

Aus der Klinik für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Rhinomanometrische Ergebnisse bei transversalem maxillärem
Defizit – Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Rebecca Maria Hoehl

aus Böblingen

Datum der Promotion: 18.12.2020

Inhaltsverzeichnis

1. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	3
2. Abkürzungsverzeichnis (alphabetisch)	6
3. Zusammenfassung	8
4. Abstract	10
5. Einleitung.....	12
5.1. Anatomie und Physiologie des nasomaxillären Komplexes.....	12
5.2. Das transversale maxilläre Defizit, funktionelle Folgen und operative Korrekturmöglichkeiten.....	16
5.3. Prinzip der nasalen Funktionsprüfung.....	19
5.4. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	23
6. Materialien und Methoden.....	24
6.1. Patientenkollektiv	24
6.2. Rhinomanometrische Untersuchung	25
6.3. Statistik	29
7. Ergebnisse.....	31
7.1. Patientenkollektiv	31
7.2. Rhinomanometrische Ergebnisse und statistische Evaluation.....	34
7.3. Kasuistiken	46
7.3.1. Patienten mit Lippen-Kiefer- Gaumen Spalte	46
7.3.2. Patient Nr. 16	48
7.3.3. Patient Nr. 29	49
7.4. Statistisch signifikante und nicht- signifikante Ergebnisse	50
7.5. Keypoints	52
8. Diskussion.....	53
8.1. Diskussion der Materialien und Methoden	54
8.2. Diskussion der Ergebnisse	58
8.2.1. Prä-operative Messwerte	58
8.2.2. Vergleich prä- und postoperativer Messwerte.....	61
9. Schlussfolgerung.....	68
Literatur	69
Anhang.....	76
Eidesstattliche Versicherung.....	84
Lebenslauf	85
Danksagung	86

1. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb.1: Lage des Oberkiefers (Maxilla) im Schädel Zeichnung der Doktorandin modifiziert nach: Schünke et al., 2018. Prometheus - Lernatlas der Anatomie : Kopf, Hals und Neuroanatomie 5. vollständig überarbeitete Auflage., Stuttgart ; New York: Georg Thieme Verlag; S. 30

Abb. 2: Ansicht des Oberkiefers (Maxilla) von kranial Zeichnung der Doktorandin modifiziert nach: Schünke et al., 2018. Prometheus - Lernatlas der Anatomie : Kopf, Hals und Neuroanatomie 5. vollständig überarbeitete Auflage., Stuttgart ; New York: Georg Thieme Verlag; S. 45

Abb. 3: Schema zur Dokumentation des inspektorischen Befundes aus Bachmann, W., 1982. Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung : Einführung in die Rhinomanometrie, Berlin [u.a.]: Springer; S. 107 – mit freundlicher Genehmigung des Springer- Verlags

Abb. 4 und 5: Beispiel des Oberkiefers einen Patienten vor und nach chirurgischer Gaumennahterweiterung mit einem TPD (Fotos der Gipsmodelle von Patient Nr. 16)

Abb. 6 und 7: Schematische Darstellung des Messprinzips der anterioren (links) und der posterioren (rechts) Rhinomanometrie aus: Bachmann, W., 1982. Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung : Einführung in die Rhinomanometrie, Berlin [u.a.]: Springer; S.15 (Abb.6) und 13 (Abb.7) – mit freundlicher Genehmigung des Springer- Verlags

Abb. 8.: Schematische Darstellung des Untersuchungsaufbaus mit einer Gesichtsmaske (selbstangefertigte, schematische Zeichnung der Doktorandin)

Abb. 9: Darstellung der Messergebnisse am Computerbildschirm des Rhino4000

der Firma Homoth -
<https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/dimension=1920x400:format=png/path/s474a5ae0c3ba57b2/image/i689d352fc0d5caf7/version/1430897651/image.png> -
Zugriff November 2018 über den Webshop des Herstellers auf <https://www.homoth-shop.de/td-rhinom/>

Abb. 10: Beispielhafte Darstellung des Kurvenverlaufs bei schlechter Nasenatmung (enge Atemzange) und guter Nasenatmung (weite Atemzange) aus:

Bachmann, W., 1982. Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung : Einführung in die Rhinomanometrie, Berlin [u.a.]: Springer; S.24 – mit freundlicher Genehmigung des Springer- Verlags

Abb. 11.: Histogramm der Altersverteilung im Gesamtkollektiv

Abb. 12.: Graphische Darstellung der Struktur des Studienkollektivs

Abb. 13: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten des Gesamtkollektivs (n= 47) prä-operativ nach Tabelle 1

Abb. 14: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch rechte Seite in cm³/s

Abb. 15: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch linke Seite in cm³/s

Abb. 16: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch gesamt in cm³/s

Abb. 17: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa expiratorisch gesamt in cm³/s

Abb. 18: Vergleich der prä- und der postoperativen Widerstandswerte bei 150ΔPa inspiratorisch rechts (Pa*s/cm³)

Abb. 19: Vergleich der prä- und der postoperativen Widerstandswerte bei 150ΔPa inspiratorisch links (Pa*s/cm³)

Abb. 20: Vergleich der prä- und der postoperativen Seitendifferenz Inspiratorisch

Abb. 21: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten prä-operativ nach Tabelle 1

Abb. 22: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten post-operativ nach Tabelle 1

Abb. 23: Darstellung der prä- und post-operativen Flow- Werte bei 150ΔPa in cm³/s bei Patient Nr. 19.

Abb. 24: Darstellung der prä- und post-operativen Flow- Werte bei 150ΔPa in cm³/s bei Patient Nr. 29.

Abb. 25 und 26: Gipsmodelle des Oberkiefers der Patientin vor und nach chirurgischer Gaumennahterweiterung mit einem TPD (Gipsmodelle von Patient Nr. 29)

Tab. 1: Tabelle zur Bewertung des Atemstroms bei 150Pa beidseitig aus den gemittelten Werten mehrerer Autoren aus: Eichler, J., 1988. Einführung in die Technik der Rhinomanometrie : Anwendungen in der Rhinologie und Allergologie, Berlin [u.a.]: Quintessenz-Verl.-GmbH; S.107 – mit freundlicher Genehmigung des Quintessenz- Verlags

Tab. 2: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47)

Tab. 3: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Werte männlicher und weiblicher Patienten

Tab. 4: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) – Vergleich der Werte der Patienten, die ausschließlich präoperativ untersucht wurden (Termin 2 „nein“) und der Patienten, welche zusätzlich postoperativ untersucht wurden (Termin 2 „ja“)

Tab. 5: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Patienten mit und ohne Lippen-Kiefer-Gaumen- Spalte

Tab. 6: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Gruppe Hemi-TPD und TPD

Tab. 7: Statistische Kennzahlen der Differenzwerte zwischen Termin 1 und Termin 2 für Patienten mit und ohne LKG-Spalte

Anhang:

Tab. 8: Daten des Patientenkollektivs und für die Studie relevante Informationen

Tab. 9: Direkte Messwerte prä- und postoperativer Daten

Tab. 10: Differenzwerte zwischen Termin 1 und Termin 2

2. Abkürzungsverzeichnis (alphabetisch)

amb	ambulant
BSSO	Bilateral sagittal split osteotomy (interne Abkürzung)
CMD	Craniomandibuläre Dysfunktion
FX	Fixation
Hemi-TPD	Halbseitige Transpalatinaldistraktion (interne Formulierung)
LeFortI	Operation zur Neuorientierung des Oberkiefers in der Sagittalen (interne Abkürzung)
LKG	Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
li	links
n	Anzahl
N/A	Parameter nicht verfügbar
M	männlich
Max.	Maximum
MCA	Minimum Nasal Cross sectional Area
ME	Materialentfernung (z.B. Entfernung von Osteosyntheseplatten)
Min.	Minimum
OK	Oberkiefer
OP	Operation
re	rechts
ReTPD	Wiederholte Operation zur Transpalatinaldistraktion
RME	Rapid maxillary expansion
SARME/SARPE	Surgically assisted rapid maxillary/ palatal expansion
SD	Standard deviation = Standardabweichung
stat	stationär
TMD	Transversales maxilläres Defizit
TPD	Transpalatinaldistraktion/ Transpalatinaldistraktor
TPDex	Entfernung des Transpalatinaldistraktors
TTS	Titan-Trauma-Schiene
TJ-DO	Two jaw - distraction osteogenesis (interne Abkürzung)

TJS	Two jaw surgery (interne Abkürzung für bimaxilläre Umstellungsosteotomie)
UK	Unterkiefer
W	weiblich
WSR	Wurzelspitzenresektion
Z.n.	Zustand nach

Für die Benennung der verwendeten Messwerte vgl. S. 28 im Kapitel „Ergebnisse“.

3. Zusammenfassung

Einleitung: Das transversale maxilläre Defizit (TMD) beschreibt eine Unterentwicklung des Oberkiefers in der Breite. Dies kann relevante funktionelle Beeinträchtigungen im Bereich des stomatognathen Systems sowie der Atemwege, insbesondere der nasalen Durchgängigkeit („Nasentatmung“) zur Folge haben. Häufig besteht bei Patienten mit TMD eine Beeinträchtigung der nasalen Durchgängigkeit. Zur chirurgischen Korrektur des transversalen maxillären Defizits stehen unterschiedliche Techniken zur Verfügung, die auch einen positiven Effekt auf die nasale Durchgängigkeit haben können. Hierzu zählt auch die Transpalatinaldistraktion, wobei hier die Breite des Oberkiefers nach dem Prinzip der Distraktionsosteogenese durch skelettal gelagerte Apparaturen schrittweise nachentwickelt werden kann. Eine nicht-invasive Methode zur Untersuchung der nasalen Atemfunktion/ nasalen Durchgängigkeit ist die Rhinomanometrie.

Ziel dieser Studie war es, bei Patienten mit transversalem maxillärem Defizit die nasale Durchgängigkeit („Nasentatmung“) anhand vorhandener rhinomanometrischer Daten zu analysieren und eine mögliche Verbesserung derselben nach Transpalatinaldistraktion zu objektivieren.

Materialien und Methoden: Es handelt sich um eine retrospektive Untersuchung von Patienten, bei denen in den Jahren 2012-2016 an der Klinik für MKG-Chirurgie des Campus Virchow Klinikum der Charité, Universitätsmedizin Berlin, eine Transpalatinaldistraktion zur Korrektur eines bestehenden transversalen maxillären Defizits durchgeführt wurde. Zur Erfassung der nasalen Durchgängigkeit kam die Technik der aktiven anterioren Rhinomanometrie ohne abschwellende Nasentropfen zur Anwendung. Von 47 Patienten konnten präoperative Daten berücksichtigt werden (23 M/24 W). Die Altersspanne lag zwischen 11 und 47 Jahren. Bei 22 Patienten lagen zusätzlich postoperative Rhinomanogramme vor (12 M/10 W). Hier lag die Altersspanne zwischen 15 und 40 Jahren. Die präoperativen Rhinomanometriedaten wurden einen Tag vor Distraktorinsertion erfasst, die postoperativen Werte wurden 7 bis 31 Monate nach der Distraktorinsertion ermittelt. Die präoperativen Daten wurden mit rhinomanometrischen Literaturdaten und Normwerten verglichen und deskriptiv statistisch analysiert. Bei der Patientengruppe bei der prä- und postoperative

Rhinomanometriewerte vorlagen, erfolgte zusätzlich die Testung auf signifikante Veränderung der nasalen Durchgängigkeit.

Ergebnisse: Die präoperativen Rhinomanogramme lassen auf eine häufig beeinträchtigte nasale Atemfunktion bei Patienten mit transversalem maxillärem Defizit schließen. Bei 40% der Patienten wurde präoperativ eine reduzierte nasale Durchgängigkeit nachgewiesen, bei 60% der Patienten bestand präoperativ ein pathologisches Seitenverhältnis. Die Analyse prä- und postoperativer Daten legt nahe, dass es nach Transpalatinaldistraction zu einer besseren nasalen Durchgängigkeit kommt. Dies konnte anhand von verbesserten Flowwerten und einer Normalisierung des Seitenverhältnisses gezeigt werden.

Schlussfolgerung: Es konnte anhand rhinomanometrischer Untersuchungen gezeigt werden, dass bei einem großen Teil der Patienten mit transversalem maxillärem Defizit eine pathologische nasale Durchgängigkeit besteht. Die Transpalatinaldistraction verbessert die nasale Durchgängigkeit und hat dadurch einen positiven Effekt auf die Nasenatmung.

4. Abstract

Introduction: Transverse maxillary deficiency (TMD) describes an underdevelopment in width of the upper jaw. This might lead to relevant functional impairment for the stomatognathic system and the airways, especially for nasal patency („nasal breathing“). For patients affected by TMD there is often an impairment of nasal patency. For the surgical correction of TMD different techniques are available, which can have a positive effect on nasal patency. One of those techniques is the transpalatal distraction, where the width of the upper jaw is gradually redeveloped through the principle of distraction osteogenesis with bone-borne orthodontic appliances. A non-invasive method to quantify nasal airway patency is rhinomanometry.

The aim of this study was to analyse nasal patency (“nasal breathing”) in patients with transverse maxillary deficiency using existing rhinomanometric data and objectifying the improvement after transpalatal distraction if possible.

Methods: This has been a retrospective study of patients having undergone transpalatal distraction to correct an existing transverse maxillary deficiency at the Department of Oral and Maxillofacial Surgery at the Campus Virchow Klinikum Charité, Universitätsmedizin Berlin, Germany, in the years 2012-2016. To measure nasal patency, the technique of active anterior rhinomanometry without decongestant was used. Preoperative data of 47 patients was taken into account (23 female/24 male). The age range was between 11 and 47 years. In addition, postoperative examinations of 22 patients (12 female/10 male) were analysed. Their age ranged between 15 and 40 years.

The preoperative rhinomanometric data was taken one day before the intake of the distractor – the postoperative values were determined 7 to 31 months later. The preoperative examination results were compared to rhinomanometric data and standard values from literature. An additional test for significant changes in nasal patency was performed in the group in which pre- and postoperative rhinomanometric values were available.

Results: The preoperative rhinomanograms suggest a frequently impaired nasal respiratory function in patients with TMD. In 40% of the patients a reduced nasal

patency was detected preoperatively, in 60% of the patients there was a preoperative pathological side difference. The analysis of pre- and postoperative data suggests that there is a better nasal patency after transpalatal distraction. This was demonstrated by improved flow values and a normalisation in side difference.

Conclusion: Based on rhinomanometric investigations, it has been shown that a large proportion of patients with transverse maxillary deficiency suffer from pathological nasal patency. Transpalatal distraction improves nasal patency and thus has a positive effect on nasal breathing.

5. Einleitung

5.1. Anatomie und Physiologie des nasomaxillären Komplexes

Der harte Gaumen bildet gleichzeitig das Dach der Mundhöhle (Cavitas oris) und den Boden der Nasenhöhle (Cavitas nasi). Genauer sind es die horizontalen Fortsätze (Processus palatini maxillae) der paarig angelegten Maxilla gemeinsam mit den Laminae horizontales der Gaumenbeine (Ossa palatina). Sagittal verläuft die mittlere Gaumennaht (Sutura palatina mediana). Im vorderen Bereich befindet sich der Zwischenkiefer (Os incisivum). Die Maxilla ist hiermit ein wichtiger Teil der Begrenzung zweier anatomischer Räume unterschiedlicher Funktion.

Auf der kaudalen Seite liegen die zahntragenden Alveolarfortsätze. Kranial bilden die Processus frontales maxillae die untere Grenze der skelettalen Nasenöffnung (Apertura piriformis). Darüber schließt sich das Stirnbein (Os frontale) an. (vgl. Abb.1, 2)

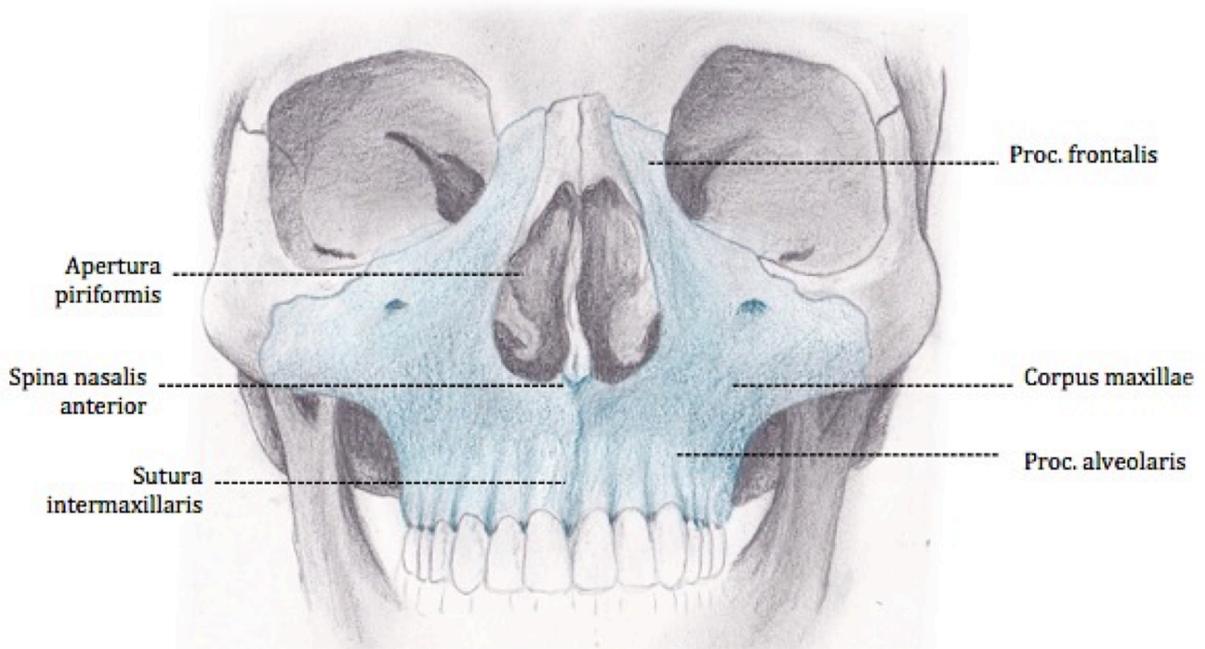


Abb. 1: Lage des Oberkiefers (Maxilla) im Schädel (Zeichnung der Doktorandin modifiziert nach Schünke et al., 2018. Prometheus - Lernatlas der Anatomie)

Die Processi nasales bilden in den vorderen zwei Dritteln einen Teil der Wand der Nasenhaupthöhle. Nach dorsal schließt sich das Keilbein (Os sphenoidale) an, nach kranial bildet das Siebbein (Os ethmoidale) das Dach der Nasenhaupthöhle. Die Maxilla ist pneumatisiert. In den lateralen Anteilen liegt beidseitig die Kieferhöhle (Sinus maxillaris).

Die median verlaufende Crista nasalis beginnt rostral mit der Spina nasalis anterior und schließt von kaudal an das Nasenseptum (Septum nasi) an, welches die rechte von der linken Nasenhöhle trennt. Nach dorsal schließt sich mit der queren Gaumennaht (Sutura palatina transversa) das Os palatinum an, welches den anterioren Anteil der Choane bildet. Die Choanen bilden die hinteren Öffnungen der Nasenhaupthöhle und stellen die Verbindung zum Nasopharynx dar. Hier endet auch die Crista nasalis mit ihrem hinteren Fortsatz - der Spina nasalis posterior (vgl. Abb.2) [1].

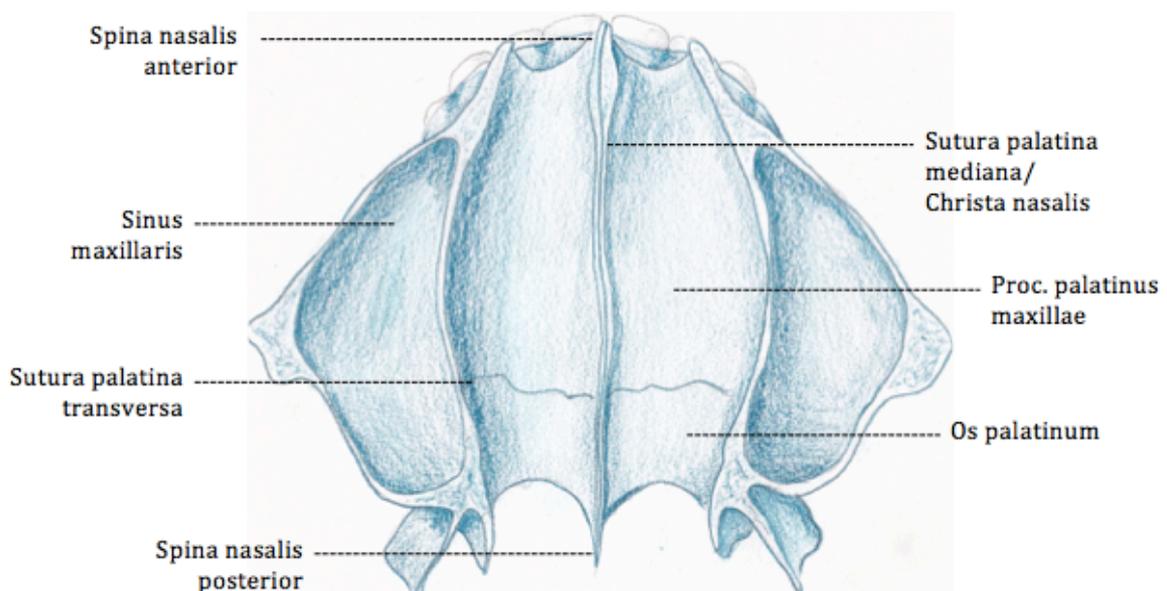


Abb.2: Ansicht des Oberkiefers (Maxilla) von kranial (Zeichnung der Doktorandin modifiziert nach Schünke et al., 2018. Prometheus - Lernatlas der Anatomie)

Die Nase kann als komplex gebauter Strömungskanal angesehen werden. Ihre Form und Größe bestimmt zu großem Teil ihre physiologische Funktion. Beim Einatmen tritt die Luft zunächst in das Vestibulum nasi ein. Danach durchströmt sie das vordere Cavum der äußeren Nase, welches aus Knorpel und Bindegewebe besteht, tritt anschließend durch den Isthmus nasi in das im Schädel liegende große hintere Cavum

ein und strömt dann über einen schmal werdenden Übergangsbereich durch die Choanen in den Epipharynx ein. Der Atemwiderstand kann in den genannten Abschnitten durch die individuelle anatomische Varianz maßgeblich beeinflusst werden. Dabei sind die Weite des Atemwegs, aber auch die Strömungsrichtung von großer Bedeutung.

Für eine optimale Belüftung ist jedoch auch das Verhältnis der beiden Seiten von Bedeutung [2]. Das unten gezeigte Schema zur Dokumentation des inspektorischen Befunds gibt eine Übersicht über die Formvarianzen der inneren und äußeren Nase, welche gegebenenfalls zu einer funktionellen Einschränkung führen können (Abb. 3).

Name:		Vorname:		Datum: Alter:	
<ul style="list-style-type: none"> - Dyspnoe <input type="checkbox"/> - kein Mundschluß <input type="checkbox"/> - Gebißfehlstellung <input type="checkbox"/> - Spitzgaumen <input type="checkbox"/> - Adenoide <input type="checkbox"/> - Tonsillarhypertrophie <input type="checkbox"/> 		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Vestibulum  Durchgängigkeit gleich oder schlechter als Isthmus?	
Nasenloch: <input type="checkbox"/> schmal <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> weit <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> rund <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> oval <input type="checkbox"/>				Isthmus  Grad der Durchgängigkeit?	
Columella: hängend, verborgen, breit				Muskelregion  Durchgängigkeit gleich oder schlechter als Isthmus?	
gerade konvex konkav Satteln. Hakenn. Höckern.				spitz rund plump Stupsn. Normaln. Hängen.	
lang normal kurz				Schiefnase knöchern knorpelig Breitrnase Plattnase Schmalnase	
Abweichende				Strömungsrichtung? 	
Septum rechts				Septum links	

Abb. 3: Schema zur Dokumentation des inspektorischen Befundes (aus Bachmann, W., 1982, Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung: Einführung in die Rhinomanometrie – mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlags)

Die häufigsten intranasalen Ursachen einer Nasenatmungsbehinderung sind dauerhafte oder temporär auftretende Stenosen durch Septumdeviationen, Septumperforationen, Schleimhauthyperplasien, beziehungsweise skelettale Formanomalien der Nasenmuscheln oder der Nasenscheidewand [3].

