

Journal für
Urologie und Urogynäkologie

Zeitschrift für Urologie und Urogynäkologie in Klinik und Praxis

**Experimentelle Grundlagen der
Behandlung neurogener
Blasenfunktionsstörungen mittels
lokaler Hyperthermie und sakraler
Elektrostimulation**

Hohenfellner M, Dahms SE

Gleason CA, Muscheck M, Tanagho EA

Thüroff JW

Journal für Urologie und

*Urogynäkologie 2001; 8 (2) (Ausgabe
für Schweiz), 12-18*

Journal für Urologie und

*Urogynäkologie 2001; 8 (2) (Ausgabe
für Österreich), 14-21*

Homepage:

www.kup.at/urologie

Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche

Indexed in Scopus

Member of the



www.kup.at/urologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P. b. b. 022031116M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

EXPERIMENTELLE GRUNDLAGEN DER BEHANDLUNG NEUROGENER BLASENFUNKTIONSSTÖRUNGEN MITTELS LOKALER HYPERTHERMIE UND SAKRALER ELEKTROSTIMULATION

EXPERIMENTELLE
GRUNDLAGEN
DER BEHANDLUNG
NEUROGENER
BLASENFUNKTIONS-
STÖRUNGEN

Summary

Detrusor-sphincter dyssynergia is one of the leading problems of sacral ventral root stimulation. Aim of our study was to evaluate the efficacy of sacral hyperthermia and ventral sacral root stimulation for reduction of detrusor-sphincter dyssynergia during acute canine experiments (n = 5). For application of heat during ventral sacral root stimulation a modified cuff electrode was utilized. Its activation resulted in a significant reduction of the pressure response of sphincter (78 ± 17.1 %) and detrusor (36 ± 13 %) during ventral sacral root stimulation. The minimal tempe-

rate necessary to induce these effects was 44.5 ± 1.4 °C. Restitution of bladder and sphincter function during electrostimulation was observed within 1–5 minutes if the minimal threshold temperature was applied only over a short period. Longer periods of heat application resulted in irreversible loss of local nerve conductivity. We conclude that local heat application may open a new and/or additional possibility to reduce detrusor-sphincter dyssynergia during ventral sacral root stimulation. To warrant functional restitution after local heat application a close monitoring of threshold and duration of temperature increase is mandatory.

wurde beobachtet, wenn der Schwellenwert (Temperatur bei der frühesten Änderung der Druckantworten) nur über kurze Zeit appliziert wurde. Im Gegensatz dazu fand sich bei längerer Hitzeapplikation ein irreversibler Verlust der Druckantworten unter Stimulation.

Erste tierexperimentelle Resultate der sakralen Wärmeapplikation während der Elektrostimulation deuten auf eine Möglichkeit, infolge einer Nervenleitungsblockade der Sakralnerven eine Reduktion von Blasen- und Sphinkterdruckanstieg zu erzielen. Um eine funktionelle Erholung nach Hyperthermie zu gewährleisten, ist jedoch ein enges Monitoring von Temperatur-Schwellenwert und Dauer der applizierten Wärme notwendig.

ZUSAMMENFASSUNG

Ziele dieser experimentellen Studien waren Untersuchungen zur lokalen sakralen Hyperthermie und Vorderwurzelstimulation hinsichtlich der Reduktion der Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie im Akutversuch am Hund. Insgesamt wurde bei 5 Tieren experimentell nach Laminektomie die Möglichkeit einer Nervenleitungsblockade der Sakralnerven während einer intraduralen Vorderwurzelstimulation durch eine lokal Wärme applizierende modifizierte Cuff-Elektrode untersucht. Mit Hilfe intravesikaler und intraurethraler Druckmessungen wurden die Stimulationsantworten von Sphinkter und Detrusor unter Wärmeapplikation ermittelt.

Während extraduraler Wärmeapplikation und sakraler Elektro-

stimulation wurde eine Reduktion von Sphinkter- und Detrusorantwort beobachtet. Im direkten Vergleich wurde eine signifikante Verminderung des intraurethralen (78 ± 17,1 %) und des intravesikalen Druckanstieges (36 ± 13 %) während der intraduralen Elektrostimulation ermittelt. Die Auswertung der Daten unterschiedlicher Sakralnerven ergab in 11 von 12 Experimenten eine in Abhängigkeit von steigenden Temperaturen kontinuierliche Abnahme der Druckantworten. Der eine Fall, in dem dieser Effekt nicht beobachtet wurde, resultierte aus einem kompletten Nervenleitungsblock bei zu rascher Temperaturerhöhung. Früheste Veränderungen der Druckparameter wurden bei Temperaturen von 44,5 ± 1,4 °C ermittelt. Eine typische Erholungsphase mit einer partiellen Funktionseinbuße (Sphinkter: 33,8 ± 11,1 %; Detrusor: 25 ± 15,4 %) innerhalb von 1 bis 5 Minuten

