

3) Material und Methoden

3.1) Patienten und Untersuchungsmethoden

Es wurden 44 Patienten untersucht. Eine Versuchsgruppe von 30 Patienten wurde mit einer Muschelkaustik beidseits behandelt, bei der zweiten Gruppe (14 Patienten) wurde zusätzlich zu der beidseitigen Muschelkaustik eine Leistenabtragung durchgeführt.

Die erste Gruppe bestand aus 19 Frauen und 11 Männern im Alter von 15 bis 77 Jahren. Von den 30 Patienten wurden 20 zum ersten mal gelasert. 10 Patienten wiesen in ihrer Anamnese eine Septumplastik oder eine bereits durchgeführte Muschelkaustik auf. Davon erhielten drei Patienten vor mindestens einem Jahr eine Lasermuschelkaustik, vier Patienten erhielten eine alleinige Septumplastik vor mindestens 8 Jahren. Bei drei weiteren Patienten wurde eine Septumplastik und eine Lasermuschelkaustik durchgeführt, dabei lag die Septumplastik mindestens 5 Jahre und die Muschelkaustik mindestens 1 Jahr zurück.

Die zweite Gruppe bestand aus 4 Frauen und 10 Männern im Alter von 16 bis 72 Jahren. 12 Patienten in dieser Gruppe erhielten die Laserbehandlung zum ersten mal und waren noch nie chirurgisch an der Nase behandelt worden, bei zwei Patienten wurde eine Muschelkaustik durchgeführt, welche jeweils über 1 Jahr zurücklagen.

Einschlußkriterium war eine chronische Nasenatmungsbehinderung, die auf einer Schleimhauthyperplasie (und somit Vergrößerung) der unteren Nasenmuscheln beruhte. Ausschlußkriterien waren Nasenatmungsbehinderungen, die auf ein zu großes Os turbinale der Nasenmuschel zurückzuführen waren, sowie andere pathologische Veränderungen, wie z.B. Formveränderungen der äußeren Nase und eine die Nasenatmung behindernde Septumdeviation. Die Indikation zur Lasermuschelkaustik wurde nur gestellt, wenn die rhinometrische Untersuchung nach Abschwellen eine deutliche Befundbesserung ergab und auch der Patient diesen Befund bestätigte.

Die ambulante Laserbehandlung wurde im Zeitraum vom 28.5.98-13.1.00 an der Berliner Universitätsklinik der Freien Universität Berlin in der Abteilung der Hals-Nasen und Ohrenheilkunde durchgeführt. Bei allen Patienten wurde im Rahmen der Studie nur eine Laserbehandlung durchgeführt.

3.2) Diagnostik und Durchführung

Bei allen Patienten erfolgte präoperativ zur Indikationsstellung und zum Ausschluß weiterer pathologischer Veränderungen sowie zur Beurteilung des Ausmaßes der Muschelhyperplasie eine starre Endoskopie der Nase einschließlich des mittleren Nasenganges. Zur Objektivierung der von dem Patienten geschilderten Nasenatmungsbehinderung und zur Engstellenlokalisierung erfolgte die Untersuchung durch die akustischen Rhinometrie und Rhinoresistometrie. Beide Untersuchungen wurden jeweils vor und nach Abschwollen, d.h. vor und nach der Applikation von Nasenspray (Naphazolin nitrat 1:1000) durchgeführt, um zwischen Schleimhautschwellung und einem zu großen oder deviierten Os turbinale zu unterscheiden und postoperativ die Abnahme der "Abschwellbarkeit" zu dokumentieren.

Die Untersuchungen der akustischen Rhinometrie und Rhinoresistometrie wurden präoperativ, sowie ein und drei Monate postoperativ durchgeführt. Zusätzlich wurden alle Patienten mittels eines standardisierten Fragebogens zu der subjektiven Änderung der Nasenatmungsbehinderung sowie zu ihren Beschwerden prä-, intra- und postoperativ befragt und diese Angaben mit den objektiv erhobenen Ergebnissen verglichen.

Um einen Einfluß einer allergischen Disposition zu berücksichtigen, wurde präoperativ neben einer ausführlichen allergologischen Anamnese ein Pricktest durchgeführt. Hierbei zeigten 18 Patienten eine saisonale bzw. perenniale Sensibilisierung, bei 26 der Patienten konnte keine Sensibilisierung festgestellt werden. Alle Allergiker wiesen anamnestisch eine saisonale Beschwerdedominanz auf.

3.3) Akustische Rhinometrie

Zur Beurteilung der Durchgängigkeit und Geometrie der Nasenhaupthöhle, insbesondere der Querschnittsfläche der C-Senke, wurde die akustische Rhinometrie angewandt.

3.3.1) Grundlagen

1977 entwickelten Jackson und Mitarbeiter (33) ein mathematisches Modell, um Querschnitte in den tieferen Atemwegen berechnen zu können: die akustische Rhinometrie. Hilberg und Mitarbeiter (31) führten diese Methode in die Rhinologie ein, indem sie die Originalversion von Jackson an den Bereich der Nase anpaßten. Lenders und Pirsig modifizierten die akustische Rhinometrie zu der Form, in der sie heute in der Praxis angewandt wird. Ebenso

überprüften sie die Meßmethode an 500 Patienten und bestimmten Normwerte an 134 Probanden. Der diagnostische Wert und die Aussagefähigkeit der akustischen Rhinometrie wurde von ihnen an Patienten mit einer Muschelhyperplasie bei einer hyperreflektorischen oder allergischen Rhinopathie dargelegt (44, 45, 46). Eine Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Querschnittsmessungen anhand von Nasenmodellen ergab eine Genauigkeit von 97% für den Bereich der Nasenhaupthöhle, sowie 83% für den Bereich des Nasopharynx (47). Ferner benutzten sie die akustische Rhinometrie als Nachweismethode für die durch anteriore Turbinoplastik erhaltene Flowverbesserungen (46).

