

## Erstes kontinuierliches Nerven-Monitoring in der Schilddrüsenchirurgie

W. Lamadé<sup>1</sup>, U. Meyding-Lamadé<sup>2</sup>, Ch. Buchhold<sup>1</sup>, M. Brauer<sup>1</sup>, R. Brandner<sup>1</sup>, V. Uttenweiler<sup>3</sup>, J. Motsch<sup>4</sup>, E. Klar<sup>1</sup> und Ch. Herfarth<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chirurgische Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. Dr. hc. Ch. Herfarth), Heidelberg

<sup>2</sup> Neurologische Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. W. Hacke), Heidelberg

<sup>3</sup> Phoniatrich-Pädaudiologisches Zentrum (Chefarzt: Dr. V. Uttenweiler), BFW, Wieblingen

<sup>4</sup> Universitätsklinik für Anaesthesiologie (Direktor: Prof. E. Martin), Heidelberg

### First continuous nerve monitoring in thyroid surgery

**Abstract.** A new „all in one“ sensing device was developed for continuous transtracheal intraoperative monitoring and in situ detection of the recurrent laryngeal nerve (RLN) during thyroid surgery. *Patients and methods:* The new system is based on a double-balloon endotracheal tube with integrated atraumatic stimulating and tracing electrodes. The recurrent laryngeal nerve is stimulated transtracheally and compound action potentials are recorded from the laryngeal muscles. Fifty-five patients were introduced into a phase-one clinical trial. Thirty-five patients with primary thyroid operations, 20 patients with reoperations, 10 of whom had neck dissections. All patients were evaluated laryngoscopically and phoniatically by an ENT specialist before and after surgery. *Results:* Compound muscle action potentials were recorded continuously during the whole operation and responded sensitively to tension and pressure to the nerve. There were no accidental permanent RLN palsies. *Conclusion:* The new system offers five advantages: (1) it is atraumatic; (2) it is easy to use; (3) it can monitor continuously with an audio feedback to the surgeon; (4) it works outside the operation field; and (5) it is highly sensitive, even indicating reversible irritation to the nerve.

**Keywords:** Thyroid – Recurrent laryngeal nerve – Paralysis – Intraoperative monitoring system.

**Zusammenfassung.** Ein neuartiges „all in one“ Monitoringsystem für den N. laryngeus recurrens (NLR) erlaubt sowohl eine kontinuierliche, atraumatische Überwachung des NLR als auch eine in situ Detektion des Nerven. *Patienten und Methode:* Das System basiert auf einem Doppelballontubus mit integrierten Oberflächenelektroden zur transtrachealen Stimulation und Ableitung des Erfolgsorgans. Fakultativ kann über eine elektrische Stimulationsnadel der NLR im OP-Feld identifiziert werden. Die Signalverarbeitungs-Software stellt eine Neuentwicklung unserer Arbeitsgruppe dar und führt eine Echtzeit-Signalanalyse mit akusti-

scher Rückkoppelung durch. 55 Patienten wurden in die klinische Zulassungsstudie eingebracht, 35 Primäreingriffe, 20 Sekundäreingriffe, davon 10 Halsauräumungen. *Ergebnisse:* Die Platzierung des EMG-Tubus ist mit der Routineintubation abgeschlossen und erfordert keinen zusätzlichen Zeitbedarf. Das System ist außerhalb des OP Feldes lokalisiert und beeinträchtigt daher nicht den OP Ablauf. Die akustische Rückkoppelung wurde von allen 8 Operateuren als hilfreich und nicht störend beurteilt. Die phoniatische und HNO-ärztliche Analyse erbrachte keine permanenten Beeinträchtigungen. *Schlußfolgerung:* Das neue kontinuierliche Monitoringsystem ermöglicht erstmals eine atraumatische nebenwirkungsfreie Dauerüberwachung des NLR. Es ist einfach anzuwenden, arbeitet außerhalb des OP-Gebiets und ist so sensitiv, daß auch reversible Irritationen erkannt werden können.

**Schlüsselwörter:** Schilddrüse – Nervus laryngeus recurrens – Parese – intraoperatives Monitoring.

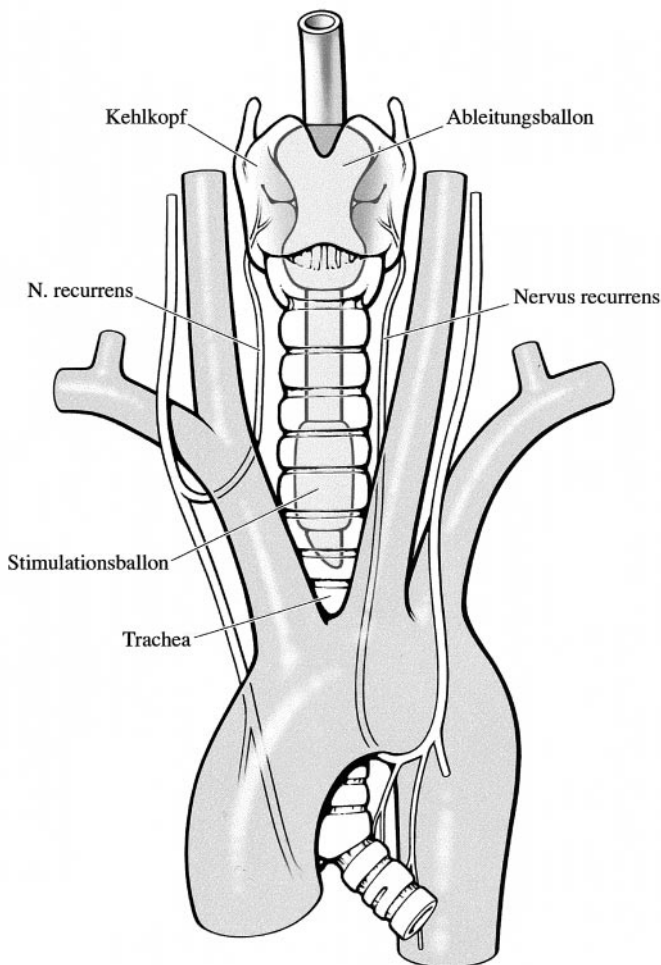
Noch immer ist die intraoperative Schädigung der motorischen Kehlkopfnerve (Nervus laryngeus recurrens (NLR) und Nervus laryngeus superior (NLS)) bei Schilddrüsenoperationen eine häufige und bedrohliche Komplikation, die je nach Grunderkrankung bei bis zu 20 % der Patienten auftritt; Verletzungen des NLS finden sich bei bis zu 25 % der Patienten [3, 4, 6, 8, 12, 14, 18, 21].

