

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Poliklinik für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde

Direktor: Prof. Dr. med. Markus M. Hess

Anwendung der digitalen Volumen-Tomographie (DVT) zur Planung einer Thyreoplastik-Operation

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Andreas Mousli

Hamburg 2015

Angenommen von der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 16.02.2015

Veröffentlicht mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: Prof. Dr. M. Hess

Prüfungsausschuss, zweiter Gutachter: Prof. Dr. T. Grundmann

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Einleitung | 5 |
| 1.1 | Grundlagen..... | 5 |
| 1.1.1 | Anatomie des Kehlkopfes..... | 5 |
| 1.1.2 | Anatomie die Stimmlippen..... | 8 |
| 1.1.3 | Krankheitsbild | 10 |
| 1.1.3.1 | Physiologische Glottisinsuffizienz..... | 10 |
| 1.1.3.2 | Traumen | 11 |
| 1.1.3.3 | Tumoren | 12 |
| 1.1.3.4 | Ätiologie der Lähmung des N. laryngeus inferior (N. recurrens) | 12 |
| 1.2 | Therapie und Operationstechnik..... | 13 |
| 1.2.1 | Stimmlippeninjektion (Injektionslaryngoplastiken)..... | 14 |
| 1.2.2 | Larynxskelettchirurgie (Laryngeal Framework Surgery)..... | 16 |
| 1.2.2.1 | Thyreoplastik..... | 17 |
| 1.2.2.2 | Montgomery Implantat-System und dessen Operationstechnik..... | 18 |
| 1.3 | Bildgebende Verfahren im Kopf-Halsbereich (CT-Aufnahmen und deren Entwicklung zur DVT)..... | 20 |
| 1.3.1 | Computertomographie (CT) | 21 |
| 1.3.2 | Die digitale Volumentomographie (DVT) bzw. die Cone Beam Computed Tomography (CBCT) | 21 |
| 1.3.3 | Die DVT im Vergleich zur CT | 22 |
| 2 | Hypothese und Fragestellung | 23 |
| 3 | Material und Methode | 24 |
| 3.1 | Patientenauswahl | 24 |
| 3.2 | Funktionsweise und Einstellung des DVT-Programmes vor der Messung | 24 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3.3 | Planung des idealen Keiles (Medialisierungsimplantat) im DVT | 30 |
| 3.4 | Zeichnung des Montgomery-Keils auf Millimeterpapier und Bildauswertung.... | 31 |
| 4 | Ergebnisse | 33 |
| 4.1 | Darstellung des Kehlkopfs und der Stimmlippen im DVT..... | 33 |
| 4.2 | Befunde und systematische Auswertung | 35 |
| 5 | Diskussion | 46 |
| 5.1 | Diskussion der Methodik | 46 |
| 5.2 | Diskussion der Ergebnisse | 48 |
| 5.3 | Diskussion vergleichbarer Arbeiten..... | 53 |
| 6 | Zusammenfassung..... | 56 |
| 7 | Literaturverzeichnis..... | 58 |
| 8 | Abbildungs- und Tabellenverzeichnis..... | 62 |
| 9 | Anhang | 64 |
| 9.1 | Abkürzungen..... | 64 |
| 9.2 | Tabellen | 65 |
| 10 | Danksagung..... | 66 |
| 11 | Tabellarischer Lebenslauf | 67 |
| 12 | Eidesstattliche Erklärung | 68 |

1 Einleitung

1.1 Grundlagen

Für das Verständnis der Phonation ist die Kenntnis der Anatomie des Kehlkopfes und der Physiologie des Stimmapparates von entscheidender Bedeutung.

1.1.1 Anatomie des Kehlkopfes

Der Kehlkopf (Lat. Larynx) liegt vor der Halswirbelsäule im vorderen Halsbereich und bildet den Übergang vom Rachen zur Luftröhre. Von der Wirbelsäule ist der Kehlkopf durch eine dünne Muskelhaut (prävertebrale Faszie), den Schlund (Hypopharynx) und den Speiseröhreneingang (Ösophagussphinkter) getrennt.

Der Kehlkopf besitzt zwei lebenswichtige Funktionen: Er verhindert das Eindringen von Speiseresten in die Luftröhre (Trachea) und ermöglicht, dass der Mensch Laute bilden kann, indem die Stimmlippen reguliert werden.

Der Kehlkopf wird in drei Ebenen unterteilt: 1-Supraglottis: Kehlkopfeingang einschließlich der Taschenfalten bis zum Sinus Morgagni. 2- Glottis: Stimmlippenoberfläche bis 1 cm nach unten (caudal). 3- Subglottis: 1 cm unterhalb der Stimmlippen bis zur Unterkante des Cricoids (Glunz et al., 2011).

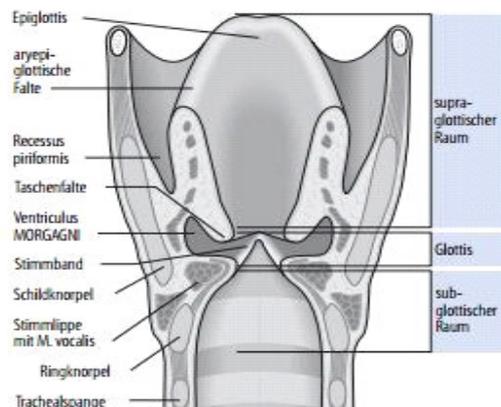


Abbildung 1-1 Larynxinneres von dorsal (Quelle: Boenninghaus 2012)

Der Kehlkopf wird durch den Nervus vagus (X. Hirnnerv) innerviert. Dieser unterteilt sich in den Nervus laryngeus superior (oberer Kehlkopfnerv) und den Nervus laryngeus inferior (Nervus recurrens, auch unterer Kehlkopfnerv genannt). Der Nervus laryngeus superior versorgt mit einem äußeren Ast den Musculus cricothyroideus motorisch und mit einem inneren sensiblen Ast die Kehlkopfschleimhaut bis zu den Stimmlippen. Der Nervus laryngeus inferior versorgt die innere Kehlkopfmuskulatur motorisch sowie die Schleimhaut der subglottischen Region sensibel.

Die supraglottische Blutzufuhr erfolgt durch die Arteria laryngea superior (obere Kehlkopfarterie). Die subglottische Blutversorgung wird durch die Arteria laryngea inferior (untere Kehlkopfarterie) gewährleistet.

Die Arteria laryngea superior erreicht ihr Ziel durch eine Perforation in der Membrana thyrohyoidea, an der der Kehlkopf am Zungenbein aufgehängt ist und ist ein Ast der Arteria thyroidea superior. Die Arteria laryngea inferior versorgt aufsteigend die Luftröhre und den unteren Teil des Kehlkopfes. Sie stammt aus dem Truncus thyrocervicalis der Schlüsselbeinarterie (Arteria subclavia). Der venöse Abfluss erfolgt über die Vena jugularis interna und über die Vena thyroidea inferior.

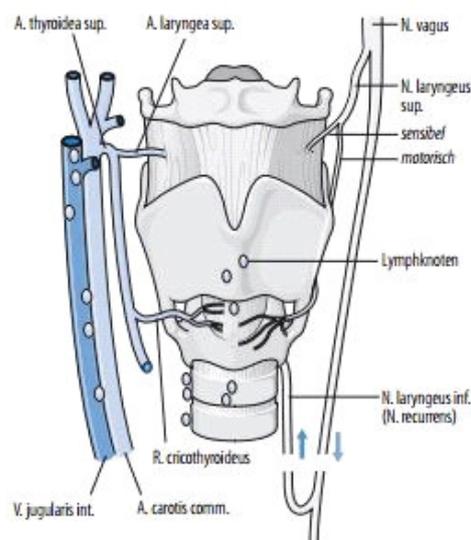


Abbildung 1-2 Innervation und Blutversorgung des Larynx (Quelle: Boeninghaus 2012)

Der Kehlkopf liegt in der Höhe des 3. und 5. Halswirbels und besteht zum einen aus den hyalinen Schild-, Ring- und Stellknorpeln (Thyreoid, Cricoid, Arytaenoid) und zum anderen aus dem fibroelastischen Knorpel des Kehldeckels (Epiglottis) sowie den akzessorischen Santorini- und Wrisbergknorpeln.

Die Kehlkopfmuskulatur setzt sich zusammen aus den inneren Muskeln und einem äußeren. Sie öffnen, schließen und spannen die Stimmlippen, wodurch der Grundklang der Stimme geformt wird. Bei sehr hohen Tönen werden die Stimmlippen mehr als 1000-mal pro Sekunde geöffnet und geschlossen (z. B. bei einer Opernsängerin).

Die Glottisöffnung erfolgt durch den Musculus cricoarytaenoideus posterior und den Musculus posticus, der Glottisschluss durch den Musculus cricoarytaenoideus lateralis, den Musculus interarytaenoideus (Musculus transversus) und den Musculus thyroarytaenoideus (Pars lateralis).

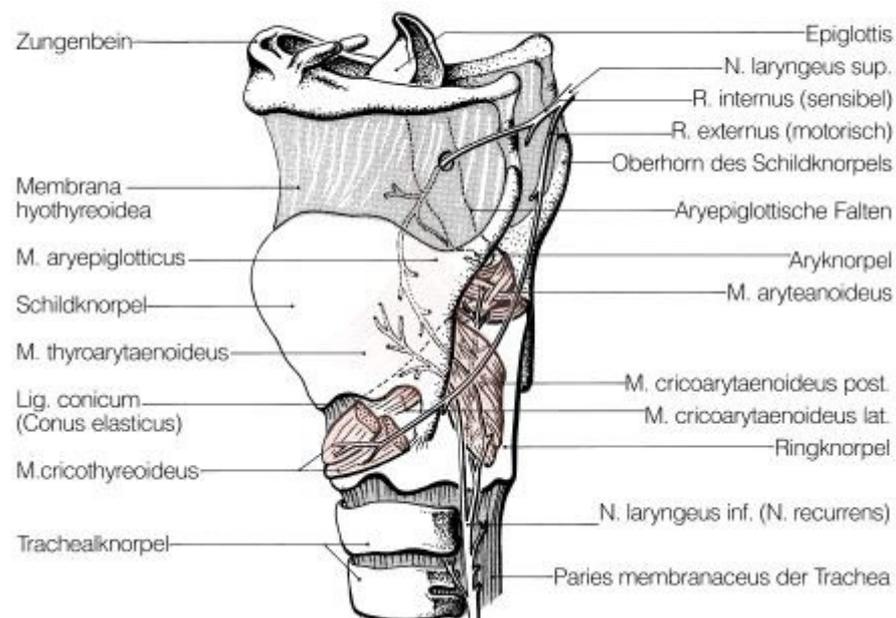


Abbildung 1-3 Knorpel und Muskeln des Larynx (Quelle: Berghaus 1996)

1.1.2 Anatomie die Stimmlippen

Die Stimmlippen sind die wichtigste Struktur für die Phonation. Sie bestehen aus dem Stimmband (Ligamentum vocale) und dem Stimmlippenmuskel (Musculus vocalis). Zwischen den Stimmlippen befindet sich ein Spalt der Stimmritze (Rima glottidis). Die hinteren Enden der Stimmlippen sind mit den beiden Stellknorpeln verbunden, welche die Stellung der Stimmlippen zueinander regulieren. Beim Atmen sind die Stimmlippen weit geöffnet, wodurch die Stimmritze eine charakteristische dreieckige Form erhält. Für die Bildung von Sprachlauten sowie für Lautstärke und Tonhöhe der menschlichen Stimme sind zwei Muskeln (Musculus vocalis und Musculus cricothyroideus) verantwortlich. Diese zwei Muskeln verändern die Spannung und Länge der Stimmlippen so, dass ein sensibler Regelkreis entsteht. An dem Regelkreis nehmen noch viele weitere Muskeln teil, die beim Sprechen eine Rolle spielen.

Oberhalb der Stimmlippen befinden sich auf jeder Seite kleine Einbuchtungen (Morgagnische Taschen), in denen sich Drüsen befinden, die die Stimmlippen feucht halten. Darüber verläuft je eine Falte, die zusammen Taschenbänder oder falsche Stimmlippen genannt werden.

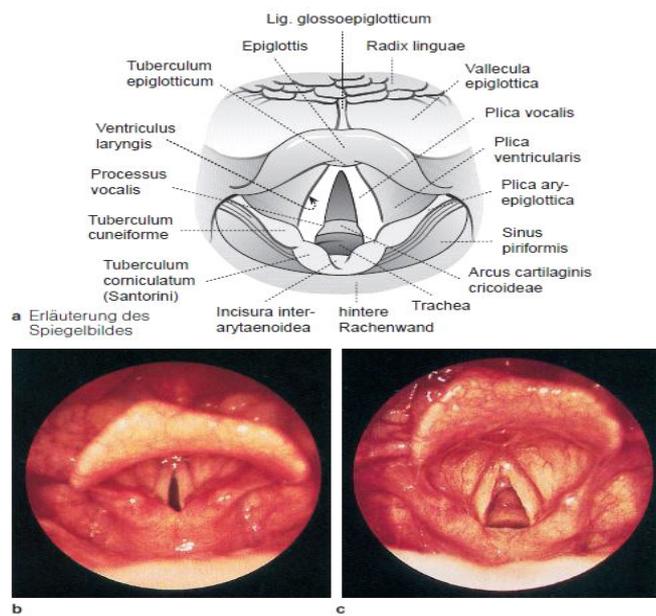


Abbildung 1-4 Anatomie der Stimmlippen (Quelle: Berghaus 1996)

Die Oberfläche der Stimmlippen ist mit Schleimhaut (mehrschichtiges unverhorntes Plattenepithel/Mukosa) bedeckt. Die oberste Schicht ist die Lamina propria, die in drei Schichten aufgeteilt wird (Hirano et al., 1986):

- 1- Obere Schicht: besteht aus Gefäßen und nervenreichem Gewebe.
- 2- Mittlere Schicht: besteht aus elastischem Material.
- 3- Untere Schicht: besteht überwiegend aus kollagenen Fibrillen und elastischen Fasern.

Die Mukosa besteht aus Epithel und subglottischem Gewebe. In der Literatur (Friedrich et al., 1993) wird der stimmbildende Teil des Kehlkopfes als Glottis (Stimmritze) bezeichnet. Diese wird eingeteilt in die anteriore Glottis (den anterioren membranösen Anteil (aG) und die posteriore Glottis (den interkartilaginären Anteil (pG)), wobei beide Anteile durch die Spitze des Processus vocalis getrennt werden. Der Processus vocalis bildet die Grundlage des kartilaginären Anteils (kSL).

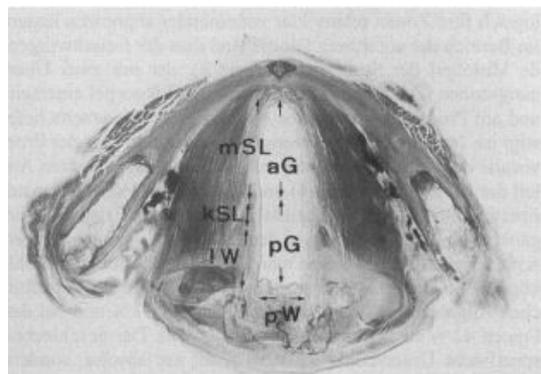


Abbildung 1-5 Abschnitte der Glottis (Quelle: Friedrich 1993)

Phonation ist ein laryngaler Mechanismus, bei der mithilfe eines Luftstroms aus dem Atmungssystem (auch Phonationsstrom genannt) eine akustisch wahrnehmbare Energiequelle gebildet wird. Die phonetische Betrachtung der Artikulation ist in der ersten Linie funktional. Sie fängt zentral neuronal (Intention) an, danach folgen neuromuskuläre Prozesse, die immer zu einem funktionalen (phonetischen) Resultat führen.

- Initiation ist die Muskelaktivität, dazu kommt ein konstanter subglottaler Druck und Luftströmung.
- Phonation ist die Justierung der Stimmlippen zur effektiven Schallgenerierung.
- Artikulation erfolgt durch die Artikulatorbewegungen, eine definierte geometrische Formung des Vokaltraktes /Ansatzrohres für jeden Laut.

Um die Phonation zu ermöglichen, müssen die Stimmlippen die Stimmritze schließen oder so weit einengen (die Stimmlippenspannung wird durch den Musculus cricothyreoideus [äußerer Kehlkopfmuskel] und den Musculus vocalis erzeugt), dass der Luftdruck unterhalb der Glottis (subglottal) steigt. In der enger werdenden Düse, zwischen den Stimmlippen und etwas darunter, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit (die Lautstärke) der ausströmenden Luft zu, wodurch ein relativer Unterdruck (Bernoulli-Effekt) entsteht. Die ausströmende Luft versetzt die Stimmfalten in hörbare Schwingungen. Je nachdem, welche Länge, Dicke und Spannung die Stimmfalten haben, entstehen verschiedene Schwingungsfrequenzen (die Tonhöhe) (Sundberg, 1997).

1.1.3 Krankheitsbild

Männer (65 %) sind fast doppelt so häufig von Stimmlippenatrophien wie Frauen (35 %) betroffen. Nawka und Hosemann führten epidemiologische Schätzungen von Stimmlippenlähmungen durch: Sie gaben an, dass 40 % aller Stimmlippenatrophien durch Tumoren des Ösophagus ausgelöst werden, 30 % sind idiopathisch bedingt, 10 % sind Folgen von Strumektomien (wegen der anatomischen Lage des Nervus laryngeus inferior) oder thorakomediastinaler Chirurgie und 10 % von Traumen; zentrale neurologische Erkrankungen (wie Apoplexie) verursachen auch 10 % der Stimmlippenlähmungen (Nawka & Hosemann, 2005).

1.1.3.1 Physiologische Glottisinsuffizienz

Diese steht für unvollständige Glottisschlüsse, die ohne subjektive Stimmprobleme am Patienten vorkommen. Dazu werden sowohl das posteriore Dreieck bei Kindern als auch der leicht durchgehende Glottisspalt bei jungen Frauen gezählt.

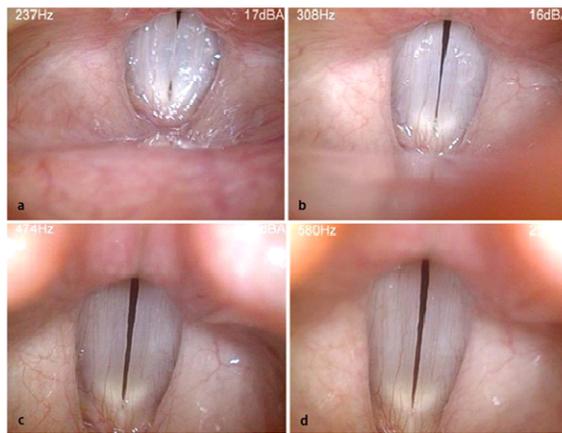


Abbildung 1-6 Physiologische Glottisinsuffizienz (Quelle: Arens 2013)

1.1.3.2 Traumen

Sie entstehen durch äußere Gewalteinwirkung auf den Hals bzw. Kehlkopf. Sie werden in stumpfe und scharfe Traumen eingeteilt. Gelegentlich kommt es auch durch ein Endoskopie- oder Intubationstrauma zu einer Luxation der Stellknorpel, die wiederum von Ödemen und/oder Entzündungen begleitet sein kann. Ein operativer Eingriff wie die Medialisierungsthyreoplastik kann unter Umständen indiziert sein.

