

Reversibles und minimalinvasives Verfahren

Rückenmarkstimulation bei «virgin back»

Dr. med. Janine-Ai Schlaeppli^a, Dr. med. Henner Niebergall^b, Dr. med. Friedrich Bremerich^c,
Prof. Dr. med. Andreas Raabe^a

^a Universitätsklinik für Neurochirurgie, Inselspital, Universitätsspital Bern, Bern; ^b Praxis für Schmerzmedizin Zürich, Zollikerberg;

^c Schmerzmedizin, Anästhesiologie, Universitätsspital Basel, Basel

Die Rückenmarkstimulation wird erfolgreich bei chronischen Schmerzen unterschiedlicher Art und Lokalisation eingesetzt, insbesondere bei persistierenden Rücken-/Beinschmerzen nach Rückenoperation, dem sogenannten «failed back surgery syndrome». Neuere Studien zeigten einen vielversprechenden Nutzen zur Behandlung von Rückenschmerzen auch bei nicht voroperierten Personen im Sinne eines «virgin back».

Einführung

Gemäss der Gesundheitsstatistik 2019 des Bundesamtes für Statistik litten im Jahr 2017 mehr als ein Drittel der Schweizer Bevölkerung ab 15 Jahren unter akuten und chronischen Rücken- und Kreuzschmerzen, die mit steigendem Alter an Häufigkeit deutlich zunahmten. Insgesamt mussten deshalb 34 512 Patientinnen und Patienten stationär behandelt werden und belasten unser Gesundheitssystem weiter. Personen mit chronischen Rückenschmerzen stellen nicht nur die behandelnde Ärzteschaft vor Herausforderungen, sondern stellen ein grosses sozioökonomisches und psychosoziales Problem dar. Die Palette der Behandlungsoptionen ist breit, von konservativer bis chirurgischer Therapie, doch wer profitiert von welcher Therapie?

Im folgenden Übersichtsartikel legen wir den Fokus auf die Neuromodulation, speziell auf die Rückenmarkstimulation («spinal cord stimulation» [SCS]). Unter Neuromodulation verstehen wir die Veränderung der Nervenaktivität durch gezielte Applikation eines Stimulus wie elektrischer Stimulation oder chemischer Substanzen an spezifische Strukturen des Nervensystems. Die Therapien der Neuromodulation umfassen die Tiefenhirnstimulation (zur Behandlung von Bewegungsstörungen wie Morbus Parkinson oder Tremor), die Rückenmarkstimulation zur Behandlung von neuropathischen und nozizeptiven Schmerzen nach mehrfachen Wirbelsäulenoperationen («failed back

surgery syndromes» [FBSS]), von Nacken-/Armschmerzen nach oder ohne vorgängige Operation (analog FBSS und «virgin back»), von Angina pectoris, peripherer arterieller Verschlusskrankheit und der Polyneuropathie, die Spinalganglionstimulation (zur Behandlung vom komplexen regionalen Schmerzsyndrom, von postoperativen lokalisierten Schmerzen wie zum Beispiel nach Knieoperationen, Leistenhernienrepair, Thorakotomien oder Mastektomien sowie von Zosterneuralgie), die Occipitalis-Nervenstimulation (zur Behandlung von trigemino-autonomen Kopfschmerzen wie zum Beispiel Cluster-Kopfschmerz) und zuletzt die Implantation einer Medikamentenpumpe (zur Behandlung der schweren Spastik und von Tumorschmerzen). Bezüglich Details über Indikationen, Komplikationen und Kosten-Nutzen-Verhältnis verweisen wir auf den Übersichtsartikel von Rutschmann et al. «Neuromodulation zur Behandlung chronischer Schmerzen» von 2008 im *Swiss Medical Forum* [1] und fassen hier nur kurz die wichtigsten Punkte zu Komplikationen und Kosten-Nutzen-Verhältnis zusammen:

Komplikationen:

- Elektrodendislokation 20%;
- Elektrodenbruch 3%;
- Probleme mit den Generatoren 6%.

Kosten-Nutzen-Verhältnis:

- Bei Patientinnen und Patienten mit Lumboischialgien gleichen sich die initial höheren Kosten der SCS nach 24–30 Monaten denjenigen der konventionellen Therapien an, und die SCS zeigte einen Vor-



Janine-Ai Schlaeppli

teil in einer Analyse, extrapoliert auf eine Restlebensdauer von 36 Jahren.

- Bei Patientinnen und Patienten mit komplexem regionalem Schmerzsyndrom sind die Kosten der SCS im ersten Jahr höher, nach drei Jahren hingegen tiefer als diejenigen der konventionellen Therapie. Bei einer Lebenserwartung von 40 Jahren, können mittels SCS 60 000 Dollar pro Patientin/Patient eingespart werden.
- Bei Patientinnen und Patienten mit refraktärer Angina pectoris zeigte eine Studie signifikant tiefere Kosten mit SCS nach zwei Jahren im Vergleich zum aortokoronaren Bypass. Die anfänglich höheren Kosten der SCS waren nach 15 Monaten wettgemacht, weil weniger invasive Untersuchungen und Hospitalisationen notwendig waren. Zusammenfassend waren die Kosten für die SCS günstiger als für revaskularisierende Verfahren (endovaskulär und chirurgisch).
- Bei Patientinnen und Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit ist die Datenlage nicht eindeutig.