Seit den 60er Jahren wurden immer wieder elektrische Nervenidentifizierungshilfen vorgeschlagen und gefordert (Tabelle 1). Wir haben 1997 erstmals ein kontinuierlich arbeitendes Monitoringsystem vorgestellt. Mit ihm ist es möglich, außerhalb des OP-Feldes, transtracheal den NLR elektrisch zu stimulieren und das Erfolgsorgan in der Stimmritze abzuleiten. Eine zusätzliche, handgeführte Elektrode ermöglicht es dem Operateur, wann immer er es für nötig erachtet, den NLR aber auch den NLS zu identifizieren und dessen Verlauf im OP-Gebiet zu verfolgen [7–9].

Wir präsentieren das Ergebnis der Zulassungsstudie.

**Tabelle 1.** Nervendetektions- und Monitoringverfahren

Jahr	Autor	Nerven-Detektion im OP-Feld	Nervenstimulation außerhalb des OP-Feldes	Kontinuierliches Monitoring	Meßverfahren
1966	D. P. Shedd et al. [19]	Ja	–	–	Laryngealer Drucksensor
1979	W. E. Davis et al. [1]	Ja	–	–	Laryngeale Mikroelektrode
1985	A. G. James et al. [5]	Ja	–	–	Digitale Palpation des Kehlkopfes
1988	R. J. Lipton et al. [13]	Ja	–	–	Laryngeale Hakenelektrode
1990	D. J. Premachandra et al. [16]	Ja	–	–	Visualisierung, starres Bronchoskop
1997	W. Lamadé et al. [11]	Ja	Ja	Ja	Atraumatischer Tubus
1998	V. Srinivasan et al. [20]	Ja	–	–	Klebelektrode



**Abb. 1.** EMG-Doppelballontubus in Arbeitsposition. Es resultiert ein „All in One System“ durch Kombination der kontinuierlichen transtrachealen Dauerüberwachung und der optionalen in situ Detektion des Nerven

## Patienten und Methoden

### EMG-Tubus

Die kombinierte Stimulations- und Ableiteinheit für die beiden Nerven NLR und NLS basiert auf einem Doppelballonsystem eines Endotrachealtubus (Abb. 1). Der untere Ballon dient der Abdichtung des Endotrachealtubus gegen die Trachea und trägt die Stimulationselektroden für die transtracheale Stimulation. Der obere Ballon kommt zwischen den Stimmbändern zu liegen und trägt die Ableitelektroden. Die Elektroden bestehen aus hochflexiblem, elektrisch leitendem Kunststoff, die eine Verletzung der Schleimhäute oder der Stimmritze verhindern. Die EMG-Tuben für die klinische Studie wurden, entsprechend dem vom Autor gehaltenen Patent, durch die Firma Rüschi, Kernen-Rommelshausen gefertigt.

### Elektrische Stimulation des NLR

Zwei verschiedene Stimulationsverfahren sind möglich:

Transtracheale Dauerstimulation des NLR über die Oberflächenelektroden am unteren Ballon während der gesamten Operation (25–40 mA, 200 µsec, 1 Hz).

Handgeführte, direkte Stimulierung des NLR und NLS im Operationsfeld mit einer handelsüblichen elektrischen Stimulationsnadel oder -gabel (3–10 mA, 200 µsec, 1–3 Hz). Diese dient zur Nervenlokalisierung und Identifizierung.

Bei allen Patienten kamen beide Stimulationsverfahren zur Anwendung. Die Dauerstimulation wurde während der direkten Nervenstimulation im OP-Feld unterbrochen.

### Patienten

Die Patienten wurden konsekutiv entsprechend den Ein- und Ausschlusskriterien in die Studie aufgenommen. **Einschlusskriterien:** Alle konsekutiven Patienten mit elektiven Schilddrüsenoperationen Alter  $\geq 18$  Jahre. **Ausschlusskriterien:** Patienten mit Herzrhythmusstörungen und Herzschrittmacherpatienten sowie fehlende Einwilligungsfähigkeit.