Als Ursachen der Atemwegsverlegung kommen außer Formstörungen der inneren und äußeren Nase auch perinasale (Tonsillenhypertrophie, Verengung der Stimmritze und Tonusschwäche des Gaumensegels), extranasale (z. B. kardiale oder pulmonale) und externe (medikamentöse) Ursachen in Frage. Zu den perinasalen Ursachen einer Nasenatmungsbehinderung gehören des Weiteren Gebissfehlstellungen (Dysgnathien), welche in dieser Arbeit thematisiert werden sollen [2].

Die Entwicklung einer Dysgnathie ist multifaktorieller Genese. Meist führt das Zusammenspiel von genetischer Prädisposition und neuromuskulären Störungen zur klinischen Ausprägung einer Gebissfehlstellung. Form und Funktion beeinflussen sich dabei wechselseitig. Eine suffiziente Nasenatmung wird als Bestandteil einer normalen Gebissentwicklung angesehen. Ebenso können die von der Atmung abhängigen orofazialen Funktionsabläufe von großer Bedeutung sein. Bei einer Stenose des nasalen Atemwegs und einer möglichen Umgewöhnung auf Mundatmung kommt es zu weiteren Funktionsstörungen. Durch die offene Mundhaltung verschiebt sich das muskuläre Gleichgewicht. Durch muskulären Druck von lateral auf die Alveolarfortsätze und schwachen Haltetonus des Musculus orbicularis oris wird die Entwicklung der Kiefer in der transversalen Ebene gehemmt und die retrudierte Lage des Unterkiefers begünstigt. Eine Protrusion der Schneidezähne kann einen insuffizienten Lippenschluss verursachen oder aber auch Folge eines fehlenden Mundschlusses sein [4].

Die Beziehung des oberen Atemwegs und der skelettalen Morphologie der Maxilla wird schon seit langem in der Literatur diskutiert. Über die genaue Korrelation und die beste Methode zur Quantifizierung des Problems für die individuelle Therapiegestaltung besteht Uneinigkeit. Dabei werden vor allem auch Individuen mit einem transversalen maxillären Defizit mit nasalen Funktionsstörungen in Verbindung gebracht [5, 6].

5.2. Das transversale maxilläre Defizit, funktionelle Folgen und operative Korrekturmöglichkeiten

Ein transversales maxilläres Defizit kann prinzipiell in jeglicher sagittaler Relation der Kiefer zueinander – also in allen drei Angle Klassen (Angle Klasse I = neutrale Okklusion, Angle Klasse II Distalbiss, Angle Klasse III Mesialbiss) - vorkommen. Typisch sind ein schmaler Zahnbogen, ein hoher Gaumen, Engstände aufgrund der kleinen apikalen Basis, posteriorer Kreuzbiss und ein breiter bukkaler Korridor. Dabei müssen nicht alle Merkmale in Kombination auftreten [7]. Paranasale Vertiefungen und ausgeprägte Nasolabialfalten, eine schmale Basis der äußeren Nase und eine Hypoplasie der Jochbeine sind oft Teil des äußeren Erscheinungsbildes der Patienten [8]. Ein v-förmiger Zahnbogen im Oberkiefer, proklinierte/protrudierte mittlere Schneidezähne, ebenso ein inkompetenter Lippenschluss und eine große vertikale Gesichtshöhe – auch in Verbindung mit dem „Long face syndrome“ - sind die unter anderem in der Literatur genannten Merkmale, bei denen eine Korrelation mit einer schlechteren Atemfunktion nachzuweisen ist [9-11]. Als Folgeerkrankungen einer ständig oder intermittierend schlechten Nasenatmung werden Sinusitiden, Mittelohrentzündungen oder Schlafstörungen diskutiert. Rhonchopathie (Schnarchen) und das Schlaf-Apnoe-Syndrom können mögliche Folgen sein oder potenziert werden [12].

Im 19. Jahrhundert machten Weiterentwicklungen der Biotechnologie neue Methoden in der apparativen Behandlung von Fehlbissen möglich. 1860 wurde das erste Mal eine Gaumennahterweiterung durch eine dental getragene Apparatur mit zwei kontrarotierenden Schrauben von E.C. Angell beschrieben [13]. Die Gaumennahterweiterung wird im Kindes- und Jugendalter noch heute rein kieferorthopädisch durchgeführt. Dabei kommen mittlerweile unterschiedliche Apparaturen zur Anwendung, welche die beiden Hälften der Maxilla mechanisch auseinanderdrängen. So kann das Wachstum in der transversalen Ebene gefördert werden und die apikale Basis der Maxilla vergrößert werden. Je nach Geschlecht und individuellem Wachstum wird die Behandlung meist vor dem Schluss der Sutura palatina mediana empfohlen. In Fällen, in denen eine kieferorthopädische Erweiterung

der Maxilla aufgrund skelettaler Reife nicht mehr möglich ist oder eine vergangene Behandlung nicht zum gewünschten Ergebnis geführt hat, ist ein rein kieferorthopädisch- apparativer Behandlungsversuch meist nicht mehr sinnvoll.

Es kann dann zu ungewollten dentalen und parodontalen Effekten bis hin zu Fenestrationsen des Alveolarfortsatzes mit bukkalen Wurzelresorptionen oder Gewebnekrosen kommen. Über eine exakte Altersobergrenze besteht jedoch Uneinigkeit, zumal das skelettale Wachstum von vielen Parametern abhängig ist [14, 15]. Eine weitere, jüngere Methode zur Therapie des transversalen maxillären Defizits stellt die Expansion mit Hilfe von Minischrauben dar, auf denen Expansionsapparaturen verankert werden können [16].

Eine chirurgische Schwächung der Widerstandszonen macht die Expansion der Maxilla durch eine palatinal eingesetzte Apparatur bei skelettaler Reife wieder möglich. Als Erstbeschreiber der chirurgischen Gaumennahterweiterung gilt Haas [17]. Bei der chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung können zahngetragene oder knochengetragene Apparaturen zum Einsatz kommen. Eine knochengetragene Apparatur hat gegenüber einer zahngetragenen Apparatur unter anderem den Vorteil, dass durch die direkte Kraffteinwirkung ungewollte dentale Effekte wie laterale Zahnkipfung vermieden werden können [18].

Es gibt diverse Modifikationen im Zusammenhang mit den operativen Vorgehensweisen bei der „SARPE“. Neben konventionellen Osteotomen und rotierenden Instrumenten können piezochirurgische Verfahren Verwendung finden. Prinzipiell erfolgt eine chirurgische Schwächung der sogenannten Pfeilerstrukturen einschließlich der Raphe mediana.

Während die zuvor beschriebene Vorgehensweise bei beidseitigem Kreuzbiss bzw. beidseitigem maxillärem Defizit zum Einsatz kommt, wird bei einseitigem Kreuzbiss oder Defizit eine einseitige laterale, maxilläre und gegebenenfalls pterygomaxilläre Osteotomie mit einer parasagittalen Trennung der Maxilla kombiniert. Oft ist hierbei nur die Erweiterung des distalen Anteils der Maxilla gewünscht. Dazu wird das Osteotom anterior nicht zwischen den mittleren Schneidezähnen angesetzt, sondern in einem anderen Interdentalraum, zum Beispiel mesial des ersten Zahns, der im Kreuzbiss steht. Die Osteotomielinie verläuft dann im vorderen Bereich schräg bis zur Sutura palatina mediana. Die normal entwickelte Seite dient dann als Widerlager zur

Expansion der unterwickelten Seite. Man spricht von einer unilateralen Transpalatinaldistraktion (im Folgenden als Hemi-TPD bezeichnet) [19, 20].

Anschließend macht man sich die Technik der Distraktionsosteogenese zu Nutze, welche im Bereich des kranio-maxillo-fazialen Skelettsystems ihren festen Stellenwert hat. Die Dehnapparatur kann nach einer Latenzphase von meist mehreren Tagen schrittweise aktiviert werden (Distraktionsphase). In der Konsolidierungsphase findet die stabile Verknöcherung durch Mineralisation statt. Erst danach kann die Apparatur entfernt werden, ohne das Ergebnis zu gefährden [21].

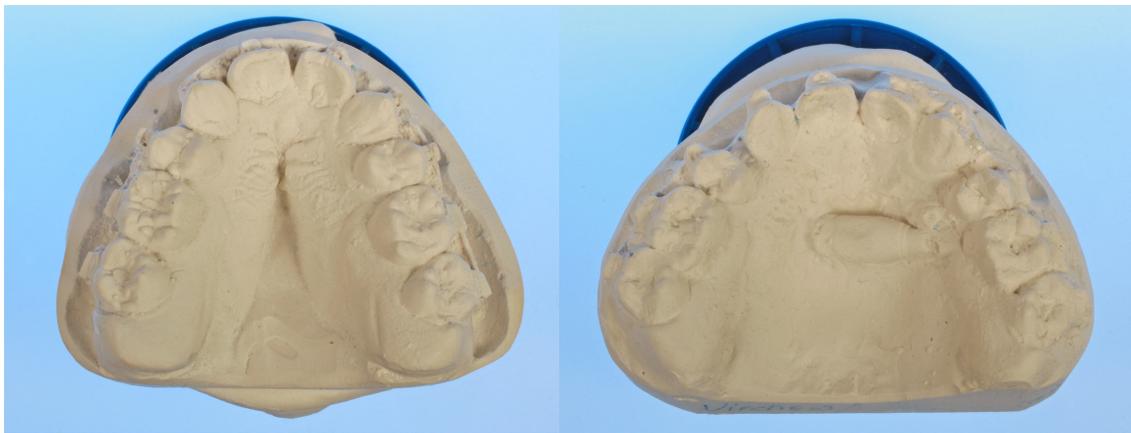


Abb. 4 und 5.: Beispiel des Oberkiefers eines Patienten vor und nach chirurgischer Gaumennahterweiterung mit einem TPD (Gipsmodelle von Patient Nr.16)

Die beschriebene Operation kann prinzipiell sowohl bei isoliertem transversalem maxillärem Defizit zur Anwendung kommen als auch bei komplexen Dysgnathien in Kombination mit weiteren Verlagerungen von Kieferanteilen. Häufig erfolgt primär die Korrektur der transversalen maxillären Dimension, um anschließend nach orthodontischer Therapie auch die sagittale und vertikale Dimension korrigieren zu können. Dies muss in Abhängigkeit von der individuell vorliegenden Variante geplant werden. Gerade auch bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte gehört die chirurgisch gestützte Gaumennahterweiterung häufig zur Therapie der komplexen Formanomalie des Gaumens [22].

Es gibt viele Studien, welche anhand von prä- und postoperativen Daten die Veränderung der oberen Atemwege untersucht haben. Zum Einsatz kamen dabei meist

bildgebende Verfahren, klinische Untersuchungen und funktionsrhinologische Messverfahren. Es ist anzunehmen, dass die Gaumennahterweiterung zu einer verbesserten Atemfunktion für den Patienten führt. Darüber, welche Parameter für eine solche Veränderung entscheidend sind, besteht kein Konsens; ebenso über die optimale Untersuchungsmethode, um diese fassbar machen zu können. Somit ist eine genaue Vorhersage eines respiratorischen Vorteils für den Patienten durch die Behandlung und eine Empfehlung der Gaumennahterweiterung aus rhinologischen Gründen auf Basis der aktuellen Forschungslage zur Zeit nur eingeschränkt möglich.

5.3. Prinzip der nasalen Funktionsprüfung

Eine genaue Untersuchung der Funktion der Nase mit objektiven Messmethoden ist sowohl für die Indikationsstellung als auch für die Qualitätssicherung von Operationsergebnissen von großem Interesse [23]. Um die physiologische Funktion der Nase untersuchen zu können, werden in der Rhinologie verschiedene Parameter herangezogen. Dabei werden zur Diagnosefindung und Charakterisierung einer Nasenatmungsbehinderung meist mehrere Untersuchungsmethoden kombiniert [3]. In der Funktionsdiagnostik sind die Klimatisierung der Atemluft, der mukoziliäre Transport, die Viskosität des Nasensekrets, die mikrobielle Abwehr der Schleimhaut, die Resonanz und vor allem auch die Aerodynamik von Bedeutung. Zu den Untersuchungsmethoden der Aerodynamik zählen die akustische Rhinometrie, die nasale Peak-Flow-Methode und die Rhinomanometrie [24]. Die Rhinomanometrie ist ein weit verbreitetes, nicht-invasives Verfahren zur Quantifizierung und Objektivierung der Durchgängigkeit der nasalen Atemwege. [23].

Am Anfang der Untersuchung der Durchgängigkeit der Nase steht die Publikation der hygrometrischen Messung der Ausatemluft mit einem gekühlten Metallspiegel, publiziert von Zwaardemaker (1889, zitiert von Pirsig) [25]. 12 Jahre später wurde die Methode von Glatzel (1901, ebenfalls zitiert von Pirsig) durch eine eingravierte Messskala zur Quantifizierung des Wasserdampfflecks der Ausatemluft verbessert. Der Glatzel-Spiegel ist heute noch ein Begriff in der Funktionsdiagnostik der Nase. [25]

Man begann später den Luftstrom \dot{V} in Abhängigkeit von Druck p und Widerstand r als Messgröße zu verwenden. Diese nutzt auch die Rhinomanometrie.

Zunächst entstand die Fremdstrommethode, bei der ein bestimmtes Luftvolumen durch die Nase bewegt wurde. Später entwickelte man die Eigenstrommethode mit Aerometer und Druckmessung durch einen Sensor, die auch Grundlage der heutigen aktiven Rhinomanometrie ist. Dabei wird der Druck jeweils vor und hinter der Nase (Choanaldruck) bestimmt und daraus die Druckdifferenz Δp ermittelt. Die Methode hat den großen Vorteil, dass die Messung bei normaler Atmung des Patienten erfolgen kann.

Die anteriore Messtechnik wird wegen ihrer einfacheren Durchführbarkeit meist der posterioren Methode vorgezogen. Während bei der anterioren Rhinomanometrie der Druckschlauch zur Abnahme des Choanaldruckes mit Hilfe eines Nasenadapters an einem Nasenloch befestigt wird, wird der Druck bei der posterioren Methode im Mund gemessen. Damit der Choanaldruck im Mund gemessen werden kann, muss bei luftdichtem Schluss der Lippen um den Messschlauch das Gaumensegel entspannt gehalten werden. Dies ist stark abhängig von der Compliance des Patienten. Allerdings ist die posteriore Methode im Gegensatz zur anterioren Methode auch bei komplettem Verschluss einer Nasenseite sowie bei Septumperforation durchführbar [2, 26, 27].

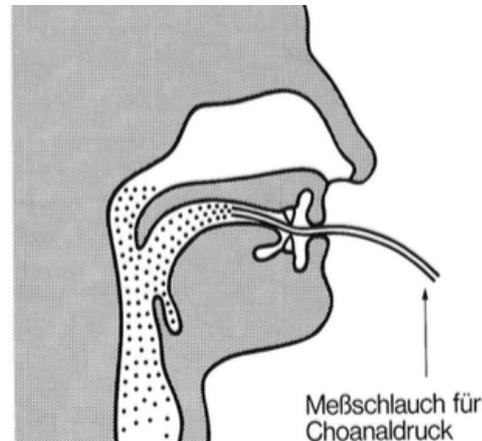
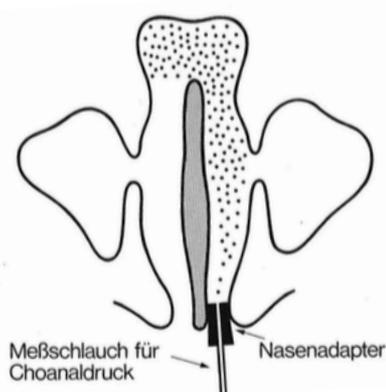


Abb. 6 und 7: Schematische Darstellung des Messprinzips der anterioren (links) und der posterioren (rechts) Rhinomanometrie (aus Bachmann, W., 1982, Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung: Einführung in die Rhinomanometrie – mit freundlicher Genehmigung des Springer- Verlags)

Heute ist die biophysikalische Messung mit kompakten Geräten möglich, welche eine genaue Aufzeichnung des Luftstroms bei Ein- und Ausatmung aufzeichnen und eine Digitalisierung der Daten ermöglichen [28].

Die Standards zur Durchführung wurden durch das „Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway “ festgelegt. Während Einigkeit darüber besteht, dass die am häufigsten eingesetzte und am besten durchführbare Methode die aktive anteriore Rhinomanometrie ist, gibt es keine exakten Richtlinien für die Messapparatur [27, 29]. Auch bei der Aufzeichnung gibt es verschiedene zulässige Methoden und Kenngrößen zur Messerfassung, was den Vergleich der Literatur unterschiedlicher Autoren erschwert.

Da die vom Gerät ausgegebene Messkurve näherungsweise parabelförmig ist, kann mathematisch gesehen ein einzelner Messpunkt den Kurvenverlauf repräsentieren. Während in den meisten Fällen der Volumenstrom \dot{V} bei $\Delta p=150\text{Pa}$ angegeben wird, ist jedoch darauf hinzuweisen, dass Rückschlüsse aus dem einzelnen Wert bei pathologischem Kurvenverlauf fehlerbehaftet sind. Am selben Punkt der Kurve wird oft der nasale Widerstand R angegeben, welcher aus den Messwerten errechnet wird. Eine andere gern verwendete Messgröße ist der Widerstandskoeffizient W . Dieser wird aus $W=\Delta p/\dot{V}^2$ errechnet. Für die Verwendung dieses Wertes gilt jedoch die gleiche Einschränkung wie für die Einpunkt-Bewertung mit Angabe des Volumenstroms, da die mathematische Voraussetzung der parabelförmige Verlauf der Kurve ist. Die Angabe von mehreren Kurvenpunkten (zusätzlich zu $\Delta p =150\text{Pa}$, meist $\Delta p =75\text{Pa}$) und Berechnung des Volumenstromzuwachses in Prozenten können helfen, einen pathologischen Kurvenverlauf zu beschreiben. Dabei kann die Abweichung von der Parabelform erkannt werden, wenn sich bei der Verdopplung von Δp der Volumenstrom nicht um 41% erhöht, wie es bei streng parabelförmigem Verlauf der Fall wäre.

Eine komplett andere Aufzeichnungs- und Auswertungsmethode besteht im Brom'schen Modell, welches vor allem in den skandinavischen Ländern verwendet wird [26, 30]. Dabei werden Polarkoordinaten verwendet: Die Lage eines Punktes der aufgezeichneten Atemkurve mit einem im Koordinatensystem eingezeichneten Kreis wird durch den Abstand zum Nullpunkt und einen Winkel beschrieben. Aus einer abgelesenen Gradzahl am Schnittpunkt der Kurve mit dem Kreis kann somit der Atemwiderstand errechnet werden [31].

Ein neuerer Ansatz ist die 4-Phasen-Rhinomanometrie. Hierbei soll zusätzlich der Effekt der sich bei Atmung bewegenden Weichteile des Naseneingangs berücksichtigt werden [32].

Der nasale Atemstrom und somit das individuelle Messergebnis der Rhinomanometrie werden durch viele Parameter beeinflusst. Die Untersuchung und Festlegung von Normwerten werden daher erschwert, was die uneinheitlichen Angaben in der Literatur erklärt. Während die Compliance des Patienten bei der Untersuchung eine große Rolle spielt, beeinflussen Körperlage, Temperatur und Luftfeuchtigkeit, psychischer Zustand des Patienten, allergische Faktoren und Gesundheitszustand den Schwellungszustand der Nasenschleimhaut und somit die Durchgängigkeit der Nase [26, 33]. Das Alter des Patienten, das Geschlecht, die Körpergröße und auch die ethnische Herkunft sind ebenfalls von Bedeutung für das Untersuchungsergebnis [34, 35]. Die nachfolgende Tabelle zeigt eine mögliche Festlegung von Norm-intervallen des gemessenen Atemstroms zur Beurteilung der Nasenatmungsbehinderung.

$\dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$	Beurteilung
0-200	Ungenügend
200-400	Starke Behinderung
400-500	Leichte Behinderung
500-1000	Normale Atmung

Tab. 1: Tabelle zur Bewertung des Atemstroms bei 150Pa beidseitig aus den gemittelten Werten mehrerer Autoren (aus: Eichler, J., 1988. Einführung in die Technik der Rhinomanometrie : Anwendungen in der Rhinologie und Allergologie – mit freundlicher Genehmigung des Quintessenz- Verlags)

Ein weiterer Parameter zur Beurteilung der Atemfunktion mit der Rhinomanometrie ist das Seitenverhältnis. Differenzen der Messergebnisse beider Nasenseiten zueinander können jedoch auch den Nasenzyklus widerspiegeln. Dieser beschreibt ein periodisch physiologisches An- und Abswellen der Nasenschleimhaut beziehungsweise der Nasenmuskeln der beiden Seiten bei relativ konstantem Gesamtatemstrom [36]. Eine pathologische Seitenungleichheit besteht allerdings ab einem Verhältnis der Messergebnisse von 0,6 der weniger durchgängigen zur besser durchgängigen Seite [2].

5.4. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Fragestellung der vorliegenden Arbeit war es, anhand rhinomanometrischer Daten zu untersuchen, welchen Effekt die operative Korrektur des transversalen maxillären Defizits durch Transpalatinaldistraction auf die Nasenfunktion hat.

6. Materialien und Methoden

6.1. Patientenkollektiv

Die vorliegende retrospektive Untersuchung wurde an Patienten durchgeführt, bei denen in den Jahren 2012-2016 an der Klinik für MKG-Chirurgie des Campus Virchow Klinikum der Charité, Universitätsmedizin Berlin, zur Therapie eines transversalen maxillären Defizits eine chirurgische Gaumennahterweiterung durch die Transpalatinaldistraktion vorgenommen wurde. Informationen zu Diagnosen und Therapie entstammen den Patientenakten. Es wurden sowohl Daten von Patienten mit beidseitiger als auch mit einseitiger Distraktion erhoben.

Patienten, bei denen zeitgleich zur chirurgischen Gaumennahterweiterung auch eine Erweiterung des Unterkiefers (im Folgenden auch als TJ-DO bezeichnet) oder eine Verschiebung eines Kiefers (Verlagerung des Unterkiefers - im Folgenden auch als BSSO bzw. Verlagerung des Oberkiefers – im Folgenden auch als LeFortI bezeichnet) oder beider Kiefer (im Folgenden auch als TJS bezeichnet) in der sagittalen Ebene vorgenommen wurde, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

Vor dem Hintergrund klinischer Beobachtungen und Überlegungen wurde die Rhinomanometrie 2012 in die präoperative Diagnostik von Patienten mit Kieferfehlstellungen implementiert. Sie wird vor der Operation neben der Erhebung vieler anderer diagnostischer Parameter durchgeführt - in der Regel bei stationärer Aufnahme am Tag vor dem Eingriff. Eine zweite rhinomanometrische Untersuchung wird oft vor einem Zweiteingriff oder vor Entfernung der Dehnapparatur durchgeführt.