In unserem Beitrag beschränken wir uns auf eine ganz besondere Patientenpopulation mit chronischen Rückenschmerzen ohne vorgängige Rückenoperation im Sinne eines «virgin back».

Prinzip der SCS und neue Stimulationsformen

Nun seit über vierzig Jahren wird die elektrische Rückenmarkstimulation (SCS) erfolgreich zur Behandlung von chronischen nozizeptiven, neuropathischen und viszerale Schmerzen eingesetzt, seitdem Norman Shealy diese Therapie 1967 als erster angewendet hat [2]. Der genaue Wirkmechanismus der SCS ist noch nicht vollständig geklärt. Die niederfrequente (30–1000 Hz), parästhesiebasierte respektive parästhesieauslösende andauernde (tonische) Stimulation basiert auf der Gate-Control-Theorie von Melzack und Wall von 1965 [3], die jedoch den klinischen Effekt nicht vollumfänglich erklären kann. Bei der Rückenmarkstimulation werden die Hinterstränge, speziell die dicken myelinisierten A β -Fasern (Berührung, Druck, Vibration) orthodrom und antidrom stimuliert. Dies führt auf spinaler Ebene zur Aktivierung von hemmenden Interneuronen, welche die in chronischen Schmerzzuständen hyperreagiblen «wide dynamic range»-(WDR-)Neuronengruppen in den Hinterhörnern dämpfen. Dabei wird γ -Aminobuttersäure (GABA) als hemmender Neurotransmitter von den hemmenden Interneuronen ausgeschüttet, was zu einer Desensibilisierung führt [4, 5]. Gleichzeitig wird die Ausschüttung

von exzitatorischen Neurotransmittern wie Aspartat und Glutamat verringert [6]. Somit wird das Wind-up-Phänomen, das zur Aufrechterhaltung der Schmerzverstärkung ans Gehirn beiträgt, unterbunden. Des Weiteren hat die Stimulation auf supraspinaler Ebene eine Top-down-Modulation im Bereich der Hinterhörner durch die Ausschüttung von Serotonin und Noradrenalin zur Folge [7, 8]. Die Stimulation der A β -Fasern bewirkt eine angenehme Empfindung von Parästhesien, welche die Schmerzempfindung coupiert.

In den letzten Jahren sind neue parästhesiefreie Stimulationsformen auf den Markt gekommen, wie zum Beispiel die BurstDR™-(De Ridder-)Stimulation oder die hochfrequente 10-kHz-Stimulation, die zunehmend die tonische Stimulation in den Hintergrund drängen (Tab. 1).

Einige Patientinnen und Patienten, die bereits seit vielen Jahren ein tonisches System gewohnt sind, möchten dies beibehalten und haben unter Umständen Mühe, sich an ein parästhesiefreies System anzupassen. Wenn Patientinnen und Patienten die Parästhesien bevorzugen, kann trotz parästhesiefreiem System die tonische Stimulation zusätzlich programmiert werden. Die BurstDR™-Stimulation ahmt, wie der Name sagt, den Feuermodus der Neuronen von Aktionspotentialen in Salven («burst») nach, im Gegensatz zum tonischen, kontinuierlichen Feuermodus. Das Besondere an BurstDR™ ist, dass nicht nur die sensorisch-diskriminative Komponente (anatomische Lokalisation, Intensität, Charakteristik) der Schmerzempfindung über das laterale System des Tractus spinothalamicus via Thalamus zum somatosensorischen Cortex moduliert wird, sondern auch die affektiv-emotionale Komponente über das mediale System des Tractus spinothalamicus via medialen Thalamus zum Operculum, der Insula und zum

Tabelle 1: Gegenüberstellung der wichtigsten Aspekte der traditionellen und der hochfrequenten «spinal cord stimulation» (SCS).

Traditionelle SCS	Hochfrequenz SCS
30–60 Hz	1–10 kHz
Parästhesiebasiert	Parästhesieunabhängig
Intraoperatives Parästhesie-Mapping an der wachen Person notwendig für die Elektrodenplatzierung, alternativ in Vollnarkose mit intraoperativem Neuromonitoring (IOM)	Elektrodenplatzierung kann anatomisch und in Vollnarkose erfolgen
Anpassung der Stimulation nach Körperposition	Keine Anpassung notwendig
Stimulation muss beim Autofahren ausgeschaltet werden	Autofahren ist mit der Stimulation möglich
Keine Gefahr der Überstimulation	Gefahr der Überstimulation

anterioren cingulären Cortex, also über das limbische System [9]. Dies hat zur Folge, dass der Schmerz als weniger unangenehm und bedrohlich empfunden wird.

