilaris, den paarigen Partes

laterales und Pars squamosa (Lippert 2006). Innerhalb des Os occipitale befindet sich das Foramen magnum, eine große Öffnung, deren ventraler Mittelpunkt als Basion bezeichnet wird. Das Foramen magnum markiert den Übergang der Medulla oblongata in das Rückenmark und bietet der A. vertebralis und den Radices spinales einen Weg in die Schädelhöhle (Lippert 2006).

Der Pars basilaris ossis occipitalis fusioniert ventral über die Synchondrosis sphenoccipitalis mit dem Os sphenoidale. Zusammen formen sie das Dach des Pharynx, welcher demnach an der Schädelbasis aufgehängt (s. u.) und zusätzlich u.a. am Zungenbein und Kehlkopf befestigt ist (Lierse 1990).

Der Pharynx ist ein ca. 13 cm langer, schlauchförmiger, muskulomembranöser Raum, welcher in die drei Etagen Pars nasalis (Synonyme: Epipharynx, Nasopharynx), Pars oralis (Synonym: Oropharynx) und Pars laryngea (Synonym: Laringopharynx) eingeteilt wird (Lierse 1990; Schünke et al. 2007; Nemeč et al. 2009).

Das Tuberculum pharyngeum befindet sich auch an der Pars basilaris des Os occipitale und dient der Befestigung der Raphe pharyngis. Die Raphe pharyngis ist der Ansatzpunkt des M. constrictor pharyngis superior (oberer Schlundsnürer), des M. constrictor pharyngis medius (mittlerer Schlundsnürer) und des M. constrictor pharyngis inferior (unterer Schlundsnürer). Diese sind ringförmig angeordnete Muskeln, welche den Pharynx umschließen und für den Schluckvorgang und die Verengung des Nasenrachenraumes von größter Bedeutung sind (Lippert 2006). Die sogenannten Schlundheber sind M. stylopharyngeus, M. salpingopharyngeus und M. palatopharyngeus. Die Fascia buccopharyngealis kleidet den Pharynx aus (Lippert 2006).

Die Innervation des Pharynx erfolgt über den Plexus pharyngeus (Lomoschitz et al. 2000). Der N. maxillaris ist für die Innervation des Rachendachs und die Umgebung der Mündung der Tuba auditiva zuständig (Lippert 2006). Im Gegensatz dazu versorgt der N. glossopharyngeus die Zungenwurzel, die Tonsillae palatina, den unteren Teil des Epipharynx sowie den Oropharynx (Lippert 2006). Der Hypopharynx wird überwiegend durch den N. vagus innerviert (Nemeč et al. 2009).

Die arterielle Versorgung des Epipharynx wird aus der A. pharyngea ascendens, einem Ast der carotis externa, gewährleistet. Anschließend sammelt sich das Blut im venösen Plexus pharyngeus und wird durch die V. jugularis interna abgeleitet (Lippert 2006).

Der Epipharynx steht über die Choanen mit der Cavitas nasi in Verbindung. Die beiden Choanen sind jeweils ca. 1,2 cm breit und 3 cm hoch und werden durch das Vomer voneinander getrennt (Lippert 2006). Der Epipharynx steht beidseits über das Ostium pharyngeum tubae auditivae mit der die Tuba auditiva in Verbindung. Sie mündet in die Paukenhöhle. Die Abgrenzung des Epipharynx vom kaudal gelegen Oropharynx erfolgt unvollständig durch den weichen Gaumen und die Uvula (Lierse 1990; Regauer 2006).

Die posterosuperiore Wand des Epipharynx reicht von den o.g. Knochen der Schädelbasis nach dorsal und kaudal und wird durch lockeres Bindegewebe, das Spatium retropharyngeum, von der Vorderfläche der ersten beiden Halswirbel getrennt. Daran schließen sich die tiefen Halsmuskeln (Mm. longus colli und longus capitis) sowie der M. rectus capitis anterior et lateralis an (Nemec et al. 2009). In diesem Bindegewebe liegen retropharyngeale Lymphgefäße und ein Venenplexus (Lierse 1990; Lippert 2006). Das Spatium lateropharyngeum enthält Gefäß- und Nervenstränge wie die A. carotis interna, die V. jugularis interna, den N. glossopharyngeus und N. vagus (Lierse 1990; Lippert 2006).

Die Mukosa besteht aus der Epithelschicht, der Lamina propria und der Tela submucosa (Lippert 2006). In der Tela submucosa des Epipharynx befinden sich seromuköse Drüsen und Inseln von lymphatischem Gewebe (Regauer 2006). Sie wird auch als Fascia pharyngobasilaris bezeichnet (Lippert 2006; Nemec et al. 2009) und bildet als verdickte Bindegewebsschicht die Ansatzstelle der Pharynxmuskulatur an der Schädelbasis (Schünke et al. 2007). Eine zweite Bindegewebsschicht bildet die Fascia buccopharyngea, welche die Muskelschicht des Pharynx umgibt. Sie bedeckt ebenfalls den M. buccinator, welcher an den M. constrictor pharyngis superior anschließt. Sie werden durch die Raphe pterygomandibularis, die vom Os sphenoidale zum Unterkiefer verläuft, getrennt (Lippert 2006).

Am Dach des Epipharynx befindet sich die unpaare Tonsilla pharyngea als Teil des Waldeyer-Rachenrings. Sie ist aus mukosaassoziiertem lymphatischem Gewebe aufgebaut (Ahmad et al. 2023). Einen weiteren Bestandteil des lymphatischen Gewebes im Epipharynx bilden die Tonsilla tubaria in der lateralen Pharynxwand an der Öffnung der Tuba auditiva. Auch die Tonsilla

palatina, die Tonsilla lingualis und die Seitenstränge in der Mukosa gehören zum Waldeyer-Rachenring, welcher sich über den Epipharynx und Oropharynx erstreckt (Regauer 2006; Schünke et al. 2007).

Die lymphatischen Gewebe im Pharynx dienen der Immunabwehr, der sie aufgrund ihrer stark exponierten Lage nachkommen können. Der Epipharynx ist oft durch Asymmetrien geprägt (Ruffing et al. 2005). Diese sind als Verdickungen sichtbar und werden mit zunehmendem Alter durch Atrophien des lymphatischen und submukösen Gewebes verursacht (Mancuso et al. 1980).

Die epitheliale Bedeckung des Epipharynx und auch der Tonsilla pharyngea besteht aus einem mehrreihigen respiratorischen Epithel mit zahlreichen Becherzellen und eingelagerten Inseln von unverhorntem Plattenepithel (Regauer 2006; Ahmad et al. 2023). In der Peripherie der Tonsilla pharyngea befinden sich kleine Speicheldrüsenester (Regauer 2006). Außerdem befinden sich die paarigen Glandulae tubariae an der posterolateralen Wand des Epipharynx in der Region des Torus tubarius (Valstar et al. 2021).

Die Form der Tonsilla pharyngea ist rundlich und durch 12 bis 15 flache Krypten und Furchen geprägt, welche die Oberfläche stark vergrößern (Regauer 2006). Eine zum Teil vorhandene tiefe Furche in der Mitte der Tonsilla pharyngea wird auch als Bursa pharyngea bezeichnet. Sie steht mit dem Krankheitsbild der Tornwaldt-Zyste in Zusammenhang (Jácomo et al. 2010). In den Krypten lockert sich das in mehreren Schichten vorhandene Epithel auf und ermöglicht somit eine Durchdringung von Lymphozyten, welche für die Immunfunktion der Rachenmandel von großer Bedeutung sind (Westermann 2010). Zusätzlich enthält das Epithel der Krypten sogenannte M-Zellen. Diese spezialisierten Epithelzellen sind für die Antigenaufnahme in den Tonsillen zuständig, da die Tonsillen des Waldeyer-Ringes nicht über zuführende Lymphgefäße zur Antigenaufnahme verfügen (Westermann 2010).

2.3 Wachstums- und Altersveränderungen des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea

Vermessungen der ossären Epipharynxregion an 60 Schädeln verschiedener Altersklassen ergaben eine signifikante Zunahme der frontalen und sagittalen Maße des knöchernen Epipharynx von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter (Krpmotić-Nemanić et al. 2006). Krmpotić-Nemanić et al. (2006) berichten, dass im höheren Lebensalter jenseits des 60. Lebensjahres, keinen weiteren Veränderungen der frontalen und sagittalen Maße des Pharynx zu beobachten sind.

Da das Wachstum des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea überwiegend in der Kindheit und Jugend stattfindet, sind in der Literatur fast ausschließlich Untersuchungen in diesen Altersklassen zu finden und werden im Folgenden beschrieben.

Handelman und Osborne (1976) untersuchten in einer Longitudinalstudie das ossäre Wachstum des Epipharynx bei 6 Jungen und 6 Mädchen im Alter zwischen 9 Monaten und 18 Jahren. Dazu wurden jährlich durchgeführte Röntgenaufnahmen des Schädels ausgemessen. Es zeigten sich Korrelationen zwischen der Größe der ossären Strukturen des Epipharynx und der Körpergröße. Während das Wachstum des Epipharynx bei Mädchen bereits im Alter von 13 Jahren und 9 Monaten abgeschlossen war, nahm die Epipharynxgröße bei Jungen bis zum 17. Lebensjahr zu.

Auch eine Studie mit 200 Kindern in 5 Altersgruppen von 0 bis 17 Jahren konnte anhand von CT-Scans aufzeigen, dass sowohl die Tiefe des ossären Nasopharynx als auch der Tonsilla pharyngea zwischen den Altersgruppen 0 bis 5 Jahren und 5,1 bis 8 Jahren signifikant um 4,17 mm bzw. 3,47 mm zunahm (Cohen et al. 2020). Diese Entwicklung wird auch durch die Adenoid-Nasopharynx-Ratio beschrieben. Es handelt sich dabei um das Verhältnis von der Breite der Tonsilla pharyngea zur Länge des Epipharynx, wobei ein hoher Wert ein großes Volumen der Tonsilla pharyngea impliziert und ein niedriger Wert für eine geringe Weite der nasopharyngealen Atemwege spricht (Cohen et al. 2020). Cohen et al. (2020) berichten, dass ab einem Alter von 8 Jahren die Größe der Tonsilla pharyngea wieder teilweise abnahm. In Zusammenhang mit einem weiteren Wachstum des knöchernen Nasopharynx weiteten sich die Atemwege wieder. Die Abnahme des Volumens der Tonsilla pharyngea konnte in einer Langzeituntersuchung von 90 japanischen Kindern und Jugendlichen, welche im Laufe der Studie jeweils zu 5 spezifischen Zeitpunkten untersucht wurden, bestätigt werden (Ishida et al. 2018). Die Größe der Tonsilla pharyngea sowie den Tonsillae palatinae nahm vom Grundschulalter (8.21 ± 0.96 Jahre) bis zum jungen Erwachsenenalter (18.86 ± 1.08 Jahre) signifikant ab (Ishida et al. 2018).

Wann die Tonsilla pharyngea ihre volle Größe erreicht, wird in der Literatur jedoch kontrovers beschrieben. Fujioka et al. (1979) werteten die Radiographie-Aufnahmen von 1398 Kindern im Alter von 1 Monat bis 16 Jahre aus und fanden, dass die höchste Adenoid-Nasopharynx-Ratio bei einem Alter von 4 Jahren und 6 Monaten erreicht wurde und ab einem Alter von 12 Jahren und 6 Monaten wieder abnahm. Ebenso fanden britische Forscher bei 49 zufällig ausgewählten

Kindern im Alter von 3 bis 16 Jahren, dass das weiche Gewebe an der posterioren Nasopharynxwand im Alter von 5 Jahren am größten war und anschließend abnahm, bis es erneut zwischen dem 10. und 11. Lebensjahr leicht zunahm und ab dem Alter von 11 Jahren weiter zurückging (Linder-Aaronson and Leighton 1983). Diese Beobachtungen wurden auch durch eine brasilianische Studie gestützt (Vilella et al. 2006).

Verschiedene Autoren schlussfolgern aus ihren Ergebnissen, dass das Wachstum der Tonsilla pharyngea und des lymphatischen Gewebes an der posterioren Nasopharynxwand nicht der von Harris et al. (1930) beschriebenen Wachstumskurve des lymphatischen Gewebes von Appendix, Milz und Thymus folgt, sondern sich atypisch verhält (Linder-Aaronson and Leighton 1983; Ishida et al. 2018). Die sogenannte Scammon-Kurve beschreibt eine Wachstumskurve, die von Harris et al. (1930) publiziert wurde und besagt, dass das lymphatische Gewebe vor der Adoleszenz ein maximales Volumen erreicht und dann auf einen Wert absinkt, den es im Erwachsenenalter beibehält.

Im Gegensatz dazu wurde in einer amerikanischen Studie mit 92 Kindern im Alter von 1 bis 11 Jahren anhand von MRT-Bildern gezeigt, dass unter anderem die Distanz zwischen den Rami mandibulae entlang einer gedachten Querlinie durch die Tonsillenmitte innerhalb der beobachteten Altersspanne konstant wuchs. Auch das lymphoide Gewebe in Proportion zu den ossären Elementen nahm innerhalb der untersuchten Altersspanne zu (Arens et al. 2002).

Des Weiteren konnte dargestellt werden, dass sich die Volumina des adenoiden Gewebes unter Einfluss des Alters und anderer Faktoren stark unterscheiden können, wenn man anstatt des chronologischen Alters der Studienteilnehmenden das Entwicklungsalter des Skeletts als Ausgangspunkt nimmt (Preston et al. 2004). So wurden in einer Querschnittsstudie mit 673 Schulkindern aus Südafrika neben den Röntgenbildern des seitlichen Schädels auch Röntgenbilder des linken Handgelenks untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass sich die erhaltenen Graphen, welche auf dem chronologischen oder dem Entwicklungsalter und der jeweiligen Längenabmessung von Schädelstrukturen beruhten, stark unterscheiden und dass Altersunterschiede deutlicher hervortraten (Preston et al. 2004).

Neben der Literatur zur Entwicklung des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea im Kindes- und Jugendalter, gibt es nur wenige Daten, welche sich auf Veränderungen im Erwachsenenalter beziehen. In einer Studie mit 80 Jugendlichen (40 Jungen und 40 Mädchen) im Alter von 12

bis 16 Jahren und 80 Erwachsenen (40 Männern und 40 Frauen) im Alter von 20-30 Jahren konnte jedoch gezeigt werden, dass die Dicke des Gewebes an der posterioren nasopharyngealen Wand bei den Jugendlichen signifikant höher war, als bei den Erwachsenen, wobei die superiore nasopharyngeale Tiefe bei den Erwachsenen signifikant höher war (Al-Sayagh 2012). Dies entspricht den bereits dargestellten Aussagen zum Wachstum des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea.

2.4 Geschlechtsdimorphismus des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea

Ein möglicher Geschlechtsdimorphismus war bisher kein primäres Forschungsthema, sondern wird nur peripher in der Literatur zur Größenentwicklung des Epipharynx und der Tonsilla pharyngea betrachtet. Deshalb handelt es sich auch hier vorwiegend um Untersuchungen mit Kindern und Jugendlichen.

Während in einigen Studien festgestellt wurde, dass keine geschlechtsspezifischen Unterschiede bei dem Wachstum der weichen Gewebe an der posterioren Nasopharynxwand nachweisbar waren (Fujioka et al. 1979; Preston et al. 2004; Krmpotić-Nemanić et al. 2006; Kolo et al. 2011; Cohen et al. 2020), wird in anderen auf einen Geschlechtsdimorphismus hingewiesen (Linder-Aaronson and Leighton 1983; Vilella et al. 2006; Al-Sayagh 2012).

Jedoch gibt es auch bei den Hinweisen auf den Geschlechtsdimorphismus heterogene Literatur und Uneinigkeit bei welchem Geschlecht das adenoide Gewebe stärker ausgeprägt ist. In der Studie von Linder-Aaronson and Leighton (1983) wird beispielsweise beschrieben, dass die ossären Strukturen und Atemwege bei Jungen, die Dicke des weichen Gewebes an der posterioren Epipharynxwand jedoch bei Mädchen größer war (Linder-Aaronson and Leighton 1983).

Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Linder-Aaronson and Leighton (1983) fanden Vilella et al. (2006) bei 320 gesunden, brasilianischen Kindern, dass die ossären Strukturen bei den Jungen größer waren, was sich in einer signifikant erhöhten sagittalen Tiefe des knöchernen Nasopharynx in der Altersgruppe 14 bis 15 äußerte, und dass das Knochenwachstum erst später abgeschlossen war als bei den Mädchen. Sie konnten jedoch auch zeigen, dass die Dicke des adenoiden Gewebes bei Jungen signifikant höher war als bei Mädchen in der Altersgruppe 14 bis 15 Jahre.

In Bezug auf Erwachsene berichtet Al-Sayagh (2012) über einen Geschlechtsdimorphismus an der posterioren Wand des Epipharynx. Dort wurde beobachtet, dass die Dicke des Gewebes an der posterioren nasopharyngealen Wand bei Männern mit durchschnittlich 20,27 mm signifikant größer war als bei Frauen mit 16,35 mm.

2.5 Klinik der Tonsilla pharyngea

Da die Rachenmandel als Teil des Waldeyer-Rachenrings aus lymphatischem Gewebe eine Immunfunktion besitzt, ist eine Vergrößerung dieser Region vermutlich ein Resultat erhöhter immunologischer Aktivität in der Kindheit (Pereira et al. 2018). Eine unregulierte Immunantwort dieser Tonsille kann zu einer chronischen Entzündung dieser Region führen, die nicht selten mit einer Hypertrophie einher geht (Niedzielski et al. 2023). Eine Entzündung oder Obstruktion kann zu Erkrankungen wie Schlafapnoe oder Asthma beitragen (Pereira et al. 2018). Des Weiteren kann der Druck auf benachbarte Regionen wie der Tuba auditiva sowohl zu Hörverminderung als auch zu rezidivierenden Mittelohrinfektionen führen (Ahmad et al. 2023). So wird eine adenoide Hypertrophie häufig, schon aufgrund der benachbarten Lage, als Risikofaktor für eine Otitis media beschrieben (Marseglia et al. 2009).

Die Behandlung einer Hypertrophie der Tonsilla pharyngea kann auf verschiedenen Wegen erfolgen, z.B. durch die Anwendung von intranasalen topischen Steroide, Antibiotika, hypertone Kochsalzlösung oder von Antihistaminika bei allergieinduzierter Hypertrophie (Zwierz et al. 2023). Auch alternativmedizinische Verfahren wie Akkupunktur oder traditionelle chinesische Medizin wurden berichtet (Zwierz et al. 2023). Die aktuelle deutsche S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie adenoider Vegetationen (Ahmad et al. 2023) empfiehlt jedoch keine Art der medikamentösen Behandlung, sondern ein beobachtendes Abwarten, falls keine Symptome mit der Adenoidhyperplasie einhergehen.

Neben der konservativen Therapie besteht bei entsprechender Symptomatik die Möglichkeit der chirurgischen Entfernung des Adenoids (Zwierz et al. 2023; Ahmad et al. 2023). Eine unbehandelte Vergrößerung der Rachenmandel kann durch anhaltende Mundatmung neben den bereits aufgeführten Symptomen auch zu Veränderungen der Schädelmorphologie und des Gesichts führen, wodurch adenoide Gesichtszüge entstehen können (Huang et al. 2023; Niedzielski et al. 2023). Diese Gesichtszüge sind durch Zahnfehlstellungen, einen hochgewölbten Gaumen, schmalen Oberkieferbogen und durch eine anteriore Zungenstellung gekennzeichnet (Elluru 2005; Agarwal et al. 2016).

2.5.1 Interventionen an der Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke

Die 1925 von den Gebrütern Ferdinand und Walter Huneke entwickelte Neuraltherapie, ist ein Naturheilverfahren, welches auf dem anatomischen Grundregulationssystem nach Pischinger und Heine (2010) und der ubiquitären Versorgung des Körpers durch das vegetative Nervensystem basiert (Dosch 1995; Bernert 2013; Stettbacher 2015). Sie beruht auf körpereigenen Regulationsmechanismen, die auch in der Homöopathie und in der Akupunktur Anwendung finden (Bernert 2013). Hierbei wird das gesamte Nervensystem, als komplexer Regelkreis betrachtet, welcher ununterbrochen Informationen weiterleitet (Dosch 1995).

Pischinger (1963) verweist hierbei besonders auf die Bedeutung des vegetativen Nervensystems. Dieses setzt sich nicht nur aus dem Sympathikus und Parasympathikus zusammen, sondern umfasst auch ein ubiquitäres Netz synzytial verbundener Zellen. Dieses Netz aus Nervenzellen wirkt autonom und bildet im lockeren Bindegewebe das vegetative Grundsystem. Dieses Grundsystem umgibt und beeinflusst die Organe. Jedes Störfeld liegt innerhalb dieses vegetativen Grundsystems (Pischinger 1963).