Die akustische Rhinometrie nimmt in der Fachliteratur einen festen Platz ein. So wurde mittels dieser Meßmethode die Therapie nasaler Polypen und Adenoide (12, 13, 14) beschrieben und die Erfolge nach Durchführung einer Septumplastik bei Septumdeviation belegt (28). Auch ließ sich der Einfluß von Kälte (102) und lokaler Applikation abschwellender Medikamente (18) durch die akustische Rhinometrie nachweisen; ebenso konnte mit dieser Methode der nasale Zyklus genauer untersucht werden (17).

Das Prinzip der akustischen Rhinometrie beruht auf der Messung der Reflexionen eines akustischen Signals, das über einen schalldichten Nasenadapter in die Nasenhöhle geschickt wird. Als akustisches Signal dient ein Klick (2 ms), der am Naseneingang in die oberen Atemwege ausgesendet und mit zunehmender Tiefe der Luftwege reflektiert wird. Durch ein im Meßtubus eingebautes Mikrophon werden Sendesignal und reflektiertes Signal aufgenommen, über einen 50 kHz-AD-Wandler auf einen Personalcomputer übertragen und weiter verrechnet. Durch Analyse der Amplitude, Frequenzspektrum und Rücklaufzeit kann bei bekanntem Sendesignal der Nasenquerschnitt bis zur Distanz von 20cm ab Naseneingang im Abstand von 3mm bestimmt werden. Für den Erhalt einer höheren Meßgenauigkeit wird jede Nasenhöhle fünfmal hintereinander gemessen; die Kurven mit starker Abweichung werden automatisch selektiert. Das Ergebnis der rhinometrischen Messung wird graphisch in Form einer Kurve dargestellt. In ihr erscheint der logarithmische Nasenquerschnitt als Funktion des Abstandes vom Naseneingang.

Die akustische Rhinometrie ist ein schnelles, objektives und nicht invasives Meßverfahren, um die Durchgängigkeit und die Geometrie der Nasenhaupthöhle exakt darzustellen. Mit ihr ist es möglich, Engstellen in der Nase zu lokalisieren und quantifizieren, sowie durch aufeinanderfolgende Messungen dynamische Veränderungen darzustellen. Da sie in der Anwendung weder unangenehm noch schmerzhaft ist und nur wenige Sekunden dauert, kann

sie in fast allen Fällen problemlos durchgeführt werden.

3.3.2) Meßanordnung

Für die akustische Rhinometrie wurde der von der Firma Stimotron angebotene Geräteaufbau ("Rhinoklack") benutzt, der mit dem von Lenders und Pirsig übereinstimmt. Die Meßanordnung besteht aus einem akustischen Signalgeber (Kugelschallgeber, 55dB) mit angekoppelten Meßtubus (Länge 100cm, Innendurchmesser 20mm), auf den



anatomiegerechte Nasenadapter aufgesetzt werden, die einen schalldichten Verschuß zu einer Nasenhöhle gewährleisten, ohne den Naseneingang zu verformen oder die Querschnittsverhältnisse zu verändern. Die über das im Meßtubus eingebaute Mikrophon aufgenommenen reflektierten und ausgesendeten Signale werden über einen 12-bit-A/D-Wandler auf den Personalcomputer (80386/387, 33MHz) übertragen. Der Meßvorgang wird durch die Rhinoklack 1000 Systemsoftware gesteuert, berechnet werden die Querschnittsflächen der Nasenhaupthöhle mit Beginn ab Naseneingang im Abstand von 3mm. Realisiert ist das Meßprogramm unter der Benutzeroberfläche von Windows 3.1. Jeder Meßvorgang dauert 10ms; die Dokumentation erfolgt in graphischer x/y Darstellung über einen Tintenstrahldrucker.

Abb.1: Versuchsaufbau akustische Rhinometrie

3.3.3) Beurteilung der Kurven

Das Ergebnis der rhinometrischen Messung, der Nasenquerschnitt, wird graphisch in Form einer Kurve logarithmisch als Funktion des Abstandes vom Naseneingang dargestellt. Der Kurvenverlauf innerhalb einer Nasenhöhle ist reproduzierbar konstant. Bei gesunden Probanden finden sich einheitlich folgende Abschnitte: Die erste gerade Strecke entspricht dem Querschnitt des Nasenadapters. Die erste und größte Enge in der Nasenhaupthöhle zeigt

sich mit der I-Zacke, die dem Isthmus nasi entspricht. Die zweite nach unten gerichtete Zacke ist die sogenannte C-Senke, die mit der Einengung des Nasenquerschnitts an dem Kopf der Concha nasalis inferior und an der Intumescencia septi korreliert. Danach steigt die Kurve kontinuierlich im Sinne der Querschnittserweiterung in Richtung Nasenrachenraum an. In der Nase von Normalpersonen befinden sich zwei Engstellen, die des Isthmus nasi mit $0,73 \pm 0,2\text{cm}^2$ bei einer Entfernung von 1,3cm vom Naseneingang, und die der C-Senke mit $1,11 \pm 0,29\text{cm}^2$

