



Heber Ferraz-Leite, *Zentralnervensystem Stimulation*, Mischtechnik auf Hartfaserplatte, (103x69 cm), 2020

Neurostimulation zur Behandlung chronischer Schmerzen

Medikamentöse Therapien sind nicht in jedem Fall in der Lage, chronische Schmerzen zu kontrollieren. In dieser Situation kann die Neurostimulation wertvolle Dienste leisten. Die entsprechenden Systeme haben sich seit Einführung dieser Technik vor gut 50 Jahren stark weiterentwickelt und verbessert, sodass den Patientinnen und Patienten mittlerweile verschiedene Stimulationsarten angeboten werden können. Für den Erfolg entscheidend ist eine sorgfältige Selektion der geeigneten Patienten und ihre Betreuung durch kompetente Schmerzspezialisten in entsprechend spezialisierten Zentren.

O bwohl die Pharmakotherapie in vielen Fällen erfolgreich in der Therapie chronischer Schmerzen ist, leidet ein Teil der Patientinnen und Patienten unter Schmerzen, insbesondere unter neuropathischen Schmerzen, die nicht selten auf keine der medikamentösen Behandlungsoptionen ansprechen.

Tiroler Kliniken



VON
Univ.-Prof. Dr.
WILHELM
EISNER
Universitätsklinik
für Neurochirurgie,
Medizinische
Universität Innsbruck

Zu extrazerebralen invasiven Neurostimulationsverfahren/Neuromodulation gehören:

- ▶ die epidurale Rückenmarkstimulation (Spinal Cord Stimulation, SCS)
- ▶ die Spinalganglienstimulation (Dorsal Root Ganglion Stimulation, DRG oder DRGS)
- ▶ die subkutane Nervenstimulation (SNS)
- ▶ die periphere Nervenstimulation (PNS)

ENTWICKLUNG

Die Geschichte der implantierbaren elektrischen Stimulationsysteme begann nicht im Bereich des Nervensystems, sondern

In diesen Fällen können extrazerebrale neurostimulative Verfahren wertvolle Dienste leisten. Neurostimulative Verfahren werden auch als neuromodulatorische Verfahren oder Neuromodulation bezeichnet.

net. Sie ermöglichen eine vorübergehende reversible elektrische Beeinflussung neuronaler Strukturen und schmerzleitender und -verarbeitender Systeme.

am Herzen. Am 8. Oktober 1958 wurde von Senning und Elmqvist in Schweden der erste elektronische Herzschrittmacher eingesetzt. Obwohl das verwendete System bereits am nächsten Morgen zum ersten Mal ersetzt werden musste und weitere Eingriffe folgten, lebte der Patient dank seines Schrittmachers noch bis ins Jahr 2001.¹

Die erste Neurostimulation, eine epidurale Rückenmarkstimulation (SCS), wurde 1967 von C. Norman Shealy eingesetzt.² Er behandelte damit erfolgreich einen 70-jährigen Lungenkarzinompatienten, der an Schmerzen im unteren Brust- und oberen Bauchbereich litt. Die Basis der Idee, durch eine Aktivierung afferenter A-beta-Fasern die spinale Schmerzübertragung zu lindern, bildete dabei die von Melzack und Wall 1965 vorgeschlagene Gate-Control-Theorie.³ Diese Theorie postuliert, dass eine übermäßige Aktivität dünner Fasern „das Tor öffnet“, während eine übermäßige Aktivität dicker Fasern „das Tor schließt“. Zudem geht sie davon aus, dass dickere Fasern eine niedrigere Aktivierungsschwelle für eine Depolarisation durch ein elektrisches Feld aufweisen und dadurch selektiv stimuliert werden können. Das heißt, in der Abfolge der Durchmesser haben die sensorischen Fasern die niedrigste Schwelle (deswegen auch immer die Kribbelparästhesien bei der SCS), dann kommen die Schmerzfasern und zuletzt die motorischen Fasern.

Nach den Erfahrungen von Shealy folgte 1969 in einem nächsten Schritt die erste tiefe Hirnstimulation und 1974 die erste permanente perkutane Rückenmark-Stimulationselektrode. Anfang der 1980er Jahre wurde dann der erste Prototyp eines voll implantierbaren Impulsgebers verfügbar. Die erste perkutane quadripolare Elektrode gab es 1984. Fünf Jahre später schließlich, 1989, wurde das Itrel-II-System und 1995 das Itrel-III-System eingeführt. Die Elektroden bestehen immer aus Platin, denn bei einer Elektrolyse (Abgabe von Ionen ins Gewebe) entsteht H_2O_2 , das gleich zu Wasser und Sauerstoff zerfällt. Elektroden aus Gold oder Silber dagegen würden neurotoxisch wirkende Gold- oder Silberionen an das Gewebe abgeben. Bitte nicht verwechseln: Früher hat man diese Metalle gerne verwendet, da sie antiseptische Eigenschaften aufweisen.