Insgesamt wurden 55 Patienten in die Studie eingebracht, davon 38 Frauen und 17 Männer. Der Altersmedian betrug 52 Jahre (27–85 Jahre). Durchgeführt wurden 35 Primäreingriffe, 10 Rezidiveingriffe bei benignen Erkrankungen und 10 Tumorrezidiv-Halsauräumungen. Die Aufteilung der verschiedenen Diagnosen sind in Tabelle 1 dargestellt. 32 Patienten wurden beidseitig und 23 Patienten einseitig operiert. Hieraus ergibt sich, daß 87 Nerven einem operativen Risiko ausgesetzt waren („nerves at risk“ = NAR). Die OP-Dauer in Minuten betrug im Median für die Pri-

märeingriffe 110 Min., für die Sekundäreingriffe bei benigner Grunderkrankung 105 Min. und für die Halsausräumungen bei maligner Grunderkrankung 360 Min.

### Phoniatische Untersuchung

Alle Patienten erhielten eine präoperative und mindestens 2 postoperative HNO-ärztliche, phoniatische und logopädische Untersuchungen. Die Untersuchungen wurden bei Herrn Dr. Uttenweiler, Wieblingen durchgeführt. Untersucht wurden laryngoskopisch und stroboskopisch die Anatomie und Funktion des Hypopharynx und des Larynx sowie eine logopädische Stimmbeurteilung. Abschließend erfolgte eine zusammenfassende Beurteilung durch den Phoniater und HNO-Arzt.

### Ausführung

Die klinische Studie wurde von einer regionalen und überregionalen Ethikkommission befürwortet. Jeder Patient war entsprechend dem Medizinproduktegesetz versichert. Nach Aufklärung mindestens einen Tag vor OP erhielten die Patienten die HNO-ärztliche, phoniatische und logopädische Untersuchung.

Die Intubation und damit die Positionierung des EMG-Tubus erfolgte durch den Anaesthesisten. Die Anwendung von Relaxationsmedikamenten war auf kurz wirksame neuere Medikamente beschränkt. Zur Anwendung kam Mivacurium.

Die Stimulationsstromstärke wurde nach Intubation und Lagerung des Patienten auf dem OP-Tisch geeicht, so daß mindestens 5, maximal 10 mA oberhalb der Schwellenstromstärke („supramaximale Reizung“) gereizt wurde. Die Schwellenstromstärke ist die Stromstärke, ab der bei weiterer Erhöhung des Reizstromes keine weitere Erhöhung des Antwortsignals resultiert, da der gesamte Querschnitt des Nerven erregt ist. Damit hängen Veränderungen des Antwortsignals nur noch von der Nervenleitfähigkeit ab und sind damit ein Maß für die mechanische Belastung des Nerven.

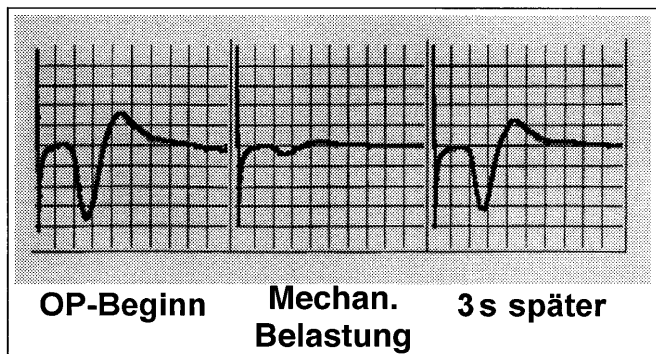
Die Operationsstrategie mußte nicht verändert werden, da das transtracheale kontinuierliche Monitoring komplett außerhalb des OP-Feldes erfolgt.

Die Identifizierung des Nerven wurde durch direkte elektrische Stimulation des Nerven mit der handgeführten Stimulations-elektrode bestätigt. Während dieser direkten Stimulation durch den Operateur war die transtracheale Dauerstimulation abgeschaltet. Die Intaktheit des NLR konnte im Falle der Freipräparation des N. vagus auch über direkte Stimulierung des N. vagus kontrolliert werden.

Innerhalb der ersten Woche postoperativ erhielten alle Patienten eine HNO-ärztliche, phoniatische, Untersuchung, daran anschließend noch mindestens 2 weitere Untersuchungen. Im Falle einer Funktionsstörung des Stimmbandes wurden weitere Untersuchungen bis zur kompletten Rekonstitution der Funktion durchgeführt.

### Resultate

Die durch transtracheale und in situ-Stimulation gewonnenen Signale waren monomorph und damit einer Echtzeitanalyse zugänglich. Ein typischer Signalverlauf bei transtrachealer Stimulation in Abhängigkeit von mechanischer Belastung ist in Abb. 2 dargestellt. Das System ist derart sensitiv, daß bereits drohende Läsionen erkannt werden können. Mechanische Belastungen führen noch bevor eine strukturelle Nervenverletzung stattfindet zu einer in wenigen Sekunden reversiblen Nervenleitungsverminderung.



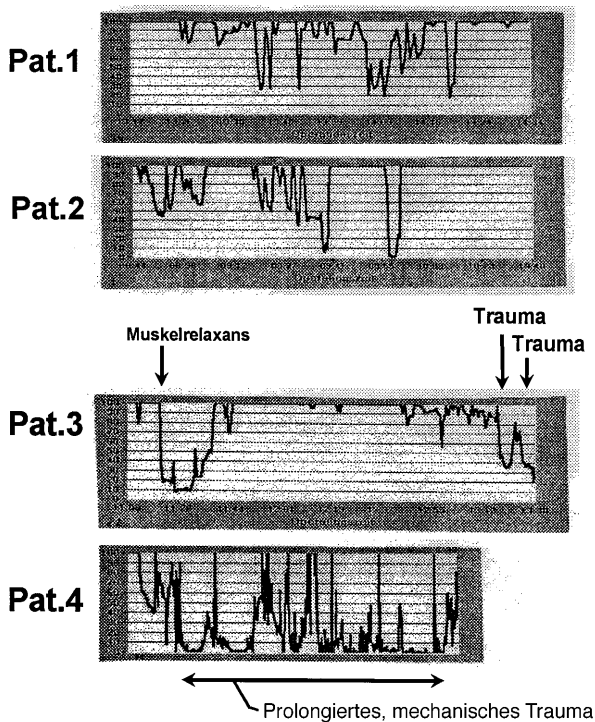
**Abb. 2.** Typisches Signalverhalten während einer Operation: Zusammenbruch des Signals unter mechanischer Belastung und sofortige Erholung nach Dekompression des Nerven