Entsprechende Krankheitssymptome werden im Allgemeinen als Regulationsstörungen angesehen und sind somit als Störungen der Informations- und Rückkopplungsmechanismen des Nervensystems aufzufassen (Dosch 1995). Von der Störstelle gehen verschiedene Signale aus, welche in die Regelkreise eingespeichert werden und bei anhaltender Dauer zur Erschöpfung der Regelsysteme bis hin zur Regulationsstarre führen (Dosch 1995). Dosch (1995) geht davon aus, dass selbst eine Störung im Zell-Milieu eine Wirkung auf größere neuronale, humorale, hormonale und psychische Regelsysteme hat und somit auch große Körperflächen oder weit entfernte Organe betreffen kann. Die Neuraltherapie soll die normalen Regulationsverhältnisse durch Beseitigung der Störstellen wiederherstellen.

Bei dieser Regulationstherapie werden Lokalanästhetika wie Procain oder Lidocain ohne Zusatzstoffe injiziert (Stettbacher 2015). Dabei kann eine Injektion an der Schmerzstelle, im zugehörigen Segment (Segmenttherapie), im vermuteten Störfeld (Störfeldtherapie) oder an vegetativen Ganglien erfolgen (erweiterte Segmenttherapie) (Stettbacher 2015, Franke 2022). Die Menge und die Wirkdauer des Lokalanästhetikums haben bei diesem Verfahren, im Gegensatz zum Injektionsort, eher weniger Bedeutung (Fischer 2003). Tatsächlich wird die Verwendung

eines kurzwirksamen Lokalanästhetikums bevorzugt, da es lediglich einer Unterbrechung der pathologischen Reizweiterleitung bedarf, ohne eine spezifische Dauer der Anästhesie erzielen zu wollen. Eine kürzere Wirkungsdauer wie bei Procain mit ca. 20 min bedeutet eine bessere Steuerbarkeit des Medikaments und eine kürzere Phase für Nebenwirkungen (Fischer 2003, Barop 2006, 2015).

Bei der Segmenttherapie wird ein Segment im klassischen Sinn anhand des somatischen Nervensystems betrachtet und im Rahmen des reflektorischen Komplexes behandelt (Franke 2022). Dieses Verfahren findet besonders bei der Behandlung innerer Organe Anwendung, indem trophische Veränderungen der mit dem Zielorgan in Verbindung stehenden Haut, der Unterhaut, des Periosts bzw. der Muskulatur gesucht werden und dort die Injektion der Lokalanästhetika erfolgt (Weber 2004). Diese Einteilung der Segmente ist eher historisch gewachsen. Aktuelle neuroanatomische und neurophysiologische Untersuchungen zeigen, dass Segmente nicht eindeutig abgegrenzt werden können (Fischer 2021).

Ein Störfeld hingegen ist als örtlich begrenzter, chronischer Reizzustand definiert und kann sich im gesamten Körper und auch außerhalb des betroffenen Segmentes befinden (Huneke 1956). Fischer (2003) und Stettbacher (2015) heben in dem Zusammenhang hervor, dass 50 bis 70 % aller Störfelder im Kopfbereich liegen und davon liegen nochmals 70 % im Zahn-Kiefer-Bereich. Weitere typische Störfelder können die Prostata und gynäkologische Regionen sowie Narben oder eine chronische Tonsillitis sein (Fischer 2003; Bernert 2013). Huneke (1962) ist der Auffassung, dass jede chronische Krankheit störfeldbedingt und nur durch eine Störfeldtherapie heilbar ist.

Dosch (1995) erläutert, dass die Wirkung der Neuraltherapie auf der Störung der afferenten Reizweiterleitung des vegetativen Nervensystems, durch die Injektion der genannten Lokalanästhetika beruht. Huneke (1928) beschreibt es als Ausgleich einer Potentialdifferenz. Somit wird die bis dahin chronische Überreizung, welche durch das Störfeld ausgelöst wurde, gestoppt und eine Steigerung der Schmerzen bzw. eine Verschlechterung der Symptome verhindert (Dosch 1995). Im Speziellen werden durch das Lokalanästhetikum Nozizeptoren, welche bei der Schmerzweiterleitung eine Rolle spielen, ausgeschaltet und somit Afferenzen blockiert (Fischer 2003). Durch vegetative Autoregulation kann der Organismus dann selbst zum Normalzustand zurückkehren (Fischer 2003).

Dass die Neuraltherapie wirkt, belegen zahlreiche Erfahrungsberichte. In schweizerischen Untersuchungen führte die Behandlung mit der Neuraltherapie zu einer höheren Patientenzufriedenheit und weniger schweren Nebenwirkungen im Vergleich zu einer konventionellen Therapie (Mermod et al. 2008). Neben der Symptomreduktion konnte auch eine deutliche Verminderung der Schmerzmedikation durch die Neuraltherapie erzielt werden (Egli et al. 2015). In einer deutschen Querschnittsstudie im Jahr 2007 gaben Hausärzte und Fachärzte für Allgemeinmedizin an, dass die Neuraltherapie die am häufigsten verwendete alternative Behandlungsart sei, die von ca. 64,8 % der Befragten angeboten wurde und ca. 77,7 % gaben außerdem an, dass diese Therapieform einen hohen Nutzen hat (Joos et al. 2009).

Doch die Neuraltherapie dient nicht nur der beschriebenen Behandlung der Störfelder, sondern auch der Diagnostik (Stettbacher 2015). Bei einem neuraltherapeutischen Test wird auf das 1940 durch Hunecke (1962) entdeckte Sekundenphänomen zurückgegriffen, welches sich in einer sofortigen und ganzheitlichen Linderung der Beschwerden äußert und 20 Stunden (im Zahn- und Kiefer-Bereich 6 bis 8 Stunden) anhält (Stettbacher 2015). Nach Wiederauftreten der Beschwerden muss das symptomfreie Intervall nach der folgenden Injektion deutlich länger andauern. Sollte das Intervall jedoch kürzer ausfallen, muss das entsprechende Störfeld saniert werden. Bei Nicht-Ansprechen der Beschwerden muss nach einem anderen Störfeld gesucht werden (Stettbacher 2015).

Mit der Neuraltherapie sind sehr vielfältige Erkrankungen und Beschwerden therapierbar von Migräne und Kopfschmerzen über entzündliche Augenerkrankungen, Heuschnupfen, Osteoporose bis hin zu Arthritis, Bänderzerrungen und arteriellen und venösen Durchblutungsstörungen (Bernert 2013). Franke (2022) beschreibt auch den Einsatz der Neuraltherapie bei der Behandlung von Long-Covid-Patientinnen und -Patienten.

Je nach Symptom bzw. Erkrankung wird über den Injektionsort entschieden. Indikationen für eine Injektion an die Tonsilla pharyngea ergeben sich bei adenoiden Wucherungen, Rhinoallergose, Geruchs- und Geschmacksstörungen, angioneurotischem Ödem, Asthma bronchiale, pluriglandulären Störungen, Trigeminusneuralgie, Arthrosen und Rheuma (Dosch 2005). Dabei wird die Injektionsnadel dicht an der Grenze zwischen weichem und ossärem Gaumen eingeführt und bis zum Klivus vorgeschoben, um dort das Depot zu platzieren (Dosch 2005).

Die Behandlung der Tonsilla pharyngea oder eine Injektion in das benachbarte Gewebe im Rahmen der Neuraltherapie wurde schon 1951 durch Huneke beschrieben. So stellen die Rachenmandeln eines der häufigsten Störfelder dar. Häufig gelingt es durch genügende Wiederholungen der Injektionen dieses Störfeld zu beseitigen ohne die Rachenmandel operativ zu entfernen (Huneke 1951; Huneke 1956). Ein Grund für die Häufigkeit dieses Störfeldes können Infektionen des lymphatischen Gewebes sein (Barop 2015). Außerdem stellt das entstehende Narbengewebe nach einer Adenotomie ein hohes Risiko für die Entwicklung eines Störfeldes dar (Dosch 1995).

Symptome aufgrund von Rachenmandeln mit Störfeldcharakter können z.B. Psoriasis, Kopfschmerzen, Herzstörungen oder Schlaflosigkeit sein (Huneke 1956). Dabei wird zur Überprüfung, ob die Rachenmandel das entsprechende Störfeld darstellt, oberhalb des oberen Poles der Tonsilla pharyngea und unter Vermeidung einer Verletzung des Mandelgewebes submukös, das Lokalanästhetikum injiziert. Ein sofortiges Verschwinden der Beschwerden beweist, dass die Rachenmandel das entsprechende Störfeld ist (Huneke 1951).

Die Überlegenheit der Neuraltherapie gegenüber einer Adenotomie liegt für Huneke (1956) in der Möglichkeit die Injektion beliebig oft zu wiederholen, was besonders bei den Tonsillae palatinae als Störfeld von besonderer Bedeutung ist, da die Gaumenmandel entfernt werden kann, aber das Störfeld oft bleibt. Das verbliebene Narbengewebe kann wiederum auch durch die Neuraltherapie behandelt werden, wobei auch umgebende Strukturen beachtet werden sollten. So empfiehlt Barop (2015) bei einer Behandlung der Tonsillae palatinae auch immer Injektionen im Bereich der Tonsilla pharyngea.

Somit stellt dieses Verfahren eine Therapieoption für vielfältige funktionelle Störungen dar und ist bei vielen akuten und chronischen Erkrankungen sowie Schmerzzuständen indiziert. Nach Bernert (2013) sollte jedoch bei psychisch bedingten Krankheiten, Mangelzuständen, Erbkrankheiten und Krebserkrankungen auf andere Therapieoptionen zurückgegriffen werden. Kontraindikationen stellen die Allergie gegen Lokalanästhetika, die Durchführung tiefer Injektionen bei Gerinnungsstörungen oder Antikoagulation, akute chirurgische Indikationen, Infektionskrankheiten, die eine antibiotische Therapie erfordern und sowohl Zoonosen als auch Parasitosen dar (Fischer 2003).

Doch neben den beschriebenen positiven Erfahrungen mit der Neuraltherapie lässt sich auch kritische Literatur zu diesem Thema finden. So gibt es immer wieder Fallberichte von Komplikationen während der Neuraltherapie. Beispielsweise der Fall einer 31-jährigen Patientin bei der, aufgrund einer therapieresistenten verminderten Libido, eine neuraltherapeutische Behandlung der Tonsilla pharyngea durchgeführt wurde (Schmittinger et al. 2011). Dabei wurde berichtet, dass die Patientin unmittelbar nach der Injektion von 1 ml Procain eine rechtsseitige brachiocurale Hemiparese entwickelte sowie Taubheitsgefühl in allen Gliedmaßen, Übelkeit, Erbrechen und Drehschwindel (Schmittinger et al. 2011). Die Symptome klangen nach ca. 30 Minuten ab und die Patientin wurde entlassen. Am folgenden Tag wurde sie aufgrund anhaltender Übelkeit, Schwindel und Erbrechen im Krankenhaus untersucht und eine MRT-Untersuchung ergab eine hämorrhagische Läsion von 3 mm Durchmesser in der linken paramedianen Medulla oblongata mit einem leichten perifokalen Ödem (Schmittinger et al. 2011). Die Patientin wurde mit Ceftriaxon und Metronidazol behandelt, um eine potenzielle Kontamination des Liquors durch enorale Mikroflora zu verhindern und die weitere Genesung verlief ohne Zwischenfälle, sodass die Patientin nach 6 Tagen ohne neurologische Auffälligkeiten oder sonstige Beschwerden entlassen werden konnte (Schmittinger et al. 2011). Ein weiterer dokumentierter Fall von Komplikationen bei einem neuraltherapeutischen Eingriff an der Tonsilla Pharyngea beschreibt das Bewegen des Kopfes während des Eingriffs (Heyll und Ziegenhagen 2000). Der Publikation ist nicht zu entnehmen wie es zu der Kopfbewegung kam. In Ihrer Folge kam es zur Subarachnoidalblutung und einem basalen Hirnödem. Die 37-jährige Patientin verblieb für acht Tage im Krankenhaus und wurde, trotz anhaltender Kopfschmerzen, ohne weitere neurologische Symptome entlassen.

Nicht sicher vermeidbare Komplikationen im Zusammenhang mit der Neuraltherapie sind Gefäßverletzungen mit Blutungen und Hämatomen, Irritationen nervaler Strukturen mit anschließender Neuralgie, temporäre Lähmung, Pleuraverletzung mit Pneumothorax und ein vasovagaler Kollaps (Kokemohr 2000). Vermeidbare Komplikationen durch sorgfältige Aspiration und ein entsprechendes Vorgehen sind intravasale Injektionen in arterielle oder venöse Gefäße, vor allem im Bereich der hirnversorgenden Arterien, intrathekale Injektionen und neurolytische intraneurale Injektionen (Kokemohr 2000). So können unbeabsichtigte intravasale Injektionen zu relativen Überdosierungen des Lokalanästhetikums führen und systemtoxische Komplikationen bis hin zum Atemstillstand und Exitus mit sich führen (Kokemohr 2000). Dabei werden besonders langanhaltende und schwierige Komplikationen vor allem durch langwirksame

Lokalanästhetika wie Bupivacain ausgelöst, weshalb das kurzwirksame Procain bevorzugt wird (Kokemohr 2000; Fischer 2003).

Es gibt nur wenige Studien, die sich zum Ziel gesetzt haben, die Sicherheit der Neuraltherapie zu erhöhen. Eine aktuelle Untersuchung zur Treffgenauigkeit von Injektionen an das Rachen-
dach im Rahmen der Neuraltherapie wurde von Nowotny (2022) durchgeführt. Sie bezog sich dabei auf die Empfehlungen von Barop (2015) und konnte zeigen, dass bei Verwendung einer gebogenen Kanüle die Treffpunkte im ossären Epipharynx stets weiter anterior lagen und somit ein geringeres Risiko bestand, den Spinalkanal zu verletzen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die positive Literatur die einzelnen Fallberichte mit Komplikationen überwiegt und dass die Neuraltherapie bei einem sorgfältigen Vorgehen eine nutzenbringende Therapieoption darstellt.

2.6 Bildgebung des Epipharynx

Im Jahr 1868 wurde eine Hypertrophie der Tonsilla pharyngea innerhalb des Epipharynx durch Hans Wilhelm Meyer noch durch das Abtasten mit Fingern festgestellt (Zwierz et al. 2023). Heute existieren diverse etablierte Methoden der Bildgebung des Pharynx und insbesondere des Epipharynx wie die akustische Rhinometrie, die Kephalmetrie oder die nasopharyngeale Endoskopie (Zwierz et al. 2023). Bei akustischer Rhinometrie, wird die Reflektion von Schallwellen innerhalb der Nasenhöhle gemessen, um so das Volumen der Nasenhöhlen zu bestimmen und mögliche Obstruktionen zu identifizieren (Trindade et al. 2007). Schwab and Goldberg (1998) und Trindade et al. (2007) weisen darauf hin, dass diese Untersuchung nur sehr begrenzte Informationen über die Anatomie oder Physiologie des Rachens liefert und durch zahlreiche Störfaktoren wie die Umgebungstemperatur, externe Geräusche und die fachgerechte Handhabung des Rhinometers beeinflusst wird. Ein weiteres Verfahren zur Untersuchung des Epipharynx ist die nasopharyngeale Endoskopie, welche eine direkte Visualisierung bestimmter Bereiche ermöglicht (Schwab and Goldberg 1998; Ferreira and Sjostrom 2022). Eine weitere Methode für die Bildgebung des Kopfes und der oberen Atemwege ist die Kephalmetrie, die Untersuchung der Schädelstruktur, des Kiefers und der Zähne durch meist seitliche Röntgenaufnahmen ermöglicht (Ferreira and Sjostrom 2022).

Eine retrospektive Studie mit Patientinnen und Patienten, die eine Adenotomie erhielten, verglich die Ergebnisse verschiedener präoperativer Verfahren zur Bestimmung der Größe der Tonsilla pharyngea mit einer intra-operativen Spiegeluntersuchung des nasopharyngealen Raumes (Lertsburapa 2010). Dabei zeigten sowohl die präoperativen Röntgenaufnahmen bei 61 Kindern als auch die nasopharyngeale Endoskopie bei 99 weiteren Kindern vergleichbare Ergebnisse mit der intraoperativen Untersuchung.

Auch wenn die Endoskopie und radiologische Methoden verlässliche Ergebnisse zur Beurteilung des Volumens der Tonsilla pharyngea liefern können, weisen beide Methoden Nachteile auf. Die nasopharyngeale Endoskopie stellt ein invasives Verfahren dar, welches besonders bei Kindern aufgrund der Enge des nasopharyngealen Raums nur schwer angewendet werden kann und häufig eine Sedierung erfordert (Lertsburapa 2010). Des Weiteren ermöglicht die Endoskopie lediglich eine begrenzte Visualisierung des Rachenraumes. Das Ergebnis hängt zudem von der subjektiven Beurteilung der untersuchenden Ärztin oder des Arztes ab. Die Verwendung seitlicher Röntgenaufnahmen stellt dagegen ein nicht-invasives Verfahren dar und kann auch bei Kindern und Atemwegsobstruktionen durchgeführt werden (Lertsburapa 2010). Jedoch kann eine konventionelle Röntgenaufnahme keine Querschnitts-, 3D- oder volumetrischen Daten liefern und gibt nur begrenzte Informationen über die anteroposterioren Strukturen (Ferreira and Sjostrom 2022). Die Entwicklung 3-dimensionaler Bildgebungsverfahren wie der Computertomographie (CT), der digitalen Volumentomographie (DVT) oder der Magnetresonanztomographie (MRT) haben zu einem besseren Verständnis der Anatomie des Pharynx beigetragen und bieten eine präzisere Möglichkeit zur Untersuchung des Epipharynx, sowohl der ossären Strukturen als auch des weichen, lymphatischen Gewebes wie der Tonsilla pharyngea (Ferreira and Sjostrom 2022).

Die Strahlenbelastung bei einer DVT-Untersuchung ist von den gewählten Parametern und der gewünschten Bildqualität abhängig, jedoch ist die Belastung häufig geringer oder vergleichbar mit anderen CT-Verfahren (Ferreira and Sjostrom 2022; Fiebich und Weber 2018).

3 Material und Methoden

3.1 Material

Grundlage der Untersuchung waren 80 DICOM-Datensätze von Probandinnen und Probanden, die an der Klinik und Poliklinik für Mund- Kiefer-Gesichtschirurgie/Plastische Operationen der Universitätsmedizin Greifswald aufgrund von verschiedenen Indikationen angefertigt worden sind.

Es handelt sich um 39 männliche und 40 weibliche Probanden. Ein Proband konnten keinem Geschlecht zugeordnet werden. Alle Probandinnen und Probanden waren zum Zeitpunkt der Untersuchung älter als 18 Jahre. 26 Datensätze wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen, weil im Untersuchungsgebiet nicht alle für die Messung notwendigen anatomischen Strukturen dargestellt waren. Demnach konnten 53 Datensätze für die Untersuchung verwendet werden (Tab. 1).

Tab. 1: Aufschlüsselung der Datensätze nach Alter und Geschlecht der Probandinnen und Probanden

Altersgruppe (AG)	Alter	männlich	weiblich	unbekannt
AG1	18–30 Jahre	6	12	
AG2	31–50 Jahre	9	6	
AG3	>50 Jahre	11	8	1
gesamt		26	26	1

3.2 Methoden

3.2.1 DVT-Untersuchungen

Die DICOM-Datensätze wurden mit dem digitalen Volumentomografen QR-DVT 9000 (New-Tom Verona, Italien) in der Universitätsmedizin Greifswald angefertigt. Bei einer Spannung von 110 kV und einer Stromstärke von 0,5 mA wurden sie als Rohdatensätze erstellt. Die Schichtstärke der für die Untersuchung relevanten Sagittalschnitte beträgt 0,4mm.

Die Rohdatensätze wurden in den DICOM-Betrachter Horos (v1.1.7; © 2020 Horos Project) importiert. Nach Auswahl der zu untersuchenden Sagittalebene wurde mit dem Programm *Bildschirmfoto* (v1.8; © 1995–2013 Apple Inc.) eine TIFF-Datei erzeugt. Diese wurde in den Open-Source-Vektorgrafik-Editor Inkscape (v0.92.2; © 2003–2017 Inkscape Developers, GNU General Public License) importiert und dort vermessen. Für die Anwendung auf einem Mac-Computer benötigt Inkscape das Display-Server-Programm XQuarz (v2.7.11; © 2003–2016 Apple Inc.; © 2003 XFree86 Project, Inc.; © 2003–2016 X.org Foundation, Inc.).

3.2.2 Ermittlung der Kanülenlage

Bestimmung der Sagittalebene in der die Kanüle liegt

Bei der Injektion in die Region der Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie erfolgt die Ermittlung der Sagittalebene in der die Kanüle liegt entsprechend der Empfehlung von Barop (2015). Hiernach soll die Kanüle 1 bis 2 mm lateral der Medianebene liegen. Die Medianebene wird in dieser Studie als Verbindung zwischen Spina nasalis anterior und Spina nasalis posterior definiert. Darüber hinaus diene der Vomer als zusätzliche Orientierungshilfe.