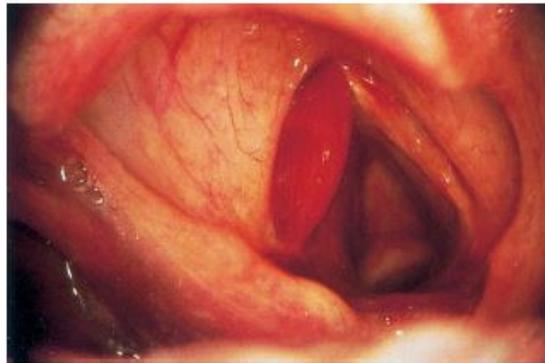


Abbildung 1-7 Stimmlippenhämatom (Quelle: Berghaus 1996)



Abbildung 1-8 Reinke-Ödem (Quelle: Arens 2013)

1.1.3.3 Tumoren

Einige Tumoren sowie Pseudotumoren können die Stimmlippen wegen ihrer Größe oder Form daran hindern, einen Stimmlippenschluss zu erzeugen oder regelrecht zu schwingen, oder zu einer Stimmlippenlähmung führen (Hansen & Thibeault, 2006). Nach Tumorresektionen an den Stimmlippen kann es aufgrund mehrerer iatrogenen Ursachen, insbesondere Narbenbildung, zur Glottisinsuffizienz kommen.



Abbildung 1-9 Glottisinsuffizienz bei Polyp (Quelle: Arens 2013)

1.1.3.4 Ätiologie der Lähmung des N. laryngeus inferior (N. recurrens)

Die unilaterale Lähmung des Nervus laryngeus inferior führt zu einem unvollständigen Glottisschluss und damit zu einer Stimmbeeinträchtigung. Im Gegensatz dazu führt eine bilaterale Lähmung zu einer Glottisstenose, welche sich durch einen inspiratorischen

Stridor auszeichnet (Sittel et al., 2001). In diesem Fall muss die Beweglichkeit der Stimmlippen verifiziert werden und die Abduzierbarkeit der Stimmlippen von der Mitte mittels eines starren 90°-Winkeloptik-Endoskops festgestellt werden. Beim partiellen oder kompletten Ausfall der Kehlkopfmuskeln kommt es zu einer Stellung in Median-Intermediär- oder Paramedianposition.

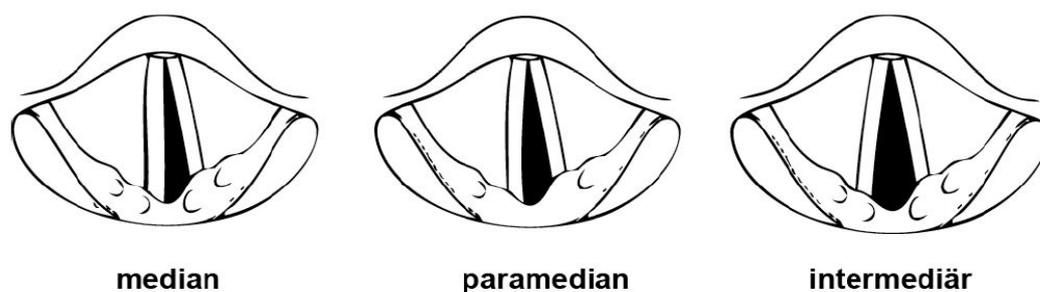


Abbildung 1-10 Stimmlippenpositionen bei einseitiger Lähmung (Quelle: Sittel 2001)

1.2 Therapie und Operationstechnik

Das Ziel einer phoniatisch-logopädischen Therapie bei Glottisinsuffizienz ist die Optimierung des Glottisschlusses. Dadurch soll die Stimmqualität und stimmliche Leistungsfähigkeit verbessert werden, unter besonderer Berücksichtigung synchronisierter Schwingungsfrequenzen und -phasen der Stimmlippen.

Friedrich erklärt in seiner Analogie (Ausführungen zur endolaryngealen Phonochirurgie), dass die konservative Stimmtherapie ein wichtiger Baustein des gesamten Behandlungskonzepts von Glottisinsuffizienzen ist (Friedrich, 2010). Die Entscheidungen für die chirurgische Therapie fußt auf einer interdisziplinären Untersuchung. Eine konservative Stimmtherapie kann bei nur geringen Glottisschlussinsuffizienzen schon ausreichend sein und zum Teil befriedigende Ergebnisse erzielen. Das Ziel der Stimmübungen bei einer Stimmlippenlähmung liegt in der gezielten Anregung der Nerven, um den Stimmlippenschluss zu verbessern, die Kommunikationsfähigkeit durch unterschiedliche Phonations- und Artikulationseinstellungen zu unterstützen. Kompensatorischen Dysfunktionen und Atrophien kann dadurch vorgebeugt werden.

Die Entscheidung, welche Art der Phonochirurgie angewendet wird, hängt von der Pathogenese, der Größe und Form der Glottisinsuffizienzen sowie vom Anspruch des Patienten an die Stimmfunktion ab. Neben der operativen Behandlung der Glottisinsuffizienz wird natürlich eine Stimmübungsbehandlung empfohlen, bei der das Sandwich-Verfahren optimal ist.

Die Phonochirurgie kann in vier Gruppen aufgeteilt werden (Friedrich et al., 2007):

- Stimmbandchirurgie (Vocal Fold Surgery)
- Eingriffe am Kehlkopfskelett (Laryngeal Framework Surgery)
- Neuromuskuläre Chirurgie (Neuromuscular Surgery)
- Rekonstruktive Chirurgie (Reconstructive Surgery)

1.2.1 Stimmlippeninjektion (Injektionslaryngoplastiken)

Diese Technik wird häufig verwendet, weil sie einfacher als die Implantationen und die offene Chirurgie ist. Sie bietet eine funktionale Stimmverbesserung für die Patienten und kann in manchen Fällen eine Ergänzung der offenen Chirurgie sein.

Der Volumenaufbau (Augmentation) der insuffizienten Stimmlippe wird mit bioverträglichem Material am wachen Patienten transoral oder transzervikal durchgeführt, was eine zeitnahe endoskopische und funktionelle Kontrolle erlaubt (Sulica et al., 2010).

Die Wahl des Injektionsmaterials wird durch dessen Resorptionsverhalten, die Viskoelastizität, die patientenbezogene Verträglichkeit sowie die Applizierbarkeit bestimmt (Kimura et al., 2010).



Abbildung 1-11 Injektionsaugmentation der Stimmlippen (Quelle: Arens 2013)

Die Stimmlippeninjektion ist ein nützliches Verfahren zur Behandlung von Glottisinsuffizienzen. Hierbei kann man körpereigenes Material wie Fettgewebe oder Kollagen verwenden, was allerdings den Nachteil hat, dass dieses in einer relativ kurzen Zeit vom Körper wieder abgebaut wird oder eine Allergie entsteht (Mallur & Rosen, 2010).

Ein weiteres resorbierbares Material wäre ein Radiesse Voice Gel. Es besteht aus Natriumcarboxymethylzellulose, Glycerin und Wasser oder Gelfoam aus gereinigter Rindergelatine. Es wird als Pulver geliefert und mit Kochsalzlösung in einer viskosen Paste zur Injektion vorbereitet und verursacht nur eine minimale Gewebereaktion (Kwon et al., 2005).

Die Injektion mit Teflon wurde zuerst in den 1960er-Jahren eingeführt und war eine gute Form der Augmentation in den Achtzigern. Die Ergebnisse im Hinblick auf die Stimme waren gut. Allerdings wurden dabei unerwünschte, durch die Injektionen hervorgerufene immunologische Fremdkörper-Entzündungsreaktionen und Granulome beobachtet (Yeretsian et al., 2003).

1.2.2 Larynxskelettchirurgie (Laryngeal Framework Surgery)

Darunter versteht man die Änderung der Position bzw. die Spannung der Stimmbänder durch äußere Eingriffe am Kehlkopfskelett mit dem Ziel, die Stimmfähigkeiten zu verbessern.

Die Nomenklatur der Laryngeal Framework Surgery (Friedrich & Bigenzahn, 2001) :

-Glottisverengende Laryngoplastiken:

Medialisations-Thyroplastik (Thyroplastik Typ I), Aryknorpel-Adduktion

-Glottiserweiternde Laryngoplastiken:

Lateralisations-Thyroplastik, Lateraler Zugang (Thyroplastik Typ IIa) , Medialer Zugang (Thyroplastik Typ IIb), Stimmband-Abduktion

-Spannungsvermindernde Laryngoplastiken:

Reduktions-Thyroplastik, Lateraler Zugang (Thyroplastik Typ III), Medialer Zugang

-Spannungserhöhende Laryngoplastiken:

Krikothyroid Approximation (Thyroplastik Typ IVa), Elongations-Thyroplastik, Lateraler Zugang (Thyreoplastik Typ IVb), Medialer Zugang (Le Jeune, Tucker)

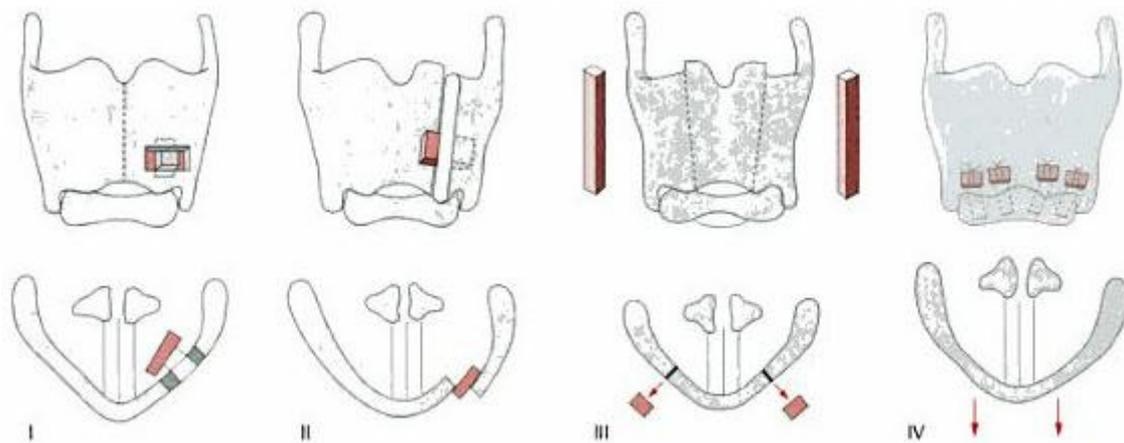


Abbildung 1-12 Thyreoplastiken nach Isshiki Typ I, II, III, IV (Quelle: Wendler 2005)

1.2.2.1 Thyreoplastik

Die Medialisierungsthyreoplastik ist ein chirurgisches Verfahren zur Verbesserung der Stimmqualität mit einer hohen Erfolgsrate, wobei das gelähmte Stimmband nahe der Mittellinie in Adduktion immobilisiert wird. In der Literatur findet man verschiedene Modifikationen dieser Operationen, allerdings wird in der vorgelegten Arbeit nur die Medialisierungsthyreoplastik (Thyreoplastik Typ1 bzw. nach Montgomery) in Betracht gezogen.

Die Medialisierungsthyreoplastik in Lokalanästhesie hat wesentliche Vorteile, weil sie von den meisten Patienten besser toleriert wird und sowohl bei Patienten mit atrophierten als auch normal mobilen Stimmlippen angewandt werden kann (Koufman & Winston-Salem, 1986). Der Operateur kann den Grad der Medialisierung während des Eingriffs bei ständiger Kontrolle der Phonation festlegen. Eine Vollnarkose ist in diesem Fall nicht indiziert.

Bei der Operation wird in örtlicher Betäubung ein etwa 1 x 0,5 cm großes Fenster im Kehlkopfknorpel angelegt. In Höhe der gelähmten Stimmlippe wird ein knorpeliger Streifen (Fensterdesign) exzidiert, wobei die Übersicht über den Schildknorpel, die Größe und die Position des Fensters festgelegt werden müssen. Dadurch kann die gelähmte Stimmlippe in die gewünschte Stellung gebracht werden und im Idealfall ein vollständiger Stimmlippenschluss herbeigeführt werden. Zur Stabilisierung der gelähmten Stimmlippe wird ein weicher Silikonkeil oder ein vorgefertigtes Implantat, z. B. aus Titan, passend eingesetzt (Isshiki et al., 1975).

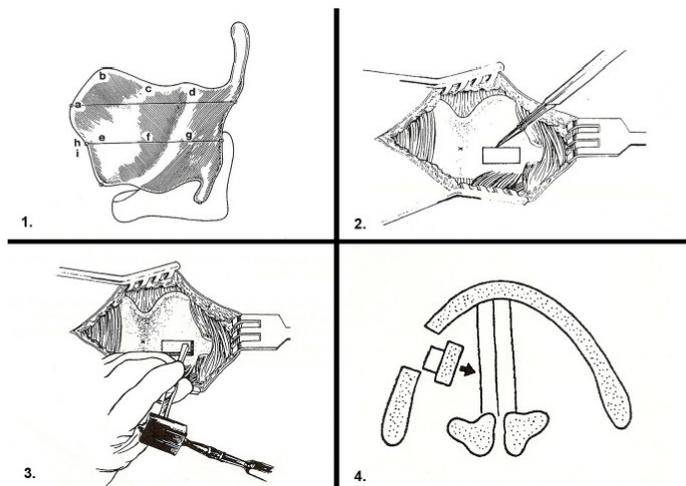


Abbildung 1-13 Thyreoplastik Operationsverlauf nach Isshiki (Quelle: Isshiki 1997)

1.2.2.2 Montgomery Implantat-System und dessen Operationstechnik

Dieses Implantat-System besteht aus standardisierten Silikonimplantaten und einem Instrumentenset. Es gibt fünf Größen für Männer (8 bis 12 mm) und fünf für Frauen (6 bis 10 mm). Jedes Implantat besteht aus einer festen dreistufigen Basis, die das Implantat in den Knorpel sperrt, und einer weichen dreieckigen Spitze, die der Medialisierung der gelähmten Stimmlippe dient (Montgomery & Montgomery, 1997).

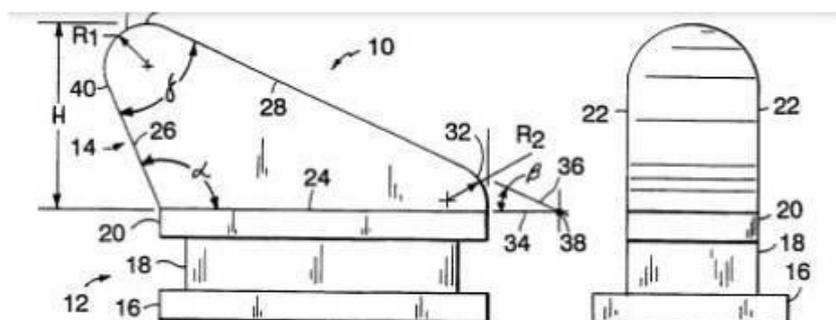


Abbildung 1-14 Thyreoplastik Implantat (Quelle: Montgomery et al. 1994)



Abbildung 1-15 Montgomery Implantat-System (Quelle: Boston Katalog)

Nach steriler Abdeckung des Halses und lokalanästhetischer Infiltration des präalaryngealen Gewebes erfolgt eine horizontale Hautinzision, etwas contralateral von der Medianlinie beginnend und lang paralaryngeal in Höhe des unteren Schildknorpelrandes, und danach die Präparation bzw. Darstellung der vorderen Halsmuskeln. Sodann werden die Orientierungspunkte aufgesucht: Prominentia laryngis, Vorder-Oberkante, Unterrand des Schildknorpels sowie Markierung der Stimmlippenhöhe. Die weiteren Schritte: Einzeichnung eines Fensters mittels Instrumentenset und Begradigung des inneren Fensterrandes, Lösen und Mobilisierung des inneren Perichondriums endolaryngeal um das Fenster herum, Sicherstellung der korrekten Fensterposition, Einsetzen eines passenden Silikonkeiles (Montgomery) und intraoperative Überprüfung der Stimmfunktion (Isshiki et al., 1975).

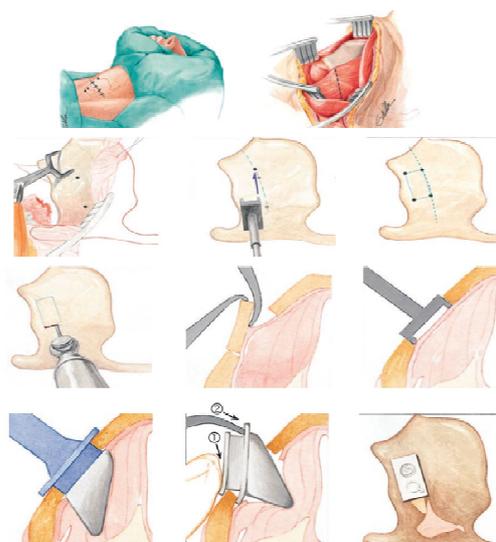


Abbildung 1-16 Montgomery-Methode (Quelle: Boston Katalog)

Als Ursache für eine erfolglose Thyreoplastik zählt unter anderem die unzureichende Medialisierung des hinteren Teils der Stimmlippen, was zu einer glottischen Lücke während der Phonation führt. Die unzureichende Medialisierung ist in der Regel auf die unangemessene Form und Größe des Implantats zurückzuführen, da einige Aspekte der Kehlkopfform vor der Operation nicht berücksichtigt werden. Von daher ist es sinnvoll, vor einer solchen Therapie eine Platz-Lage-Analyse des Implantates durchzuführen.

Bei den Untersuchungen zur Ätiologie der Stimmlippenlähmung oder der Darstellung von Kopf-Hals-Tumoren werden in der Regel die Laryngoskopie und die Computertomographie (CT) eingesetzt, welche die Schädelbasis und das Mediastinum umfasst. Sobald die Abtastung des Kehlkopfes durchgeführt worden ist, können diese Daten verwendet werden, um eine ideale Gestaltung des Implantats für eine Thyreoplastik-Operation zu ermöglichen.

Als Alternative ist die Anwendung der digitalen Volumetomographie möglich. Der Einsatz dieser DVT-Aufnahmen ermöglicht die Gestaltung individuell angepasster Implantate für den Einsatz in der Operation und ist heutzutage sehr praktisch, insbesondere, wenn die intraoperative Stimmüberwachung nicht möglich ist.

1.3 Bildgebende Verfahren im Kopf-Halsbereich (CT-Aufnahmen und deren Entwicklung zur DVT)

Baumrind beschäftigte sich mit einer 3-D-Darstellung des menschlichen Schädels mittels einer Überlagerung verschiedener Röntgenaufnahmen, ähnlich der Stereofotographie, was erst nach dem Durchbruch der direkten 3-D-Bildverfahren-Geräte, wie der Computertomographie (CT) und der digitalen Volumetomographie (DVT) möglich wurde (Baumrind et al., 1984).