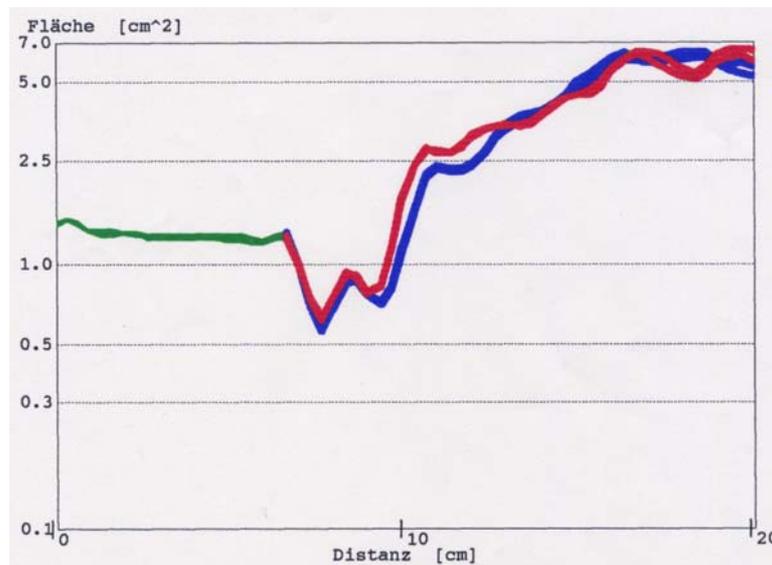


Abb.2: Normalverlauf der akustischen Rhinometrie (rot= rechts, blau= links, grün= Adapter)

bei einer Entfernung von 3,3cm. Die Kurve ähnelt bei Normalpersonen einem aufsteigendem “W” mit einem minimalen Querschnitt am Isthmus nasi und einer zweiten Enge im Bereich des vorderen Kopfes der Concha nasalis inferior.

Rhinometrische Untersuchungen haben ergeben, daß sich nach Gabe von abschwellenden Medikamenten der Querschnitt am Isthmus nasi nicht vergrößert, was bedeutet, daß hier kein abschwellbares Gewebe vorhanden ist. Im Gegensatz dazu zeigt die Concha nasalis inferior große Querschnittsunterschiede in den jeweiligen Schwellungszuständen. Ähnliche abschwellende Effekte sind in allen Bereichen hinter dem Kopf der unteren Nasenmuschel nachweisbar.

Andere anatomische Verhältnisse zeigen sich rhinomanometrisch bei Patienten mit Muschelhyperplasie. Dort ähnelt die Kurve einem absteigendem “W”, das heißt, hier liegt die größte Enge der Nasenhöhle im Bereich des Kopfes der unteren Muschel. Die C-Senke hat ihren tiefsten Punkt nun mit einem Querschnitt von $0,33\text{cm}^2$ bei 3,6cm Entfernung vom

Naseneingang. Werden bei diesen Patienten abschwellende Nasentropfen appliziert, zeigen sich im Bereich der C-Senke eine Querschnittserweiterung auf $0,7\text{cm}^2$, während die Werte der I-Zacke

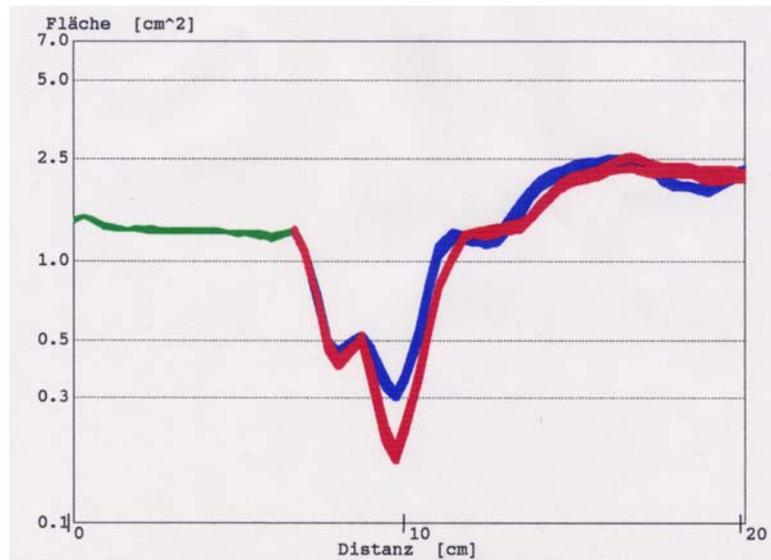


Abb.3: Verlauf der akustischen Rhinometrie bei beidseitiger Muschelhyperplasie, rechts>links (rot= rechts, blau= links, grün= Adapter)

konstant bleiben. Das bedeutet, daß auch hyperplastische Nasenmuscheln über reichlich abschwellbares Gewebe verfügen. Dieses akustisch-rhinometrische Verhalten gilt in gleicher Weise für die allergische und hyperreflektorische Muschelhyperplasie (46).

3.3.4) Auswertung

Es sollte überprüft werden, ob sich durch die Nd:YAG-Lasermuschelkaustik- und Leistenabtragung signifikante Änderungen der Querschnittsflächen an der C-Senke, entsprechend dem Kopf der Concha nasalis, ergeben. Bestimmt wurde die Fläche im Querschnitt unter der C-Senke, welche durch das Rhinoklackgerät direkt ausgegeben wurde. Die Messungen wurden jeweils vor, sowie einen Monat und drei Monate nach Laserung durchgeführt. Die 1-Monats- und 3-Monats-postoperativen Werte des Nasenquerschnitts an der C-Senke wurden mit den präoperativen Werten verglichen und die jeweiligen Differenzen gebildet. Diese absoluten Differenzen wurden statistisch untersucht und unter Einbeziehung des Ausgangswertes als prozentuale Änderung angegeben.