EINLEITUNG

Trotz der mittlerweile ausgereiften chirurgischen Technik und der als etabliert geltenden sakralen Deafferentation ist es ein bisher ungelöstes Problem der sakralen Vorderwurzelstimulation, daß neben einer Detrusorkontraktion durch Erregung parasymphathischer Motoneurone simultan eine Aktivierung des Kontinenzapparates durch Stimulation der somatischen Neurone im Spinalnerven eingeleitet wird [1]. Die so begründete „Detrusor-Sphinkterexternus-Dyssynergie“ kann durch periodische Unterbrechung des Stimulationsstromes zur Senkung des intravesikalen Widerstandes bei fortbestehendem

Detrusordruck umgangen werden, da die Miktion im Intervall erfolgt („post-stimulus voiding“) [2]. Nachteil dieser unphysiologischen Miktion ist die Notwendigkeit einer kontinuierlichen, urodynamisch orientierten Kontrolle der Stimulationsparameter, da ansonsten das Risiko pathologisch erhöhter Miktionsdrücke besteht. Darüber hinaus führt die Massenstimulation der entsprechenden sakralen Spinalnerven zu einer starken und damit subjektiv unangenehmen Spastizität der unteren Extremitäten während der Miktion. Die von unserer Arbeitsgruppe untersuchte Methodik der Dissektion der einzelnen Fila radicularia der sakralen Vorderwurzel erfordert den Einsatz mikrochirurgischer Instrumente und eines Operationsmikroskopes [3–5]. Diese Technik stellt damit ein – wenn auch attraktives – relativ zeitaufwendiges Verfahren dar, bei dem immer auch das Risiko einer permanenten Nervenschädigung gegeben ist.

Ziel unserer Versuche war es, Fragen zu beantworten, die sich im Zusammenhang mit der oben geschilderten klinischen Problematik der Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie während der Neurostimulation stellen. Unter Berücksichtigung der oben geschilderten Problematik ist das neurourologische Interesse an Studien zu sehen, die die Möglichkeit einer temporären Nervenleitungsblockade mittels lokaler Hyperthermie untersuchten [6–9]. Insbesondere klinisch-orthopädische Arbeiten sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen, die zeigten, daß eine Polymerisation von Knochenzement, wie sie sich bei der chirurgischen Sanierung mali-

gner Tumoren zum Knochenerersatz findet, signifikant hohe Temperaturen freisetzt [10]. Allerdings finden sich keine spezifischen Literaturquellen, die den therapeutischen Einsatz einer lokalen Hitzeschädigung sakraler Nerven und deren Folgen hinsichtlich Funktionalität der Detrusorkontraktion bzw. des Sphinkter-Verschlußmechanismus erarbeitet haben. Aus diesem Grunde wurde am Hund ein experimentelles Modell entwickelt, welches es ermöglichen sollte, die lokale Hyperthermie am Sakralnerven und deren Auswirkung auf intravesikales und intraurethrales Druckverhalten unter sakraler Vorderwurzelstimulation zu untersuchen.

MATERIAL UND METHODIK

Insgesamt wurden Versuche an 5 männlichen Mischlingshunden durchgeführt. Alle Tiere wurden entsprechend den Richtlinien des Institute of Laboratory Animal Resources, Commission on Life Sciences, National Research Council (Guide for the Care and Use of Laboratory Animals) versorgt [11].

Zur Vorbereitung wurde 12 Stunden vor Versuchsbeginn die feste Nahrung entzogen. Nach Prämedikation der Tiere mit Azepromazin (0,15 mg/kg KG i.m.) wurde die Anästhesie mit Ketamin (5 mg/kg KG i.v.) eingeleitet und mit 2 %igem Isofluran nach Intubation aufrechterhalten. Die Hunde wurden mechanisch mit 100 %igem Sauerstoff beatmet. Arterieller Blutdruck, Herzfrequenz, Atmungsfrequenz,