1.3.1 Computertomographie (CT)

Anfang der 80er-Jahre war mit Hilfe der Computertomographie die 3-D-Darstellung des Schädels und des Halses möglich. Die medizinische Indikation für eine CT-Aufnahme ist bei Mund-, Kiefer- und Gesichtstraumata sowie bei der Planung und Platzierung von Implantaten gegeben. Die CT ermöglicht eine gute Darstellung des Knorpelgewebes, der Knochen, da diese einen geringen Protonenbestandteil aufweisen. Ebenso können akute Blutungen gut sichtbar gemacht werden.

1.3.2 Die digitale Volumentomographie (DVT) bzw. die Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Ende der 90er-Jahre gab es mit der Einführung der digitalen Volumentomographie und deren Einsatz in der Diagnostik des Mund-Kiefer-Gesichtsbereiches sowie Hals-Nasen-Ohrenbereichs einige Fortschritte in der 3-D-Darstellung. Aus technischen Gründen ermöglicht das Gerät derzeit je nach Blendensystem nur zylindrische oder sphärische Abbildungsvolumina (Linsenmaier et al., 2002).

Das DVT-Verfahren erlaubt neben einer 3-D-Darstellung die Durchführung notwendiger überlagerungsfreier Messungen von verschiedenen Strukturen, und das bei hoher Bildqualität. Ebenso werden dreidimensionale Bilder ohne Vergrößerung generiert. Eine Verzerrung kann ausgeschlossen werden. Die Darstellung erfolgt in einem Verhältnis von nahezu 1:1. Dadurch können geplante Behandlungen simuliert und die dabei gewonnenen Daten in einen Herstellungsprozess implementiert werden. Anzumerken ist, dass bei anderen bildgebenden Verfahren, wie z. B. Röntgenbildern, nur einzelne statische und 2-D-Bilder erzeugt werden können.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob die DVT-Aufnahme im Halsbereich so gute Messwerte liefert, um ein ideales Medialisierungsimplantat anzufertigen, dass es mit dem standardisierten Montgomery-Implantat vergleichbar ist. Dadurch kann nicht nur die Position des Keils oder des Fenestrierungspunkts festgestellt werden, sondern es werden

auch die genauen Maße des Keils ermittelt. Weiterhin werden millimetergenau die Platzverhältnisse für eine optimale Stellung in horizontaler Richtung dargestellt, so dass eine erfolgreiche Behandlung durchgeführt werden kann.

1.3.3 Die DVT im Vergleich zur CT

Eine gute dreidimensionale Bildgebung ist durch die CT und die DVT realisierbar. Die Unterschiede in der Darstellungsgenauigkeit zwischen dem CT- und dem DVT-Verfahren sind minimal, wobei die DVT eine hohe Ortsauflösung bietet. Die CT ist zur Weichteildiagnostik mit Hilfe von Kontrastmittel eher als die DVT geeignet.

Die gemessene absorbierte effektive Dosis (Äquivalentdosis) wird als Strahlenbelastung bezeichnet und in Gray oder Sievert angegeben. Beide Messgrößen werden berechnet, indem die Energiedosis (Joule pro Kilogramm Körpergewicht) mit einem dimensionslosen Faktor (Strahlenwichtungsfaktor) multipliziert wird.

Die Maximalwerte der Strahlenabsorption von CT- und DVT-Aufnahme wurden mittels Thermolumineszenzdetektoren gemessen und verglichen (Möbes et al., 2000). Es ergab sich eine Strahlenexposition von 10 μSv für eine CT und 5 μSv für eine DVT.

In der Literatur (Kauffmann et al., 2001) werden die Absorptionswerte für die effektive Dosis von CT-Untersuchungen des Kopf-Halsbereiches mit durchschnittlich 314 μSv angegeben, wobei die maximale benötigte Dosis einer DVT-Aufnahme bei einem Fünftel der sonst klinisch üblichen CT-Untersuchung liegt.

Auf Grund der im Vergleich zum DVT wesentlich höheren Strahlenbelastung bei einem CT ist die Indikation für eine solche Aufnahme sehr genau zu prüfen. Grundsätzlich gibt es keine konkreten Leitlinien für den Einsatz der DVT bei der Diagnostik im Kopf-Halsbereich, sondern sie ist im Einzelfall eine Alternative zur Niedrigdosis-CT und es wird individuell entschieden, mit beschränktem Untersuchungsbereich (Dammann et al., 2014).

2 Hypothese und Fragestellung

Anhand der jeweiligen spezifischen dreidimensionalen DVT-Aufnahmen und ihrer Auswertungen sollen Aussagen über die Lage, die Form und die Größe des idealen Implantats (Keil) zur Planung einer Thyreoplastik-Operation gemacht werden.

Die von den Patienten ermittelten Datenmengen werden ausgewertet und sollen als Basis der umfassenden Untersuchungen in der vorliegenden Doktorarbeit eingesetzt werden.

Hierbei wird auf folgende Fragestellungen eingegangen:

1. Wie weit lassen sich mit der DVT der Kehlkopf und die Stimmlippen darstellen?
2. Besteht die Möglichkeit, bei der Planung einer Medialisierung-Thyreoplastik-Operation mittels einer DVT-Aufnahme das ideale Implantat (Keil) vorab auszumessen und seine Position zu beurteilen?
3. Welche klinischen Faktoren sind durch die DVT-Aufnahme zu erkennen und könnten bei der Entscheidung bzw. der Wahl von Form und Größe des Implantates hilfreich sein?
4. Bestehen Abweichungen beim Vergleich einer am DVT gemessenen idealen Konfiguration eines Thyreoplastik-Implantats zum präfabrizierten Thyreoplastik-Keil des Herstellers Boston Medical, Typ Montgomery Implantat?

3 Material und Methode

3.1 Patientenauswahl

In der vorliegenden Studie wurden 11 Patienten (9 Männer, 2 Frauen) mit einseitiger Stimmlippenlähmung (Stillstand der Stimmlippe) voruntersucht, bei denen eine Thyreoplastik-Typ1-Operation indiziert war.

Bei jedem wurde präoperativ eine DVT-Aufnahme (3D Accuitomo 170) durchgeführt. Der Kopf wurde vor der Aufnahme mit Hilfe einer Kopfstütze und mit einem Kopfband räumlich fixiert, um sowohl eine ruhige Kopfhaltung als auch eine optimale Positionierung des Patientenkopfes im Bildvolumen zu erreichen.

Sowohl für die Einhaltung der gleichen Bedingungen als auch für die Standardisierung bei jeder Messung wurden die Patienten senkrecht hingesezt. Die verwendeten Aufnahmen sind im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf angefertigt worden.

3.2 Funktionsweise und Einstellung des DVT-Programmes vor der Messung

Bei dieser Untersuchung werden die DVT-Bilder mit dem 3D-Gerät Accuitomo der Firma Morita aus Japan erstellt. In Abhängigkeit von der Indikation kann am Gerät zwischen vier verschiedenen Aufnahmemodi gewählt werden, welche es ermöglichen, für jeden Zweck den passenden Modus auszusuchen. Je schneller und präziser ein Aufnahmemodus ist, desto höher ist die Auflösung der Übersichtsaufnahmen.

Darüber hinaus kann man zwischen fünf Auflösungsstufen diejenige wählen, die für die diagnostischen Anforderungen am besten geeignet ist: 80 μm , 125 μm , 160 μm , 200 μm oder 250 μm .

Während der Untersuchung für diese Studie betrug die Aufnahmespannung 90 kV, die Aufnahmestromstärke 5 mA, die Aufnahmezeit 18 s, die Volumengröße 60 mm im Durch-

messer und 60 mm in der Höhe. Die Modulationstransferfunktion (MTF) betrug 10 %, die Voxelgröße 0,125 mm und die Röntgendosis ca. 8,7 mGy.

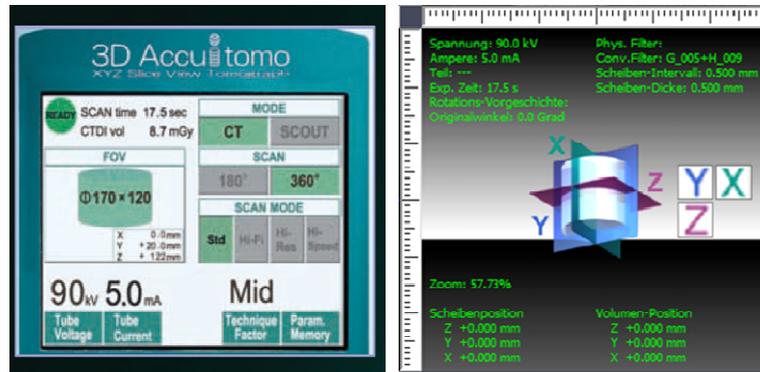


Abbildung 3-1 Einstellung des DVT-Programmes (Quelle: Morita 2010)

Die Voxelgröße ist maßgebend für die Bildqualität und gibt an, welche Details man als 3-D-Pixel für die 3-D-Aufnahmen darstellen kann. Je nach Hersteller variiert die Voxelgröße in den DVT-Geräten. Bei einigen Modellen kann die Voxelgröße eingestellt werden. Es besteht eine umgekehrte Proportionalität zwischen der Detailgenauigkeit bzw. der diagnostischen Leistungsfähigkeit und der Voxelgröße. Es ist eine vergrößerte und doch gleichmäßige verzerrungsfreie hochaufgelöste Aufnahme bei einer Voxelgröße von 0,08 mm zu bemerken.

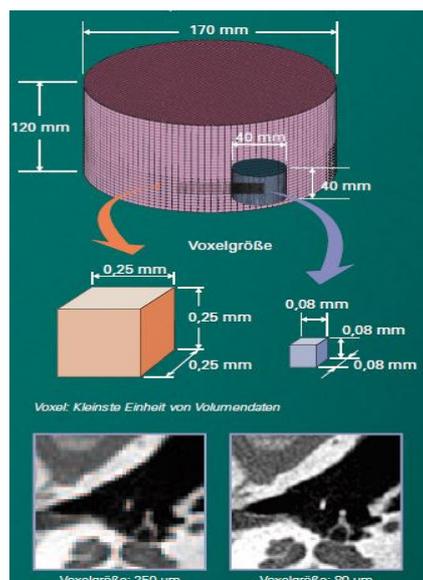


Abbildung 3-2 Bilddarstellung der Voxelgröße (Quelle: Morita 2010)

Wie deutlich und scharf ein DVT-Bild bei zunehmender Verkleinerung bzw. Vergrößerung wird, erfasst der Begriff der räumlichen Auflösung. Dabei wird die Anzahl von Linienpaaren auf 1 mm Strecke im Bild angegeben, die bei einem bestimmten Kontrast noch voneinander zu unterscheiden sind. Dies wird als Modulationstransferfunktion (MTF) bzw. Kontrastübertragungsfunktion bezeichnet.

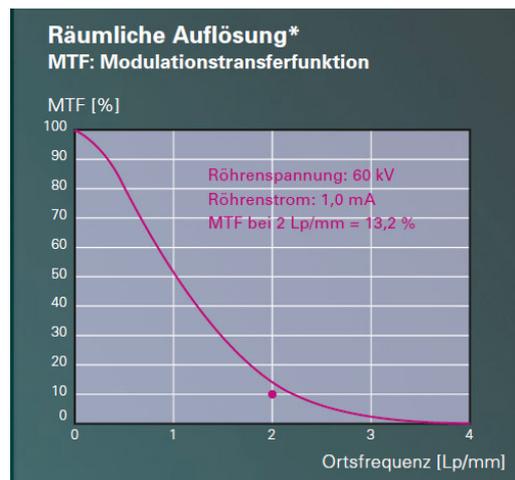


Abbildung 3-3 Räumliche Auflösung (Quelle: Morita 2010)

Für das Verständnis des „One-Volumen-Viewer“-Programms und der Einstellung des Schnittbildes in der DVT-Aufnahme sind folgende Referenzbegriffe zu klären:

1- Histogramm (Window): zeigt ein Histogramm des angezeigten Bildes, um die Sichtbarkeit, den Kontrast und die Helligkeit der Bilder zu verbessern. Die Größe des Histogramms kann durch Ziehen der Fensterkante angepasst werden.

2- Volumenwiedergabe (Rendering): ist ein Verfahren zum Erzeugen von Bildern, basierend auf in einem dreidimensionalen Raum verteilten Daten. Es ist dadurch möglich, neben der Oberfläche auch innere Strukturen sichtbar zu machen.

3- XYZ-Anzeige: Schnittbilder von rekonstruierten DVT-Volumen, gleichzeitig erzeugt.

* X Schichtebene/ sagittale Ebene: der Querschnitt eines X-Schichtbildes (grün)

* Y-Schichtebene/ vertikale Ebene: der Querschnitt eines Y-Schichtbildes (blau)

* Z Schichtebene/ horizontale Ebene: der Querschnitt eines Z-Schichtbildes (rot)

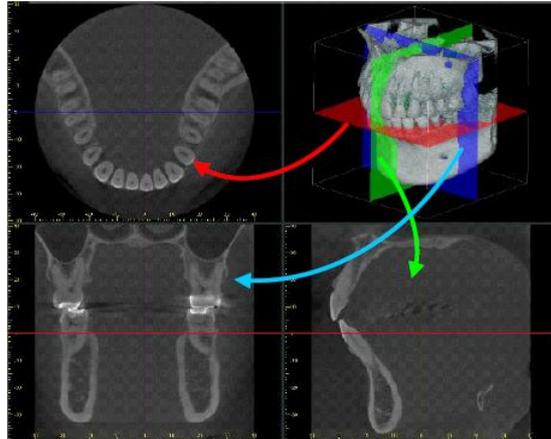


Abbildung 3-4 DVT-Aufnahmen in drei Ebenen (Quelle: Morita 2010)

Durch Ziehen der Maus wird auf jedem einzelnen Schichtbild das Schnittbild gedreht, um eine optimale Ansicht der Strukturen zu erhalten. In diesem Fall dreht sich jedes Schnittbild um den Schnittpunkt der Cursorlinien und beim Ziehen der Cursorlinie kann die entsprechende Schnittebene bewegt werden.

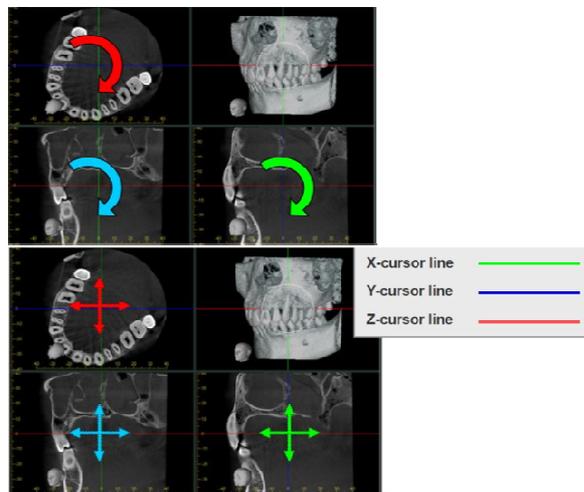


Abbildung 3-5 Schnittdrehung und Cursorlinie (Quelle: Morita 2010)

4- Der One-Volume-Viewer (Software), eine eingetragene Marke der Firma J. MORITA MFG, wird bei der Einstellung und der Vermessung eingesetzt.

Die hochgeladenen Daten werden jeweils in der Frontal-, Sagittal- wie auch Horizontalebene angezeigt. Im Menü des Programmes wählt man nun die XYZ-Ansicht. Der Kehlkopf ist nun in allen drei Ebenen mit einer millimetergenauen Skalierung für die Vermessung sichtbar.

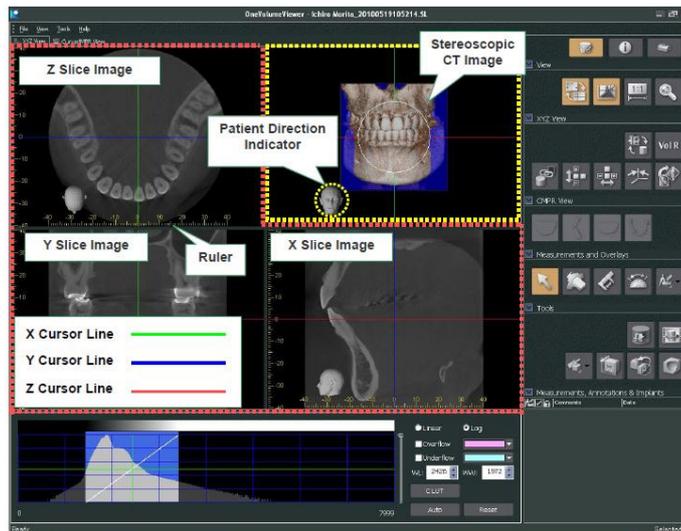


Abbildung 3-6 One-Volume-Viewer Software (Quelle: Morita 2010)

Als Nächstes muss eine Optimierung in der Kontrasteinstellung vorgenommen werden, damit eine Unterscheidung zwischen Hart- und Weichgewebe möglich ist. Mit Hilfe einer Kontrastkurve stellt man die individuelle und optimale Darstellung für den jeweiligen Patient ein. Anhand von Schieberegler lässt sich der Kontrast durch Verschieben nach unten, oben, links und rechts verändern.

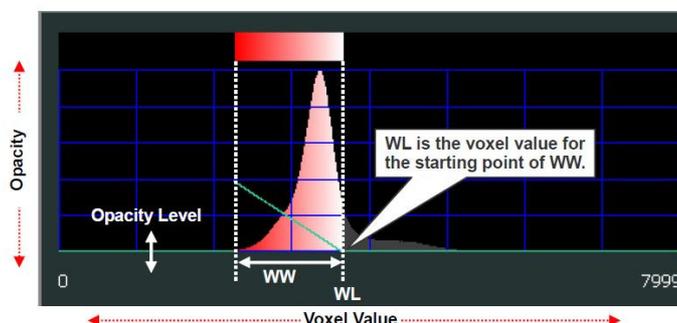


Abbildung 3-7 Kontrasteinstellung (Quelle: Morita 2010)

Die wichtigen Strukturen des Kehlkopfs werden auch beim DVT-Verfahren in vier Schritten dargestellt: Im Menüpunkt Ansicht klickt man nun auf den Punkt „Das Histogramm-Fenster aufrufen“. Durch Verschieben einer roten, grünen und blauen Linie (Cursorlinien, s. o.) kann man auf der Skalierung durch alle drei Ebenen des Körpers scrollen. Durch Verschieben der grünen Linie wird die Schnittebene in der Sagittalebene von ventral nach dorsal geändert, ein Verschieben der roten Linie ändert die Ansicht in der Horizontalebene von kaudal nach kranial und die blaue Linie wechselt die Ansicht in der Vertikalebene von ventral nach dorsal.