3.4) Rhinoresistometrie

Zur Erfassung weiterer für die Beurteilung der Nasendurchgängigkeit wichtigen Parameter Flow, hydraulischer Durchmesser, nasaler Widerstand und Lambda wurde die Rhinoresistometrie verwendet.

3.4.1) Grundlagen

Die Rhinoresistometrie ist eine Weiterführung der Methode der aktiven anterioren Rhinomanometrie, die erstmals 1958 von Semarek beschrieben wurde (88). Die Rhinomanometrie stellte die erste Möglichkeit dar, die vom Patienten empfundene Nasenatmungsbehinderung objektiv zu erfassen. Mehrere Wissenschaftler haben sich seitdem mit dieser Methode beschäftigt, die Etablierung der Rhinomanometrie als fester Bestandteil der rhinologischen Funktionsdiagnostik ist jedoch vor allem auf Bachmann (1) zurückzuführen. Bekannt sind die aktive anteriore und posteriore Rhinomanometrie, welche genau wie die Rhinoresistometrie auf demselben Meßprinzip beruhen. Es werden gleichzeitig der nasale Atemstrom (Flußmenge, Flow) auf einer Seite und die Druckdifferenz zwischen Nasopharynx und Außenluft auf der anderen Nasenseite gemessen. Die Registrierung der Druckdifferenz ist direkt mittels einer Sonde im Nasopharynx möglich (posteriore Rhinomanometrie), sowie indirekt über ein nach außen abgedichtetes Nasenloch, in dem sich nach dem Verschluss derselbe Druck wie im Nasenrachenraum einstellt (anteriore Rhinomanometrie). Die posteriore Methode wird von dem Patienten wegen der auftretenden Würgereize als sehr unangenehm empfunden; des Weiteren entstehen durch die unwillkürlichen Bewegungen im Bereich des Gaumens teilweise erhebliche Druckschwankungen, so daß die posteriore Rhinomanometrie immer seltener zur Anwendung kommt. Die indirekte Methode geschieht meist mittels einer aufgesetzten Nasen-Mund-Maske und einem anatomiegerechten Nasenadapter, durch den der Druck im Nasopharynx gemessen wird. In der Berliner Universitätsklinik Benjamin Franklin wird anstelle von den Nasenadaptern eine Paste auf Silikonbasis (Xantopren H®) verwendet, die in der Mitte den Meßschlauch führt und sich der Nasenanatomie ohne Verformung der äußeren Nasenform anpaßt. Der Meßvorgang erstreckt sich über mindestens drei komplette Atemzüge mit In- und Expiration, wobei zur Reduktion von Meßschwankungen Mittelwerte gebildet werden. Die Messung wird nach erfolgter Akklimatisation des Patienten an die gegebenen

Raumluftverhältnisse (Temperatur, Luftdruck) durchgeführt. Bei der Rhinomanometrie werden Atemstrom und Druckdifferenz vom Nasenrachenraum zur Außenluft gemessen. Die Rhinoresistometrie benutzt die rhinomanometrisch gemessenen Daten, um über einen Computer auf der Basis strömungsphysikalischer Gesetze weitere, für die Funktionsdiagnostik wichtige Parameter zu errechnen. Mit der Rhinoresistometrie ist es nunmehr möglich, zusätzlich zum Flow den Nasenwiderstand, Turbulenzbeschaffenheit der wandbildenden Strukturen sowie den hydraulischen Durchmesser zu bestimmen. Für jeden Parameter können die Daten nach den Nasenseiten getrennt und für die Gesamtnase berechnet werden.

Der erhebliche Vorteil der Rhinoresistometrie gegenüber der Rhinomanometrie besteht in der Möglichkeit, einen erhöhten Strömungswiderstand auf die auslösende Ursache genauer hin zu untersuchen. So kann ein erhöhter Widerstand durch Engstellen, aber auch durch Turbulenz bedingt sein; hierfür ist die getrennte Bestimmung der beiden Faktoren (hydraulischer Durchmesser, Λ) von großer Bedeutung. Die diagnostische Erfassung des Strömungsverhaltens der Nasenhöhle gibt Auskunft über die respiratorische Funktion der Nase und kann als Instrument der Funktionsdiagnostik die Ursache für die von dem Patienten geklagten Beschwerden wie z.B. Austrocknung, aufdecken. Mit Hilfe des hydraulischen Durchmessers können Schwellungszustände der Nasenschleimhaut quantitativ erfaßt werden und im Rahmen einer nasalen Provokation dynamische Prozesse widerspiegeln (64).

Die Rhinomanometrie hat weltweit einen festen Stellenwert in der rhinologischen Funktionsdiagnostik und ist auch in der Fachliteratur als Meßmethode zahlreich vertreten, seitdem 1983 das Standardisierungskomitee die anteriore Rhinomanometrie als Methode der Wahl bei der Messung des nasalen Widerstandes empfahl (6). Ihre Weiterentwicklung, die Rhinoresistometrie, ist im Gegensatz dazu eine relativ neue Methode, erstmals 1993 beschrieben von Mlynski (64), so daß es nur wenige Veröffentlichungen über diese Methode gibt. Di Martino z.B. wandte die Rhinoresistometrie an, um den Effekt der adenoiden Hyperplasie auf den Atemfluß zu untersuchen (9). Temmel et al (93) verglich die Rhinoresistometrie mit der Rhinomanometrie, betonte die gute Korrelation beider Methoden und beschrieb die Rhinoresistometrie als eine schnelle, reproduzierbare, non-invasive Technik, die im Vergleich zur Standardmethode einen diagnostischen Gewinn biete. Pirila und Nuutinen (75) untersuchten die Rhinomanometrie, auf deren Meßprinzip die Rhinoresistometrie beruht, sowie die akustische Rhinometrie auf ihre Verläßlichkeit. Für

beide Meßmethoden konnten sie eine hohe Sensitivität und Spezifität nachweisen.