Im Rahmen der Softwareentwicklung gelang es, einen globalen Signalparameter zu extrahieren, der die momentane Leitfähigkeit des NLR repräsentiert. Der Verlauf dieses Wertes über die gesamte Operationsdauer wurde in den folgenden Abbildungen exemplarisch für 4 Patienten berechnet (Abb. 3).

Bei Patient 1 und 2 zeigt sich, daß während der Operation durch die Manipulation am Nerven die Nervenleitfähigkeit immer wieder kurzfristig abnimmt. Am Ende der Operation wurde jedoch die 100 % Nervenleitfähigkeit wiedererlangt. Erwartungsgemäß hatten diese beiden Patienten einen unauffälligen postoperativen Stimmstatus.

Patient 3 erhielt kurz nach Beginn der Operation ein kurz wirksames Relaxans (Mivacurium). Dies führte zu einer ca. 20minütigen Phase der Signalunterdrückung. Der weitere OP-Verlauf war gekennzeichnet durch eine Verletzung des Nerven in der Blutstillungsphase am Ende der Operation. Zum Zeitpunkt dieser Operation war noch keine akustische Rückkoppelung an den Operateur in das Monitoringsystem integriert. Der Patient hatte in den Folgeuntersuchungen eine komplette Stimmbandlähmung (Plegie), die bei der Nachuntersuchung nach 9 Monaten nicht mehr nachweisbar war. Diese Verletzung zeigt, daß eine sichere Identifizierung des Nerven in einer frühen Phase der Operation eine Verletzung zu einem späteren Zeitpunkt nicht ausschließt. Dies deutet auf die Wichtigkeit eines kontinuierlichen Monitorings mit Audio-Feedback hin.

Patient 4 zeigte während der gesamten Operation einer Rezidiv-Tumor-Halsausräumung ausgeprägte Signaleinbrüche und am Ende der Operation eine nur partielle Rekonstitution des EMG-Signals. Bei dieser Patientin kam es durch die ausgiebige Manipulation (der Nerv mußte aus der Narbe regelrecht „herausgeschnitten“ werden) zu einer kompletten Funktionseinbuße auf dieser Seite. Neun Monate später fand sich wieder ein normal bewegliches Stimmband. Der Operateur versicherte am Ende der Operation, daß ohne dem Monitoring der Nerv nicht hätte erhalten werden können.



**Abb. 3.** Ein globaler Signalparameter, entsprechend der Nervenleitfähigkeit wurde über die gesamte Operationszeit berechnet und als Kurve dargestellt. Bei Patient 1 und 2 zeigt sich, daß während der Operation durch die Manipulation am Nerven die Nervenleitfähigkeit kurzfristig abnimmt. Die 100 %ige Nervenleitfähigkeit wird jedoch am Ende der Operation wiedererlangt. Erwartungsgemäß hatten diese beiden Patienten einen unauffälligen postoperativen Stimmstatus. Patient 3 erhielt kurz nach Beginn der Operation ein kurz wirksames Relaxans (Mivacronium). Dies führte zu einer ca. 20minütigen Phase der Signalunterdrückung. Traumata am Ende der Operation in der Blutstillungsphase führten zu einer Läsion die sich in einer postoperativen, passageren NLR-Funktionsstörung äußerte. Diese Läsion hätte bei Anwendung, der damals noch nicht verfügbaren akustischen Rückkopplung sicherlich vermieden werden können. Patient 4 zeigte während der gesamten Operation (Rezidiv-Tumor-Halsauräumung) ausgeprägte Signaleinbrüche, was sich am Ende der Operation in einer nur partiellen Erholung des Nerven darstellen ließ. Die folgende passagere Nervenfunktionsstörung muß jedoch vor dem Hintergrund einer maximalen narbenbedingten Bedrohung des Nerven als Erfolg gewertet werden, da eine Erhaltung des Nerven in seiner Kontinuität, nach Angaben des Operateurs, nur durch das Monitoringsystem ermöglicht wurde

### Lupenlaryngoskopie

Es traten keine permanenten Schäden auf. Bei 7 von 55 Patienten (12,7 %) fanden sich postoperativ nicht vorbekannte Schleimhautödeme der Glottis. Diese waren allesamt leicht ausgeprägt und in den Nachuntersuchungen nicht mehr nachweisbar. Erosionen oder Hämatome oder andere Schleimhautverletzungen fanden sich nicht. Bei einem Patienten mit Tumorleiden zeigte sich in der Abschlußuntersuchung ein durch eine radioaktive Bestrahlung bedingtes, operationsunabhängiges Schleimhautödem. Die Befunde stehen im Einklang mit der Literatur, wo bis zu 44 % passagere Ödeme und Hämatome nach Routineintubationen mit Standardtuben gefunden wurden (siehe Literaturübersicht in Tabelle 2).