Bei dem von uns ausgewählten Verfahren wurde die Medianebene (Abb. 2) um 1,5 mm parallel nach paramedian verschoben (Abb. 3). Dies entspricht der Empfehlung von Barop (2015) der einen Wert von 1 bis 2 mm zu der ermittelten Medianebene hinzuaddiert. Dazu wurde zuerst eine Transversalebene ermittelt, auf der die anatomischen Messpunkte zur Ermittlung der Medianebene zu erkennen waren (Abb. 1). In Horos ermittelten wir anschließend die zur Medianebene gehörige X-Koordinate im dreidimensionalen Raum. Danach haben wir die Programmansicht von Transversal- auf Sagittalmodus umgestellt. In diesem Modus stellten wir die zuvor ermittelte X-Koordinate ein und legten auf diese Weise die sagittale Arbeitsebene für alle weiteren Messungen fest.

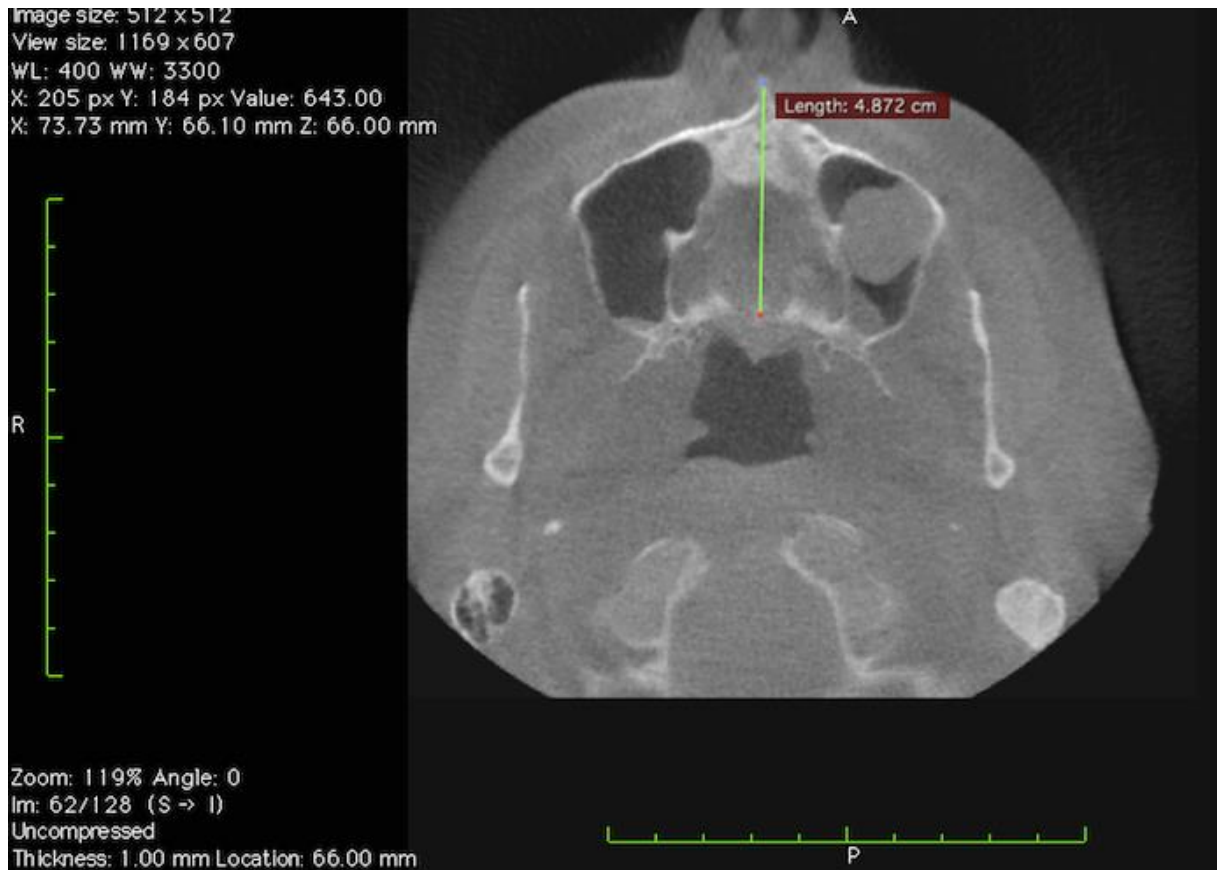


Abb. 1: DVT-Schichtaufnahme zur Darstellung der transversalen Arbeitsebene in Horos.



Abb. 2: DVT-Schichtaufnahme zur Darstellung der sagittalen Arbeitsebene in Horos. Sie entspricht der grünen Linie in Abbildung 1. Die ursprüngliche Medianebene wurde um 1 bis 2 mm nach paramedian verschoben.

Kanülenlage

Nachdem die sagittale Arbeitsebene bestimmt wurde, konnte darin die Lage der Kanüle mittels Inkscape konstruiert und Messungen durchgeführt werden. Für die Ermittlung der Kanülenlage wurde die Methode von Nowotny (2022) gewählt und erweitert. Dabei wurde zunächst eine Hilfslinie (**h**) zwischen Prosthion und Spina nasalis posterior konstruiert (Abb. 3). Orthogonal zu **h** wurde eine senkrechte Linie (**i**) von 3 cm vom Prosthion nach kaudal in die sagittale Arbeitsebene der DVT-Aufnahme eingezeichnet. Sie beinhaltet die halbe Schneidekantendistanz von 2 cm und die durchschnittliche Länge der Zahnkrone des mittleren Schneidezahns von 1 cm (Schumacher 1995). Der Endpunkt (X) der Senkrechten **i** war gleichzeitig der Anfangspunkt der Kanüle.

Nach Barop (2015) soll die Kanüle 1 cm hinter der Grenze zwischen hartem und weichem Gaumen den weichen Gaumen bis zur Tonsilla pharyngea durchstoßen (**g**). Dieser Gaumensegeldurchtrittspunkt liegt also 1 cm dorsal von Snp. Dabei haben wir zusätzlich bei unseren

Messungen zur Ermittlung der Kanülenlage die Schleimhautdicke (**f**) berücksichtigt. Nach Lim et al. (2019) beträgt die Dicke der hinteren Gaumenschleimhaut beim Menschen 3,36 mm.

Zur Bestimmung der genauen Einstichstelle der Kanüle am weichen Gaumen wurde zuerst die Nasenbodenlänge (**e**) zwischen Spina nasalis anterior und Spina nasalis posterior eingezeichnet. Danach wurde an der Spina nasalis posterior (Snp) orthogonal nach kaudal die Schleimhautdicke (**f**) von 3 mm angetragen. An das Ende dieser Strecke wurde dann 1 cm parallel zur Nasenbodenlänge die Strecke **g** nach dorsal angesetzt. Am Ende dieser Strecke befindet sich die Einstichstelle (EG) am weichen Gaumen (Abb. 3).



Abb. 3: DVT-Sagittalaufnahme des Kopfes eines 43-jährigen männlichen Probanden zur Darstellung der Konstruktion der Einstichstelle (EG) am weichen Gaumen. Zusätzlich sind zur Orientierung folgende Messpunkte und Messtrecken eingezeichnet: Sna – Spina nasalis anterior, Snp – Spina nasalis posterior, Pr – Prosthion, X – Anfangspunkt der Kanüle, EG – Einstich am weichen Gaumen, e – Nasenbodenlänge, f – Dicke der hinteren Gaumenschleimhaut, g – dorsal der Grenze zwischen hartem und weichem Gaumen angetragene Strecke, h – Hilfslinie zwischen Spina nasalis posterior und Prosthion, i – 3 cm lange Orthogonale zur Hilfslinie zwischen Spina nasalis posterior und Prosthion zur Ermittlung des Anfangspunkts der Kanüle.

Kanülentypen

Für die Injektion in die Tonsilla pharyngea erwähnt Barop (2015) zwei Kanülentypen, die hier nachfolgend als Kanüle A (Abb. 4) und Kanüle B (Abb. 5) bezeichnet werden. Kanüle A ist eine 8 cm lange, nach 4 cm um 40° nach kranial abgewinkelte, Kanüle. Kanüle B ist eine 8 cm lange, nicht abgewinkelte Kanüle. Beide Kanülentypen sind jeweils durch einen Anfangspunkt (von uns als X bezeichnet) und eine Kanülenspitze (E) gekennzeichnet.

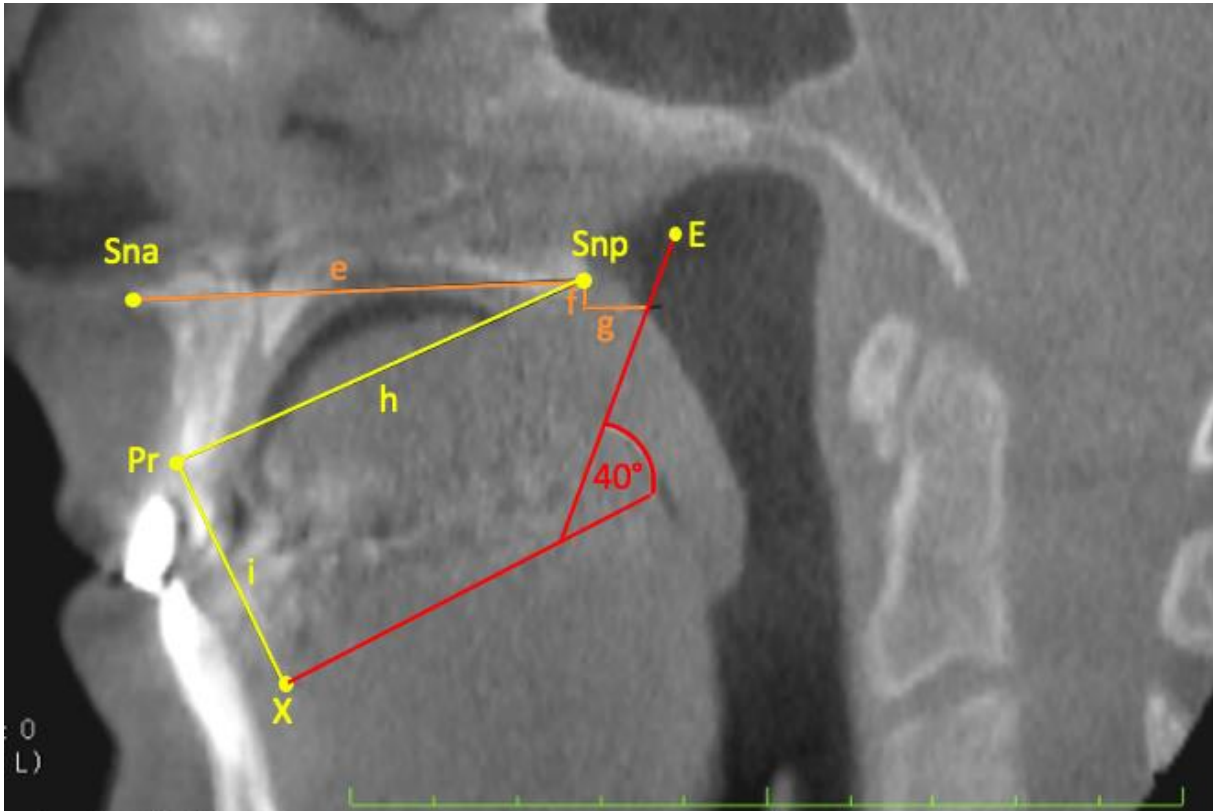


Abb. 4: DVT-Sagittalaufnahme des Kopfes eines 43-jährigen männlichen Probanden zur Darstellung der Lage von Kanüle A (rot). Diese ist 8 cm lang und nach 4 cm um 40° nach kranial abgewinkelt. X bezeichnet den Anfangspunkt der Kanüle, E die Kanülenspitze. Die anatomischen Punkte, die Hilfspunkte und die Strecken zur Konstruktion der Kanülenlage entsprechen denen von Abbildung 3.



Abb. 5: DVT-Sagittalaufnahme des Kopfes eines 43-jährigen männlichen Probanden zur Darstellung der Lage von Kanüle B (rot). Diese ist 8cm lang und nicht abgewinkelt. X bezeichnet den Anfangspunkt der Kanüle, E die Kanülenspitze. Die anatomischen Punkte, die Hilfspunkte und die Strecken zur Konstruktion der Kanülenlage entsprechen denen von Abbildung 3.

Lokalisation der Kanülenspitze im Epipharynx

Hinsichtlich der Lokalisation der Kanülenspitze im Epipharynx wurde die von Nowotny (2022) entwickelte Methode gewählt und erweitert. Nach Barop (2015) werden die von uns als A und B bezeichneten Kanülen an der Kanülenspitze E bis zum Kontakt an der knöchernen Schädelbasis vorgeschoben. Den so erhaltenen Kontaktpunkt bezeichneten wir als E' (Abb. 6 und 7).

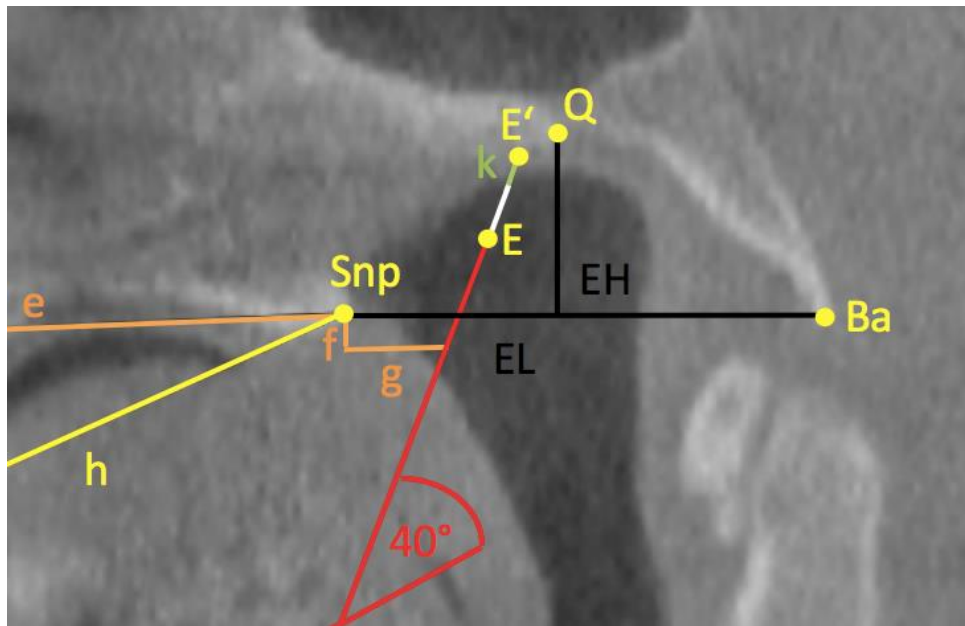


Abb. 6: Ausschnittvergrößerung von Abbildung 4 zur Darstellung der Einstichstelle der Kanüle A mit Markierungen von Messpunkten, Längen- und Höhenmaße: E – Kanülenspitze, E' – Kontaktpunkt der Kanüle an knöcherner Schädelbasis, k – Schleimhaut an Einstichstelle, Q – höchster Punkt des Epipharynx, Ba – Basion, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe.

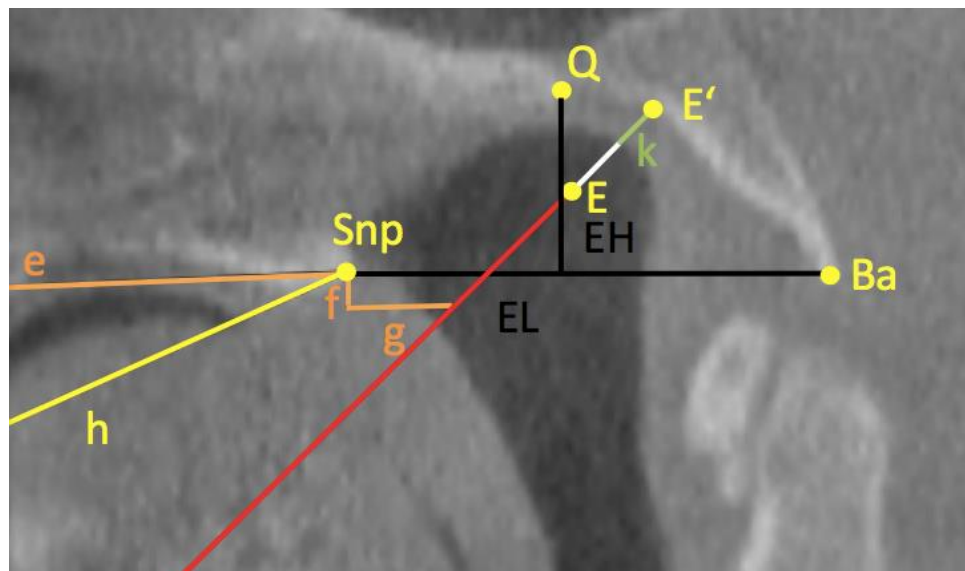


Abb. 7: Ausschnittvergrößerung von Abbildung 5 zur Darstellung Einstichstelle der Kanüle B. Die Markierungen entsprechen den Messpunkten, Längen- und Höhenmaßen von Abbildung 6.

Entsprechend dem Verfahren von Nowotny (2022) wurden die Messstrecken Epipharynxhöhe (EH) und Epipharynxlänge (EL) ermittelt, um den Treffpunkt der Kanülenspitze im Epipharynx zu lokalisieren. Die Epipharynxlänge ist die Strecke zwischen Spina nasalis posterior und

Basion. Senkrecht dazu steht die Epipharynxhöhe, die die Epipharynxlänge mit der höchsten Stelle des Epipharynx (Q) verbindet.

Für die metrische Untersuchung des Kontaktpunktes E' im Epipharynx wurde der Abstand zum Basion, zum höchsten Punkt des Epipharynx (Q) und zur Epipharynxhöhe (EH) gemessen. Dazu wurden von uns drei Strecken ermittelt und wie folgt definiert (Abb. 8 und 9):

- b Lot von Epipharynxhöhe auf Kontaktpunkt Kanüle an Schädelbasis
- c Strecke höchster Punkt des Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle an Schädelbasis
- d Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle an Schädelbasis

Liegt E' anterior von Q, wird die Strecke b mit einem negativen Vorzeichen versehen (Abb. 8). Im Gegensatz dazu wird die Strecke b mit einem positiven Vorzeichen markiert, wenn E' posterior von Q liegt (Abb. 9).

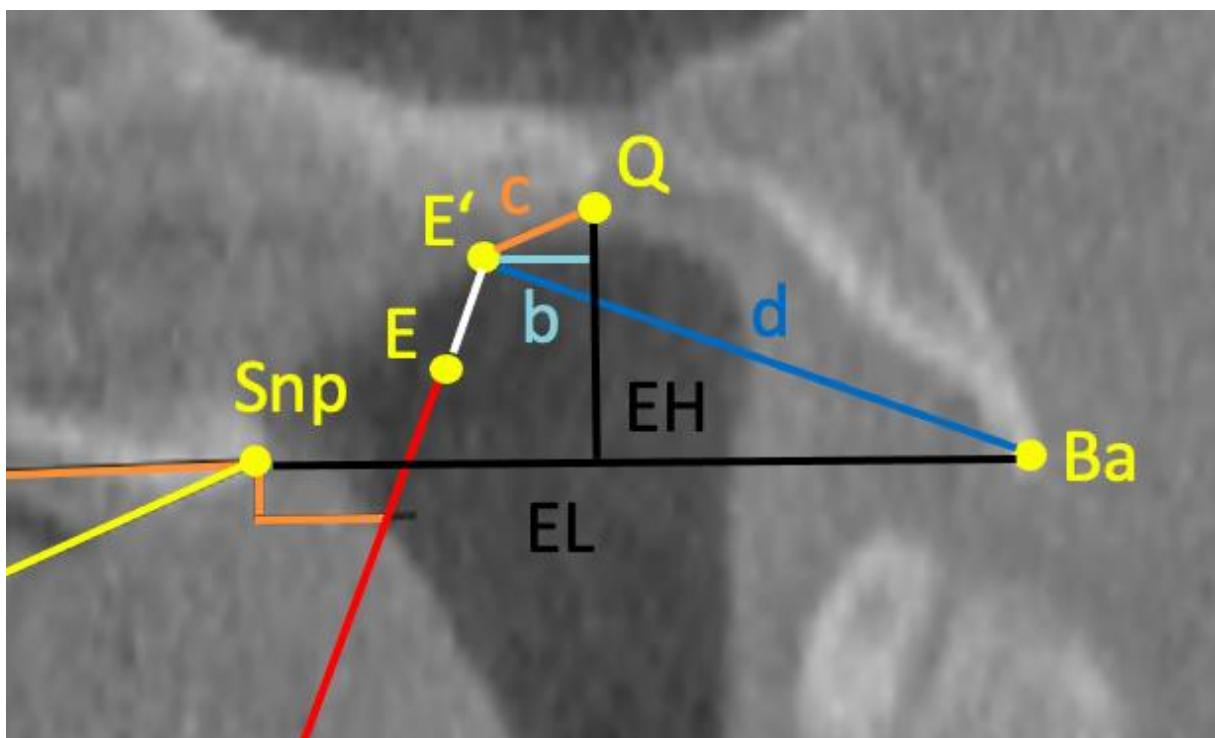


Abb. 8: Detailaufnahme von Abbildung 6 zur Darstellung der Hilfslinien bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A). b – Lot von Epipharynxhöhe auf E', c – Strecke E'–Q, d – Strecke E'–Ba.

