

Beidseitige Rekurrenslähmungen

Zusammenfassung

Diese Arbeit bemüht sich um eine aktuelle Darstellung von Ätiologie, Diagnostik und therapeutischem Management von Patienten mit beidseitigen Rekurrensparesen.

Die Nn. recurrentes werden häufiger als andere Hirnnerven von einer simultanen beidseitigen Parese betroffen. Die meisten dieser Läsionen sind iatrogen verursacht, insbesondere durch chirurgische Eingriffe an der Schilddrüse. Aber auch eine Vielzahl anderer Ursachen kommt in Betracht. Ist die Ätiologie unklar, muss eine gründliche diagnostische Abklärung erfolgen.

Als klinisches Leitsymptom imponiert der inspiratorische Stridor. Die indirekte Laryngoskopie bestätigt die Verdachtsdiagnose. Für die weitere Diagnostik kommt der laryngealen Elektromyographie besondere Bedeutung zu. Sie erlaubt die Abgrenzung zur Ankylose im Krikoarytaenoidgelenk und in vielen Fällen eine zuverlässige Prognose der Ausheilungswahrscheinlichkeit. Während ungünstige Verläufe mit hoher Sicherheit vorhergesagt werden können ist die komplette Ausheilung jedoch schwierig prognostizierbar.

Zur Therapie stehen heute verschiedene endoskopische Techniken der Glottiserweiterung zur Verfügung, die detailliert dargestellt werden. Gegenüber einer dauerhaften Tracheostomie ist diesen Verfahren wegen der wesentlich geringeren Beeinträchtigung des Patienten stets der Vorzug zu geben. Die Indikation für eine definitive chirurgische Glottiserweiterung muss in Abhängigkeit von der vermuteten Prognose, dem

klinischen Gesamtbild und den spezifischen Lebensumständen des einzelnen Patienten gestellt werden. Die Normalisierung der Atmung wird in der Regel durch eine gewisse Stimmverschlechterung erkauft, die aber bei modernen Verfahren in der Regel tolerabel bleibt. Zeitpunkt, Art und Umfang des Eingriffs müssen individuell an den Einzelfall angepasst werden.

Schlüsselwörter

Atemwegsstenose · Kehlkopfstenose · Elektrophysiologie · Elektromyographie · Laserchirurgie · Glottiserweiterung · Arytaenoidektomie · Tracheostomie

Beidseitige Lähmungen gleicher Hirnnerven, etwa beidseitige Fazialis- oder Hypoglossuslähmungen, sind ausgesprochene Raritäten, wenn von den Folgen ausgeprägteste Hirnstammläsionen einmal abgesehen wird. Eine Ausnahme bildet der N. laryngeus inferior, der wegen seiner engen räumlichen Lagebeziehung zu Luftröhre und Schilddrüse insbesondere im Zusammenhang mit chirurgischen Eingriffen nicht ganz selten beidseits geschädigt wird.

Beidseitige Rekurrenslähmungen führen zu einer Paramedianstellung beider Stimmlippen und dabei zu einer bedrohlichen Einengung des glottischen Atemwegs (Abb. 1). Die resultierende Ver-

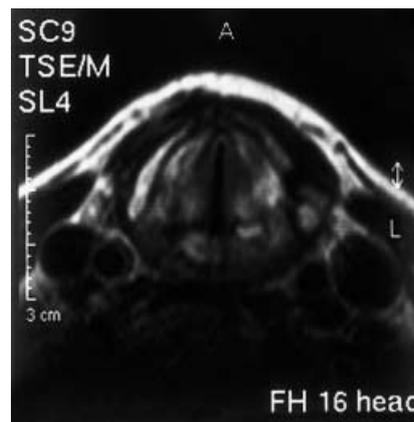


Abb. 1 ▲ Computertomographische Darstellung des Kehlkopfs bei beidseitiger Rekurrenslähmung. Deutlich erkennbare hochgradige Atemwegeinengung

engung der Stimmritze macht gelegentlich notfallmäßige Maßnahmen (etwa Intubation oder Tracheotomie) zur Verhütung einer akuten Asphyxie erforderlich. Häufiger wird jedoch bei langfristig fortbestehender Lähmung eine chirurgische Intervention zur Erweiterung des glottischen Atemwegs erforderlich, um die Folgen der hochgradigen Atemwegsstenosierung zu lindern. Allerdings sind glottiserweiternde Eingriffe bei der beidseitigen Rekurrenslähmung

Prof. Dr. H.E. Eckel
Universitäts-HNO-Klinik,
Joseph-Stelzmann-Straße 9, 50924 Köln,
E-Mail: hans.eckel@uni-koeln.de

H.E. Eckel · C. Sittel

Bilateral recurrent nerve paralysis

Abstract

This paper seeks to provide the reader with a state-of-the-art review of the aetiology, diagnosis and clinical management of bilateral recurrent nerve paralysis.

The recurrent laryngeal nerves are more frequently involved in bilateral paralysis than any other cranial nerve. Most of the underlying lesions are iatrogenic, with thyroid surgery being the single most important causative factor. However, a variety of different reasons can lead to such a condition. Whenever the aetiology is uncertain, a complete diagnostic work-up is mandatory.

Massive stridor on inspiration is the key symptom. Indirect laryngoscopy confirms the diagnosis. Laryngeal electromyography is of great value because it differentiates between paralysis and ankylosis of the cricoarytenoid joint. Moreover, in many cases, laryngeal electromyography yields reliable prognosis of clinical outcome. While unfavorable results can be predicted with high accuracy, correct prognosis of complete recovery is more difficult.

Clinical management is surgical in the vast majority of cases. A variety of endoscopic techniques for widening the glottic airway are available today and are discussed in detail. Compared to permanent tracheostomy, these procedures have much less impact on the patient's quality of life and should be preferred whenever possible. Since such an operation is irreversible, a decision should be made only in the presence of a reliable electrophysiological prognosis and/or after 6–9 months of watchful waiting. Inevitably, voice quality is traded for airway normalisation. However, modern surgical techniques accomplish very tolerable phonatory results. Timing, type and extent of surgery need to be customised for every patient individually.

Keywords

Airway stenosis · Laryngeal stenosis · Electrophysiology · Electromyography · Laser surgery · Airway surgery · Arytaenoidectomy · Tracheostomy

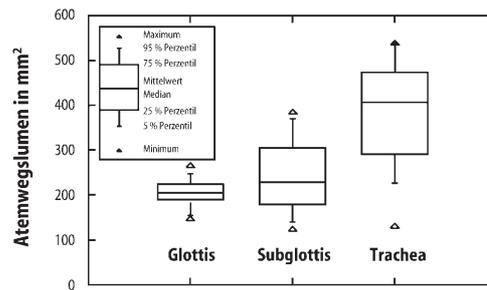


Abb. 2 ◀ Atemwegsquerschnitte im Bereich von Glottis, Subglottis und Trachea. (Nach [8])

lähmung mit einer Beeinträchtigung der Stimme und der stimmlichen Leistungsfähigkeit verbunden, sodass Operateur und Patient stets gemeinsam nach einem akzeptablen Kompromiss bezüglich Atmung und Stimme suchen müssen.

Anatomische Überlegungen

Unter physiologischen Bedingungen weisen die zentralen Atemwege des Menschen im Bereich der Trachea einen Querschnitt von etwa 300–500 mm² auf, im Bereich der Subglottis einen Querschnitt von etwa 200–300 mm² und im Bereich der Glottis 150–200 mm². Daher ist der Kehlkopf und speziell die Glottis bereits unter physiologischen Bedingungen stets der engste Teil der zentralen Atemwege (Abb. 2), [7, 8].

Bei Lähmung der Stimmlippen in Adduktionsstellung vermindert sich der Winkel, den die beiden Stimmlippen in Respirationstellung an der vorderen Kommissur beschreiben, von etwa 50° beim Mann bzw. 60° bei der Frau auf etwa 5–15°. Als Folge hiervon verengt sich der Atemweg auf einen Querschnitt von etwa 30–60 mm², also etwa auf 1/4 des normalen Atemwegsquerschnitts im Bereich der ohnehin engen Glottis (Abb. 3). Hieraus erklärt sich, warum eine beidseitige Re-

kurrenslähmung stets zu einer erheblichen respiratorischen Beeinträchtigung und häufig zu einem inspiratorischen Stridor führt.

Ätiologie

Lähmungen des N. laryngeus inferior treten am häufigsten nach operativen Eingriffen am Hals (speziell an der Schilddrüse) und im oberen Mediastinum auf [1, 6, 11, 18, 30, 34]. Sie können sich aber auch durch Infiltration von bösartigen Tumoren von Larynx, Hypopharynx, Ösophagus, Schilddrüse, Tracheobronchialbaum und anderen bösartige Neubildungen im kaudalen Hals- und kranialen Mediastinalbereich entwickeln, im Verlauf viraler Entzündungen auftreten oder Folge zentralnervöser Läsionen (Hirn- oder Schädelbasistumoren, Verletzungen, nach operativen Eingriffen an der lateralen Schädelbasis) sein. Ein Überblick über die Häufigkeit einzelner ätiologischer Faktoren in der Literatur ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Die differentialdiagnostische Abklärung ist im Abschnitt „Diagnostik“ kurz besprochen und zur besseren Übersicht in Tabelle 2 zusammengefasst.

Operationen an der Schilddrüse (weniger häufig im Mediastinum) sind ur-

Abb. 3 ▶ Computertomographische Vermessung des glottischen Atemwegsquerschnitts bei beidseitiger Rekurrenslähmung: Atemweg einer 47-jährigen Patientin: 41,5 mm²

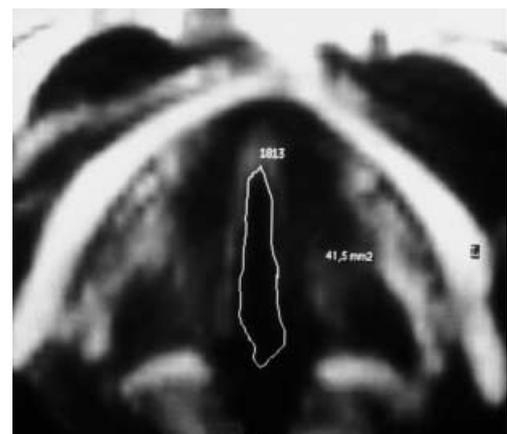


Tabelle 1
Ätiologie beidseitiger Rekurrenzlähmungen nach Angaben in der Literatur

Autor	n	Schilddrüsenoperation [%]	Andere Operationen [%]	Neurologische Erkrankung [%]	Tumoren [%]	Verschiedene [%]
Tucker 1979	242	51,1	16,5	13,8	7,2	11,4
Kleinsasser 1981	120	91,7	0	0	2,5	5,8 viral
Schobel 1986	110	95,5	2,7	0	0	1,8
Rinne 1991	34	85,0	0	0	0	15,0
Remacle 1996	41	41,5	29,3	7,3	9,8	12,1 Radiatio, Entzündung
Eckel 1997	91	85,7	3,3	2,2	5,5	3,3 Zustand nach Intubation
Gupta 1997	61	3,3	52,5	0	0	44,2 (2-mal Intubationen)
Amedee 1998	18	89,0	o.A.	o.A.	o.A.	o.A.
Manolopoulos 1999	18	77,8	o.A.	o.A.	o.A.	22,2
Szmeja 1999	65	95,4	3,1	1,5	0	0
Pia 1999	41	82,9	7,3	9,8	0	0
Laccourreye 1999	25	76,0	0	8,0	4	12,0

o.A. ohne Angaben

sächlich für die ganz überwiegende Anzahl der beidseitigen Rekurrenzlähmungen. Über die Häufigkeit von beidseitigen Rekurrenzlähmungen nach operativen Eingriffen an der Schilddrüse finden sich in der Literatur allerdings nur spärliche Angaben [42].