**Tabelle 2.** Zusammensetzung der Diagnosen

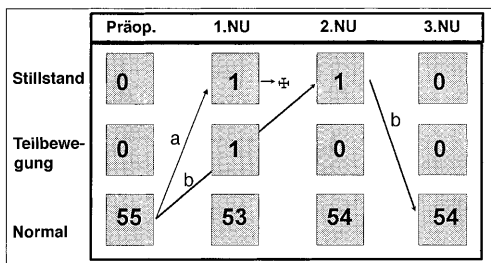
Diagnose	Primäreingriffe (n = 35)	Rezidiveingriffe, benigne (n = 10)	Rezidiveingriffe, maligne (n = 10)
Struma nodosa			
Gr. II-III	27	5	0
Struma nodosa + HPT	1	2	0
HPT	5	3	0
Basedowstruma	1	0	0
Infiltr. Plattenepithelcarcinom	1	0	0
Folliculäres Carcinom	0	0	3
Papilläres Carcinom	0	0	5
Medulläres Carcinom	0	0	2

### Stroboskopie

Die Stimmbandbeweglichkeit wurde mittels Lupenlaryngoskopie und Videostroboskopie analysiert. Die Abb. 4 und 5 veranschaulichen die Stimmbandbeweglichkeit vor der OP und bei den folgenden drei Nachuntersuchungen. Alle 55 Patienten hatten präoperativ eine normale linke Stimmbandfunktion. Pfeil (a) bezeichnet einen Patienten, der an einem fortgeschrittenen Schilddrüsenkarzinomrezidiv litt, das den linken NLR und die umgebenden Strukturen komplett eingemauert hatte. Intraoperativ erschien der Erhalt des Nerven als zu risikoreich, da Tumorreste im Patienten verblieben wären. Dieser Nerv wurde daher langstreckig und gezielt mitsamt dem Tumor entfernt. Erwartungsgemäß zeigte das betroffene Stimmband in der ersten Nachuntersuchung (NU1) keine Beweglichkeit mehr. Der Patient verstarb operationsunabhängig im weiteren Verlauf an seinem fortgeschrittenen Tumorleiden mit Fernmetastasen. Ein Patient hatte in der ersten Nachuntersuchung eine leicht eingeschränkte, jedoch eindeutig erhaltene Stimmbandbeweglichkeit. Als Folge einer Ödem- und Hämatombildung im Operationslager kam es in den folgenden Wochen zu einer weiteren Einschränkung der Beweglichkeit, die sich dann jedoch folgenlos zurückbildete. Der Nerv war demnach in seiner Struktur während der Operation nicht verletzt worden. Das Endergebnis zeigt, daß keine accidentelle strukturelle Nervenschädigung auf der linken Seite bei den 55 Studienpatienten während der von uns überwachten Operationen aufgetreten ist.

Bereits vor der Operation bestanden bei 2 Patienten komplette Stillstände des rechten Stimmbandes. Dies war bei einem Patienten durch eine vorbestehende Operation ohne Monitoring bedingt. Dieser Patient behielt erwartungsgemäß seine Funktionsstörung. Aufgrund seines bösartigen Tumorleidens verstarb der Patient, wie bereits erwähnt im weiteren Verlauf an seinen Fernmetastasen.

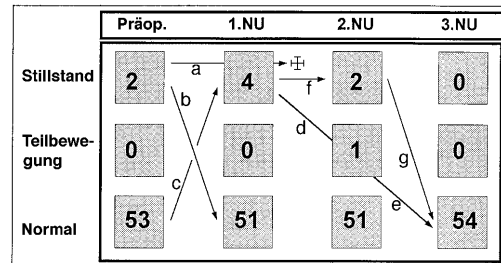
Bei einem Patienten, bei dem wegen einer präoperativ entstandener Recurrensplegie der Verdacht auf einen bösartigen Tumor bestand, konnte bei Entlastung des Nerven unter laufender Monitoring-Kontrolle eine spontane Erholung des Nerven während der Operation



**Abb. 4.** Dargestellt ist die Stimmbandbeweglichkeit des linken Stimmbandes bei allen 55 Patienten zu 4 Untersuchungsterminen. Die jeweilige Anzahl der Patienten, die eine normale, teilbewegliche oder fehlende Stimmbandfunktion aufwiesen sind in den grau unterlegten Kästchen eingetragen. *Pfeil a* bezeichnet einen Patienten, der an einem fortgeschrittenen Plattenepithelcarcinom litt, das den linken NLR breit infiltriert hatte. Dieser NLR mußte daher langstreckig und gezielt mitsamt dem Tumor entfernt werden. Der Patient verstarb im weiteren Verlauf an seinem fortgeschrittenen Tumorleiden mit Fernmetastasen. *Pfeil b* bezeichnet einen Patienten, der in der NU1 eine leicht eingeschränkte, jedoch eindeutig erhaltene Stimmbandbeweglichkeit hatte. Als Folge einer Ödem- und Hämatombildung im Operationslager kam es in den folgenden Wochen zu einer weiteren Einschränkung der Beweglichkeit, die sich dann jedoch folgenlos zurückbildete. Der Nerv war also in seiner Struktur während der Operation nicht verletzt worden. Das Endergebnis zeigt, daß keine accidentelle, strukturelle Nervenschädigung auf der linken Seite bei den 55 Studienpatienten während der von uns überwachten Operationen aufgetreten ist

dokumentiert werden. Die Nervenleitfähigkeit stieg während der Operation von Null auf normale Werte an. Ein solcher Befund ist in der Literatur bisher noch nicht berichtet worden. Laryngoskopisch zeigte sich postoperativ eine normale Stimmbandbeweglichkeit. Die Histologie ergab einen gutartigen Befund.