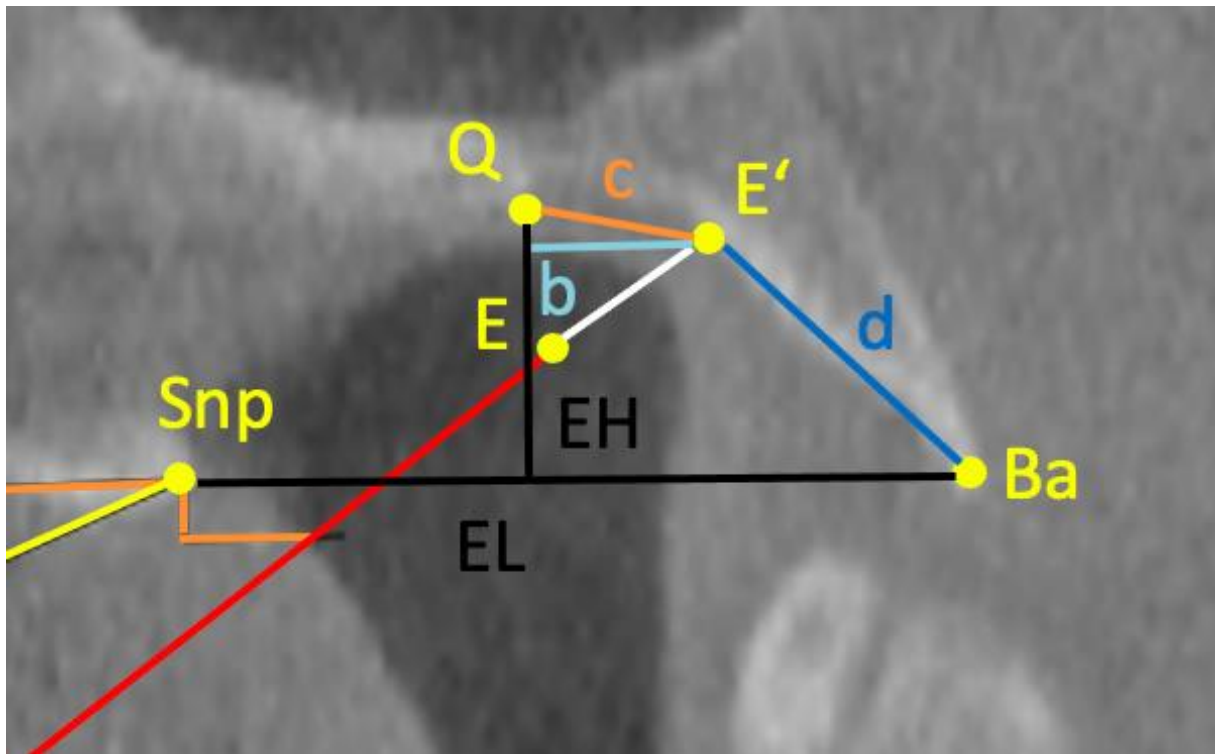


Abb. 9: Detailaufnahme von Abbildung 7 zur Darstellung der Hilfslinien bei gerader Kanüle (Kanüle B). b – Lot von Epipharynxhöhe auf E', c – Strecke E'–Q, d – Strecke E'–Ba.

Die grundlegenden Messpunkte sind folgendermaßen abgekürzt:

- Sna Spina nasalis anterior
- Snp Spina nasalis posterior
- Pr Prosthion
- Ba Basion
- X Anfangspunkt der jeweiligen Kanüle
- E Endpunkt der jeweiligen Kanüle
- E' Knochenkontaktpunkt nach Verlängerung der Kanüle
- Q höchster Punkt im Epipharynx

Die grundlegenden Schädelmaße sind folgendermaßen definiert:

Längenmaße

- EL Epipharynxlänge (Strecke Snp – Ba)
- k Schleimhautdicke an E'
- b Lot von EH auf E'

- c Strecke Q – E'
- d Strecke E' – Ba

Höhenmaße

EH Epipharynxhöhe (Lot von EL auf Q)

Hilfsebenen / -linien

- e Nasenbodenlänge: Strecke Sna – Snp
- f Gaumenschleimhautdicke f: Versatz zwischen Nasenbodenebene und der Linie zur Bestimmung des Gaumensegeldurchtrittspunktes um 0,3cm
- g Linie zur Bestimmung des Gaumensegeldurchtrittspunktes g: 1 cm messende Verlängerung der Nasenbodenlänge von Snp aus
- h Gaumenebene: Linie durch Pr und Snp
- i Linie zur Bestimmung des Kanülenanfangspunktes: 3 cm messende Senkrechte auf der Gaumenebene im Punkt Pr nach kaudal

3.3 Biostatistische Auswertung

Ziel der biostatistischen Auswertung war es, die morphologischen Unterschiede des Epipharynx in Bezug zum Gesichtsschädel und unter Berücksichtigung des Geschlechtsdimorphismus zu beurteilen. Zudem sollten die Messungen hinsichtlich Kanüle A und B miteinander verglichen werden.

Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Im ersten Schritt stellten wir zur Beurteilung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse die zufällige Messabweichung fest. Dazu wurden je Kanülentyp an vier willkürlich ausgewählten Datensätzen die Messreihen wiederholt und dabei alle zu ermittelnden Messtrecken erneut ermittelt.

Angelehnt an das Vorgehen von Schlicher (2012) wurde als Maß der Reproduzierbarkeit die mittlere Abweichung $d\bar{x}$ vom jeweiligen Erwartungswert \bar{x} angegeben. \bar{x} ergibt sich dabei aus insgesamt drei Wiederholungsmessungen für einen Parameter pro Datensatz.

Aus den Nachmessungen wurde anschließend für jede der Strecken die durchschnittliche Messabweichung und zudem eine durchschnittliche prozentuale Gesamtmessabweichung aller

Strecken ermittelt. Zudem wurde ermittelt, wie viele der Messungen eine Abweichung von < 1 mm, < 2 mm und > 2 mm aufweisen.

Untersuchung der Normalverteilung

Dazu wurde zunächst die deskriptive Statistik der erhobenen Datensätze für beide Kanülen durchgeführt. Die Daten wurden dabei zunächst auf Normalverteilung hin geprüft. Dazu wurden die Verteilungsmuster der generierten Q-Q-Diagramme betrachtet. Die Analyse der Q-Q-Diagramme ergab für alle Parameter normal verteilte Werte ohne nennenswerte Ausreißer. Durch Bestätigung der Normalverteilung konnten im weiteren Verlauf der biostatistischen Auswertung parametrische Tests eingesetzt werden.

Deskriptive Statistik

Für alle bestimmten Maße wurden Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Minimal- und Maximalwerte ermittelt und tabellarisch dargestellt. Für ausgewählte Maße wurden die erhobenen Daten für Männer und Frauen getrennt bestimmt und dargestellt.

Teststatistik

Zum Vergleich der Datensätze der Strecke d bei gerader und abgewinkelter Kanüle, die definiert ist als Abstand zwischen Basion und dem Kontaktpunkt der Kanüle an der Schädelbasis, wurde ein paarweiser t-Test durchgeführt. Voraussetzung dafür war eine Prüfung auf Varianzhomogenität mithilfe eines Levene-Tests.

Danach haben wir mit Blick auf das Ziel der Studie, den Geschlechtsdimorphismus in Bezug auf die erhobenen Daten zu untersuchen, die Produkt-Moment-Korrelationsanalyse nach Pearson durchgeführt und die Ergebnisse in einer Korrelationsmatrix dargestellt (Satish et al. 2017). Dabei wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$, $p < 0,01$ und $p < 0,001$ zugrunde gelegt.

Zur Einordnung der Ergebnisse wurden folgenden Signifikanzniveaus und Korrelationsniveaus verwendet:

Signifikanzniveau (p)

- .05 Ergebnis ist zu 95 % abgesichert
- .01 Ergebnis ist zu 99 % abgesichert

- .001 Ergebnis ist zu 99,9 % abgesichert

Korrelationsniveau nach Pearson (r)

- 0.1 – 0.3 geringe Korrelation zwischen den untersuchten Maßen
- 0.3 – 0.5 mittlere Korrelation zwischen den untersuchten Maßen
- 0.5 – 1.0 hohe Korrelation zwischen den untersuchten Maßen

Einige signifikante Korrelationen wurden anhand einer einfachen linearen Regressionsanalyse statistisch und grafisch näher beschrieben. Zur grafischen Darstellung der Ergebnisse wurden Streudiagramme angefertigt. Die Regressionsgeraden wurden nach folgender Gleichung bestimmt:

$$y = bx + a$$

x und y korrelierende Merkmalspaare

- a Schnittpunkt von Regressionsgeraden und y-Achse
- b Regressionskoeffizient (Anstieg der Regressionsgeraden)

Zur Einordnung des Determinationskoeffizienten (R^2) im Rahmen der Varianzaufklärung wurde die Einteilung nach Cohen (1988) gewählt:

- .02 – .13 geringe Varianzaufklärung
- .13 – .26 mittlere Varianzaufklärung
- \geq .26 hohe Varianzaufklärung

Abschließend wurde zur näheren Untersuchung des Geschlechtsdimorphismus das multivariate Verfahren der linearen Diskriminanzanalyse durchgeführt. Dabei wurden die anatomischen Variablen (Feature Vektoren) zur Klassifikation verwendet, die untereinander am stärksten signifikant miteinander korreliert hatten. Die Klassifikation wurde innerhalb der dichotomen Variablen Geschlecht (Target-Variable) durchgeführt. Die Resultate dieser Untersuchung werden sowohl in numerischer (Akkuratheit und prädikativer Wert) als auch in grafischer Form (Entscheidungsgrenzenmatrix) präsentiert.

Zur statistischen Auswertung wurde das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel © (2019) sowie das Datenanalyseprogramm JASP Team (2022). JASP (Version 0.16.3) [Computersoftware] verwendet. Zur Bearbeitung der Grafiken wurde das Bildbearbeitungsprogramm Adobe Photoshop verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Epipharynxmaße

Unter Einbeziehung aller DVT-Datensätze männlicher und weiblicher Probanden betrug der Mittelwert der Epipharynxlänge (EL) $4,26 \pm 4,6$ cm. Der Mittelwert der Epipharynxhöhe (EH) aller Datensätze beider Geschlechter betrug $1,65 \pm 3,0$ cm bei einer Standardabweichung von 3,0. Tabelle 2 stellt die ermittelten Ergebnisse nach dem Geschlecht dar. In Abbildung 10 und 11 werden die Ergebnisse für die Epipharynxlänge und die Epipharynxhöhe in Form von Boxplots grafisch dargestellt. Der dargestellte Unterschied männlicher und weiblicher Probanden wurde mit Hilfe eines zweistichproben t-Test untersucht und ist nicht signifikant. Die Varianzhomogenität wurde zuvor mithilfe des Levene-Tests bestätigt.

Tab. 2: Anzahl (n), Mittelwerte (\bar{x}), Minimalwerte (min), Maximalwerte (max) und Standardabweichung (SD) der Epipharynxlänge und der Epipharynxhöhe weiblicher und männlicher Probanden. Maße in cm.

Maß	Frauen					Männer				
	n	\bar{x}	min	max	SD	n	\bar{x}	min	max	SD
EL	26	4,08	2,83	5,18	4,2	26	4,41	3,39	5,53	4,4
EH	26	1,60	0,67	2,05	3,1	26	1,71	1,06	1,69	2,9

n – Anzahl, \bar{x} – Mittelwert, min – Minimalwerte, max – Maximalwerte und SD – Standardabweichung, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe

□

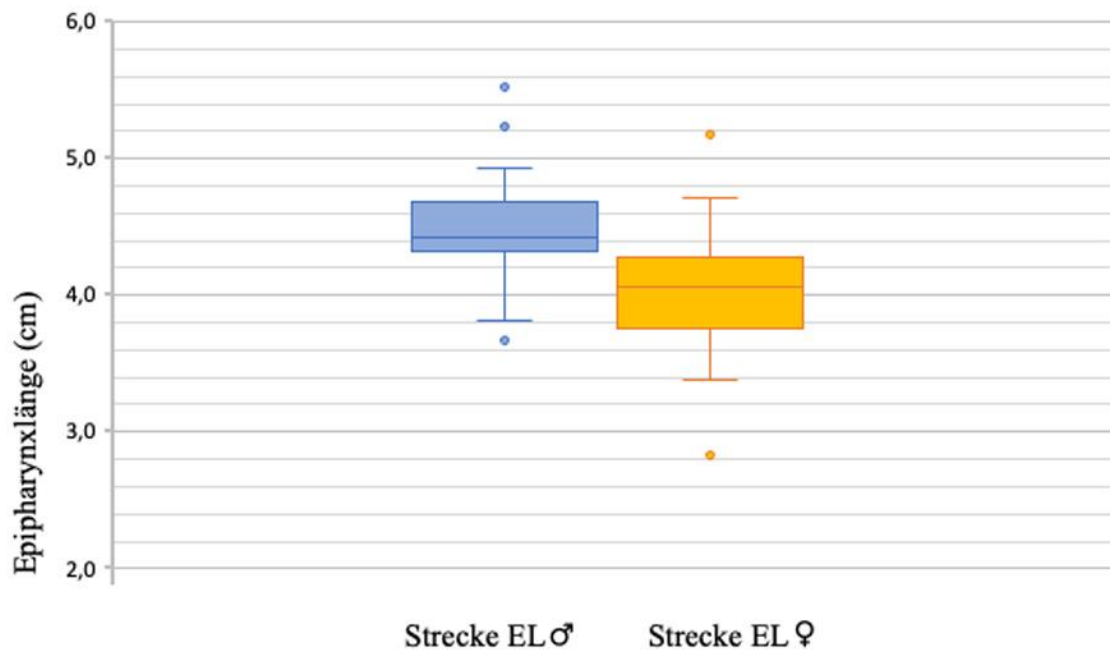


Abb. 10: Boxplot zur Darstellung der Epipharynxlänge weiblicher und männlicher Probanden (n = 26). Die Ergebnisse sind nicht signifikant.

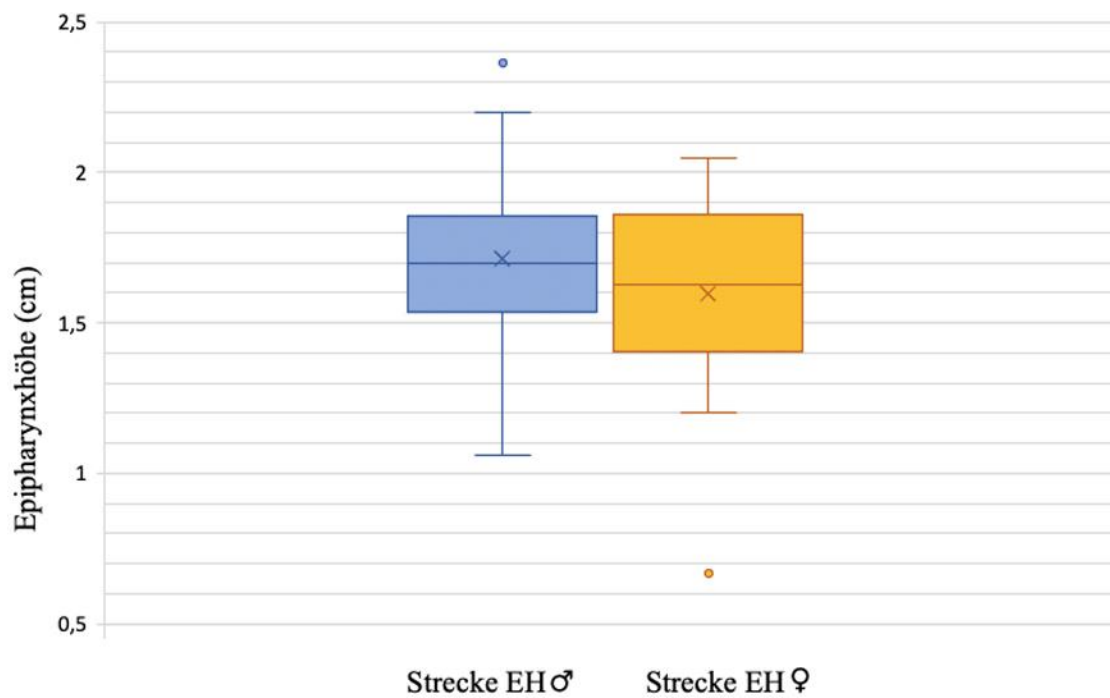


Abb. 11: Boxplot zur Darstellung der Epipharynxhöhe weiblicher und männlicher Probanden (n = 26). Die Ergebnisse sind nicht signifikant.

4.2 Maße zur Bestimmung der Kanülenlage

Die Lage der unterschiedlichen Kanülen im Epipharynx wurden mittels folgender Maße bestimmt.

Strecke b (Kanüle A vs. Kanüle B)

Strecke b ist definiert als Lot, das von der Epipharynxhöhe (EH) auf den Kontaktpunkt der Kanüle an der knöchernen Schädelbasis (E') gefällt wird (Abb. 8 und 9). Der Einstich der Kanüle kann entsprechend anterior oder posterior erfolgen. Strecke b war bei vier untersuchten DVT-Datensätzen für Kanülenlage A anterior vom höchsten Punkt im Epipharynx (Q), bei den restlichen 39 untersuchten DVT-Datensätzen war sie posterior. Alle 52 Präparate für Kanülenlage B lagen posterior von Q. In keinem Fall erfolgte der Knochenkontaktpunkt der Kanüle am höchsten Punkt im Epipharynx. Einen genauen Überblick über die Verteilung der einzelnen Populationen bezüglich des Treffpunktes von E gegenüber Q zeigt Tabelle 3. Im Mittel betrug b bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A) 0,61 cm und bei gerader Kanüle (Kanüle B) 1,58 cm.

Tab. 3: Häufigkeitsvergleich der Lokalisation des Knochenkontaktpunktes (E') bei abgewinkelter Kanüle A bzw. gerader Kanüle B in Bezug zum höchsten Punkt des Epipharynx (Q).

Häufigkeit	Frauen			Männer		
	E' ant. Q	E' = Q	E' post. Q	E' ant. Q	E' = Q	E' post. Q
b (Kanüle A)	1	0	20	3	0	19
b (Kanüle B)	0	0	26	0	0	26

E – Knochenkontaktpunkt der Kanüle A bzw. B, Q – höchster Punkt im Epipharynx, b (Kanüle A) – b bei abgewinkelter Kanüle, b (Kanüle B) – b bei gerader Kanüle

Vergleicht man die Kontaktpunkte der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und der geraden Kanüle (Kanüle B) an der knöchernen Schädelbasis – so lag der Kontakt der Kanüle B an der knöchernen Schädelbasis stets weiter posterior als bei Verwendung der Kanüle A. Die

Differenz zwischen den Kontaktpunkten beider Kanülen an der knöchernen Schädelbasis betrug im Mittel 0,99 cm. Einen Überblick über die Ergebnisse liefert Tabelle 4.

Tab. 4: Darstellung der Häufigkeiten der errechneten Differenz zwischen dem Kontaktpunkt bei der Verwendung der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und dem Kontaktpunkt bei der Verwendung der geraden Kanüle (Kanüle B)

Differenz (cm)	$\leq 0,8$	0,81 – 1,0	1,01 – 2,0	$\geq 2,0$
n	12	17	13	1

Differenz – Differenz zwischen dem Kontaktpunkt bei Verwendung einer abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und einer geraden Kanüle (Kanüle B), n – Anzahl

Strecke d (Kanüle A vs. Kanüle B)

Strecke d drückt den Abstand zwischen der Einstichstelle (E) und dem Basion (Ba) aus. Je größer d ist, desto sicherer ist das Verfahren. Wir haben einen t-Test durchgeführt, um zu bestimmen, welches Verfahren – das mit der abgewinkelten Kanüle A oder das Verfahren mit der geraden Kanüle B – sicherer ist. Die Varianzhomogenität wurde zuvor mithilfe des Levene-Tests bestätigt. Der festgestellte positive Effekt einer Verwendung der abgewinkelten Kanüle A ist in zweierlei Hinsicht signifikant: Zum einen ist der einseitige p-Wert wesentlich kleiner als das Signifikanzniveau (.05), weshalb die Nullhypothese verworfen werden kann. Zum anderen ist der Wert der t-Statistik größer als der kritische t-Wert bei einseitigem t-Test. Auch dies bedeutet, dass die Nullhypothese verworfen werden kann und die Alternativhypothese zutrifft, dass die Verwendung der abgewinkelten Kanüle A einen positiven Effekt hat. Das Ablehnen der Nullhypothese bedeutet, dass es einen Unterschied in der Verwendung von Kanüle A und B gibt. Die Verwendung der abgewinkelten Kanüle A ist deshalb sicherer, weil sie weiter entfernt vom Basion und damit auch vom Hirnstamm einsticht.