Hermann et al. [13] fanden nach 7566 Erstoperationen an der Schilddrüse wegen gutartiger Struma bei 16 Patienten (0,2%) eine beidseitige Rekurrenzlähmung. Bei 13 von ihnen lagen spezielle Risikofaktoren, wie eine substernale oder intrathorakale Lage der Schilddrüse, eine sehr große Struma, oder eine Totalexstirpation der Schilddrüse vor. Bei 3 Patienten konnten solche Risikofaktoren nicht ermittelt werden. Bei Rezidivoperationen und bei Operationen wegen bösartiger Schilddrüsenerkrankungen ist das Risiko einer beidseitigen Rekurrenzlähmung deutlich erhöht [13, 15, 42]. Die sorgfältige Präparation des Nerven bei der Schilddrüsenoperation und ein intraoperatives neurophysiologisches Monitoring des N. recurrens sollen das Risiko von Rekurrenzsparesen im Zusammenhang mit Schilddrüsenoperationen vermindern helfen [15, 22, 33]. Vollständige Sicherheit bezüglich der Schonung des N. recurrens gibt es allerdings in der Schilddrüsenchirurgie offenbar weiterhin nicht.

Diagnostik

Das klinische Bild der beidseitigen Rekurrenzsparese ist in erster Linie durch

inspiratorischen Stridor gekennzeichnet, dem typischen Leitsymptom jeder extrathorakalen Stenosierung der zentralen Atemwege. Die Stimmfunktion ist hingegen oft nur wenig beeinträchtigt, zumindest in der mittleren Sprechstimmlage und bei anstrengungsloser Stimmlautstärke. In aller Regel geht der plötzlich einsetzenden beidseitigen Lähmung der Nn. recurrentes ein Ereignis voraus, das typischerweise zu einer solchen Schädigung führen kann (s. oben), besonders häufig eine Schilddrüsenoperation. Der Verdacht auf das Vorliegen

einer beidseitigen Rekurrenzsparese ist daher meist naheliegend und findet durch die einfache lupenlaryngoskopische oder stroboskopische Untersuchung seine Bestätigung (Abb. 4). Die Anamneseerhebung ist daher in der Regel wegweisend für die ätiologische Eingruppierung der Lähmung.

Basisdiagnostik

Wenn die Ätiologie einer Rekurrenzsparese aus der klinischen Vorgeschichte des Patienten heraus zweifelsfrei be-

Tabelle 2
Diagnostische Schritte zur Abklärung einer ätiologisch unklaren Rekurrenzlähmung

Anamnese	Operative Eingriffe im Kopf-Hals-Mediastinalbereich? Andere Hirnnervenläsionen/neurologische Ausfälle? Bekannte Malignome? Frühere Radiotherapie? Durchgemachte Schädel-Hirn-Traumen/Halsverletzungen? Durchgemachte Infektionen?
Laryngologische Untersuchung	Lupenlaryngoskopie, Stroboskopie, ggf. Pharyngoösophago-tracheoskopie, Halssonographie, Kehlkopf-EMG (DD: Rekurrenzsparese oder Stellknorpelankylose)
Schilddrüsendiagnostik	Szintigraphie, Sonographie, Labordiagnostik, ggf. Feinnadelaspirationszytologie
Radiologische Diagnostik	Röntgen Thorax, ggf. Thorax-CT, ggf. Schädel (Schädelbasis-)CT/MR, ggf. Ösophagusbreischluck
Ggf. Serologie	z. B. Borreliose, Syphilis, HIV



Abb. 4 ◀ **Beidseitige Rekurrenslähmung laryngoskopisches Bild: sog. straffe beidseitige Lähmung mit Stellung der Stimmlippen in Paramedianstellung**

stimmt werden kann (etwa eine neu aufgetretene Rekurrenslähmung nach Schilddrüsenoperation) sind diagnostische Maßnahmen zur Abklärung der Ätiologie nicht erforderlich. Wird eine ein- oder beidseitige Rekurrenslähmung dagegen ohne vorangegangenes adäquates Trauma erstmals klinisch manifest, muss die Ätiologie der Parese geklärt werden. Die erforderlichen diagnostischen Schritte sind, nach der sinnvollen Reihenfolge des Vorgehens, in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Stellung der Stimmlippen wird klassifiziert in median, paramedian und intermediär, weiterhin sollte darauf geachtet werden, ob der Arytaenoidknorpel rotiert und nach medial eingekippt ist. Eine Niveaudifferenz der Stimmlippen ist bei einer beidseitigen Affektion noch schwieriger als ohnehin schon zu verifizieren, kann aber funktionell bedeutsam sein. Falls eine Restbeweglichkeit beobachtet werden kann ist dies als prognostisch günstiges Zeichen zu werten. Eine Verwechslung mit supraglottischen Kontraktionen ist dabei jedoch recht leicht möglich.

Weitere Schlüsse, die über die Ad-hoc-Bestätigung der Verdachtsdiagnose hinausgehen, sollten aus dieser ersten laryngoskopischen oder auch stroboskopischen Untersuchung nicht gezogen werden. Zwar findet sich bis heute in zahlreichen Lehrbüchern das Konzept, dass die Stimmlippenstellung Informationen zum wahrscheinlichen Schädigungsort liefert. Darin spiegelt sich die plausible Vorstellung wider, dass der M. cricothyroideus als einziger vom N. laryngeus superior versorgter Kehlkopfmuskel die Stellung der Stimmlip-

pen in wesentlicher Weise beeinflusst. Eine isolierte Lähmung des N. recurrens soll daher zu einer anderen Form der Stimmlippenfehlstellung führen als eine isolierte Affektion des N. laryngeus superior oder als eine Kombination beider Lähmungen. Dieses physiologisch und anatomisch naheliegende Modell einer einfachen Topodiagnostik ist jedoch mittlerweile widerlegt worden [16, 19, 55].

Prognostisch verlässliche Hinweise lassen sich aus der Lupenlaryngoskopie und Stroboskopie nur sehr eingeschränkt gewinnen: eine zuverlässig beobachtete Restbeweglichkeit darf sicher als prognostisch günstiges Zeichen gewertet werden. Im Gegensatz dazu ist die beginnende Exkavierung der Stimmlippe als Zeichen der bleibenden Schädigung anzusehen. Dieses typische Symptom der hochgradigen Denervierung tritt jedoch frühestens nach mehreren Wochen auf und kann damit nur sehr eingeschränkt als prognostisches Merkmal bezeichnet werden.

Differentialdiagnose

Die wichtigste Differentialdiagnose der beidseitigen Rekurrenslähmung ist die beidseitige Stellknorpelankylose (in seltenen Fällen auch die einseitige Lähmung bei Ankylose der Gegenseite), [25, 26]. Ankylosen der Stellknorpel oder Fibrosen der bindegewebigen Kapsel des Krikoarytaenoidgelenks entwickeln sich am häufigsten als Folge vorangegangener Intubationen (Abb. 5). Daher ist es häufig nicht möglich, alleine von der Anamnese her zwischen Ankylose und Lähmung zu unterscheiden. Jedenfalls muss immer dann, wenn im Zusammen-

hang mit der Entstehung der Bewegungseinschränkung der Stimmlippe eine Intubation stattgefunden hat, an eine Stellknorpelankylose oder eine posttraumatische Fibrosierung der Gelenkkapsel als Ursache der Bewegungsstörung der Stimmlippe gedacht werden. Zur Differenzierung zwischen mechanischer Bewegungsstörung im Gelenk und Lähmung eignet sich einerseits die Elektromyographie des Kehlkopfs [45, 46, 55], andererseits die Prüfung der passiven Mobilität des Stellknorpels während einer mikrolaryngoskopischen Untersuchung des Kehlkopfs in Narkose.

Eine weitere wichtige differentialdiagnostische Überlegung betrifft die Unterscheidung zwischen einer reinen Lähmung des N. laryngeus inferior und einer zusätzlichen Lähmung des N. laryngeus superior. Zwar soll die isolierte Lähmung des N. laryngeus inferior stets zum Bild der sog. Lähmung in Paramedianstellung führen, während es bei Lähmung beider Kehlkopfnerve einer Seite zum sog. Bild der Lähmung in intermediär Stellung (Kadaverstellung) kommen soll. In der klinischen Praxis ist eine Unterscheidung zwischen isolierter Laryngeus-inferior-Lähmung und kombinierter Laryngeus-inferior- und -superior-Schädigung häufig jedoch nicht möglich. Wegweisend ist hier häufig die gezielte anamnestiche Abklärung einer initialen (unmittelbar nach Schädigung)

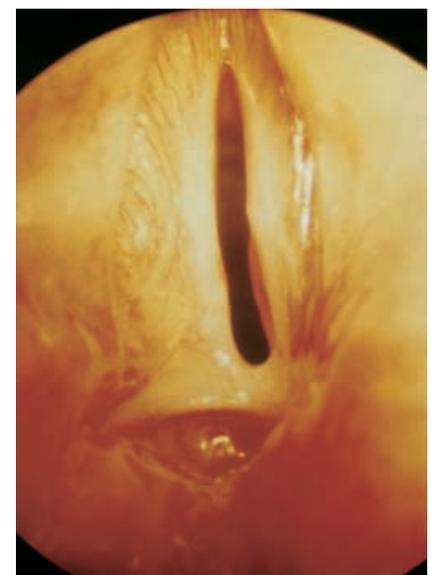


Abb. 5 ▲ **Differentialdiagnose der beidseitigen Rekurrenslähmung: Beidseitige Stellknorpelankylose und Interarytaenoidfibrose nach Langzeitintubation**