Da die Vorteile der Rhinoresistometrie gegenüber der Rhinomanometrie, d.h. eine umfangreichere Diagnostik bei gleichem Aufwand, auf der Hand liegen, wird die Rhinoresistometrie in dem Berliner Universitätsklinikum Benjamin Franklin seit 1997 angewandt und deshalb auch innerhalb dieser Studie als Meßmethode verwendet.

3.4.2) Meßanordnung

Für die Rhinoresistometrie wurde der Geräteaufbau der Firma Stimotron, Wendelstein benutzt, die angewandte Software wurde von Mlynski (64) entwickelt. Mittels eines an einer Nasen-Mund-Maske angeschlossenen Volumenflußmeßgerätes (nach dem Prinzip einer Fleischschen Düse) wird der Atemstrom in ml/s erfaßt, gleichzeitig wird über ein im anderen Nasenloch liegenden Druckadapter die Druckdifferenz zwischen Nasopharynx und Außenluft registriert. Es werden mindestens drei Atemzüge komplett registriert und über einen 12 bit-Analog-Digital-Wandler dem Personalcomputer (486, 33 MHz, IBM-kompatibel) übertragen. Mit Hilfe der von Mlynski entwickelten Software (Rhinoresistometer 1000) werden aus den rhinomanometrisch gemessenen Werten (Flow, Druckdifferenz) auf der Basis strömungsphysikalischer Gesetze die Parameter nasaler Widerstand, hydraulischer Durchmesser, Lambda sowie das Turbulenzverhalten in Abhängigkeit von der Atemgeschwindigkeit errechnet. Die Dokumentation erfolgt in Zahlen, die wahlweise auch graphisch dargestellt werden können, über einen Tintenstrahldrucker.



Abb. 4: Versuchsaufbau Rhinoresistometrie

3.4.3) Beurteilung der Ergebnisse

Auf der Basis strömungsphysikalischer Gesetze werden die rhinomanometrisch gemessenen Daten mittels eines Personalcomputers verrechnet, um Aussagen über Atemstrom, nasalen Widerstand, hydraulischen Durchmesser und die turbulenzauslösende Wandbeschaffenheit der Nasenhöhle zu treffen.

Der Flow (Atemstrom, [ml/s]) beschreibt die Menge der Luft, die in einer Sekunde ein- oder ausgeatmet wird und gibt einen Überblick über die Durchgängigkeit der Nase. Wie bei der herkömmlichen Rhinomanometrie wird der Flow bei 75, 150 und 300 Pascal angegeben, um die Vergleichbarkeit der Werte zu erhalten. Mit der Rhinoresistometrie ist es erstmals möglich, den nasalen Atemwiderstand (R) direkt zu erfassen und, da er von der Atemgeschwindigkeit abhängt, ihn als Funktion des Flow/s exakt darzustellen. Der nasale Widerstand ermöglicht eine Objektivierung der von dem Patienten geäußerten Beschwerden. Der Strömungscharakter, der für die Funktion der Nase von grundlegender Bedeutung ist, kann mit dieser Methode ebenfalls erfaßt werden. Nur bei einem ausgewogenen Verhältnis zwischen laminarer und turbulenter Strömung ist eine gute Anfeuchtung, Reinigung und Erwärmung der eingeatmeten Luft gewährleistet. Besonders bis zu einem peak-flow von 250 ml/s sollte ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Strömungsanteilen herrschen, da dieser Strömungsbereich einer mittelschweren Arbeit (im Sinne einer Dauerleistung) entspricht, bei der eine gesunde physiologische Funktion der Nase von großer Bedeutung ist. Mit der Rhinoresistometrie lassen sich ferner Aussagen über die turbulenzauslösende Wandbeschaffenheit der Nasenhöhle treffen, die in der Kennzahl λ (Lambda) ihre Entsprechung finden. Hierbei werden groben Strukturen wie Querschnittserweiterung (Diffusor), Querschnittsverengung (Düse), Kanten oder Ecken größere Bedeutung zugemessen als der eigentlichen Rauigkeit der Wand. Lambda ist eine dimensionslose Zahl, mit der die Wandunebenheit in Beziehung zu der Lumenweite gesetzt wird, wobei ein großes Lambda einer ungünstigen Wandbeschaffenheit entspricht und damit eine frühe Turbulenzentstehung bedingt. Ein ebenfalls für die Funktionsdiagnostik der Nasenatmungsbehinderung wichtiger Parameter ist der hydraulische Durchmesser, der in der Strömungstechnik ein übliches Weitemaß für nicht runde Strömungskanäle (z. B. die Nasenhöhle) darstellt. Definiert ist der hydraulische Durchmesser als das Verhältnis der durchströmten Querfläche zum Umfang ($d_h=4F/U$), wobei der erhöhte reibungsbedingte

Energieverlust bei großem Umfang mit berücksichtigt wird. Da die Nase durch ihren speziellen Aufbau der lateralen Nasenwand im Verhältnis einen viel größeren Umfang hat, als die Querschnittsfläche suggeriert, ist der hydraulische Durchmesser als funktionelles Weitemaß für die Nase sehr gut geeignet.