Zur Verdeutlichung zeigen die Abbildungen 12 bis 15 die untersuchten Sagittalschnitte der DVT-Datensätze, bei denen die gemessene Strecke d bei Verwendung der beiden Kanülentypen besonders groß oder klein war. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass es sich sowohl bei Verwendung der geraden als auch bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle bei der Strecke d um den DVT-Datensatz der gleichen Person handelt. Einen Überblick über die gemessenen Maximal- und Minimalwerte liefert Tabelle 5.

Tab. 5: Minimal-, Maximal- und Mittelwerte (\bar{x}) der Strecke d bei abgewinkelter (A) und gerader Kanüle (B)

Maß (cm)	\bar{x}	min	max	SD	n
d (Kanüle A)	2,7	1,49	4,06	4,56	43
d (Kanüle B)	1,7	0,36	2,85	4,93	53

min – Minimalwert, max – Maximalwert, \bar{x} – Mittelwert, SD – Standardabweichung, n – Anzahl, d (Kanüle A) – d bei abgewinkelter Kanüle, d (Kanüle B) – d bei gerader Kanüle

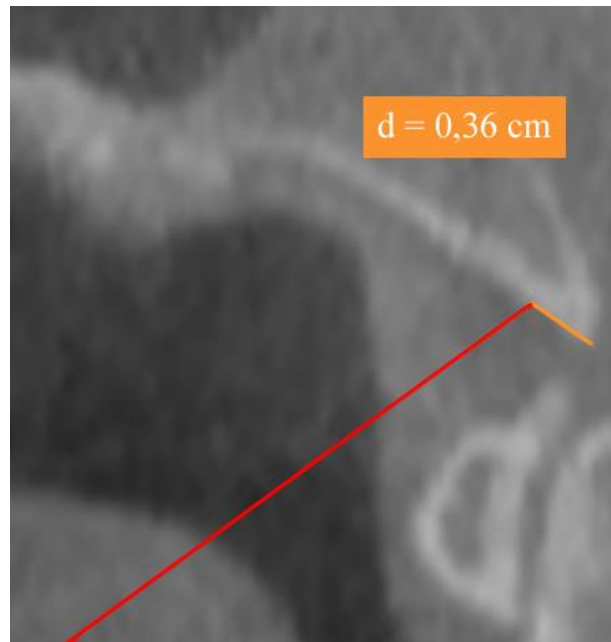


Abb. 12: Ansicht der sagittalen Messebene der DVT-Aufnahme einer 65-jährigen Frau mit der kleinsten Strecke d bei Verwendung einer geraden Kanüle B (rote Linie). Die gelbe Linie d stellt den Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Epipharynx und dem Basion dar. Balkenlänge 1 cm.



Abb. 13: Ansicht der sagittalen Messebene der DVT-Aufnahme einer 27-jährigen Frau mit der größten Strecke d bei Verwendung einer geraden Kanüle B (rote Linie). Die gelbe Linie d stellt den Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Epipharynx und dem Basion dar. Balkenlänge 1 cm.



Abb. 14: Ansicht der sagittalen Messebene der DVT-Aufnahme einer 65-jährigen Frau mit der kleinsten Strecke d bei Verwendung einer abgewinkelten Kanüle A (rote Linie). Die gelbe Linie d stellt den Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Epipharynx und dem Basion dar. Balkenlänge 1 cm.

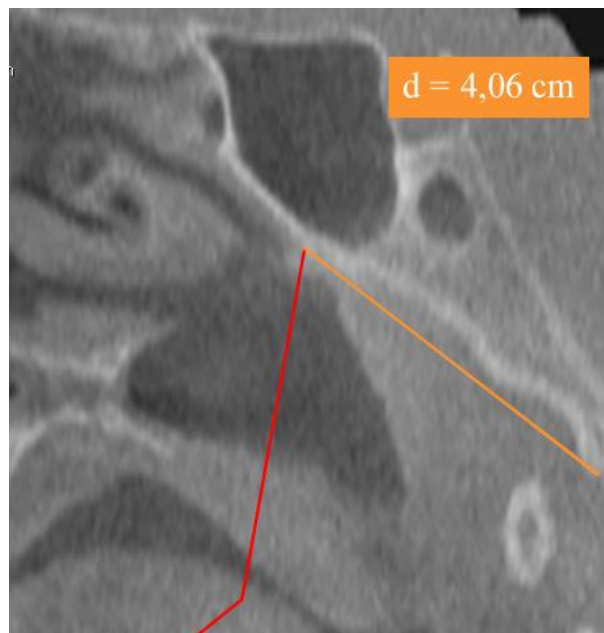


Abb. 15: Ansicht der sagittalen Messebene der DVT-Aufnahme eines 21-jährigen Mannes mit der größten Strecke d bei Verwendung einer abgewinkelten Kanüle A (rote Linie). Die gelbe Linie d stellt den Abstand zwischen dem höchsten Punkt des Epipharynx und dem Basion dar. Balkenlänge 1 cm.

Zudem wurde von uns das Alter der Probandinnen und Probanden als Kriterium herangezogen, um festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen Alter und Strecke d bei Verwendung der beiden Kanülen besteht. Dafür wurden die Datensätze in fünf Altersgruppen aufgeteilt, und es wurde ermittelt, wie sich der Mittelwert innerhalb der Gruppen verändert. Die Ergebnisse sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Tab 6: Mittelwerte der Strecke d bei abgewinkelter (A) und bei gerader Kanüle (B) in Abhängigkeit vom Alter

Alter/Jahre	18–35		36–40		41–55		56–70		70–85	
Maß	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}
d (Kanüle A)	16	2,8	1	2,6	12	2,7	11	2,4	2	2,3
d (Kanüle B)	21	1,8	4	1,5	13	1,7	12	1,3	2	1,2

n – Anzahl, \bar{x} – Mittelwert (cm), d (Kanüle A) – d bei abgewinkelter Kanüle, d (Kanüle B) – d bei gerader Kanüle

Strecke k (Kanüle A vs. Kanüle B)

Weil die DVT-Datensätze Informationen über die Schleimhautdicke an der Einstichstelle E' der Kanülenspitze liefern, wurde bei jeder Messung (Kanüle A bzw. B) die Schleimhautdicke k bestimmt. Tabelle 7 stellt die gemessenen Ergebnisse nach Kanülenart dar.

Tab. 7: Mittelwerte und Standardabweichung für die Schleimhautdicke k

Maß	n	\bar{x}	SD
k (Kanüle A)	40	0,52	1,79
k (Kanüle B)	52	0,88	3,31

n – Anzahl, \bar{x} – Mittelwert (cm), SD – Standardabweichung, k (Kanüle A) – k bei abgewinkelter Kanüle, k (Kanüle B) – k bei gerader Kanüle

4.3 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

Durch die Korrelationsanalyse wurden Zusammenhänge zwischen den Maßen im Epipharynx, dem Alter, dem Geschlecht und den ermittelten Schädelmaßen hergestellt. Diese insgesamt 13 Parameter wurden zunächst explorativ untersucht. Dafür wurde von uns die Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 9 in Form einer Korrelationsmatrix.

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Geschlecht und den ermittelten Epipharynxmaßen, fiel eine mittlere signifikante Korrelation mit der Epipharynxlänge auf ($r = .445$, $p = .01$). Es bestand jedoch keine Korrelation zwischen Geschlecht und Epipharynxhöhe.

Zwischen dem Geschlecht und der Messstrecke d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A) bestand zwar eine mittlere Korrelation, diese war jedoch nicht signifikant ($r = -.306$). Bei Strecke d bei gerader Kanüle (Kanüle B) lag eine schwache nicht signifikante Korrelation ($r = -.286$) mit dem Geschlecht vor.

Eine starke signifikante Korrelation bestand zwischen dem Geschlecht und den folgenden Schädelmaßen: Strecke Nasion–Basion (NBL) ($r = .649$, $p = .001$), Strecke Gnathion–Basion (GBL) ($r = .655$, $p = .001$) und Strecke Nasion–Gnathion (TFH) ($r = .529$, $p = .01$). Eine mittlere signifikante Korrelation bestand zwischen dem Geschlecht und der Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21–Basion (ABL) ($r = -.410$, $p = .05$).

Betrachtet man das Alter und die Korrelation mit den anderen Maßen, fallen durchweg mittlere signifikante Korrelationen zwischen der Schleimhautdicke k und der Strecke d auf. Die Korrelationen sind unabhängig von der verwendeten Kanüle A oder B. Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 8 verdeutlicht.

Tab. 8: Signifikanz und Korrelation zwischen Alter und den Maßen Schleimhautdicke k und Strecke d bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle und der geraden Kanüle

	k (Kanüle A)	k (Kanüle B)	d (Kanüle A)	d (Kanüle B)
Alter	$r = -.447$, $p = .01$	$r = -.378$, $p = .05$	$r = -.369$, $p = .05$	$r = -.416$, $p = .05$

k (Kanüle A) – Strecke k bei abgewinkelter Kanüle, k (Kanüle B) – Strecke k bei gerader Kanüle, d (Kanüle A) – Strecke d bei abgewinkelter Kanüle, d (Kanüle B) – Strecke d bei gerader Kanüle, r – Korrelationsniveau nach Pearson, p – Signifikanzniveau

Zudem fallen einige Korrelationen zwischen der Epipharynxlänge und den Schädelmaßen einerseits sowie der Strecke d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A) andererseits auf. Zwischen Epipharynxlänge und d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A) besteht eine mittlere signifikante Korrelation ($r = .445$, $p = .01$). Es gibt eine starke signifikante Korrelation zwischen der Epipharynxlänge und der Strecke Nasion–Basion (NBL) ($r = .544$, $p = .001$) und der Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion (ABL) ($r = .589$, $p = .001$). Zwischen Epipharynxlänge

und der Strecke Gnathion – Basion (GBL) besteht eine mittlere signifikante Korrelation ($r = .477$, $p = .01$).

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse werden in der Tabelle 9 dargestellt.

Tab 9: Bivariate Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson mit den Variablen Geschlecht, Alter, Epipharynxmaße und den Schädelmaßen bei Verwendung von geraden Kanülen (Kanüle B) oder abgewinkelten Kanülen (Kanüle A)

	EL	EH	d (B)	d (A)	k (B)	k (A)	♂/♀	Alter	NBL	ABL	UFH	GBL	TFH
EL													
EH	-.137												
d (B)	.246	.291											
d (A)	.321	.445**	.893***										
k (B)	.129	.158	-.186	.009									
k (A)	.149	-.149	-.025	-.084	.517**								
♂/♀	-.441**	.006	-.286	-.306	-.103	-.075							
Alter	-.226	-.078	-.369*	-.416*	-.378*	-.447**	.069						
NBL	.544***	-.029	.167	.212	.012	.016	-.649***	-.129					
ABL	.589***	-.075	-.003	.046	.175	.171	-.410*	-.101	.746** *				
UFH	.244	-.042	.022	-.124	-.005	.019	-.320	.012	.339*	.266			
GBL	.477**	.105	.145	.333	.311	.142	-.655***	-.212	.681***	.533***	.271		
TFH	.170	-.122	.078	-.027	-.111	.080	-.529**	.115	.468**	.122	.647**	.420*	

*p < .05, **p < .01, ***p < .001. EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, d (B) – Strecke d bei gerader Kanüle (Kanüle B), d (A) – Strecke d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A), k (B) – Schleimhautdicke an Einstichstelle gerade Kanüle (Kanüle B), k (A) – Schleimhautdicke an Einstichstelle abgewinkelte Kanüle (Kanüle A), ♂/♀ – Geschlecht, Alter in Jahren, NBL – Strecke Nasion – Basion, ABL – Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion, UFH – Strecke Nasion – Proc. alveolaris Regio 11, 21 (= upper face height), GBL – Strecke Gnathion – Basion, TFH – Strecke Nasion – Gnathion (= total face height)

4.4 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Auf Grundlage der Ergebnisse der Korrelationsanalyse wurde eine zusätzliche Regressionsanalyse durchgeführt.

Die Ergebnisse dieser Regressionsanalyse sind in Tabelle 10 erfasst. Alle untersuchten Regressionen zwischen den ausgewählten Merkmalspaaren sind mit $p \geq .05$ statistisch signifikant. Die linearen Zusammenhänge sind mittels Streudiagramm in den Abbildungen 16 und 17 graphisch dargestellt. Zusätzlich ist jeweils die Regressionsgerade eingezeichnet. Die Anstiege der Regressionsgeraden wurden abschließend mit einer einfaktoriellen ANOVA Varianzanalyse in Tabelle 11 verglichen.

Tab 10: Ergebnisse der einfachen linearen Regressionsanalyse für die Merkmalspaare mit einer mittleren statistisch signifikanten Korrelation. Dabei gilt für alle Werte: $p \geq .05$

korrelierende Merkmalspaare	Regressionsgleichung	Determinationskoeffizient (R^2)
d (A) – Alter	$y = -0.105x + 15.69$	0.136
d (B) – Alter	$y = -0.120x + 26.46$	0.173
k (A) – Alter	$y = -0.70x + 8.974$	0.143
k (B) – Alter	$y = -0.46x + 5.13$	0.200

d (A) - Strecke d (abgewinkelte Kanüle), d (B) - Strecke d (gerade Kanüle), k (A) – Schleimhautdicke k (abgewinkelte Kanüle), Schleimhautdicke k (gerade Kanüle)

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Strecke d bei Verwendung beider Kanülenarten und dem Alter ergaben sich Regressionsmodelle mit einer Varianzaufklärung von 13 % und 17 %. Für Strecke d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A) war $R^2 = .173$ und für d bei gerader Kanüle (Kanüle B) war $R^2 = .136$. Das bedeutet, dass bei beiden Merkmalskombinationen eine mittlere Varianzaufklärung vorliegt. Die Ergebnisse werden detailliert in Abbildung 16 dargestellt.

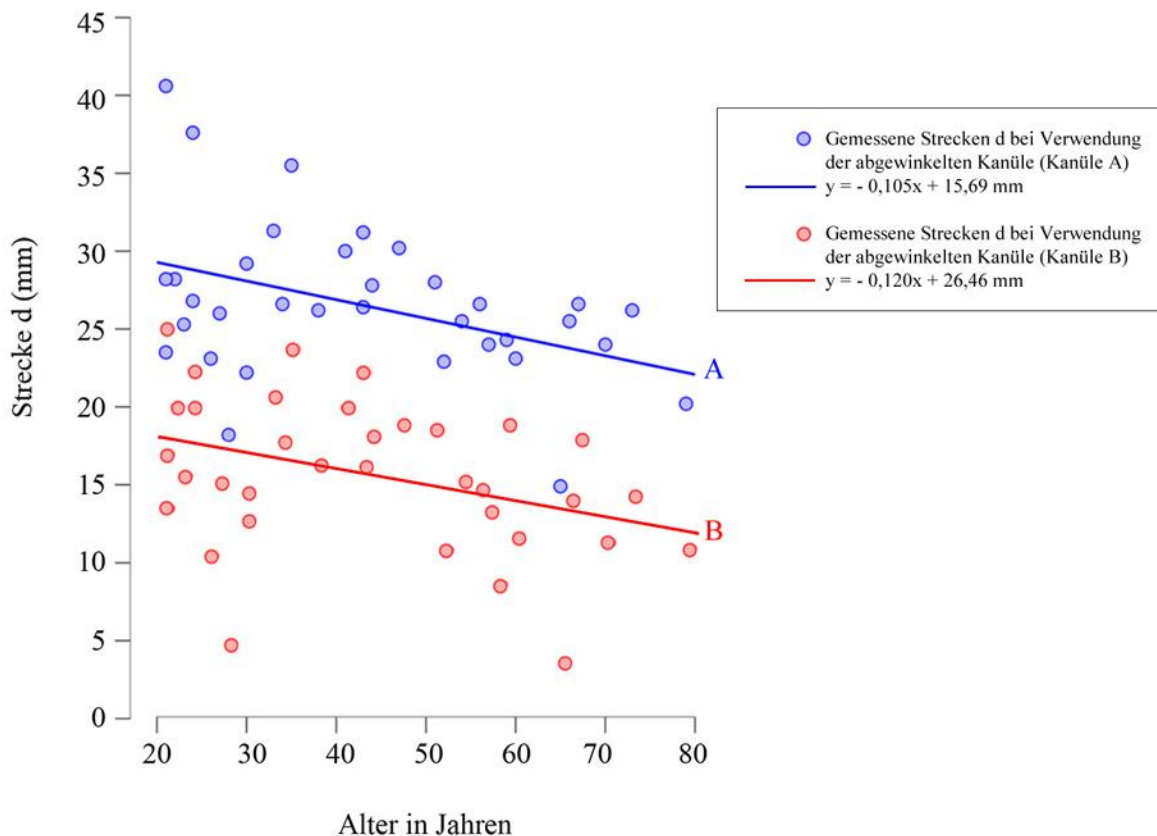


Abb. 16: Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse für die Merkmalspaare der gemessenen Strecken d und dem Alter bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und der geraden Kanüle (Kanüle B). Die Unterschiede im Anstieg der Regressionsgeraden sind nicht signifikant.

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Strecke k bei Verwendung der beiden unterschiedlichen Kanülentypen und dem Alter ergaben sich Regressionsmodelle mit einer Varianzaufklärung von 14% und 20%. Für Strecke k bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) war $R^2 = .200$ und für Strecke k bei gerader Kanüle (Kanüle B) war $R^2 = .140$. Das bedeutet, dass bei beiden Merkmalskombinationen eine mittlere Varianzaufklärung vorliegt. Die Ergebnisse werden der Abbildung 17 aufgezeigt.

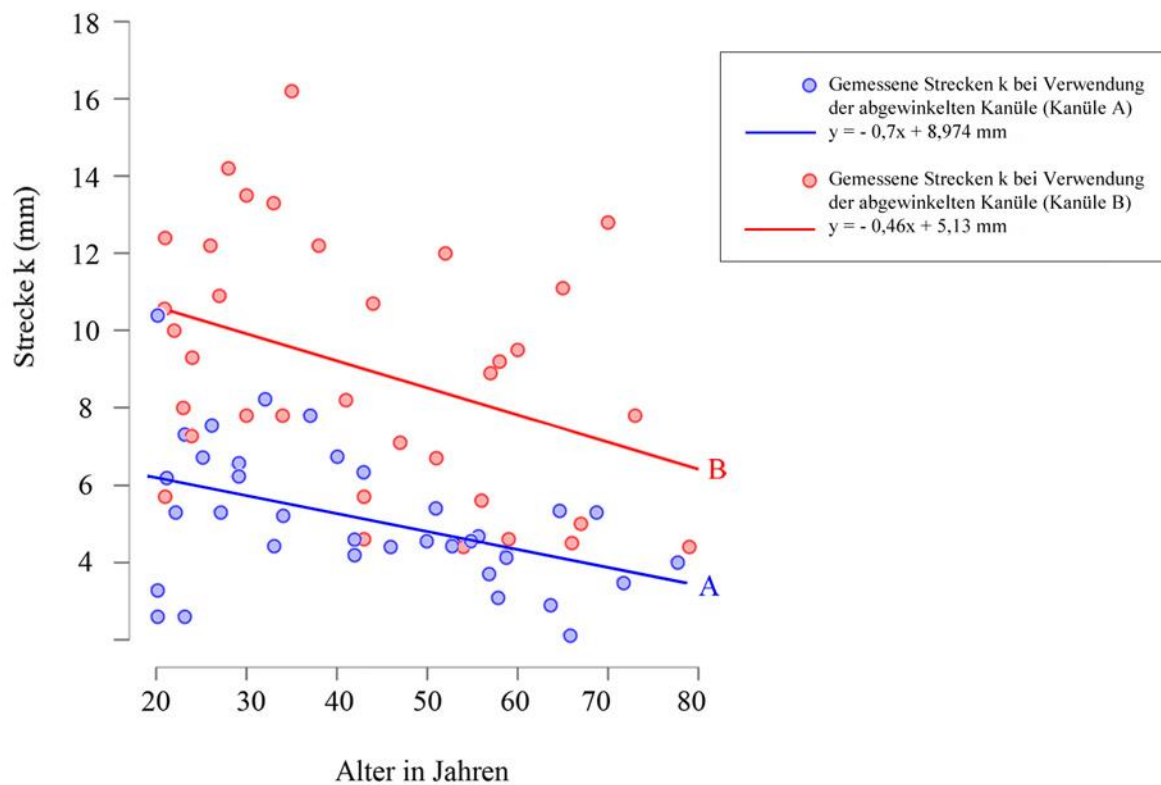


Abb. 17: Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse für die Merkmalspaare der Schleimhautdicke an der Einstichstelle k und dem Alter bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und der geraden Kanüle (Kanüle B). Die Unterschiede im Anstieg der Regressionsgeraden sind nicht signifikant.