Bei der 10-kHz-Stimulation werden die WDR-Neurone direkt stimuliert durch die tiefere Eindringtiefe der Stimulation in die Hinterhörner. Die dicken A β -Fasern werden nicht wie bei der tonischen Stimulation stimuliert, sondern blockiert, sodass keine Parästhesien ausgelöst werden [10].

Der Vorteil der neuen, parästhesieunabhängigen Stimulationsformen ist es, dass einerseits die Patientinnen und Patienten die Stimulationsstärke in Abhängigkeit der Körperposition (Stehen/Liegen) nicht mehr anpassen müssen und andererseits die Rückenschmerzen besser auf die Stimulation ansprechen. Die Schmerzabdeckung mit Parästhesien im Rücken gestaltete sich in der Vergangenheit mit der herkömmlichen tonischen Stimulation schwierig und das Ansprechen mit der tonischen Stimulation war limitiert. Einerseits ist dies darauf zurückzuführen, dass der axiale Rückenschmerz gemischte nozizeptive und neuropathische Eigenschaften aufweist [11–13]. Andererseits ist das Rückenmark in seiner gesamten Länge im Querschnitt unterschiedlich breit und der Abstand des Epiduralraumes zum Rückenmark variiert ebenfalls je nach Kyphose durch die Brustwirbelsäule oder Lordose durch die Lumbalwirbelsäule. Je weiter kranial, desto grösser wird der Abstand vom Epiduralraum zum Rückenmark, der bei T5 am grössten ist. Um die Dermatome L1 und L2, die den unteren Rücken repräsentieren, mit der Stimulation erfassen zu können, muss die Elektrode um T8–T9 platziert werden. Je mehr Liquor zwischen Rückenmark und Epiduralraum vorhanden ist, desto geringer ist der Widerstand für die Stimulation. Da die Hinterwurzeln eine tiefere Reizschwelle besitzen als die Hinterstränge, werden diese zuerst stimuliert, was für Patientinnen und Patienten sehr unangenehme Parästhesien thorakal, das heisst in nicht schmerzhaften Gebieten, verursachen kann, was bisher therapielimitierend war [14]. Dieses Problem konnte dank der neuen parästhesiefreien Stimulationsformen behoben werden. Andererseits konnte bei Patientinnen und Patienten mit Zosterneuralgie oder anderweitigen postoperativen Schmerzen thorakal oder abdominal dieser Nebeneffekt zur Stimulation genutzt werden. Weiter befinden sich die sensorischen Fasern für den unteren Rücken in tieferen Schichten der Hinterstränge, liegen eher lateral nahe an den Hinterwurzeln und sind feiner als die sensorischen Fasern für die untere Extremität, was die Rekrutierung und Stimulierbarkeit weiter erschwert [15, 16].

«Virgin back»

Wenn sich Patientinnen und Patienten in der Klinik oder Praxis vorstellen mit akuten neurologischen Defiziten oder einer Cauda-Symptomatik bei Massensprolaps oder nach einem schweren Wirbelsäulentrauma, ist eine zügige chirurgische Behandlung offensichtlich und indiziert. Wie ist es bei Personen mit unspezifischen Rückenschmerzen mit oder ohne ausstrahlende Schmerzen und ohne neurologische Defizite?

Abbildung 1 zeigt ein Magnetresonanztomogramm (MRT) eines 44-jährigen Patienten mit lumbalen Rückenschmerzen und brennender pseudoradikulärer Schmerzausstrahlung in beide dorsale Oberschenkel wie auch intermittierender Schmerzausstrahlung S1 links ohne sensomotorische Defizite. An erster Stelle steht die konservative Therapie mit Analgesie und Physiotherapie, die in eine multimodale Schmerztherapie mit psychosomatischer Beurteilung ausgeweitet werden kann. Ergänzend können interventionelle schmerztherapeutische Eingriffe wie zum Beispiel Facettengelenksinfiltrationen, Nervenwurzelinfiltrationen oder Radiofrequenzablationen angeboten werden [17].

Was nun, wenn diese Massnahmen trotz ausgebauter konservativer Therapie keine suffiziente Schmerzlinderung verschaffen? Hier gehen die Meinungen auseinander und die konservative wie auch die chirurgische Behandlung von Patientinnen und Patienten mit chronischen Rückenschmerzen ist kontroversen Diskussionen unterworfen, weil das klinische Langzeitergebnis unbefriedigend ist [18, 19]. In der Vergangenheit wurden diese Patientinnen und Patienten häufig unter eine Langzeitopiattherapie gesetzt, wovon sich die Schmerztherapie heutzutage glücklicherweise immer mehr distanzieret. Dies wird auch in den Leitlinien zur Opiatanwendung bei Nichttumorschmerzen berücksichtigt (LONTS 2020) [20]:

- In der Vergangenheit wurden diese Patientinnen und Patienten häufig unter eine Langzeitopiotherapie (>6 Monate) gesetzt.
- Beim isolierten Rückenschmerz besteht für die Anwendung von Opioiden in einem Zeitraum bis 26 Wochen Evidenz-Level Ia. In der Anwendung darüber hinaus Evidenz-Level IIa als offene Empfehlung. Wichtig ist, dass die Opioidabgabe nur durch eine Arztperson erfolgt, welche die Patientin/ den Patienten mindestens einmal im Quartal sieht. Vegetative, neurologische und endokrinologische Nebenwirkungen sollen erkannt und behandelt werden. Besonderes Augenmerk liegt auf der Beurteilung eines möglichen Fehlgebrauches, was in circa 1% der Fälle auftreten kann.