Bei einem Patienten mit einer Rezidivhalsauräumung bei dem eine ausgedehnte Skelettierung des Nerven auf der rechten Seite erfolgte, zeigte eine langandauernde, ca. 40 % der OP-Zeit umfassende Verminderung des Nervensignals auf unter 10 % des Ausgangssignals. Am Ende der OP konnte ein eindeutiges aber deutlich vermindertes Signal aufgezeichnet werden. Bei der ersten Nachuntersuchung bestätigte sich ein Stimmbandstillstand. Erwartungsgemäß (da am Ende der OP noch eine Nervenleitung nachweisbar war) erholte sich die Stimmbandfunktion bis zum Normalbefund zum Zeitpunkt der Abschlußuntersuchung 9 Monate später. Ein weiterer Patient nach Tumor-Rezidivhalsauräumung zeigte einen ähnlichen Befund einer passageren Funktionsstörung. Ein Patient aus der An-



**Abb. 5.** Dargestellt ist die Stimmbandbeweglichkeit des rechten Stimmbandes bei allen 55 Patienten zu 4 Untersuchungsterminen. Die jeweilige Anzahl der Patienten, die eine normale, teilbewegliche oder fehlende Stimmbandfunktion aufwiesen sind in den grau unterlegten Kästchen eingetragen. Bereits vor der Operation bestanden bei 2 Patienten komplette Stillstände des rechten Stimmbandes. Dies war bei einem Patienten durch eine vorbestehende Operation ohne Monitoring bedingt. Dieser Patient behielt erwartungsgemäß seine Funktionsstörung (*Pfeil a*). Aufgrund seines bösartigen Tumorleidens verstarb der Patient nach der ersten postoperativen Nachuntersuchung. *Pfeil b* bezeichnet den Verlauf eines Patienten bei dem präoperativ der Verdacht auf einen bösartigen Tumor bestand. Ein bösartiger Tumor ließ sich intraoperativ nicht bestätigen. Im Gegenteil, durch Entlastung des Nerven konnte unter laufender Monitoring-Kontrolle erstmals eine spontane Erholung des Nerven während der Operation dokumentiert werden. Dies bedeutet, daß die Nervenleitfähigkeit von Null auf normale Werte während der Operation anstieg. Ein solcher Befund ist bisher noch nicht berichtet worden. In der ersten Nachuntersuchung (NU1) ergab sich erwartungsgemäß eine normale Stimmbandbeweglichkeit. *Pfeile c und d* bezeichnen einen Patienten mit einer Rezidivhalsauräumung bei dem eine ausgedehnte Skelettierung des Nerven auf der rechten Seite erfolgte. Diese maximale mechanische Belastung des Nerven repräsentierte sich als langandauernde, ca. 40 % der OP-Zeit umfassende Verminderung des Nervensignals auf unter 10 % des Ausgangssignals. Am Ende der OP konnte ein eindeutiges aber deutlich vermindertes Signal aufgezeichnet werden. Bei der NU1 bestätigte sich ein Stimmbandstillstand. Erwartungsgemäß (da am Ende der OP noch eine Leitung nachweisbar) erholte sich die Stimmbandfunktion bis zum Normalbefund zum Zeitpunkt N3. Die *Pfeile e und f* bezeichnen den Verlauf bei einer weiteren Rezidivhalsauräumung und einem Patienten, der im Rahmen der Blutstillung während der letzten 15 Min. der Operation eine Läsion des Nerven erlitt. Zu diesem Zeitpunkt existierte noch kein akustisches Feedback, das den Operateur rechtzeitig gewarnt hätte. Alle Patienten hatten bei der Abschlußuntersuchung eine normale Stimmbandfunktion

fangsphase der Studie, bei der noch kein akustisches Feedback verfügbar war, erlitt im Rahmen der Blutstillungsphase während der letzten 15 Min. der Operation eine im EMG klar nachweisbare Läsion des Nerven. Die resultierende Funktionsstörung war passager und bildete sich folgenlos zurück.

**Tabelle 3.** Larynxbefunde nach EMG-Tubus Anwendung im Vergleich zu Routineintubationen

	Leichte Läsionen (Ödeme)	Mittelgradige Läsionen	Hochgradige Läsionen (Lacerationen und Hämatome)	Gesamt
EMG-Tubus HD-1999	12,7% (7/55)	–	–	12,7% (7/55)
Gabriel und Chilla 1978 [2]	12%	15,5% (22/142)	–	27,5% (39/142)
Kambic und Radsel 1978 [7]	?	?	6,2% (62/1000)	> 6,2% (> 62/1000)
Peppard und Dickens 1983 [17]	?	?	6,3% (30/475)	> 6,3% (> 30/475)
Pröschel und Eysholdt 1993 [17]	44% (33/75)	2,6% (2/75)	–	46,6% (35/75)

Alle Patienten hatten trotz ihres hohen Risikoprofils zum Zeitpunkt der Abschlußuntersuchung eine normale Stimmbandfunktion.

### *Stimmumfang*

Alle Patienten erhielten prä- und postoperative Stimmfrequenzanalysen. Das Ergebnis zeigt, daß im Median keine Veränderungen des Stimmumfangs resultierten. Die Veränderung der mittleren Stimmlage beträgt im Median  $-1\%$  und ist daher unbedeutend und nicht signifikant ( $p = 0,47$ ).

Die Veränderung der oberen Stimmlage (maximal erreichbare Frequenz) veränderte sich ebenfalls nicht.