3.4.4) Normwerte

Flow einer Nasenseite [150 ml/s]	Flow der Gesamtnase [150 ml/s]	Obstruktion
> 500	>800	keine
300-500	500-800	leicht
180-300	300-500	mittelgradig
<180	<300	hochgradig

Tabelle 1: Normwerte Flow

Parameter	Momentan	Abgeschwollen
Inspir. Widerstand	0,33 Pa/cm ³ /sec	0,18 Pa/cm ³ /sec
Exspir. Widerstand	0,28 Pa/cm ³ /sec	0,18 Pa/cm ³ /sec
Hydr. Durchmesser	4,5 mm	5,2 mm
Inspir. Lambda	0.02	0.03
Exspir. Lambda	0.03	0.03

Tabelle 2: Normwerte rhinoresistometrischer Parameter (jeweils geltend für eine Nasenseite)

3.4.5) Auswertung

Die rhinoresistometrischen Daten wurden präoperativ, 1 Monat und 3 Monate postoperativ erhoben, dabei wurden die Veränderungen von präoperativ zu 1 Monat postoperativ sowie von präoperativ zu 3 Monaten postoperativ mittels Subtraktion erhoben. Nach statistischer Untersuchung wurden die errechneten absoluten Differenzen unter Einbeziehung des Ausgangswertes als prozentuale Änderung angegeben. Für den Flow, hydraulischen Durchmesser und nasalen Widerstand wurden, um den Störfaktor Nasenzyklus zu umgehen, Werte der Gesamtnase berücksichtigt. Lambda wurde für jede Nasenseite getrennt beurteilt, da das Rhinoresistometriegerät hierfür eine seitengetrennte Analyse vorsieht. Jeder Parameter wurde in- und expiratorisch erfasst, sowie vor und nach Applikation abschwellender Medikamente.

3.5) Der Fragebogen

Den Patienten wurde direkt nach dem Lasereingriff ein Fragebogen ausgehändigt, um die subjektiven Beschwerden intraoperativ und die ersten Wochen postoperativ zu erfassen. Die Patienten sollten nach einem vorgegebenen Beschwerdescore (kein, schwach, mäßig, stark) ihre prä- und postoperativen Beschwerden angeben. Zur Beurteilung standen die Punkte perioperative Blutungsneigung, Schmerzen, Sekretion, Schwellungsgefühl und Niesreiz. Drei Monate postoperativ wurden sie erneut befragt, diesmal nach ihrer Zufriedenheit mit dem Lasereingriff und der subjektiven Symptomlinderung. Im Fragebogen zusätzlich berücksichtigt wurden Anzahl und Art der Voroperationen im Bereich der Nase, bestehende Allergien sowie Überempfindlichkeitsreaktionen gegenüber Alkohol- und Acetylsalicylsäure, Riechstörungen und Kopfschmerzen.

3.6) Die Lasermuschelkaustik

Der laserchirurgische Eingriff der Muschelkaustik wurde mit dem Nd:YAG-Laser durchgeführt, der im Folgenden beschrieben wird.

3.6.1) Nd:YAG-Laser

Seit der Entwicklung des Rubinlasers 1960 durch Maiman (57) wurde die Entwicklung und medizinische Anwendung einer Reihe von Lasertypen vorangetrieben. 1964 wurde der

Neodymium:Yttrium-Aluminium-Garnet (Nd:YAG)-Laser von Geusic, Marcos und Van Uitert entwickelt (22). Die erste klinische Anwendung des Nd:YAG-Lasers in der Chirurgie fand 1977 durch Kiefhaber statt, der massive gastrointestinale Blutungen mit Hilfe des Nd:YAG-Lasers kontrollierte (41). Seither hat sich der Nd:YAG-Laser in der chirurgischen Therapie mehr und mehr etabliert und sein Anwendungsgebiet auf fast alle medizinischen Bereiche ausgedehnt. Neben der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde gehören die Bronchologie, Gastroenterologie, Dermatologie, Gynäkologie, Ophthalmologie, Neurochirurgie, Urologie und Gefäßchirurgie zu seinen Anwendungsgebieten. Der Nd:YAG-Laser weist gegenüber den anderen in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde verwendeten Lasertypen das breiteste Anwendungsspektrum auf. Hals-Nasen-Ohrenärztliche Indikationen sind neben der Reduktion hyperplastischer Nasenmuscheln die palliative Verkleinerung von Tumoren in schwer zugänglichen Regionen, die Hämangiomtherapie sowie Therapie der Epistaxis und der Rezidivpolyposis (99).

Das von ihm emittierte infrarote Licht besitzt eine Wellenlänge von 1064 nm und liegt damit außerhalb des sichtbaren Bereichs. Für zielgenaues Arbeiten wird daher ein sichtbarer Helium-Neon (He-Ne)-Strahl hinzugefügt (79). In diesem Frequenzspektrum ist die Eindringtiefe von Licht sehr hoch, bedingt durch eine geringe Absorption von Wasser. Somit passiert der Laserstrahl ohne wesentlichen Energieverlust die Geweboberfläche und dringt bis zu 10mm tief ins Gewebe ein. Der Nd:YAG-Laser wirkt somit direkt im nasalen Schwellkörper. Dort werden während der Nd:YAG-Lasermuschelreduktion die submukösen Venenplexus und Muskelfasern reduziert. Diese Muskelfasern spielen eine wichtige Rolle bei den Vorgängen der Vasodilatation und Vasokonstriktion, die als Pathomechanismus für das Anschwellen der Nasenschleimhaut von Bedeutung sind (26). Die Laserenergie induziert zusätzlich eine Vaskulitis in den Venenplexus (50). Mit der Laserung werden zwei Ziele erreicht: durch die Reduktion der submukösen Venenplexus kommt es zur Volumenreduktion der Nasenmuschel. Zusätzlich wird damit auch die Fähigkeit der Nasenschleimhaut zum Anschwellen erheblich eingeschränkt. Die Vaskulitis verursacht eine reaktive Schwellung mit begleitendem Ödem und ist ebenso ursächlich für eine postoperative visköse Sekretion (55). Rhinoskopisch imponiert nach Abheilung eine verkleinerte, straffe Nasenmuschel. Drei Monate nach der Nd:YAG-Lasermuschelkaustik im Kontaktverfahren konnte ein histologisch und funktionell unbeeinträchtigtes Schleimhautepithel nachgewiesen werden (36).