Die Transpalatinaldistraktion wird unter Intubationsnarkose durchgeführt. Dabei gehören eine perioperative antibiotische Abschirmung und eine Schwellungsprophylaxe zum Behandlungsstandard. Es erfolgt eine intraoperative Aktivierung des Distraktors bis zum Expansionsziel, wobei Teile der nasalen und der zygomatikoalveolären Pfeiler reseziert werden [8]. Eine Entlastung des pterygomaxillären Pfeilers findet bei der Operation nur in seltenen Fällen statt. Es wurden Apparaturen der Firma Surgitec, TPD „All-in-one“ (9051- Sint- Denijs- Westrem, Belgien) verwendet, die in verschiedenen Größen erhältlich sind. Die Latenzphase beträgt fünf bis sieben Tage. Danach wird eine

schrittweise Aktivierung der Dehnapparatur nach etablierten Distraktionsparametern (typischerweise 1mm/Tag) durch ein Mitglied des Operationsteams durchgeführt, wobei die individuelle Gewebereaktion des Patienten berücksichtigt werden muss. Nach jeder Aktivierung erfolgt die Arretierung der Distraktoren, um ein Rückstellen zu vermeiden. Die Konsolidierungsphase nach Erreichen des Distraktionsziels sollte mindestens 3 Monate betragen, um eine ausreichend stabile Verknöcherung im Bereich der medianen Gaumennaht zu erreichen. Nach etwa der Hälfte dieser Zeit kann die kieferorthopädische Ausformung der Zahnbögen mit Lückenschluss durch Therapie mit Multibandapparatur beginnen. Frühestens nach 6 Monaten, manchmal aber auch später, z. B. nach vollendeter Therapie durch den Kieferorthopäden, kann der Distraktor entfernt werden. Dies kann ambulant in Lokalanästhesie oder in Kombination mit einem noch erforderlichen Folgeeingriff vorgenommen werden. [37]

Die Kopien der Rhinomanometriedaten der Patienten wurden zunächst im Archiv des Büros für Audiometrie und Rhinomanometrie herausgesucht, wo sie als Ausdrucke archiviert werden. Seit Ende 2016 sind die Messergebnisse im Computersystem SAP gespeichert und konnten hier entnommen werden. Bei fehlenden Messdaten wurden zusätzlich alte Patientenakten aus dem Zentralarchiv angefordert. Postoperative Rhinomanogramme wurden bei fehlenden präoperativen Daten nicht untersucht.

6.2. Rhinomanometrische Untersuchung

Zur quantitativen Bewertung einer nasalen Obstruktion zeichnet die Rhinomanometrie den Atemstrom in Abhängigkeit vom Druckgradienten vor und hinter der Nase auf. Zur Anwendung kam die Methode der aktiven anterioren Rhinomanometrie. Die direkt vom Computer ausgegebenen Messwerte sind die des Atemstroms bei Inspiration und Expiration. Sie werden gesondert für die einzelnen Nasenseiten ermittelt.

Die Messungen wurden mit dem Gerät Rhino 4000 (Stand-alone Gerät mit LCD Bildschirm und Drucker) der Firma Homoth erhoben und aufgezeichnet.

Die Untersuchung des Patienten wurde nach einer Akklimatisierungsphase durch ein Team von drei routinierten medizinischen Fachassistenten der Abteilung für Hals-, Nasen-, Ohrenkunde durchgeführt. Der Patient wurde gebeten, auf einem Stuhl Platz zu nehmen und auf eine aufrechte Körperhaltung zu achten.

Mit einem speziellen Nasenadapter zur Durchführung von rhinomanometrischen Messungen (Merz Medizintechnik GmbH, Reutlingen) wurde ein Druckschlauch zur Abnahme des Choanaldruckes an einem Nasenloch befestigt. Um eine perfekte Passung zu gewährleisten, kann aus drei Adaptergrößen gewählt und der Einsatz gegebenenfalls durch Zuschneiden individualisiert werden. Durch diese verschlossene Nasenseite darf während der Messung kein Luftstrom fließen. Es handelt sich um eine künstliche Stenoseatmung.

Der pränasale Druck wurde in einer Gesichtshalbmaske gemessen, die der Proband aufsetzte. Auch hier ist auf einen luftdichten Sitz, ohne unnötig starken Druck auf die Weichgewebe zu achten. Die verwendete Maske ist im Lieferumfang des verwendeten Rhinomanometers als Sonderzubehör enthalten.

Der Patient wurde gebeten, zur Gewöhnung einige Male ruhig ein- und auszuatmen bevor mit der Aufzeichnung begonnen wird. Durch die aus transparentem Material gefertigte Halbmaske kann kontrolliert werden, ob der Patient den Mund geschlossen hält oder ob eine eventuelle Veränderung des Widerstandes zum Beispiel durch Spreizung der Nasenflügel beim Einatmen, eine Verlegung des Druckschlauches durch Nasensekret oder eine Lockerung des Nasenadapters vorliegt.

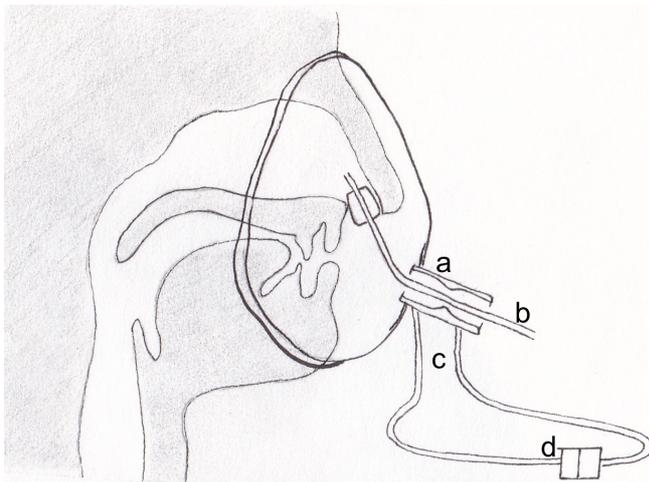


Abb. 8.: Schematische Darstellung (Zeichnung der Doktorandin) des Untersuchungsaufbaus mit einer Gesichtsmaske: **a** Venturi- oder Flow-Sonde **b** Druckschlauch **c** Flow-Schläuche **d** Differenzmanometer

Zur Messung des Volumenstromes \dot{V} wird eine Venturi oder Flow-Sonde in die Maske eingebracht, welche als Lochblende funktioniert. Die Atemluft tritt als turbulente

Strömung aus der Blende aus, wobei vor und nach der Blende jeweils ein Flow-Schlauch angeschlossen ist. Für die turbulente Strömung in der Lochblende gilt:

$$\Delta p = \xi p_{\text{dynamisch}}$$

ξ =Verlustziffer (beträgt für die Lochblende 1)

Für den dynamische Druck in Pascal $p_{\text{dynamisch}}$ gilt:

$$p_{\text{dynamisch}} = \frac{\rho}{2} v^2$$

ρ = Luftdichte ($1,3\text{kg/m}^3$) v = Strömungsgeschwindigkeit (m/s)

Der Volumenstrom \dot{V} errechnet sich bei laminarer Strömung aus $\dot{V} = Av$. Daraus ergibt sich im Zusammenhang:

$$\Delta p = \frac{\xi \rho}{2A^2} \dot{V}^2$$

A = Querschnittsfläche der Strömung

Die Druckdifferenz Δp ist also näherungsweise proportional zum Quadrat des Volumenstromes \dot{V}^2 . Somit kann durch eine Druckmessung der Volumenstrom ermittelt werden. Die beiden Flowschläuche führen das Drucksignal zu einem Differenzmanometer. Hier wird die in der Sonde gemessene Druckdifferenz in eine Spannung umgewandelt, welche vom Computer verarbeitet werden kann. Das Rhinomanometer mittelt die Ergebnisse mehrerer Atemzyklen und zeichnet das gemittelte Ergebnis in einem Koordinatensystem auf (vgl. Abb. 9) [2, 26].

Bei den eigenen Probanden wurden jeweils fünf Atemzüge aufgezeichnet. Die Kontrolle des Kurvenverlaufs über den Bildschirm ist wichtig, um mögliche Falschaufzeichnungen durch Nebenströme oder apparative Fehler zu erkennen.

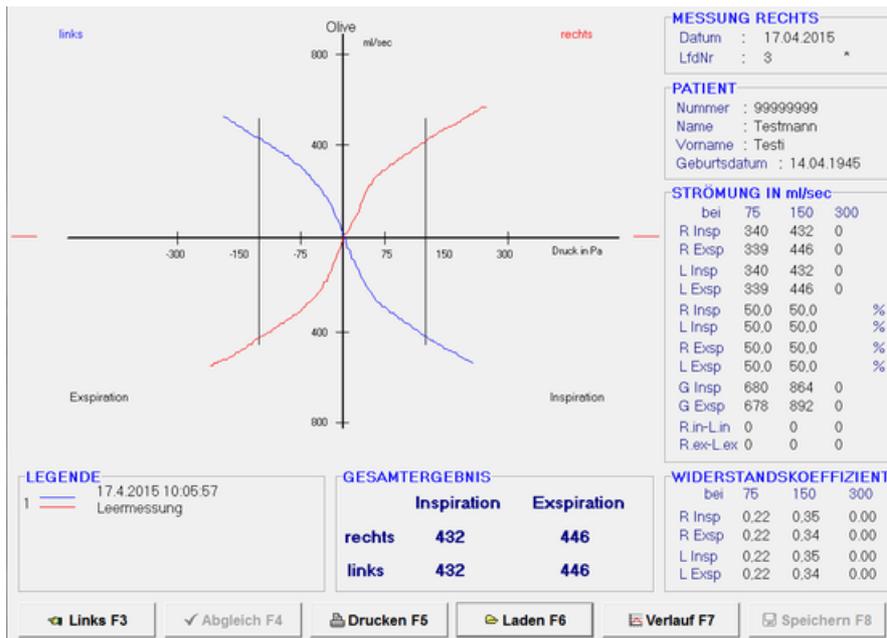


Abb.9: Darstellung der Messergebnisse am Computerbildschirm des Rhino4000 der Firma Homoth – mit freundlicher Genehmigung der Firma Homoth

Das Rhinomanogramm zeigt das Messergebnis der rechten und linken Nasenseite in spiegelbildlicher Darstellung. Die Abszisse gibt die Druckdifferenzen in Pascal, die Ordinate den Atemstrom in ml/s an. Der bei normaler Atemfunktion näherungsweise parabelförmige Kurvenverlauf beider Nasenseiten ergibt die sogenannte Atemzange nach Bachmann. Je weiter diese ist, desto größer die nasale Durchgängigkeit (vgl. Abb. 10). Die genauen Messwerte werden zusätzlich numerisch auf dem Display des Geräts angezeigt.

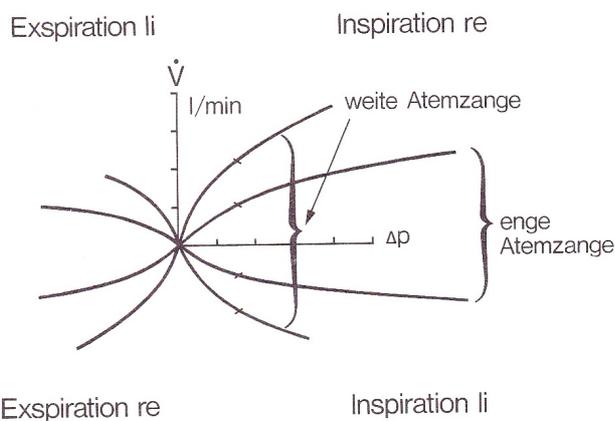


Abb.10: Beispielhafte Darstellung des Kurvenverlaufs bei schlechter Nasenatmung (enge Atemzange) und guter Nasenatmung (weite Atemzange) (aus Bachmann, W.,

1982. Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung : Einführung in die Rhinomanometrie – mit freundlicher Genehmigung des Springer- Verlags)

Eine Rhinomanometrie unter abschwellenden Nasentropfen wurde nicht routinemäßig bei allen Patienten durchgeführt, sodass vereinzelt vorliegende Untersuchungsergebnisse nach Abschwellung in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Dasselbe gilt für die Befragung des subjektiven Empfindens einer Nasenatmungsbehinderung.

6.3. Statistik

In dieser Arbeit wurden folgende Messwerte herangezogen: Atemstrom in- und expiratorisch für die jeweils rechte und linke Nasenseite, welche die direkten Messwerte der rhinomanometrischen Untersuchung sind. Daraus errechnet wurden der Widerstand bei 150Pa (150 Pa/Flow) sowie der Gesamtatemstrom für Inspiration und Expiration (jeweils rechte Seite addiert mit linker Seite). Das Seitenverhältnis wurde zur vereinfachten statistischen Auswertung als Quotient der schlechter durchgängigen zur besser durchgängigen Nasenseite errechnet, unabhängig davon, ob nun die rechte oder die linke Nasenseite die besser durchgängige war. Bei den Patienten, bei denen sowohl prä- als auch postoperative Daten vorlagen, wurden die oben genannten Werte außerdem von der Differenz der Werte der beiden Messungen ermittelt (t_2-t_1).

Nach Erhebung der rhinomanometrischen Daten wurden diese in dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Version 14.0.0, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) eingetragen und Parameter wie die Seitendifferenz ergänzt. Zur Auswertung der vorliegenden Messwerte der rhinomanometrischen Untersuchung wurde die Software IBM SPSS Statistics benutzt (Version 24.0.0, IBM Corporation Armonk NY, USA, 2016).

Bei der statistischen Betrachtung wurden zunächst Minimum, Maximum, Mittelwerte, Standardverteilung, Median und die Schiefe der Verteilung ermittelt.

Sowohl bei dem Gesamtkollektiv als auch bei den prä- zu postoperativen Differenzwerten fand ein Vergleich zu der in Tabelle 1 aus der Einleitung genannten Klassifikation der Nasenatmungsbehinderung statt.

Es erfolgte eine Aufteilung in Untergruppen zur explorativen Analyse der präoperativen Daten nach Geschlecht (w/m), nach dem Vorliegen von post-operativen Untersuchungsergebnissen (Termin 2 ja/nein), nach dem Vorliegen einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte und nach der Operationsart (Hemi-TPD/TPD). Die Gruppen wurden untereinander mit Hilfe des U-Tests nach Mann-Whitney auf statistisch signifikante Unterschiede geprüft. Wegen der kleinen Untergruppengrößen wurde hier ausschließlich nicht-parametrisch getestet.

Anschließend wurden die Differenzwerte der prä- und postoperativen Messungen betrachtet: Wenn die Schiefe der Verteilung zwischen -1 und 1 lag, wurden die Mittelwerte mit Hilfe des T-Tests für verbundene Stichproben auf statistische Signifikanz überprüft. Wenn die Schiefe unter -1 bzw. über 1 lag, wurde der Wilcoxon-Test angewendet. Es erfolgte zusätzlich eine gesonderte Betrachtung der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. Der Patient, welcher eine unilaterale TPD bekam und prä- und postoperativ untersucht wurde, sowie die Patientin, bei der zusätzlich eine Conchotomie vorgenommen wurde, wurden ebenfalls hervorgehoben und einzeln betrachtet.

Das Signifikanzniveau wurde jeweils auf $p < 0,05$ festgesetzt. Bei den errechneten Werten des Gesamtatemstroms kam außerdem die Bonferroni-Korrektur zum Einsatz, um eine Alphafehlerkumulierung zu verhindern.

Zur Ergebnisdarstellung kamen außer den oben schon genannten Programmen SPSS und Microsoft Excel die Grafikformatvorlagen von Microsoft Word (Version 14.0.0, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) zum Einsatz.

7. Ergebnisse

7.1. Patientenkollektiv

Von den in den Jahren 2012 - 2016 operierten Patienten lagen 47 präoperative Rhinomanometriedaten vor. Vom Gesamtkollektiv waren 23 Probanden männlich und 24 weiblich. Die Altersspanne bei der präoperativen Rhinomanometrie ging von 11 bis 47 Jahren (vgl. Abb. 11). Darunter befanden sich 10 Patienten, bei denen eine unilaterale TPD durchgeführt wurde.

Die präoperative Untersuchung fand einen Tag vor dem Eingriff statt.

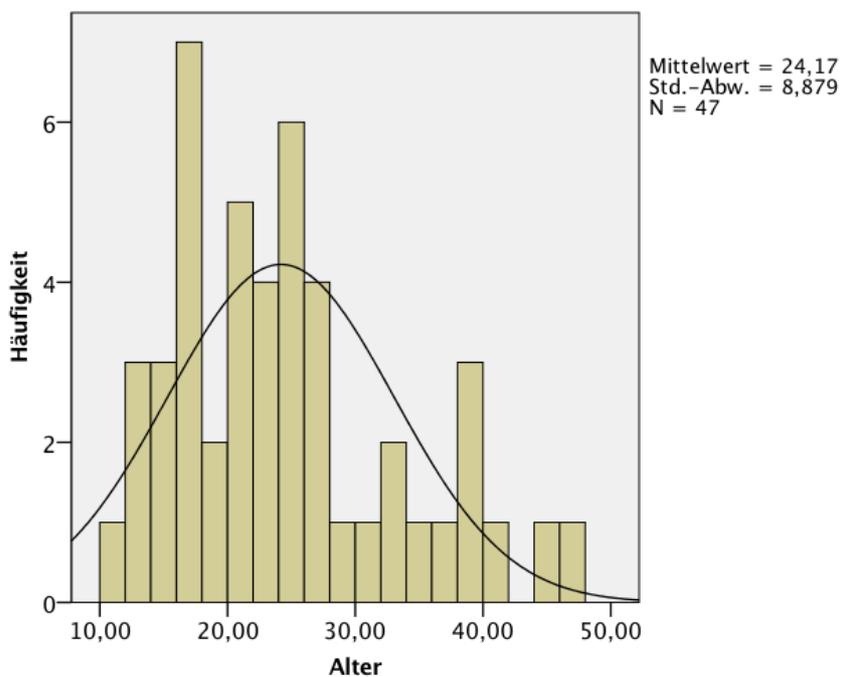


Abb.11.: Histogramm der Altersverteilung

Von dem Gesamtkollektiv lagen bei 22 Patienten zusätzlich postoperative Daten vor. In dieser Gruppe waren 12 männliche Probanden und 10 weibliche. Dabei lag die Altersspanne bei 15 bis 40 Jahren. Darunter befand sich ein Patient, bei dem eine unilaterale TPD durchgeführt wurde.

Die postoperative Untersuchung fand 7 bis 31 Monate nach dem Eingriff statt.

Bei einem Patienten fand die Entfernung des Distraktors vor der zweiten rhinomanometrischen Untersuchung statt. Bei allen anderen war der Distraktor zum

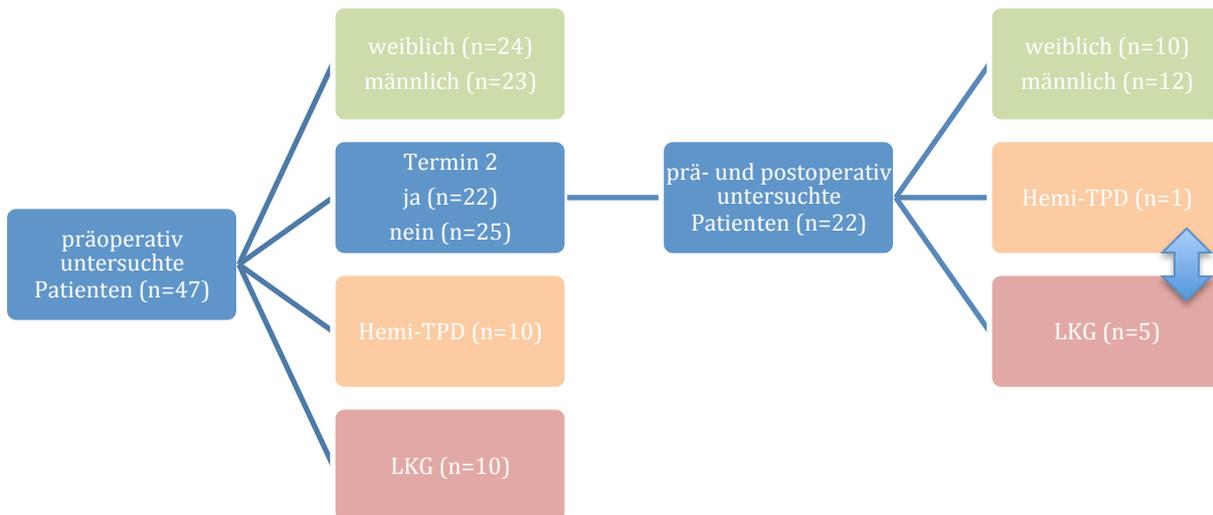


Abb. 12.: Graphische Darstellung der Struktur des Studienkollektivs

Zeitpunkt der zweiten Untersuchung noch in situ. Der Untersuchungstermin zur postoperativen Rhinomanometrie fand bei 22 Probanden einen Tag vor einem kieferchirurgischen Folgeeingriff statt. Bei 13 Patienten bestand dieser in einer Oberkieferverlagerung (LeFortI), bei drei Patienten in einer Unterkieferverlagerung (BSSO) und bei weiteren vier Patienten in einer bimaxillären Umstellungsosteotomie (TJS). Bei einem Patienten wurde die postoperative Rhinomanometrie bei einer reinen Materialentfernung (ME) durchgeführt.

Es befanden sich 10 Patienten mit LKG-Spalte im untersuchten Gesamtkollektiv. Davon erhielten sechs eine unilaterale TPD. Von den Patienten mit LKG-Spalte wurden fünf auch postoperativ untersucht. Darunter auch der einzelne Patient mit unilateraler TPD (Patient Nr. 16), von dem prä- und post-operative Rhinomanometriedaten vorlagen.

Bei einer Patientin wurde bei der Transpalatinaldistraction zusätzlich eine Conchotomie (Patient Nr. 29) vorgenommen, bei einem anderen eine einseitige Kondylektomie (Patient Nr. 4).

Zusätzliche rhinochirurgische Eingriffe zur Verbesserung der Atmung wurden bei mindestens sechs Patienten bei Folgeeingriffen vorgenommen.

Bei einigen Patienten, die von ihrem Diagnoseprofil in die Studie gepasst hätten, konnten keine Messdaten gefunden werden – meistens in den Fällen, in welchen die Materialentfernung (ME) ambulant stattfand oder die Dehnapparatur zum Zeitpunkt der Erhebung der Messwerte noch in situ war. Von sieben Patienten lagen nur postoperative Werte vor, welche zur Auswertung in dieser Studie nicht herangezogen wurden.

7.2. Rhinomanometrische Ergebnisse und statistische Evaluation

Für die im Folgenden aufgeführten Tabellen gilt jeweils:

T1 steht jeweils für „Termin 1“ – also die präoperative Untersuchung, $ir = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$

Inspiration rechte Nasenseite, $er = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Expiration rechte Nasenseite, $il = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$

Inspiration linke Nasenseite, $el = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Expiration linke Nasenseite, $is =$

inspiratorisches Seitenverhältnis, $es =$ expiratorisches Seitenverhältnis, $ig = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$

Summe beider Nasenseiten Inspiration, $eg = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Summe beider Nasenseiten

Expiration und $w =$ Widerstand R bei $150\Delta Pa$ ($Pa \cdot s/cm^3$) und $diff =$ Differenzwert der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse.

Da die Widerstandswerte aus den Flow-Werten errechnet werden und außer zum Vergleich mit anderen Studien kaum für die eigene Untersuchung relevanten Informationsgehalt geboten haben, wurden sie nicht in allen tabellarischen Darstellungen berücksichtigt. Das Gleiche gilt für die Werte der Expiration. Die vollständige Aufführung der Messwerte und ihre statistischen Kennzahlen können dem Anhang entnommen werden.

Zuerst wurden die gesamten präoperativen Rhinomanogramme ($n = 47$) betrachtet.