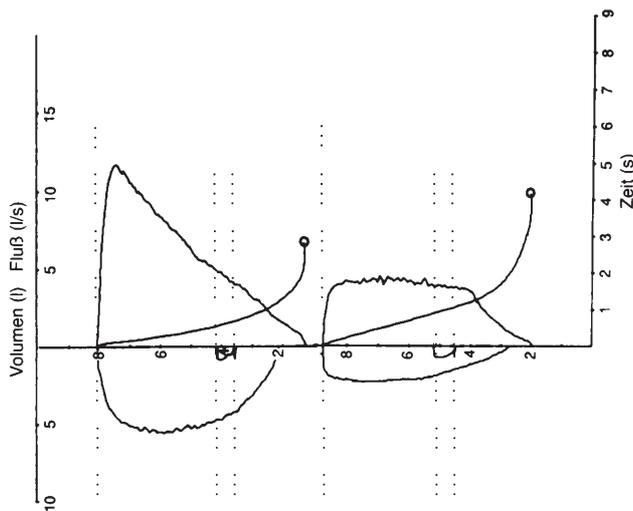


Abb. 6 ▲ **Linke Bildseite: normale Fluss-Volumen-Kurve. Oberer Teil von links nach rechts: forcierte Expiration nach maximaler Einatmung. Die Spitze des Dreiecks entspricht dem „peak expiratory flow“ (PEF). Unterer Teil von rechts nach links: forcierte Inspiration nach maximaler Ausatmung. Der tiefste Punkt der Kurve entspricht dem „peak inspiratory flow“ (PIF). Rechte Bildseite: Fluss-Volumen-Kurve eines Patienten mit zentraler Atemwegsstenose. Abflachung des Kurvenverlaufs mit Plateaubildung. (Nach [51])**

gungseintritt) beobachteten Aspirationsneigung und ggf. die Elektromyographie des M. cricothyroideus.

Wenngleich allgemein geglaubt wird, Schilddrüsenoperationen führten zwar nicht ganz selten zu einer Lähmung des N. recurrens, kaum jemals jedoch zu Schädigungen des N. laryngeus superior, so widerspricht dies zumindest der eigenen klinischen Beobachtung: Bei gezielter Untersuchung fanden sich in etwa 5% aller Patienten mit einer Schädigung des N. laryngeus inferior nach Schilddrüsenoperation auch eine gleichzeitig bestehende Schädigung des N. laryngeus superior. Eine solche Schädigung erklärt auch die gelegentlichen Schluckbeschwerden in Form einer Aspiration nach Schilddrüsenoperation, die häufig als „Reizung“ von Kehlkopf und Rachen durch die stattgehabte Intubation fehlinterpretiert werden.

Die Unterscheidung zwischen Lähmung und Ankylose [25, 26, 28] ist deshalb wichtig, weil bei einer Ankylose häufig eine Arytaenoidektomie zur Glottiserweiterung unverzichtbar ist und diese gelegentlich auch am tracheotomierten Patienten erfolgen muss, während glottiserweiternde Maßnahmen bei beidseitiger Rekurrenslähmung in der Regel ohne vorhergehende Tracheotomie am intubierten Patienten durchgeführt werden können.

Die präoperative Abgrenzung einer begleitenden Lähmung des Laryngeus superior einer Seite ist deshalb von Bedeutung, weil hier auf operative Maßnahmen, die zu einer Verstärkung der Aspiration führen könnten (insbesondere auf eine Arytaenoidektomie) verzichtet werden muss.

Respiratorische Funktionsdiagnostik

Nicht jede Stenosierung der Glottis ist korrekturbedürftig. Mitentscheidend sind die Entstehungsbedingungen der Stenose (akut/chronisch) und die daraus resultierende Adaptation der Atemmuskulatur an den erhöhten zentralen Atemwegswiderstand (Training) und speziell das Ausmaß, in dem eine gewohnte körperliche Belastung durch das unphysiologische Atemhindernis eingeschränkt wird.

Die Fluss-Volumen-Kurve ist der einfachste und zugleich aussagekräftigste Funktionstest zur Diagnose einer zentralen Atemwegsobstruktion. Stenosen der Glottis verändern die Fluss-Volumen-Kurve über den widerstandserhöhenden Effekt, der im Bereich hoher Stromstärken entstehenden Turbulenz und in geringerem Maße auch über den Effekt der Querschnittsabnahme [49, 51, 53].

Im Gegensatz zur anatomisch fixierten Narbenstenose der Subglottis oder

der Trachea ist die Atemwegsverengung bei beidseitiger Rekurrenslähmung durch eine druckpassive Weitstellung der Stimmlippen in der Ausatmung und eine Einwärtsbewegung (Medialisierung) über einen Sogeffekt (Bernoulli) während der Inspiration gekennzeichnet. Diesem Verhalten entspricht das charakteristische Flussprofil einer extremen inspiratorischen Abflachung mit einem oft weitgehend regelrechten normalen expiratorischen Muster (Abb. 6).

Als empirisch festgelegter Grenzwert für eine behandlungspflichtige Stenose findet sich nach eigenen Untersuchung bei einer inspiratorischen Resistance von mehr als $2,5 \text{ kPa} \times \text{s/l}$. Letztlich wird aber die Entscheidung zur Operation ganz wesentlich durch die Frage beeinflusst, bis zu welcher körperlichen Belastung der Patient die Stenose respiratorisch kompensieren kann [51, 52, 53].

Elektrophysiologische Diagnostik

Die beidseitige Rekurrensparese stellt wegen der ungewöhnlichen Kombination aus prinzipieller Reversibilität der Erkrankung und Irreversibilität (im Falle einer chirurgischen Glottiserweiterung) bzw. Invasivität (im Falle einer Tracheotomie) der therapeutischen Maßnahme in besonderem Maße hohe diagnostische Anforderungen: einerseits sollen diejenigen Fälle selektiert werden, bei denen keine funktionell ausreichende Wiederherstellung der Stimmlippenbeweglichkeit eintreten wird, um durch eine endoskopische Glottiserweiterung die Atmung zu normalisieren. Dies soll zudem zu einem möglichst frühen Zeitpunkt nach Eintritt der Schädigung geschehen, um dem Patienten günstigenfalls die Tracheotomie zu ersparen. Andererseits gilt es zu verhindern, dass Patienten einer definitiven Glottiserweiterung zugeführt werden, bei denen es ohne weitere Maßnahmen zu einer ausreichenden Erholung der Stimmlippenbeweglichkeit gekommen wäre.

Die elektrophysiologische Diagnostik bietet die derzeit einzige Möglichkeit, die genannten Anforderungen in einer Vielzahl der Fälle mit ausreichender Zuverlässigkeit zu erfüllen. Ihre Möglichkeiten, insbesondere aber auch ihre Grenzen und möglichen Fehlinterpretationen sollen daher im Detail dargestellt werden.

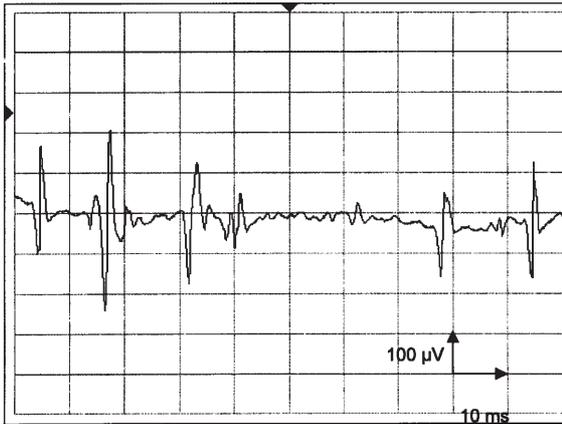


Abb. 7 ▲ **Extrem rarefiziertes Aktivitätsmuster bei Phonation, aber keine Anzeichen von Spontanaktivität in Ruhe: Neurapraxie**

Hintergrund

Zur elektrophysiologischen Evaluation des N. recurrens stehen prinzipiell 3 Verfahren zur Verfügung: die Elektromyographie, die Neuromyographie und die Magnetstimulation. Die Elektromyographie als das mit Abstand bestuntersuchte und weitest verbreitete Verfahren soll im Folgenden näher besprochen werden. Die Neuromyographie und die Magnetstimulation sind hingegen in den Punkten Validität, Reproduzierbarkeit und prognostische Aussagekraft bis heute nicht abschließend etabliert. Da ihre Bedeutung im klinischen Routinebetrieb geringer ist soll hier nicht weiter auf diese Verfahren eingegangen werden, vielmehr sei auf die einschlägige Literatur verwiesen [2, 3, 28, 44, 45, 46, 57].

Grundsätzlich basieren alle elektrophysiologischen Verfahren darauf, die Integrität der neuromuskulären Einheit über die Aufzeichnung von Aktionspotentialen der Kehlkopfmuskulatur zu überprüfen. Als wichtigste Potentialformen unterscheidet man das motorische Willkürpotential, die pathologische Spontanaktivität und das Reinnervationspotential. In Ruhe ist der gesunde Muskel elektrisch inaktiv. Das Fehlen jeglicher elektrischer Aktivität bei dem Versuch einer Willkürbewegung wird hingegen als elektrische Stille bezeichnet. Normale Willkürpotentiale der Kehlkopfmuskulatur sind di- oder triphasisch und weisen extrem variable Amplituden auf (Abb. 7, 8).

Die Potentialdauer soll mit dem Lebensalter zunehmen [41]. Pathologische Spontanaktivitäten sind unwillkürliche Potentiale, die von einer einzelnen Mus-

kelfaser rhythmisch generiert werden (Abb. 9). Typisch ist für diese positiven scharfen Wellen v. a. der helle knackende Ton im Lautsprecher des Elektromyographen. Pathologische Spontanaktivität ist Ausdruck einer Nervendegeneration und tritt daher frühestens 10–14 Tage nach Schädigungsbeginn auf. Verwechslungen mit fortgeleiteten Aktionspotentialen benachbarter Muskeln oder Endplattenpotentialen sind leicht möglich. Reinnervationspotentiale (Abb. 10) sind plump verbreitert und mit mindestens 4 Phasendurchgängen polyphasisch. Sie kennzeichnen die Nervenherholung nach einer Wiederausprossung der Axone.