Die Intensität der Laserwirkung hängt neben der Art des verwendeten Lasers von der

Energieleistung, Einwirkzeit, Gewebetyp und Applikationstechnik ab. Bei gleichem Gewebe können nach intensiver Lasereinwirkung unterschiedliche Zonen der Gewebsschädigung gefunden werden. Direkt um den Einwirkort befindet sich die Vaporisationszone, die in die Karbonisations- und schließlich in die Nekrosezone übergeht. Hier schließt sich ein Koagulationssaum an. Eine Ödemzone bildet den Rahmen für die bereits genannten Zonen. Die koagulierende Wirkung des Nd:YAG-Lasers birgt gegenüber den schneidenden Lasern wie z.B. dem CO₂-Laser den entscheidenden Vorteil, in Blutleere arbeiten zu können, da Gefäße bis zu einem Durchmesser von 5 mm verschlossen werden (50). Eine größere Zerstörung des Gewebes wird nicht angestrebt, da dieses postoperativ mehrere Wochen anhaltende Krustenbildungen und Fibrinausschwitzungen nach sich ziehen würde, die durch ein niedrig dosiertes Vorgehen vermieden werden können. Des Weiteren wird durch das Anschwärzen der Laserfaser (Karbonisieren) mit kohlenstoffhaltigem Material wie z.B. Kork oder Pappe, die große Tiefenwirkung des Laserstrahls durch vermehrte Streuung weiter reduziert, um Fehleinschätzungen der einwirkenden Energie im tiefer liegenden Gewebe zu umgehen.

Unterschiede in der Laserwirkung am Gewebe zeigen sich ebenso in den verschiedenen Applikationstechniken. Wird der Laser in einigem Abstand zu dem zu behandelnden Gewebe gehalten, spricht man von Nonkontakttechnik. In dieser Studie wurde die Laserenergie durch direkte Berührung auf das Schleimhautgewebe übertragen (Kontakttechnik). Vorteile der Nonkontakttechnik bestehen in der Unversehrtheit der Schleimhaut, da die Laserenergie bei dieser Applikationstechnik direkt an den submukösen Sinusoiden angreift; als Nachteil sind im Vergleich zur Kontakttechnik eine aufwendigere postoperative Nachsorge und später einsetzende Behandlungseffekte zu nennen (53, 55). Besonders hervorzuheben ist bei der Kontakttechnik die geringere Gewebepenetration und Gewebszerstörung sowie die bessere taktile Kontrolle durch den Operateur (60).

Ein Nachteil der Laserbehandlung besteht in dem, verglichen mit einer Skalpellschneidung, etwas verzögert stattfindenden Wundheilungsprozeß. Die verstärkte Blutleere der Nd:YAG-Laserwunde macht sich in der Abwesenheit von Plasma-Fibronectin, das eine Schlüsselrolle in der Wundheilung inne hat, bemerkbar (85). In die Verbrennungswunde müssen aufgrund des induzierten Kapillarschadens aus dem umliegenden Gewebe neue Kapillaren einsprossen, was den Wundheilungsprozeß verzögert (52, 100).

Andere Laser, die zur Zeit bei der Lasermuschelkaustik Anwendung finden, sind der CO₂-

Laser, Diodenlaser und KTP-Laser.

3.6.2) Arbeitsanordnung

Für die Laserbehandlung der Nasenmuscheln wurde ein Nd:YAG-Laser (Martin MY 30) mit einer Wellenlänge von 1064nm verwendet. Als flexibler Lichtleiter fand eine Quarzfaser mit einem Durchmesser von 400 und 600 Mikrometern Anwendung. Das verwendete Instrumentarium (Wolf, Tuttlingen, Germany) wurde durch die Hals-Nasen-Ohren-Abteilung der Universitätsklinik Benjamin Franklin in Zusammenarbeit mit der Firma Wolf speziell entwickelt und unterscheidet sich von dem von Wigand entwickelten Routine-Laserrhinoskop durch seine Schmalheit und einen zusätzlichen Arbeitskanal. Der schlanke Arbeitsschaft mit einem Außendurchmesser von 3,3mm enthält einen Kanal für auswechselbare Optiken und zwei Arbeitskanäle (Saugspülkanal, Laserfaserführungskanal). Als Endoskop wurde eine 25°- oder 30°-Optik (Wolf, Tuttlingen, Germany) verwendet, die speziell ein Arbeiten an der lateralen Nasenwand ermöglicht. Über eine an die Optik angeschlossene 3-Chip-Kamera wird das endoskopische Bild auf einen Monitor übertragen. Die Durchführung und Kontrolle des Lasereingriffs erfolgt ausschließlich über den Monitor.