Tab 11: Ergebnisse der einfaktoriellen ANOVA Varianzanalyse der Strecke d und der Schleimhautdicke k bei Verwendung der Kanüle A (abgewinkelte Kanüle) und Kanüle B (gerade Kanüle). Männliche und weibliche Probanden sind zusammengefasst.

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
d (A) - Alter	Regression	112.723	1	112.723	5.201	0.029
	Residual	715.176	33	21.672		
	Gesamt	827.899	34			
d (B) - Alter	Regression	148.662	1	148.662	6.921	0.013
	Residual	708.880	33	21.481		
	Gesamt	857.542	34			
k (A) - Alter	Regression	50.755	1	50.755	5.487	0.025
	Residual	305.252	33	9.250		
	Gesamt	356.007	34			
k (B) - Alter	Regression	22.058	1	22.058	8.262	0.007
	Residual	88.108	33	2.670		
	Gesamt	110.167	34			

d (A) - Strecke d bei abgewinkelter Kanüle (Kanüle A), d (B) - Strecke d bei gerader Kanüle (Kanüle B), k (A) – Schleimhautdicke k bei Einstich der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A), Schleimhautdicke k bei Einstich der geraden Kanüle (Kanüle B)

Mit Hilfe der ANOVA können wir überprüfen ob die Prädiktoren signifikant unser Kriterium vorhersagen können. Wir haben das Signifikanzniveau bei 0.05 festgelegt. Alle Signifikanzen liegen unter dem Signifikanzniveau. Das bedeutet, dass der Prädiktor Alter in allen Fällen das Kriterium Schleimhautdicke k und Strecke d bei Verwendung der abgewinkelten (Kanüle A) und der geraden Kanüle (Kanüle B) statistisch signifikant voraussagt.

4.5 Ergebnisse der Linearen Diskriminanzanalyse

Im Anschluss wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt, um den Einfluss des Geschlechtsdimorphismus auf die Maße im Epipharynx und die Schädelmaße zu untersuchen. Dabei wurde zum einen als Kombination an Parametern, die in Bezug auf das Geschlecht untersucht wurden, die Strecken Epipharynxhöhe und Epipharynxlänge ausgewählt. Zum anderen wurden die Kombination an Parametern Schädelbasislänge und der Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion (NBL/ABL) sowie Gesichtsschädelhöhe und der Strecke Basion – Gnathion (TFH/GBL) aufgrund ihrer hohen Interkorrelation (siehe Tabelle 9) ausgewählt. Unsere Untersuchung zielte darauf ab festzustellen, inwiefern die Kombinationen an Parametern dazu geeignet waren, Vorhersagen über das Geschlecht zu treffen. Es ging also um die Frage, ob die Kombinationen dazu beitragen können, die Geschlechter in den vorhandenen Datensätzen richtig zu klassifizieren oder sogar in fiktiven Kombinationen richtig vorherzusagen.

Die erste Diskriminanzanalyse wurde mit der Kombination der Parameter Epipharynxhöhe und Epipharynxlänge durchgeführt. Dabei dienten 80 % der Daten (N = 28) als Trainingsdaten, aus denen die restlichen 20 % als Testdaten (N = 7) vorhergesagt werden sollten. Anhand der Trainingsdaten lernt die von uns verwendete Statistiksoftware Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Kombinationen von Parametern erkennen, um später richtige Vorhersagen über das Geschlecht treffen zu können. Diese Vorgehensweise wurde auch bei allen weiteren Diskriminanzanalysen angewendet.

Für die Kombination der Parameter Epipharynxhöhe und Epipharynxlänge ergab sich eine Exaktheit von 57 % und ein prädikativer Wert von 55 %. Das heißt, anhand der Maße kann zu 57 % korrekt klassifiziert werden, ob es sich bei einer der übrigen sieben Versuchspersonen um eine Frau oder einen Mann handelt. Außerdem kann aufgrund dieser Daten eine zu 55 % genaue Vorhersage darüber getroffen werden, ob bei verschiedenen Ausprägungen der Kombination Epipharynxhöhe und Epipharynxlänge eine Person männlichen oder weiblichen Geschlechts vorliegt. Die genauen Ergebnisse zeigt Abbildung 18.

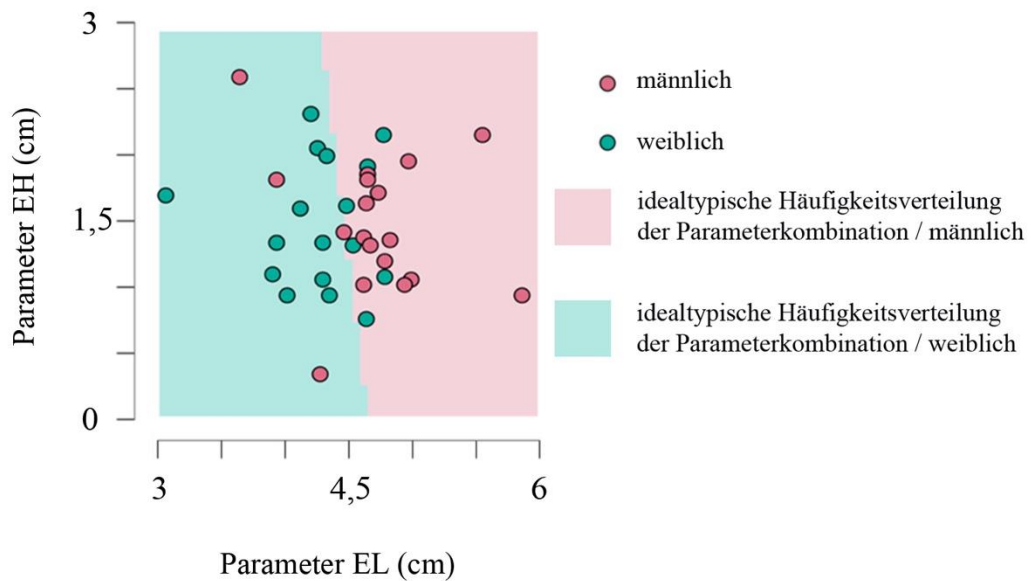


Abb. 18: Graphische Darstellung der Diskriminanzanalyse-Ergebnisse mit einer Entscheidungsgrenzenmatrix in Bezug auf den Geschlechtsdimorphismus. Dargestellt wird die Kombination folgender Parameter: Epipharynxhöhe (EH); Epipharynxlänge (EL)

Für die Kombination der Parameter Schädelbasislänge und der Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion (NBL/ABL) ergab sich eine Exaktheit von 100 % und ein prädikativer Wert von 100 %. Die genauen Ergebnisse zeigt Abbildung 19.

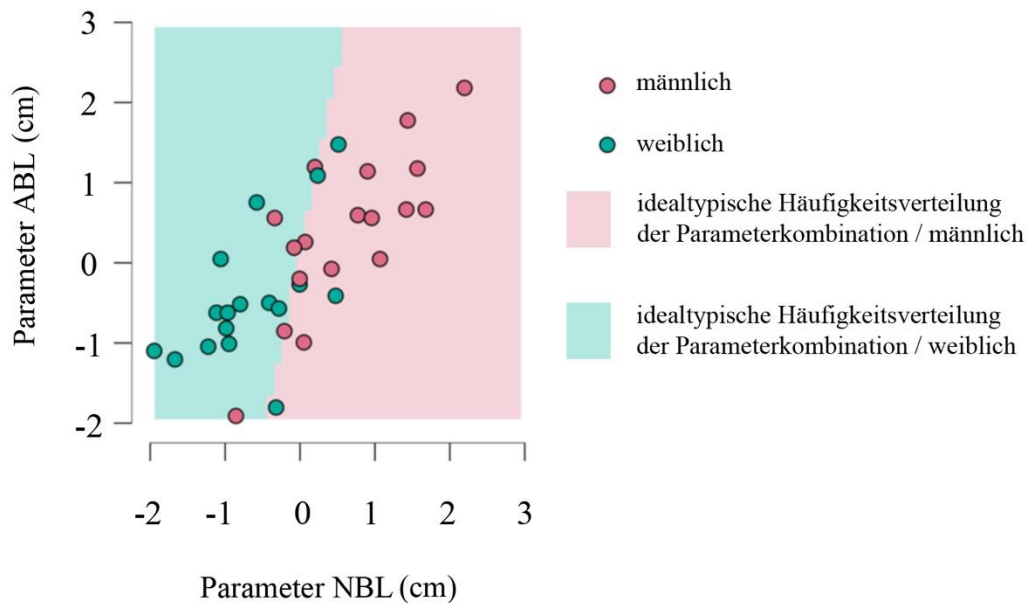


Abb 19: Graphische Darstellung der Diskriminanzanalyse-Ergebnisse mit einer Entscheidungsgrenzenmatrix in Bezug auf den Geschlechtsdimorphismus. Dargestellt wird die Kombination folgender Parameter: Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion (ABL); Strecke Nasion – Basion (NBL).

Für die Kombination der Parameter Gesichtsschädelhöhe und der Strecke Basion – Gnathion (TFH/GBL) ergab sich eine Exaktheit von 71 % und ein prädikativer Wert von 86 %. Die genauen Ergebnisse zeigt Abbildung 20.

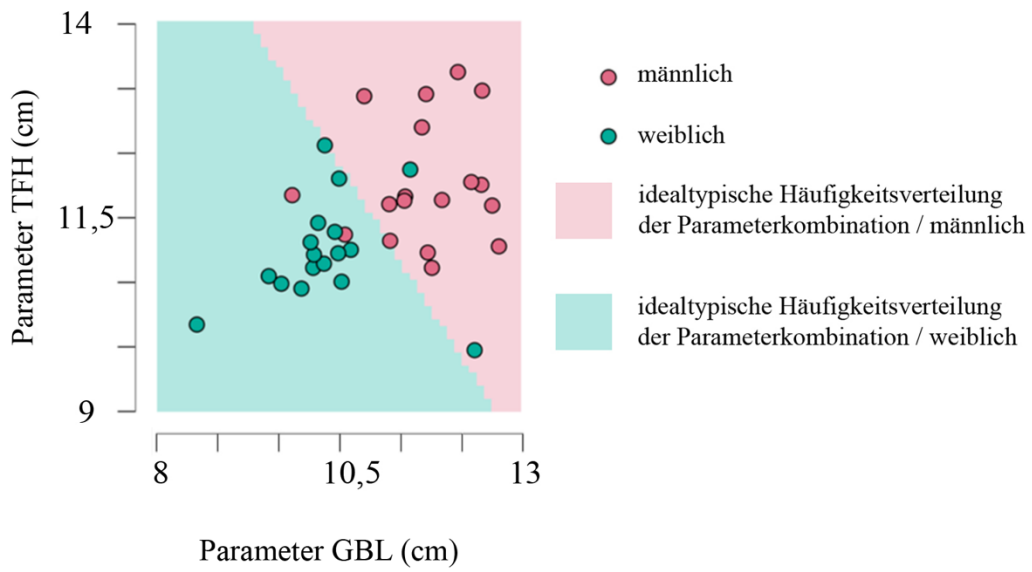


Abb 20: Graphische Darstellung der Diskriminanzanalyse-Ergebnisse mit einer Entscheidungsgrenzenmatrix in Bezug auf den Geschlechtsdimorphismus. Dargestellt wird die Kombination folgender Parameter: Strecke Nasion – Gnathion (TFH); Strecke Gnathion – Basion (GBL)

5 Diskussion

Die Tonsilla pharyngea kann aufgrund ihrer anatomischen Lage, Morphologie und Funktion in der Immunabwehr ein Störfeld darstellen, welches im Sinne der Neuraltherapie nach Huneke behandelt werden kann. Die Wirksamkeit der Injektion von Lokalanästhetika an die Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke wurde in verschiedenen Studien demonstriert (Huneke 1951; Huneke 1956; Barop 2015). Im Zentrum dieser Therapie steht das Aufheben des in der Tonsilla pharyngea lokalisierten Störfeldes. Die Injektion im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke ist mit gewissen Risiken wie Paresen, Hämatomen und Neuralgien verbunden (Schmittinger et al. 2011). Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die Durchführbarkeit der Neuraltherapie nach Huneke durch Injektion an die Tonsilla pharyngea mit zwei Kanülen unterschiedlicher Form (abgewinkelt oder nicht abgewinkelt) zu untersuchen.

5.1 Interpretation der Ergebnisse

5.1.1 Unterschiede der knöchernen Kanülentreffpunkte im Epipharynx von gebogener versus gerader Kanüle

Verschiedene Kanülenarten wurden für die Anwendung in der Neuraltherapie beschrieben. Grundsätzlich gilt, dass die Kanülengröße an die Verwendungsart angepasst werden sollte. So eignen sich beispielsweise kurze, schmale Kanülen insbesondere für oberflächliche Injektionen in die Haut oder im Mund-/Zahnbereich, während für tiefere Injektionen meist lange Kanülen mit größerem Durchmesser zum Einsatz kommen. In der Neuraltherapie werden meist 23-Gauge-, 27-Gauge- oder 30-Gauge-Kanülen verwendet (Weinschenk et al. 2020).

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Kanülenart auf die Lokalisation und Einstichstelle im Epipharynx evaluiert. Für die Beurteilung der Kanülenlage wurde eine 8 cm lange, nach 4 cm um 40° nach kranial abgewinkelte Kanüle mit einer 8 cm langen, nicht abgewinkelten Kanüle verglichen. Der Hintergrund dieser Vorgehensweise ist die Tatsache, dass eine abgewinkelte Kanüle anders positioniert werden kann als eine gerade Kanüle, und sich die Einstichstelle zur Injektion des Anästhetikums besser kontrollieren lässt. Hierdurch kann eine Injektion des Anästhetikums in das Foramen magnum verhindert werden.

Bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle war die Strecke d im Mittel länger als bei einer geraden Kanüle. Im Gegensatz dazu war die Strecke k bei der abgewinkelten Kanüle kürzer als bei Verwendung der geraden Kanüle. Die abgewinkelte Kanüle verlängert somit die Strecke vom Basion zu dem Kontaktpunkt der Kanüle an der knöchernen Schädelbasis.

Unsere Ergebnisse sprechen dafür, dass eine abgewinkelte Kanüle das Risiko von Komplikationen reduziert. Wir konnten zudem zeigen, dass bei der Verwendung einer abgewinkelten Kanüle die Schleimhautdicke k an der Einstichstelle geringer ist. Dies ist insbesondere deshalb von klinischer Relevanz, da in Einzelfällen schwerwiegende Komplikationen nach korrekter Anwendung der Neuraltherapie nach Huneke beschrieben wurden, wie beispielsweise subarachnoidale Blutungen (Heyll und Ziegenhagen 2000). Eine Maßnahme zur Reduktion des Risikos von Neuraltherapie assoziierten Komplikationen kann daher die Verwendung einer abgewinkelten Kanüle sein.

5.1.2 Einflüsse verschiedener Schädel- und Epipharynxmaße auf die Kanülenlage im Epipharynx

Die Anwendung der Neuraltherapie durch Injektion von Anästhetika an der Tonsilla pharyngea wurde ausführlich in verschiedenen Publikationen erörtert und ist grundsätzlich bei dem Vorliegen eines Störfeldes in dieser Region durchführbar (Fischer 2001). Schmittinger et al. (2011) werfen die Frage auf, warum es bei manchen Patienten im Rahmen der Neuraltherapie zu Nebenwirkungen wie Paresen, Hämatomen und Neuralgien kommt. Ein Verständnis der Einflussfaktoren auf diese Komplikationen kann dazu beitragen, sie zu verhindern bzw. die Patienten hinsichtlich bestimmter anatomischer und klinischer Parameter zu filtern, um die Wirksamkeit und Sicherheit der Therapie im Vorfeld zu beurteilen und die Therapie gegebenenfalls nicht anzuwenden (Ronen et al. 2007).

Für die Ermittlung der Einstichstelle wurden in der vorliegenden Studie Messwerte definiert, um die optimale Einstichstelle bestimmen und beide Kanülen vergleichen zu können. Als mögliche Einflussfaktoren auf diese Messstrecken wurden das Geschlecht und das Alter sowie bestimmte Schädelmaße berücksichtigt.

In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die Injektion von Lokalanästhetika an die Tonsilla pharyngea im Rahmen der Neuraltherapie sowohl bei Männern als auch bei Frauen mit einer geraden und einer abgewinkelten Kanüle möglich und sicher ist.

Shigeta et al. (2008) untersuchten erwachsene japanische Männer und Frauen hinsichtlich der Länge des Oropharynx und fanden nur bei Männern einen signifikanten Einfluss des Alters auf diese Messstrecke. Dieser signifikante Zusammenhang blieb auch unter Berücksichtigung des Body Mass Index und der Körpergröße bestehen. Ähnliche Ergebnisse für die Gesamtlänge des Oropharynx zeigten sich auch in der oben genannten Studie von Inamoto et al. (2015), die ebenfalls an Japaner durchgeführt wurde. Diese Studien berichten durchweg längere oder weitere Maße wie beispielsweise die gesamte Länge des Oropharynx. Die Epipharynxhöhe oder Epipharynxlänge wird in diesen Studien nicht berichtet. Auch Informationen zu möglichen Zusammenhängen zwischen der Größe der Tonsilla pharyngea und Einflussfaktoren wie dem Alter oder anthropometrischen Maßen werden in diesen Studien nicht untersucht. Dies erschwert den Vergleich der Beobachtungen der vorliegenden Studie mit vorherigen Ergebnissen.

Von Bedeutung ist weiterhin, dass die Dimensionen der Tonsilla pharyngea durch die umliegenden anatomischen und physiologischen Bedingungen beeinflusst werden können. Von Interesse sind in diesem Zusammenhang die Untersuchungen von Donnelly et al. (2002). So konnten Donnelly et al. (2002) anhand von magnetresonanztomographischen Aufnahmen zeigen, dass die Größe der Tonsilla pharyngea mit der Bewegungsdynamik des Oropharynx und des Nasopharynx korreliert. Bei einer verstärkten Bewegungsdynamik des Oropharynx und Nasopharynx beobachteten diese Autoren eine vergrößerte Tonsilla pharyngea.

Die Beobachtungen von Donnelly et al. (2002) sind auch insofern von Interesse, weil eine Hyperplasie der Tonsilla pharyngea zu Infektionen des lymphatischen Gewebes führen kann, die dann wiederum zu einem Störfeld im Sinne der Neuraltherapie nach Huneke führen können. Somit scheint es sinnvoll, die Zusammenhänge zwischen der Größe der Tonsilla pharyngea und den sie umgebenden anatomischen und physiologischen Gegebenheiten bei der Injektion im Rahmen dieser Therapie stärker zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang ist das Konzept der funktionellen Matrix nach Moss und Salentijn (1969) zu nennen, dass ein Knochen (und somit auch nasopharygeale Strukturen) nicht nur aufgrund der genetischen Programmierung in eine bestimmte Richtung wächst, sondern dass dieses Wachstum auch durch die Platzbedürfnisse orofazialer und neuraler Strukturen bestimmt wird (Moss and Salentijn 1969).

Die meisten Studien mit Analysen zur Entwicklung und Wachstum des Nasopharynx und den Schädelmassen wurden mit Kindern und Jugendlichen durchgeführt. So fanden de Cassia Gonçalves et al. (2011) bei Auswertung von lateralen Cephalogrammen von Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 6 und 18 Jahren eine signifikante Korrelation zwischen dem Alter und der Breite der oberen und unteren Atemwege. Das Alter korreliert demzufolge mit den nasopharyngealen Messungen und den Schädelmaßen. In der hier vorliegenden Studie wurden nur Erwachsene untersucht. Es wurden drei Altersgruppen gebildet und mit der Schleimhautdicke und der Messstrecke d zwischen der Einstichstelle und dem Basion korreliert. Für beide Kanülen korrelierten die Messstrecke d und die Schleimhautdicke negativ mit dem Alter. Daraus folgt, dass die Länge der Messstrecke d und die Dicke der Schleimhaut an der Einstichstelle mit zunehmendem Alter abnimmt.

Ein Zusammenhang zwischen der Schleimhautdicke an der Einstichstelle und dem Alter der Patienten ist für die Ermittlung der optimalen Einstichstelle und -tiefe relevant. Bei jüngeren Patienten sollten eher kürzere Kanülen verwendet werden, um Verletzungen der Blutgefäße und Hämatome zu vermeiden. Hierzu ist allerdings anzumerken, dass die Unterschiede in der Schleimhautdicke nur wenige Millimeter betragen. Außerdem waren in jeder der drei Altersgruppen (18 bis 30, 31 bis 50 und >50 Jahre) jeweils nur maximal zehn Personen, so dass generelle Aussagen über den Einfluss des Alters auf diese Messstrecken nicht abgeleitet werden können.