Tab. 2: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs ($n = 47$)

	Mittelwert	SD	Median	Min.	Max.
T1_ir	241,28	±143,53	243	9	522
T1_er	269,21	±127,75	291	39	524
T1_il	276,32	±127,98	306	18	522
T1_el	295,79	±111,69	310	58	514
T1_is	0,54	±0,32	0,52	0,03	1
T1_es	0,63	±0,27	0,67	0,13	1

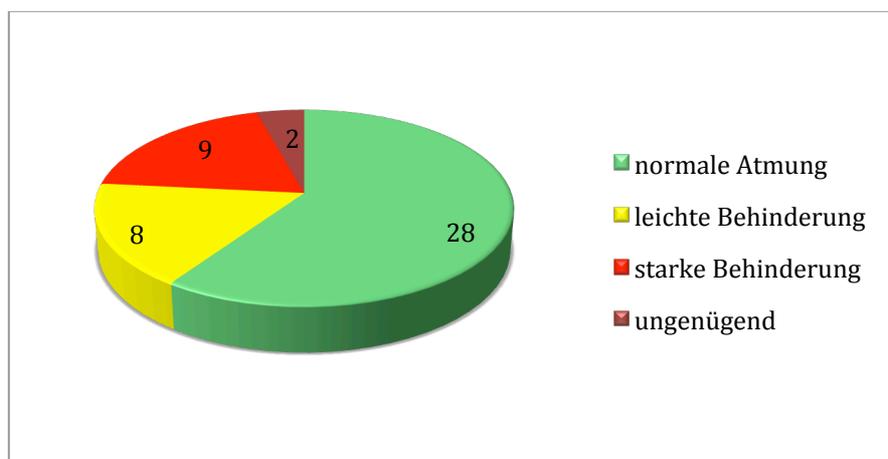
T1_ig	516,87	±170,81	531	117	864
T1_eg	565,72	±148,84	602	194	796
T1_w_ir	1,73	±3,03	0,62	0,29	16,67
T1_w_er	0,86	±0,83	0,52	0,29	3,85
T1_w_il	1,23	±2,05	0,49	0,29	8,33
T1_w_el	0,66	±0,49	0,48	0,29	2,59

Die expiratorisch gemessenen Werte des Atemflows fielen im Mittel höher aus als die inspiratorisch gemessenen. Dabei waren die Flow-Werte der linken Nasenseite im Mittel größer als die Flow-Werte der rechten Seite.

Von den 47 präoperativ untersuchten Patienten zeigten 28 ein pathologisches Seitenverhältnis (Quotient der schlechter durchgängigen zur besser durchgängigen Nasenseite $<0,6$). Dabei war bei 30 Patienten die rechte Nasenseite die schlechter durchgängige und bei den restlichen 17 Patienten die linke Nasenseite. Die Seitendifferenz war bei den inspiratorischen Werten ausgeprägter.

Bezüglich der Widerstandswerte ist erneut anzumerken, dass allein durch die Errechnung aus dem Quotienten von Flow-Wert und $150 \Delta\text{Pa}$ auch bei normalverteilten Flowwerten eine hohe Streuung auftritt.

Abb. 13: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten des Gesamtkollektivs (n= 47) prä-operativ nach Tabelle 1 (die Segmentbeschriftung entspricht der Anzahl der Patienten in der jeweiligen Kategorie)



Als nächstes erfolgte die Einteilung in die Untergruppen, um eventuelle Unterschiede feststellen zu können.

Tab. 3: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Werte männlicher und weiblicher Patienten

	Männliche Patienten (n= 24)				Weibliche Patienten (n= 23)				
	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	p-Wert
T1_ir	254,25	±158,16	288	9 522	227,74	±128,64	225	18 504	0,418
T1_er	276,58	±140,51	301	39 514	261,52	±115,59	281	49 524	0,388
T1_il	283,5	±141,78	310,5	18 522	268,83	±114,53	288	18 441	0,565
T1_el	301,58	±116,55	310	78 514	289,74	±108,67	320	58 437	0,890
T1_is	0,52	±0,34	0,55	0,03 0,98	0,55	±0,30	0,52	0,07 1	0,678
T1_ig	537,75	±170,02	540	117 864	495,09	±172,67	504	126 738	0,639
T1_w_ir	2,12	±3,84	0,52	0,29 16,67	1,33	±1,85	0,67	0,3 8,33	0,476
T1_w_il	1,39	±2,31	0,48	0,29 8,33	1,07	±1,77	0,52	0,34 8,33	0,602
Alter	22,04	±8,50	20	11 47	26,21	±8,92	25	13 44	0,88

Etwa die Hälfte der präoperativ untersuchten Probanden war männlich, die andere Hälfte weiblich. Bei der Unterteilung in männliche und weibliche Probanden fiel auf, dass die Messwerte des Atemflows im Mittel bei Frauen geringer waren als bei Männern. Dies galt sowohl für die einseitigen Messwerte als auch für die der Gesamtnase. In beiden Untergruppen fielen die Messwerte der Expiration höher aus als die inspiratorisch gemessenen. Die rechte Nasenseite zeigte sich im Schnitt jeweils schlechter durchgängig als die linke. Die Seitendifferenz bei den untersuchten Frauen war weniger groß als bei den männlichen Probanden. Die männlichen Probanden waren im Schnitt jünger als die weiblichen Probanden.

Tab. 4: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) – Vergleich der Werte der Patienten, die ausschließlich prä-operativ untersucht wurden (Termin 2 „nein“) und der Patienten, welche zusätzlich postoperativ untersucht wurden (Termin 2 „ja“)

	Termin 2 „nein“ (n= 25)				Termin 2 „ja“ (n= 22)				p- Wert Vergleich
	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	
T1_ir	273,6	±135,62	288	18 504	204,55	±146,45	193,5	9 522	0,086
T1_er	304,72	±116,08	320	68 524	228,86	±130,93	247,5	39 514	0,035
T1_il	299,16	±121,81	315	18 522	250,36	±132,64	274,5	18 441	0,228
T1_el	304,56	±103,62	320	78 514	285,82	±121,91	305,5	58 446	0,662
T1_is	0,60	±0,29	0,58	0,03 1	0,46	±0,34	0,47	0,03 1	0,169
T1_ig	571,4	±143,98	540	252 864	454,91	±180,72	481,5	117 783	0,03
T1_w_ir	1,07	±1,70	0,52	0,3 8,33	2,48	±3,96	0,78	0,29 16,67	0,088
T1_w_il	0,97	±1,71	0,48	0,29 8,33	1,53	±2,38	0,55	0,34 8,33	0,24
Alter	24,32	±10,75	22,00	11,00 47,00	24,00	±6,37	23,50	15,00 40,00	0,601

Vom Gesamtkollektiv wurde bei 22 Patienten eine Nachuntersuchung durchgeführt. Bei der Unterteilung der präoperativen Messwerte nach Patienten mit postoperativer Rhinomanometrie und Patienten ohne postoperative Rhinomanometrie fiel auf, dass der Atemflow bei der ausschließlich präoperativ untersuchten Gruppe im Schnitt höher ausfiel. Dies galt sowohl für die einseitigen Messwerte als auch für die der Gesamtnase. In beiden Untergruppen fielen die Messwerte der Expiration höher aus als die inspiratorisch gemessenen. Die rechte Nasenseite zeigte sich jeweils schlechter durchgängig als die linke. Auch die Seitendifferenz war in der Gruppe, welche ein zweites Mal untersucht wurde, schlechter als in der rein präoperativ untersuchten. Es lag im Schnitt

kein großer Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen vor.

Tab. 5: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Patienten mit und ohne Lippen-Kiefer-Gaumen- Spalte

	LKG „ja“ (n= 10)				LKG „nein“ (n= 37)				
	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	p- Wert Vergleich
T1_ir	339,3	±156,46	369	18 504	214,78	±129,66	207	9 522	0,021
T1_er	361,1	±139,13	393	39 524	244,38	±114,17	281	39 514	0,009
T1_il	240,3	±138,39	234	18 432	286,05	±125,23	306	18 522	0,356
T1_el	279,4	±120,05	291	78 446	300,22	±110,65	320	58 514	0,687
T1_is	0,48	±0,26	0,48	0,06 0,81	0,55	±0,33	0,58	0,03 1	0,443
T1_ig	579,6	±150,43	571,5	333 783	499,92	±173,89	522	117 864	0,237
T1_w_ir	1,24	±2,50	0,41	0,3 8,33	1,86	±3,18	0,72	0,29 16,67	0,021
T1_w_il	1,70	±2,60	0,64	0,35 8,33	1,11	±1,89	0,49	0,29 8,33	0,369
Alter	20,50	±9,32	16,50	11,00 38,00	25,16	±8,62	24	13,00 47,00	0,074

Im Gesamtkollektiv befinden sich 10 Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. Bei der Unterteilung der präoperativen Messwerte nach Spaltpatienten und Nicht-Spaltpatienten fiel auf, dass der Atemflow in der Spaltgruppe auf der rechten Nasenseite höher und auf der linken Nasenseite niedriger ausfiel als in der Nicht-Spalt-Gruppe. Die Werte der Gesamtnase waren in der Gruppe der Spaltpatienten höher als in der Gruppe ohne Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. In beiden Untergruppen fielen die Messwerte der Expiration höher aus als die inspiratorisch gemessenen. In der Spaltgruppe war die rechte Nasenseite im Schnitt besser

durchgängig als die linke. Die Seitendifferenz war inspiratorisch schlechter und expiratorisch besser als in der Gruppe der Patienten ohne Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. Bei den Patienten, bei denen eine einseitige Lippen-Kiefer-Gaumenspalte vorlag, lagen die Messwerte der Spaltseite immer unter denen der Nicht-Spaltseite. Die LKG- Patienten waren im Schnitt jünger als die Patienten ohne LKG- Spalte.

Tab. 6: Statistische Kennzahlen der präoperativen Messwerte des Gesamtkollektivs (n= 47) - Vergleich der Gruppe Hemi-TPD und TPD

	Hemi-TPD (n=10)				TPD (n=37)				p-Wert Vergleich
	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	
T1_ir	328,5	±162,18	346,5	18 504	217,70	±130,63	207	9 522	0,051
T1_er	356,1	±132,84	368,5	68 524	245,73	±117,38	272	39 514	0,021
T1_il	236,7	±150,54	234	18 522	287,03	±121,28	315	18 468	0,184
T1_el	275,6	±129,44	296	78 514	301,24	±107,74	310	58 446	0,594
T1_is	0,47	±0,27	0,48	0,03 0,87	0,55	±0,33	0,58	0,03 1	0,377
T1_ig	561,8	±120,63	535,5	407 738	504,73	±181,47	522	117 864	0,458
T1_w_ir	1,28	±2,49	0,44	0,3 8,33	1,85	±3,18	0,72	0,29 16,67	0,05
T1_w_il	1,72	±2,59	0,64	0,29 8,33	1,10	±1,90	0,48	0,32 8,33	0,172
Alter	22,30	±11,72	16,50	11,00 44,00	24,68	±8,07	23,00	13,00 47,00	0,226

Von den 10 Patienten, welche mit einer unilateralen TPD behandelt wurden, haben 6 eine Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. Bei einem Patienten lagen prä- und post-operative Daten vor (Patient Nr. 16). Dieser wird im Kapitel 6.3. „Kasuistiken“ gesondert betrachtet.

Vom Gesamtkollektiv wurde bei zehn Patienten keine beidseitige Distraction des Oberkiefers durchgeführt, sondern eine einseitige (Hemi-TPD). Bei der Unterteilung der präoperativen Messwerte nach unilateraler oder bilateraler TPD fiel auf, dass der Atemflow in der Hemi-TPD-Gruppe auf der rechten Nasenseite wesentlich höher und auf der linken Nasenseite etwas niedriger ausfiel als in der TPD Gruppe. Die Werte der Gesamtnase waren in der Hemi-TPD-Gruppe höher. In beiden Untergruppen fielen die Messwerte der Expiration höher aus als die inspiratorisch gemessenen. Die Seitendifferenz war, sowohl gemessen an den inspiratorischen als auch an den expiratorischen Werten, in der Hemi-TPD-Gruppe schlechter. Die Gruppe der Patienten, bei denen die Therapie in einer unilateralen TPD bestand, war jünger als die Gruppe, bei der eine symmetrische TPD vorgenommen wurde.

Nach der Betrachtung der präoperativen Rhinomanogramme des Gesamtkollektivs und seiner Untergruppen wurden nun die möglichen Veränderungen der Messwerte durch den Vergleich mit den postoperativen Rhinomanogrammen vorgenommen. Während der statistisch auf Signifikanz zu prüfende Wert der Differenzwert ist, bieten die im Folgenden genutzten Boxplotdiagrammen eine übersichtlichere Darstellungsmöglichkeit als die Tabellenform. Durch die optische Unterstützung sind die Veränderungen von prä- zu postoperativ schneller erfassbar.

Abb. 14: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch rechte Seite in cm³/s

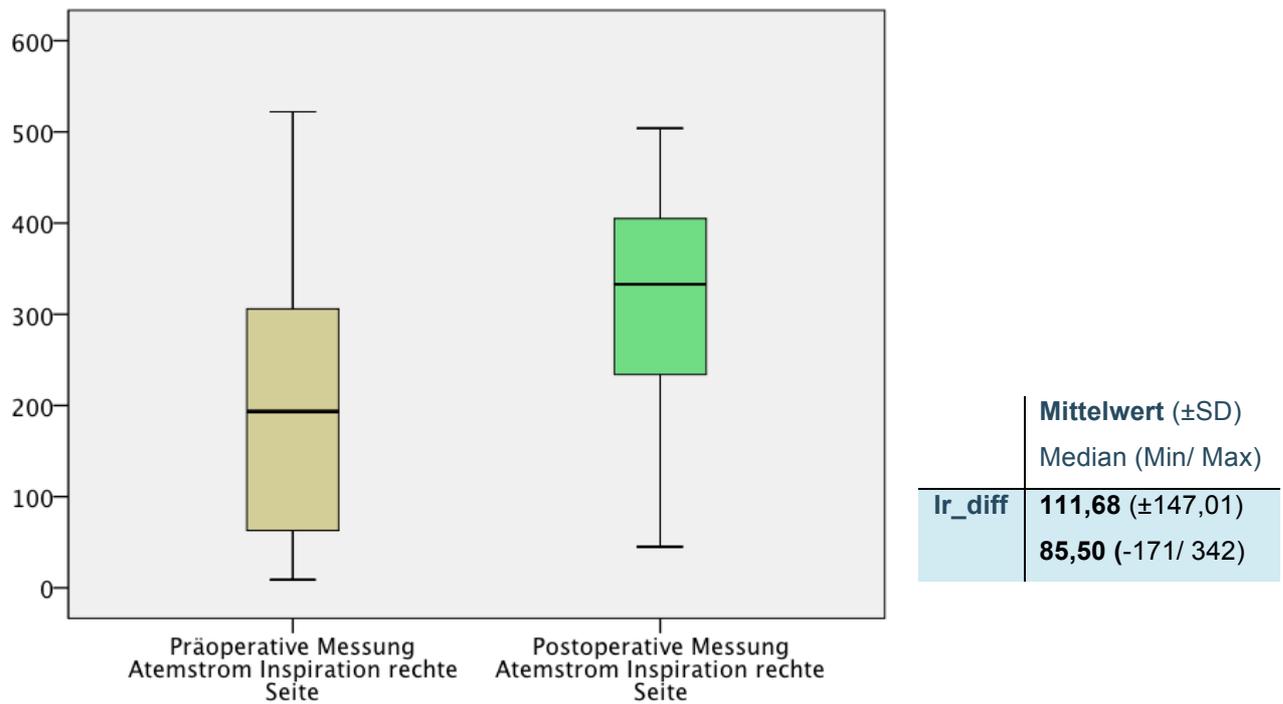


Abb. 15: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch linke Seite in cm³/s

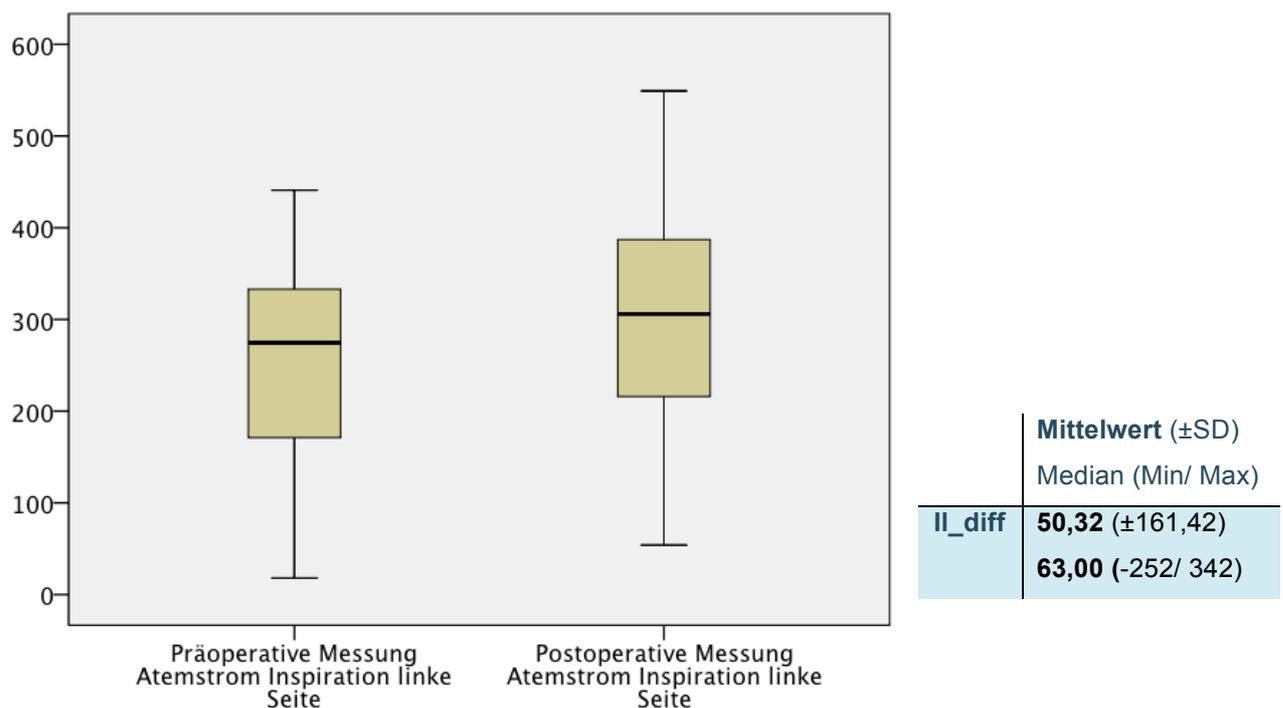


Abb. 16: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa inspiratorisch gesamt in cm³/s

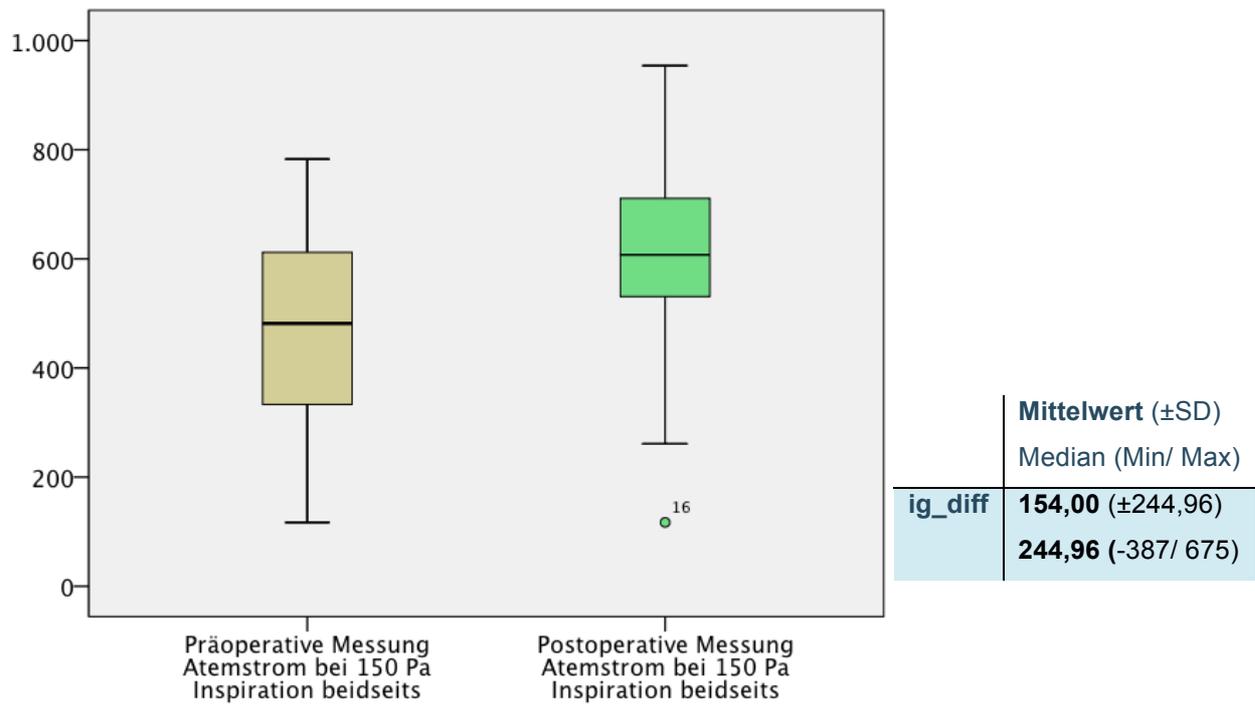


Abb. 17: Vergleich der prä- und der postoperativen Flow-Werte bei 150ΔPa expiratorisch gesamt in cm³/s

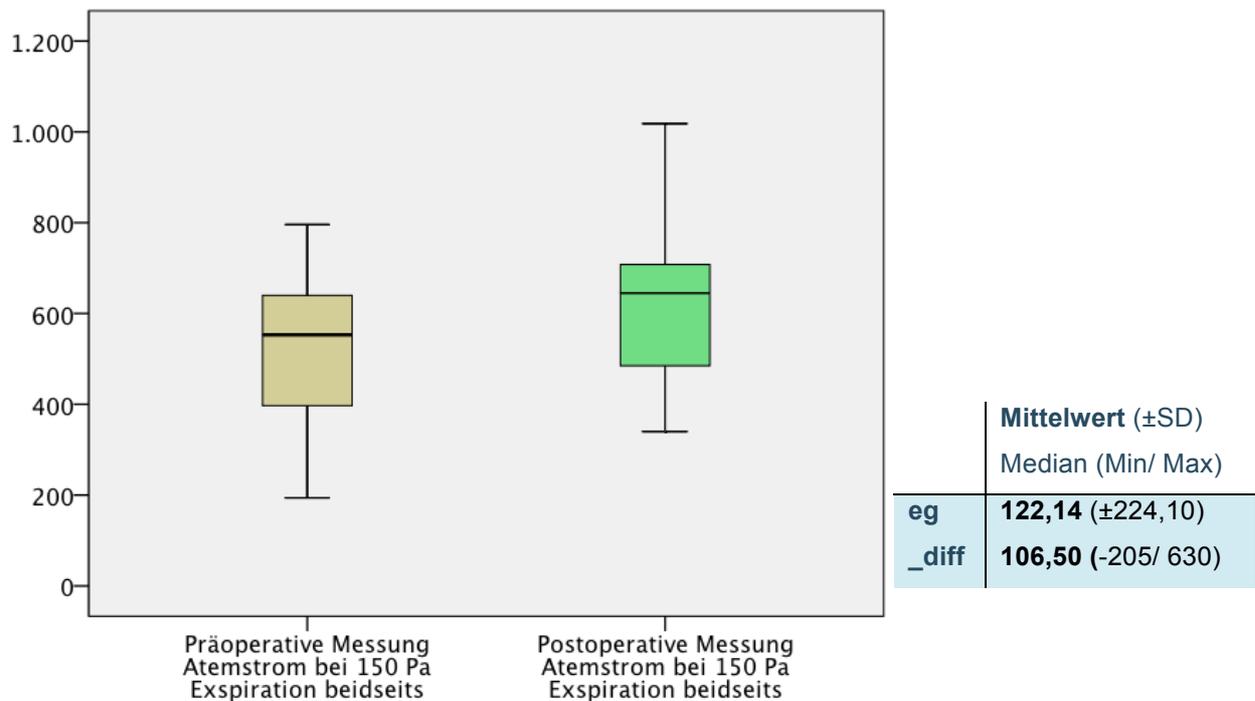


Abb. 18: Vergleich der prä- und der postoperativen Widerstandswerte bei 150ΔPa inspiratorisch rechts (Pa*s/cm³)

