

Laparoskopische Implantation eines Zwerchfellstimulators bei tetraplegischen Patienten

Erste Schweizer Erfahrungen

Peter Bartel^a, Alessandro Wildisen^b, Jürgen Pannek^a, Franz Michel^c, Helene Lustenberger^d, Michael Baumberger^c

^a Neuro-Urologie, Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil, ^b Chirurgische Klinik, Luzerner Kantonsspital, Standort Sursee, ^c Paraplegiologie, Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil, ^d Respicare, Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Nottwil

Fallschilderung

Bei zwei Patientinnen mit posttraumatischer Tetraplegie unterhalb C1 wurde wegen läsionsbedingten Sistierens der spontanen Zwerchfellatmung jeweils die Anlage eines Tracheostomas zur apparativ unterstützten Beatmung erforderlich. Eine 62-jährige Patientin wies eine komplette Läsion, ASIA-Impairment-Scale (AIS) A, eine 23-jährige Patientin eine inkomplette Läsion (AIS C) auf. Wegen der dauerhaften Abhängigkeit von relativ grossen Beatmungsgeräten mit logistischen, finanziellen und sozialen Konsequenzen wünschten beide Patientinnen eine alternative Form der unterstützten Ventilation. Da als Alternative zur apparativ unterstützten Ventilation lediglich die chronische elektrische Stimulation des Zwerchfells beschrieben ist, wurden die zur Verfügung stehenden Stimulationsformen vorgestellt. Nach ausführlicher Diskussion entschieden sich beide Patientinnen gegen die Implantation eines Nervus-phrenicus-Stimulators und für die laparoskopische Implantation von Stimulationselektroden am Zwerchfell.

Verlauf

Das Intervall zwischen Trauma und Implantation betrug 5 bzw. 7 Monate. Die Eingriffe erfolgten in Intubationsnarkose. Nach Platzierung von drei Arbeitstrokaren erfolgte die monopolare Stimulation im Bereich des zu erwartenden Nervus-phrenicus-Verlaufs, jeweils an der linken und rechten Zwerchfellseite. An den Orten mit der besten Stimulationsantwort wurden die Elektroden durch Präparation eines muskulären Tunnels über 4 mm am Diaphragma verankert. Abschliessend wurden die Elektroden subkutan tunneliert und auf Höhe der vorderen Axillarlinie ausgeleitet. Die ausgeleiteten Elektroden wurden mit einem externen Stimulator verbunden. (NeuRx Diaphragm Pacing System™ RA/4, Synapse Biomedical, Oberlin, Ohio). Die Operationszeit betrug jeweils 120 Minuten. Der intraoperative und unmittelbar postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos. Bei beiden Patientinnen kam es 10 bzw. 16 Wochen postoperativ zu einem Pneumothorax. Unter passagerer Beatmung und Thoraxdrainage über jeweils 7 Tage verschlossen sich diese spontan.

Unmittelbar postoperativ erfolgte die Zwerchfellstimulation mit einer Impulsbreite von 0,1 ms, einer Amplitude von maximal 25 mA und einer Frequenz von 20 Hz. In den ersten Tagen betrug die Stimulationsdauer lediglich einige Minuten, da sich die Muskulatur unter Stimulation schnell erschöpfte. Die Perioden mit Spontan-

atmung ohne mechanische Unterstützung wurden von einem besonders geschulten Team unter Monitoring der Atemzugvolumina, der Erschöpfungszeit und der Kohlendioxid-Partialdrucke kontinuierlich gesteigert. Mit zunehmender Stimulationsdauer verbesserte sich die Stimulationsfähigkeit. Im Nachbeobachtungszeitraum von 10 Monaten betrug die Spontanatmungszeit 12 bis 24 Stunden pro Tag. Die Atemzugvolumina steigerten sich von 350 ml direkt postoperativ auf 680 ml. Die Sauerstoff- und Kohlendioxid-Partialdrucke im Blut lagen dabei stets im Normbereich. Bei einer Patientin führte die Stimulation nur im Liegen zu einer suffizienten Atmung, im Sitzen war die Stimulation nicht ausreichend effektiv.

Bei der Patientin mit der inkompletten Läsion wurde initial die Stimulation als schmerzhaft wahrgenommen. Nach Gewöhnung an den Stimulationseffekt war eine problemlose Stimulation möglich, die Patientin benötigt keine maschinelle Beatmung mehr.

Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind keine Infektionen an den Elektrodeneintrittsstellen oder ein nachlassender Stimulationseffekt aufgetreten. Bei einer Patientin kam es am Verbindungskabel zum Elektrodenbruch ohne Einschränkung der Stimulationsfähigkeit.

Diskussion

Bei Tetraplegikern sind heute pulmonale Erkrankungen die häufigste Mortalitätsursache. Aufgrund der Langzeitkomplikationen der maschinellen Beatmung, wie Trachealschäden, Fehlfunktion der Beatmungsgeräte und Pneumonien, gewinnen alternative Verfahren zur Ventilation zunehmend an Bedeutung [1].

Eine mögliche Alternative ist die chronische elektrische Stimulation der Zwerchfellmuskulatur. In den letzten Jahren wurden mehrere Verfahren entwickelt, z.B. endovaskuläre, interkostale, kombinierte interkostal-diaphragmale Stimulationen und die Neuroanastomose zwischen Interkostal- und Phrenikusnerv. Als Standardverfahren gilt die Nervus-phrenicus-Stimulation mittels Implantation von Stimulationselektroden an den Nerv [2]. Trotz Verbesserungen der Technik weist das Verfahren einige Nachteile auf. Bei der transthorakalen Elektrodenpositionierung besteht ein signifikantes perioperatives Risiko. Zudem besteht bei chronischer Stimulation die Gefahr der Phrenikusschädigung mit nachfolgendem dauerhaftem Stimulationsverlust [3].