Neben der Berücksichtigung des Patientenalters und des Geschlechts könnten demzufolge vor Beginn der Injektion des Lokalanästhetikums nicht nur der Epipharynx vermessen, sondern auch die Bewegungsdynamik und andere patientenbezogene Parameter evaluiert und die Injektionsstelle gegebenenfalls angepasst werden.

Zudem erscheint es sinnvoll, die Größe der Tonsilla pharyngea bei der Wahl der Kanüle und der Ermittlung der Einstichstelle zu berücksichtigen. Es bleibt die Frage offen, inwiefern die optimale Einstichstelle für die Injektion von Anästhetika von der Größe der Tonsilla pharyngea abhängt.

5.1.3 Geschlechtsdimorphismus

In der vorliegenden Studie zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Epipharynxlänge oder -höhe zwischen Männern und Frauen. Es zeigt sich aber eine signifikante Korrelation zwischen dem Geschlecht und der Epipharynxlänge. In der Literatur fanden sich jedoch keine vergleichbaren Studien mit Hinweisen auf geschlechtsspezifische Unterschiede der hier erhobenen Maße des Epipharynx.

In vorherigen Studien wurden jedoch signifikante Korrelationen zwischen dem Geschlecht und verschiedenen Strecken des Pharynx berichtet. Es gab Studien in denen bei Mädchen (Linder-Aaronson and Leighton 1983) als auch Studien in denen bei Jungen (Vilella et al. 2006) ein, im Vergleich zum anderen Geschlecht, signifikant dickeres adenoides Gewebe gemessen wurde. In einer Studie von Al-Sayagh (2012) wurde eine signifikant dickere posteriore nasopharyngeale Wand bei männlichen Erwachsenen als bei weiblichen Erwachsenen gemessen. Al-Sayagh (2012) evaluierte die Abstände im Nasopharynx mittels lateraler Cephalometrie und schloss in die Untersuchung sowohl Jugendliche als auch erwachsene Probanden ein. Die größere Dicke der posterioren nasopharyngealen Wand bei Männern und ein kleinerer PAS (Posterior Airway Space) bei Männern stellten allerdings die einzigen signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen in der Gruppe der Erwachsenen dar.

In der Studie von Inamoto et al. (2015) wurden pharyngeale Messstrecken mittels Multidetektor-Computertomographie ermittelt. Für alle Messstrecken wurden signifikant größere Werte für Männer als für Frauen gemessen. Dieses Ergebnis bestätigte sich auch nach Korrektur für die Körpergröße. In der vorliegenden Studie wurde nicht für derartige Parameter korrigiert. Diese Unterschiede können auf Populationsunterschieden beruhen, da in der Studie von Inamoto et al. (2015) japanische Probanden untersucht wurden.

Auch Daraze et al. (2017) evaluierten laterale Cephalogramme von Erwachsenen und verglichen die Messwerte im Bereich des Pharynx zwischen Männern und Frauen. Die Abmessungen der Uvula palatina, die Länge und Höhe der Zunge sowie die Abstände zwischen Epiglottis und hinterer Rachenwand und zwischen Epiglottis und hinterem Nasenrücken waren bei Männern signifikant größer als bei Frauen. Die anteroposteriore Neigung des Gaumenzäpfchens und die Abstände zwischen Uvula und hinterer Rachenwand waren bei Frauen signifikant größer.

Die nicht nachweisbaren geschlechtsspezifischen Unterschiede in der vorliegenden Studie lassen sich möglicherweise dadurch erklären, dass die Gruppe der Erwachsenen in der Studie von Al-Sayagh (2012) im Alter zwischen 20 und 30 Jahren war, während in der vorliegenden Studie die meisten Patienten älter als 30 Jahre waren. Geht man davon aus, dass der Epipharynx und die Tonsilla pharyngea insbesondere im Kinder- und Jugendalter wachsen, so ist es denkbar, dass geschlechtsspezifische Unterschiede in den epipharyngealen Messungen mit zunehmendem Lebensalter bestehen bleiben.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass die Neuraltherapie bei beiden Geschlechtern sicher durchführbar ist und dass das Geschlecht bei der Durchführung der Neuraltherapie nach Huneke vermutlich nicht berücksichtigt werden muss.

5.2 Limitationen der Studie

Die vorliegende Studie weist einige Limitationen auf, die im Folgenden adressiert werden sollen. Zum einen ist hier die vergleichsweise geringe Patientenzahl zu nennen, welche die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die klinische Praxis limitiert. Des Weiteren wird die Aussagekraft der Ergebnisse dadurch eingeschränkt, dass nur bestimmte Parameter in die Analyse aufgenommen wurden, also das Geschlecht, das Alter und die anatomischen Maße des Schädels. Wie bereits erwähnt, ist es aber wahrscheinlich, dass die Größe der Tonsilla pharyngea, die Abmessungen des Epipharynx und somit auch die Einstichstelle für die Injektion des Anästhetikums von anderen anthropometrischen und klinischen Parametern der Patienten beeinflusst werden.

Bei der Analyse der Geschlechtsdimorphismen sollte künftig auch die Körpergröße und/oder der BMI berücksichtigt werden. Die Tatsache, dass das Alter signifikant mit der Messstrecke d und der Schleimhautdicke korrelierte, lässt vermuten, dass die Bedingungen für die Neuraltherapie nach Huneke und die Durchführung an das Alter der Patienten angepasst werden sollten. Dies ist insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Hyperplasien der Tonsilla pharyngea als mögliche Störfelder besonders bei jüngeren Patienten auftreten, im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke relevant.

Die Tatsache, dass es sich um eine monozentrische Studie handelte, bei der alle Patientendaten in derselben Klinik erhoben wurden, macht es erforderlich, die Ergebnisse in zukünftigen multizentrischen Studien zu überprüfen.

Eine weitere Limitation der vorliegenden Studie besteht darin, dass die Messungen der Kanülenlage anhand von DVT-Aufnahmen vorgenommen wurden, die von Patienten mit verschiedensten Indikationen angefertigt worden waren. Es handelte sich demzufolge um eine Modellierung der Kanülenlage anhand von definierten Messstrecken. Dies bedeutet, dass es sich um eine Simulation der Neuraltherapie an der Tonsilla pharyngea handelt, die keine Aussage über die tatsächliche Einstichstelle oder die Wirksamkeit und Sicherheit der Neuraltherapie im Rachenraum ermöglicht. Dies schränkt die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die klinische Praxis ein.

5.3 Hauptergebnisse der Studie

In unserer Untersuchung wurden Kanülen virtuell rekonstruiert und Stichkanäle entsprechend der Empfehlung von Barop (2015) untersucht. Dabei wurde die Verwendung einer abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) und einer geraden Kanüle (Kanüle B) verglichen. Die vorliegende Studie verdeutlichte, dass die Neuraltherapie nach Huneke mit einer Injektion an der Tonsilla pharyngea sowohl mit der geraden als auch mit der abgewinkelten Kanüle durchführbar ist. Ein Geschlechtsdimorphismus konnte anhand der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Mit Bezug auf die Zielstellungen der Studie lassen sich die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Unsere Messungen zeigen für alle untersuchten DVT-Datensätze einen Treffpunkt der Kanülenspitze im knöchernen Epipharynx. Dabei kann durch die Verwendung einer abgewinkelten Kanüle anstelle einer nicht abgewinkelten Kanüle bei der Neuraltherapie nach Huneke das Risiko einer Injektion an das Foramen magnum reduziert werden. Mit dieser Kanüle ist der Treffpunkt stets weiter anterior im Vergleich zur Verwendung der geraden Kanüle bei Untersuchung des gleichen Datensatzes. Der kleinste gemessene Abstand zwischen Basion und dem knöchernen Treffpunkt der Kanülenspitze am Clivus beträgt 0,36 cm unter Verwendung einer geraden Kanüle. Verglichen dazu beträgt der kleinste gemessene Abstand bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle 1,49cm. Im Mittel liegt der Abstand zwischen gerader und abgewinkelter Kanüle bei der Betrachtung des gleichen Datensatzes bei 0,99cm. Wobei die abgewinkelte Kanüle stets weiter anterior einsticht. Daher sollte die gebogenen Kanüle gegenüber der geraden Kanüle bevorzugt werden.

2. In dieser Studie wird, aus morphologischer Sicht, die von Heyll und Ziegenhagen (2000) und Schmittinger et al. (2011) beschriebenen Komplikationen der Injektion an die Rachenmandel im Rahmen der Neuraltherapie nach Huneke untersucht. Dabei war von besonderem Interesse ob das Gefahrenpotential des Eingriffs in Bezug auf das Geschlecht unterschiedlich ist. Unsere Ergebnisse bestätigen einerseits die Ergebnisse von Nowotny (2022) wonach es zu keinem Treffpunkt am oder dorsal des Basions, unter den von Barop (2015) beschriebenen Anweisungen, kommt. Andererseits konnte festgestellt werden, dass es keinen Geschlechtsdimorphismus in Bezug auf die Durchführung des Eingriffs gibt und das Verfahren somit für beide Geschlechter als gleich sicher einzustufen ist.
3. Es konnte ein geschlechtsspezifischer Unterschiede in den Mittelwerten der Epipharynxlänge und den Mittelwerten der Epipharynxhöhe festgestellt werden. Jedoch sind die Ergebnisse nicht signifikant. Im Rahmen der Korrelationsanalyse konnten wir feststellen, dass die Epipharynxlänge mit dem Geschlecht korreliert. Bei der Epipharynxhöhe ist das nicht der Fall.
4. Die vorliegende Studie bestätigt signifikante Zusammenhänge zwischen dem Geschlecht und der Epipharynxlänge sowie mit mehreren Schädelmaßen (ABL, GBL, NBL, TFH).
5. Im Rahmen der Diskriminanzanalyse sollte analysiert werden, mit welchen Merkmalskombinationen das Geschlecht vorhergesagt werden kann. Dies gelang bei der Kombination Epipharynxhöhe und Epipharynxlänge mit einer Exaktheit von 57%. Bei der Kombination der Schädelmaße ABL und NBL mit einer Exaktheit von 100% und bei der Kombination TFH und GBL mit einer Exaktheit von 71%.

6 Zusammenfassung

Die Neuraltherapie nach Huneke kommt als Intervention bei einem Störfeld in der Umgebung der Tonsilla pharyngea zum Einsatz. Trotz einer gut belegten Wirksamkeit dieser Therapie bei verschiedenen Indikationen ist diese Therapie mit Nebenwirkungen und Komplikationen assoziiert, die mit der Therapie in Verbindung gebracht wurden. Eine genaue Positionierung der für die Neuraltherapie verwendeten Kanüle an dem Störfeld ist erforderlich, um eine Injektion in das Foramen magnum zu verhindern und Nebenwirkungen zu vermeiden.

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand deshalb darin, die Positionierung zweier Kanülen an die Tonsilla pharyngea anhand von Aufnahmen mit Digitaler Volumentomografie (DVT) zu evaluieren und mögliche Risikofaktoren für Komplikationen an dieser Einstichstelle zu identifizieren.

DICOM-Datensätze von 80 Probandinnen und Probanden, die an der Klinik und Poliklinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/Plastische Operationen der Universitätsmedizin Greifswald aufgrund von verschiedenen Indikationen angefertigt worden waren, wurden für die Verwendung in der Studie evaluiert. Alle Probandinnen und Probanden waren zum Zeitpunkt der Untersuchung älter als 18 Jahre. 35 Datensätze wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen, weil im Untersuchungsgebiet nicht alle für die Messung notwendigen anatomischen Strukturen dargestellt waren, so dass 45 Datensätze final für die Untersuchung verwendet werden konnten.

Die DICOM-Datensätze wurden mit dem Digitalen Volumentomografen QR-DVT 9000 (NewTom Verona, Italien) in der Universitätsmedizin Greifswald mit einer Schichtstärke der für die Untersuchung relevanten Sagittalschnitte angefertigt und in den DICOM-Betrachter Horos (v1.1.7; © 2020 Horos Project) importiert. Zur Bestimmung der Kanülenlage wurden die Schädelmasse analysiert und mit den möglichen Einflussfaktoren Geschlecht und Alter korreliert.

In der Patientenkohorte konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Mittelwerten der Epipharynxmaße festgestellt werden. Jedoch korreliert das Geschlecht signifikant mit der Epipharynxlänge und den folgenden Schädelmaßen: Gesichtshöhe (TFH), unterer Gesichtslänge (GBL), Schädelbasislänge (NBL) und der Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion (ABL). Die Messtrecke d, also der Abstand zwischen der Einstichstelle und dem Basion, korrelierte für keine der beiden Kanülen signifikant mit dem Geschlecht. Die Schleimhautdicke k

und die Messstrecke d unterschieden sich zwischen beiden Kanülen. Bei Verwendung der abgewinkelten Kanüle war die Strecke d im Mittelwert signifikant länger. Dies spricht dafür, dass die Verwendung einer abgewinkelten Kanüle die Sicherheit der Therapie erhöht. Zudem zeigte sich für beide Kanülen eine signifikante Korrelation zwischen dem Alter und der Messstrecke d sowie zwischen dem Alter und der Schleimhautdicke k an der Einstichstelle. Das Alter wurde als signifikanter Prädiktor, für die Schleimhautdicke k und die Messstrecke d , bei Verwendung beider Kanüle identifiziert.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass die Verwendung einer abgewinkelten Kanüle für die Neuraltherapie nach Huneke an der Tonsilla pharyngea das Risiko einer Injektion in das Foramen magnum reduziert. Während die Kanülenlage nicht signifikant durch das Geschlecht des Patienten beeinflusst zu werden scheint, so nehmen sowohl die Strecke zwischen dem Basion und der Einstichstelle als auch die Schleimhautdicke mit dem Alter ab.

Die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse sind für zukünftige Behandlungen an der Tonsilla pharyngea von Interesse und bestätigen, dass die hier verwendete Methode, bei richtiger Anwendung, sicher ist. Zur erfolgreichen Injektion des Lokalanästhetikums und der Untersuchung des Auftretens von Neuraltherapie-assoziierten Nebenwirkungen lässt sich die von uns entwickelte Methode nutzen und weiterentwickeln.

7 Literaturverzeichnis

- Agarwal L, Tandon R, Kulshrestha R, Gupta A (2016) Adenoid facies and its management: An orthodontic perspective. *Indian J Orthod Dentofac Res* 2:50-55
- Ahmad Z, Krüger K, Lautermann J, Lippert B, Tenenbaum T, Tigges M, Tisch M (2023) Adenoide Vegetationen – Diagnostik und Therapie – die neue S2k-Leitlinie [Adenoids-diagnosis and treatment: the new German S2k guideline] *71(5):285-293* doi: 10.1007/s00106-023-01298-7
- Al-Sayagh Nada M (2012) A Cephalometric Comparison of Pharynx and Soft Palate in Iraqi Adolescents and Adults Population. *Rafidain Dent J* 12:32-42
- Arens R, McDonough JM, Corbin AM, Hernandez ME, Maislin G, Schwab RJ, Pack AI (2002) Linear dimensions of the upper airway structure during development: assessment by magnetic resonance imaging. *Am J Respir Crit Care Med* 165:117-122 doi: 10.1164/ajrccm.165.1.2107140
- Arey LB (1950) The craniopharyngeal canal reviewed and reinterpreted. *Anat Rec* 106:1-16. doi: 10.1002/ar.1091060102
- Barop H (2006) Taschenatlas der Neuraltherapie nach Huneke. 2. Auflage. Stuttgart, Hippokrates Verlag
- Barop H (2015) Lehrbuch und Atlas der Neuraltherapie 2. Auflage. Stuttgart, Karl F. Haug Verlag
- Bernert K-D (2013) Neuraltherapie nach Huneke. Stuttgart, Thieme Verlag
- Cohen J (1988) Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NY, Erlbaum
- Cohen O, Betito HR, Adi M, Shapira-Galitz Y, Halperin D, Lahav Y, Warman M (2020) of the nasopharynx: A radiological study of children. *Clin Anat* 33:1019-1024 doi: 10.1002/ca.23530
- Daraze A, Delatte M, Liistro G, Majzoub Z (2017) Cephalometrics of Pharyngeal Airway Space in Lebanese Adults. *Int J Dent* 2017:3959456 doi: 10.1155/2017/3959456
- Donnelly LF, Casper KA, Chen B (2002) Correlation on cine MR imaging of size of adenoid and palatine tonsils with degree of upper airway motion in asymptomatic sedated children. *Am J Roentgenol* 179:503-508 doi: 10.2214/ajr.179.2.1790503
- Dosch, M. (2005) Bildatlas der Neuraltherapie mit Lokalanästhetika: Praxis und Technik 6. Auflage. Stuttgart, Karl F. Haug Verlag
- Dosch P (1995) Lehrbuch der Neuraltherapie nach Huneke 14. Auflage. Heidelberg, Karl F. Haug
- Egli S, Pfister M, Ludin SM, Puente de la Vega K, Busato A, Fischer L (2015) Long-

- term results of therapeutic local anesthesia (neural therapy) in 280 referred refractory chronic pain patients. *BMC Complement Altern Med* 15:200 doi: 10.1186/s12906-015-0735-z
- Elluru, RG. (2005) Adenoid facies and nasal airway obstruction: cause and effect? *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 131:919-920 doi: 10.1001/archotol.131.10.919
- Ferreira DM, Sjoström M (2022) 3-dimensional analysis of the pharyngeal airway in healthy adults, an insight. *Dent Oral Maxillofac Res* 8:1-11 doi: 10.15761/DOMR.1000397
- Fiebich M, Weber D (2018) Digitale Volumetomographie: Dedizierte Scanner und ConeBeam-CT mit C-Arm-Systeme. *Radiologe* 58:194-201 doi: 10.1007/s00117-018-0360-1
- Fischer L (2001) *Neuraltherapie nach Huneke* 2. Auflage. Stuttgart, Hippokrates Verlag
- Fischer L (2003) Pathophysiologie des Schmerzes und Neuraltherapie. *Praxis* 92:2051–2059 doi: 10.1024//0369-8394.92.48.2051
- Fischer L (2021) Neuraltherapie - Definition, Wirkmechanismen und Wirksamkeit. *Schmerz Nachr* 21:28–30 doi: 10.1007/s44180-021-0009-8
- Fujioka M, Young LW, Girdany BR (1979) Radiographic evaluation of adenoidal size in children: adenoidal-nasopharyngeal ratio. *Am J Roentgenol* 133:401-404 doi: 10.2214/ajr.133.3.401
- Franke U (2022). Neuraltherapie: Adjuvantes Verfahren bei der Behandlung des Long-COVID-Syndroms. *DZA* 65:231–237 doi: 10.1007/s00117-018-0360-1
- Gonçalves Rde C, Raveli DB, Pinto Ados S (2011) Effects of age and gender on upper airway, lower airway and upper lip growth. *Braz Oral Res* 25:241-247 doi: 10.1590/s1806-83242011000300009
- Handelman CS, Osborne G (1976). Growth of the nasopharynx and adenoid development from one to eighteen years. *Angle Orthod* 46:243-259 doi: 10.1043/0003-3219(1976)046<0243:GOTNAA>2.0.CO
- Harris JA, Jackson CM, Scammon RE (1930) *The Measurement of Man*. Minneapolis, University of Minnesota Press
- Heyll U, Ziegenhagen DJ (2000) Subarachnoidalblutung als lebensbedrohliche Komplikation nach Neuraltherapie. *VersMed* 52:33-36
- Huang X, Gong X, Gao X (2023) Age-related hypertrophy of adenoid and tonsil with its relationship with craniofacial morphology. *BMC Pediatr* 23:163-171 doi: 10.1186/s12887-023-03979-2