Die elektrophysiologischen Befund werden nach Seddon [35] als Neurapraxie, Axonotmesis und Neurotmesis klassifiziert. Die diagnostischen Kriterien für die Diagnose Neurapraxie in der Kehlkopfelektromyographie sind der Nachweis eines rarefizierten Potentialmusters bei Willküraktivität ohne Zeichen der pa-

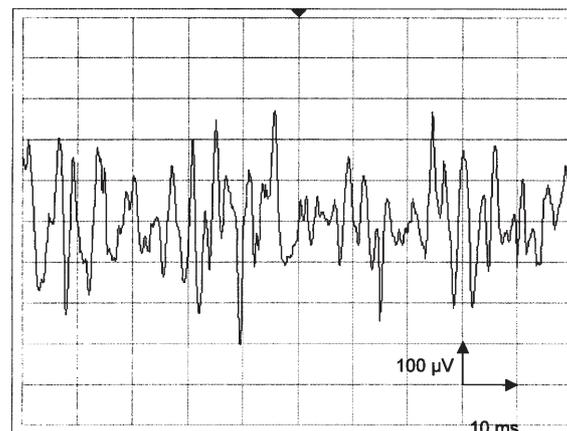


Abb. 8 ▲ **Leicht vermindertes Aktivitätsmuster bei Phonation, keine Spontanaktivität in Ruhe: Neurapraxie**

thologischen Spontanaktivität in Ruhe. Das Auftreten von positiven scharfen Wellen oder Fibrillationen in Ruhe zeigt eine Verschiebung des Ruhepotentials der Muskelzelle an, wie sie in Folge einer (teilweisen) Denervierung durch Untergang der Axone stattfindet. Bei der Neurotmesis ist der Nerv in seinem gesamten Querschnitt geschädigt, nicht nur seine Axone. Elektrophysiologisch ist eine Unterscheidung zur Axonotmesis nicht möglich.

Diese Klassifikation beinhaltet eine prognostische Aussage: Die Neurapraxie heilt prinzipiell innerhalb von 8–12 Wochen folgenlos aus. Wie noch zu besprechen sein wird gilt diese Aussage für die besondere Situation der Kehlkopfmuskulatur allerdings nur sehr eingeschränkt. Bei Vorliegen einer Axonotmesis ist die Wahrscheinlichkeit einer funktionell befriedigenden Ausheilung gering. Das Wiederausprossens der Axone erfolgt ungerichtet und führt zu Synkinesien [2, 16, 32]. In der Folge kommt es zu einer simultanen Aktivierung der endolaryngealen Adduktoren und Abduktoren.

Lupenlaryngoskopisch imponiert ein straffer Stimmlippenstillstand, aber keine Beweglichkeit. In der simultanen 2-Kanal-Elektromyographie aus dem M. cricoarytaenoideus (Posticus) und dem M. thyroarytaenoideus medialis (Vocalis) beweisen Reinnervationspotentiale die grundsätzlich intakte nervale Versorgung der Muskulatur. Für die prinzipiell gleichartige Situation bei Läsionen des R. frontalis des N. facialis ist durch Stennert [39, 40] der sehr passende Terminus „autoparalytisches Syndrom“ geprägt worden. Dem betroffenen Patienten ist das autoparalytische Syndrom gut durch das Bild des Auto-

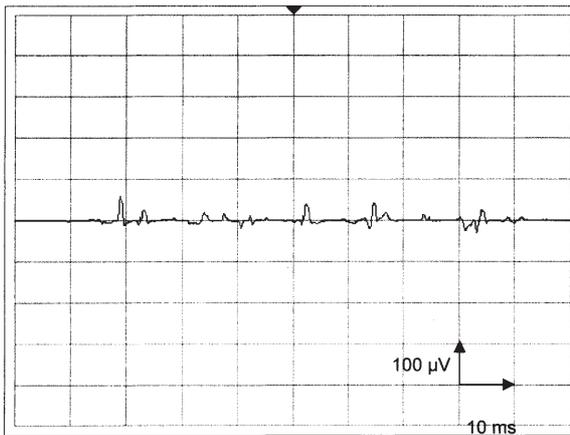


Abb. 9 ▲ Spontane Fibrillationsaktivität in Ruhe, minimale Willküraktivität: Axonotmesis

mobils zu vermitteln, bei dem Gas und Bremse gleichzeitig betätigt werden: Obwohl alle Komponenten des Systems funktionsfähig sind kommt es zu keiner sichtbaren Funktion.

Die Neurotmesis als Korrelat des vollständigen Nervenuntergangs führt zu einer vollständigen schlaffen Lähmung ohne Aussicht auf Erholung. Sie ist von der Axonotmesis nur durch den unterschiedlichen klinischen Verlauf zu unterscheiden. Im Grenzbereich sind die Übergänge zwischen einer weitgehenden Axonotmesis und einer Neurotmesis jedoch sicher fließend.

Untersuchungstechnik

Die Elektromyographie der beidseitigen Rekurrensparese ist durch die Besonderheiten des engen glottischen Restspalts gekennzeichnet. In der Regel weisen die Patienten bereits einen Ruhestridor auf. Alle invasiven Maßnahmen an den Stimmlippen können zu einer Schwellung oder Hämatombildung führen, die eine weitere Stenosierung bewirken können. Die elektromyographische Untersuchung muss daher so schonend wie möglich erfolgen. Bei einem Restspalt von unter 2 mm sollten beide Stimmlippen nicht gleichzeitig, sondern mit einem Abstand von mindestens 24 h untersucht werden. Nach der Untersuchung muss die Überwachung des Patienten für mindestens 1 h gewährleistet sein. Bisweilen verbietet ein nur noch minimaler Restspalt mit ausgeprägtem Ruhestridor die Elektromyographie am wachen Patienten. Dann kann die Untersuchung im Rahmen einer Mikrolaryngoskopie in Intubationsnarkose erfol-

gen. Die Aussagekraft und Zuverlässigkeit der Untersuchung ist unter diesen Bedingungen jedoch stark vermindert.

Die Elektromyographie der inneren Kehlkopfmuskeln kann transoral und transkutan erfolgen. Bei der transoralen Ableitung wird eine dünne bipolare Elektrode aus Kupferdraht in den kranialen Aspekt der Stimmlippe eingestochen [28, 44, 46, 47]. Kleine Widerhaken am distalen Elektrodenende („hooked-wire“) sorgen für eine ausreichende Verankerung in der Muskulatur. Zunächst muss der Endolarynx unter endoskopischer Sicht mit einer überlangen, gebogenen Sprühdüse ausgiebig oberflächenanästhesiert werden. Ein spezieller Applikator in Form einer gebogenen Hohlkanüle erlaubt das geschützte Heranführen der Nadel unter endoskopischer Kontrolle. Erst unmittelbar oberhalb des Zielmuskels wird die verborgene Nadelspitze unter Sicht in die Muskulatur eingestochen. Für die Untersu-

chung des M. vocalis sollte die Elektrode im dorsalen Drittel der Stimmlippe und möglichst entfernt von der freien Phonationskante eingestochen werden.

Bis auf das geringe Risiko einer zu oberflächlichen Verankerung in der Mukosa ist die Kontrolle der Elektrodenlage bei diesem Verfahren nahezu perfekt. Beide Stimmlippen können mit einem Zweikanalgerät simultan untersucht werden. Eine Prämedikation mit Atropin zur Prophylaxe vagaler Reflexe und einem kurzwirksamen Benzodiazepin kann im Einzelfall sinnvoll sein, ist aber regelmäßig nicht notwendig.

Wegen dieser Vorteile bevorzugen wir die transorale Elektromyographie mit hooked-wire Elektroden zur Diagnostik der beidseitigen Rekurrensparese. Nachteilig sind die wesentlich höheren Kosten und die deutlich längere Untersuchungsdauer im Vergleich zur transkutanen Technik. Für die transkutane Elektromyographie werden bipolare konzentrische Nadelelektroden vom mindestens 45 mm Länge verwendet. Nach alkoholischer Hautdesinfektion wird die Elektrode in der Mittellinie der membrana cricothyroidea knapp oberhalb des Krikoids eingestochen. Nach Überwinden der Membran wird die Nadel etwa 30–45° nach oben und lateral in Richtung der zu untersuchenden Stimmlippe vorgeschoben. Die Spitze der Nadel muss dabei submukös bleiben.

Husten des Patienten oder Brummen des Lautsprechers am Elektromyographiegerät zusammen mit sinusförmigen Schwingungen am Monitor bei Phonation zeigen an, dass die Nadelspitze das Kehlkopflumen penetriert hat. In diesem Fall muss die Nadel zurückgezogen und

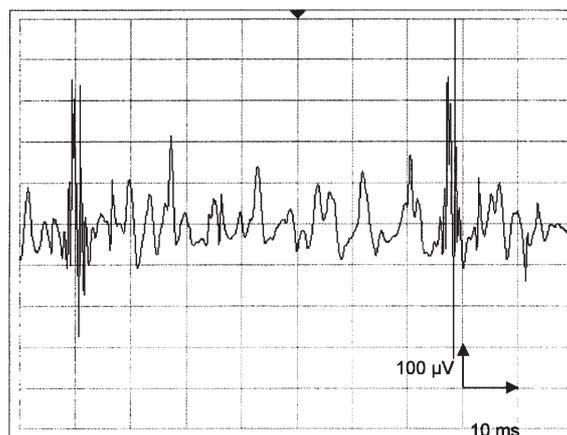


Abb. 10 ▲ Polyphasische, verlängerte Potentiale mit Riesenamplituden: Reinnervation, 4 Monate nach Lähmungsbeginn

neu positioniert werden. Glaubt man die Elektrode an ihrer korrekten Position, lässt man zunächst den Patienten langsam den Kopf drehen. Bei diesem Manöver darf bei richtiger Elektrodenlage keine Aktivität ableitbar sein. Dann lässt man den Patienten phonieren und erhält im Falle einer ansteigenden elektromyographischen Aktivität den sicheren Beweis einer korrekten Elektrodenlage. Eine elektrische Stille durch eine komplette Paralyse kann jedoch nicht von einer falschen Lage der Elektroden Spitze unterschieden werden. Dies ist der entscheidende Nachteil der transkutanen gegenüber der transoralen Ableitungstechnik. Da im Falle der beidseitigen Rekurrensparese diese Unterscheidung jedoch von erheblicher Bedeutung ist und weitreichende Konsequenzen nach sich ziehen kann favorisieren wir die transorale Technik zumindest bei der Diagnostik des beidseitigen Stimmlippenstillstands.