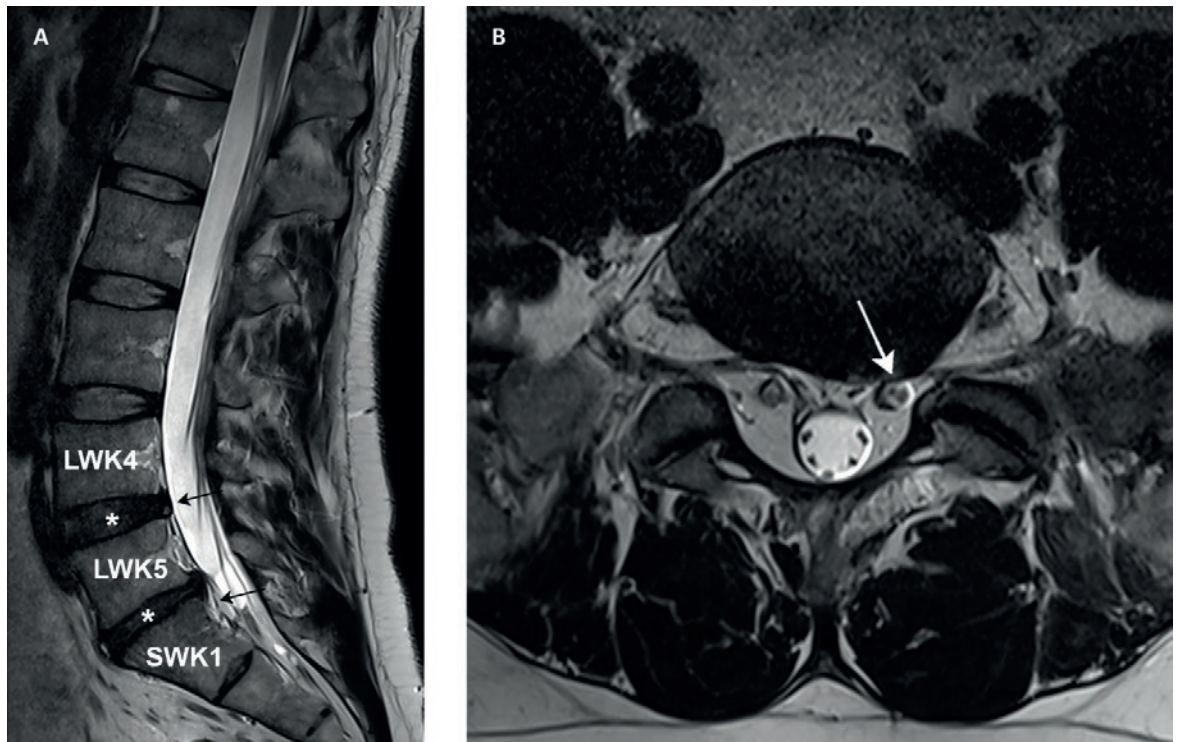


Abbildung 1: Im Magnetresonanztomogramm finden sich diskrete degenerative Veränderungen der Lendenwirbelsäule. **A)** In der sagittalen T2-gewichteten Sequenz zeigen sich eine «black disc» (*) und kleine Diskusprotrusionen (Pfeile) auf den Höhen LWK 4/5 und LWK 5/SWK 1 mit Höhenminderung der Bandscheibe auf Höhe LWK 5/SWK 1. **B)** In der axialen T2-gewichteten Sequenz auf der Höhe LWK 5/SWK 1 breites, linksbetontes Diskusbulging mit Tangierung der S1-Wurzel links. LWK: Lendenwirbelkörper; SWK: Sakralwirbelkörper.

Was kann in dieser Situation von chirurgischer Seite angeboten werden? Eine Möglichkeit wäre, die Diskusprotrusion mikrochirurgisch zu entfernen. Ob dadurch die Rückenschmerzen und die neuropathischen Schmerzen deutlich reduziert werden können, kann nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden [21]. Die andere Option wäre, die Bandscheibe auszuräumen, einen Platzhalter einzusetzen und dieses Segment mit

einer Spondylodese von ventral oder von dorsal zu versteifen. Dieses Verfahren ist invasiver und irreversibel. Eine andere Option ist die Testung der SCS, die minimalinvasiv durchgeführt werden kann und komplett reversibel ist (Abb. 2).