Abb.5: Das Nd:YAG-Laserrhinoskop

3.6.3) Anästhesie und Operationstechnik

Der Eingriff wird am wachen, liegenden Patienten in Lokalanästhesie durchgeführt. Circa 20 Minuten vor der Laserbehandlung wird die Nasenschleimhaut mittels eines in ein Naphzolin-

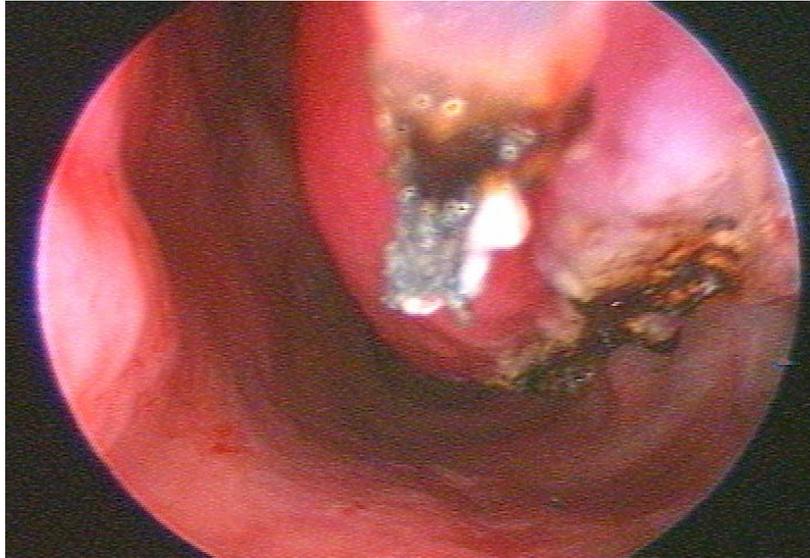


Abb. 6: Die Muschelkaustik erfolgt von dorsal nach ventral

Nitrat (Privin®)-Tetracain-Gemisch (1:1) getauchten bzw. eines mit 6% Lidocaingel getränktem Wattebausch betäubt. Nach Entfernen der in der Nasenhöhle plazierten Watte wird direkt vor der Behandlung zusätzlich Lidocaingel (6%) lokal auf die Schleimhaut aufgetragen. Mit dem Endoskop wird über Monitorkontrolle das dorsale Ende der unteren Nasenmuschel



Abb. 7: Abtragung eines Septumsporns

aufgesucht. Die Laserung erfolgt im Dauerstrahlmodus bei 2-6 Watt. Im Kontaktverfahren wird der Laser langsam und gleichmäßig an dem kaudalen freien Rand von dorsal nach ventral gezogen. Die dabei entstehende strichförmige Nekrosezone mit umgebendem weißlichen Koagulationssaum erlaubt eine recht genaue Beurteilung des Ausmaßes der späteren Muschelreduktion. Der begleitende koagulierte Randsaum markiert die Zone der verschlossener Gefäße und darf von der Laserfaser nicht „überholt“ werden, da sonst in dem noch nicht koagulierten Gebiet Blutungen auftreten können.

Die Entfernung von knorpeligen und auch knöchernen kleineren Leisten respektive Spornen am Septum erfolgt ebenfalls im Kontaktverfahren und im Dauerstrahlmodus bei 2-6 Watt. Es wird zunächst eine Strichkoagulation der Schleimhaut ober- und unterhalb der Leiste bzw. des Spornes durchgeführt, um jegliche Blutungen bei der weiteren Arbeit zu verhindern. Je nach Art und Form der Leiste oder des Spornes wird zunächst der knorpelige Anteil abgetragen. Zusätzlich zu entfernende knöchernen Veränderungen der Nasenscheidewand werden unter Lasereinfluß in porzellanartige Strukturen umgewandelt, die scheibchenartig abgetragen werden können. Es wird nicht der gesamte Sporn bzw. die ganze Leiste entfernt. Die Basis der Septumveränderung muß thermisch unbelastet bleiben, um Nekrosen des Vomerknöchens bzw. der Lamina perpendicularis zu vermeiden (83).

3.6.4) Postoperative Pflege

Nach dem Lasereingriff erhielten die Patienten eine panthenolhaltige Pflegesalbe (Bepanthen Nasen- und Augensalbe®) und eine privinhaltige Nasensalbe mit ätherischem Pfefferminzöl (Siozwo®), die sie im ständigem Wechsel mehrmals täglich selbständig applizierten. Eine ärztliche Nachbehandlung ist bei einer Laserkaustik der unteren Nasenmuscheln nicht zwingend erforderlich (83). Das Angebot, bei postoperativen Beschwerden die Lasersprechstunde aufzusuchen, wurde nur von wenigen Patienten in Anspruch genommen.

3.7) Statistik

Die zum Teil erheblichen interindividuellen Unterschiede lassen nicht von einer Normalverteilung der Wertepaare ausgehen. Aus diesem Grund wurde der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen verwendet, der als Signifikanztest zwei abhängige Stichproben auf Unterschiede in der zentralen Tendenz untersucht. Die Meßwertpaare müssen hierbei keiner Normalverteilung entsprechen (82).

Innerhalb dieser Studie wurde der Wilcoxon-Test angewandt, um eventuell vorhandene Unterschiede der einzelnen Parameter zwischen den Zeitpunkten 0, 1 und 3 auf ihre Signifikanz hin zu untersuchen. Der Leerwert 0 entspricht dem präoperativen Ausgangswert, die Zeitpunkte 1 und 3 entsprechen den 1- bzw. 3-Monats-postoperativen Werten. Es wurden Differenzen zwischen den Zeitpunkten 0 und 1, sowie zwischen 0 und 3 gebildet und diese statistisch analysiert. Auf den Ausgangswert 0 bezogen, konnten sie als prozentuale Änderungen angegeben werden. Als signifikant wurde $p < 0,05$ angenommen.