Interpretation der Befunde

Die Elektromyographie des Kehlkopfs ist eine dynamische Untersuchung, deren Interpretation nur im Kontext weiterer Befunde sinnvoll ist. Dynamisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass in die Bewertung zahlreiche weitere Faktoren einfließen, die nur aus dem laufenden Untersuchungsgang zu gewinnen sind. Anders als etwa bei der Elektrokardiographie ist die Beurteilung abgeleiteter Potentiale auf einem Papierstreifen allein nicht möglich. Wichtig ist insbesondere die akustische Information, die dem geschulten Ohr oft noch besser als die oszillographische Ableitung die Typisierung der Potentiale erlaubt. Auch das Verhalten der Potentiale bei Veränderungen der Elektrodenlage kann aufschlussreich sein, ebenso wie die Beobachtung des Patienten zur Erkennung von Artefakten, wie sie durch fortgeleitete Muskelaktivitäten bei ungenügend entspannten Patienten entstehen können.

Jeder Befund muss in den zeitlichen Verlauf der individuellen Erkrankung eingeordnet werden. So sind beispielsweise Spontanaktivitäten innerhalb der ersten 14 Tage nach Lähmungsbeginn prinzipiell nicht zu erwarten, ihr Fehlen zu diesem Zeitpunkt spricht somit keinesfalls gegen eine einsetzende Nervenregeneration. Andererseits können Spontanaktivitäten nach 4–6 Monaten auch bereits wieder abgeklungen sein. Zu diesem Zeitpunkt kann ihr Ausblei-

ben also ebenfalls eine eventuelle Nervenregeneration nicht widerlegen. Reinnervationspotentiale treten typischerweise im 4. Monat nach Schädigungsbeginn als Korrelat der Wiederaussprossung geschädigter Axone auf. Zu einem früheren Zeitpunkt ist der Nachweis einer Erholung nach Axonotmesis mithin nicht möglich. Hat eine Reizstromtherapie stattgefunden sind die Ergebnisse der Elektromyographie ohnehin erst nach einer Behandlungspause von mindestens 4 Wochen wieder verwertbar.

Die einmalige elektromyographische Untersuchung eines seit unbestimmter Zeit gelähmten Kehlkopfs ist in ihrer Aussagekraft sehr beschränkt. Das Datum des Lähmungsbeginns sollte daher möglichst genau eruiert werden. Die Elektromyographie des Kehlkopfs ist auf wiederholte Untersuchungen angewiesen, die so ausreichend dokumentiert wurden, dass ein späterer Vergleich möglich ist. Idealerweise findet die erste Untersuchung unmittelbar nach Beginn der Lähmung statt: hier soll zwischen einer kompletten und einer inkompletten Lähmung unterschieden werden. Die Kontrolle ab dem 14. Tag nach Lähmungsbeginn dient der Fahndung nach Degenerationszeichen: zu diesem Zeitpunkt lassen sich fundierte prognostische Aussagen treffen. Sollte die Lähmung fortbestehen kann im 4. Monat nach Lähmungsbeginn nach Zeichen der Reinnervation geforscht werden. Falls gewünscht kann im 6. Monat nach Lähmungsbeginn eine Abschlusskontrolle erfolgen: in nahezu allen Fällen ist nach dieser Zeit ein Ausheilungszustand erreicht.

Wird die Elektromyographie des Kehlkopfs in dieser Weise angewendet gelingt eine korrekte Vorhersage einer Defektheilung in 94,4% der Fälle, wie die Auswertung eigener Daten von 540 Kehlkopfelektromyographien nachweisen konnte [37]. Es kann daher als gesichert gelten, dass der Nachweis von Degenerationszeichen in der Kehlkopfelektromyographie bereits zu einem frühen Zeitpunkt ein äußerst zuverlässiges Zeichen einer unvollständigen Nervenregeneration ist, die erst Monate später vollständig nachweisbar ist. Für die beidseitige Rekurrensparese ist dies deshalb bedeutsam, weil im Fall einer ungünstigen Prognose der Beweglichkeit beider Stimmlippen die Entscheidung zu einer definitiven Glottiserweiterung zu einem

wesentlich früheren Zeitpunkt erfolgen kann. Damit können minimal-invasive Verfahren der endoskopischen Glottiserweiterung zu einem vergleichsweise frühen Zeitpunkt indiziert werden.

Wie am eigenen Krankengut gezeigt werden konnte [9] ist eine passagere Tracheotomie dadurch in nahezu allen Fällen vermeidbar. Die Gefahr der „voreiligen“ Operation einer Rekurrensparese, die sich später zu einem guten funktionellen Ergebnis erholt hätte, ist minimal.

Gelingt der sichere Nachweis von Degenerationszeichen hingegen nicht, ist meist ein abwartendes Verhalten angezeigt. Eine Erholung ist dann prinzipiell möglich. Allerdings ist die Voraussage einer kompletten Ausheilung nur in einem sehr geringem Prozentsatz korrekt: So zeigt die bereits erwähnte Auswertung eigener Daten, dass die elektrophysiologische Diagnose Neurapraxie, definitionsgemäß eine vorübergehende Funktionsstörung mit hoher Wahrscheinlichkeit der vollständigen Erholung, für den N. recurrens lediglich in 12,8% der Fälle tatsächlich von einer Restitutio ad integrum gefolgt wird. Die Faustregel „Neurapraxie = gute Prognose“ scheint daher für den Bereich der Kehlkopfnerve nur sehr eingeschränkt zuzutreffen, wobei die Gründe dafür größtenteils unklar sind. Zwar ist bekannt, dass eine komplette Erholung eines geschädigten N. recurrens wesentlich seltener eintritt als etwa beim N. facialis, wobei die Schädigungsursache keine Rolle zu spielen scheint [27, 50]. Dies erklärt jedoch nicht, warum die prognostische Aussagekraft elektrophysiologischer Untersuchungen deutlich schlechter ist als beim N. facialis [36, 37]. Ein Erklärungsansatz könnte darin bestehen, dass die neurale Versorgung nur einen Baustein im komplexen Geschehen der Stimmlippenbeweglichkeit darstellt.

Die Funktion des Arytaenoidgelenks ist hingegen eine weitere wichtige Größe, die bislang in diesem Zusammenhang nur wenig Beachtung gefunden hat. Es scheint durchaus vorstellbar, dass eine prolongierte Immobilisation einer Stimmlippe neurogener Ursache zu einer Art Einsteifung des Arytaenoidgelenks durch eine Fibrosierung führen könnte. Theoretisch könnte dies zu einer andauernden Bewegungsstörung des Gelenks führen, obwohl sich die ursprünglich auslösende Nervenschädigung komplett zurückgebildet hat.

Dieses pathophysiologische Modell würde auch elegant die Differenz der prognostischen Aussagekraft für die Ereignisse Defektheilung und Ausheilung erklären: Patienten mit einer degenerativen Nervenlähmung erreichen allenfalls eine Defektheilung wegen des Ausmaßes der Nervenschädigung, die elektrophysiologisch gut fassbar ist. Für Patienten ohne Zeichen der Degeneration besteht aber das zusätzliche Risiko der Entwicklung einer Fibrosierung im Arytaenoidgelenk durch die mehrwöchige Immobilisierung. Trotz regelrechter Nervenerholung kommt es nicht zu einer Wiederherstellung der Stimmlippenbeweglichkeit. Die nachgewiesene Anfälligkeit für degenerative Veränderungen [25,26] lassen die Frage durchaus berechtigt erscheinen, warum ausgerechnet das Arytaenoidgelenk weniger anfällig sein sollte für die Entwicklung von Fehlfunktionen durch langdauernde Immobilisation.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass der elektrophysiologische Nachweis von Degenerationszeichen zwar nahezu beweisend für die Entstehung einer Defektheilung ist, umgekehrt aber die Abwesenheit von Degenerationszeichen keineswegs zur Annahme einer völligen Funktionswiederkehr der gelähmten Stimmlippe berechtigt. Diese Einschränk-

ung schmälert zwar die prognostischen Aussagekraft der Kehlkopfelektromyographie durchaus. Da aber das klinisch bedeutsamere Ereignis Defektheilung für einen großen Teil der Patienten akkurat vorhergesagt werden kann hat die Kehlkopfelektromyographie dennoch einen bedeutsamen Platz im rationalen und effizienten Management von Patienten mit beidseitigen Rekurrensparesen.

Therapie

Die Behandlung der beidseitigen Rekurrenslähmung ist in aller Regel chirurgisch und verfolgt das vordringliche Ziel, die Atembehinderung der Patienten zu bessern (vgl. Tabelle 3).

Folgende Grundüberlegungen sind zur Therapieplanung von besonderer Bedeutung:

1. Welche Akutmaßnahmen können bei frisch aufgetretener beidseitiger Rekurrenslähmung (häufig nach Schilddrüsenoperation) ergriffen werden, bis eine endgültige Entscheidung über definitive therapeutische Maßnahmen getroffen werden können?
2. Wie ist die Prognose der Lähmung einzuschätzen? Dabei muss natürlich

die Prognose für beide Seiten getrennt betrachtet werden.

3. Muss überhaupt operiert werden?
4. Welche Ansprüche hat der Patient an seine körperliche Leistungsfähigkeit, welche an seine Stimme?
5. Wann soll eine definitive glottiserweiternde Operation erfolgen?
6. Ist für den Patienten ggf. eine temporäre Tracheotomie akzeptabel?
7. Welches Operationsverfahren soll gewählt werden? Mit welcher Komorbidität muss bei dem gewählten Verfahren gerechnet werden (Aspiration, Stimmverschlechterung, temporäre Tracheotomie)?