Körpertemperatur und elektrokardiale Aktivität wurden kontinuierlich überwacht. Über die rechte Vena accesoria cephalica wurde kontinuierlich physiologische Kochsalzlösung (0,1 ml/kg KG/min) infundiert. Eine Wärmematratze wurde zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur verwandt. Zur simultanen intravesikalen und intraurethralen Druckmessung wurde ein 7-French-Vierkanal-Membrankatheter (Mentor, Goleta, CA) unter rektal-digitaler Kontrolle transurethral eingeführt und zur intraabdominellen Druckmessung ein konventioneller 18-French Foley-Ballonkatheter über eine minimale Laparotomie positioniert. Die Katheter wurden entsprechend über Polyethylenschläuche (PE 50) mit Druckaufnehmern (Baxter Uniflow Pressure Transducer, Baxter Health Care Corp., Irvine, CA) konnektiert. Zur elektrischen Spannungsversorgung der Druckaufnehmer wurde ein SCXI-1121 Signal-Prozessor (National Instruments Corp.) eingesetzt; die analogen Daten (Druckwerte) mittels eines NB-N1016 I/O-Konverters (National Instruments Corp.) in digitale Werte konvertiert. Ein Macintosh Quadra 800 PC und im Labor entwickelte virtuelle Software [Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW, 4.0), (National Instruments Corp.)] wurden zur Datenerfassung und -speicherung eingesetzt. Vor Beginn der Messungen wurden alle Katheter gegen den Atmosphärendruck auf Null geeicht. Das EMG des quergestreiften Musculus urethralis wurde mittels zweier Teflon-isolierter, aber an den Spitzen blanker Platin-Iridium-Drähte (1,27 mm Durchmesser, Medwire Corp.,

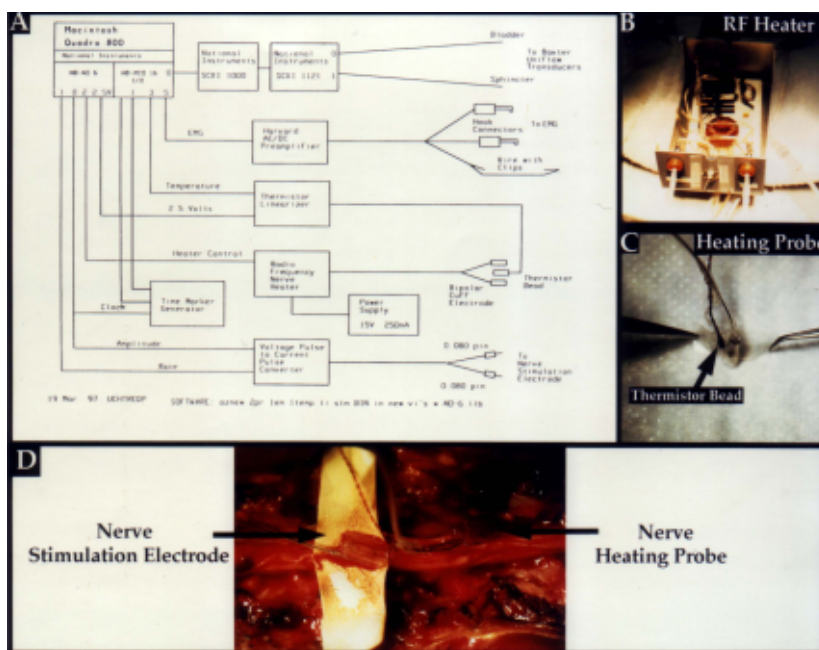
U.S.A.) abgeleitet und über einen Verstärker sichtbar gemacht. Diese Daten wurden ebenfalls über die obige Rechneinheit erfaßt und gespeichert.

Nach zweischichtigem Verschluß der Laparotomie wurden die Tiere in Bauchlage gelagert. Über eine dorsale Mittellinien-Inzision wurde die darunterliegende Paraspinalmuskulatur freigelegt und stumpf nach lateral gedrängt. Zunächst wurde eine kleine Laminektomie von Th10–12 durchgeführt. Nach Eröffnung der

Dura erfolgte eine komplette Durchtrennung des Rückenmarks in Höhe von Th10, um supraspinale Reflexbögen auszuschalten. Anschließend erfolgte eine zweite Laminektomie von L5 bis S3, um den Zugang zum Conus medullaris und den Sakralnerven zu ermöglichen. Nach Eröffnung der Dura von L4 bis S3 erfolgte intradural die bilaterale dorsale Rhizotomie der sakralen Hinterwurzeln (S 1 bis S3), um Reflexbögen auszuschalten. Eine bipolare Manschettenelektrode wurde intradural um die sakrale Vorder-

wurzel zur Elektrostimulation positioniert. Zusätzlich wurde ein im Labor des Department of Urology, UCSF, entwickeltes System zur lokalen Hitzeapplikation verwandt, welches Wärme über eine modifizierte Manschettenelektrode verabreicht und gleichzeitig über eine ebenfalls an der Elektrode angebrachte Mini-Sonde (Cornerstone Sensors Inc., CA; USA) die Temperatur kontinuierlich mißt. Ein schematisches Diagramm des experimentellen Versuchsaufbaues findet sich in Abbildung 1. Für die Stimulation wurden niederfrequente, monophasische Pulse (0,4 msec Pulsbreite; 20 Pulse/sec) mit unterschiedlichen Amplituden verwendet. Geringe Frequenzen wurden verwandt, um Veränderungen der urethralen Druckantwort nicht mit einer Ermüdung der Muskulatur in Zusammenhang zu bringen. Das Auftreten von Streuströmen wurde durch ein kleines Stück eines konventionellen Latex-Handschuhes vermieden, welches unter dem jeweils zu stimulierenden Nerven plaziert wurde. Um homogene Temperaturen zu erzielen, wurde die Hitze-Elektrode um den gesamten Sakralnerven angebracht und tief im extraduralen Spinalkanal versenkt. Die Länge des mit der Hitze-Elektrode in Kontakt stehenden Nerven betrug 4 mm. Am Ende der Experimente wurden die Tiere mittels hochdosierter Pentobarbital-Injektionen und bilateraler Thorakotomie getötet.