### *Logopädie*

Die logopädische Untersuchung umfaßte „Heiserkeit“, „Behauchtheit“ und „Rauhigkeit“ der Stimme, die zu einem logopädischen Score zusammengefaßt wurden. Veränderungen waren im Median gleich null und nicht signifikant.

### *HNO-phoniatrische Bewertung*

Unerwünschte Nebenwirkungen des neuen Tubus sind passagere, leichte Ödeme des Stimmbandes. Häufigkeit und Ausprägungsgrad sind jedoch identisch mit denen der Standardtuben. Weitere Nebenwirkungen auch in Bezug zur Stimmlage sind nicht zu beobachten gewesen. Damit geht keine erhöhte Gefahr für den Patienten von dem neuen System aus.

## **Diskussion**

Fast unüberbrückbar erschienen die Positionen der Befürworter und der Gegner der generellen chirurgische Darstellung des NLR bei Schilddrüsenoperationen bis vor wenigen Jahren. Nicht unwidersprochen blieb die Empfehlung den NLR grundsätzlich zu identifizieren. Möglicherweise wird das hier vorgestellte Verfahren eines kontinuierlichen Monitorings diese beiden Lager wieder vereinigen. Denn die eindeutige Identifizierung des NLR bedeutet nicht mehr die chirurgische und optische Skelettierung des Nerven sondern kann ersetzt werden durch die elektromyographische Identifizierung und Dauerüberwachung des Nerven.

Grundlage des neuen Systems ist ein Doppelballontubus mit atraumatischen Oberflächenelektroden. Die Platzierung ist mit der Routineintubation abgeschlossen. Ab diesem Zeitpunkt besteht die Möglichkeit, den NLR kontinuierlich in seiner Funktion zu überprüfen. Die Nervenstimulation erfolgt dabei über den distalen Ballon transtracheal, die Ableitung über den proximalen Ballon in der Stimmritze. Während der Operation kann über eine handgeführte Elektrode der Nerv in seinem Verlauf identifiziert werden. Dies ermöglicht eine

bisher nicht dagewesene Sicherheit, die grundsätzlich keine optische Visualisierung des Nerven mehr benötigt. Der Verlauf des Nerven kann durch feine Gewebeschichten hindurch verfolgt werden, ohne daß er aus den umliegenden Strukturen herausgelöst werden müßte. Damit werden auch Verletzungen der Vasa nervorum vermindert. Zug- und Druckschäden können durch das kontinuierliche Monitoring erkannt und vermindert werden. Auch das versehentliche Einknoten kann sofort erkannt und rückgängig gemacht werden. Das akustische Feedback über die momentane Leitfähigkeit des Nerven ist eine wichtige Neuerung, da damit ohne Zeitverzug die Auswirkungen des chirurgischen Handelns in Bezug auf den NLR rückgekoppelt werden.

Dieses System unterscheidet sich von allen anderen bisherigen Verfahren dadurch, daß es erstmals ein kontinuierliches Monitoring ermöglicht. Dieses arbeitet darüber hinaus Operateur unabhängig und außerhalb des OP-Feldes. Zusätzlich und nur auf Anforderung des Operateurs tritt der zweite Teil der Methode in Aktion, bei der der Operateur eine Stimulationselektrode in das OP-Feld führt. In diesem Punkt hat das System Gemeinsamkeiten mit anderen und älteren Verfahren.

Bei 55 Patienten wurde dieses System des kontinuierlichen Monitorings erprobt. Nebenwirkungen über das gewöhnliche Maß einer Standardintubation hinaus ließen sich nicht nachweisen. Untersucht wurden der komplette phoniatrische und logopädische Stimmstatus inklusive der Lupenlaryngoskopie und Videostroboskopie. Permanente, accidentelle Funktionsstörungen des NLR ergaben sich nicht. Aufgrund des hohen Risikoprofils der Patienten (Rezidiveingriffe, Carcinomrezidive mit Rezidivhalsauräumungen) waren jedoch vier passagere, komplett rückbildungsfähige Funktionsstörungen der Stimmbänder zu finden. Zwei dieser Patienten stammten noch aus der Zeit, als noch keine akustische Rückkoppelungstechnik zur Verfügung stand. Das System wird voraussichtlich Mitte bis Ende 2000 kommerziell verfügbar sein.

## **Schlussfolgerung**

Das neue Monitoringsystem ermöglicht eine atraumatische nebenwirkungsfreie Dauerüberwachung des NLR als auch eine in situ Nervenidentifizierung. Es ist einfach anzuwenden, benötigt bei der Platzierung keinen erhöhten Zeitbedarf, arbeitet außerhalb des OP-Feldes und ist so sensitiv, daß auch drohende Läsionen durch das integrierte akustische Feedback erkannt werden können.

## **Literatur**

1. Davis WE, Rea JL, Templer J (1979) Recurrent laryngeal nerve localization using a microlaryngeal electrode. *Otolaryngol Head Neck Surg* 87: 330
2. Gabriel P, Chilla R (1978) Dysphonie nach Strumektomie – Kehlkopf und Stimmveränderungen als Folge von Schilddrüsenoperationen. *Chirurg* 49: 576
3. Grossenbacher R, Moser A (1994) Thyreoidektomie und Nervus recurrens. *Laryngorhinootologie* 73: 179