EPIDURALE RÜCKENMARKSTIMULATION (SPINAL CORD STIMULATION, SCS)

Die epidurale Rückenmarkstimulation (SCS) ist das am häufigsten eingesetzte Neurostimulationsverfahren. Sie gilt als ein etabliertes minimal-invasives Verfahren zur Behandlung von medikamentös nicht beherrschbaren, chronischen Schmerzen.

Zielpunkt einer SCS ist der Epiduralraum des Spinalkanals. Im Rahmen einer Teststimulation, die unter Lokalanästhesie durchgeführt werden kann, werden eine oder mehrere Elektroden mithilfe einer speziellen Punktionsnadel epidural an das zum Schmerzareal zugehörige Dermatome platziert (untere Extremität: etwa Th 10-L1, obere Extremität: etwa C4-C7). Danach wird über die Elektrodenkontakte Strom zugeführt, was zu einer Aktivierung der Tastfasern (A-beta) und einer Hemmung von Schmerzfasern (A-delta- oder C-Fasern) in der Substantia gelatinosa im Hinterhorn des Rückenmarks führt. Die durch die Stimulation ausgelösten Kribbelparästhesien sollen dabei möglichst das gesamte schmerzhaftes Areal umfassen und die Schmerzempfindung überlagern (Rationale: siehe Ausführungen zum Durchmesser von Nervenfasern und Stimulationsschwelle zwei Absätze weiter oben). Ist dies gegeben, gilt die Teststimulation als aussagekräftig. Es folgt eine mehrtägige Probeperiode, während der die für den jeweiligen Patienten am besten geeigneten Stimulationseinstellungen evaluiert werden.

Erst wenn durch die Teststimulation über drei bis fünf Tage eine deutliche Schmerzreduktion erreicht werden konnte und allenfalls bereits eine Reduktion der medikamentösen Schmerztherapie möglich wäre, erfolgt unter Vollnarkose oder in LA die definitive Implantation des Impulsgebers unter die Bauchhautdecke. Dieser Stimulator kann vom Arzt sowie vom Patienten telemetrisch kabellos bedient und angepasst werden. Die Nachsorge implantierter Patientinnen und Patienten beinhaltet eine ambulant durchführbare Kontrolle drei bis sechs Wochen nach der Operation. Danach sollte alle sechs Monate eine Routinekontrolle erfolgen.

Niederfrequente Stimulation

Da bis Herbst 2008 keine wiederaufladbaren Impulsgeber verfügbar waren, wur-

de bei der SCS aufgrund des geringeren Energiebedarfs und basierend auf der aus der Kardiologie stammenden Technologie eine niederfrequente Stimulation (30 bis 70 Hz) mit konstanter Spannung oder konstantem Stromfluss eingesetzt (Abb. 1). Durch die Entwicklung wieder-aufladbarer Stimulatoren können heute Verfahren angeboten werden, die mehr Energie verbrauchen, so die Hochfrequenz- und Burst-Stimulation als weitere Stimulationsmodalitäten, zum Beispiel bei Patientinnen und Patienten, bei denen mit der herkömmlichen tonischen Stimulation keine ausreichende Wirkung erzielt werden kann.

Hochfrequenzstimulation 10K

Bei der Hochfrequenzstimulation werden Frequenzen von 10.000 Hz eingesetzt (Abb. 1). Analog zur niederfrequenten Stimulation werden auch hier, im Rahmen eines minimal-invasiven Eingriffs, die Elektroden epidural an definierten Stellen im unteren Brustwirbelsäulenbereich platziert. Im Gegensatz zur niederfrequenten Stimulation löst die Hochfrequenzstimulation, wie auch die Burst- und High-Density-Stimulation, keine Kribbelparästhesien mehr aus. Daher kann die Platzierung der Elektroden ohne ein Parästhesie-Mapping in örtlicher Betäubung erfolgen. Die Mitarbeit der Patientin oder des Patienten ist so nicht mehr notwendig, weshalb die Platzierung der Elektroden auch in Allgemeinanästhesie durchgeführt und so die Belastung des Patienten reduziert werden kann.

Burst-Stimulation

Eine weitere, neuere Methode der Stimulation stellt die Burst-Stimulation dar. Hier werden Stimuli in Form von jeweils fünf Impulsen mit 500 Hz (Einzelspitzenintervall 1000 μ sec) 40-mal pro Sekunde eingesetzt (Abb.1, Seite 32). Die diskontinuierliche, stoßweise Abgabe von Impulsen in kurzer Folge soll dabei die natürliche Reizauslösung im Nervensystem des menschlichen Körpers nachahmen. Auch bei der Burst-Stimulation kommt es zu keinen Parästhesien mehr.