Abbildung 1: Versuchsaufbau: (A) Schematische Darstellung des experimentellen Radiofrequenz-Wärmeapplikations-Setup: Es wurden Standard National Instruments, Hardware, einschließlich einer analogen und digitalen Multifunktions I/O Datenerfassungseinheit, einem SCXI 1000 4-Slot Chasis, einem SCXI 1121 Signalabhängige Modul zur Isolation und Exzitation (zur Steuerung des Baxter Uni-flow® Druckaufnehmers) und einem Harvard AC/DC®-Vorverstärker verwendet. Zusätzlich kamen maßgefertigt zur Anwendung: ein Puls-konverter (zur Konversion von Stromimpulsen, die von einem virtuellen Instrument (LabView®4.0) generiert wurden), ein Time-Marker-Konverter [zur Generierung von Zeitmarkierungen (1/sec bzw. 10/sec.) während der Stimulation], ein Thermistor-Linearizer (zur Konversion und Linearisierung von Widerstandsverschiebungen (Temperaturänderungen) in Spannungsänderungen und (B) ein Radiofrequenz-Wärmeapplikator (zur Erwärmung des Nerven). (C) Vor der Wärmeapplikation erfolgte die extradurale Plazierung der Hitze-Elektrode, während die Elektrostimulationselektrode intradural (D) positioniert wurde.



ERGEBNISSE

Eine lokale Wärme-Applikation am Sakralnerven induzierte eine progressive Reduktion der Sphinkter- und Blasenantwort unter Elektrostimulation mit einer ausgeprägteren Verringerung der Sphinkterantwort (Abb. 2). Eine typische Erholungsphase wurde beobachtet, wenn ein Temperatur-Schwellenwert (Temperatur, bei der erstmalig Veränderungen der Stimulationsantworten beobachtet werden) nicht über einen längeren Zeitraum überschritten wurde (Abb. 3). Innerhalb von 1 bis 5 Minuten wurde eine Erholung der Nervenfasernfunktion beobachtet. Im Gegensatz dazu führte die längerfristige Applikation höherer Temperaturen zu einem irreversiblen Verlust der Druckantworten. In 11 von 12 Stimulationen unterschiedlicher Sakralnerven verursachte die Hitzeapplikation eine graduelle Reduktion der Stimulations-ergebnisse. Bei der einzelnen Stimulation, in der dieser Effekt nicht beobachtet wurde, versagten Blasen- und Sphinkterantwort gleichzeitig bei 48 °C, welches auf einen zu schnellen Temperaturanstieg zurückgeführt wurde. Diese Erklärung wurde durch die fehlende Erholung des Nerven erhärtet. Früheste Veränderungen der Stimulationsantworten wurden bei $44,5 \text{ °C} \pm 1,4 \text{ °C}$ gesehen. Die Auswertung der vorliegenden Daten ergab eine signifikante Reduktion der sphinkter-spezifischen Antworten auf Elektrostimulation im Mittel um $78 \pm 17,1 \%$ und der blasen-spezifischen Antworten im Mittel um $36,1 \pm 13,0 \%$. Um das

Abbildung 2: Stimulationsantworten einer S2 Sakralnerven-Vorderwurzel (Impulsdauer: 6 sec im 24 sec-Intervall) unter extraduraler Wärmeapplikation (grauer Bereich) zeigen eine temperaturabhängige Reduktion der intravesikalen und intraurethralen Druckantwort mit einer stärkeren Absenkung der Sphinkterkontraktion.