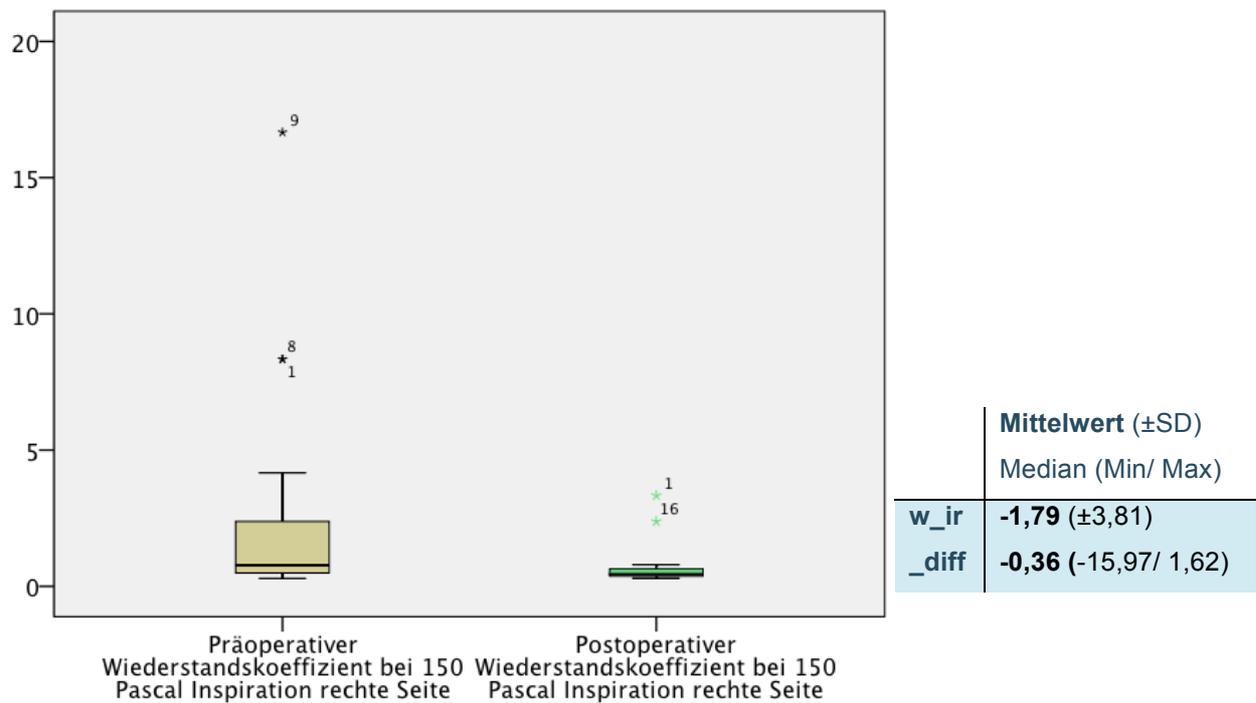


Abb. 19: Vergleich der prä- und der postoperativen Widerstandswerte bei 150ΔPa inspiratorisch links (Pa*s/cm³)

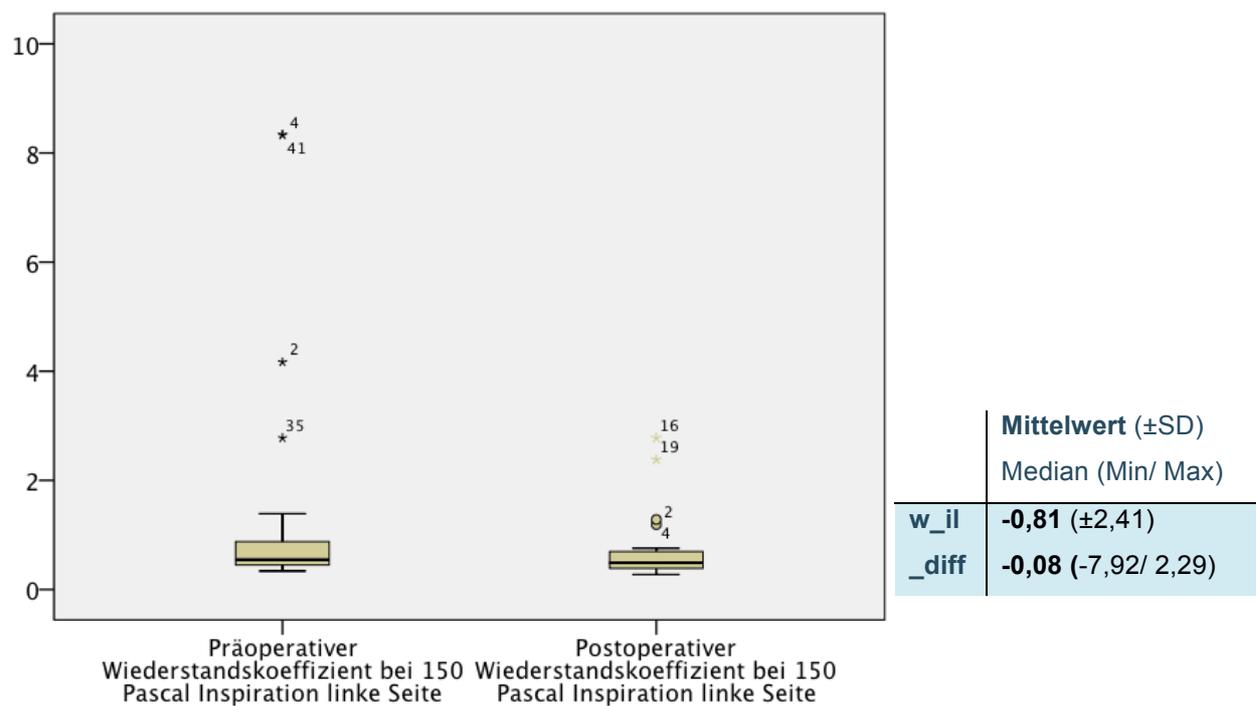
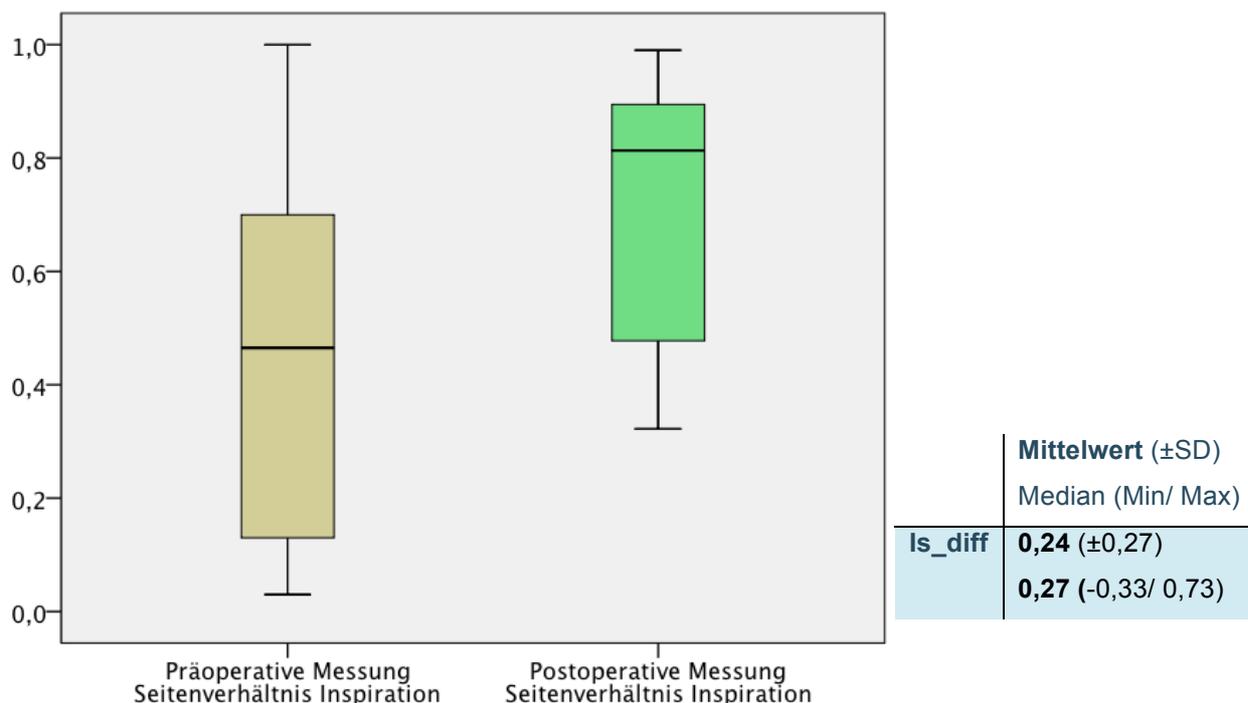


Abb. 20: Vergleich der prä- und der postoperativen Seitendifferenz Inspiratorisch



Der Vergleich prä- und post-operativer Parameter zeigte im Schnitt eine Verbesserung aller rhinomanometrischen Parameter nach Operation. Die Flow-Werte $\dot{V}_{150} \left(\frac{cm^3}{s} \right)$ beider Nasenseiten verbesserten sich sowohl gemessen bei Inspiration als auch bei Expiration (vgl. Abb.13 und 14). Daraus ergab sich ebenfalls eine Verbesserung der Werte für die Gesamtnase (vgl. Abb. 15 und 16) und der Widerstandswerte (R bei $150\Delta Pa \text{ (Pa*s/cm}^3\text{)}$) für beide getrennten Nasenseiten bei Inspiration und Expiration (vgl. Abb.17 und 18). Des Weiteren fiel eine deutliche Verbesserung des Seitenverhältnisses, sowohl gemessen an den inspiratorischen als auch an den expiratorischen Werten, auf (vgl. Abb. 19).

Während sich die dargestellten Ausreißer und Extreme der Widerstandswerte erneut durch die Berechnung erklären lassen (vgl. Abb. 17 und 18), sei insbesondere auf den postoperativen inspiratorischen Flow-Wert der Gesamtnase des Patienten Nummer 16 hingewiesen (vgl. Abb. 15). Dieser stellt einen negativen Ausreißer der Messreihe dar.

Betrachtet man die einzelnen Patienten (vgl. Messreihe im Anhang), so verbesserten

sich bei acht Patienten alle Messwerte. Bei sieben Patienten verschlechterten sich die Messwerte einer Nasenseite, während alle anderen Messwerte eine Verbesserung zeigten. Bei drei Patienten verschlechterte sich das Seitenverhältnis (bei zwei Patienten davon nur gemessen an der Expiration). Bei vier Patienten (Nr. 7, 16, 19 und 37) verschlechterten sich fast alle Messwerte.

Vergleicht man die prä- und postoperativen Messwerte mit den in der Einleitung genannten Normwerten aus Tabelle 1 ergibt sich folgendes Ergebnis:

Abb. 21: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten prä-operativ nach Tabelle 1 (die Segmentbeschriftung entspricht der Anzahl der Patienten in der jeweiligen Kategorie)

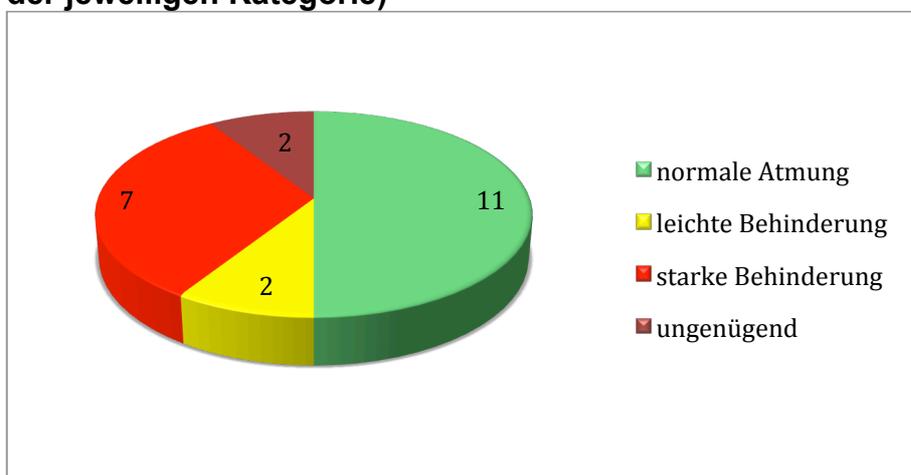
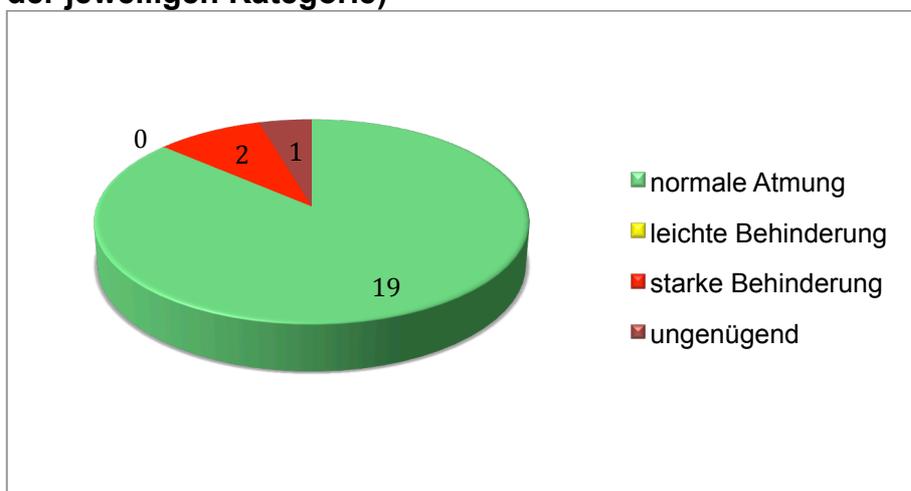


Abb. 22: Einstufung der Nasenatmungsbehinderung der Patienten post-operativ nach Tabelle 1 (die Segmentbeschriftung entspricht der Anzahl der Patienten in der jeweiligen Kategorie)



7.3. Kasuistiken

7.3.1. Patienten mit Lippen- Kiefer- Gaumen Spalte

Tab. 7: Statistische Kennzahlen der Differenzwerte zwischen Termin 1 und Termin 2 für Patienten mit und ohne LKG-Spalte

	LKG „ja“ (n= 4)				LKG „nein“ (n= 18)				p- Wert Vergleich
	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	Mittelwert	SD	Median	Min. Max.	
ir_diff	13,5	±161,75	4,5	-171 216	133,5	±138,96	117	-135 342	0,173
er_diff	2,25	±121,54	4,5	-145 145	98,22	±116,09	87,5	-77 291	0,186
il_diff	-18	±221,55	-36	-234 234	65,5	±148,94	63	-252 342	0,523
el_diff	-58,5	±130,64	-15	-243 39	53,78	±134,71	33,5	-107 339	0,268
is_diff	0,07	±0,31	0,13	-0,33 0,35	0,28	±0,25	0,27	-0,12 0,73	0,173
es_diff	-0,16	±0,33	-0,15	-0,48 0,13	0,22	±0,18	0,24	-0,07 0,54	0,021
ig_diff	-4,5	±345,96	-63	-342 450	189,22	±213,95	189	-387 675	0,233
w_ir_diff	-1,87	±3,88	0,02	-7,69 0,18	-1,77	±3,90	-0,40	-15,97 1,62	0,268
w_il_diff	0,41	±0,95	0,10	-0,32 1,74	-1,08	±2,57	-0,08	-7,92 2,29	0,349

Im prä- und postoperativ untersuchten Kollektiv befanden sich vier Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. Bei der Unterteilung der Differenzwerte nach Spaltpatienten und Nicht-Spaltpatienten fiel auf, dass die Flow-Werte in der Spaltgruppe nur auf der rechten Seite verbessert wurden. Auf der linken Seite verschlechterten sich die Werte und auch die Messwerte der Gesamtnase fielen im Schnitt postoperativ schlechter als präoperativ. Die Seitendifferenz änderte sich in der Spaltgruppe, gemessen an den

Werten der Inspiration, geringfügig positiv, die Differenzwerte der Expiration wiesen auf eine Verschlechterung des Seitenverhältnisses hin.

Bei Patient Nummer 8 verbesserten sich alle Messwerte bis auf das expiratorische Seitenverhältnis. Patient Nummer 33 zeigte zwar postoperativ eine verminderte Durchgängigkeit der rechten Nasenseite bei In- und Expiration, jedoch eine Verbesserung aller anderen Parameter einschließlich des Seitenverhältnisses und der Gesamtdurchgängigkeit. Bei diesen beiden Patienten zeigten die Rhinomanogramme also eine verbesserte nasale Atemfunktion nach Operation.

Bei Patient Nummer 19 verschlechterten sich alle Messwerte bis auf das expiratorische Seitenverhältnis. Bei Patient Nummer 37 zeigte sich zwar postoperativ eine verbesserte Durchgängigkeit der rechten Nasenseite bei In- und Expiration, jedoch eine Verschlechterung aller anderen Parameter, einschließlich des Seitenverhältnisses und der Gesamtdurchgängigkeit. Bei diesen beiden Patienten ist auf Basis der untersuchten Rhinomanogramme von einer verschlechterten nasalen Atemfunktion nach Operation auszugehen.

7.3.2. Patient Nr. 16

Der vorliegende Patient war männlich und hatte eine linksseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Als Therapie fand eine unilaterale Transpalatinaldistraktion statt, wobei die Osteotomielinie distal des Zahnes 12 gelegt wurde. Nach der post-operativen rhinomanometrischen Untersuchung wurden in einem Zweiteingriff eine Oberkiefervorverlagerung nach LeFort I sowie eine Septumkorrektur und eine Conchotomie vorgenommen.

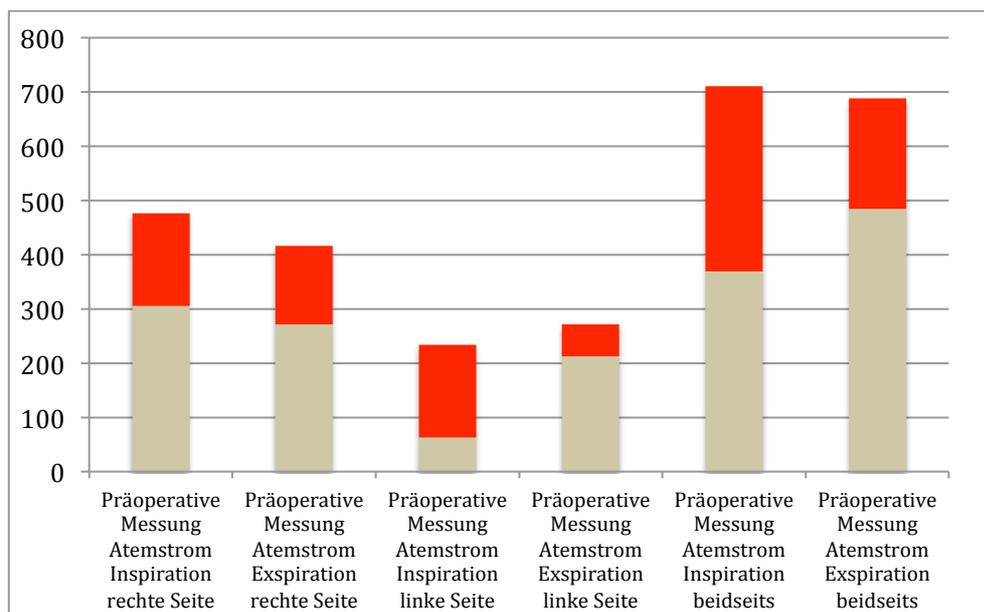


Abb. 23: Darstellung der prä- und post-operativen Flow- Werte bei $150\Delta\text{Pa}$ in cm^3/s bei Patient Nr. 19. Die Gesamthöhe der Balken entspricht den prä-operativen Messwerten, der rote Bereich kennzeichnet die negative Differenz zu den in beige dargestellten postoperativen Messwerten.

Alle Werte des Atemstroms bei $\Delta p=150\text{Pa}$ haben sich verschlechtert.

Das Seitenverhältnis von der linken zur rechten Nasenseite betrug prä-operativ inspiratorisch 0,49 und expiratorisch 0,65. Postoperativ beträgt das Seitenverhältnis inspiratorisch 0,48 und expiratorisch 0,78.

7.3.3. Patient Nr. 29

Der vorliegende Patient ist weiblich. Als Therapie fand eine normale Transpalatinaldistraktion statt, wobei beim gleichen Eingriff eine Conchotomie der rechten Nasenmuschel und eine Fixation der Maxilla vorgenommen wurde. Nach der post-operativen rhinomanometrischen Untersuchung wurden in einem Zweiteingriff eine Oberkieferverlagerung nach LeFort I durchgeführt.

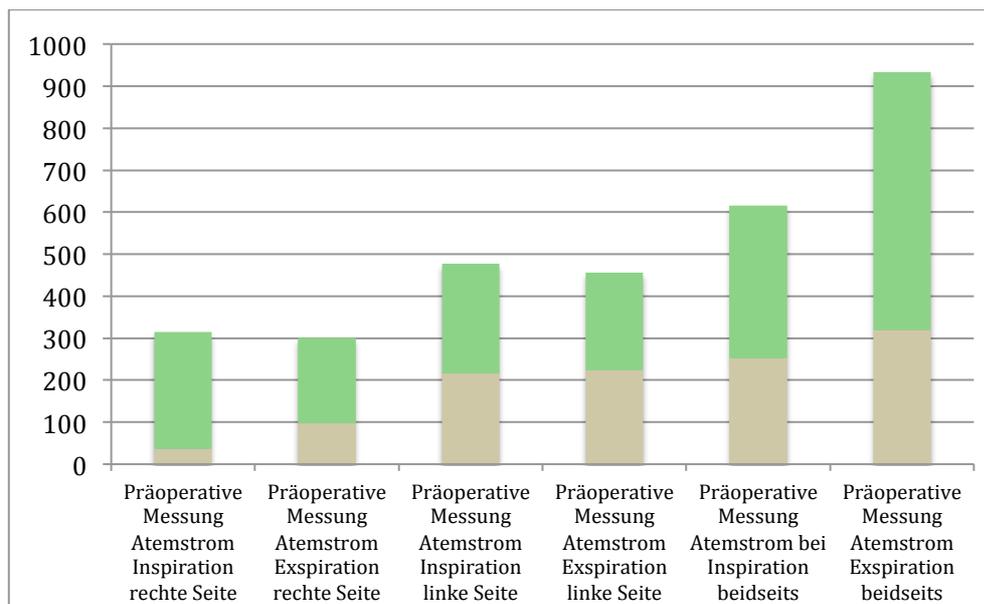


Abb. 24: Darstellung der prä- und post-operativen Flow- Werte bei $150\Delta\text{Pa}$ in cm^3/s bei Patient Nr. 29. Der beige Anteil der Balken kennzeichnet die präoperativen Messwerte, der grüne Bereich kennzeichnet die positive Differenz zu den postoperativen Messwerten (gesamter Balken).

Alle Werte des Atemstroms bei $\Delta p=150\text{Pa}$ hatten sich verbessert. Das Seitenverhältnis von der rechten zur linken Nasenseite betrug prä-operativ inspiratorisch 0,17 und expiratorisch 0,43. Postoperativ betrug das Seitenverhältnis inspiratorisch wie expiratorisch 0,66.



Abb. 25 und 26: Gipsmodelle des Oberkiefers der Patientin vor und nach chirurgischer Gaumennahterweiterung mit einem TPD (Gipsmodelle von Patient Nr. 29)

7.4. Statistisch signifikante und nicht- signifikante Ergebnisse

Bei den präoperativen Messwerten des Gesamtkollektivs wurden unterschiedliche Gruppen verglichen. Die Einteilung nach Geschlecht, dem Vorliegen einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte und nach Operationsverfahren ergaben kaum statistisch signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Gruppen.