Abkürzung

ASIA American Spinal Injury Association

Die Autoren haben keine finanzielle Unterstützung und keine anderen Interessenskonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

Der erstmals 2004 von Onders et. al. beschriebene laparoskopische Zugangsweg mit direkter Muskelstimulation des Zwerchfells ist eine minimalinvasive Alternative zur Nervus-phrenicus-Stimulation [4]. Unsere eigenen ersten Erfahrungen bestätigen dies. Intraoperative oder unmittelbar postoperative Komplikationen traten nicht auf. Die Ursache der beschriebenen Pneumothoraces liess sich nicht eruieren; eine mechanische Läsion durch die Elektroden wäre denkbar, konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Rezidiv-Pneumothoraces sind nicht aufgetreten. Nach Restitution funktioniert der Stimulator bei beiden Patientinnen bis heute problemlos. Die verfügbaren Daten zeigen, dass die Aktivierung des Zwerchfells durch intramuskuläre Elektroden genauso effektiv wie durch Stimulation des Nervus phrenicus erreicht werden kann. Es existiert bisher keine vergleichende Studie zur Langzeiteffektivität der beiden Verfahren, jedoch sind bei der Phrenikusstimulation im Gegensatz zur Zwerchfellstimulation nachlassende Stimulationsleistungen beschrieben, die auf eine Alteration des N. phrenicus zurückgeführt werden [3]. Postoperativ kommt der Nachbetreuung der Patienten entscheidende Bedeutung zu. Nur mittels konsequenten Monitorings durch ein spezialisiertes Beatmungsteam können die Stimulationsparameter adjustiert und die beatmungsfreien Zeiten sukzessive verlängert werden. Zudem können in der ersten Phase unter Stimulation Ängste entstehen, die durch das betreuende Team aufgefangen werden können. Die Vorteile der Stimulation für die Lebensqualität der Patienten, wie verbesserter Geruchssinn, erleichterte Atmung, verbessertes Reden und eine Unabhängigkeit vom Beatmungsgerät, sind evident, auch falls nicht vollständig und dauerhaft auf das Beatmungsgerät verzichtet werden kann. Auch die von uns operierten Patientinnen berichteten über eine im Vergleich zu der Zeit vor der Implantation deutlich verbesserte Lebensqualität. Optimierungsmöglichkeiten bestehen bei der Handhabung. Da das Gerät ursprünglich zur temporären Stimulation entwickelt wurde, ist die Programmierung der Stimulationsparameter nicht benutzerfreundlich und die Variationsmöglichkeiten der Parameter beschränkt. Bei weiterer Verbreitung dieser Technik wären daher Optimierungen der Software erforderlich. Gleiches gilt für die Verbindungskabel, welche momentan bei langfristigen Gebrauch Zeichen der Materialermüdung auf-

weisen. Dass die Elektroden offen nach aussen geleitet werden, empfinden die Patienten als unangenehm; zudem beinhaltet diese Technik bei nicht korrekter Handhabung eine Infektionsgefahr.

Die zur Sicherheit und ausreichenden Ventilation häufig weiterhin benötigte permanente Tracheostomie kann zu Obstruktionen und Infektionen führen. Deshalb sollte ein exaktes Tracheostomie-Management erfolgen, die glossopharyngeale Atmung beherrscht werden sowie ständig Mittel zur künstlichen Beatmung (Mundstück, Ambu-Beutel, Ersatztrachealkanüle, Maske) und tragbares Monitoring (eTCO₂, SaO₂) zur Verfügung stehen [5]. Natürlich können auf dem Boden eines Erfahrungsberichts mit lediglich 2 Patienten und kurzer Nachbeobachtungszeit keine evidenzbasierten wissenschaftlichen Erkenntnisse gewonnen werden. Dennoch ermutigten uns die positiven subjektiven und objektiven Ergebnisse, diese minimalinvasive Technik, die in Europa nahezu unbekannt ist und in der Schweiz zuvor noch nicht beschrieben wurde, zu popularisieren. Bei adäquater Indikationsstellung und ausreichender laparoskopischer Erfahrung kann dieses Verfahren in der Zukunft zu einer deutlichen Verbesserung der Beatmungssituation ausgewählter tetraplegischer Patienten führen.

Korrespondenz:

Prof. Jürgen Pannek
Schweizer Paraplegiker Zentrum
Guido A. Zäch Strasse 1
CH-6207 Nottwil
[juergen.pannek\[at\]paranet.ch](mailto:juergen.pannek[at]paranet.ch)

Literatur

- 1 Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the respiratory system: basic research and current clinical treatment options. *J Spinal Cord Med.* 2007;30(4):319–30.
- 2 Glenn WW, Phelps ML. Diaphragm pacing by electrical stimulation of the phrenic nerve. *Neurosurgery.* 1985;17(6):974–84.
- 3 DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, Kowalski KE, Mortimer JT. Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. *Chest.* 2005;127(2):671–8.
- 4 Onders RP, Dimarco AF, Ignagni AR, Aiyar H, Mortimer JT. Mapping the phrenic nerve motor point: the key to a successful laparoscopic diaphragm pacing system in the first human series. *Surgery.* 2004;136(4):819–26.
- 5 Consortium for Spinal Cord Medicine. Respiratory management following spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals. *J Spinal Cord Med.* 2005;28(3):259–93.