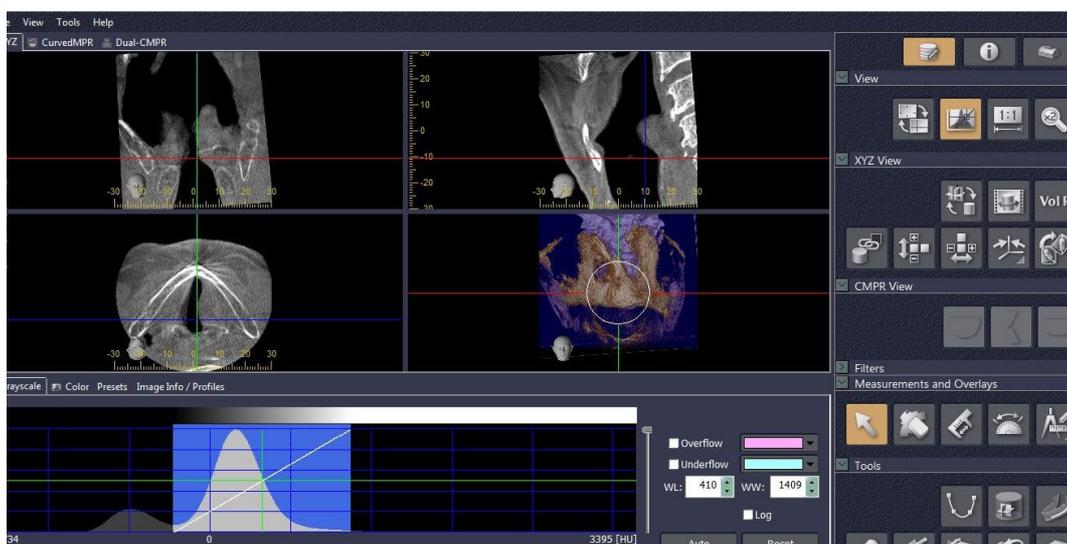


Abbildung 3-8 DVT-Aufnahme Menü

Durch Gedrückthalten der Strg-Taste und der linken Maustaste kann man den Kehlkopf zusätzlich um eine zentrale Achse in seiner Position verändern, und zwar in allen drei Ebenen des Raumes. Ein schematisches Bild eines Kopfes in der linken unteren Ecke zeigt an, wie sich die Neigung der Ebenen ändert, damit der untersuchende Arzt sich im Raum orientieren kann. Dadurch erhält man auf jedem einzelnen Schnittbild eine optimale Einstellung und damit Sicht auf die Struktur des Kehlkopfes einschließlich der Stimmlippen. In der sagittalen Ebene (X-Ebene, grün) wird die Lage der Stimmbänder so justiert, dass sie deckungsgleich und horizontal zu liegen kommen, und in der vertikalen Ebene (Y-Ebene, blau) wird gescrollt, bis sowohl die Stimmitze als auch der Processus vocalis zu sehen sind.

Als Nächstes wählt man aus dem Menü die „Curved MPR“-Ansicht und stellt im Menü Ansicht ein 1:1 Größenverhältnis ein. In der so gewählten Schnittebene kann man jetzt die ideale Keilform für eine Thyreoplastik-Typ1-Operation in das Schnittbild einzeichnen.

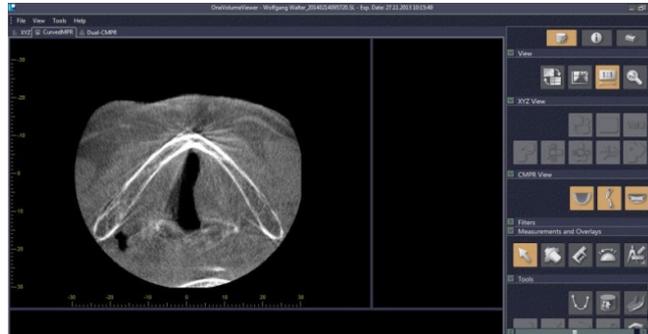


Abbildung 3-9 DVT-Aufnahme Einstellung 1:1-Größenverhältnis

3.3 Planung des idealen Keiles (Medialisierungsimplantat) im DVT

Im Menüpunkt „Messungen und Überlagerungen“ müssen nun sowohl die Mittellinie des Kehlkopfes eingezeichnet als auch das Zugangsfenster für die Thyreoplastik-Operation festgelegt werden. Dann wählt man den Punkt „Die Länge messen“, um die genauen Abschätzungsmaße für den idealen Keil abzugreifen. Damit der Keil ausreichend Retention hat, benötigt man einen Überstand der Keilflügel von 1-2 mm über das Operationsfenster hinaus. Die obere Kante des Keilkörpers muss so soweit medialisiert sein, dass ein Abstand von 2-3 mm zur Mittellinie eingehalten wird. Die Spitze des dreieckigen Keils soll im Idealfall bis zum Processus vocalis reichen, sofern er in der Aufnahme erkennbar ist.

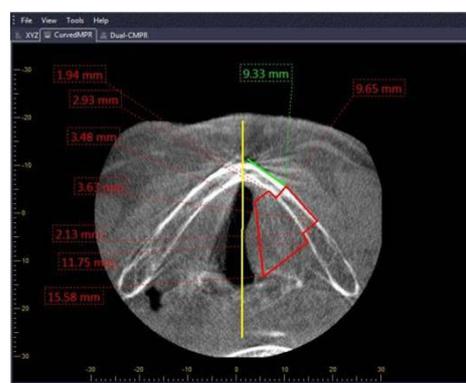


Abbildung 3-10 Rekonstruktion des idealen Keils

3.4 Zeichnung des Montgomery-Keils auf Millimeterpapier und Bildauswertung

Die standardisierten Montgomery-Keile werden auf Millimeterpapier gezeichnet und vermessen. Es erfolgen digitale Bildaufnahmen, die im Anschluss zusammen mit Schnittbildern des idealen Keils aus dem „One-Volume-Viewer“ Programm zusammen in einem Bildbearbeitungsprogramm (Microsoft PowerPoint 2007) übereinandergelegt werden.

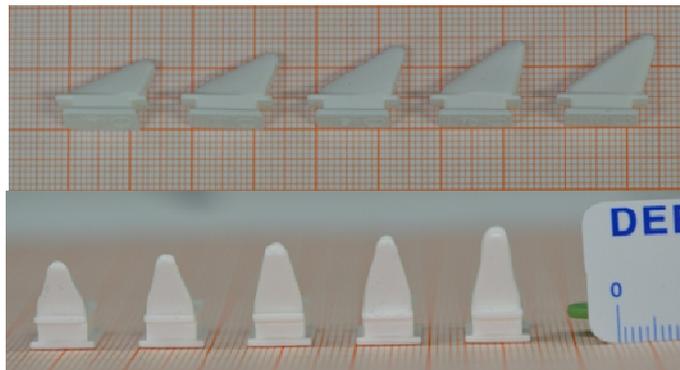


Abbildung 3-11 Foto der Montgomery-Keile

Es folgt eine Kalibrierung der beiden Schnittbilder in einem millimetergenauen 1:1-Verhältnis. Dazu kann man das Bild des Montgomery-Keils so in seiner Größe verändern, dass die Millimeterskala beider Bilder identisch und somit deckungsgleich ist.

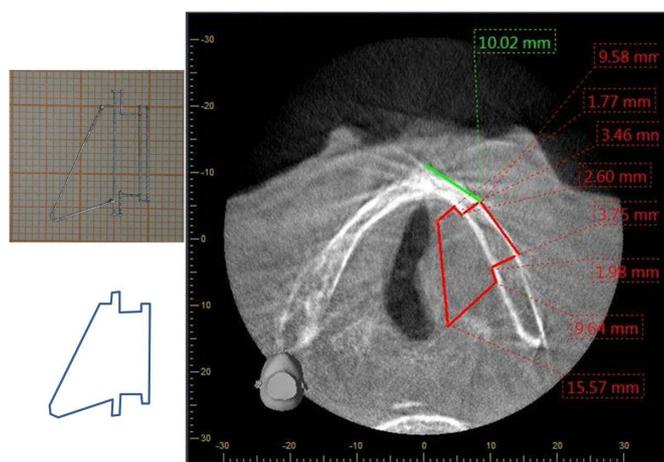


Abbildung 3-12 Kalibrierung des Montgomery-Keils

Nach der Methode von Montgomery wird die Fenestrierung auf dem Schildknorpel von der Mittellinie der Kehlkopfspitze aus in einem Abstand von 9 mm bei Männern und 7 mm bei Frauen vorgenommen. Dies wird auf dem Schnittbild als weißer Pfeil kenntlich gemacht. Nun wird der standardisierte Montgomery-Keil auf das Schnittbild projiziert und so positioniert, dass er am markierten Fenestrierungspunkt beginnt, an der Innenwand des Schildknorpels abgestützt ist und möglichst weit medial liegt.

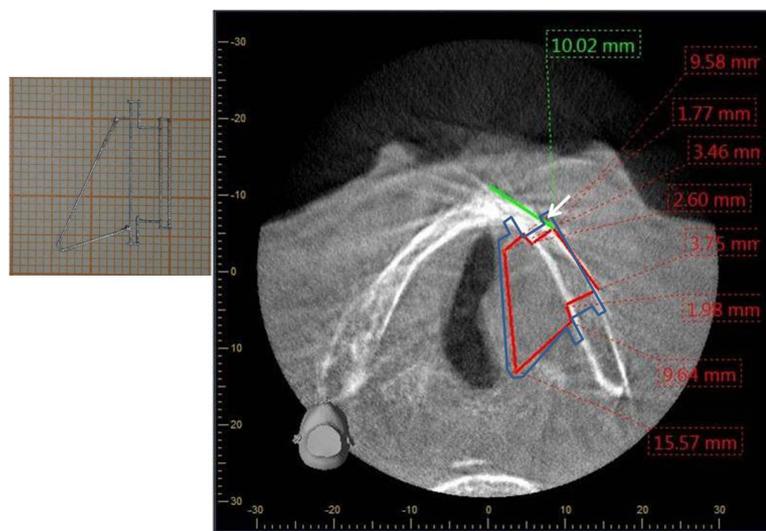


Abbildung 3-13 Vergleich zwischen idealem und Montgomery-Keil

Da hier alle Zeichnungen und Auswertungen nur auf zwei Ebenen dargestellt sind, wird die dritte Ebene des Keils, welche seine Dicke wiedergibt, zunächst nicht berücksichtigt.

Die Werte aus dem DVT/Powerpoint-System wurden als Datei importiert und gingen anschließend in eine prospektive Studie ein. Um die Methodenfehler bei der Lokalisation der Referenzpunkte und die Vermessungsfehler auf der DVT-Aufnahme mit der „One-Volumen-Viewer“-Software zu reduzieren, wurden alle Messungen mit einem zeitlichen Abstand jeweils zweimal durchgeführt. Die Vermessungen auf dem Schnittbild werden diskutiert und betrachtet, um für jeden Patient die Operationstechnik zu optimieren. Die Montgomery-Methode wird dabei mit der Idealform des Keils verglichen und dabei geprüft, inwieweit es hier Unterschiede und Verbesserungspotential gibt.

4 Ergebnisse

4.1 Darstellung des Kehlkopfs und der Stimmlippen im DVT

In unserer Studie zeigte sich, dass bei allen 11 Patienten sowohl die Strukturen des Kehlkopfes als auch die der Stimmlippen in allen drei Ebenen durch die verschiedenen Einstellungen des Gerätes sehr gut dargestellt werden konnten.

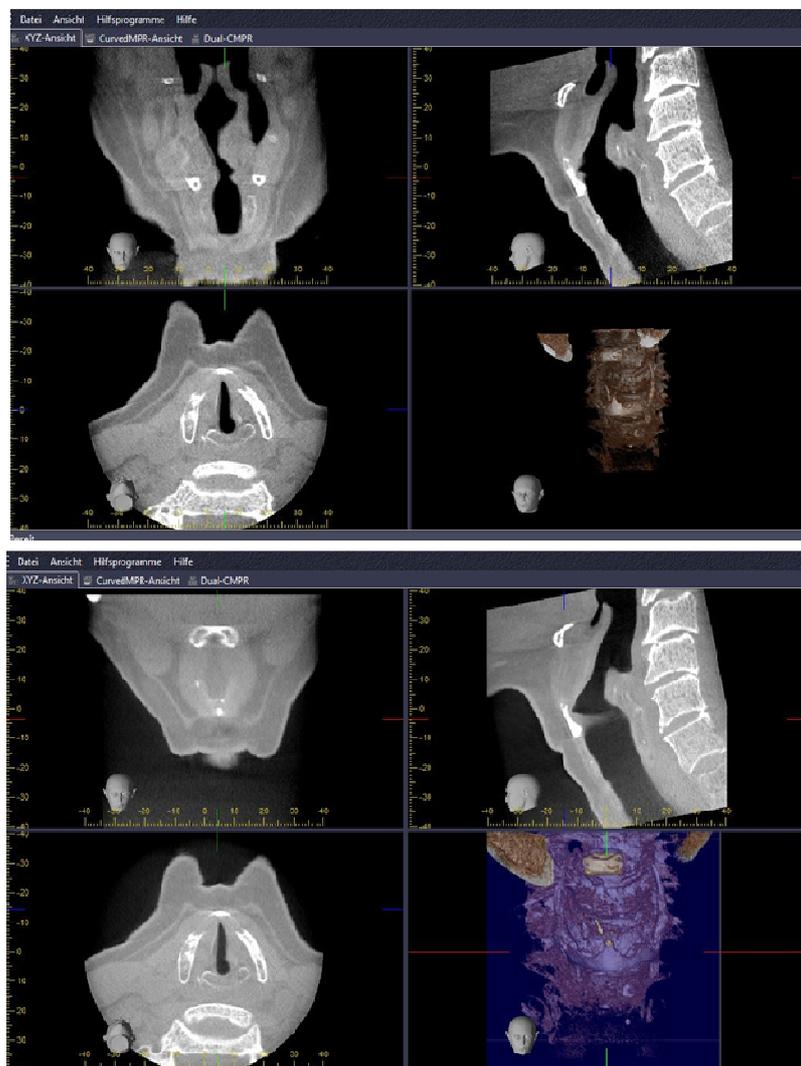


Abbildung 4-1 Darstellung des Larynx in DVT

In der Abb. 4.1 ist der Konturverlauf der Muskeln sowie des Kehlkopfes in verschiedenen Höhen klar erkennbar, Nervlokalisierung und -verlauf sind dagegen nur schwer identifizierbar.



Abbildung 4-2 Darstellung der Stimmlippen in DVT

In obiger Abb. 4.2 erkennt man eine Ventrikelvergrößerung im atrophierten Muskel links mit einem deutlichen Lufteinschluss. In allen Fällen waren atrophiertes Muskelgewebe, Stimmbänder, der Aryknorpel in seiner normalen Position und der Processus vocalis (weißer Pfeil) zu sehen. Die Form und die Dicke des Schild- und Ringknorpels sind deutlich voneinander zu unterscheiden.

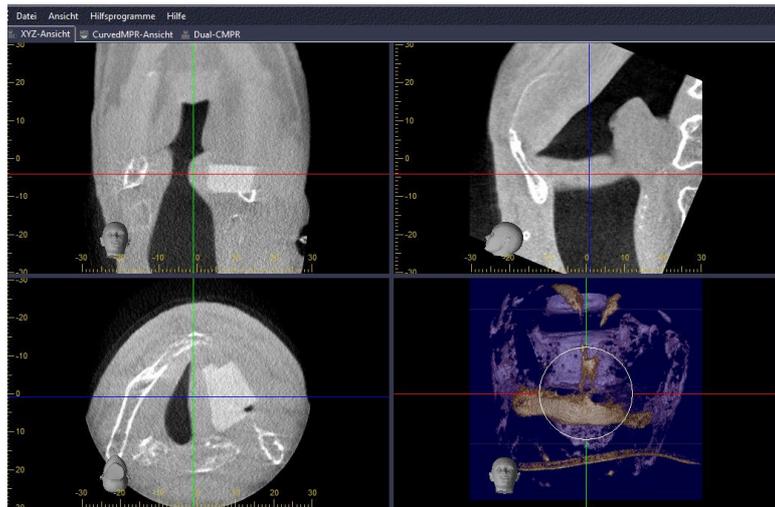


Abbildung 4-3 Postoperative DVT-Aufnahme

Abb. 4.3 zeigt einen Patienten im postoperativen Zustand nach einer Stimmbandlähmung links. Der eingesetzte Keil konnte in allen drei Ebenen gut dargestellt und gemessen werden. Der Kontrast konnte für eine bessere Visualisierung optimal zur pathologischen Begutachtung eingestellt werden, ein ausreichendes FOV (das maximal darstellbare Volumen) sowie Sitz und Position des eingesetzten Keils können ausgewertet werden. Im posterioren Bereich liegt der Keil so weit medial, dass ein Stimmlippenchluss möglich wird. Auch das begleitende Ödem ist deutlich zu erkennen.

4.2 Befunde und systematische Auswertung

Für die Auswertung der Ergebnisse in dieser Studie sind folgende Werte und Bezugslinien für uns von Interesse, die exemplarisch anhand eines Beispiels einer idealen Keil-DVT-Aufnahme erklärt werden sollen:

- 1- Mittellinie des Kehlkopfes auf der horizontalen Ebene (gelb)
- 2- Die Linie des äußeren Randes auf der gelähmten Seite des Schildknorpels (dunkelrot)
- 3- Der Eintrittspunkt für die Fenestrierung bei der Operation, der Abstand gemessen von der Kehlkopfmitte entlang des äußeren Randes des Schildknorpels (weißer Pfeil)

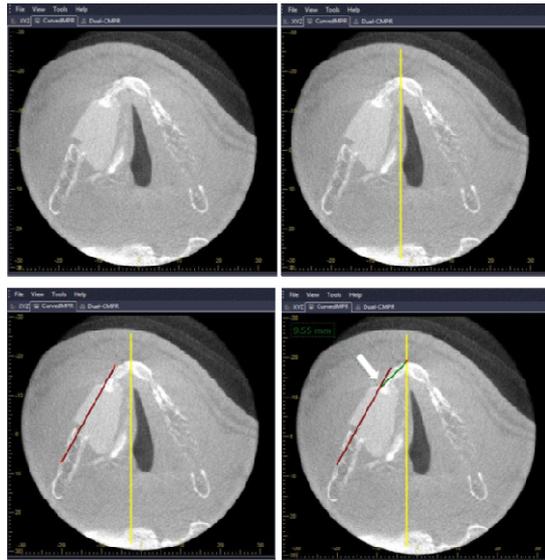


Abbildung 4-4 Bezugslinien

4- Die Fensterbreite für das Einsetzen des Keils (orangefarbene Linie)

Nach Zeichnung des Keils (rot) kann man bei diesem Beispiel eine Fensterbreite von 11,13 mm feststellen.

5- Die Kantenlänge des idealen Keils (braune Linie)

Der Abstand zwischen der Keilspitze, die den Processus vocalis erreicht, und der inneren Wand des Schilddkorpels in der horizontalen Ebene entspricht der Kantenlänge des Keils und beträgt in diesem Beispiel 8,49 mm.



Abbildung 4-5 Fensterbreite und Kantenlänge des Keils

Diese Werte für einen idealen Keil (rot) werden nun mit den Werten für einen Standardkeil nach Montgomery (blau) verglichen, welcher auf das Bild projiziert wurde.