High-Density-Stimulation

Bei der High-Density(HD)-Stimulation kommen Impulse mit 1.000 Hz und längerer Impulsdauer, jedoch mit reduzierter Amplitude zum Einsatz. Auch durch diese

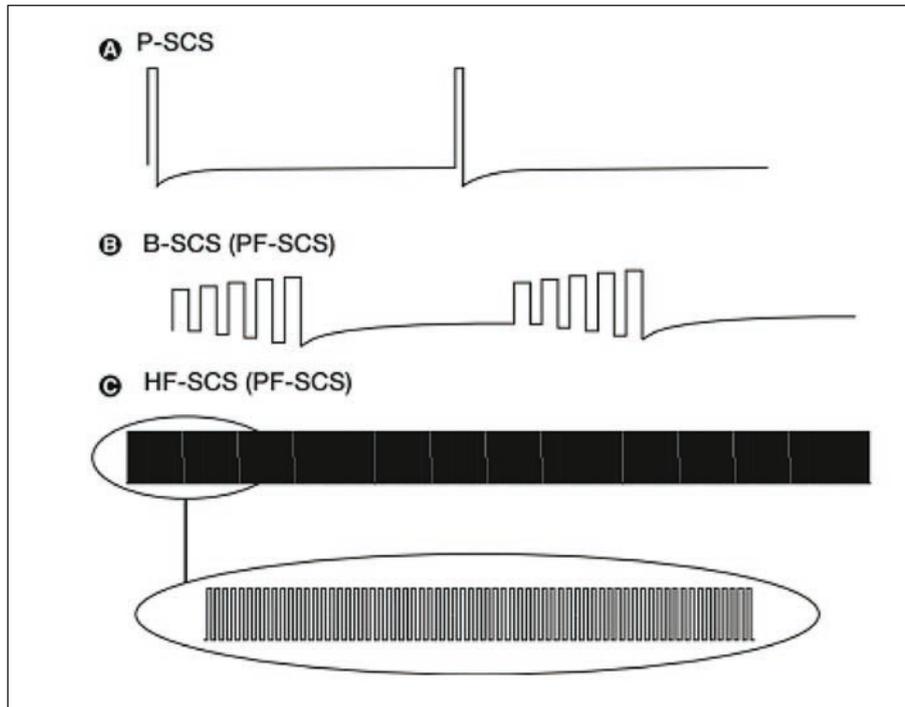


Abb. 1. Schematische Darstellung des Stimulationsmusters bei einer niederfrequenten SCS (oben), einer Burst-Stimulation (Mitte) und einer Hochfrequenz-Stimulation (unten).

Form der Stimulation werden keine Parästhesien mehr ausgelöst.

Indikationen

Die Indikationen einer SCS sind:

- ▶ therapieresistente Schmerzsyndrome, nach Ausschluss der kausalen Therapiemöglichkeiten
- ▶ Failed Back Surgery Syndrome (FBSS): radikuläre neuropathische oder gemischt neuropathisch-nozizeptive Schmerzen im Bereich der oberen und unteren Extremität
- ▶ Complex Regional Pain Syndrome (CRPS I, Morbus Sudeck)
- ▶ Deafferenzierungsschmerzen (CRPS II, Phantomschmerz, periphere Neuropathie etc.)
- ▶ vaskulärer Schmerz (periphere arterielle Verschlusskrankheit, Angina pectoris)
- ▶ inkomplette Querschnittssyndrome
- ▶ Stumpfschmerz
- ▶ Neuralgien
- ▶ periphere Ischämien

Kontraindikationen

Im Allgemeinen gelten als Kontraindikationen für Neurostimulationsverfahren

chronische Infektionen sowie psychiatrische Erkrankungen wie Demenz, Psychose, Persönlichkeitsstörungen und schwerste Depressionen. Eine positive Alkohol- und/oder Drogenanamnese stellt kein absolutes Ausschlusskriterium für neurostimulatorische Verfahren dar, können sie bei diesen Patientinnen und Patienten doch eine gute nicht-pharmakologische Alternative zur Schmerzkontrolle darstellen. Sie sind aber kontraindiziert, falls die Compliance nicht gewährleistet ist.

Eine SCS sollte nach derzeitigem Wissensstand bei Patienten mit Muskel-, Knochen- oder Gelenkschmerzen, Osteoporose oder Fibromyalgie nicht eingesetzt werden. Ebenso wenig bei Patienten, bei denen aufgrund von Begleiterkrankungen ein operativer Eingriff bzw. eine Vollnarkose nicht möglich ist, wie z. B. bei der Notwendigkeit einer vollständigen Blutverdünnung. Bei einem kompletten Wurzelausriss oder einem kompletten Querschnittssyndrom ist keine oder nur eine sehr geringe Wirksamkeit zu erwarten. Ein laufendes Pensionsbegehren stellt eine relative Kontraindikation dar.