4. Hirano M. (1988) Vocal mechanisms in singing: laryngological and phoniatic aspects. *J Voice* 2: 51
5. James AG Crocker S, Woltering E, Ferrara J, Farrar W (1985) A simple method for identifying and testing the recurrent laryngeal nerve. *Surg Gyn Obst* 161: 185
6. Jatzko GR, Lisborg PH, Müller MG, Wette VM (1994) Recurrent nerve palsy after thyroid operations – principal nerve identification and a literature review. *Surgery* 115: 139
7. Kambic V, Radsel Z (1978) Intubation lesions of the larynx. *Br J Anaesth* 50: 587
8. Kark AE, Kissin MW, Auerbach R, Meikle M (1984) Voice changes after thyroidectomy: role of the external laryngeal nerve. *Br Med J* 289: 1412
9. Lamadé W, Fogel W, Rieke K, Senninger N, Herfarth Ch (1996) Intraoperatives Monitoring des Nervus laryngeus recurrens – eine neue Methode. *Chirurg* 67: 451
10. Lamadé W (1995) Patent pending. Patent office, Munich, Germany
11. Lamadé W, Meyding-Lamadé U, Hund E, Klar E, Herfarth Ch (1997) Transtracheales Monitoring des N. laryngeus recurrens – Der Prototyp eines neuen Tubus. *Chirurg* 68: 193
12. Lamadé W, Renz K, Willeke F, Klar E, Herfarth Ch (1999) The effect of training on incidence of nerve damage in thyroid surgery. *Br J Surg* 86: 388
13. Lipton RJ, McCaffery TV (1988) Intraoperative electrophysiologic monitoring of laryngeal muscle during thyroid surgery. *Laryngoscope* 98: 1292
14. Loré JM, Banyas JB, Niemiec ER (1987) Complications of total thyroidectomy. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 113:1238
15. Peppard SB, Dickens JH (1983) Laryngeal injury following short-term intubation. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 92: 327
16. Premachandra DJ, Radcliffe GJ, Stearns MP (1990) Intraoperative identification of the recurrent laryngeal nerve and demonstration of its function. *Laryngoscope* 100: 94
17. Pröschel U, Eysholdt U (1993) Kurzzeitveränderungen an Kehlkopf und Stimme nach Intubation. *Laryngorhinotologie* 72: 93
18. Ready AR, Barnes AD (1994) Complications of thyroidectomy. *Br J Surg* 81: 1555
19. Shedd DP, Burget GC (1966) Electrical identification of the recurrent laryngeal nerve: electrical method for evaluation in the human. *Arch Surg* 92: 861
20. Srinivasan V, Premachandra DJ (1998) Use of a disposable electrode for recurrent laryngeal nerve monitoring. *J Laryngol Otol* 112: 561
21. Watt-Bolson S, Blichert-Toft M, Hanse JB, Jorgensen SJ, Bøberg A (1977) Late voice function after injury to the recurrent laryngeal nerve. *Clin Otolaryngol* 2: 191

Dr. W. Lamadé  
 Chirurgische Universitätsklinik  
 Im Neuenheimer Feld 110  
 69120 Heidelberg  
 E-Mail: wolfram.lamade@urz.uni-heidelberg.de

## Buchbesprechung

## Der Chirurg

**Die Chirurgie, 4. Aufl.** Hrsg.: L. Koslowski, K.-A. Bushe, Th. Juninger, K. Schwemmler. Stuttgart, New York: Schattauer 1999. XVI, 910 S., 357 Abb., 240 Tab., ISBN 3-7945-1500-5, geb.

Nach mehr als einer Dekade erschien im letzten Jahr die 4., völlig neu bearbeitete Auflage des chirurgischen Standardwerkes „Die Chirurgie“ von Koslowski und Mitarbeitern. „Relevantes, aktuelles Wissen einprägsam und präzise vermitteln“ soll, so die Autoren, das Konzept des Werkes kennzeichnen.

Im ersten Abschnitt des Lehrbuchs, dem allgemeinen Teil, werden die wesentlichen Grundlagen der chirurgischen Behandlung sowie des prä-, peri- und postoperativen Managements aufgeführt. Dem Trend der Zeit folgend werden auch Kapitel den

Grundzügen der Molekularbiologie sowie der Qualitätssicherung gewidmet.

An den allgemeinen Teil schließt sich nahtlos der spezielle Teil an. Dieser ist klar gegliedert und gestattet dem Leser einen raschen Einblick in sämtliche Teilgebiete der Chirurgie. Hierbei wird der Allgemein- und Visceralchirurgie die größte Aufmerksamkeit geschenkt. Die einzelnen Kapitel überzeugen durch eine sachgemäße Gliederung, beginnend mit Ätiologie und Pathogenese bis hin zu Therapie und Prognose der verschiedenen Krankheitsbilder. In zahlreichen Skizzen und Abbildungen werden Anatomie, Untersuchungstechniken und ausgewählte operative Verfahren dem Leser einprägsam vermittelt. Übersichtliche Tabellen erleichtern die gezielte Vorbereitung auf Examina. Allerdings erscheint die Anzahl der Fotografien (z. B. Röntgen-,

CT- oder Sonographiebilder) zu knapp bemessen. Auch ist anzumerken, daß auf Farbfotografien gänzlich verzichtet wurde.

Das von den Autoren propagierte Konzept, Wissen durch konsequente Systematisierung zu vermitteln, konnte in dieser Neuauflage verwirklicht werden. Das Lehrbuch richtet sich in erster Linie an Studierende der Medizin, eignet sich aber auch gut als übersichtliches Nachschlagewerk für praktisch tätige Ärzte. Der Preis des Buchs ist in der oberen Preiskategorie der Chirurgielehrbücher angesiedelt. Es bleibt deshalb abzuwarten, ob sich dieses Lehrbuch bei den Studierenden als „Bestseller“ etablieren kann.

S. Post (Mannheim)