Die SCS wird seit über vierzig Jahren erfolgreich bei chronischen neuropathischen und nozizeptiven Schmerzen eingesetzt. In diversen Studien konnten die Effektivität und Überlegenheit der SCS gegenüber konservativen Therapien bei postoperativ persistierenden Rücken- und/oder Beinschmerzen im Sinne eines FBSS wie auch gegenüber wiederholten spinalen Eingriffen gezeigt werden [11, 12, 22]. Diese Studien untersuchten Personen mit im Vordergrund stehenden neuropathischen Beinschmerzen und tonischer, parästhesiebasierter Stimulation, die von der Stimulation mehr bezüglich der Beinschmerzen als der Rückenschmerzen profitierten. Kumar et al. 2007 [11] untersuchten die Effektivität der SCS zusätzlich zur konservativen Therapie bei Personen mit neuropathischen Beinschmerzen bei FBSS. 100 Patientinnen und Patienten wurden entweder in die konservative Gruppe oder konservative Gruppe plus SCS randomisiert. Nach sechs Monaten der Intention-to-treat-Analyse fand sich bei 48% der Studienteilnehmenden in der SCS-Gruppe eine >50%ige Schmerzreduktion gegenüber 9%

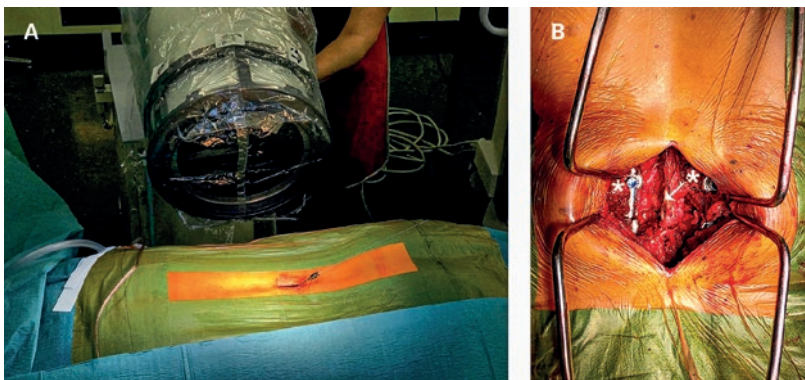


Abbildung 2: **A)** Minimalinvasive epidurale Punktion lumbal zur Einlage von Elektroden zur Testung einer Rückenmarkstimulation. Ein kleiner Hautschnitt bis zur Muskelfaszie wird durchgeführt, damit die Elektroden an der Faszie fixiert werden können. **B)** Offene dorsale «transforaminal lumbar interbody fusion»-(TLIF-)Spondylodese auf einem Segment mit vorgängiger Präparation und Separation der paravertebralen Muskulatur und Darstellung der Facettengelenke. Pfeil: Processus spinosus; *: Pedikelschrauben.

in der konservativen Gruppe. Im Vergleich zur konservativen Gruppe zeigten Patientinnen und Patienten mit SCS eine bessere Schmerzreduktion der Bein- und Rückenschmerzen, eine bessere Lebensqualität (SF-36), einen besseren funktionellen Status (Oswestry-Disability-Index [ODI]) und eine höhere Therapiezufriedenheit. Zwischen 6–12 Monaten waren fünf Teilnehmende der SCS-Gruppe in die konservative Gruppe gewechselt und 32 der konservativen Gruppe in die SCS-Gruppe. Dieselben Autorinnen und Autoren veröffentlichten 2008 [12] die Ergebnisse nach einem Follow-up von 24 Monaten. 37% in der SCS-Gruppe, 2% in der konservativen Gruppe und 47% der Patientinnen und Patienten, die eine SCS als endgültige Therapie erhalten hatten, zeigten eine Schmerzreduktion von >50% nach 24 Monaten sowie auch weiterhin eine Besserung der Lebensqualität, des funktionellen Status und der Therapiezufriedenheit. Mit der neuen 10-kHz-Stimulation [23–26] wurden weltweit seit 2013 diverse Studien publiziert bei Patientinnen und Patienten mit im Vordergrund stehenden Rückenschmerzen. In einer europäischen prospektiven klinischen multizentrischen Studie 2013 [24] wurden 83 Personen mit prädominanten Rückenschmerzen mit oder ohne Beinschmerzen eingeschlossen. 64% waren FBSS-Betroffene, 17% FBSS-Betroffene mit Wirkungsverlust der tonischen SCS und 19% waren «virgin back»-Patientinnen und -Patienten. 88% der Getesteten wurden nach einer Testphase (>50% Schmerzreduktion) definitiv implantiert. Nach sechs Monaten Follow-up berichteten 74% über eine >50%ige Schmerzreduktion. Das Bemerkenswerte an der Studie war, dass die «virgin back»-Betroffenen am meisten von der Stimulation profitiert haben, nämlich 94% der getesteten «virgin back»-Patientinnen und -Patienten. Um diese neue Erkenntnis zu untermauern, wurde 2017 dazu die Proof-of-Concept-Studie publiziert mit 21 Studienteilnehmenden, von denen 20 nach einer positiven Testphase (>50% Schmerzreduktion) implantiert wurden [25]; 17 von 20 erreichten das Follow-up nach 36 Monaten [26]; 16 (80%) erfuhren eine Schmerzreduktion von >50%, 14 erreichten eine Reduktion des ODI von >15 Punkten und 88% aller Untersuchten nahmen keine Opiate mehr ein im Vergleich zu 10% zu Beginn der Studie. Die Zahl der erwerbsfähigen Patientinnen und Patienten im Alter zwischen 18 und 65 Jahren stieg von 11 zu Beginn der Studie auf 15 nach 36 Monaten Follow-up. Insgesamt führte die Stimulation zu einer statistisch signifikanten Verbesserung der Lebensqualität, gemessen mithilfe der SF-36- und EQ-5D-Fragebögen. Bezüglich der Komplikationen klagten zwei Studienteilnehmende über «pocket pain» (Schmerzen im Bereich des Stimulators und der Stimulatortasche), wobei einer revidiert werden musste. Drei Untersuchte