Wirksamkeit

Konventionelle Neurostimulationsverfahren weisen den Nachteil auf, dass sich dazu keine placebokontrollierten Studien durchführen lassen. Dies hat zur Folge, dass diese Verfahren technikbedingt in nationalen, europäischen und internationalen Richtlinien keine starke Empfehlung erhalten, da sie den höchsten Evidenzgrad nicht erreichen können.^{4,5,6} Gerade für die SCS liegt mittlerweile aber eine große Zahl an guten Studiendaten vor, die ihren Einsatz bei entsprechend selektionierten Patientinnen und Patienten rechtfertigt. Kumar et al. konnten 2008 bei Patienten mit einem FBSS zeigen, dass die SCS im Vergleich zu einer konventionellen medikamentösen Schmerztherapie bei einem signifikant höheren Anteil der Patienten nach sechs Monaten zu einer Reduktion der Schmerzen um mindestens 50 Prozent geführt hatte (primärer Endpunkt der Studie).⁷ Zudem verbesserten sich die Lebensqualität und die funktionelle Leistungsfähigkeit der mit einer SCS behandelten Patienten signifikant. Die positiven Befunde blieben dabei über einen Zeitraum von mindestens 24 Monaten erhalten.⁸ In einer anderen Arbeit bei Patienten mit FBSS wurde eine SCS mit einer Re-Operation verglichen.⁹ Die SCS zeichnete sich hier ebenfalls durch ein besseres Resultat aus. Die Patienten der Re-Operationsgruppe benötigten zudem signifikant häufiger eine Steigerung der Opioidanalgetikadosis als Patienten mit einer SCS. Dass mithilfe einer SCS der Opioid Einsatz reduziert werden kann, zeigten auch Sanders et al. bei Patienten mit FBSS und CRPS.¹⁰ Zudem stellten sie in ihrer Arbeit eine bessere Schmerzreduktion und eine höhere Zufriedenheit der Patienten mit Schmerzen verschiedener Ursachen (darunter FBSS, CRPS, Angina) fest.

Die erste randomisierte, kontrollierte Arbeit, in welcher die parästhesiefreie Hochfrequenzstimulation (10.000 Hz, HF10-Therapie) bei Patienten mit chronischen Rücken- und Beinschmerzen mit einer SCS verglichen wurde, war die SENZA-Studie.¹¹ Sie zeigte eine deutliche Überlegenheit der HF10-Therapie. Der Effekt hielt dabei auch hier längerfristig an.¹² Eine multizentrische, retrospektive Real-World-Analyse verglich eine HF10-Therapie und die konventionelle SCS bei Patienten mit starken



Heber Ferraz-Leite, *Linderung*, Mischtechnik auf Hartfaserplatte, 60 x 40 cm), 2020

chronischen Schmerzen am Rumpf und/oder in den Beinen (Schmerzintensität von 8 bis 9).¹³ Die HD10-Therapie erreichte hier Ansprechraten von rund 70 bis 85 Prozent (Ansprechen definiert als mindestens 50-prozentige Schmerzreduktion gegenüber Ausgangswert). Neben den Schmerzen verbesserten sich auch die Funktion und der Schlaf. Bei etwa einem Drittel der Patienten konnte dank der Neurostimulation die medikamentöse Schmerztherapie reduziert werden. Erwähnenswert ist hier zudem, dass auch Patienten profitieren konnten, die bereits erfolglos mit einer niederfrequenten SCS vorbehandelt waren. Bekannt ist mittlerweile auch, dass die Resultate einer SCS besser sind, je früher im Erkrankungsverlauf die Neurostimulation eingesetzt wird.¹⁴

Die Burst-Stimulation wurde unter anderem im Rahmen der SUNBURST-Studie untersucht.¹⁵ Dabei wurde ein System verwendet, das sowohl eine traditionelle tonische als auch eine Burst-Stimulation

ermöglichte. Patientinnen und Patienten mit chronischen Schmerzen wurden nach einer erfolgreichen Testphase zuerst während zwölf Wochen mit dem einen, dann mit dem anderen Stimulationsmuster behandelt. Die Studie zeigte, dass eine Burst-Stimulation sicher und besser wirksam war als eine traditionelle tonische Stimulation.

Risiken

Die Risiken einer SCS sind als gering einzustufen. Sie beschränken sich auf Infektionen und Liquorverlustsyndrome nach versehentlicher Perforation der Dura (postpunktioneller Kopfschmerz). Hauptkomplikation stellt die Dislokation der Elektrode dar. Ein Literaturreview zur SCS, der einen Zeitraum von 20 Jahren umfasst, erhob eine Elektroden-Migrationsrate von 13,2 Prozent.¹⁶ Wie sich zudem zeigte, waren die Raten in den jüngeren Arbeiten deutlich niedriger, was auf die Weiterentwicklung der Systeme im Laufe der Zeit zurückgeführt werden kann.