Ad 1

Die akut aufgetretene beidseitige Rekurrenslähmung äußert sich in der Regel unmittelbar als hochgradige, häufig stridoröse inspiratorische Atemwegsbehinderung. Gelegentlich wird eine Reintubation erforderlich, wenn es im Rahmen einer Schilddrüsenoperation oder eines anderen operativen Eingriffs zu einer beidseitigen Rekurrenslähmung gekommen ist und die Atemwegsbehinderung nach Extubation des noch nicht vollständig aus der Narkose erwachten Patienten manifest wird. In der Regel gelingt jedoch nach Gabe von

Tabelle 3

Ergebnisse der chirurgischen Behandlung beidseitiger Rekurrenslähmungen nach Angaben in der Literatur

Autor	Operationsmethode	n	Tracheotomiert	Tracheotomiert vor Operation	Tracheotomiert für Operation	Dekanüliert	Nicht dekanüliert
Kleinsasser 1981	Arytänoidektomie und submuk. Choridektomie	120	120	93	27	114	6 (5%)
Langnickel 1982	Laterovertikalverlagerung	146	146	o. A.	o. A.	146	0 (0%)
Schobel 1986	Modifizierte Laterofixation	110	47	43	4	41	6 (5,5%)
Ossoff 1990	Arytänoidektomie	28	27	17	10	23	4 (14,3%)
Rinne 1991	Laterofixation	34	34	14	20	6	8 (25,9%)
Moustafa 1992	Verschiedene	36	32	6	30	21	11 (30,6%)
Eckel 1997	Verschiedene endolaryngeale Verfahren	91	11	9	0	7	2 (2,2%)
Bigenzahn 1996	Processus-vocalis-Resektion	84	3	3	0	84	0 (0%)
Remacle 1996	Arytänoidektomie	41	8	8	0	8	0 (0%)
Lichtenberger 1997	Lateralisation	59	50	46	4	59	0 (0%)
Amedee 1998	Lateralfixation	18	18	0	18	18	0 (0%)
Manolopoulos 1999	Laserchoridektomie	18	18	13	5	16	2 (11,1%)
Szmeja 1999	Laserarytänoidektomie	65	3	3	0	3	0 (0%)
Pia 1999	Posteriore Ventrikulochoridektomie	41	21	21	0	16	5 (12,2%)
Maurizi 1999	Laserarytänoidektomie	39	7	7	0	7	0 (0%)
Laccourreye 1999	Laserchoridektomie	25	2	2	0	1	1 (4%)

Steroiden und nichtsteroidalen Antiphlogistika die Extubation innerhalb kurzer Zeit. Gelegentlich kann jedoch eine Tracheotomie erforderlich werden, wenn der Patient den erhöhten inspiratorischen Widerstand nicht mehr ausreichend tolerieren kann. Ob in besonderen Fällen eine sofortige Kehlkopfweiternde Operation als Alternative zur sonst erforderlichen Tracheotomie erfolgen sollte, obwohl bei ganz frischer Lähmung die Prognose in der Regel noch nicht hinlänglich genau eingeschätzt werden kann, lässt sich nur im Einzelfall und nicht allgemein beantworten.

Ad 2

Gelegentlich kann die Prognose einer Rekurrenslähmung nach der klinischen Grundsituation abgeschätzt werden, etwa dann, wenn im Rahmen einer Thyreoidektomie wegen eines Schilddrüsenkarzinoms ein Rekurrensnerv bewusst geopfert werden musste. Eine so klare Prognoseeinschätzung nur auf der Grundlage der klinischen Situation ist jedoch die Ausnahme. Die Prognose kann dann anhand des elektromyographischen Bildes abgeschätzt werden, wenn gleich die Prognose der neurapraktischen Lähmung hierbei nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann (s. oben).

Absolute Sicherheit lässt sich nur durch Zuwarten und Beobachten des Wiedereintritts/des Ausbleibens einer regelrechten Stimmlippenbeweglichkeit nach einem Zeitraum von 6–9 (bis 12) Monaten gewinnen. Prinzipiell ist dabei zu bedenken, dass bei beidseitiger Lähmung die Prognose der Lähmung für die beiden betroffenen Seiten durchaus unterschiedlich sein kann. Es kommt immer wieder vor, dass die Lähmung einer Seite sich im Laufe der Zeit zurückbildet, während die Lähmung der Gegenseite dauerhaft bestehen bleibt.

Ad 3

Wenn die akute respiratorische Beeinträchtigung durch eine neu aufgetretene beidseitige Rekurrenslähmung durch Adaptation der Atemmuskulatur überwunden ist, können die meisten Patienten in Ruhe und bei geringer körperlicher Belastung ausreichend atmen. Die Indikation zu glottiserweiternden Eingriffen ergibt sich dann einerseits aus dem Mangel an körperlicher Belastbarkeit, andererseits aus der potentiellen

Gefährdung der Patienten durch sporadische Atemwegsentzündungen (grippale Infekte) mit nachfolgender Verschwellung der ohnehin sehr engen Glottis. Mit wenigen Ausnahmen ist erfahrungsgemäß für beidseitige Rekurrenslähmung die Indikation zur glottiserweiternden Chirurgie gegeben, um die körperliche Belastbarkeit der Patienten jedenfalls teilweise wiederherzustellen und das Erstickungsrisiko im Rahmen von Atemwegsinfektionen zu vermindern.

Ad 4

Zur Glottiserweiterung bei beidseitiger Rekurrenslähmung steht eine Fülle unterschiedlicher operativer Verfahren zur Verfügung. Dabei ist es durchaus möglich, die Glottis unterschiedlich stark zu erweitern, wobei eine deutlichere Erweiterung zwar zu einer Verbesserung der respiratorischen Situation, häufig aber auch zu einer Verschlechterung der stimmlichen Belastbarkeit führt. Häufig ist hiervon weniger die Qualität als vielmehr die Tragfähigkeit der Stimme betroffen, weil bei Phonation durch die erweiterte Glottis mehr phonatorische Luft entweicht und die Stimme stärker verhaucht wird. Objektivierbar ist dies durch den Rückgang der Tonhaltedauer (s. Abb. 14).

Trotz aller Fortschritte in der Kehlkopfchirurgie gilt daher immer noch, dass eine Erweiterung des glottischen Atemspalts zu einer Beeinträchtigung der stimmlichen Leistungsfähigkeit führt, und dass diese beiden Qualitäten zueinander in umgekehrt proportionalem Verhältnis stehen. Diese Zusammenhänge sollten mit dem Patienten vor einer geplanten Operation diskutiert werden, um gemeinsam die Ansprüche des Patienten an seine körperliche Leistungsfähigkeit und an seine Stimme einschätzen und einen für die individuelle Situation geeigneten Kompromiss anstreben zu können (wenngleich das stimmliche Ergebnis einer glottiserweiternden Operation nie zuverlässig vorausgesagt werden kann).

Ad 5

Eine definitive glottiserweiternde Operation sollte erfolgen, wenn die respiratorische Beeinträchtigung für den Patienten dauerhaft nicht akzeptabel ist, wenn durch die Atemwegsverengung unmittelbare Gefahr droht und der Patient

eine Tracheotomie ablehnt und wenn die elektromyographische Untersuchung des Kehlkopfs oder die Verlaufsbeobachtung zeigt, dass die Lähmung nicht reversibel sein wird. Solange die respiratorische Beeinträchtigung für den Patienten in Ruhe und bei leichter körperlicher Belastung akzeptabel bleibt, ist es stets sinnvoll, für einen Zeitraum von etwa 9 Monaten nach Eintritt der Lähmung zuzuwarten, ob nicht doch eine Erholung der Nervenfunktion eintritt.

Wird die respiratorische Beeinträchtigung nicht solange toleriert, muss ggf. bereits zu einem früheren Zeitpunkt unter Berücksichtigung der Elektromyographie (wenn verfügbar) und nach Diskussion der Behandlungsalternative (Tracheotomie) entschieden werden.

Ad 6

Wenn bei akut aufgetretener beidseitiger Rekurrenslähmung die respiratorische Beeinträchtigung nicht toleriert werden kann und auch eine Reintubation über mehrere Tage mit gleichzeitiger antiphlogistischer-antiödematöser Therapie nicht zum Erfolg führt, ist die Tracheotomie der klassische Weg zur vorübergehenden Sicherstellung einer ungehinderten Atmung. Der Vorteil einer Tracheotomie ist, dass bei späterer Wiederkehr der Stimmlippenbeweglichkeit das Tracheostoma wieder verschlossen werden kann und der Kehlkopf funktionell wieder vollständig intakt ist. Für manche Patienten ist aber eine Tracheotomie so wenig akzeptabel, dass sie einen frühzeitigen glottiserweiternden Eingriff auch dann vorziehen, wenn er mit dem Risiko einer bleibenden Stimmeinträchtigung sogar für den Fall einer späteren Funktionswiederkehr verbunden ist. In einer solchen Situation sollte nach sorgfältiger Aufklärung der Wunsch des Patienten entscheidend für das weitere Vorgehen sein. Jedenfalls ist eine frühzeitige Glottiserweiterung in derartigen Situationen keineswegs kontraindiziert, wenn sie vom Patienten wirklich gewünscht wird.

Ad 7

Im Laufe der Zeit werden fast immer operative Eingriffe zur Glottiserweiterung erforderlich, um den Patienten in seiner körperlichen Leistungsfähigkeit wieder zu rehabilitieren. Hierzu stehen prinzipiell verschiedene operative Strategien zur Verfügung:



Abb. 11 ◀ Zustand nach Arytaenoidektomie zur Glottiserweiterung bei beidseitiger Rekurrenslähmung

- ▶ Tracheotomie zur Umgehung der Atemwegsstenose und Versorgung mit einer Sprechkanüle.
- ▶ Laryngotrachealplastik zur Erweiterung des Kehlkopfskeletts (z. B. durch Implantation eines Rippenknorpelspanns in die Ringknorpelplatte).
- ▶ Endoskopische oder offene (extralaryngeale) Lateralisationsverfahren einer oder beider Stimmlippen.
- ▶ Resektionsverfahren. Dabei werden Anteile einer oder beider Stimmlippen entfernt, um auf diese Weise den glottischen Atemspalt zu erweitern.
- ▶ Reinnervationsverfahren.

Tracheotomie. Eine Tracheotomie stellt natürlich eine zuverlässige Umgehung der Atemwegsstenose dar und kann bei Benutzung einer Sprechkanüle auch zu einer zufriedenstellenden stimmlichen Leistungsfähigkeit führen. Allerdings werden die Behinderungen und Entstellung durch eine Tracheotomie von fast allen Patienten für so inakzeptabel gehalten, dass jedenfalls in der eigenen Praxis noch nie ein Patient, dem alle therapeutischen Optionen detailliert erläutert worden waren, sich für diesen Weg entschieden hat. Eine Tracheotomie als Dauerlösung der Atemwegsverengung bei beidseitiger Rekurrenslähmung muss daher in der Regel als inakzeptable Versorgung bezeichnet werden.

Laryngotrachealplastik. Eine Laryngotrachealplastik mit Erweiterung des knorpeligen Kehlkopfskeletts ist ein bewährter operativer Eingriff zur Behandlung der narbigen Kehlkopfstenosen und, in Einzelfällen, auch der Stellknorpelankylosen. Zur Behandlung der beidseitigen Rekurrenslähmung ist sie wegen der Zuverlässigkeit weniger invasiver Behand-

lungsalternativen jedoch heute nicht mehr gebräuchlich und wegen des hohen Behandlungsaufwands, der Komplikationsmöglichkeiten und des ungewissen Ergebnisses wegen nicht zu rechtfertigen.

Lateralisierungsverfahren. Lateralisierungsverfahren waren seit ihrer Einführung durch King 1939 weltweit die am häufigsten durchgeführten operativen Maßnahmen zur Erweiterung des Kehlkopfs bei beidseitiger Rekurrenslähmung. Sie ahmen dabei (einseitig) das natürliche Bild der Glottis in Inspirationsstellung nach (obwohl die statische Glottiserweiterung natürlich dem physiologischen Zustand des Kehlkopfs in keiner Weise entspricht).