hatten eine nicht revisionsbedürftige Elektrodendislokation, die umprogrammiert wurde. Es traten keine «serious adverse events» bei dieser Studie auf.

2015 wurde die «noninferiority SENZA-RCT» publiziert [27] (Evidenzklasse 1b), welche die Sicherheit und Effektivität der 10-kHz-Stimulation mit der traditionellen niederfrequenten Stimulation bei Patientinnen und Patienten mit Rücken- und Beinschmerzen verglichen hat. Insgesamt wurden 198 Studienteilnehmende 1:1 randomisiert und 171 davon wurden implantiert bei einer Schmerzreduktion von >50% der Rückenschmerzen («responders»). Nach drei Monaten erwiesen sich in der 10-kHz-Gruppe 84,5% der Untersuchten als «responders» für Rückenschmerzen und 83,1% für Beinschmerzen. In der traditionellen SCS-Gruppe waren 43,8% «responders» für Rückenschmerzen und 55,5% für Beinschmerzen. Die Überlegenheit der 10-kHz-Stimulation hielt über eine Beobachtungszeit von 24 Monaten an: 76,5 versus 49,3% für Rückenschmerzen und 72,9 versus 49,3% für Beinschmerzen [28].

2020 wurde die «Maiden Back Study» [29] publiziert, hierbei wurden 21 «virgin back»-Betroffene, die Zeichen der zentralen Sensibilisierung (Allodynie und Hyperalgesie) aufwiesen, mit der 10-kHz-Stimulation behandelt. Nach 12 Monaten zeigten 52% der Patientinnen und Patienten eine >50%ige Schmerzreduktion der Rückenschmerzen und 44% eine Remission (Rückenschmerz: visuelle Analogskala [VAS] 0,3 cm). 40% wiesen einen ODI-Score zwischen 1–40 auf, 60% eine Reduktion von >10 ODI-Punkten. Insgesamt konnte die 10-kHz-Stimulation die Rücken- und Beinschmerzen, die Lebensqualität (EQ-5D) und den funktionellen Status (ODI) verbessern und reduzierte den Analgetikabedarf.

Diese Resultate werfen die Frage auf, ob die 10-kHz-Stimulation eine frühere Therapieoption darstellen und effektiver sein könnte, bevor ein irreversibler wirbelsäulenchirurgischer Eingriff durchgeführt wird. Weitere grosse, internationale multizentrische Studien sind aktuell noch im Gange.

Welche Voraussetzungen müssen für eine SCS-Testung erfüllt sein?

- Ausschöpfung der konservativen Schmerztherapie inklusive multimodaler Schmerztherapie.
- Keine pathologischen Befunde in der Bildgebung korrelierend zur Klinik, die eine chirurgische Therapie erfordern, zum Beispiel Diskushernie, Anschlusssegmentdegeneration mit Einengung des Spinalkanals.
- Ausschluss von Differenzialdiagnosen, zum Beispiel spinale Metastasen.

- Interdisziplinäre gute Patientenselektion.
- Frühe Evaluation, idealerweise 1–2 Jahre nach Symptombeginn – je früher die Behandlung mit der Neuromodulation erfolgt, desto besser sind die Erfolgschancen [30].
- Die Patientin/ der Patient versteht das Verfahren und ist compliant.
- Psychiatrische Erkrankungen müssen behandelt und gut unter Kontrolle sein, wohingegen Patientinnen und Patienten mit einer Persönlichkeitsstörung eher ein schlechtes Ergebnis in der Testphase und langfristig aufweisen.
- Reduktion der oralen Medikation, insbesondere von Opiaten erwünscht.
- Keine lokalen/systemischen Infektionen.
- Blutverdünnung vorzugsweise absetzen oder überbrücken; unter Acetylsalicylsäure alleine kann der Eingriff mit einem leicht erhöhten Blutungsrisiko trotzdem durchgeführt werden, wenn ein Absetzen nicht möglich ist.

Wie wird die SCS durchgeführt?