SPINALGANGLIENSTIMULATION (Dorsal Root Ganglion Stimulation, DRG/DRGS)

Mit einer DRG kann gezielt ein Spinalganglion im Bereich der Hinterwurzel stimuliert werden. Auf diese Weise lassen sich insbesondere monoradikuläre Schmerzen in der Leiste (nach Hernienoperation), in den unteren Extremitäten (zum Beispiel Knie) und in spezifischen Körperregionen behandeln. Als möglicher Wirkmechanismus der DRG wird dabei eine Stabilisierung bzw. Reduktion der Übererregbarkeit des Spinalganglions diskutiert. Wie die niederfrequente SCS geht auch eine DRG mit einer Kribbelparästhesie einher. Die korrekte Lokalisation der Elektrode wird bei der DRG daher ebenfalls im Rahmen einer Teststimulation evaluiert, bevor dann eine definitive Implantation des Systems erfolgt.

Indikationen

Dieses Verfahren eignet sich besonders für:

- ▶ segmental begrenzte neuropathische

- Schmerzzustände
- ▶ CRPS
- ▶ Ilioinguinalis- und Iliohypogastricus-Neuropathien
- ▶ andere Mononeuropathien

Wirksamkeit

Die Wirksamkeit einer DRG konnte bei Patientinnen und Patienten mit einem komplexen regionalen Schmerzsyndrom (CRPS) Typ I oder II und Schmerzen in den unteren Extremitäten gezeigt werden, zum Teil erreichte die DRG hier bessere Resultate als eine SCS.¹⁷ Ein besserer Kontakt zu den neuralen Strukturen wird hier ursächlich diskutiert. Die Patientenakzeptanz bei der DRG wird höher beurteilt als bei der SCS. Bei Patienten mit postherpetischer Neuralgie erwies sich eine DRG ebenfalls als wirksam, jedoch sind hier die Daten weniger solide als beim CRPS. Zur Behandlung von Patienten mit diabetischer Neuropathie oder Phantomschmerzen liegt nur schwache Evidenz vor. Zur Wirksamkeit einer DRG bei Schmerzen in den oberen Extremitäten ist die Datenlage aktuell noch ungenügend.

SUBKUTANE NERVENSTIMULATION (SNS)

Bei der SNS werden eine oder mehrere meist vierpolige Elektroden in die Unterhaut implantiert, dieses Feld muss keinem definierten Nerv entsprechen, sollte aber nicht größer als 15 x 10 cm messen. Dazu wird der Subkutanraum mit einer Tuohy-Nadel punktiert und über diese dann die Elektrode eingeführt. Eine SNS geht ebenfalls mit Kribbelparästhesien einher. Für ein Ansprechen auf die Behandlung sollte das Parästhesie-Gebiet das schmerzhafte Areal zu mindestens 80 Prozent überlappen. Liefert eine Testphase von mehreren Tagen bis Wochen ein positives Resultat, erfolgt die definitive Implantation des Systems.

Indikationen

- Eine SNS kann eingesetzt werden bei:
- ▶ inkompletten Nervenschäden und Neuropathien peripherer Nerven
 - ▶ zervikogenen Kopfschmerzen
 - ▶ einer postherpetischen Neuralgie
 - ▶ Trigeminalneuralgie
 - ▶ Low Back Pain

Wirksamkeit

In retrospektiven Analysen konnte ge-

zeigt werden, dass die SNS eine wirksame therapeutische Option zur Behandlung von postherpetischen Schmerzen, Trigeminalneuralgie, Low Back Pain, chronischen zervikalen Schmerzen, thorakalen Schmerzen und FBSS darstellt.¹⁸ Eine prospektive Untersuchung bestätigte zudem die Wirkung einer SNS bei Low Back Pain.¹⁹ Eine weitere Arbeit ergab, dass die Kombination aus SNS und einer optimierten medikamentösen Therapie bei FBSS-Patienten mit Rückenschmerzen besser wirksam war als eine optimierte medikamentöse Therapie allein.²⁰

Risiken

Die korrekte Positionierung der Elektroden im Unterhautgewebe ist bei der SNS von großer Bedeutung. Wird die Elektrode zu tief platziert, so verspürt die Patientin bzw. der Patient nicht die nötigen Parästhesien. Bei einer zu oberflächlichen Positionierung verursacht die Stimulation dagegen einen brennenden Schmerz.

PERIPHERE NERVENSTIMULATION (PNS)

Die PNS eignet sich zur Behandlung chronischer Schmerzen, die eindeutig einem bestimmten Nerv zugeordnet werden können. Sie kann bei allen Nerven eingesetzt werden, die gut erreichbar und durch eine Elektrode stimulierbar sind. Zur Implantation wird der entsprechende periphere Nerv proximal der Läsion über eine Strecke von etwa zwei Zentimetern freigelegt, eine Elektrode etwa fünf Zentimeter entlang des Nerven in den epineuralen Spalt vorgehoben, fixiert und schließlich mit einem Neurostimulator verbunden. Die Stimulation erzeugt Kribbelparästhesien im Versorgungsgebiet des stimulierten Nerven. Ergibt sich innerhalb einer bis zu vierwöchigen Teststimulation eine signifikante und reproduzierbare Schmerzreduktion, wird das System definitiv implantiert.