Im Laufe der Jahre wurden zahlreiche Modifikationen der ursprünglichen Operationstechnik angegeben. Alle zielen darauf hin, die glottischen Strukturen des Kehlkopfs (Stellknorpel und ligamentäre Glottis) nach lateral zu verlagern und so am Schildknorpel oder den bindegewebigen Strukturen des Halses zu fixieren, dass eine erneute Verengung der Glottis möglichst ausgeschlossen ist.

Da beim intakten Larynx eine solche Lateralisation zu den physiologischen Bewegungsmöglichkeiten gehört, ist die statische Herstellung einer solchen Abduktion der glottischen Strukturen relativ einfach zu erzielen. Ein besonderer Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die schwingenden Strukturen der Glottis (Mukosa der Stimmlippe, M. vocalis und Reinke-Raum) anatomisch intakt bleiben, und insofern nach dem durchgeführten operativen Eingriff weiter an der Phonation mitwirken können.

Während diese Techniken früher von außen her durchgeführt wurden, hat Lichtenberger durch die Einführung seines „endolaryngeal-extralaryngealen Nadelschiebers“ die Voraussetzungen dafür geschaffen, eine Lateralisation auch endoskopisch vornehmen zu können [14, 20, 21, 31]. Dabei unterscheidet er zwischen einer reversiblen Lateralfixation (Lateralisation nur durch Naht) und einer irreversiblen, dauerhaften Variante (in Verbindung mit einer Arytaenoidektomie). Allerdings liegen bislang keine ausreichenden Erkenntnisse darüber vor, ob eine temporäre Lateralisation tatsächlich wieder rückgängig gemacht werden kann, wenn ein vorübergehend gelähmter Nerv seine Funktion wieder findet, oder ob die länger bestehende Fixierung im Krikoarytaenoidgelenk nicht doch zu einer bleibenden Fibrosierung der Gelenkkapsel oder zu einer Ankylose im Gelenk führt.

Endolaryngeale Resektionsverfahren. Wenn gleich bereits zu Beginn des Jahrhunderts Versuche unternommen wurden, auf endolaryngealem Weg durch Stimmlippenexzisionen oder Kauterisation die Stimmritze zu erweitern, konnte erst Thornell [43] mit der endolaryngealen Arytaenoidektomie erstmals an einer



Abb. 12 ▶ Zustand nach posteriorer Chordektomie zur Glottiserweiterung, Zustand am 7. postoperativen Tag



Abb. 13 ◀ **Posteriorer Chordektomie zur Glottiserweiterung. Zustand nach 6 Monate nach Operation**

größeren Patientenzahl nachweisen, dass auf endoskopischem Weg eine zuverlässige Glottiserweiterung möglich ist. Rethi empfahl einen translaryngealen Zugang über eine Thyreotomie zur Resektion von Anteilen der paralytisierten Glottis bei der Behandlung der Kehlkopfverengung durch beidseitige Rekurrenslähmung (sog. Rethi-I-Operation).

Kleinsasser [17, 18] kombinierte die endolaryngeale Arytaenoidektomie mit einer submukösen Chordektomie und nutzte die von ihm geschaffene Möglichkeiten der mikrolaryngoskopischen Chirurgie zur Ausführung des Eingriffe (Abb. 11). 1984 konnten Ossoff et al. [23, 24] zeigen, dass die endolaryngeale Arytaenoidektomie mit Hilfe eines CO₂ Lasers blutungsärmer und einfacher durchführbar ist als unter den Bedingungen der konventionellen Mikrolaryngoskopie, und erstmals über die klinische Anwendung der laserchirurgischen Arytaenoidektomie berichten.

Seit dieser Zeit haben eine weitere endolaryngeale laserchirurgische Operationstechniken zur Glottiserweiterung klinische Anwendung gefunden: Die Chordektomie [5, 6, 7, 10] und die posteriore Chordektomie [4, 12, 29].

Anatomische Untersuchungen haben gezeigt, dass glottiserweiternde Operationen nicht, wie bislang angenommen, stets im Bereich der dorsalen, durch die Stellknorpel eingefasste Glottis erfolgen müssen, sondern dass erfolgreiche Erweiterungen des Atemspalts auch im Bereich der ligamentären Stimmritze möglich ist [7, 8, 9].

Reinnervation. Die ideale Lösung des Problems bestünde in einer gelungenen, funktionellen Reinnervation [48], da so die natürlichen Verhältnisse wiederhergestellt wären. Versuche einer einseitigen Reinnervation des N. laryngeus recurrens

zeigten jedoch bisher nur teilweise elektromyographisch messbare Reinnervationspotentiale [44, 45, 46]. Hierdurch wird aber lediglich eine Tonisierung der endolaryngealen Muskulatur erreicht und nicht, wie erhofft, eine Wiederherstellung der Funktion. Eine funktionell vollständige Reinnervation wäre nur dann zu erwarten, wenn ad- und abduktorische Fasern des zentralen Stumpfes des N. laryngeus recurrens an die jeweiligen Neurone des peripheren Teils Anschluss fänden [39, 40]. Da dies sehr unwahrscheinlich ist und die Leistungslimitierung durch die Stenose rein ventilatorisch bedingt ist [51, 52, 53], verspricht derzeit nur die mechanische, also operative Beseitigung oder Umgehung der Engstelle Besserung.

Operationstechnisch bedingte Vor- und Nachteile. Die heute gebräuchlichen und bewährten unterschiedlichen Operationsverfahren (Lateralisations- und Resektionsverfahren) haben eine Reihe operationstechnisch bedingter Vor- und Nachteile, die bei der Auswahl des individuell geeigneten Operationsverfahrens berücksichtigt werden sollten: Extralaryngeale Operationsverfahren (Lateralfixationen) erfordern häufig eine temporäre Tracheotomie, beeinträchtigen jedoch nicht die anatomische Inte-

grität der Stimmlippe und können daher im Einzelfall zu phonatorisch besonders günstigen Ergebnissen führen [1].

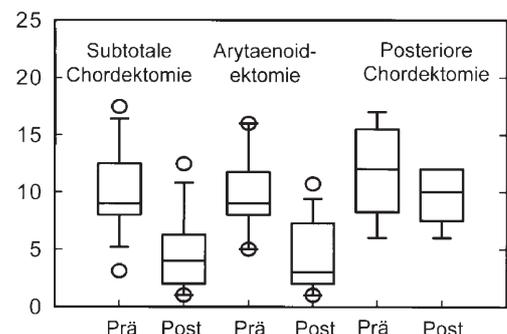
Die Arytaenoidektomie führt stets zu einer (meist temporären) Aspiration [9]. Patienten, die durch eine solche Aspiration gefährdet sein könnten (Patienten mit schweren pulmonalen Begleiterkrankungen, Patienten mit gleichzeitig bestehender Funktionsstörung des N. laryngeus superior) sollten daher nicht mit einer Arytaenoidektomie behandelt werden. Auch bei vorbestrahlten Patienten ist die Arytaenoidektomie wegen des Risikos der Ringknorpelperichondritis nur mit großer Zurückhaltung zu indizieren [38].

Posteriore Chordektomie

Besonders bewährt hat sich in den letzten Jahren die sog. posteriore Chordektomie [4, 6, 12, 29], die in der Regel eine zufriedenstellende Atemwegserweiterung bei nur geringfügiger Beeinträchtigung der Stimme erreicht (Abb. 12, 13). Eine Aspiration ist hierbei nicht zu befürchten, und eine temporäre Tracheotomie ist in aller Regel nicht erforderlich (wenn der Patient postoperativ sehr sorgfältig überwacht werden kann und eine hochdosierte Steroidtherapie zur Prophylaxe von operationsbedingten Ödemen erfolgt). Der Eingriff eignet sich daher auch insbesondere zur Atemwegsrekanalisation bei beidseitiger Rekurrenslähmung durch fortgeschrittene Bronchial- und Ösophaguskarzinome; er kann dann auch gleichzeitig mit der Implantation eines Trachealstents erfolgen [54].

Wenngleich die Stimmqualität durch einen solchen Eingriff häufig nur sehr geringfügig beeinträchtigt wird, kann die stimmliche Leistungsfähigkeit durch vermehrten phonatorischen Luftverlust (entsprechend verringerter Tonhaldedauer, Abb. 14) doch beeinträchtigt sein – wie leider auch bei allen anderen glottiserweiternden Operationen. Schließlich richtet

Abb. 14 ▶ **Veränderung der maximalen Tonhaldedauer durch glottiserweiternde Eingriffe. (Nach [6])**



sich die Wahl des geeigneten Operationsverfahrens aber stets auch nach der speziellen Erfahrung des einzelnen Operateurs mit den verschiedenen operativen Verfahren. Eine Standardmethode, die allen alternativen Verfahren stets überlegen wäre, gibt es jedenfalls nicht.

Fazit für die Praxis

Beidseitige Rekurrenslähmungen entstehen häufig als Folge operativer Eingriffe an der Schilddrüse oder im Mediastinum. Sie führen stets zu einer erheblichen zentralen Atemwegsverengung, die in der Regel operativ korrigiert werden muss. Neben der differentialdiagnostischen Abklärung ist die Einschätzung der Prognose daher von besonderer Bedeutung. Die Elektromyographie kann hier häufig eine wertvolle Hilfestellung leisten, sie dient darüber hinaus im Einzelfall zu Abgrenzung gegenüber einer Stellknorpelankylose. Zur Behandlung stehen heute eine Reihe offener, extralaryngealer und endoskopischer Verfahren zur Verfügung, die zuverlässig eine ausreichende Atemwegserweiterung herbeiführen können.

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. med. K. Lackner, Direktor der Klinik und Poliklinik für Radiologische Diagnostik der Universität zu Köln, für die Überlassung der computertomographischen Aufnahmen.

Die Autoren danken weiter der Jean-Uhrmacher-Stiftung Köln für die Unterstützung der anatomischen Studien, die einigen Abschnitten dieser Arbeit zugrunde liegen.

Schließlich danken die Autoren Hr. Dr. med. A. Menzler und Fr. Sabine Ricke für ihre Hilfe bei der Durchführung der morphologischen Untersuchungen und der Erstellung der Tabellen.