Tabelle der Auswertung:

| Fall Nr. | Geschlecht (M/W) und Alter (Jahre) | Kantenlänge des idealen Keils (mm) | Distanz des Fensters zur Mittellinie (mm) | Größe des Montgomery-Keils | Größe des operativen Fensters (mm) | Besonderheiten |
|-----------------|---|---|--|-----------------------------------|---|---|
| 1 | M, 53 | 14,60 | 10,40 | 11 | 9,11 | Montgomery-Keil ist zu groß im posterioren Bereich |
| 2 | M, 53 | 9,91 | 12,93 | 9 | 11,88 | Montgomery-Keil ist zu kurz im posterioren Bereich |
| 3 | M, 67 | 9,64 | 10,02 | 9 | 9,58 | Montgomery-Keil würde gut passen |
| 4 | M, 60 | 9,58 | 10,55 | 9 | 12,38 | Postoperative DVT-Aufnahme |
| 5 | W, 73 | 7,42 | 9,00 | 7 | 5,57 | Montgomery-Keil ist zu lang im posterioren Bereich |
| 6 | M, 48 | 13,20 | 10,17 | 11 | 9,40 | Montgomery-Keil würde gut passen |
| 7 | M, 80 | 11,75 | 9,33 | 10 | 9,65 | Montgomery-Keil ist zu lang im posterioren Bereich |
| 8 | M, 34 | 10,44 | 12,31 | 9 | 12,13 | schmaler Kehlkopf |
| 9 | W, 63 | 10,78 | 7,35 | 7 | 6,59 | breiter Kehlkopf, Montgomery-Keil liegt nicht optimal |
| 10 | M, 43 | 12,93 | 10,47 | 12 | 10,95 | keine |
| 11 | M, 52 | 14,43 | 10,65 | 12 | 9,28 | Montgomery-Keil liegt nicht optimal |

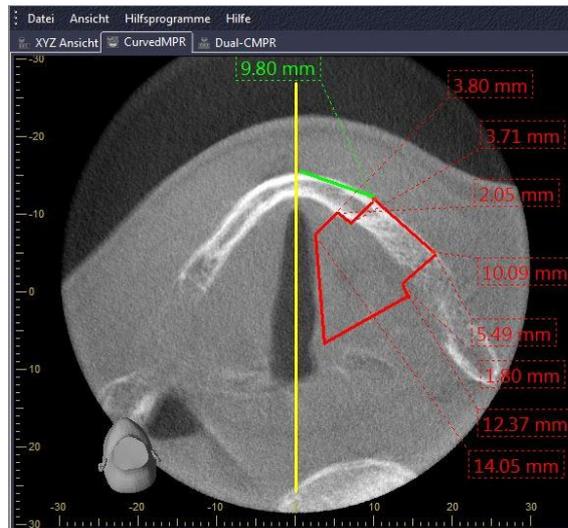


Abbildung 4-6 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 1

Fall 1

Die Auswertung des oben dargestellten DVT-Bildes zeigt einen 53-jährigen männlichen Patienten mit einer einseitigen Stimmlippenlähmung links. Bei dem Kehlkopf gibt es keinerlei anatomische Abweichungen von der Norm. Die ideale Fensterbreite in diesem Fall liegt bei 10,9 mm. Die Kantenlänge des idealen Keils beträgt 12,37 mm. Der Eintritt des Keils erfolgt hier gemessen in einem Abstand von 9,80 mm von der Kehlkopfmittle (Spitze des Kehlkopfes) entlang des äußeren Randes des Schildknorpels.

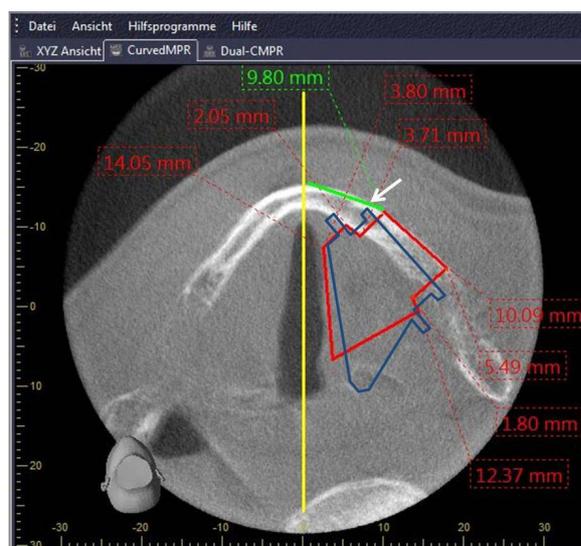


Abbildung 4-7 Aufnahmedokumentation Montgomery-Keil - Fall Nr. 1

Die Eintrittsstelle für die Fenestrierung bei einer Thyreoplastik-Operation Typ 1 nach Montgomery liegt bei männlichen Patienten standardmäßig bei 9 mm (weißer Pfeil). In diesem Fall würde die Eintrittsstelle für den idealen Keil 0,80 mm posterior von der Standardeintrittsstelle nach der Montgomery Standardmethode liegen. Die ideale Fenestrierungsbreite liegt hier bei 10,09 mm, verglichen mit der Breite von 12 mm bei Männern nach Montgomery. Die passende Keilgröße nach Montgomery wäre bei diesem Patienten 11 mm, wobei hier eine kleine Konfiguration vorgenommen werden müsste, um den Montgomery-Keil optimal einzusetzen, da er zu groß wäre und nicht ganz medial im posterioren Bereich liegen würde.

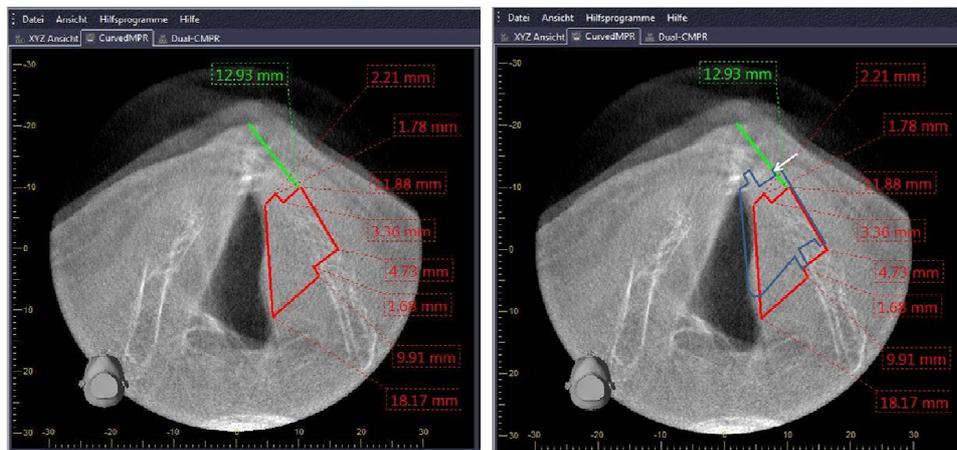


Abbildung 4-8 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 2

Fall 2

Diese Darstellung zeigt einen horizontalen Schnitt eines 53-jährigen männlichen Patienten bei Stimmlippenstillstand links. Der Kehlkopf zeigt als anatomische Besonderheit einen kleinen Innenwinkel, wodurch sich der Eintrittspunkt des operativen Fensters im Idealfall nach posterior verlagern würde. In diesem Fall beträgt der Anfangspunkt 12,93 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes. Die Fensterbreite beträgt 11,88 mm, die Kantenlänge 9,91 mm. Nach der Montgomery-Methode müsste nun die Größe Nr. 9 passen, allerdings erreicht das Implantat im posterioren Bereich nicht den Processus vocalis, des Weiteren wäre der Keil zu stark medialisiert. Die Fensterbreite dagegen stimmt mit dem idealen Keil überein.

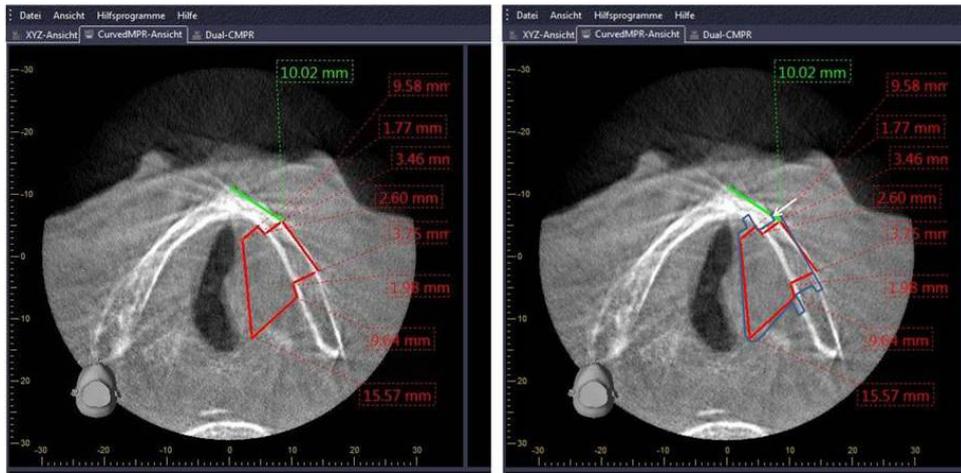


Abbildung 4-9 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 3

Fall 3

In der folgenden Aufnahme sieht man einen 67-jährigen männlichen Patienten mit einer gelähmten Stimmlippe links. Der Eintrittspunkt für den idealen Keil beträgt 10 mm, für den nach Montgomery wiederum 9 mm. Die Kantenlänge für den idealen Keil beträgt 9,64 mm. Dies entspricht fast derselben Kantenlänge des Standard Montgomery-Keils Größe 9. Die Fensterbreite des idealen Keils liegt bei 9,58 mm, die nach Montgomery bei 12 mm. Dadurch würde bei der Fenestrierung 2,42 mm ($12 \text{ mm} - 9,58 \text{ mm} = 2,42 \text{ mm}$) an Knorpelmasse in der Breite geschont werden. Das ist ca. ein Fünftel ($1/5 = 20\%$) Gewebeschonung.

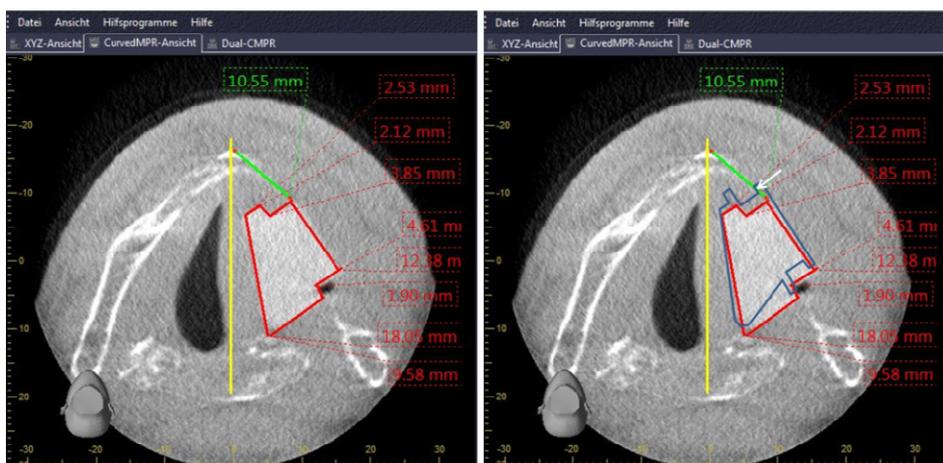


Abbildung 4-10 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 4

Fall 4

Abb. 4.10 zeigt eine postoperative Aufnahme eines 60-jährigen männlichen Patienten mit einem Silikonimplantat auf der linken Seite. Der implantierte Keil weist eine Kantenlänge von 9,58 mm sowie eine Fensterbreite von 12,38 mm auf. Der Fensteranfangspunkt befindet sich in einem Abstand von 10,55 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes entfernt. Der darauf abgebildete Montgomery-Keil hat die Größe 9.

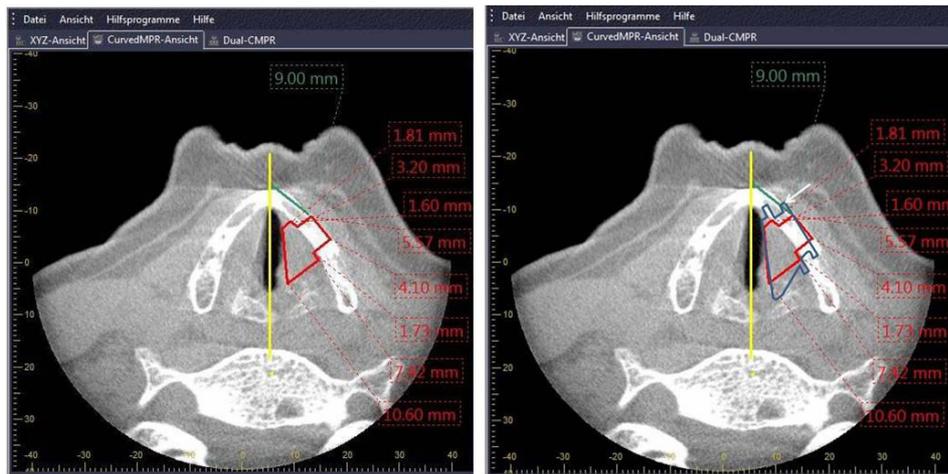


Abbildung 4-11 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 5

Fall 5

Die Abbildung 4.11 zeigt einen horizontalen Kehlkopfschnitt einer 73-jährigen Patientin bei Stimmlippenstillstand links. In diesem Fall beträgt der Anfangspunkt 9 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes. Die Fensterbreite beträgt 5,57 mm, die Kantenlänge 10,60 mm. Nach der Montgomery-Methode müsste die Eintrittsstelle für die Fenestrierung bei weiblichen Patienten standardmäßig 7 mm betragen und damit die Größe Nr. 7 passen. Allerdings ist das Montgomery-Implantat im posterioren Bereich zu lang. Die Fensterbreite stimmt mit dem idealen Keil nicht überein ($10 \text{ mm} - 5,57 \text{ mm} = 4,43 \text{ mm}$).

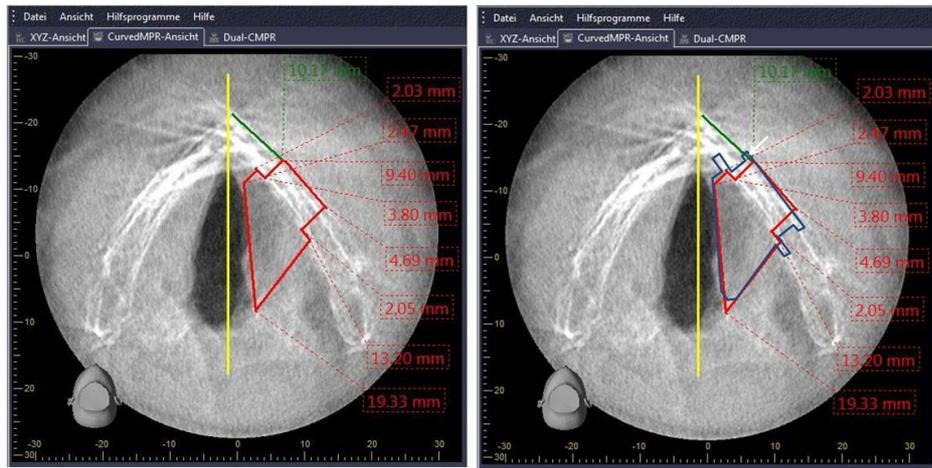


Abbildung 4-12 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 6

Fall 6

Der nächste Fall (Abb. 4.12) zeigt eine Aufnahme eines 48-jährigen männlichen Patienten mit einer Recurrensparese auf der linken Seite. Das ideale Implantat hat eine Kantenlänge von 13,20 mm, eine Fensterbreite von 9,40 mm und der Eintrittspunkt liegt 10,17 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes entfernt. Das darauf angepasste Montgomery-Implantat hat die Größe Nr. 11 mit einer zu kurzen Kantenlänge im posterioren Bereich.

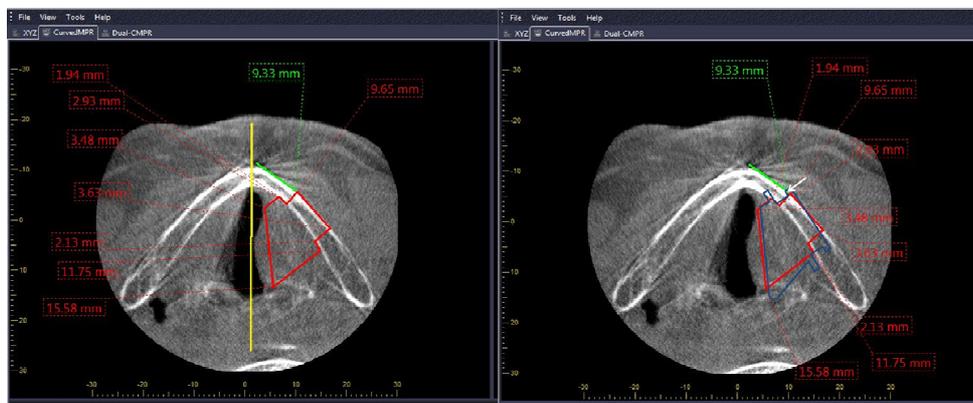


Abbildung 4-13 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 7

Fall 7

Das Bild zeigt einen 80-jährigen männlichen Patienten mit einer einseitigen Stimmlippenlähmung links. Die Eintrittsstelle für die Fenestration bei der geplanten Operation liegt 9,33 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes entfernt, was der Standardmethode nach Montgomery entsprechen würde. Die Fensterbreite in diesem Fall

liegt bei 9,65 mm, die Kantenlänge des idealen Keils beträgt 11,75 mm. Nach Montgomery sieht man hierfür einen Keil der Größe Nr. 10 vor. Dieser Keil würde zwar medial gut, aber etwas zu lang nach posterior liegen.

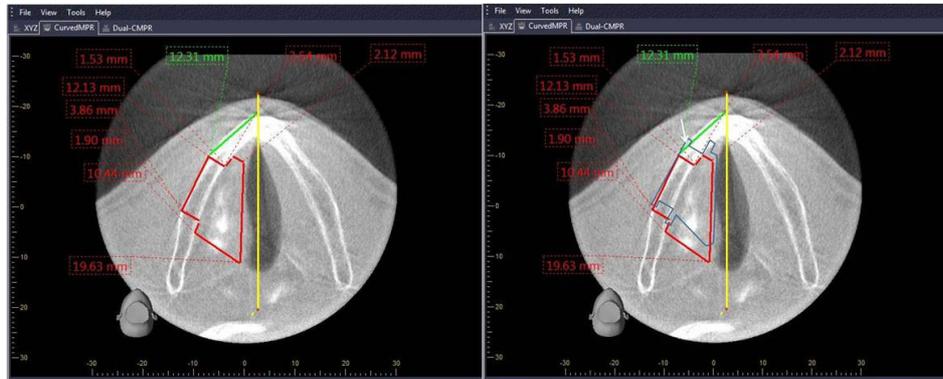


Abbildung 4-14 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 8

Fall 8

Die Abb. 4.13 stellt einen Schnitt eines 34-jährigen männlichen Patienten bei Stimmlippenstillstand rechts dar. Der Kehlkopf zeigt wieder als anatomische Besonderheit einen kleinen Innenwinkel. Dadurch verlagert sich der Eintrittspunkt des operierten Fensters im Idealfall nach posterior. In diesem Fall liegt der Anfangspunkt 12,31 mm von der Mittellinie des Kehlkopfes entfernt. Die Fensterbreite beträgt 12,13 mm und die Kantenlänge des Keils liegt bei 10,44 mm. Laut der Montgomery-Methode würde nun die Größe Nr. 9 passen. Allerdings erreicht das Implantat im posterioren Bereich nicht den Processus vocalis und der Keil wäre zu stark medialisiert. Die Fensterbreite dagegen stimmt mit dem idealen Keil überein.