Indikationen

- Eine PNS kann eingesetzt werden bei:
- ▶ peripheren Nervenläsionen
 - ▶ einer sympathischen Reflexdystrophie im Areal eines Nerven
 - ▶ CRPS II
 - ▶ einer inkompletten Plexusläsion
 - ▶ Phantomschmerzen

Wirksamkeit

Verschiedene Arbeiten untersuchten die

Wirksamkeit einer PNS bei Läsionen spezifischer Nerven.^{21,22,23} Shetty et al. stellten zum Beispiel fest, dass eine Stimulation des N. medianus in der Lage war, neuropathische Schmerzen nach einer traumabedingten Amputation und Reimplantation des Zeige- und Mittelfingers zu lindern.²³ In einer weiteren Studie konnte gezeigt werden, dass eine PNS bei Patienten mit moderaten bis schweren Schmerzen nach Amputation zu einer Verbesserung verschiedener Schmerzparameter führte.²⁴ Der Verbrauch an Schmerzmedikamenten veränderte sich in dieser Patientenpopulation durch die PNS jedoch nur wenig oder gar nicht. Eine prospektive multizentrische Studie zeigte, dass eine PNS bei Patienten mit chronischem Low Back Pain über einen Zeitraum von sechs Monaten zu einer signifikanten Verbesserung verschiedener Schmerz- und Lebensqualitätsparameter führte.²⁵ Bei Patientinnen und Patienten mit chronischer Migräne bewirkte eine PNS des N. occipitalis eine signifikante Reduktion der Kopfschmerztag.²⁶ Eine Wirksamkeit beim Cluster-Kopfschmerz wird diskutiert, jedoch sind noch weitere Untersuchungen nötig, um hier endgültige Aussagen treffen zu können.

Risiken

Eine 2007 publizierte Arbeit zeigte, dass es in bis zu 33 Prozent der Fälle einer PNS zu einer Elektrodendislokation kam.²⁷ Dodick et al. registrierten bei 157 eingeschlossenen Patienten 183 Nebenwirkungen (eingriff- und systembezogene), von denen 8,6 Prozent eine Hospitalisierung und 40,7 Prozent eine chirurgische Intervention notwendig machten.²⁶ Unter den Nebenwirkungen waren subkutane Hämatome, Serome, Hauterosionen, Schmerzen und Taubheitsgefühle im Bereich des implantierten Pulsgenerators sowie auch Batterieversagen, Funktionsausfälle der Verbindungen und Fehlfunktionen des Pulsgenerators.

TECHNISCHE FORTSCHRITTE

Neben der Möglichkeit, bei einer SCS verschiedene Stimulationsmuster einzusetzen, konnten in den letzten Jahren auch weitere wichtige Verbesserungen der Stimulationssysteme verwirklicht werden. So sind mittlerweile MRT-taugliche SCS-Systeme verfügbar. Damit ist es nun auch möglich, bei Patientinnen und Patienten mit einem

implantierten System unter bestimmten Bedingungen Ganzkörper-Magnetresonanzenuntersuchungen durchzuführen.

Eine weitere Schwäche früherer Stimulationsysteme war, dass die Intensität und Qualität der Stimulation von der Körperposition abhängig war. Dadurch mussten die Patienten die Stimulationsparameter immer wieder anpassen. Neuere Systeme sind nun jedoch in der Lage, einen Wechsel der Körperposition zu erkennen und die Impulsstärke automatisch der veränderten Situation anzupassen. Und schließlich verbesserten auch Entwicklungen auf dem Gebiet der Wireless Devices und der mobilen kabellosen Endgeräte den Komfort für die Patienten weiter. Wiederaufladbare Generatoren ermöglichen heute höherfrequente Stimulationsmuster und erhöhen die Lebenszeit der Devices auf über 15 Jahre.

SCHLUSSBEMERKUNGEN

Der Erfolg eines Neurostimulationsverfahrens wird unter anderem durch eine exakte Diagnose, die auf interdisziplinärer Basis gestellt wurde, sowie durch eine sorgfältige und strenge Patientenselektion bestimmt. Die Stellung der Indikation sollte daher an einem spezialisierten Zentrum erfolgen. Der Einsatz moderner Systeme, die zum Beispiel eine gute individuelle Konfiguration der Stimulation erlauben, sowie adäquate Implantationstechniken verbessern das Ergebnis zusätzlich. Ein entscheidender Faktor ist dabei auch die Erfahrung des Operateurs, weshalb Neurostimulationssysteme durch kompetente Spezialisten an entsprechend spezialisierten Zentren eingesetzt werden sollten.