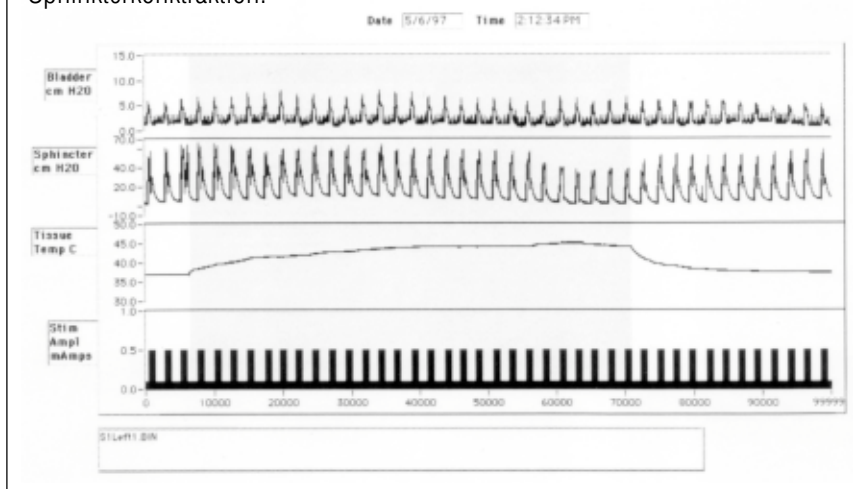
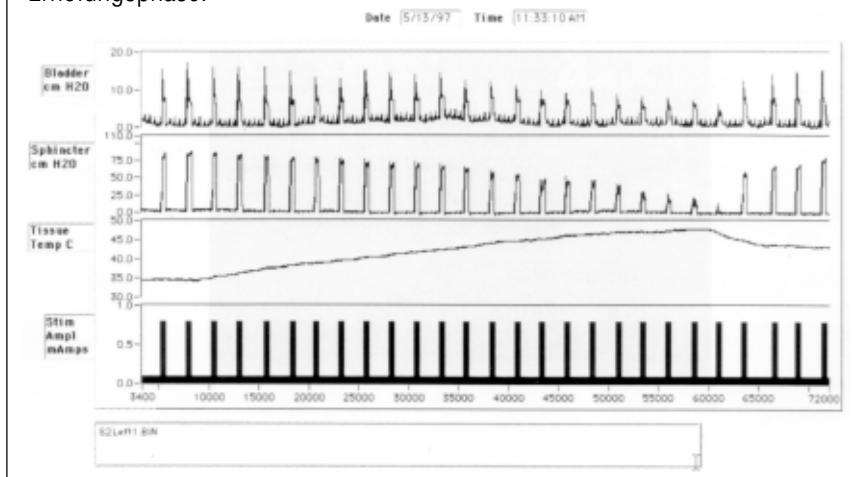


Abbildung 3: Stimulationsantworten einer S2 Sakralnerven-Vorderwurzel (Impulsdauer: 6 sec im 24 sec-Intervall) unter extraduraler Wärmeapplikation (grauer Bereich) zeigen neben einer temperaturabhängigen Reduktion insbesondere der intraurethralen Sphinkterantwort eine typische funktionelle Erholungsphase.



Erholungspotential der Sakralnerven zu untersuchen, wurde die Hitzeapplikation bei kompletter Ausschaltung der Stimulationsantwort sofort abgebrochen. Sowohl Sphinkter ($33,8 \pm 11,8 \%$)

als auch Blasenantwort ($25 \pm 15,4 \%$) zeigten eine partielle Rekonvaleszenz der ursprünglichen Funktion.

DISKUSSION

Sowohl die intra- wie auch die extradurale sakrale Nervenstimulation [12, 13] wurde in der Vergangenheit bei Patienten mit Läsionen oberhalb des spinalen Miktionszentrums zur kontrollierten Entleerung der Harnblase verwandt [12, 13]. Obwohl die dorsale Rhizotomie im Sinne einer segmentalen Deafferentation mit Erfolg zur Beseitigung der Detrusorhyperreflexie eingesetzt wird, findet sich zwar die simultane Kontraktion von Harnblase und urethralem Sphinkter, durch die Art des post-stimulus-voidings bei Kombination mit der sakralen Deafferentierung wurden jedoch bislang keine Schädigungen des Harntraktes beobachtet, sondern in den allermeisten Fällen konnte eine Normalisierung des bereits geschädigten oberen Harntraktes erreicht werden [1, 14, 15]. Dennoch ist eine Optimierung der Blasenentleerung wünschenswert, nicht zuletzt um eine zügige und noch verbesserte Blasenentleerung unter physiologischen Drücken zu erreichen. Unterschiedliche Optionen zur selektiveren Blasenaktivierung können nicht darüber hinwegtäuschen, daß die klinische Anwendung der elektrisch induzierten Miktions immer noch eine medizinische Herausforderung darstellt. Das Prinzip des sogenannten post-stimulus-voidings wurde vor mehr als 20 Jahren vorgestellt [2]. Die wiederholte Stimulation mit periodischer Unterbrechung des Stimulationsstromes wird dabei genutzt, um bei schneller Senkung des urethralen Widerstandes und noch erhöhtem Detrusordruck eine Blasenentleerung im Intervall zu ermöglichen.