Der Eingriff erfolgt in Bauchlage unter Durchleuchtung entweder in Lokalanästhesie oder in Intubationsnarkose. Die Anästhesieart hängt einerseits von der Sedationsfähigkeit und den Vorerkrankungen der Patientinnen und Patienten ab wie auch von deren Vorlieben sowie denjenigen des Implanteurs. Die Punktion und die Technik sind ähnlich wie bei der Periduralanästhesie, allerdings ist der Einstichwinkel viel flacher (ca. 45°), um ein problemloses Hochschieben der Elektrode zu ermöglichen und spätere Elektrodenfehlfunktionen zu vermeiden. Der Epiduralraum wird unter Röntgenkontrolle punktiert und 1–2 zylindrische Elektroden (sogenannte Stabelektroden) werden perkutan bis nach mid-thorakal vorsich-

tig vorgeschoben. Bei wachen Patientinnen und Patienten wird intraoperativ stimuliert, das heisst, dass mit einem externen Stimulator Parästhesien induziert werden. Das Ziel dabei ist, das Schmerzgebiet zu 80% abzudecken. Wenn der Eingriff in Intubationsnarkose durchgeführt wird, werden die Elektroden für die Rücken- und Beinschmerzen entweder anatomisch auf Höhe T8–T10 (für die hochfrequente Stimulation) oder mithilfe des intraoperativen Neuromonitorings (somatosensorisch evozierte Potenziale [SEP], Elektromyographie [EMG] oder motorisch evozierte Antworten mittels «double train»-Stimulation [31]) platziert. Bei erschwelter Kooperation der Patientinnen und Patienten, sei es durch Medikamenteneinfluss, Lagerung, Angst oder Sprachbarrieren, empfiehlt es sich, den Eingriff in Intubationsnarkose durchzuführen. Nach Platzierung der Elektroden werden diese an der Muskelfaszie fixiert und im Bereich der Flanke ausgeleitet. Die Testphase dauert 1–3 Wochen und wird vorzugsweise im häuslichen beziehungsweise Arbeitsumfeld durchgeführt. Das Ziel ist eine Schmerzreduktion von >50%, eine Verbesserung der Schlafqualität, des Wohlbefindens und der Aktivität. Wichtig ist zu erwähnen, dass die Hygienevorschriften (Wundkontrolle, Desinfektion und Verbandwechsel) befolgt werden müssen. Die vorgängige Schmerzmedikation wird unverändert eingenommen, um das Testergebnis beurteilen zu können. Nach der Testphase entscheidet sich, ob die Implantation des Impulsgebers erfolgt oder ob die Elektroden entfernt werden. Es gibt neben den perkutanen Stabelektroden sogenannte Plattenelektroden, die offen-mikrochirurgisch eingelegt werden. Einige Kolleginnen und Kollegen bevorzugen es, von Anfang an Plattenelektroden zu verwenden. Wir verwenden die Plattenelektroden nur bei Elektroden dislokationen, wenn aufgrund von Narbengewebe keine Stabelektrode mehr platziert werden kann, oder bei Revisionen bestehender Plattenelektroden (Abb. 3).

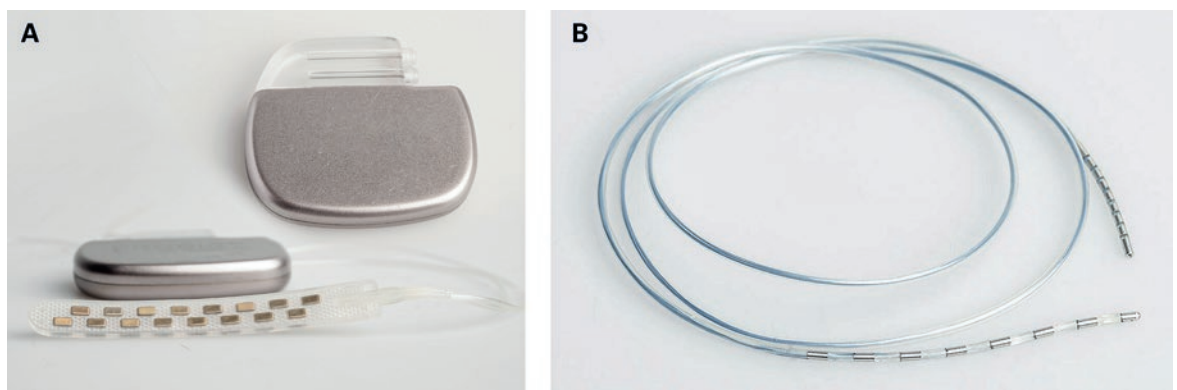


Abbildung 3: A) Plattenelektrode mit Impulsgeber für die offen-chirurgische Einlage. B) Stabelektrode für die minimalinvasive perkutane Einlage.

Vor- und Nachteile der SCS gegenüber anderen wirbelsäulenchirurgischen Verfahren

Vorteile der SCS

- Minimalinvasives Verfahren;
- reversibel, keine anatomisch-strukturellen Veränderungen;
- Verfahren kann getestet werden;
- MRT-taugliche Systeme sind verfügbar.