Bei der Unterteilung nach dem Vorliegen von postoperativen Untersuchungsergebnissen zeigten sich signifikant niedrigere Werte für den präoperativ gemessenen Atemflow der rechten Nasenseite bei Expiration ($p=0,035$) und den zugehörigen Widerstandswert ($p=0,034$) in der Gruppe, welche auch postoperativ untersucht werden konnte. Die Gesamtwerte für Inspiration ($p=0,03$) und Expiration ($p=0,039$) waren zwar deutlich niedriger, der Unterschied zwischen den Gruppen aber nicht statistisch signifikant, da hier wegen dem errechneten Wert aus den Einzelwerten aus beiden Nasenseiten die Bonferroni-Korrektur für den p-Wert gilt. Das bedeutet, dass p hier kleiner 0,025 hätte sein müssen, um ein statistisch signifikantes Ergebnis zu zeigen.

Im Vergleich der Gruppe mit und ohne Lippen-Kiefer-Gaumenspalte unterschieden sich wieder die Werte der rechten Nasenseite signifikant. Die Werte des inspiratorischen Flows ($p=0,021$) und des expiratorischen Flows ($p=0,009$), sowie die zugehörigen Widerstandswerte (gleiche p-Werte) waren in der Gruppe der Spaltpatienten signifikant

niedriger. Es zeigte sich ein im Schnitt deutlich geringeres Alter in der Gruppe der Spaltpatienten, der Altersunterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ($p=0,074$). Bei der Unterteilung nach Operationsmethode zeigten sich signifikant niedrigere Werte für den expiratorischen Atemflow der rechten Nasenseite ($p=0,021$) sowie den zugehörigen Widerstand (gleicher p-Wert).

Für die Differenzen der Messwerte des Atemstroms und der inspiratorischen Seitendifferenz für das postoperativ untersuchte Gesamtkollektiv ($n=22$) lag die Schiefe zwischen -1 und 1. Hier kam im Folgenden der t-Test zur Anwendung. Das expiratorische Seitenverhältnis lag mit einer Schiefe von -1,028 außerhalb der festgelegten Grenzen – hier wurde nicht-parametrisch auf Signifikanz getestet.

Für die Werte der In- und Expiration der rechten Nasenseite war mit dem t-Test für verbundene Stichproben eine signifikante Zunahme festzustellen ($p=0,002$ und $p=0,005$). Die Werte der linken Nasenseite zeigten zwar eine Zunahme, es liegt aber keine statistische Signifikanz vor ($p=0,159$ und $p=0,270$). Diese Unterschiede zwischen den beiden Nasenseiten werden im Seitenverhältnis widergespiegelt. Das Seitenverhältnis für In- und Expiration zeigt beim Vergleich der prä- und postoperativen Daten eine signifikante Verbesserung ($p=0,000$ und $p=0,012$) und deutet auf eine Angleichung der Werte der rechten und linken Nasenseite hin. Die Werte des Gesamtatemstroms verbesserten sich signifikant für In- und Expiration ($p=0,008$ und $p=0,018$). Dabei sei noch einmal angemerkt, dass bei den letzten beiden Werten das Signifikanzniveau nach der Bonferroni-Korrektur bei $p<0,025$ liegen muss.

Die Widerstandswerte sind aus mathematischen Gründen (Berechnung aus $\frac{150 \text{ Pa}}{\text{Flow}}$) auch bei normalverteilten Flow-Werten Abweichungen in der Verteilung unterworfen. So zeigten die vier Widerstandswerte eine Schiefe > -1 . Hier musste wieder der Wilcoxon-Test verwendet werden. Die Änderungen der Messwerte für die rechte Nasenseite waren signifikant ($p=0,003$ und $0,007$), die der linken Seite nicht ($p=0,093$ und $0,274$). Dies korreliert mit den Ergebnissen den direkt gemessenen Werten des Atemflows.

Unterteilt man die Patientengruppe, für die prä- und post-operative Daten erhoben werden konnten, nach dem Vorliegen einer Lippen- Kiefer-Gaumenspalte, zeigten sich in der Spaltgruppe für einige Parameter verschlechterte Werte. Ein statistisch

signifikanter Unterschied zu den Patienten ohne Lippen- Kiefer- Gaumenspalte konnte jedoch außer für den Wert des Seitenverhältnisses bei Expiration ($p=0,021$) nicht gezeigt werden.

7.5. Keypoints

- 1.) Die präoperativen rhinomanometrischen Messwerte der Patienten mit transversalem maxillärem Defizit zeigten typische Verteilungsmuster rhinomanometrischer Messreihen, wobei die Untergruppen Varianzen innerhalb der Gesamtgruppe aufweisen.
- 2.) Bei 40% der Patienten mit transversalem maxillärem Defizit wurde präoperativ eine reduzierte nasale Durchgängigkeit nachgewiesen.
- 3.) 60% der Patienten wiesen präoperativ ein pathologisches Seitenverhältnis auf (Verhältnis der Flowwerte der kleineren zur größeren Nasenseite von $<0,6$).
- 4.) Die prä- und postoperativen Rhinomanometriedaten legen nahe, dass es nach Transpalatinaldistraction zu einer besseren nasalen Durchgängigkeit kommt. Dies konnte anhand von verbesserten Flowwerten und einer Normalisierung des Seitenverhältnisses gezeigt werden.

8. Diskussion

An Patienten, bei denen zwischen 2012 und 2016 die Transpalatinaldistraktion zur Korrektur eines transversalen maxillären Defizits durchgeführt wurde, sollte die Auswertung von Messdaten der aktiven anterioren Rhinomanometrie vorgenommen werden. Es galt zu untersuchen, welchen Einfluss das transversale maxilläre Defizit und seine Korrektur durch die Transpalatinaldistraktion auf die Messergebnisse der Untersuchung haben. Die Rhinomanometrie stellt dabei ein nicht-invasives Verfahren zur Objektivierung der Durchgängigkeit der Nase dar.

Der Zusammenhang zwischen respiratorischer Funktion und transversalem maxillärem Defizit beziehungsweise seinen unterschiedlichen Korrekturmaßnahmen wurde in der Literatur schon häufig diskutiert. Die Veröffentlichungen zu dem Thema geben ein uneinheitliches Bild und zeigen die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen dieser Fragestellung. Während die Literaturrecherche zur Suche nach dem Zusammenhang von Atemfunktion beziehungsweise Rhinomanometrie und der kieferorthopädischen Gaumennahterweiterung (RME) zahlreiche Ergebnisse lieferte, ergab die kombinierte Recherche nach den Stichworten der „Rhinomanometrie“ und der „chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung“ (bzw. „SARME“, „SARPE“) nur fünf Artikel [38-41]. Eines der fünf Ergebnisse ist nur eine Einzelfallanalyse und wurde in den folgenden Vergleichen daher nicht miteinbezogen. Außerdem konnte eine Dissertation zum Thema gefunden werden [42]. Da in den effektiv ausgewerteten fünf vorliegenden Studien keine rein rhinomanometrische Untersuchung vorgenommen wurde, sondern auch andere Untersuchungsmethoden miteinbezogen wurden, war die Betrachtung der rhinomanometrischen Daten nicht so detailliert wie in der eigenen Studie.

Die eigenen Ergebnisse lassen sich sinngemäß in den literarischen Kontext einordnen, welcher ebenfalls auf eine Verbesserung der Nasenatmung durch Transpalatinaldistraktion hinweist. Ein damit für den Patienten vorhersagbarer Zuwachs an Lebensqualität wäre ein wichtiges Kriterium zur Bestimmung der OP-Indikation [3, 43].

8.1. Diskussion der Materialien und Methoden

Zunächst wurde das untersuchte Patientenkollektiv genauer betrachtet. Sowohl die Patientenzahl der präoperativ untersuchten Patienten (n=47), als auch die Zahl derer, welche zusätzlich postoperativ untersucht werden konnten (n=22), ist relativ klein.

Während einige Studien mit größerer Patientenzahl vorlagen, behandelte die Mehrzahl der Studien ein noch kleineres Kollektiv.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass gerade die Betrachtung der kleineren Untergruppen (Hemi-TPD und LKG) in der eigenen Arbeit eher explorativ gesehen werden sollte, da hier die Fallzahlen am geringsten waren.

Die Ursachen einer Nasenatmungsbehinderung können, wie in der Einleitung beschrieben, vielfältiger Genese sein [2, 3]. Das vorliegende Patientenkollektiv zeigte sich sowohl das Alter als auch die Diagnose- und das Therapieprofil der Patienten betreffend als heterogen. In dieser Studie wurden Jugendliche und hauptsächlich erwachsene Patienten untersucht. Das Altersmittel lag bei ca. 24 Jahren. Die Altersspanne reicht von 11 bis 47. Während in den Studien zur RME natürlich ausschließlich Kinder untersucht wurden, war der jüngste Patient der Studien, die sich ausschließlich mit der chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung befassten, 15,9 - 18 Jahre alt [38-42]. Diese Umstände erschweren den Vergleich zwischen den Studienergebnissen und könnten abweichende Mittelwerte zur Folge haben, da die rhinomanometrischen Messwerte bei Unterschieden beispielsweise im Alter, im Geschlecht, der Körpergröße und der ethnischen Herkunft nachgewiesenermaßen unterschiedlich ausfallen. Die Messwerte bei Kindern sind im Schnitt niedriger als die von Erwachsenen [34, 35].

Auch Patienten mit Lippen-Kiefer- Gaumenspalte wurden in die Studie miteingeschlossen. Des Weiteren wurde bei einem Patienten eine einseitige Kondylektomie, bei einem anderen eine Conchotomie bei der Transpalatinaldistraktion durchgeführt. Auch Patienten, bei denen nur eine einseitige Transpalatinaldistraktion (Hemi-TPD) durchgeführt wurde, wurden mitbetrachtet. Zudem wurden bei mindestens 6 Patienten der prä- und postoperativ untersuchten Gruppe rhinochirurgische Folgeeingriffe durchgeführt. In den zum Vergleich vorliegenden Studien wurden Patienten mit „systemischen Abweichungen, welche Therapie oder Prognose

beeinflussen könnten“ [38], oft ausgeschlossen; so zum Beispiel ein Patient, bei dem eine Adenotomie bei einem Folgeeingriff durchgeführt wurde [39], teils sogar alle Patienten, welche nasale Atemwegsstörungen oder „andere Krankheiten primär nasaler Genese“ aufwiesen, Patienten bei denen Rhinochirurgie vorhergegangen war sowie Syndrompatienten und Patienten mit kraniofazialen Fehlbildungen [40].

Ein Vorteil des Einschlusses aller Patienten ist ein umfassender Überblick über das Patientenkollektiv, bei dem die Indikation zur Transpalatinaldistraktion besteht. Das eigene Ergebnis hat somit besondere Relevanz für den klinischen Alltag. Dadurch können jedoch eher Ergebnisverfälschungen auftreten, was die Betrachtung von Untergruppen und Kasuistiken obligat macht. In der vorliegenden Studie wurden daher die Patientengruppen mit unilateraler TPD als auch mit LKG- Spalte zusätzlich getrennt vom Gesamtkollektiv untersucht und mit diesem auf signifikante Unterschiede verglichen.

Die Rhinomanometrie ist wegen ihrer einfachen Durchführbarkeit eine häufig verwendete Methode zur nasalen Funktionsprüfung [23]. Bei der Untersuchung von Individuen vor und nach chirurgisch gestützter Gaumennahterweiterung kamen bisher in der Literatur vor allem Methoden wie röntgenologische Bildgebung bzw. formerfassende Untersuchung der nasalen Atemwege zum Einsatz sowie die akustische Rhinometrie [44-53]. Teilweise wurde die posteriore Rhinomanometrie (in modifizierter Form) zur Untersuchung gewählt [38]. Die aktive anteriore Rhinomanometrie bietet gegenüber der aktiven posterioren Methode große Vorteile, da sie weniger stark von der Compliance des Patienten abhängig ist. Es erfolgt bei der posterioren Methode außerdem die Messung der Gesamtnase, eine mögliche Seitendifferenz kann nicht quantifiziert werden [2, 26, 27].

Die Aussagekraft der aktiven anterioren Rhinomanometrie wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Mehrfachmessungen sowie die Einbeziehung von anderen diagnostischen Mitteln, um zum Beispiel Effekte des Nasenzyklus oder der eventuell aufgrund psychischer Belastung vor der Operation abgeschwollenen Nasenschleimhaut durch Sympathikusaktivierung zu minimieren [54, 55], können sinnvolle Instrumente sein, um noch genauere Aussagen über die Ursachen und die Art einer Nasenatmungsbehinderung zu machen [56]. Trotz der Untersuchungsdurchführung

durch routiniertes Fachpersonal und die Mittelung von mehreren Atemzügen ließen sich bei dem Datenmaterial dieser Studie Nullpunktabweichungen nicht immer vermeiden.

In der eigenen Studie wurde die Einpunktmessung bei $150\Delta\text{Pa}$ verwendet, wie vom Committee of the Standardisation of Rhinomanometry empfohlen [27, 29]. Die Betrachtung der Flowwerte im Gegensatz zu Widerstandswerten bietet dabei, wie schon im Kapitel Materialien und Methoden beschrieben, statistische Vorteile.

Die Messung unter abschwellendem Nasenspray wird zwar teilweise in der Literatur empfohlen [2, 26], wurde in dieser Studie jedoch nicht durchgeführt, weil es erstrebenswert schien, den tagesüblichen Zustand, der auch für das Empfinden wichtig ist, aufzuzeichnen. Während einige Studien die subjektive Durchgängigkeit vor der Untersuchung abfragten, wurde allerdings herausgefunden, dass die subjektive Einschätzung selten mit den Ergebnissen der Rhinomanometrie korreliert [56-59].

Es besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass vor allem die Betrachtung von vermeintlichen Normwerten kritisch zu sehen ist [27].

Die Transpalatinaldistraktion als Variante der chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung ist eine verbreitete Methode in der Orthognathiechirurgie [14, 15, 18, 22]. Die Untersuchung mit rhinomanometrischen Daten an Individuen, welche mit einer knochengetragenen Apparatur behandelt wurden, ist bisher einzigartig. Die Verwendung einer knochengetragenen Apparatur soll den Vorteil einer verminderten Zurückstellung des erweiterten Oberkiefers haben [15, 18], was auch für eine mögliche verbesserte Form der nasalen Atemwege gelten könnte. Diese Information scheint vor dem Hintergrund interessant, da eine Studie bei Verwendung eines zahngestützten Hyrax-Expanders zunächst eine verbesserte Atemfunktion nach Operation fand, wobei dieser Effekt über einen längeren Zeitraum aber nicht anhielt [39]. Das eigene Studiendesign betrachtete allerdings nur einen einzelnen post-operativen Untersuchungszeitpunkt pro Patient, sodass Vergleiche im weiteren Zeitverlauf nicht möglich waren. Dies lag auch daran, dass anschließend an die zweite rhinomanometrische Untersuchung in vielen Fällen Nachoperationen vorgenommen wurden. Allerdings sollte an dieser Stelle bemerkt werden, dass die früheste post-operative Untersuchung in dieser Studie fünf Monate nach Transpalatinaldistraktion durchgeführt wurde. In der oben genannten Vergleichsstudie fand der späteste

Nachuntersuchungstermin, bei der auch der positive Effekt wieder rückläufig war, 6 Monate post-operativ statt [39]. Die Ergebnisse einer anderen Studie, mit zum Teil späteren postoperativen Untersuchungszeitpunkten (3-36 Monate), könnten auf längerfristige Effekte mit Hyrax- Expander hinweisen, deuten aber auf größere Effekte der skelettalen Verbreiterung mit dem TPD hin [42].

Die Messergebnisse der eigenen Untersuchung wurden mit gängigen statistischen Verfahren unter Beratung des statistischen Instituts der Charité ausgewertet. Hierbei wurde darauf geachtet, die Möglichkeit falsch-positiver Ergebnisse so gering wie möglich zu halten. Zur Prüfung der Verteilung der vergleichenden prä- und postoperativen Ergebnisse hätte man alternativ zur Betrachtung der Schiefe eine eigene Testung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchführen können. Das Risiko eines falsch- positiven Ergebnisses wäre dabei aufgrund der kleinen Stichprobengröße tendenziell größer, weshalb eine Schiefe der Verteilung zwischen -1 und 1 als Kriterium für die parametrische Testung verwendet wurde. Bei den kleineren Untergruppen wurde nicht-parametrisch getestet.

8.2. Diskussion der Ergebnisse

8.2.1. Prä-operative Messwerte

Die präoperativen Messwerte zeigten zunächst typische Verteilungsmuster von rhinomanometrischen Datenerhebungen. Die Werte der Expiration fielen im Mittel höher aus als die der Inspiration [26]. Die linke Nasenseite war im Schnitt schlechter durchgängig als die rechte, wie auch in einem gesunden Gesamtkollektiv beobachtet werden konnte [60].

Einige Studien konnten bereits die Zusammenhänge von verschlechterten rhinomanometrischen Messwerten und anatomischen Charakteristika von Patienten mit einem schmalen Gaumen aufzeigen.

Timms et al. [6] untersuchten die Korrelation zwischen kephalometrischen Variablen und rhinomanometrischen Ergebnissen an 21 männlichen und 26 weiblichen Patienten. Der Interbasalwinkel, die Distanz zwischen Gaumen und Zunge und der Gesichtshöhenindex wiesen eine positive Korrelation, die Gaumenweite eine negative Korrelation zum Atemwiderstand auf [6]. Lopatiene et al. [61] fanden bei der Untersuchung von 49 Kindern eine signifikante Korrelation mit einem vergrößerten Overjet, dem Vorliegen eines offenen Bisses und Platzmangel im Oberkiefer. Des weiteren wurde die Tendenz eines höheren Atemwiderstands bei den Patienten mit Klasse II Verzahnung der ersten permanenten Molaren und posteriorem Kreuzbiss beobachtet [61]. Die eigenen Widerstands-Mittelwerte liegen über den dort gemessenen, allerdings ist auch die Standardabweichung deutlich größer.

Sakai et al. [52] untersuchten gezielt ein Patientenkollektiv von 30 Patienten mit transversalem maxillärem Defizit zwischen 7 und 13 Jahren, die zur Mundatmung neigten. Es konnte gezeigt werden, dass die Breite der Nasenhaupthöhle, gemessen mit der akustischen Rhinometrie, mehrheitlich mit den Messwerten der Gaumenweite in CT-Bildern sowie mit niedrigeren Flow-Werten in der aktiven posterioren Rhinomanometrie korrelierte [52]. Der direkte Vergleich der Messwerte mit denen der eigenen Studie erscheint aufgrund der abweichenden Methodik und des jüngeren Patientenkollektivs nicht sinnvoll.

Vergleicht man die eigenen rhinomanometrischen Ergebnisse mit verschiedenen aus der Literatur abgeleiteten Normwerten für den Atemflow, wurde die Annahme einer beeinträchtigten Nasenatmung bei Patienten mit transversalem maxillärem Defizit bestärkt. Auf Basis der in der Einleitung aufgeführten Norm-Intervalle lag zwar bei nur 19 der 47 untersuchten Patienten eine behinderte Nasenatmung vor [26]. Andere Autoren empfehlen jedoch wesentlich höher liegende Norm-Intervalle [23]. Die eigenen gemessenen Werte liegen zudem deutlich unter denjenigen einer neueren Studie zur Festlegung von Normwerten in der aktiven anterioren Rhinomanometrie an gesunden Probanden. Auch die Standardabweichung war im Kollektiv der genannten Studie größer als im eigenen – trotz des in der eigenen Studie heterogenen Patientengutes [60].

Die eigenen Untersuchungsergebnisse lenken die besondere Aufmerksamkeit auf das mehrheitlich auftretende pathologische Seitenverhältnis bei Patienten mit transversalem maxillärem Defizit. 28 Patienten zeigten präoperativ ein Seitenverhältnis kleiner als 0,6. Dies bedeutet, dass eine Nasenseite um mehr als $\frac{1}{3}$ schlechtere Flowwerte zeigt als die andere. In der Literatur wird teilweise gerade die Seitendifferenz als eines der entscheidenden Kriterien für eine physiologische Funktion der Nase beschrieben [2]. Auch die Korrelation des subjektiven Empfindens einer Nasenatmungsbehinderung beziehungsweise einer schlecht durchgängigen Nase und einer pathologischen Seitenungleichheit konnte gezeigt werden [62]. Bei 1000 Patienten gaben hierbei nur 18% eine subjektive Einschätzung ab, welche nicht mit den Messwerten der Rhinomanometrie korrelierten. Das Team verwendete die Aufzeichnungs- und Auswertungsmethode nach Broms und fand eine Übereinstimmung der Beschwerden mit den objektiv ermittelten Werten, insbesondere bei ausgeprägter Seitendifferenz. Diese Werte zeigten sich unabhängig von Alter und Geschlecht [62].

Betrachtung von Untergruppen

Die Mittelwerte für Frauen und Männer sind in der Literatur oft getrennt angegeben. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten sind die durchschnittlichen Werte für den Atemstrom bei Frauen etwas geringer als bei Männern [2, 26, 60]. Auch die eigene Studie zeigte die typischerweise niedrigeren Werte des Atemflows bei Frauen.

Vergleicht man die Patienten, die ausschließlich prä-operativ untersucht wurden (Termin 2 „nein“) mit den Patienten, die zusätzlich postoperativ untersucht wurden (Termin 2 „ja“), fallen die schlechteren Messwerte der postoperativ nachuntersuchten ins Auge. Das trifft sowohl für die gemessenen Flow-Werte als auch für das Seitenverhältnis zu. Der Unterschied war aber, außer für den expiratorischen Flow der rechten Nasenseite und den inspiratorischen Flow der Gesamtnase, nicht signifikant. Ein größerer Altersunterschied der beiden Gruppen bestand nicht. Da vor allem Patienten mit einem zweiten Operationstermin rhinomanometrisch nachuntersucht wurden, könnte davon auszugehen sein, dass Patienten, welche komplexe skelettale Dysgnathien aufweisen, bei denen eine alleinige transversale Korrektur des Oberkiefers nicht zur Behebung des Fehlbisses genügte, tendenziell präoperativ eine schlechtere Nasenatmung zeigten. Die abschließende Beurteilung einer Nasenatmungsstörung ist nur im mehrdimensionalen Zusammenspiel der kraniofazialen Strukturen abschließend zu beurteilen [5].

Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte gehören wegen der zurückbleibenden transversalen Entwicklung des Oberkiefers typischerweise in das Patientenkollektiv, welches für eine Transpalatinaldistraktion in Frage kommt [20, 22, 63].

Förster et al. [64] stellte im Rahmen seiner Dissertation bei Patienten mit einseitiger oder beidseitiger totaler Lippen-Kiefer-Gaumenspalte schlechtere Flowwerte als in der Kontrollgruppe fest. Bei den eigenen prä-operativen Messwerten lagen dagegen die Gesamtflowwerte der Spaltpatientengruppe über denen der restlichen Patienten. Bei den Patienten mit einseitiger Spalte waren bei Förster et al. die Flowwerte der Spaltseite zudem niedriger als die der Nicht-Spaltseite [64]. Die eigene Studie kann diese Beobachtung bestätigen. Es konnte außerdem gezeigt werden, dass insbesondere bei Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte und einseitig schlechter durchgängiger Nase – also einer auffällig schlechten Seitendifferenz - ein Wunsch zur Verbesserung der Nasenatmung vorliegt [65].

Da sich im präoperativ untersuchten Gesamtkollektiv eine hohe Anzahl von Patienten mit pathologischer Seitendifferenz befand, schien es von Interesse, die Untergruppe zu betrachten, welche mit einer unilateralen TPD therapiert wurde. Hier liegt rein anatomisch eine größere Asymmetrie des Oberkiefers vor [19]. Die Patienten mit unilateraler TPD wiesen präoperativ erwartungsgemäß ein schlechteres

Seitenverhältnis auf als die Gruppe, bei der eine beidseitige Erweiterung vorgenommen wurde. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Die Werte des Gesamtatemflows waren allerdings in der Hemi- TPD- Gruppe höher, obwohl sie mehr Patienten beinhaltete, welche jugendlichen Alters waren. Von zehn Hemi- TPD- Patienten waren sechs zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung noch nicht volljährig.