Zusätzlich wurde ein experimentelles Modell entwickelt, welches unter sakraler Nervenstimulation darauf beruht, daß Stimuli mit hohen Frequenzen eine vorwiegende Ermüdung sogenannter Fast-Twitch-Fasern des urethralen Sphinkters bewirken, die substantiell größere Kräfte entwickeln als die sogenannten Slow-Twitch-Fasern [16]. Über andere Techniken einschließlich der selektiven peripheren Neurotomie [17], der Pudendus-Neurotomie [18], der Sphinkterotomie oder Levatorotomie wurde berichtet [12, 19], jedoch müssen das Risiko des chirurgischen Traumas, einschließlich Impotenz sowie Harn- und Stuhlinkontinenz, berücksichtigt werden.

Neuere Arbeiten haben elektrische Blocktechniken untersucht. Obwohl auch die temporäre und reversible Blockade (Kollisionsblock) [20] des Nervus pudendus und der Anodenblock [21, 22], der auf der selektiven Stimulation kleiner myelinisierter präganglionärer Fasern innerhalb der sakralen Vorderwurzel beruht, nicht immer konsistente Resultate bei unterschiedlichen Autoren zeigte, stellen diese Techniken elegante Verfahren dar, um die aufwendige mikrochirurgische Dissektion zu vermeiden. Trotzdem muß darauf verwiesen werden, daß diese Resultate in Akutexperimenten zum Zeitpunkt der sakralen Elektrodenimplantation erzielt und bisher noch nicht in chronischen Versuchen bestätigt wurden.

Eine weitere Möglichkeit der selektiven Stimulation wurde kürzlich von Carter et al. [23] berichtet. Im Katzenmodell konnte die direkte Stimulation inner-

halb des Rückenmarkes auf der Höhe von S2 mittels Mikroelektroden eine ausschließliche Blasenkontraktion ohne Sphinkterbeteiligung erzielen, wobei jedoch die klinische Anwendung dieser Methode noch schwer vorstellbar erscheint. Eine attraktive Alternative stellt die intradurale Dissektion der sakralen Vorderwurzel in ihre Komponenten, die Fila radicularia, dar [3]. Unterschiedliche Studien bestätigen die operative Möglichkeit, intradural einzelne Fila radicularia innerhalb der sakralen Vorderwurzel zu identifizieren, die eine blasen- oder sphinkterspezifische Stimulationsantwort auslösen [4, 5]. Die Fragestellung bezüglich des Mechanismus der Wärme-induzierten Blockade von Nerven während der Elektrostimulation ist bisher nicht beantwortet. Mögliche Erklärungen in der Literatur reichen von strukturellen Nervenfaserveränderungen bis zu intranervalen Enzymverschiebungen [6–8]. Da die Verwendung von größerer Wellenlängen hauptsächlich einen Einfluß auf große Nervenfasern nimmt, wählten wir für unsere Experimente Radiofrequenz-Wellen, um große somatische Fasern, die den externen urethralen Sphinkter innervieren, innerhalb der sakralen Vorderwurzel zu blockieren. Dabei steht weniger eine elektrisch bedingte, sondern eine thermisch verursachte Nervendestruktion als primärer Mechanismus der Gewebeschädigung im Vordergrund [24, 25]. Während über den erfolgreichen Einsatz der extraduralen Kühlung unter Elektrostimulation sakraler Spinalnerven im akuten Tierexperiment kürzlich berichtet wurde [26], sind die publizierten Daten, die sich auf die Empfind-

lichkeit von Nervenfasern unter lokaler Hyperthermie beziehen, nicht uniform. Obwohl Schuhmacher et al. in der Lage waren, einen selektiven und insbesondere reversiblen Stimulationsblock zu erzeugen, ist zu betonen, daß insbesondere die technische Problematik einer für eine elektrische Kühlung erforderlichen Wärmeableitung an der Elektrode bisher noch nicht gelöst ist. Während Klump und Zimmermann [8] berichteten, daß eine komplette Blockade der Blutzirkulation infolge lokaler Wärmeapplikation A- und C-Faser-Aktionspotentiale über einen 4-stündigen Beobachtungszeitraum nicht beeinflusste, fanden Hess et al. [27] unabhängig von der Größe der Fasern ausgeprägte axonale Degenerationen und andere Untersuchungen entweder Veränderungen an Fasern kleinen [28] oder aber großen Durchmessers [29]. Diese kontroversen Resultate mögen durch Unterschiede in der Ischämie-Erzeugung und den unterschiedlichen Zeiträumen der Wärmeapplikation bedingt sein. Neuere Arbeiten fanden Nervenschädigungen wie z. B. axonale Schwellungen, Reduktion des Myelins-Scheiden-Durchmessers oder Vakuolenbildung innerhalb der Myelinscheiden bei Temperaturen ab 60 °C, wobei strukturelle Veränderungen der Nerven bei Anwendung niedrigerer Temperaturen nicht nachgewiesen werden konnten [10]. Die Ergebnisse unserer Studie zeigten neben einer progressiven Reduktion der Sphinkter- und Blasenantwort unter Elektrostimulation kritische Temperatur-Schwellenwerte bei lokaler Wärme-Applikation, deren kontinuierliches Monitoring für eine funktionelle Erholung der Sakralnerven unverzichtbar war.