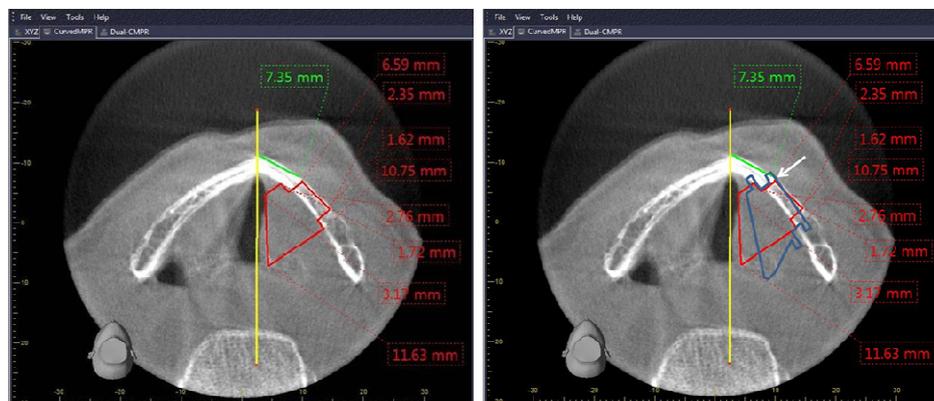


Abbildung 4-15 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 9

Fall 9

Die Abb. 4.15 zeigt einen horizontalen Kehlkopfschnitt einer 63-jährigen Patientin bei Stimmlippenstillstand links. Der Kehlkopf zeigt als anatomische Besonderheit einen großen Innenwinkel. In diesem Fall beträgt der Anfangspunkt 7,35 mm, gemessen von der Mittellinie des Kehlkopfes. Die Fensterbreite beträgt 6,59 mm, die Kantenlänge 11,63 mm. Nach der Montgomery-Methode müsste nun die Größe Nr. 7 passen. Allerdings wäre der Keil nicht genug medial liegen.

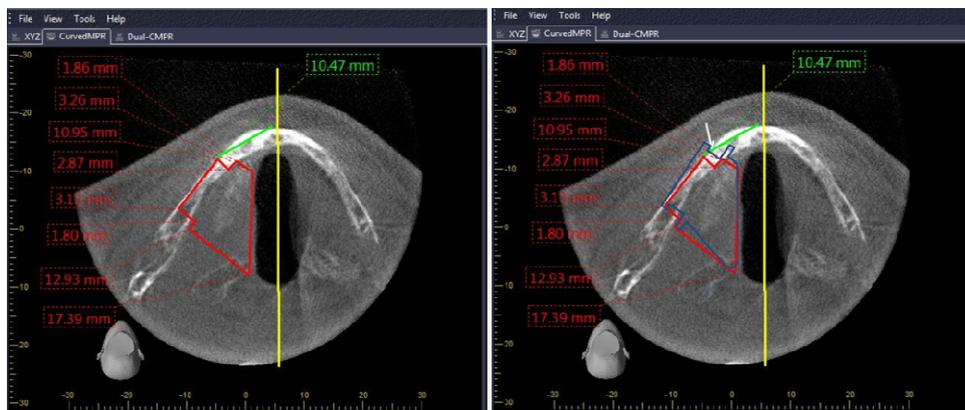


Abbildung 4-16 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 10

Fall 10

In der Abb. 4.16 sieht man einen 67-jährigen männlichen Patienten mit einer gelähmten Stimmlippe rechts. Der Eintrittspunkt für den idealen Keil beträgt 10,47 mm, für den Montgomery-Keil wie bereits erwähnt 9 mm. Die Kantenlänge für den idealen Keil beträgt 12,93 mm, was in etwa mit dem Standard Montgomery-Keil der Größe 12 übereinstimmen würde. Die Fensterbreite liegt bei 9,58 mm, nach Montgomery bei 10,95 mm. Dadurch würde bei der Fenestrierung ca. 1 mm (12 mm - 10,95 mm) Knorpel in der Breite geschont werden.

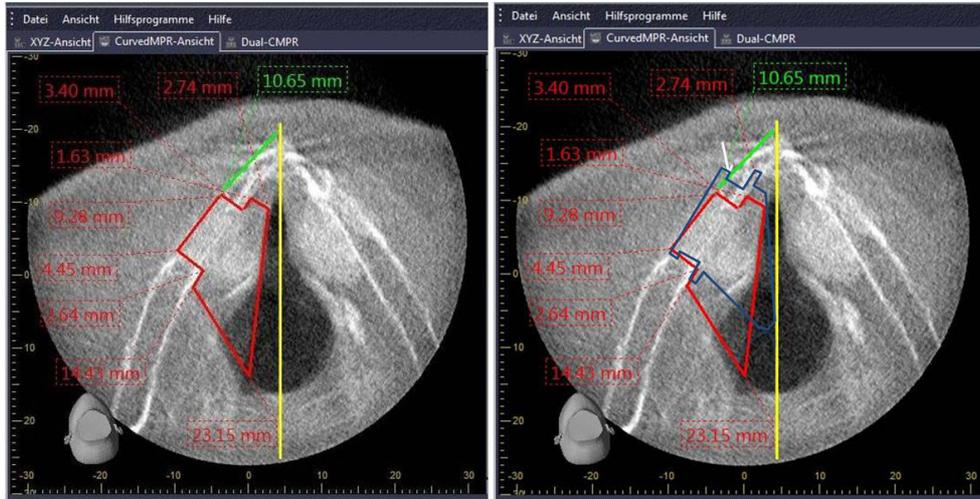


Abbildung 4-17 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 11

Fall 11

Diese Abbildung zeigt ein Gore-Tex-Implantat auf beiden Seiten der Stimmlippen, welches einem 52-jährigen männlichen Patienten mit einem schmalen Kehlkopf und kleinem Innenwinkel eingesetzt wurde. Der ideale rekonstruierte Keil hat eine lange Kantenlänge von ca. 14 mm, eine Fensterbreite von ca. 9 mm und der Anfangspunkt liegt ca. 11 mm von der Mittellinie und entspricht der Größe Nr. 12 aus dem Montgomery-Implantat System.

5 Diskussion

Ziel der Studie war es, eine Maß- und Platzanalyse eines idealen Implantates für eine Medialisierung-Thyreoplastik Typ I-Operation zu ermitteln. Für diese Untersuchung standen 11 Patienten, die präoperativ mit dem DVT untersucht wurden, zur Verfügung.

Dabei wurde der Fokus nicht nur auf die Ermittlung signifikanter Unterschiede zwischen dem gezeichneten Montgomery-Keil und dem gemessenen idealen Keil auf der DVT-Aufnahme gelegt, sondern ebenso auf die Genauigkeit der Messung beim DVT-Gerät. Ein weiteres Ziel war es, Vor- und Nachteile der beiden Behandlungsmethoden aufzuzeigen.

5.1 Diskussion der Methodik

Bei den Aufnahmen können Variationen bezüglich der Lage der Stimmlippen, der Form des idealen Keils und der anatomischen Struktur des Kehlkopfes präoperativ in mehreren Ebenen dargestellt werden.

Zur Messung des Montgomery-Implantats wurde eine direkte Methode angewandt, in der das Implantat unmittelbar auf dem Millimeterpapier positioniert und gezeichnet wurde. Auch im Rahmen einer individuellen Implantatherstellung während einer Operation wird dieses Verfahren angewendet.

Um das Messverfahren für den praktischen Einsatz zu testen, sollten so viele Übereinstimmungen wie möglich zwischen der DVT-Aufnahme und dem gezeichneten Montgomery-Keil auf dem Millimeterpapier vorhanden sein. Dann können die Ergebnisse am zuverlässigsten übertragbar sein.

Um Aussagen über die Validität einer Methode zu treffen, muss zwischen systematischen und zufälligen Fehlern unterschieden werden. Beide Fehlerarten können bei der DVT-Aufnahme und/oder der Messung auftreten.

Systematische Fehler entstehen zum Beispiel durch die unterschiedliche Auffassung über die Definitionen der Referenzpunkte und Referenzlinien, die Kalibrierung des Gerätes sowie Nichtbeachtung des Vergrößerungsfaktors, was zu veränderter Geometrie führen kann.

Zufällige Fehler entstehen unter anderem bei der Verwendung von unpräzisen Messgeräten oder durch unsachgemäße Anwendung durch den Untersucher; zum Beispiel kann eine unterschiedliche Positionierung des Patienten im Gerät zur Entstehung zufälliger Fehler führen. Weiterhin kann eine lange Aufnahmezeit bei digitalen Aufnahmen ebenfalls dazu führen. So weisen unter anderen Holberg et al. darauf hin, dass es bei digitalen Aufnahmen bei einer langen Aufnahmezeit von ca. 76 Sekunden (DVT-NewTom QR-9000) in bis zu 20 % aller Fälle zu relevanten Bewegungsartefakten durch Kopf-, Kiefer- und Atembewegungen kommt (Holberg et al., 2005). Im Vergleich dazu sind bei der DVT-Technik Bewegungsartefakte beim Dental-CT durch die kurze Aufnahmezeit von 1,1 Sekunde pro Schicht deutlich seltener zu beobachten. Dies wirkt sich auf die Qualität des gesamten Volumendatensatzes der Aufnahmen aus. Durch die kurze Aufnahmedauer beim 3D_Accutomo_170 Gerät von ca. 19 Sekunden lässt sich die Ausprägung von unscharfen Aufnahmen, die durch Bewegungen des Patienten beim Ein- und Ausatmen und Schlucken entstehen, eher vernachlässigen.

Andere Untersuchungen zeigen, dass bei neueren DVT-Geräten (3D eXam der Firma KaVo) die Aufnahmezeit auf 8,5 Sekunden reduziert werden kann (Cacaci et al., 2007).

Mozzo hat sich mit seinem Team mit der geometrischen Genauigkeit des DVT-Geräts bei verschiedenen Modalitäten und unterschiedlichen räumlichen Orientierungen beschäftigt und stellten Messabweichungen von 0,8-1 % in der horizontalen Ebene sowie 2,2 % in der vertikalen Ebene fest (Mozzo et al., 1998).

(Hübinger, 2008) untersuchte bei den dreidimensionalen Röntgenverfahren (CT, DVT) am humanen Kopfpräparat deren metrische Genauigkeit bei der Vermessung von Pinnlängen und stellte Abweichungen vom realen Wert im Durchschnitt von 0,020 mm (DVT) und 0,194 mm (CT) fest. Auch bei der Vermessung des Abstandes des Canalis mandibulae bis

zum krestalen Rand der Mandibula zeigt eine kleinere Abweichung von -0,076 mm im DVT im Vergleich zu 0,168 mm im CT.

Die Voxelgröße des 3D_Accuitomo_170 Geräts beträgt 0,80 mm. Aus diesem Grund ist die Ablesegenauigkeit am Bildschirm als sehr gut zu bezeichnen. Vergleiche der diagnostischen Genauigkeiten eines intraoralen photostimulierbaren Speicherleuchtstoff-Plattensystems (PSP) mit DVT-Aufnahmen bei unterschiedlichen Voxelgrößen von 0,125 mm und 0,250 mm zeigten, dass gefilterte DVT-Bilder bei 0,125 mm Voxelgröße eine höhere Sensibilität und Auflösung von 95 % aufweisen als bei einer Voxelgröße von 0,25 mm (Auflösung: 81 %). Beim PSP-Verfahren liegt die Auflösung bei 72 % (Wenzel et al., 2009).

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Die ermittelten Ergebnisse zeigen, dass der ideale Keil präoperativ anhand der DVT-Aufnahme präzise geplant werden kann. Ein nennenswerter Vorteil der DVT-Methode ist die Möglichkeit, im Vorfeld zu planen, welche Maßnahmen ergriffen werden könnten, um immer ein substanzschonendes und gut liegendes Medialisierungsimplantat zu setzen. Zwar wurde in der vorliegenden Studie nur ein kleiner signifikanter Unterschied zwischen einem idealen Keil und dem Montgomery-Keil festgestellt, dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die Untersuchung der anatomischen Strukturen des Kehlkopfes sehr von Nutzen für die Behandlungsplanung sein kann.

In unserer Studie konnte mithilfe der DVT-Aufnahme beobachtet werden, dass in drei Fällen der Montgomery-Keil eine kleine Modifikation benötigt, um einen idealen Keil zu setzen. Bei Fall 1, 5 und 7 (Abb. 5.1) z. B. musste der Montgomery-Keil nur im posterioren Bereich getrimmt werden, so dass er bis zum Processus vocalis reichte.

Anhand der Aufnahme konnte man feststellen, dass man beim Einsetzen eines individuellen Keils etwa 20 % Knorpelsubstanz schonen würde, wenn man das Zugangsfenster legt. Des Weiteren wäre eine Aufnahme sehr wichtig, um die Maße des

Keils präoperativ zu berechnen, um sich im Vorfeld für eine geeignete Methode zu entscheiden.

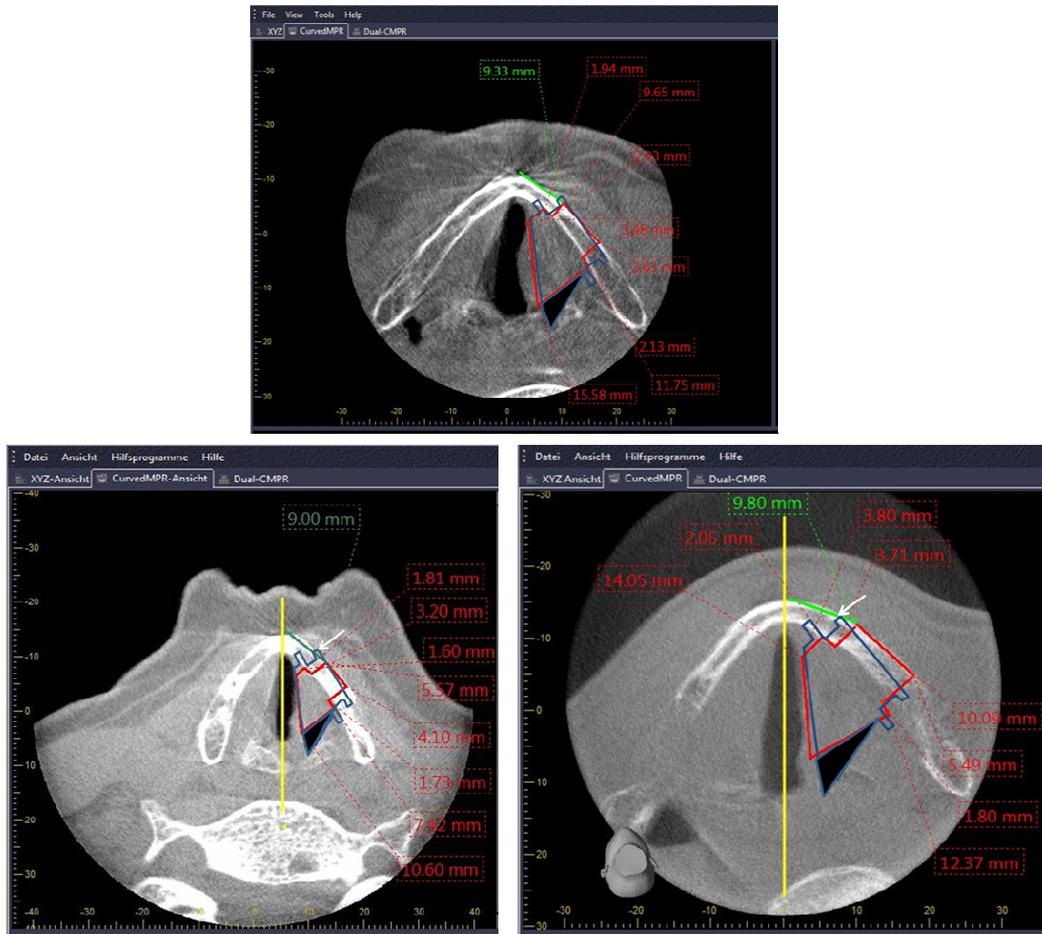


Abbildung 5-1 Diskussion der Fälle 1, 5 und 7

Der Befund der unten dargestellten Aufnahmen zeigt die Fälle 2, 4 und 8. Zu erkennen ist ein schmaler, spitzer Kehlkopf. Bei der Montgomery-Methode müsste hier auf jeden Fall eine Modifikation der Methode vorgenommen werden, und zwar dahingehend, dass der Eintrittspunkt für den Montgomery-Keil etwas nach posterior verlegt wird. Anhand der DVT-Aufnahme kann schon vorher berechnet werden, wo genau der Keil eingesetzt werden müsste.