Redaktion: Dr. Therese Schwender

Referenzen:

- 1 Larrson B et al. Lessons from the first patient with an implanted pacemaker. *PACE* 2003;26:114-124.
- 2 Shealy CN et al. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal columns: preliminary clinical report. *Anesth Analg* 1967;46:489-491.
- 3 Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science* 1965;150:971-979.
- 4 Tronnier V et al. Epidurale Rückenmarkstimulation zur Therapie chronischer Schmerzen. Zusammenfassung der S3-Leitlinie. *Der Schmerz* 2011;25:484-492.
- 5 Deer TR et al. International Neuromodulation Society Critical Assessment: Guideline Review of Implantable Neurostimulation Devices. *Neuromodulation* 2014;17:678-685.
- 6 Cruccu G et al. EAN Guidelines on Central Neurostimulation Therapy in Chronic Pain Conditions.



Heber Ferraz-Leite, *Einstellung notwendig!*, Mischtechnik auf Hartaserplatte, (60 x 40 cm), 2020 (Ausschnitt)

- Eur J Neurol 2016;23:1489-1499.
- 7 Kumar K et al. Spinal Cord Stimulation Versus Conventional Medical Management for Neuropathic Pain: A Multicentre Randomised Controlled Trial in Patients With Failed Back Surgery Syndrome. *Pain* 2007;132:179-188.
- 8 Kumar K et al. The Effects of Spinal Cord Stimulation in Neuropathic Pain Are Sustained: A 24-month Follow-Up of the Prospective Randomized Controlled Multicenter Trial of the Effectiveness of Spinal Cord Stimulation. *Neurosurgery* 2008;63:762-770.
- 9 North RB et al. Spinal Cord Stimulation Versus Repeated Lumbosacral Spine Surgery for Chronic Pain: A Randomized, Controlled Trial. *Neurosurgery* 2005;56:98-106.
- 10 Sanders RA et al. Patient Outcomes and Spinal Cord Stimulation: A Retrospective Case Series Evaluating Patient Satisfaction, Pain Scores, and Opioid Requirements. *Pain Pract* 2016;16:899-904.
- 11 Kapural L et al. Novel 10-kHz High-frequency Therapy (HF10 Therapy) Is Superior to Traditional Low-frequency Spinal Cord Stimulation for the Treatment of Chronic Back and Leg Pain. The SENZA-RCT Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology* 2015;123:851-860.
- 12 Kapural L et al. Comparison of 10-kHz High-Frequency and Traditional Low-Frequency Spinal Cord Stimulation for the Treatment of Chronic Back and Leg Pain: 24-Month Results From a Multicenter, Randomized, Controlled Pivotal Trial. *Neurosurgery* 2016;79:667-677.
- 13 Stauss T et al. A multicenter real-world review of

10 kHz SCS outcomes for treatment of chronic trunk and/or limb pain. *Ann Clin Transl Neurol* 2019;6:496-507.

- 14 Kumar K et al. Treatment of chronic pain with spinal cord stimulation versus alternative therapies: cost-effectiveness analysis. *Neurosurgery* 2002;51:106-115.
- 15 Deer T et al. Success Using Neuromodulation With BURST (SUNBURST) Study: Results From a Prospective, Randomized Controlled Trial Using a Novel Burst Waveform. *Neuromodulation* 2018;21:56-66.
- 16 Cameron T. Safety and efficacy of spinal cord stimulation for the treatment of chronic pain: A 20-year literature review. *J Neurosurg* 2004;100:254-267.
- 17 Deer TR et al. The Neuromodulation Appropriateness Consensus Committee on Best Practices for Dorsal Root Ganglion Stimulation. *Neuromodulation* 2019;22:1-35.
- 18 Sator-Katzenschlager S et al. Subcutaneous Target Stimulation in chronic non-cancer pain: A nation-wide retrospective study. *Pain Practice* 2010;10:279-286.
- 19 Kloimstein H et al. Peripheral Nerve Field Stimulation (PNFS) in Chronic Low Back Pain: A Prospective Multicenter Study. *Neuromodulation* 2014;17:180-187.
- 20 Eldabe SS et al. A Randomized Controlled Trial of Subcutaneous Nerve Stimulation for Back Pain Due to Failed Back Surgery Syndrome: The SubQStim Study. *Neuromodulation* 2019;22:519-528.
- 21 Stinson LW et al. Peripheral subcutaneous neurostimulation for control of intractable postoperative inguinal pain: a case report series. *Neuromodulation* 2001;4:99-104.
- 22 Kothari S et al. Percutaneous permanent electrode implantation to ulnar nerves for upper extremity chronic pain: 6 year follow up. *Reg Anesth Pain Med* 2006;31(5 Supp):16.
- 23 Shetty A et al. Median nerve stimulation in forearm for treatment of neuropathic pain post re-implantation of fingers: a case report. *Pain Pract* 2012;12(1 Supp):92.
- 24 Rauck RL et al. Treatment of post-amputation pain with peripheral nerve stimulation. *Neuromodulation* 2014;17:188-97.
- 25 Kloimstein H et al. Peripheral Nerve Field Stimulation (PNFS) in Chronic Low Back Pain: A Prospective Multicenter Study. *Neuromodulation* 2014;17:180-187.
- 26 Dodick DW et al. Safety and efficacy of peripheral nerve stimulation of the occipital nerves for the management of chronic migraine: long-term results from a randomized, multicenter, double-blinded, controlled study. *Cephalalgia* 2015;35:344-358.
- 27 Ishizuka K et al. A retrospective analysis of reasons for reoperation following initially successful peripheral nerve stimulation. *J Neurosurg* 2007;106:388-390.