Da lichtmikroskopische Untersuchungen die strukturelle Integrität myelinisierter Nervenfasern bei Anwendung von Temperaturen unter 60 °C belegten, sind zusätzliche Erklärungen für die reduzierten Druckantworten unter sakraler Elektrostimulation vonnöten. Basierend auf den vorgestellten ersten Beobachtungen unserer Akutexperimente, welche auf eine sphinkterspezifischere Reduktion der Stimulationsantwort deuten, werden zukünftige Studien folgende Punkte untersuchen: 1.) die Möglichkeit einer Kombination von sakraler Vorderwurzelstimulation und lokaler Hyperthermie des Nervus pudendus; 2.) die Möglichkeit einer Elektrostimulation und Wärmeapplikation der sakralen Vorderwurzel in Kombination mit einer Blockade des Nervus pudendus; und 3.) die Möglichkeit einer lokalen Wärmeapplikation in Kombination mit anderen elektrischen Blocktechniken. Vor einer eventuellen klinischen Anwendung steht die Notwendigkeit der oben genannten Untersuchungen, insbesondere um zu klären, ob die lokale Hyperthermie in der Lage ist, im chronischen Versuch ausreichend starke Detrusorkontraktionen auszulösen.

Literatur:

- McGuire EJ, Brady S. Detrusor-sphincter dyssynergia. *J Urol* 1979; 121: 774–7.
- Jonas U, Tanagho EA. Studies on the feasibility of urinary bladder evacuation by direct spinal cord stimulation. II. Poststimulus voiding: a way to overcome outflow resistance. *Invest Urol* 1975; 13: 151–3.
- Hohenfellner M, Paick JS, Trigo-Rocha F, Schmidt RA, Kaula NF, Thüroff JW, Tanagho EA. Site of deafferentation and electrode placement for bladder stimulation: clinical implications. *J Urol* 1992; 147: 1665–70.
- Probst M, Piechota HJ, Hohenfellner M, Gleason CA, Tanagho EA. Neurostimulation for bladder evacuation: is sacral root stimulation a substitute for microstimulation. *Br J Urol* 1997; 79: 554–66.
- Dahms SE, Muscheck M, Piechota HJ, Gleason CA, Hohenfellner M, Tanagho EA. Experimentelle Untersuchungen zur Behandlung von Funktionsstörungen von suprasakralen Rückenmarksläsionen – C.E. Alken Preis 1999. *Akt Urol* (in Druck).
- Letcher FS, Goldring S. The effect of radiofrequency current and heat on peripheral nerve action potential in the cat. *J Neurosurg* 1968; 29: 42–7.
- Friguesi TL, Siegfried J, Broggi G. The selective vulnerability of evoked potentials in the trigeminal sensory root to graded thermocoagulation. *Expl Neurol* 1975; 49: 11–21.
- Klump D, Zimmermann M. Irreversible differential block of A- and C-fibres following local nerve heating in the cat. *J Physiol* 1980; 298: 471–82.
- Hoogeven JF, Troost D, van der Kracht AHW, Wondergem J, Haveman J, Gonzalez-Gonzalez D. Ultrastructural changes in the rat sciatic nerve after local hyperthermia. *Int J Hyperthermia* 1993; 9: 723–30.
- Konno S, Olmarker K, Byröd G, Nordborg C, Strömquist B, Rydevik B. The European Spine Society AcroMed Prize 1994. Acute thermal nerve injury. *Eur Spine J* 1994; 3: 299–302.
- Guide for the Care and Use of Laboratory Animals, Institute of Laboratory Animal Resources, Commission on Life Sciences, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., USA, 1996.
- Tanagho EA, Schmidt RA, Orvis BR. Neural stimulation for control of voiding dysfunction: a preliminary report in 22 patients with serious neuropathic voiding disorders. *J Urol* 1989; 142: 340–5.

13. Brindley GS. The Ferrier Lecture, 1986. The actions of parasympathetic and sympathetic nerves in human micturition, erection and their seminal emission, and their restoration in paraplegic patients by implanted electrical stimulators. Proc R Soc Lond B 1988; 235: 111–20.

14. Rudy BC, Awad SA, Downie JW. External sphincteric dyssynergia: an abnormal continence reflex. J Urol 1988; 140: 105–10.