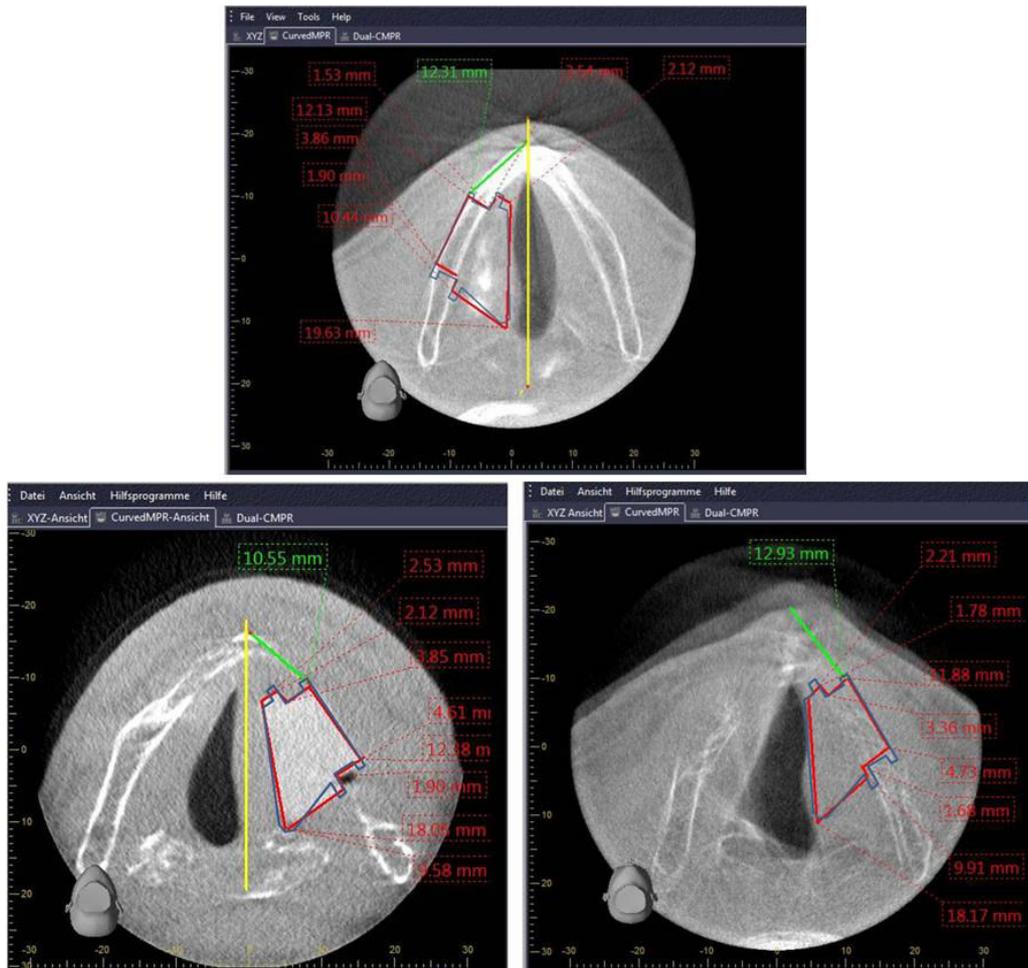


Abbildung 5-2 Diskussion der Fälle 2, 4 und 8

Bei den Fällen 3, 6 und 10 jedoch liegt kein großer Unterschied zwischen den beiden Methoden vor, da beide Keile im posterioren Bereich einen guten Stimmabschluss leisten würden. Allerdings könnte anhand einer Vorabmessung mittels DVT-Aufnahme das Zugangsfenster kleiner gehalten werden.

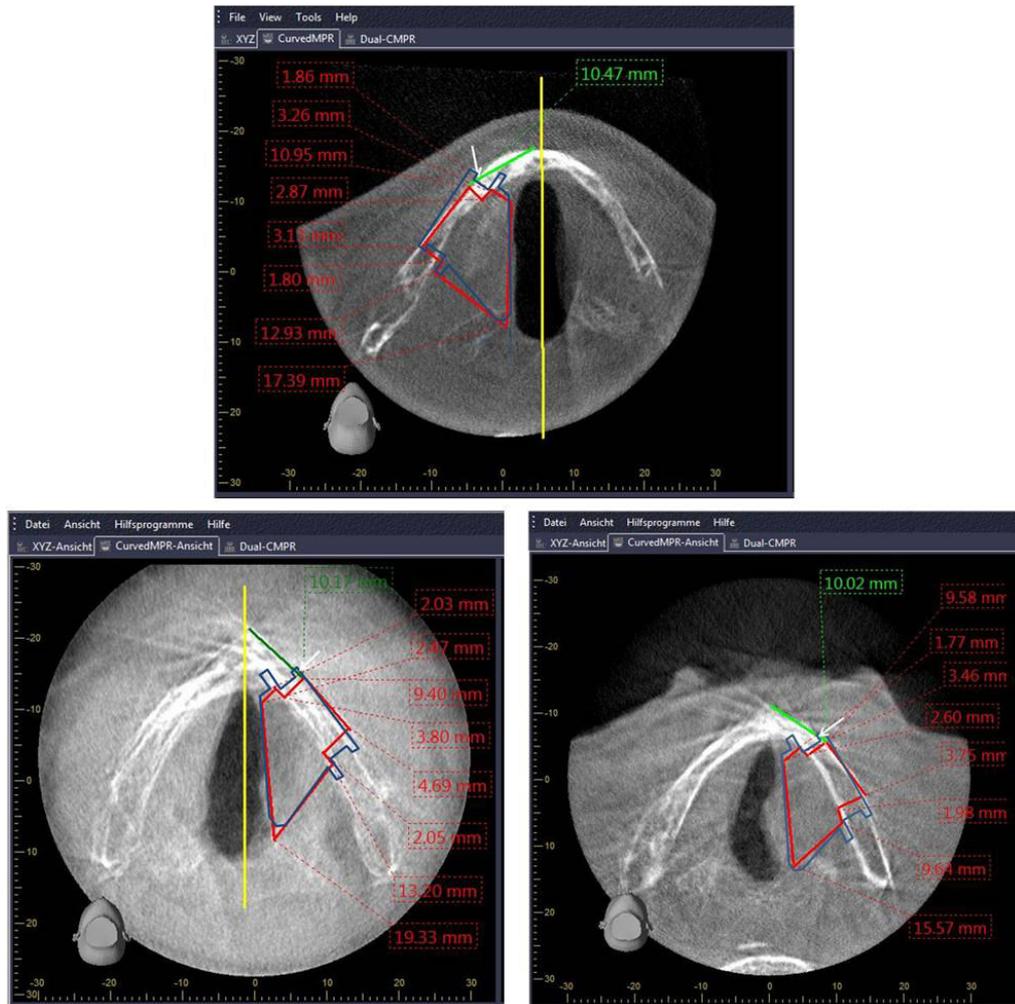


Abbildung 5-3 Diskussion der Fälle 3, 6 und 10

Im Fall Nr. 11 und 9 wäre eine Aufnahme absolut obligatorisch, um eine erfolgreiche Therapie zu erzielen. Der Kehlkopf ist sehr groß und schmal bzw. breit, was bei der Montgomery-Methode keine guten Ergebnisse liefern würde, da der Montgomery-Keil entweder im anterioren ligamentären Teil gut, dagegen im posterioren cartilaginären Teil nicht optimal liegen würde oder genau umgekehrt. Eine Vorabmessung und die präoperative Keilvorbereitung wären eine deutliche Erleichterung für den Operateur.

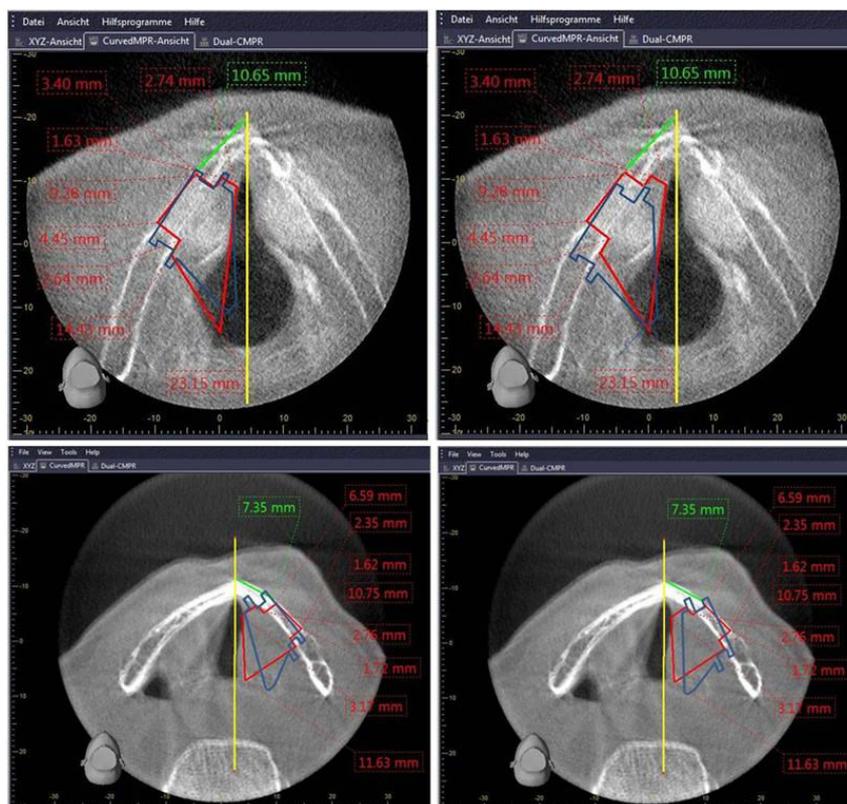


Abbildung 5-4 Diskussion der Fälle 9 und 11

Eine Planung anhand einer DVT-Aufnahme kann erfolgreich für eine Thyreoplastik-Operation vom Typ 1 angewendet werden. Eine Ermittlung der genauen Maße für den idealen Keil durch die DVT-Analyse ist zwar klinisch nicht obligatorisch, weil ein erfahrener Operateur mit konventionellen Methoden auch gute Ergebnisse erreicht, wäre allerdings sehr empfehlenswert.

Fazit: Die praktische Relevanz liegt nun darin, dass die idealen Keile an Hand von individuellen Maßen angefertigt werden können. Dies bedeutet eine geringere Invasivität, bessere Gewebeschonung und führt zum besseren Heilungsprozess. Individuelle Lösungen werden dadurch möglich, ebenso eine geringere Fehlerquote und größere Erfolgswahrscheinlichkeit für die Therapie. Dies ist in anderen Standardverfahren nicht möglich. Eine Beurteilung anhand von DVT-Schnittbildern wäre sehr empfehlenswert, weil die Anatomie des Kehlkopfes individuell unterschiedlich ist.

5.3 Diskussion vergleichbarer Arbeiten

Aufgrund der Bilderaufnahmen in drei Dimensionen sowie der Möglichkeit der räumlichen Auflösung bietet die DVT-Methode in der HNO-Heilkunde eine präzisere Diagnose vor der Behandlung und trägt somit zur Erleichterung der Entscheidungsfindung für eine geeignete Therapie und deren genauere und sichere Formulierung bei.

Die Untersuchung einiger klinische Fälle bei Patienten mit einseitiger Stimmlippenlähmung (UVFP) mittels dreidimensionaler Computer Tomografie (3DCT), womit man die Bewegung der Stimmlippen und der Stellknorpel eigentlich gut prä- und postoperativ darstellen könnte, zeigte häufig suboptimale Ergebnisse (Hiramatsu et al., 2008). Eine 3-D-Analyse wäre in solchen Fällen von Nutzen, um komplizierte intralaryngeale Strukturen vor der Thyreoplastik-Operation zu visualisieren.

In vielen radiologischen Studien wird der Zusammenhang zwischen der Anatomie des orofazialen Systems und Rhonchopathien für eine konkrete Diagnose untersucht. Eine prospektive Studie mit Hilfe des Fernröntgenseitenbilds stellt lediglich die Atemwege und die damit verbundenen Strukturen bei obstruktiver Schlafapnoe und schnarchenden Patienten dar (Battagel et al., 2000), des Weiteren wurde die Anwendung anderer Bildverfahren wie Computertomographie (CT) (Koren et al. 2009) sowie Magnetresonanztomographie (MRT) (Hora et al. 2007) untersucht.

Ebenso wurde eine dreidimensionale Analyse der anatomischen Struktur des oberen Atemweges mit Hilfe eines DVT-Scanners durchgeführt (Lenza et al., 2010). Aufgrund der guten Darstellung des Kontrasts zwischen Luft und Weichgeweben konnte eine gute Korrelation zwischen den meisten Messungen in der transversalen Ebene und deren entsprechenden Bereichen gefunden werden. Diese 3-D-Analyse ist präziser als die kephalometrische Beurteilung mittels Fernröntgenseitenbild.

Die Anwendung des Standard-CTs hat sich bei der Planung und Messung individuell angepasster Implantate für eine Thyreoplastik Operation Typ 1 ohne intraoperative Stimmüberwachung bewährt. Frizzarini et al. analysierten in einer tomographisch-experimentellen Studie Variationen von menschlichen Kehlköpfen mittels CT (Philips Mx8000) und

definierte dazu Form und Größe der dazu passenden Medialisierung-Implantate. Dieses Verfahren hat sich als einfach und effizient erwiesen (Frizzarini et al., 2011).

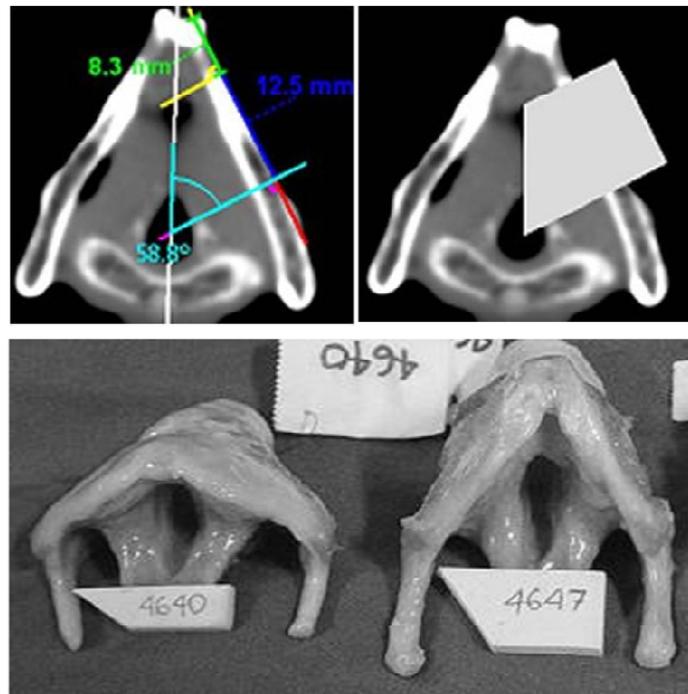


Abbildung 5-5 Unterschiedliche Größe des Implantates (Quelle: Frizzarini 2011)

Hara konnte durch Multidetektor-Computertomographie (CT) DICOM-Daten mit dreidimensionalen Rekonstruktionen an Patienten mit einseitiger Stimmlippenlähmung (UVFP) und schwerer gehauchter Dysphonie den optimalen Standort für ein Fenster für eine Thyreoplastik Typ I-Operation präoperativ festlegen und beim dreimonatigen postoperativen CT-Vergleichsbild sowohl zufriedenstellende Stimmritzenschließungen als auch eine entsprechend präzise Implantat-Positionierung (Abb. 5.6) feststellen (Hara et al., 2014).

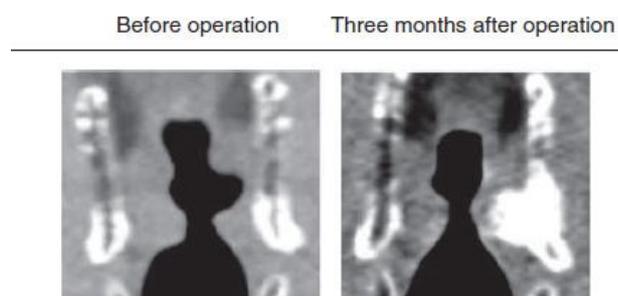


Abbildung 5-6 CT-Aufnahme vom eingesetzten Keil (Quelle: Hara 2014)

Zur Bewertung dieser Studie wird über die Optimierungsmöglichkeiten und ihre klinische Relevanz diskutiert. Um die Genauigkeit der Messungen zu ermitteln, wurden im Verlauf anderer Studien mit einer größeren Anzahl von Patienten unterschiedliche statistische Verfahren (Dahlberg, 1940), (Houston, 1983) angewendet. Die Maße des Keils haben sich hier nur auf die Höhe und die Breite beschränkt. Mit Hilfe der Möglichkeiten einer dynamischen Bildauswertung bei der DVT-Aufnahme könnte eine weitere Studie durchgeführt werden, die sich auch mit der Dicke des Keils beschäftigt.

6 Zusammenfassung

Einführung: Medialisierungsthyreoplastiken werden zur operativen Behandlung von einseitigen Stimmlippenbewegungsstörungen zur Verbesserung der Stimmfunktion und der Lebensqualität der Patienten durchgeführt. Auf dem Markt finden sich einerseits präfabrizierte Implantate mit einer limitierten Auswahl an Formen, andererseits besteht auch die Möglichkeit, Implantate intraoperativ individuell anzufertigen. Aus klinischer Erfahrung und belegt durch Hinweise aus der Literatur ist bekannt, dass Schildknorpelkonfigurationen erheblichen Formvariationen unterliegen. Diese Verschiedenheit der Schildknorpelkonfigurationen erschwert die optimale Medialisierung von Stimmlippen während einer Operation, beispielsweise bei sehr steilen oder sehr flachen Winkeln der Schildknorpelflächen zueinander. Es stellt sich daher die Frage, ob man mit einer individuellen präoperativen morphometrischen Planung eines idealen Implantates die Operationsergebnisse optimieren könnte. Durch die Verfügbarkeit der digitalen Volumentomographie in Polikliniken könnten die präoperative morphometrische Analyse und Keilgrößenplanung vereinfacht werden.

Ziel: Das Ziel dieser retrospektiven Untersuchungen ist die Klärung folgender Fragestellung: Liefert eine DVT-Aufnahme gute Ergebnisse bezüglich der Platz- und Lageanalyse der Medialisierungsimplantate (Keile) und besteht eine Maßabweichung beim Vergleich einer am DVT-Bild gemessenen idealen Konfiguration im Vergleich zum präfabrizierten Implantat des Herstellers Boston Medical (Montgomery-Implantat)?

Material und Methoden: Die Untersuchungsgruppe bestand aus 11 klinischen Fällen. Anhand einer präoperativen Planung der idealen Konfiguration eines Medialisierungsimplantates (Keils) durch Morphometrie am digitalisierten Bildmaterial wird für jeden Patienten analysiert, ob man mit einem präfabrizierten Keil der Firma Montgomery ausreichend gute Ergebnisse erzielen kann oder ob durch eine individuelle Anfertigung durch Silikonblockimplantate nicht doch eine Optimierung zu erzielen ist.

Diese Optimierung wurde retrospektiv untersucht. Postoperative Kontrollen eines guten Keilsitzes sind dabei miteinzubeziehen.

Resultate: DVT-Aufnahmen können genauere Messungen und Voraussagen über das Platzangebot und die Lageanalyse eines idealen Keilsitzes bei Medialisierungsthyreoplastiken ermöglichen. Dies ergänzt die konventionelle Untersuchungsmethode oder die Messungen anhand von CT-Schnittbildern bzw. könnte diese auch ersetzen, was sich besonders während der präoperativen Planungsphase als nützlich erweisen würde. Auch wenn DVT-Aufnahmen nicht zur Weichgewebsanalyse geeignet sind, so lässt sich doch die Knorpelstruktur des Kehlkopfes gut abbilden und vor allem auch millimetergenau vermessen. Zudem hätte dieses Bildverfahren auch den Vorteil, dass die Strahlenbelastung des Halses vergleichsweise gering ist, wenn man eine konventionelle CT-Aufnahme zum Vergleich heranzieht. Die bessere Bildqualität und die Möglichkeiten einer dynamischen Bildauswertung bei den DVT-Aufnahmen werden unserer Meinung nach wahrscheinlich alle anderen konventionellen Röntgenaufnahmetechniken zukünftig immer weiter zurückdrängen.