8.2.2. Vergleich prä- und postoperativer Messwerte

Seit der Erstbeschreibung wird bei der chirurgischen Gaumennahterweiterung der Zusammenhang mit der Nasenhaupthöhle und somit mit der Atemfunktion betont [7, 8, 17, 43]. Durch die Distraction der Maxilla würde der Durchmesser des Strömungskanal Nase erweitert – eine logische Schlussfolgerung könnte die verbesserte Durchgängigkeit sein. Diese Hypothese gilt es durch eine objektive Messmethode zu verifizieren.

Zur Überprüfung dieser Annahme gibt es bereits zahlreiche Studien zur rein kieferorthopädischen Gaumennahterweiterung – auch mit höheren Probandenzahlen. Baratieri et al. [66] verglichen im Rahmen eines Reviews 12 Studien, welche sich mit den Veränderungen des nasalen Atemwegs vor und nach kieferorthopädischer Gaumenerweiterung befassten. Posteroantere Röntgenbilder zeigten eine Vergrößerung der Nasenhöhle, laterale Röntgenbilder zeigten einen verkleinerten kraniozervikalen Winkel sowie einen vergrößerten hinteren Nasenraum. Während in der Computertomographie keine signifikante Vergrößerung des Nasenhöhlenvolumens festzustellen war, zeigte die Rhinomanometrie eine Verringerung des Atemwiderstands und eine Vergrößerung des Gesamtatemflows. Die akustische Rhinometrie zeigte damit übereinstimmend eine Zunahme der MCA und des Nasenhöhlenvolumens. Sie befanden die Beweislage aufgrund der untersuchten Studien jedoch nur als mäßig [66]. Buck et al. [67] verglichen 17 Studien, welche die Atemwegsveränderung nach kieferorthopädischer Gaumenerweiterung mit akustischer Rhinometrie untersuchten. Ein signifikanter, auch über die Zeit anhaltender, Zuwachs des Nasenhöhlenvolumens konnte festgestellt werden. Auch hier wurde das niedrige Qualitätslevel der Artikel bemängelt [67].

Monini et al. [68] untersuchten 65 Kinder zwischen 5 und 10 Jahren, welche an Rhonchopathie und nasaler Obstruktion litten und mit RME behandelt wurden, vor, 10-

14 Tage nach und teilweise 1 Jahr nach der Dehnungsphase mit aktiver anteriorer Rhinomanometrie, jeweils in liegender und aufrechter Position. Dabei konnte eine Verbesserung der Flow Werte, vor allem in liegender Position gemessen werden, insbesondere bei Patienten, welche mehrere strukturelle Ursachen einer Nasenatmungsbehinderung aufwiesen [68].

Compadretti et al. [69] fanden bei 27 Patienten eine signifikante Reduktion der mit Rhinomanometrie gemessenen Widerstandswerte – jedoch nur im abgeschwollenen Zustand.

Vergleichende Untersuchungen weisen darauf hin, dass die oben genannten Zusammenhänge auch für die chirurgische Gaumennahterweiterung gelten.

Altug-Altac et al. [51] verglichen laterale und posteroantere Kephalographen von 10 Patienten mit RME, 10 mit SARME und 10 als Kontrollgruppe. Mit der Ausnahme der nasalen Septumdeviation wiesen alle untersuchten Parameter deutliche Verbesserungen nach Therapie mit RME und SARME auf. Die Verbesserungen waren in der SARME Gruppe tendenziell größer als in der RME-Gruppe [51].

Babacan et al. [70] fanden mit akustischer Rhinometrie ebenfalls bei beiden Therapiemethoden verbesserte Parameter, jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen der SARME und RME-Gruppe, obwohl das mittlere Alter in den Gruppen unterschiedlich war.

Den Effekt der chirurgischen Gaumennahterweiterung auf die oberen Atemwege untersuchten Buck et al. [53] im Rahmen eines Reviews auf Basis von 10 Studien. Mit akustischer Rhinometrie konnte eine Volumenzunahme der Nasenhaupthöhle, welche über etwa 63 Monate anhielt, festgestellt werden [53].

Wie schon aufgeführt, untersuchten nur sehr wenige Studien die Effekte der chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung (SARME) mit der Rhinomanometrie. Die im Folgenden aufgeführten Autoren verwendeten hierbei ausschließlich zahngetragene Dehnapparaturen vom Hyrax- Typ.

Schrempf [42] untersuchte in seiner Dissertation 75 Patienten mit transversalem maxillärem Defizit. Das Durchschnittsalter lag bei 27 Jahren. Es erfolgte die Messung

des nasalen Atemstroms mit aktiver anteriorer Rhinomanometrie sowie die Bestimmung der Zahnbogenbreite am Patientenmodell und der skelettalen Breite des Oberkiefers anhand von postero- anterioren Schädelröntgenaufnahmen – jeweils vor Operation und 3- 36 Monate postoperativ. Bei allen Patienten schloss sich eine zweite Operation zur Korrektur des Fehlbisses in der sagittalen Ebene an.

Vom Gesamtkollektiv wurde bei 56 Patienten eine Hyrax, bei acht ein TPD und bei sieben eine Fächerdehnschraube zur Distraction verwendet. Dabei wurden nur die Rhinomanometriedaten der Patienten mit Hyrax statistisch analysiert.

Die rhinomanometrische Untersuchung zeigte eine deutliche Verbesserungstendenz des nasalen Atemflows, die jedoch, wie auch in der eigenen Studie, nicht für alle Parameter signifikant war. Die präoperativen Werte lagen mit einem inspiratorischen Gesamtatemflow von $548,7 \frac{cm^3}{s}$ deutlich und postoperativ von $627,4 \frac{cm^3}{s}$ immer noch etwas über den Messwerten der eigenen Studie. Dabei wurde jedoch immer nach Anwendung von abschwellenden Nasentropfen gemessen. Bemerkenswert ist die fast doppelt so große Differenz (über $150 \frac{cm^3}{s}$) des inspiratorischen Gesamtatemflows von prä- zu postoperativ in der eigenen Studie.

Damit übereinstimmend konstatierte Schrempf [42], dass die skelettale Verbreiterung des Oberkiefers, gemessen an den röntgenologischen Referenzpunkten, bei den Patienten mit TPD am größten war. Des Weiteren zeigten Patienten mit besonders schlechten präoperativen Werten in seiner Studie die deutlichsten Verbesserungen [42].

Berretin-Felix et al. [38] untersuchten eine Stichprobe von 11 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 29 Jahren, welche mit einer chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung therapiert wurden, mit modifizierter posteriorer Rhinomanometrie. Hierbei wurden über die Messung des Atemwiderstandes die Minimum Nasal Cross- sectional Areas (MCA) durch ein Computersystem errechnet.

Die benannten Messwerte entsprechen somit nicht denen einer rhinomanometrischen Untersuchung, sondern denen der akustischen Rhinometrie. Intraoperativ wurde, anders als im eigenen Patientenkollektiv, eine totale Le-Fort I Downfracture durchgeführt. Die Patienten wurden jeweils präoperativ und dreimal postoperativ (nach 3, 6 und 12 Monaten) untersucht.

Die Ergebnisse fielen differenziert aus: Der Mittelwert des MCA stieg innerhalb der ersten 3 Monate statistisch signifikant an. Diese Entwicklung war jedoch nur

transitorisch: Über die späteren Untersuchungszeitpunkte näherte sich der Mittelwert wieder dem präoperativen Wert an. Der Vergleich der direkten Messwerte mit der eigenen Studie ist nicht möglich, da die Atemwegswiderstände in der oben genannten Publikation nicht aufgeführt sind. Dass in der eigenen Studie spätere postoperative Untersuchungszeitpunkte vorliegen, könnte auf einen geringeren Relapse hinweisen. Wie auch in der eigenen Studie waren die interindividuellen Unterschiede beträchtlich: Zum ersten postoperativen Untersuchungszeitpunkt war bei 7 von 11 Patienten (63%) ein vergrößerter MCA- Wert zu konstatieren. Bei einem Patienten verschlechterte sich der Wert sogar deutlich. Auf lange Frist war der MCA bei nur 5 von 11 Patienten gegenüber dem präoperativen Status vergrößert geblieben. Es konnte keine Korrelation zwischen der Veränderung der Messwerte und der Art der Atmung (oral, oronasal, nasal) festgestellt werden [38].

Magnusson et al. [39] untersuchten 39 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 19,9 Jahren. Er verwendete zusätzlich zur aktiven anterioren Rhinomanometrie die akustische Rhinometrie und befragte die Patienten auch nach dem subjektiven Gefühl einer Nasenatmungsbehinderung. Bei der aktiven anterioren Rhinomanometrie wurde allerdings der Widerstandskoeffizient ($R_{\text{insp/exsp}} = R_{\text{left}} * R_{\text{right}} / R_{\text{left}} + R_{\text{right}}$) bei einer Druckdifferenz von 75 Pa untersucht, was den direkten Vergleich zu der eigenen Studie erschwert. Die postoperativen Messungen erfolgten nach 3 und 18 Monaten.

Von der untersuchten Stichprobe empfanden präoperativ 23 Patienten zumindest gelegentlich eine nasale Verengung, obwohl die Mediane der Indikatoren (Widerstandskoeffizient und MCA) präoperativ im Normbereich für Erwachsene lagen. Objektiv verbesserten sich die oben genannten Indikatoren zunächst signifikant, zum zweiten postoperativen Zeitpunkt zeigte sich jedoch wieder eine Erhöhung der Widerstandswerte.

Die subjektive Empfindung und die Ergebnisse der akustischen Rhinometrie korrelierten nicht mit den Werten der Rhinomanometrie. Die subjektiven Messwerte wurden langfristig nicht signifikant verbessert, außer in der Teilgruppe, die präoperativ eine nasale Obstruktion empfunden hatte [39].

Galbiati et al. [41] untersuchten zehn Patienten zwischen 18 und 30 Jahren, wovon vier Patienten einer chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung unterzogen wurden. Bei den anderen sechs Patienten wurde eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie

durchgeführt. Alle Patienten wurden prä- und postoperativ (40 Tage nach Operation) mit aktiver anteriorer Rhinomanometrie untersucht, wobei die Mittelwerte des Widerstandes bei 150 Pa für beide Nasenseiten bei Inspiration untersucht wurden. Der präoperative Mittelwert lag bei $0,37 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{cm}^3$, der postoperative bei $0,18 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{cm}^3$; wobei der Differenzwert bei $0,19 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{cm}^3$ lag. Die präoperativen Messwerte liegen deutlich unter den eigenen gemessenen Mittelwerten – unabhängig davon, ob man das Gesamtkollektiv oder die Untergruppe der Patienten betrachtet, bei denen eine zweite postoperative Untersuchung durchgeführt wurde. Die eigene ermittelte Differenz betrug im Mittel inspiratorisch rechts $1,79 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{cm}^3$ und inspiratorisch links $0,81 \text{ Pa}\cdot\text{s}/\text{cm}^3$, war also ausgeprägter als bei der Gruppe von Galbiati et al. [41]. Trotzdem lagen die Mittelwerte im eigenen postoperativen Patientenkollektiv immer noch deutlich über den von Galbiati et al. gemessenen.

Die statistische Analyse der Messwerte bestätigte auch bei Galbiati et al. [41] eine signifikante Abnahme des Atemwiderstands und damit eine vorteilhafte Veränderung der nasalen Atemwege. Dieser Effekt war dabei laut Autor umso größer, je größer die Beeinträchtigung des naso-maxillären Komplexes und der Atemfunktion präoperativ war [41].

Zambon et al. [40] betrachteten 27 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 25 Jahren. Das Team untersuchte die Patienten mit Hilfe der aktiven anterioren Rhinomanometrie, der akustischen Rhinometrie, kieferorthopädischen Messungen sowie einer visuellen Analogskala. Die Untersuchungen fanden präoperativ, fünf bis sieben Tage und vier Monate postoperativ statt.

Die präoperativen Flowwerte ohne abschwellendes Nasenspray lagen im Mittel bei $267,56 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$ inspiratorisch und $277,58 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$ expiratorisch, ganz ähnlich wie bei den eigenen Messungen. Die Verbesserung der mit der Rhinomanometrie gemessenen Werte war vom präoperativen zum ersten postoperativen Termin wie auch in der eigenen Studie signifikant. Es konnte zusätzlich gezeigt werden, dass auch das Gefühl der Patienten, ausschließlich durch die Nase zu atmen, signifikant anstieg.

Die Flowwerte der ersten postoperativen Untersuchung lagen ohne abschwellendes Nasenspray bei $358,37 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$ inspiratorisch und $353,39 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$ expiratorisch und entsprechen in etwa den eigenen postoperativen Messwerten der rechten Nasenseite.

Die Flowwerte der zweiten postoperativen Untersuchung lagen bei $325,70 \frac{cm^3}{s}$ inspiratorisch und $328,81 \frac{cm^3}{s}$ expiratorisch und entsprechen in etwa den eigenen postoperativen Messwerten der linken Nasenseite. In der Publikation wird darauf hingewiesen, dass sich der Atemflow im Verlauf unterschiedlich für beide Nasenseiten verhielt, die Messwerte der beiden Seiten werden jedoch nicht spezifisch aufgeführt [40].

Bei dem eigenen Patientenkollektiv fiel vor allem die positive Verbesserung des Seitenverhältnisses für Inspiration und Expiration auf und ließ auf eine verbesserte Atemfunktion nach Transpalatinaldistraktion deuten. Der Wert der Seitendifferenz in der Rhinomanometrie wird von manchen Autoren als der entscheidende Parameter zur Beurteilung einer physiologischen Nasenatmung gesehen [2]. Thulesis et al. [62] konnten sogar eine Korrelation einer pathologischen Seitendifferenz zum subjektiven Empfinden der Patienten belegen. Die anatomische Grundlage dieser verbesserten Seitendifferenz bei der prinzipiell symmetrisch ablaufenden Distraktionsosteogenese bei Transpalatinaldistraktion bliebe dabei unklar. Es gibt in der Literatur beispielsweise Hinweise auf eine Veränderung der Septumposition beziehungsweise eine Begradigung desselben durch Gaumennahterweiterung bei Kindern. Eine solche konnte bisher aber nicht bei erwachsenen Patienten, welche sich einer chirurgisch gestützten Gaumennahterweiterung unterzogen, nachgewiesen werden [51, 71].

Die Untergruppe der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte zeigte in der eigenen Untersuchung beim prä- und postoperativen Vergleich ein sehr differenziertes Bild. Es ist aufgrund der eigenen Stichprobe nur für einen Teil der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte von einer Verbesserung der Nasenatmung durch Transpalatinaldistraktion auszugehen. Die starke interindividuelle Varianz dieser Patientengruppe limitiert ohnehin signifikante Aussagen und Schlussfolgerungen. Zwar ist die Operation eine etablierte Methode zur stufenweisen Therapie des transversalen maxillären Defizits bei Spaltpatienten [20-22, 63] - die Rhinomanometrie scheint das klinische Bild jedoch nicht immer adäquat widerzuspiegeln [65]. Mochida et al. [63] konnte im Gegensatz zum eigenen Ergebnis eine signifikante Verbesserung der oberen Atemwege bei einer Stichprobe von 9 Spaltpatienten nachweisen.

Prinzipiell limitiert die starke interindividuelle Varianz dieser Patientengruppe ohnehin signifikante Aussagen und Schlussfolgerungen.

Die in der Arbeit aufgeführten Kasuistiken zeigten außerdem zwei Extremfälle prä- und postoperativer Vergleichsuntersuchungen mit der Rhinomanometrie.

Während bei Patient 16 alle Parameter nach Operation schlechter ausfielen als vor der Operation, hatten sich bei Patient 29 alle Parameter deutlich verbessert. Patient 16 fällt in das schon erwähnte Kollektiv der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, welches postoperativ eher von verschlechterten rhinomanometrischen Werten betroffen ist.

Bei Patient 29 wurde bei der Transpalatinaldistraktion zusätzlich eine Conchotomie durchgeführt. Auch die alleinige Conchotomie führt bei Patienten nachgewiesenermaßen zu einer Verbesserung des rhinomanometrischen Ergebnisses. Bandelier [72] fand in ihrem Patientenkollektiv bei der rhinomanometrischen Untersuchung ohne Nasenspray eine präoperative Gesamtinspiration von 349,579 ml/s und postoperativ von 543,333 ml/s. Patient 29 bestätigt diese Beobachtung, zeigt aber im Vergleich dazu mit einer präoperativen Gesamtinspiration von 252 ml/s und einem postoperativen Wert von 616 ml/s eine besonders deutliche Verbesserung der Atmung. Ob dies auf die additive Wirkung beider Operationsmethoden (besonders deutliche Weitung des Zahnbogens) oder eine einzelne zurückzuführen ist, ist mit der eigenen Methodik nicht abschließend zu klären und erfordert vergleichende Untersuchungen mit größerer Patientenzahl. Einen interessanten Aspekt bietet der Vergleich der eigenen Untersuchung mit der oben genannten auch insofern, dass die Verbesserung der Nasenatmung, gemessen an den Ergebnissen der Rhinomanometrie, durch die Transpalatinaldistraktion in ähnlichem Ausmaß erfolgt wie im rein rhinochirurgischen Patientenkollektiv [72].

9. Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie scheint geeignet, dem Kliniker einen tieferen Einblick in die Funktionsstörungen der nasalen Atemwege bei Patienten mit transversalem maxillärem Defizit und ihrer Modulation durch die Transpalatinaldistraktion zu geben.

Es konnte auf der Basis rhinomanometrischer Untersuchungen gezeigt werden, dass bei diesen Patienten Veränderungen des nasalen Atemstroms im Sinne einer Nasenatmungsbeeinträchtigung vorliegen. Außerdem konnten die Effekte der Erweiterung des den Nasenboden bildenden Gaumens durch Transpalatinaldistraktion rhinomanometrisch objektiviert werden. Dies kann als Grundlage für weitere Untersuchungen des nasalen Atemwegs nach kieferverlagernden Eingriffen dienen.

Literatur

1. Benninghoff A, Drenckhahn D, hrsg. von Detlev Drenckhahn, *Anatomie. 1, Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungslehre, Skelett- und Muskelsystem, Atemsystem, Verdauungssystem, Harn- und Genitalsystem.*, Band 1, Auflage: 17, 2008, Urban & Fischer Verlag/ Elsevier GmbH: München Jena, S. 492- 4, 542- 3
2. Bachmann W, *Die Funktionsdiagnostik der behinderten Nasenatmung - Einführung in die Rhinomanometrie.*, 1982, Springer Verlag: Berlin Heidelberg New York, S. 7-28, 65-66, 84-94, 98-99, 106-112
3. Lindemann J , Rettinger G, *S2k-Leitlinie 017/070: Aktualisierte Leitlinie Formstörungen der inneren und / oder äußeren Nase (mit funktioneller und/oder relevanter ästhetischer Beeinträchtigung).*, aktueller Stand: 01/2016, AWMF online, im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf und Hals-Chirurgie (DGHNOKHC). Universitätsklinik und Hochschulambulanz für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie, Ulm
4. Harzer W, *Lehrbuch der Kieferorthopädie.*, 1999, Carl Hanser Verlag: München Wien, S. 48-9
5. Stellzig-Eisenhauer A, Meyer-Marcotty P, *Interaction between otorhinolaryngology and orthodontics: correlation between the nasopharyngeal airway and the craniofacial complex.* GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2010. 9: p. Doc04
6. Timms DJ, Trenouth MJ, *A quantified comparison of craniofacial form with nasal respiratory function.* Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1988. 94(3): p. 216-21
7. McNamara JA, *Maxillary transverse deficiency.* Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2000. 117(5): p. 567-70
8. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RJ, *Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency.* Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, 1995. 10(2): p. 75-96
9. Schendel SA, Eisenfeld J, Bell WH, Epker BN, Mischelevich DJ, *The long face syndrome: vertical maxillary excess.* Am J Orthod, 1976. 70(4): p. 398-408
10. Gungor AY, Turkkahraman H, *Effects of airway problems on maxillary growth: a review.* Eur J Dent, 2009. 3(3): p. 250-4

11. Vig KW, *Nasal obstruction and facial growth: the strength of evidence for clinical assumptions*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1998. 113(6): p. 603-11
12. Corey JP, Houser SM, and Ng BA, *Nasal congestion: a review of its etiology, evaluation, and treatment*. Ear Nose Throat J, 2000. 79(9): p. 690-3, 696, 698 passim
13. Timms DJ, *The dawn of rapid maxillary expansion*. Angle Orthod, 1999. 69(3): p. 247-50
14. Suri L, Taneja P, *Surgically assisted rapid palatal expansion: a literature review*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. 133(2): p. 290-302
15. Koudstaal MJ, Poort LJ, van der Wal KG, Wolvius EB, Prah-Andersen B, Schulten AJ, *Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2005. 34(7): p. 709-14
16. Suzuki H, Moon W, Previdente LH, Suzuki SS, Garcez AS, Consolaro A, *Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): the quest for pure orthopedic movement*. Dental Press J Orthod, 2016. 21(4): p. 17-23
17. Haas AJ, *The Treatment of Maxillary Deficiency by Opening the Midpalatal Suture*. Angle Orthod, 1965. 35: p. 200-17
18. Mommaerts MY, *Transpalatal distraction as a method of maxillary expansion*. Br J Oral Maxillofac Surg, 1999. 37(4): p. 268-72
19. Bell WH, Epker BN, *Surgical-orthodontic expansion of the maxilla*. Am J Orthod, 1976. 70(5): p. 517-28
20. Swennen, GR, Treutlein C, Brachvogel P, Berten JL, Schwestka-Polly R, Hausamen JE, *Segmental unilateral transpalatal distraction in cleft patients*. J Craniofac Surg, 2003. 14(5): p. 786-90.
21. Adolphs N, Ernst N, Menneking H, Hoffmeister B, *Significance of distraction osteogenesis of the craniomaxillofacial skeleton - a clinical review after 10 years of experience with the technique*. J Craniomaxillofac Surg, 2014. 42(6): p. 966-75
22. Adolphs N, Ernst N, Menneking H, Hoffmeister B, *Transpalatal distraction--state of the art for the individual management of transverse maxillary deficiency--a review of 50 consecutive cases*. J Craniomaxillofac Surg, 2014. 42(8): p. 1669-74
23. Mlynski G, Beule A, *Diagnostik der respiratorischen Funktion der Nase*. HNO, 2007. 56(1): p. 81-99

24. Grevers, G., Grantzow, R., Günther, E., Helmberger, R., Jäger, L., Leunig, A., Müller, A., Rasp, G., Rübe, C., Schalhorn, A., Schilling, V., Stammberger, H., hrsg. von Gerhard Grevers, *Praktische Rhinologie.*, 1998, Urban & Schwarzenberg: München Wien Baltimore, S. 19-28
25. Pirsig W, *Nasaler Atembeschlagentest bei Zwaardemaker und Glatzel vor über 100 Jahren und in Paestum vor 2300 Jahren.* Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 2014. 93(11): p. 739-745
26. Eichler J, *Einführung in die Technik der Rhinomanometrie: Anwendung in der Rhinologie und Allergologie.*, 1988, Quintessenz-Verlags-GmbH: Berlin Chicago London Sao Paulo Tokio, S. 17-28, 51-70, 103-127
27. Clement PA, Gordts F, *Consensus report on acoustic rhinometry and rhinomanometry.* Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, I.R.S. and E.R.S., Rhinology, 2005., 43(3): p. 169-179
28. Lenz H, Eichler J, Maßmann F, *Aktive Rhinomanometrie mit Mini- Computer und Drucker.* Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 1985. 64: p. 575-8
29. Clement PA, *Committee report on standardization of rhinomanometry.* Standardisation Committee on Objective Assessment of the Nasal Airway, I.R.S. and E.R.S. Rhinology, 1984. 22(3): p. 151-5
30. Bachmann W, Bachert C, *Die quantitative Auswertung von Rhinomanometriekurven - Ein neues, einfaches Verfahren.* Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 1984. 63: p. 58-61
31. Broms P, Jonson B, Lamm CJ, *A universal way to evaluate the curve in rhinomanometry.* Acta Otolaryngol Suppl, 1979. 360: p. 22-3
32. Vogt K, Jallowayski AA, Althaus W, Cao C, Han D, Hasse W, Hoffrichter H, Mösges R, Pallanch J, Shah-Hosseini K, Peksis K, Wernecke KD, Zhang L, Zaporoshenko P, *4-Phase-Rhinomanometry (4PR)--basics and practice 2010.* Rhinol Suppl, 2010. 21: p. 1-50
33. Lenz H, Eichler J, Wegener U, *Normalwerte der Nasenatmung gemessen mit einem neu entwickelten Rhinorheomanometer mit modifiziertem Prandtl'schen Staurohr und linearer Kenngröße.* Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 1983. 62(9): p. 405-15
34. van Cauwenberge PB, de Schynkel K, Kluyskens PM, *Clinical use of rhinomanometry in children.* Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 1984. 8(2): p. 163-75