15. Arnold EP, Fukui J, Utleay A, Anthony WLF. Bladder function following spinal cord injury: a urodynamic analysis of the outcome. Br J Urol 1984; 56: 172–7.

16. Thüroff JW, Bazeed MA, Schmidt RA, Wiggan DM, Tanagho EA. Functional pattern of sacral root stimulation in dogs: I. Micturition. J Urol 1982; 127: 1031–3.

17. Haleem AS, Boehm F, Legatt AD, Kantrowitz A, Stone B, Melman A. Sacral root stimulation for controlled micturition: prevention of detrusor-external sphincter dyssynergia by intraoperative identification and selective section of sacral nerve branches. J Urol 1993; 149: 1607–12.

18. Bosch RILH, Bernard F, Aboseif SR, Schmidt RA, Tanagho EA. Perineal pudendal neurotomy versus selective neurotomy of the S2 somatic contribution to the pudendal neurotomy. Invest Urol 1992; 448: 48–52.

19. Sweeney JD, Mortimer JT, Bodner DR. Acute animal studies on electrically induced collision block of pudendal nerve motor activity. NeuroUrol Urodyn 1989; 8: 521–36.

20. Koldewijn EL, Rijkhoff NJM, van Kerrebroeck PEV, Debruyne FMJ, Wijkstra H. Acute animal studies on the use of anodal block to reduce urethral resistance in sacral root stimulation. J Urol 1984; 151: 1674–9.

21. Rijkhoff NJM, Koldewijn EL, van Kerrebroeck PEV, Debruyne FMJ, Wijkstra H. Acute animal studies on the use of anodal block to reduce urethral resistance in sacral root stimulation. IEEE Trans Rehab Eng 1994; 2: 92–9.



Priv.-Doz. Dr. med. Michael Hohenfellner

Geboren 1958 in Wien. 1983 Promotion zum Doktor der gesamten Heilkunde an der Universität Innsbruck. Von 1984 bis 1988 allgemeinchirurg. Ausbildung am Stadt Krankenhaus Rüsselsheim und am Klinikum Innenstadt der LMU München, wissenschaftlicher Mitarbeiter

am Physiologischen Institut der LMU München. Von 1988 bis 1996 Assistenzarzt und Oberarzt an der Klinik für Urologie und Kinderurologie, Klinikum Barmen der Universität Witten-Herdecke. Seit 1997 leitender Oberarzt der Urologischen Klinik und Poliklinik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

1993 Anerkennung als Arzt für Urologie, 1994 Habilitation zum Thema „Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Therapie von neurogenen Blasenfunktionsstörungen“. 1996 Anerkennung der fakultativen Weiterbildung „Spezielle urologische Chirurgie“.

Klinische und wissenschaftliche Schwerpunkte: Primäre und neurogene Funktionsstörungen des unteren Harntraktes, urologische Funktionsdiagnostik und Urologie der Frau, rekonstruktive Chirurgie des unteren Harntraktes, Harnableitung, Nierenchirurgie.

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. Michael Hohenfellner
Urologische Klinik und Poliklinik der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
D-55101 Mainz, Langenbeckstraße 1
e-mail: Hohenfellner@compuserve.com

22. Rijkhoff NJ, Wijkstra H, van Kerrebroeck PE, Debruyne FM. Selective detrusor activation by electrical sacral nerve root stimulation in spinal cord injury. J Urol 1997; 157: 1504–8.

23. Carter RR, McCreery DB, Woodford BJ, Bullara LA, Agnew WF. Micturition control by microstimulation of the sacral spinal cord of the cat: acute studies. IEEE Trans Biomed Eng 1995; 3: 206–14.

24. Smith HR, McWhorther JM, Challa VR. Radiofrequency neurolysis in a clinical model. J Neurol Sci 1979; 44: 19–43.

25. Wesselmann U, Lin SF, Rymer WZ. Effects of Q-switched Nd: YAG Laser irradiation on neural impulse propagation: II. Dorsal roots and peripheral nerves. Physiol Chem Phys Med NMR 1991; 23: 81–100.

26. Schumacher S, Bross S, Scheepe JR, Seif C, Jünemann KP, Alken P. Extradural cold block for selective neurostimulation of the bladder: development of a new technique. J Urol 1999; 161: 950–4.

27. Hess K, Eames RA, Darvenzia P, Gilliat RA. Acute ischaemic neuropathy in the rabbit. J Neurol Sci 1979; 44: 19–43.

28. Parry GJ, Brown MJ. Differential fiber vulnerability in experimental neuropathy. Neurology 1980; 30: 436.

29. Clark D, Hughes J, Gasser, H. Afferent function in the group of nerve fibers of slowest conduction velocity. Am J Physiol 1935; 114: 69–75.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)