LECTURE BOARD:

GOA DR. MICHAEL KERN
Schmerzambulanz Krankenhaus der Elisabethinen, Graz

UNIV.-DOZ. DR. MARTIN TRUMMER
Universitätsklinik für Neurochirurgie,
Medizinische Universität Graz

Fortbildungsanbieter:

Österreichische Schmerzgesellschaft

DFP-Literaturstudium in den Schmerznachrichten

2 DFP-PUNKTE

Neurostimulation zur Behandlung chronischer Schmerzen

So machen Sie mit: Entsprechend den Richtlinien der ÖÄK finden Sie im Anschluss an den Fortbildungsartikel Multiple-Choice-Fragen. Eine Frage gilt dann als richtig beantwortet, wenn Sie von den vorgegebenen Antworten alle richtigen angekreuzt haben. Für einen positiven Abschluss ist erforderlich, dass Sie vier der sechs Fragen richtig beantworten.

Bei korrekter Beantwortung werden **zwei DFP-Punkte** angerechnet.

Fax & Post: Schicken Sie diese Seite bitte per E-Mail an office@bkkommunikation.com, per Post an Schmerznachrichten, Bettschart&Kofler Kommunikationsberatung, Liechtensteinstraße 46a/1/1/9, 1090 Wien oder per Fax an: 01/319 43 78-20

Internet: Diesen Artikel sowie eine Reihe weiterer Fortbildungsartikel finden Sie auch auf www.oesg.at und www.pains.at sowie der Plattform „Akademie Lernwelt“ der Österreichischen Akademie der Ärzte unter www.meindfp.at, wo Sie die Fragen auch online beantworten können.

Ihre Teilnahmebestätigung ist auf www.meindfp.at unter „Meine Statistik“ downloadbar, wenn Sie ein Fortbildungskonto haben.

Gültig bis: 5/2023

1. **Welche Verfahren gehören zu den invasiven Neurostimulationsverfahren? (drei richtige Antworten)**
 - a) Epidurale Rückenmarkstimulation
 - b) Spinalganglienstimulation
 - c) Intrathekale Opioidtherapie
 - d) Subkutane Nervenstimulation

2. **Welche Verfahren gehen mit einer Kribbelparästhesie einher? (zwei richtige Antworten)**
 - a) Niederfrequente epidurale Rückenmarkstimulation
 - b) Hochfrequenzstimulation
 - c) Burst-Stimulation
 - d) Spinalganglienstimulation

3. **Wann wird bei einer epiduralen Rückenmarkstimulation von einer erfolgreichen Teststimulation gesprochen? (eine richtige Antwort)**
 - a) Wenn die Elektroden unter Vollnarkose platziert wurden
 - b) Wenn der Patient keine Kribbelparästhesien mehr spürt
 - c) Bei einer deutlichen Schmerzreduktion über drei bis fünf Tage nach Start der Teststimulation
 - d) Wenn es zu keiner Elektrodendislokation kommt

4. **Was sind die Kontraindikationen für eine epidurale Rückenmarkstimulation? (drei richtige Antworten)**
 - a) Knochenschmerzen
 - b) Psychose
 - c) Inkomplettes Querschnittsyndrom
 - d) Wenn der Patient zwingend eine Antikoagulation benötigt

5. **Was stellt eine Indikation für eine subkutane Nervenstimulation dar? (eine richtige Antwort)**
 - a) CRPS I
 - b) Stumpfschmerzen
 - c) Zervikogener Kopfschmerz
 - d) Periphere Ischämien

6. **Was gehört zu den Risiken einer peripheren Nervenstimulation? (drei richtige Antworten)**
 - a) Elektrodendislokation
 - b) Subkutanes Hämatom
 - c) Hauterosionen
 - d) Postpunktionelle Kopfschmerzen

Name: _____

Anschrift: _____ PLZ/Ort: _____

Telefon: _____ ÖÄK-Arztnummer: -

Bitte informieren Sie mich über neue DFP-Angebote der ÖSG (Literaturstudium, Webinar) unter folgender E-Mail-Adresse: _____