35. Merkle J, Kohlhas L, Zadoyan G, Mösges R, Hellmich M, *Rhinomanometric reference intervals for normal total nasal airflow resistance*. *Rhinology*, 2014. 52(4): p. 292-9
36. Kenyon, GS, *Phase variation in nasal airways resistance assessed by active anterior rhinomanometry*, *The Journal of Laryngology and Otology* September 1987. Vol. 101. pp. 910-916
37. Ernst N., *Klinische Ergebnisse nach Transpalatinaldistraktion*, Dissertationsschrift aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2016
38. Berretin-Felix G, Ymashita RP, Filho HN, Gonales ES, Trindade AS Jr, Trindade IE, *Short- and long-term effect of surgically assisted maxillary expansion on nasal airway size*. *J Craniofac Surg*, 2006. 17(6): p. 1045-9
39. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Jönsson F, Marcusson A, *Nasal cavity size, airway resistance, and subjective sensation after surgically assisted rapid maxillary expansion: a prospective longitudinal study*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011. 140(5): p. 641-51
40. Zambon CE, Cecchetti MM, Utumi ER, Pinna FR, Machado GG, Peres MP, Voegels RL, *Orthodontic measurements and nasal respiratory function after surgically assisted rapid maxillary expansion: an acoustic rhinometry and rhinomanometry study*. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2012. 41(9): p. 1120-6
41. Galbiati G, Maspero C, Gianni L, Guenza GC, Zanoni F, Farronato G, *Orthodontic--surgical treatment and respiratory function: rhinomanometric assessment*. *Minerva Stomatol*, 2017. 66(3): p. 91-97
42. Schrempf R, *Prospektive Studie zum Einfluss der transversalen Oberkieferdistraktion auf die Nasenatmung*, Dissertationsschrift aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2011
43. McNamara JA Jr, Lione R, Franchi L, Angelieri F, Cevidanes LH, Derendeliler MA, Cozza P, *The role of rapid maxillary expansion in the promotion of oral and general health*. *Prog Orthod*, 2015. 16: p. 33
44. Landim FS, Freitas GB, Malouf AB, Studart LP, Rocha NS, de Souza Andrade ES, Caubi AF, Filho JR, Oliveira E, Silca ED, *Repercussions of surgically assisted maxillary expansion on nose width and position of septum and inferior nasal conchae*. *Int J Med Sci*, 2011. 8(8): p. 659-66

45. Ramires T, Maia RA, Barone JR, *Nasal cavity changes and the respiratory standard after maxillary expansion*. Braz J Otorhinolaryngol, 2008. 74(5): p. 763-9
46. Kunkel M, Ekert O, Wagner W, *Veränderungen des nasalen Atemwegs durch transversale Distraction des Oberkiefers*. Mund Kiefer Gesichtschir, 1999. 3 (Issue 1): p. 12-16
47. Vilani GN, Matos CT, de Oliveira Ruellas AC, Maia LC, *Long-term dental and skeletal changes in patients submitted to surgically assisted rapid maxillary expansion: a meta-analysis*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 2012. 114(6): p. 689-97
48. Catunda IS, Vesconcelos BC, Caubi AF, do Amaral MF, Moreno EF, Melo AR, *Evaluation of changes in nasal airway in patients having undergone surgically assisted maxillary expansion*. J Craniofac Surg, 2013. 24(4): p. 1336-40
49. Deeb W, Hansen L, Hotan T, Hietschold V, Harzer W, Tausche E, *Changes in nasal volume after surgically assisted bone-borne rapid maxillary expansion*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2010. 137(6): p. 782-9
50. Pereira-Filho VA, Monazzi MS, Gabrielli MA, Spin-Neto R, Watanabe ER, Gimenez CM, Santos-Pinto A, Gabrielli MF, *Volumetric upper airway assessment in patients with transverse maxillary deficiency after surgically assisted rapid maxillary expansion*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2014. 43(5): p. 581-6
51. Altug-Atac AT, Atac MS, Kurt G, Karasud HA, *Changes in nasal structures following orthopaedic and surgically assisted rapid maxillary expansion*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2010. 39(2): p. 129-35
52. Sakai RHUS, Marson FAL, Sakuma ETI, Ribeiro JD, Sakano E, *Correlation between acoustic rhinometry, computed rhinomanometry and cone-beam computed tomography in mouth breathers with transverse maxillary deficiency*. Braz J Otorhinolaryngol, 2016. 84(1), p.40-50
53. Buck LM, Dalci O, Darendeliler MA, Papadopoulou AK, *Effect of Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion on Upper Airway Volume: A Systematic Review*. J Oral Maxillofac Surg, 2016. 74(5): p. 1025-43
54. Pinkpank A, *Meßfehler in der Rhinomanometrie*. Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 1986. 65(5): p. 256-9
55. Gaberino C, Rhee JS, Garcia GJ, *Estimates of nasal airflow at the nasal cycle mid-point improve the correlation between objective and subjective measures of nasal patency*. Respir Physiol Neurobiol, 2017. 238: p. 23-32

56. Clement PA, Halewyck S, Gordts F, Michel O, *Critical evaluation of different objective techniques of nasal airway assessment: a clinical review*. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2014. 271(10): p. 2617-25
57. Kim CS, Moon BK, Jung DH, Min YG, *Correlation between nasal obstruction symptoms and objective parameters of acoustic rhinometry and rhinomanometry*. Auris Nasus Larynx, 1998. 25(1): p. 45-8
58. Shen J, Hur K, Li C, Zhao K, Leopold DA, Wrobel BB, *Determinants and Evaluation of Nasal Airflow Perception*. Facial Plast Surg, 2017. 33(4): p. 372-377
59. André RF, Vuyk HD, Ahmed A, Graamans K, Nolst Trenité GJ, *Correlation between subjective and objective evaluation of the nasal airway. A systematic review of the highest level of evidence*. Clin Otolaryngol, 2009. 34(6): p. 518-25
60. Enßen C, *Funktionsdiagnostische Untersuchung gesunder Probanden zur Ermittlung rhinoresistometrischer, rhinomanometrischer und akustisch-rhinometrischer Referenzwerte*, Dissertationsschrift aus der Abteilung für Rhinologie der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Medizinische Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 2005, Greifswald
61. Lopatiene K, Babarskas A, *Malocclusion and upper airway obstruction*. Medicina (Kaunas), 2002. 38(3): p. 277-83
62. Thulesius HL, Cervin C, Jessen M, *The importance of side difference in nasal obstruction and rhinomanometry: a retrospective correlation of symptoms and rhinomanometry in 1000 patients*. Clin Otolaryngol, 2012. 37(1): p. 17-22
63. Mochida M, Ono T, Saito K, Tsuiki S, Ohyama K, *Effects of maxillary distraction osteogenesis on the upper-airway size and nasal resistance in subjects with cleft lip and palate*. Orthod Craniofac Res, 2004. 7(4): p. 189-97
64. Förster D, *Untersuchungen zur Ventilationsfunktion der Nase bei operierten Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Spalte im Kindesalter mittels Aktiver Anteriorer Rhinomanometrie*, Dissertationsschrift, Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, 1989, Berlin
65. Peroz R, Holmström M, Mani M, *Can objective measurements of the nasal form and function represent the clinical picture in unilateral cleft lip and palate?* J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2017. 70(5): p. 653-658
66. Baratieri C, Alves M Jr, de Souza MM, de Souza Araújo MT, Maia LC, *Does rapid maxillary expansion have long-term effects on airway dimensions and breathing?* Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2011. 140(2): p. 146-56

67. Buck LM, Dalci O, Darendeliler MA, Papageorgiou SN, Papadopoulou AK, *Volumetric upper airway changes after rapid maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis*. Eur J Orthod, 2017. 39(5): p. 463-473
68. Monini S, Malagola C, Villa MP, Tripodi C, Tarentini S, Malagnino I, Marrone V, Lazzarino AI, Barbara M. *Rapid maxillary expansion for the treatment of nasal obstruction in children younger than 12 years*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2009. 135(1): p. 22-7
69. Compadretti GC., Tasca I, Bonetti GA, *Nasal airway measurements in children treated by rapid maxillary expansion*. Am J Rhinol, 2006. 20(4): p. 385-93
70. Babacan H, Sokucu O, Doruk C, Ay S, *Rapid maxillary expansion and surgically assisted rapid maxillary expansion effects on nasal volume*. Angle Orthod, 2006. 76(1): p. 66-71
71. Aziz T, Ansari K, Lagravere MO, Major MP, Flores-Mir C, *Effect of non-surgical maxillary expansion on the nasal septum deviation: a systematic review*. Prog Orthod, 2015. 16: p. 15.
72. Bandelier MT, *Vergleich von submuköser Conchotomie mit Lateralisation, submuköser Elektrokaustik und Laserkaustik zur Verbesserung der objektiven und subjektiven Nasenatmungsbehinderung unter Einbezug des Narrow Band Imaging als neues Tool zur Bewertung des prä- und postoperativen Gefäßstatus der Conchae nasales inferior*, Dissertationsschrift aus der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin, 2017

Anhang

Grün hinterlegt sind die Tabellenfelder der Patienten die auch postoperativ untersucht wurden - Termin 2 „ja“. Grau hinterlegt sind dagegen die Felder der nicht postoperativ untersuchten Patienten - Termin 2 „nein“. Blaue Schrift wurde bei den Patienten eingesetzt, bei denen eine unilaterale TPD durchgeführt wurde – also bei der Gruppe „HEMI-TPD“.

In Tabelle 10 wurde rote Schrift für negative Differenzwerte und grüne Schrift für positive Differenzwerte verwendet.

T1 steht jeweils für „Termin 1“ – also die präoperative Untersuchung, T2 steht jeweils für „Termin 2“ – also die postoperative Untersuchung, $i_r = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Inspiration rechte Nasenseite, $e_r = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Expiration rechte Nasenseite, $i_l = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Inspiration linke Nasenseite, $e_l = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Expiration linke Nasenseite, $i_s =$ inspiratorisches Seitenverhältnis, $e_s =$ expiratorisches Seitenverhältnis, $i_g = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Summe beider Nasenseiten Inspiration, $e_g = \dot{V}_{150}(\frac{cm^3}{s})$ Summe beider Nasenseiten Expiration und $w =$ Widerstand R bei $150 \Delta Pa$ ($Pa \cdot s/cm^3$) und diff = Differenzwert der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse.

Tab. 8: Daten des Patientenkollektivs und für die Studie relevante Informationen

Nr.	Geschlecht	T1	T2	T1 bis T2 (Mte.)	TPDex	Distrik tor-Größe	Diasthema Ende	Angle Klasse	Diagnosen	Folge-Operation	Sonstiges
1.	W	06.03.12	14.11.12	8	15.11.12 (bei LeFort I)	TPD 2,5	11mm	III		LeFort I	→ Apert Syndrom → Nasenatmungsbehinderung
2.	M	15.05.12	09.09.14	27	10.09.14 (bei TJS)	TPD 2,5	12mm	III		TJS +Conchotomie	→ Nachträgliche Reduktion der transversalen Dimension (Osteotomie Segmentierung Segmentes 24-27) → Nasendeviation mit Septumschiefstand mit konsekutiver Nasenatmungsbehinderung
3.	W	26.09.12	13.10.14	24	14.10.14 (bei BSSO)	TPD 4	6mm	II		BSSO	
4.	M	30.10.12	04.06.14	19	25.03.14 (reine ME)	TPD 2,5	12mm	III		TJS	→ Arthroplastik durch hohe Kondyloktomie re bei TPD → T2 3 Monate nach TPDex → Hemi-TPD rechts (12/13)
5.	M	06.11.12			In situ	TPD 2,5	12mm	I	LKG li	keine	
6.	W	07.01.13	08.04.14	15	09.04.14 (bei BSSO)	TPD 2	10mm	II		BSSO	
7.	M	09.04.13	26.11.14	19	27.11.14 (bei LeFort I)	TPD 2,5	19mm	III		LeFort I	
8.	M	17.04.13	26.11.13	7	11.06.14 (nach LeFort I)	TPD 2,5	7mm	III	Gaumen spalte mittig	LeFort I + tertiäre Spaltosteoplastik	→ Nasenatmungsbehinderung bei angeborener Deformität der Nase mit Nasenseptumdeviation → 2015 Septorhinoplastik
9.	M	11.06.13	26.05.14	11	27.05.14 (bei LeFort I)	TPD 2,5	10mm	III		LeFort I	
10	M	09.10.13			19.04.16 (amb)	TPD 2,5	9mm	III		keine	→ Behinderung der Nasenatmung
11	W	12.11.13			In situ	TPD 2,5	10mm	I		keine	
12	M	18.11.13			In situ	TPD	12mm	III		TJS	

13	M	08.01.14	16.11.15	22	17.11.15 (bei BSSO)	2,5 TPD 3	9mm	II			BSSO	
14	M	17.02.14			01.09.15 (bei BSSO)	TPD 2,5	10mm	II			BSSO	
15	W	18.02.14	04.10.16	31	05.10.16 (bei TJS)	TPD 2	13mm	II			TJS + Conchotomie + Septumkorrektur	→ posteriore Rotation der Maxilla
16	M	14.07.14	29.09.15	14	30.09.15 (bei LeFort I)	TPD 2,5	17mm – dann 23mm	III			LeFort I+ Conchotomie	→ 25.08.14 Re- Neupositionierung palatinal und anterior
17	M	17.09.14	06.09.16	23	07.09.16 (bei BSSO)	TPD 2,5	12mm	III			BSSO	
18	M	08.09.14			05.04.16 (reine ME amb)	TPD 2,5	10mm	I			keine	
19	M	01.10.14	22.09.15	11	23.09.15 (bei LeFort I)	TPD 3	7mm	III		LKG li	LeFort I+ Septumkorrektur+ Conchotomie	→ Hemi-TPD rechts (distal 12) → Angeborene Septumdeviation, behinderte Nasenatmung
20	W	20.10.14			In situ	TPD 2,5	8mm	N/A			keine	
21	W	20.10.14	30.11.16	25	01.12.16 (bei TJS)	TPD 2,5	12mm	II			TJS	→ Behinderung Nasenatmung
22	W	12.11.14			22.10.15 (ME+8er + 53 stat)	TPD 2,5	22mm	N/A			keine	
23	M	02.02.15			28.03.17 (ME+ WSR + Septorhino plastik stat)	TPD 2,5	8mm	N/A			Septorhinoplastik bei Z.n. Mittelgesichtsraum	→ Hemi-TPD rechts (distal 11) → Behinderung Nasenatmung und chron. Sinusitis
24	W	17.02.15			keine	TPD 2,5	11mm	N/A		LKG li	keine	→ Hemi-TPD rechts (distal 12)
25	M	23.02.15			01.12.15 (ME amb)	TPD 2,5	8mm	III			keine	
26	W	31.03.15			07.09.17 (ME amb)	TPD 3	8mm	N/A			keine	
27	M	13.04.15			In situ	TPD		III		LKG re	LeFort I + Interpositionsa rthroplastik	

28	M		04.05.15						TPD 2,5	14mm	N/A		keine	
29	W		02.06.15	31.08.16	14				TPD 2,5 (bei LeFort I)	14mm	III		LeFort I	→ Conchotomie der unteren Nasenmuschel rechts bei TPD
30	W		24.08.15						TPD 3 (ME amb)	7mm	III		keine	→ Hemi TPD rechts
31	W		25.08.15	01.11.16	14				TPD 2,5 (bei LeFort I)	11mm	III		LeFort I+ Conchotomie	
32	M		14.10.15						TPD 2,5 (reine ME +8er stat)	10mm	N/A		keine	→ Hemi- TPD links
33	W		20.10.15	18.10.17	23				TPD 2,5 (bei LeFort I)	7mm	III	LKG li Offener Biss	LeFort I+ Sanveneroplastik	→ ReTPD am 06.11.15 zur Distraktorreposition bei Dislokation des rechten Distraktorfusses
34	W		26.10.15						N/A In situ	8mm	N/A		keine	→ Hemi- TPD rechts (distal 12)
35	M		04.11.15	02.01.18	25				TPD 2,5 (bei LeFort I)	12mm	III		Le Fort I	
36	W		19.01.16						TPD 3 (reine ME ambulant)	8mm	N/A		keine	
37	M		09.02.16	19.09.16	7				TPD 2, dann 3 (reine ME)	23mm	III	LKG bds.	ggf. LeFort I	→ 02.03.16 Distraktorwechsel Größe 2 auf 3 → Verschluss einer oronasalen Fistel am 20.09.16 → T2 4 Monate nach TPDex
38	W		23.02.16	11.04.17	13				TPD 2,5 (bei LeFort I)	15mm	III		LeFort I	
39	W		22.03.16						TPD 2 (reine ME stat)	7mm	N/A	LKG bds	keine	→ Hemi-TPD links (distal 13)
40	W		22.03.16						TPD 3 In situ	8mm	N/A	LKG li	keine	→ Hemi-TPD links (14/15)
41	W		31.05.16	13.06.17	12				TPD 3 (bei LeFort I)	8mm	III		Le Fort I	

42	W	05.09.16				06.03.17(r eine ME ambulant)	TPD 2,5	8mm	N/A		keine	→ Behinderung Nasenatmung	der
43	W	10.10.16				In situ	N/A	N/A	N/A		keine		
44	M	18.10.16				28.08.17 (reine ME ambulant)	N/A	N/A	N/A		keine		
45	W	31.10.16				14.09.17 (reine ME ambulant)	N/A	N/A	N/A		keine	→ Hemi TPD links	
46	M	16.11.16	20.12.17	13		20.12.17 (reine ME)	TPD 2,5	7 mm	III		-		
47	W	05.12.16				18.05.18 (bei BSSO)	TPD 3	10mm	II		BSSO		

Tab. 9: Direkte Messwerte prä- und postoperativer Daten

	ir (T1)	er (T1)	il (T1)	el (T1)	is (T1)	es (T1)	ig (T1)	eg (T1)	w_j r (T1)	w_e r (T1)	w_il (T1)	w_e l (T1)	ir (T2)	er (T2)	il (T2)	el (T2)	is (T2)	es (T2)	ig (T2)	eg (T2)	w_j r (T2)	w_e l (T2)	w_il (T2)	w_e l (T2)
1	18	49	108	204	,17	,24	126	253	8,3 3	3,0 6	1,3 9	,74	45	136	216	243	,39	,55	261	379	3,3 3	1,1 0	,69	,62
2	522	514	36	126	,07	,25	558	640	,29	,29	4,1 7	1,1 9	477	437	126	184	,34	,42	603	621	,31	,34	1,1 9	,82
3	171	233	387	427	,44	,55	558	660	,88	,64	,39	,35	450	437	387	378	,86	,86	837	815	,33	,34	,39	,40
4	342	359	18	78	,05	,22	360	437	,44	,42	8,3 3	1,9 2	432	291	117	116	,32	,40	549	407	,35	,52	1,2 8	1,2 9
5	387	437	22	23	,58	,53	612	670	,39	,34	,67	,64												
6	306	34	306	359	1,0 0	,97	612	708	,49	,43	,49	,42	387	437	468	466	,88	,94	855	903	,39	,34	,32	,32
7	306	301	315	330	,97	,91	621	631	,49	,50	,48	,45	306	272	279	243	,90	,89	585	515	,49	,55	,54	,62
8	18	39	315	446	,06	,87	333	485	8,3 3	3,8 5	,48	,34	234	184	549	475	,41	,39	783	659	,64	,82	,27	,32
9	9	39	333	301	,03	,13	342	340	16, 67	3,8 5	,45	,50	216	136	306	330	,55	,41	522	466	,69	1,1 0	,49	,45
10	369	388	342	320	,93	,82	711	708	,41	,39	,44	,47												
11	315	320	315	388	1,0 0	,82	630	708	,48	,47	,48	,39												
12	360	427	351	320	,98	,75	711	747	,42	,35	,43	,47												
13	36	87	279	310	,13	,28	315	397	4,1 7	1,7 2	,54	,48	342	378	306	310	,86	,82	648	688	,44	,40	,49	,48
14	396	349	468	446	,85	,78	864	795	,38	,43	,32	,34												
15	171	243	441	437	,39	,56	612	680	,88	,62	,34	,34	333	340	351	330	,94	,97	684	670	,45	,44	,43	,45
16	198	155	306	262	,65	,59	504	417	,76	,97	,49	,57	63	146	54	194	,84	,75	117	340	2,3 8	1,0 3	2,7 8	,77
17	135	165	387	378	,35	,44	522	543	1,1 1	,91	,39	,40	405	388	306	320	,79	,82	711	708	,37	,39	,49	,47
18	207	272	270	252	,77	,93	477	524	,72	,55	,56	,60												
19	477	417	234	272	,49	,65	711	689	,31	,36	,64	,55	306	272	63	213	,48	,78	369	485	,49	,55	2,3 8	,70
20	333	349	396	378	,84	,92	729	727	,45	,43	,38	,40												
21	189	281	270	310	,70	,91	459	591	,79	,53	,56	,48	333	349	270	301	,84	,86	603	650	,45	,43	,56	,50
22	36	107	216	213	,17	,50	252	320	4,1	1,4	,69	,70												

Eidesstattliche Versicherung

Ich, Rebecca Maria Hoehl, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Rhinomanometrische Ergebnisse bei transversalem maxillärem Defizit – Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass mir die Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis bekannt ist und ich mich zur Einhaltung dieser Satzung verpflichte.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Danksagung

Mein Dank gilt zuerst dem Leiter der MKG Chirurgie des Campus Virchow Klinikum und Campus Benjamin Franklin, Herrn Prof. Dr. Dr. Max Heiland und seinem Vorgänger Prof. Dr. Dr. Bodo Hoffmeister für die freundliche Überlassung des hochinteressanten Themas.

Ganz besonders danke ich meinem Doktorvater PD Dr. Dr. Nicolai Adolphs, für seine motivierende Begleitung. Seiner hohen Kompetenz im Bereich der Orthognathiechirurgie und seinem kontinuierlichen Beistand verdanke ich den Abschluss dieser Arbeit. Ebenso möchte ich mich für den Einsatz der Abteilung für Mund- Gesichts- und Kieferchirurgie am Campus Virchow Klinikum bedanken; insbesondere auch Matthias Külken.

Ausdrücklich danken möchte ich auch dem Institut für Biometrie und Epidemiologie; stellvertretend Frau Andrea Stroux, für die Unterstützung bei der Bearbeitung der statistischen Fragestellung.

Herrn Franz Hafner Dank für die fachmännische Fotodokumentation der Patientenmodelle.

Des Weiteren danke ich Frau Prof. Dr. Heidi Olze und den Mitarbeitern der Abteilung für Hals- Nasen- Ohrenkunde für die Kooperation. Den Angestellten des Audiometriebüros danke ich für die freundliche Aufnahme in ihren Arbeitsbereich bei den ersten Datenerhebungen und die nette Einführung in die Technik der Rhinomanometrie.

Anschließend ist es mir ein besonderes Anliegen, meinem Freundeskreis und meinen Eltern zu danken. Danke für die Unterstützung und für aufmunternde Worte zur rechten Zeit.