Literatur

- Amedee RG, Mann WJ (1989) A functional approach to lateral fixation in bilateral abductor cord paralysis. *Otolaryngol Head Neck Surg* 10: 542–545
- Blitzer A, Jahn AF, Keidar A (1996) Semon's law revisited: an electromyographic analysis of laryngeal synkinesis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 105: 764–769
- Crumley RL (2000) Laryngeal synkinesis revisited. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109: 365–371
- Dennis DP, Kashima H (1989) Carbon dioxide laser posterior cordectomy for treatment of bilateral vocal cord paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 98: 930–934
- Eckel HE (1991) Die laserchirurgische mikrolaryngoskopische Glottiserweiterung zur Behandlung der beidseitigen Rekurrensparese. *Operationstechnik und Ergebnisse. Laryngorhinootologie* 70: 17–20
- Eckel HE (1997) Minimal-invasive Kehlkopfchirurgie zur Wiederherstellung des laryngealen Atemwegs bei beidseitiger Rekurrenslähmung. *Med Welt* 48: 176–182
- Eckel HE, Sittel C (1994) Morphometrische Untersuchungen der Glottisebene als Grundlage kehlkopferweiternder mikrolaryngoskopischer Operationsverfahren bei beidseitiger Rekurrenslähmung. *Laryngorhinootologie* 73: 417–422
- Eckel HE, Sittel C (1995) Morphometry of the larynx in horizontal sections. *Am J Otolaryngol* 16: 40–48
- Eckel HE, Thumfart M, Wassermann K, Vössing M, Thumfart WF (1994) Cordectomy versus arytenoidectomy in the management of bilateral vocal cord paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 103: 852–857
- Eckel HE, Vössing M (1996) Endolaryngeale Operationsverfahren zur Glottiserweiterung bei beidseitiger Rekurrenslähmung. *Laryngorhinootologie* 75: 215–222
- Gupta SR, Bastian RW (1993) Use of laryngeal electromyography in prediction of recovery after vocal cord paralysis. *Muscle Nerve* 16: 977–978
- Herberhold C, Huck P (1995) Posterior cordotomy by CO₂ laser surgery for bilateral vocal cord paralysis: Kashima's technique and modified technique. *Adv Otorhinolaryngol* 49: 174–175
- Hermann M, Keminger K, Kober F, Nekahm D (1991) Risikofaktoren der Rekurrensparese. Eine statistische Analyse an 7566 Strumaoperationen. *Chirurg* 62: 182–187
- Jori J, Rovo L, Czigner J (1998) Vocal cord late-rifixation as early treatment for acute bilateral abductor paralysis after thyroid surgery. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 255: 375–378
- Jung H, Schlager B (2000) Rekurrensparesen nach Strumektomien. *Laryngorhinootologie* 79: 297–303
- Kirchner JA (1982) Semon's law a century later. *J Laryngol Otol* 96: 645–657
- Kleinsasser O (1968) Endolaryngeale Arytaenoidektomie und submuköse Hemichordektomie zur Erweiterung der Glottis bei bilateraler Abduktorenparese. *Monatsschr Ohrenheilkd Laryngorhinol* 102: 443–446
- Kleinsasser O, Nolte E (1981) Endolaryngeale arytaenoidektomie und submuköse partielle Chordektomie bei bilateralen Stimmlippenlähmungen. (Bericht über 120 Fälle). *Laryngol Rhinol Otol (Stuttg)* 60: 397–401
- Koufman JA, Walker FO, Ghazi MJ (1995) The cricothyroid muscle does not influence vocal fold position in laryngeal paralysis. *Laryngoscope* 105: 368–372
- Lichtenberger G (1999) Reversible immediate and definitive lateralization of paralyzed vocal cords. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 256: 407–411
- Lichtenberger G, Toohill RJ (1997) Technique of endo-extralaryngeal suture lateralization for bilateral abductor vocal cord paralysis. *Laryngoscope* 107: 1281–1283
- Neumann HJ (2000) Intraoperatives neurophysiologisches Monitoring (IONM) des N. recurrens und Mikrodissektion. Operationstechnische Verfahren zur Risikominderung von Rekurrensparesen. *Laryngorhinootologie* 79: 290–296
- Ossoff RH, Duncavage JA, Shapshay SM, Krespi YP, Sisson GA (1990) Endoscopic laser arytenoidectomy revisited. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 99: 764–771
- Ossoff RH, Sisson GA, Duncavage JA, Moselle HI, Andrews PE, McMillan WG (1984) Endoscopic laser arytenoidectomy for the treatment of bilateral vocal cord paralysis. *Laryngoscope* 94: 1293–1297
- Paulsen FP, Rudert HH, Tillmann BN (1999) New insights into the pathomechanism of postintubation arytenoid luxation. *Anesthesiology* 91: 659–666
- Paulsen FP, Tillmann BN (1998) Degenerative changes in the human cricoarytenoid joint. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 124: 903–906
- Pimpl W, Gruber W, Steiner H (1982) Verlaufsbeobachtung von Rekurrensparesen nach Schilddrüsenoperation. *Chirurg* 53: 505–507
- Pototschnig C, Thumfart WF (1997) Electromyographic evaluation of vocal cord disorders. *Acta Otorhinolaryngol Belg* 51: 99–104
- Reker U, Rudert H (1998) Die modifizierte posteriore Chordektomie nach Dennis und Kashima bei der Behandlung beidseitiger Rekurrensparesen. *Laryngorhinootologie* 77: 213–218
- Remacle M, Lawson G, Mayne A, Jamart J (1996) Subtotal carbon dioxide laser arytenoidectomy by endoscopic approach for treatment of bilateral cord immobility in adduction. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 105: 438–445
- Rovo L, Jori J, Brzozka M, Czigner J (2000) Airway complication after thyroid surgery: minimally invasive management of bilateral recurrent nerve injury. *Laryngoscope* 110: 140–144
- Sasaki CT, Horiuchi M, Ikari T, Kirchner JA (1980) Vocal cord positioning by selective denervation. Old territory revisited. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 89: 541–546
- Schilling MK, Seiler C, Schafer M, Buchler MW (1999) Vermeidung der Rekurrensparese nach Schilddrüsenchirurgie – Versuch einer Metaanalyse. *Ther Umsch* 56: 396–399
- Schobel H (1986) Glottiserweiterung bei beidseitiger Stimmlippenlähmung. Ein Überblick über die verschiedenen Operationsverfahren und ein Erfahrungsbericht über eine persönliche Operationstechnik. „Die funktionelle Lateralfixation“. *HNO* 34: 485–495
- Seddon H (1943) Three types of nerve injury. *Brain* 66: 237–288
- Sittel C, Stennert E (2001) Prognostic value of electromyography in acute peripheral facial nerve palsy. *Am J Otol (im Druck)*

37. Sittel C, Stennert E, Thumfart WF, Dapunt U, Eckel HE (2001) Prognostic value of laryngeal electromyography in vocal fold paralysis. *Arch Otolaryngol* (im Druck)
38. Sprinzl GM, Eckel HE, Ernst S, Motamedi K (1999) Cricoid cartilage necrosis after arytenoidectomy in a previously irradiated larynx. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 125: 1154–1157
39. Stennert E (1982) Das Autoparalytische Syndrom – ein Leitsymptom der postparetischen Fazialisfunktion. *Arch Otorhinolaryngol* 236: 97–114
40. Stennert E (1994) Why does the frontalis muscle „never come back“? Functional organization of the mimic musculature. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1994 [Suppl]: 91–95
41. Takeda N, Thomas GR, Ludlow CL (2000) Aging effects on motor units in the human thyroarytenoid muscle. *Laryngoscope* 110: 1018–1025
42. Thermann M, Feltkamp M, Elies W, Windhorst T (1998) Recurrenslähmungen nach Schilddrüsenoperationen. Ursachen und Konsequenzen. *Chirurg* 69: 951–956
43. Thornell WC (1948) Intralaryngeal approach for arytenoidectomy in bilateral abductor vocal cord paralysis. *Arch Otolaryngol* 47: 505–508
44. Thumfart WF (1981) Elektrodiagnostik bei Läsionen des N. recurrens. *Arch. Otorhinolaryngol* 231: 483–505
45. Thumfart WF (1986) Electromyography of the larynx and related techniques. *Acta Oto Rhino Otolaryngol Belg* 40: 358–376
46. Thumfart WF (1988) From larynx to vocal ability. New electro-physiological data. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 105: 425–431
47. Thumfart WF, Pototschnig C, Zorowka P, Eckel HE (1992) Electrophysiologic investigation of lower cranial nerve diseases by means of magnetically stimulated neuromyography of the larynx. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 101: 629–634
48. Tucker HM (1989) Long-term results of nerve-muscle pedicle reinnervation for laryngeal paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 98: 674–676
49. Vössing M, Wassermann K, Eckel HE, Ebeling O (1995) Die Peak-flow-Messung bei Patienten mit Kehlkopf- und Trachealstenosen. *HNO* 43: 70–75
50. Ward PH, Berci G (1982) Observations on so-called idiopathic vocal cord paralysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 91: 558–563
51. Wassermann K, Eckel HE (1999) Funktionsdiagnostik zentraler Atemwegsstenosen. *HNO* 47: 947–956
52. Wassermann K, Gitt A, Weyde J, Eckel HE (1995) Lung function changes and exercise-induced ventilatory responses to external resistive loads in normal subjects. *Respiration* 62: 177–184
53. Wassermann K, Koch A, Warschkow A, Mathen F, Müller-Ehmsen J, Eckel HE (1999) Measuring in situ central airway resistance in patients with laryngotracheal stenosis. *Laryngoscope* 109: 1516–1520
54. Wassermann K, Mathen F, Eckel HE (2000) Malignant laryngotracheal obstruction: A way to treat serial stenoses of the upper airways. *Ann Thorac Surg* 70: 1197–1201
55. Woodson GE (1993) Configuration of the glottis in laryngeal paralysis. II: Animal experiments. *Laryngoscope* 103: 1235–1241
56. Woodson GE (1998) Clinical value of laryngeal EMG is dependent on experience of the clinician. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 124: 476
57. Wu YZ, Crumley RL, Armstrong WB, Caiozzo VJ (2000) New perspectives about human laryngeal muscle: single-fiber analyses and interspecies comparisons. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 126: 857–864

Freie Universität Berlin
Fachbereich Humanmedizin -
Universitätsklinikum Benjamin Franklin

Forschungspreis 2000 des Fachbereichs Humanmedizin Universitätsklinikum Benjamin Franklin

Für die Arbeit "CO₂-Laser-Stapedotomie mit einem Scannersystem" wird den Autoren S. Jovanovic, U. Schönfeld, H. Scherer der 1. Preis (geteilt) der Kategorie *unmittelbar patientenbezogene und nicht-Laborforschung*, verbunden mit einer Fördersumme von 2500.-DM verliehen.

Prof. Dr. Martin Paul
Dekan

Prof. Dr. Michael Fromm
Vors. der Forschungskommission