- Huneke (1928) Titel der Arbeit. Zitiert in von Roques KR (1940) Die Stellung der Heilanästhesie in der Pathologie und Therapie. Münchener Med Wochenschr 87:34-37
- Huneke F (1951) Focusproblem und Sekundenphänomen. Münchener Med Wochenschr 93:521-528
- Huneke F (1956) Neuraltherapie, Sekundenphänomen und Chirurgie. Hippokrates 27:675-682
- Huneke F (1962) Neuraltherapie und Sekundenphänomen. Erfahrungsk 11:265-272
- Huneke F (1965) Zwischenfälle und Gefahrenmomente in der Neuraltherapie. Ärztl Prax 17:485-493
- Inamoto Y, Saitoh E, Okada S, Kagaya H, Shibata S, Baba M, Onogi K, Hashimoto S, Katada K, Wattanapan P, Palmer JB (2015) Anatomy of the larynx and pharynx: effects of age, gender and height revealed by multidetector computed tomography. J Oral Rehabil 42:670-677 doi: 10.1111/joor.12298
- Ishida T, Manabe A, Yang SS, Yoon HS, Kanda E, Ono T (2018) Patterns of adenoid and tonsil growth in Japanese children and adolescents: A longitudinal study. Sci Rep 8:17088 doi: 10.1038/s41598-018-35272-z
- Jácomo AL (2010) Pharyngeal lymphatic ring: anatomical review. J Morphol Sci 27:47-49
- Joos S, Musselmann B, Szecsenyi J (2011) Integration of complementary and alternative medicine into family practices in Germany: results of a national survey. Evid Based Complement Alternat Med 2011:495813. doi: 10.1093/ecam/nep019
- Kokemohr H (2000) Praxis der therapeutischen Lokalanästhesie und Neuraltherapie. 1. Auflage. Berlin, Springer
- Kolo ES, Ahmed AO, Kazeem MJ, Nwaorgu OG (2011) Plain radiographic evaluation of children with obstructive adenoids. Eur J Radiol 79:38-41 doi: 10.1016/j.ejrad.2010.09.027
- Krmpotić-Nemanić J, Vinter I, Ehrenfreund T, Marusić A (2006) Age-related changes in the anatomical landmarks of the osseous epipharynx. Ann Anat 188:459-467 doi: 10.1016/j.aanat.2006.04.005
- Lertsburapa K, Schroeder JW Jr, Sullivan C (2010) Assessment of adenoid size: A comparison of lateral radiographic measurements, radiologist assessment, and nasal endoscopy. Int J Pediatr Otorhinolaryngol 74:1281-1285 doi: 10.1016/j.ijporl.2010.08.005
- Lierse W (1990) Zur funktionellen Anatomie von Pharynx, Ösophagus und Trachea beim Erwachsenen und beim Neugeborenen. In: Fleischer, K., Ey, W. (eds) Teil I: Referate. Verhandlungsbericht 1990. 1. Auflage. Berlin, Springer

- Lim S, Hong SJ, Ohe JY, Peak J(2019). Application of 3D Computed Tomography Reconstruction Images to Assess the Thickness and Dimensions of the Posterior Palatal Seal Area. *Biomed Res Int* 2019:7912371. doi: 10.1155/2019/7912371
- Linder-Aaronson S, Leighton BC (1983) A longitudinal study of the development of the posterior nasopharyngeal wall between 3 and 16 years of age. *Eur J Orthod* 5:47-58. doi: 10.1093/ejo/5.1.47
- Lippert H (2006) *Lehrbuch der Anatomie*. 7.Auflage. München, Urban & Fischer
- Lomoschitz F, Schima W, Schober E, Pokieser P, Youssefzadeh S, Kainberger F, Czerny C (2000) Pharynx. Bildgebung der Normalanatomie. *Radiologe*. 40:601-609 doi: 10.1007/s001170050781
- Lüllmann-Rauch R, Asan E (2015) *Taschenlehrbuch Histologie*. 5. Auflage. Stuttgart, Thieme Verlag
- Mancuso AA, Bohman L, Hanafee W, Maxwell D (1980) Computed tomography of the nasopharynx: normal and variants of normal. *Radiology* 137:113-121. doi: 10.1148/radiology.137.1.7422832. PMID: 7422832.
- Marseglia G L, Poddighe D, Caimmi D (2009) Role of adenoids and adenoiditis in children with allergy and otitis media. *Curr Allergy Asthma Rep* 9:460–464 doi: 10.1007/s11882-009-0068-4
- Mermod J, Fischer L, Staub L, Busato A (2008) Patient satisfaction of primary care for musculoskeletal diseases: a comparison between Neural Therapy and conventional medicine. *BMC Complement Altern Med* 8:33 doi: 10.1186/1472-6882-8-33
- Meyer (1868) zitiert in Zwierz et al. (2023)
- Moore K L, Persaud TVN, Torchia MG (2016) *The Developing Human-Clinically Oriented Embryology* 10. Auflage. Amsterdam, Elsevier
- Moss M L, Salentijn L (1969) The primary role of functional matrices in facial growth. *Am J Orthod* 55:566–577 doi.org/10.1016/0002-9416(69)90034-7
- Nemec SF, Krestan CR, Noebauer-Huhmann IM, Formanek M, Frühwald J, Peloschek P, Kainberger F, Czerny C (2009) Radiologische Normalanatomie des Larynx und Pharynx sowie bildgebende Techniken. *Radiologe* 49:8-16 doi: 10.1007/s00117-008-1761-3
- Niedzielski A, Chmielik LP, Mielnik-Niedzielska G, Kasprzyk A, Bogusławska J (2023) Adenoid hypertrophy in children: a narrative review of pathogenesis and clinical relevance. *BMJ Paediatr Open* 7:e001710. doi: 10.1136/bmjpo-2022-001710

- Nowotny J (2022) Klinisch-anatomische Untersuchung zur Kanülenlage bei Injektionen am Fornix pharyngis des Menschen aus neuraltherapeutischer Sicht. Eine quantitative Studie auf der Grundlage der Computertomographie. Med Diss, Universität Greifswald
- Pereira L, Monyror J, Almeida FT, Almeida FR, Guerra E, Flores-Mir C, Pachêco-Pereira C (2018) Prevalence of adenoid hypertrophy: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev* 38:101-112. doi: 10.1016/j.smr.2017.06.001
- Pischinger A (1963) Die vegetativen Grundlagen des Herdgeschehens. *Osterr Z Stomatol* 60:294-311
- Pischinger A, Heine H (2010) Das System der Grundregulation. 11. Auflage. Heidelberg, Karl F.Haug
- Preston C B, Phillip V T, Omar H S (2004) Skeletal age and growth of the nasopharynx in the sagittal plane: a cephalometric study. *Semin Orthod* 10(1):16-38
doi: 10.1053/j.sodo.2003.10.002
- Regauer S (2006) Pathology of the Head and Neck 1. Auflage. Springer, Berlin
- Ronen O, Malhotra A, Pillar G (2007) Influence of gender and age on upper-airway length during development. *Pediatrics* 120(4) doi.org/10.1542/peds.2006-3433
- Ruben RJ (2017) The adenoid: Its history and a cautionary tale. *Laryngoscope*. 2:13-28.
doi: 10.1002/lary.26634
- Ruffing S, Struffert T, Grgic A, Reith W (2005) Bildgebende Diagnostik von Pharynx und Larynx. *Radiologe* 45:828-836 doi: 10.1007/s00117-005-1257-3
- Satish BNVS, Moolrajani C, Basnaker M, Kumar P (2017) Dental sex dimorphism: Using odontometrics and digital jaw radiography. *Journal of Forensic Dental Sciences* 9:43. doi: 10.4103/jfo.jfds_78_15. PMID: 28584477
- Schlicher W, Nielsen I, Huang JC, Maki K (2012) Consistency and precision of landmark identification in three-dimensional cone beam computed tomography scans. *European Journal of Orthodontics* 34:263-275. doi: 10.1093/ejo/cjq144. Epub 2011 Mar 8.
- Schmittinger CA, Schär R, Fung C, Z'graggen WJ, Nauer C, Dünser MW, Jung S (2011) Brainstem hemorrhage after neural therapy for decreased libido in a 31-year-old woman. *J Neurol* 258:1354-1355 doi: 10.1007/s00415-011-5921-4
- Schumacher G (1995) Odontographie: Anatomie der Zähne und des Gebisses 5. Auflage. Heidelberg, Hüthig
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U (2007) Sprache · Stimme · Gehör 31: 26 - 27
doi: 10.1055/s-2007-976529

- Schwab RJ, Goldberg AN (1998) Upper airway assessment: radiographic and other imaging techniques. *Otolaryngol Clin North Am* 3:931-968. doi: 10.1016/s0030-6665(05)70100-6
- Shigeta Y, Ogawa T, Venturin J, Nguyen M, Clark GT, Enciso R (2008) Gender- and age-based differences in computerized tomographic measurements of the oropharynx. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 106:563-570 doi: 10.1016/j.oro.2008.03.032
- Snook T (1934) The development of the human pharyngeal tonsil. *Developmental Dynamics. Am J Anat* 55: 323-341. doi.org/10.1002/aja.1000550206
- Starck D (1965) *Embryologie* 2. Auflage. Stuttgart, Thieme Verlag
- Stettbacher M-A (2015) Neuraltherapie nach Huneke und das Zahnstörfeld. *Erfahrungsheilkunde* 64: 272-278 doi: 10.1055/s-0041-106182
- Trindade IE, Gomes Ade O, Sampaio-Teixeira AC, Trindade SH (2007) Adult nasal volumes assessed by acoustic rhinometry. *Braz J Otorhinolaryngol* 73:32-39 doi: 10.1016/s1808-8694(15)31119-8
- Valstar MH, de Bakker BS, Steenbakkers RJHM, de Jong KH, Smit LA, Klein Nulent TJW, van Es RJJ, Hofland I, de Keizer B, Jasperse B, Balm AJM, van der Schaaf A, Langendijk JA, Smeele LE, Vogel WV (2021) The tubarial salivary glands: A potential new organ at risk for radiotherapy. *Radiother Oncol* 154:292-298. doi: 10.1016/j.radonc.2020.09.034 .
- Vilella BS, Vilella OV, Koch HA (2006) Growth of the nasopharynx and adenoidal development in Brazilian subjects. *Braz Oral Res* 20:70-75 doi: 10.1590/S1806-83242006000100013
- von Roques KR (1940) Die Stellung der Heilanästhesie in der Pathologie und Therapie. *Munchener Med Wochenschr* 87:34-37
- Weber K (2004) *Neuraltherapie in der Praxis: klinische Symptomatik und therapeutisches Vorgehen* 2. Auflage. Stuttgart, Thieme Verlag
- Westermann J (2010) *Organe des Abwehrsystems*. In: *Anatomie. Springer-Lehrbuch* Springer, Berlin
- Wetzel G (1938) *Handbuch der Anatomie des Kindes*. 1. Auflage. München, Verlag J. F. Bergmann
- Wetzel G (1938) Der Schlund und die Speiseröhre des Kindes. In Peter K, Wetzel G, Heide- rich F (Hrsg.) *Handbuch der Anatomies des Kindes*. 1. Aufl. München, JF Bergmann, pp. 740-751

Weinschenk S (2020) Handbuch Neuraltherapie 2. Auflage. Stuttgart, Thieme Verlag
Zwierz A, Masna K, Domagalski K, Burduk P (2023) 150th Anniversary of global adenoid
investigations: unanswered questions and unsolved problems. Front Pediatr
14;11:1179218. doi: 10.3389/fped.2023.1179218

8 Anhang

Abkürzungsverzeichnis

ABL	Strecke Proc. alveolaris Regio 11, 21 – Basion
CT	Computertomographie
DVT	Digitale Volumentomographie
GBL	untere Gesichtslänge: Gnathion – Basion
Int.	International
Mm.	Musculi
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
NBL	Schädelbasislänge: Nasion – Basion
PAS	Posterior Airway Space
Proc.	Processus
TFH	Gesichtshöhe: Nasion – Gnathion (Total face Hight)
u.a.	Unter anderem

Tab. I: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der geraden Kanüle (Kanüle B) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
1	♂	24	55,3	13,6	7,3	15,8	16,0	22,4
2	♂	44	44,2	16,9		13,6	15,3	17,6
3	♀	47	43,6	18,5	7,1	16,6	17,5	18,9
4	♀	44	42,0	17,0	10,7	13,2	13,8	18,2
5	♀	21	47,1	19,3	6,4	11,5	13,3	26,9
6	♀	18	42,2	20,4	11,5	15,1	18,6	15,3
7	♂	65	47,8	15,8	4,5	15,5	16,6	14,9
8	♀	22	43,4	12,7	10,0	14,5	14,7	20,0
9	♂	70	46,7	18,7	12,8	22,5	24,7	11,3
10	♀	21	40,7	13,6	12,4	17,1	18,7	13,5
11	♂	21	36,4	14,4	10,5	13,6	14,6	25,1
12	♂	33	43,6	18,2	13,3	32,6	19,5	20,7
13	♀	40	37,6	15,1	9,3	14,0	15,1	13,1
14	♂	38	46,9	14,2	12,2	21,3	22,2	16,4
15	♀	21	44,8	19,7	5,7	13,3	14,5	17,0
16	♀	30	33,9	21,9	7,8	14,0	14,7	14,5
17	♀	67	28,3	17,4	5,0	8,0	9,0	18,0
18	♀	23	42,6	15,5	8,0	12,9	14,0	15,6
19	♂	54	48,0	22,0	4,7	22,0	23,8	15,8
20	♀	51	40,2	15,6	6,7	13,3	13,8	18,5

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Tab. II: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der geraden Kanüle (Kanüle B) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
21	♂	53	41,8	17,5	6,2	12,5	14,0	15,5
22	♂	27	46,4	14,0	10,9	20,0	20,4	15,1
23	♂	45	45,5	23,7	11,8	22,2	26,7	12,7
24	♀	40	41,7	17,7	11,5	17,7	20,5	10,5
25	♀	36	42,8	6,7	8,5	13,7	15,2	20,0
26	♀	30	39,3	20,5	13,5	23,5	26,3	12,7
27	♀	26	41,8	12,5	10,3	15,5	16,3	15,6
28	♀	79	37,5	13,6	4,4	14,6	16,5	10,9
29	♂	28	43,3	15,8	14,2	19,3	23,7	4,7
30	♀	64	40,4	17,4	5,6	14,1	16,5	13,2
31	♀	18	37,2	12,0	16,7	7,3	21,2	7,3
32	♂	66	45,3	15,7	4,5	17,0	18,3	14,0
33	♂	59	43,8	15,5	4,6	16,0	17,6	19,0
34	♀	58	40,2	14,2	9,2	17,7	19,0	8,6
35	♂	24	36,7	18,0	9,3	9,8	10,0	20,0
36	♂	43	43,6	18,0	4,6	7,4	7,6	22,4
37	♂	52	40,0	10,6	12,0	19,3	22,3	10,8
38	♂	54	44,9	14,9	4,4	16,2	17,6	15,3
39	♂	34	43,3	14,0	7,8	14,0	14,5	17,8
40	♂	41	44,4	17,5	8,2	19,1	19,3	20,0

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Tab. III: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der geraden Kanüle (Kanüle B) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
41	♂	56	43,5	17,1	5,6	15,8	16,9	14,7
42	♀	73	39,8	19,2	7,8	12,0	14,6	14,3
43	♀	43	44,9	14,3	5,7	17,6	18,0	16,2
44	♂	49	49,3	18,5	9,3	19,7	20,7	16,8
45	♂	35	52,3	19,7	16,2	16,0	17,0	23,8
46	♀	60	38,6	16,9	9,5	14,6	16,5	11,5
47	♀	26	40,6	18,9	12,2	16,7	19,6	10,5
48	♂	23	38,2	16,5		7,8	8,2	19,5
49	♀	27	51,8	17,3	4,5	3,6	5,5	28,5
50	♂	57	41,8	16,0	8,9	16,2	18,0	13,3
51	♂	70	43,5	21,0	12,3	17,8	19,0	19,0
52	♀	65	36,7	15,6	11,1	13,3	18,0	3,6
53			39,8	14,7	8,7	13,1	14,0	18,5

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Tab. IV: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
1	♂	24	55,3	13,6	2,6	-0,9	0,9	37,6
2	♂	44	44,2	16,9		3,1	3,5	28,9
3	♀	47	43,6	18,5	4,4	6,5	6,9	30,2
4	♀	44	42,0	17,0	6,3	4,5	4,5	27,8
5	♀	21	47,1	19,3				
6	♀	18	42,2	20,4				
7	♂	65	47,8	15,8				
8	♀	22	43,4	12,7	6,2	6,5	7,1	28,2
9	♂	70	46,7	18,7	5,3	12,3	12,7	24,0
10	♀	21	40,7	13,6	10,4	9,8	9,8	23,5
11	♂	21	36,4	14,4	2,6	-0,9	1,5	40,6
12	♂	33	43,6	18,2	8,2	8,5	8,9	31,3
13	♀	40	37,6	15,1				
14	♂	38	46,9	14,2	7,8	10,4	10,5	26,2
15	♀	21	44,8	19,7	3,3	3,2	3,5	28,2
16	♀	30	33,9	21,9	6,2	7,3	7,5	22,2
17	♀	67	28,3	17,4	2,1	-2,0	2,0	26,6
18	♀	23	42,6	15,5	5,3	4,5	4,5	25,3
19	♂	54	48,0	22,0	4,5	12,0	11,8	28,5
20	♀	51	40,2	15,6	4,5	4,4	4,5	28,0

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Tab. V: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
21	♂	53	41,8	17,5	6,0	3,7	4,7	26,0
22	♂	27	46,4	14,0	7,5	10,0	10,0	26,0
23	♂	45	45,5	23,7				
24	♀	40	41,7	17,7				
25	♀	36	42,8	6,7				
26	♀	30	39,3	20,5	6,5	9,0	10,8	29,2
27	♀	26	41,8	12,5				
28	♀	79	37,5	13,6	4,0	7,6	8,2	20,2
29	♂	28	43,3	15,8	5,3	11,3	12,0	18,2
30	♀	64	40,4	17,4	3,1	6,3	6,4	23,9
31	♀	18	37,2	12,0				
32	♂	66	45,3	15,7	5,3	7,7	7,7	25,5
33	♂	59	43,8	15,5	3,1	6,0	6,1	24,3
34	♀	58	40,2	14,2	3,7	7,4	7,4	20,3
35	♂	24	36,7	18,0	7,3	2,8	2,8	26,8
36	♂	43	43,6	18,0	4,2	-3,0	3,7	31,2
37	♂	52	40,0	10,6	5,4	11,5	11,9	22,9
38	♂	54	44,9	14,9	4,5	7,1	7,5	25,5
39	♂	34	43,3	14,0	4,4	5,3	5,6	26,6
40	♂	41	44,4	17,5	6,7	9,3	9,5	30,0

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Tab. VI: Messergebnisse der Epipharynxmaße und den ermittelten Messstrecken zur metrischen Untersuchung des Kontaktpunktes der abgewinkelten Kanüle (Kanüle A) im Epipharynx.

ID-Nr	Geschlecht	Alter	Strecke EL	Strecke EH	Strecke k	Strecke b	Strecke c	Strecke d
41	♂	56	43,5	17,1	4,5	5,6	5,6	26,6
42	♀	73	39,8	19,2	3,5	2,3	2,7	26,2
43	♀	43	44,9	14,3	4,6	8,9	8,8	26,4
44	♂	49	49,3	18,5	8,8	9,7	10,2	29,5
45	♂	35	52,3	19,7	5,2	4,2	5,0	35,5
46	♀	60	38,6	16,9	4,2	5,6	6,2	23,1
47	♀	26	40,6	18,9	6,7	6,7	7,3	23,1
48	♂	23	38,2	16,5		1,5	1,6	26,6
49	♀	27	51,8	17,3				
50	♂	57	41,8	16,0	4,7	8,2	8,4	24,0
51	♂	70	43,5	21,0	5,5	7,5	7,9	29,5
52	♀	65	36,7	15,6	2,9	5,5	7,3	14,9
53			39,8	14,7	6,7	5,1	5,3	25,8

Geschlecht – ♂/♀, Alter in Jahren, EL – Epipharynxlänge, EH – Epipharynxhöhe, k – Schleimhautdicke an Einstichstelle, b – Lot von Kontaktpunkt der Kanüle auf EH, c – Strecke höchster Punkt Epipharynx – Kontaktpunkt Kanüle, d – Strecke Basion – Kontaktpunkt Kanüle. Alle Messstrecken in mm.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät und keiner anderen wissenschaftlichen Einrichtung vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits vorliegenden Doktorgrades nicht vorliegt.

Datum

Sebastian Leisenberg

Danksagung

Ganz besonders möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Thomas Koppe, Oberassistent am Institut für Anatomie und Zellbiologie der Universitätsmedizin Greifswald, danken. Der Erfolg der Promotion war erst durch die wertvollen Ratschläge, das schnelle Feedback und die Hilfe beim Finden von guten Lösungsansätzen möglich. Ich möchte mich auch für die Vergabe des interessanten Promotionsthemas und das damit einhergehende Vertrauen in meine Person bedanken.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Karlhans Endlich, Direktor des Instituts für Anatomie und Zellbiologie der Universitätsmedizin Greifswald, für die Ermöglichung dieser Arbeit am Institut.

Herrn Steffen Dickel danke ich für die Bereitstellung von Messergebnissen des Gesichtsschädels, die mit Hilfe der gleichen DVT-Datensätze erhoben wurden. Durch den Vergleich dieser Messergebnisse und der Messergebnisse der hier vorliegenden Studie konnten wertvolle Zusatzinformationen gewonnen werden.

Ich danke meinem Arbeitgeber Herrn Dr. Philipp Thiesbrummel für die Bereitstellung eines eigenen Büros und der nötigen Infrastruktur, um die Dissertation anzufertigen.

Besonderer Dank gilt meinen Freunden Fabia Domke und Falk Köhler. Durch ihre Expertise war es mir möglich, meine Ergebnisse statistisch auszuwerten und richtig zu interpretieren.

Diese Arbeit widme ich meinen Eltern Anne Leisenberg und Manfred Leisenberg Professor für Wirtschaftsinformatik sowie meiner Großmutter Ruth Hennig. Vielen Dank für die Unterstützung und die Motivation während meines Studiums und der Promotionszeit.