Die Wahrscheinlichkeit, ob die Montgomery-Methode gute Prognosen abwirft, kann durch die DVT-Aufnahme im Voraus ermittelt werden. Durch die Untersuchungen konnten kleine Unterschiede in der Position (Fenestrierungspunkt) sowie der Form (trimmende Maßnahmen) zwischen den ideal konfigurierten Keilen und den standardisierten Montgomery-Keilen ermittelt werden. Die klinische Relevanz des Montgomery-Keils kann als hoch betrachtet werden, um die Ergebnisse zu optimieren und gegebenenfalls in Einzelfällen die richtige Therapieplanung und den passenden Keil zu erstellen. Zur Beurteilung des Stimmlippenschlusses ist eine DVT-Aufnahme nicht notwendig.

7 Literaturverzeichnis

- Arens, C., 2013. Behandlung von Glottisschlussinsuffizienzen. *HNO*, 14 Feb, p. 117–134.
- Battagel, J., Johal, A. & Kotecha, B., 2000. A cephalometric comparison of subjects with snoring and obstructive sleep apnoea. *Eur J Orthod* , Issue 22, pp. 353-365.
- Baumrind, S., Moffitt, F. & Curry, S., 1984. Three-dimensional x-ray stereometry from paired coplanar images: a progress report. *American journal of orthodontics* , Issue 4, pp. 292–312.
- Berghaus, A., 1996. Larynx. In: *Hals-Nasen-Ohren Heilkunde*. Stuttgart: Hippokrates, pp. 514 -557.
- Boenninghaus, H.-G., 2012. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. 14 Hrsg. Berlin: Springer.
- Boston, 2014. *Katalog*. [Online] Boston Medical Products Available at: <http://www.bosmed.com> [Zugriff am 01 12 2014].
- Cacaci, C., Frank, F. & Bumann, A., 2007. DVT-Volumentomograph Digitaler Durchblick. *J ContDentEduc*, Band 3, pp. 1-9.
- Dahlberg, G., 1940. *Statistical methods for medical and biological students*. Michigan: G. Allen & Unwin ltd.
- Dammann, F. et al., 2014. Bildgebende Verfahren in der Kopf-Hals-Diagnostik. *Deutsches Ärzteblatt*, Band 111, pp. 417-423.
- Friedrich, G., 2010. Endolaryngeal Phonosurgery. In: M. Remacle & H. Eckel, Hrsg. *Surgery of Larynx and Trachea*. Berlin: Springer, pp. 39-43.
- Friedrich, G. & Bigenzahn, W., 2001. Phonochirurgie – Moderne stimmverbessernde Kehlkopfchirurgie. *Acta Chirurgica Austriaca*, Issue 4, pp. 187-193.
- Friedrich, G., Kainz, J. & Freidl, G., 1993. Zur funktionellen Struktur der menschlichen Stimmlippe. *Laryngo-Rhino-Otologie*, May, Issue 72, pp. 215-224.
- Friedrich, G., Remacle, M., Birchall, M. & Marie, J., 2007. Defining phonosurgery: a proposal for classification and nomenclature by the Phonosurgery Committee of the European Laryngological Society (ELS). *Oto-Rhino-Laryngology*, Issue 10, pp. 1191-1200.

Frizzarini, R. et al., 2011. Individually Customized Implants for Laryngoplasty – Are They Possible? *Journal of Voice*, 26 (5), pp. 619-622.

Glunz, M., Reuß, C., Schmitz, E. & Stappert, H., 2011. *Laryngektomie 2. Aufl.* Berlin: Springer-Verlag.

Hansen, J. & Thibeault, S., 2006. Current Understanding and Review of the Literature: Vocal Fold Scarring. *Journal of Voice*, Issue 20, pp. 110-120.

Hara, H., Hori, T., Sugahara, K. & Yamashita, H., 2014. Surgical planning of Isshiki type I thyroplasty using an open-source Digital Imaging and Communication in Medicine viewer OsiriX. *Acta Oto-Laryngologica*, Band 134, pp. 620-625.

Hiramatsu, H., Tokashiki, R. & Suzuki, M., 2008. Usefulness of three-dimensional computed tomography of the larynx for evaluation of unilateral vocal fold paralysis before and after treatment: technique and clinical applications. *Eur Arch Otorhinolaryngo*, Issue 265, pp. 725-730.

Hirano, M., Kurita, S., Kiyokawa, K. & Sato, K., 1986. Morphological study in excised human larynges. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, Nov-Dec, Band 95 (6 Pt1), pp. 576-581.

Hirsch, E., 2008. Untersuchungen zur Dosisbelastung bei der DVT. *Digital_Dental.News*, Dezember, p. 9.

Holberg, C., Steinhäuser, S., Geis, P. & Rudzki-Janson, I., 2005. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics: Benefits and Limitations. *J Orofac Orthop*, Issue 66, pp. 434-444.

Hora, F. et al., 2007. Clinical, Anthropometric and Upper Airway Anatomic Characteristics of Obese Patients with Obstructive Sleep Apnea Syndrome. *Karger AG*, 74 (5), p. 517-524.

Houston, W., 1983. The analysis of errors in orthodontic measurements. *American Journal of Orthodontics*, 83 (5), pp. 382-390.

Hübinger, A., 2008. *Evaluation dreidimensionaler radiologischer Verfahren zur Darstellung der Mandibula am Humanpräparat*, Gießen.

Isshiki, N., 1997. *Laryngeal framework surgery course*. Amsterdam, Netherlands.

Isshiki, N., Okamura, H. & Ishikawa, T., 1975. Thyroplasty Type I (Lateral Compression) For Dysphonia Due To Vocal Cord Paralysis Or Atrophy. *Acta Otolaryngol*, Issue 80, pp. 465-473.

- Kauffmann, G., Moser, E. & Sauer, R., 2001. *Radiologie*. 2. Hrsg. München/Jena: Urban & Fischer.
- Kimura, M., Mau, T. & Chan, R., 2010. Viscoelastic properties of phonosurgical biomaterials at phonatory frequencies. *Laryngoscope*, Issue 120, pp. 764-768.
- Koren, A., Gronelj, L. & Fajdiga, I., 2009. CT comparison of primary snoring and obstructive sleep apnea syndrome: role of pharyngeal narrowing ratio and soft palate-tongue contact in awake patient. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, Band 266, pp. 727-734.
- Koufman, J. & Winston-Salem, N., 1986. Laryngoplasty for vocal cord medialization: an alternative to Teflon. *Laryngoscope*, 7 (96), pp. 726-731.
- Kwon, T., Rosen, C. & Gartner-Schmidt, J., 2005. Preliminary Results of a New Temporary Vocal Fold Injection Material. *Journal of Voice*, Issue 19 (4), pp. 668-673.
- Lenza, M. et al., 2010. An analysis of different approaches to the assessment of upper airway morphology: a CBCT study. *Orthod Craniofac Res.*, 13 (2), pp. 96-105.
- Linsenmaier, U. et al., 2002. Three-dimensional CT with a modified C-arm image intensifier: feasibility. *Radiology*, Issue 1, pp. 286-292.
- Mallur, P. & Rosen, C., 2010. Vocal Fold Injection: Review of Indications, Techniques, and Materials for Augmentation. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, Issue 3 (4), pp. 177-182.
- Möbes, O. et al., 2000. Strahlenexposition bei der digitalen Volumtomographie, Panoramaschichtaufnahme und Computertomographie. *Dtsch Zahnärztl Z*, 55 (5), pp. 336-339.
- Montgomery, W. & Montgomery, S., 1997. Montgomery thyroplasty implant system. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, Issue 170, pp. 1-16.
- Montgomery, W., Montgomery, S. & Hill, C., 1994. *Thyroplasty Implant*, Waltham, Mass: Boston Medical Products.
- Morita, J., 2010. *J. MORITA MFG. CORP.* [Online] I. Dixel One Volume Viewer (2.0.0) Available at: <http://www.morita.com> [Zugriff am 01 12 2014].
- Mozzo, P. et al., 1998. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results.. *European Association of Radiology*, 8 (9), pp. 1558-1564.

Nawka, T. & Hosemann, W., 2005. Chirurgische Verfahren bei gestörter Stimme. *Laryngorhinootology* , Issue 84, pp. 201-212.

Sittel, C., Wassermann, K., Mathen, F. & Eckel, H., 2001. Unilateral and bilateral recurrence of inferior laryngeal nerve paralysis. In: *Pneumologie*. Stuttgart · New York: Thieme, pp. 568-578.

Sulica, L. et al., 2010. Current practice in injection augmentation of the vocal folds: indications, treatment principles, techniques, and complications. *The Laryngoscope* , Issue 120, pp. 319-325.

Sundberg, J., 1997. *Die Wissenschaft der Singstimme*. Bonn: Orpheus.

Wendler, J., Seidner, W. & Eysholdt, U., 2005. *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*. 4. Hrsg. Stuttgart: Thieme.

Wenzel, A., Haiter-Neto, F., Frydenberg, M. & Kirkevang, L., 2009. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surgery*, 108 (6), pp. 939-945.

Yeretsian, R. et al., 2003. Teflon-Induced Granuloma: A False-Positive Finding with PET Resolved with Combined PET and CT. *AJNR Am J Neuroradio* , Issue 24, pp. 1164-1166.

8 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1-1 Larynxinneres von dorsal (Quelle: Boenninghaus 2012) | 5 |
| Abbildung 1-2 Innervation und Blutversorgung des Larynx (Quelle: Boenninghaus 2012) | 6 |
| Abbildung 1-3 Knorpel und Muskeln des Larynx (Quelle: Berghaus 1996) | 7 |
| Abbildung 1-4 Anatomie der Stimmlippen (Quelle: Berghaus 1996)..... | 8 |
| Abbildung 1-5 Abschnitte der Glottis (Quelle: Friedrich 1993) | 9 |
| Abbildung 1-6 Physiologische Glottisinsuffizienz (Quelle: Arens 2013)..... | 11 |
| Abbildung 1-7 Stimmlippenhämatom (Quelle: Berghaus 1996)..... | 11 |
| Abbildung 1-8 Reinke-Ödem (Quelle: Arens 2013) | 12 |
| Abbildung 1-9 Glottisinsuffizienz bei Polyp (Quelle: Arens 2013)..... | 12 |
| Abbildung 1-10 Stimmlippenpositionen bei einseitiger Lähmung (Quelle: Sittel 2001).... | 13 |
| Abbildung 1-11 Injektionsaugmentation der Stimmlippen (Quelle: Arens 2013) | 15 |
| Abbildung 1-12 Thyreoplastiken nach Isshiki Typ I, II, III, IV (Quelle: Wendler 2005) ... | 16 |
| Abbildung 1-13 Thyreoplastik Operationsverlauf nach Isshiki (Quelle: Isshiki 1997) | 18 |
| Abbildung 1-14 Thyreoplastik Implantat (Quelle: Montgomery et al. 1994)..... | 18 |
| Abbildung 1-15 Montgomery Implantat-System (Quelle: Boston Katalog)..... | 19 |
| Abbildung 1-16 Montgomery-Methode (Quelle: Boston Katalog)..... | 19 |
| Abbildung 3-1 Einstellung des DVT-Programmes (Quelle: Morita 2010) | 25 |
| Abbildung 3-2 Bilddarstellung der Voxelgröße (Quelle: Morita 2010)..... | 25 |
| Abbildung 3-3 Räumliche Auflösung (Quelle: Morita 2010) | 26 |
| Abbildung 3-4 DVT-Aufnahmen in drei Ebenen (Quelle: Morita 2010)..... | 27 |
| Abbildung 3-5 Schnittbildrotation und Cursorlinie (Quelle: Morita 2010)..... | 27 |
| Abbildung 3-6 One-Volume-Viewer Software (Quelle: Morita 2010)..... | 28 |
| Abbildung 3-7 Kontrasteinstellung (Quelle: Morita 2010) | 28 |
| Abbildung 3-8 DVT-Aufnahme Menü | 29 |
| Abbildung 3-9 DVT-Aufnahme Einstellung 1:1-Größenverhältnis | 30 |
| Abbildung 3-10 Rekonstruktion des idealen Keils..... | 30 |
| Abbildung 3-11 Foto der Montgomery-Keile | 31 |
| Abbildung 3-12 Kalibrierung des Montgomery-Keils | 31 |
| Abbildung 3-13 Vergleich zwischen idealem und Montgomery-Keil | 32 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 4-1 Darstellung des Larynx in DVT..... | 33 |
| Abbildung 4-2 Darstellung der Stimmklappen in DVT..... | 34 |
| Abbildung 4-3 Postoperative DVT-Aufnahme | 35 |
| Abbildung 4-4 Bezugslinien..... | 36 |
| Abbildung 4-5 Fensterbreite und Kantenlänge des Keils..... | 36 |
| Abbildung 4-6 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 1 | 38 |
| Abbildung 4-7 Aufnahmedokumentation Montgomery-Keil - Fall Nr. 1..... | 38 |
| Abbildung 4-8 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 2 | 39 |
| Abbildung 4-9 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 3 | 40 |
| Abbildung 4-10 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 4 | 40 |
| Abbildung 4-11 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 5 | 41 |
| Abbildung 4-12 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 6 | 42 |
| Abbildung 4-13 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 7 | 42 |
| Abbildung 4-14 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 8 | 43 |
| Abbildung 4-15 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 9 | 43 |
| Abbildung 4-16 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 10 | 44 |
| Abbildung 4-17 Aufnahmedokumentation Fall Nr. 11 | 45 |
| Abbildung 5-1 Diskussion der Fälle 1, 5 und 7..... | 49 |
| Abbildung 5-2 Diskussion der Fälle 2, 4 und 8..... | 50 |
| Abbildung 5-3 Diskussion der Fälle 3, 6 und 10..... | 51 |
| Abbildung 5-4 Diskussion der Fälle 9 und 11..... | 52 |
| Abbildung 5-5 Unterschiedliche Größe des Implantates (Quelle: Frizzarini 2011)..... | 54 |
| Abbildung 5-6 CT-Aufnahme vom eingesetzten Keil (Quelle: Hara 2014) | 54 |
| Abbildung 9-1 Technische Daten von 3D Accuitomo 170 (Quelle: Morita 2010)..... | 65 |
| Abbildung 9-2 Absorbierte Dosis in Milligray bei DVT (Quelle: Hirsch 2008) | 65 |

9 Anhang

9.1 Abkürzungen

Abb.: Abbildung

CT: Computertomographie

DVT: Digitale Volumetomographie

FOV: das maximal darstellbare Volumen

HNO: Hals-Nasen-Ohren

kV: Kilovolt

Lat. : Latein

mA: Milliampere

mGy: Milligray

ML: MedializationThyroplasty: Medialisierungsthyreoplastik

mm: Millimeter

mSv: Millisievert

MT: Modulationstransferfunktion: Kontrastübertragungsfunktion

Nr.: Nummer

S: Sekunde

Tab.: Tabelle

ULNP: unilateral nerve paralysis: einseitige Nervenlähmung

9.2 Tabellen

| Technische Beschreibung | |
|--|--|
| Produktbezeichnung | 3D Accuotomo Tomograph für xyz-Schnittbilder |
| Modell | MCT-1 |
| Typ | EX1/2 F17 |
| Eingangsspannung | 100/110/120 V Wechselstrom 220/230/240 V Wechselstrom |
| Leistungsaufnahme | Max. 2,0 kVA |
| Röntgenröhre | |
| Röhrenspannung | 60 - 90 kV |
| Röhrenstrom | 1 - 10 mA (max 8 mA: Hi-Fi, Hi-Res Modi) |
| Brennfleckdurchmesser | 0,5 mm |
| Aufnahmezeit (360° / 180°) | Std-Modus: 17,5/9,0 Sek. |
| | Hi-Fi-Modus: 30,8/15,8 Sek. |
| | Hi-Res-Modus: 30,8/15,8 Sek. |
| | Hi-Speed-Modus: 10,5/5,4 Sek. |
| Aufnahmevermögen (Durchmesser x Höhe) | ø 170 x 120 mm ø 170 x 50 mm |
| | ø 140 x 100 mm ø 140 x 50 mm |
| | ø 100 x 100 mm ø 100 x 50 mm |
| | ø 80 x 80 mm |
| | ø 60 x 60 mm |
| | ø 40 x 40 mm |
| Voxelgröße | 80 µm, 125 µm, 160 µm, 200 µm, 250 µm |
| Außenmaße | |
| Hauptgerät (B x T x H) | 1620 mm x 1250 mm x 2080 mm |
| Steuergerät (B x T x H) | 96 mm x 40 mm x 115 mm |
| Gewicht | Ca. 400 kg |

Abbildung 9-1 Technische Daten von 3D Accuotomo 170 (Quelle: Morita 2010)

| Organ / Gewebe | Messsitu | Veriviewepocs 3D | | | 3D Accuotomo | |
|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | | 8 x 4 cm anterior | 4 x 4 cm anterior | Pan + 1 Scan 4 x 4 cm anterior | 6 x 6 cm anterior | 4 x 4 cm anterior |
| Knochenmark | 3. Halswirbel | 400.9 | 251.7 | 102.8 | 314.8 | 94.1 |
| | Unterkieferast | 1321.3 | 1196.7 | 1211.9 | 1472.0 | 824.6 |
| Gehirn | Hypophyse | 108.4 | 35.7 | 54.8 | 108.0 | 31.6 |
| Auge | Augenlinse | 275.5 | 54.7 | 75.1 | 104.6 | 31.6 |
| Gl. thyreoidea | Gl. thyreoid. | 87.3 | 56.2 | 39.0 | 115.6 | 42.8 |
| Speicheldrüsen | Gl. submand. | 428.4 | 275.8 | 185.6 | 958.6 | 250.4 |
| | Gl. parotis | 2490.3 | 2022.8 | 2258.5 | 2242.0 | 1268.8 |
| Haut | Gl. thyreoid. | 53.6 | 34.4 | 25.2 | 66.9 | 25.2 |
| | Hals (Nacken) | 2201.7 | 1276.5 | 333.6 | 353.8 | 108.9 |
| | Philtrum | 4095.6 | 3395.0 | 3200.0 | 10328.4 | 2803.2 |
| | Gl. parotis | 3689.9 | 438.5 | 2687.4 | 2817.5 | 450.0 |
| | Nasion | 321.9 | 65.4 | 94.2 | 124.9 | 36.1 |

Abbildung 9-2 Absorbierte Dosis in Milligray bei DVT (Quelle: Hirsch 2008)

10 Danksagung

Mein aller erster Dank gilt Prof. Dr. Markus Hess, Direktor der Klinik und Poliklinik für Hör-, Stimm- und Sprachheilkunde des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf, für die Überlassung des Themas, seinen Einsatz und die wissenschaftlich fundierte Betreuung. Es war eine Freude, die Dissertation in seinem netten Team durchführen zu dürfen. Frau Schumacher und Herrn Thimian danke ich für die Hilfe bei der Erhebung der Daten und weiterer Dank gilt den Patienten für ihre Bereitschaft zur Mitarbeit.

Dr. A. Steiner danke ich für die Unterstützung und die gute kollegiale Zusammenarbeit und nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Freunden und meiner Familie für die Motivation bedanken.

11 Tabellarischer Lebenslauf

12 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

.....

Andreas Mousli (M.Sc.)