Nachteile

- Implantat im Körper;
- Impulsgeber muss nach ein paar Jahren gewechselt werden wie bei einem Herzschrittmacher;
- hohe Kosten bei der Implantation, nach circa zwei Jahren gleichen sich die Kosten der konservativen Therapie an [32, 33];
- je nach Hersteller und System besteht eine eingeschränkte oder fehlende MRT-Tauglichkeit.

Ausblick

Die Rückenmarkstimulation bei «virgin back»-Patientinnen und -Patienten scheint eine minimalinvasive und vielversprechende Therapieoption zu sein mit sehr gutem Ansprechen, die vorgängig getestet werden kann, insbesondere bevor irreversible wirbelsäulenchirurgische Eingriffe vorgenommen werden. Internationale multizentrische Studien werden aktuell durchgeführt. Aufgrund des minimalinvasiven Charakters des Eingriffes sollte die Neurostimulation innerhalb

von 1–2 Jahren nach Symptombeginn evaluiert werden. Insbesondere hinsichtlich der Opiatkrise in den USA ist die Neurostimulation eine sehr gute Alternative und kann der Opiatabhängigkeit entgegenwirken. Die Technologien entwickeln sich ständig weiter und die Neuromodulation wird in Zukunft immer mehr einen wichtigen Stellenwert in der Schmerztherapie einnehmen.

Informed Consent

Ein schriftlicher Informed Consent für die Publikation liegt vor.

Verdankung

Die Autorin und die Autoren bedanken sich bei Herrn Prof. Dr. med. Jan Gralla, Chefarzt und Klinikdirektor Neuroradiologie, Inselspital Bern, für die Bereitstellung der MRT-Bilder.

Disclosure statement

JAS hat Consulting Contracts mit Abbott und Nevro deklariert, ausserdem Zuschüsse von Nevro (Advisory Board) sowie von Abbott und Nevro (Teilnahme an Veranstaltungen und/oder Reisekosten). HN hat deklariert, Unterstützung von Nevro erhalten zu haben (Grants bzw. Contracts, Fortbildungsveranstaltungen, Advisory Boards, Reisekosten) sowie von Medtronic (Teilnahme an Veranstaltungen und/oder Reisekosten). FB gibt an, Zuschüsse von Nevro, Medtronic sowie der SSIPM erhalten zu haben (Berater-/Vortragshonorare, Teilnahme an Veranstaltungen und/oder Reisekosten) sowie von der SSIPM (Advisory Boards); ausserdem ist er Präsident der SSIPM. AR hat keine potentiellen Interessenskonflikte deklariert.

Ausgewählte Literatur

- 1 Rutschmann B, Mustaki JP, Buchser E. Neuromodulation zur Behandlung chronischer Schmerzen. *Swiss Med Forum*. 2008;08(16):294–99.
- 14 Oakley J. Spinal Cord Stimulation in Axial Low Back Pain: Solving the Dilemma. *Pain medicine*. 2006;7:S58–S63.
- 20 Häuser W, Ziegler D, Viniol A, Schäfer M, Hupfer K, Freys S, et al. Leitlinie Langzeitanwendung von Opioiden bei chronischen nicht-tumorbedingten Schmerzen (LONTS). www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/145-003l_S3_LONTS_2020-10.pdf.
- 27 Kapural L, Yu C, Doust MW, Gliner BE, Vallejo R, Sitzman BT, 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;123:851–60.
- 31 Schlaeppi JA, Schreen R, Mija R, Nowacki A, Pollo C, Seidel K. Intraoperative Motor Evoked Responses to Double-Train Paradigm Stimulation for Guiding Lead Placement and Postoperative Programming in Spinal Cord Stimulation for Pain. *Neuromodulation*. 2022 May 19:S1094-7159(22)00646-8.

Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie in der Online-Version des Artikels unter <https://doi.org/10.4414/smfm.2022.09082>.

Korrespondenz:
Dr. med. Janine-Ai Schlaeppi
Universitätsklinik für
Neurochirurgie
Inselspital
Universitätsspital Bern
Freiburgstrasse 16
CH-3010 Bern
[Janine.Schlaeppi\[at\]insel.ch](mailto:Janine.Schlaeppi[at]insel.ch)

Wichtigste für die Praxis

- Die Neurostimulation ist ein reversibles und minimalinvasives Verfahren.
- Das Ansprechen auf die Therapie kann vorgängig getestet werden.
- Eine sorgfältige interdisziplinäre Patientenselektion ist notwendig.
- Je früher die Neurostimulation erfolgt (innerhalb von 1–2 Jahren nach Symptombeginn), desto besser sind die Erfolgschancen.
- Die Testung einer Neurostimulation bei «virgin back» mit unspezifischen Rückenschmerzen und ohne neurologische Defizite kann als Alternative vor irreversiblen wirbelsäulenchirurgischen Eingriffen erwogen werden.