

Spinal Cord Stimulation bei chronisch neuropathischen Schmerzen

Robert Nickl, Michael Hartmann, Jens Broscheit

Die epidurale Rückenmarkstimulation (Spinal Cord Stimulation, SCS) ist – in erfahrenen Therapeutenhänden und bei evidenzbasierten Indikationen – ein sicheres, effektives Verfahren zur Therapie chronisch neuropathischer Schmerzen. Die Aktualisierung der S3-Leitlinie rückt neue Indikationen und Stimulationsparameter in den Vordergrund. Entscheidend für den Erfolg sind die kritische Indikationsstellung und eine adäquate Testphase.

ABKÜRZUNGEN

CMM	Conventional Medical Management
CRPS	Complex Regional Pain Syndrome
DPNP	Diabetische Polyneuropathie
DRG	Dorsal Root Ganglion
FBSS	Failed Back Surgery Syndrome
HF	Hochfrequenz
MMST	multimodale Schmerztherapie
NRS	numerische Ratingskala
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PSPS	Persistent Spinal Pain Syndrome
SCS	Spinal Cord Stimulation

Indikationsstellung

Die Indikationsstellung für die SCS erfordert eine umfassende, multidisziplinäre Herangehensweise, bei der die individuellen Bedürfnisse und medizinischen Gegebenheiten jedes Patienten im Vordergrund stehen. Dies beginnt mit einer detaillierten Anamnese und körperlichen Untersuchung, bei denen der bisherige Behandlungsverlauf des Patienten sorgfältig analysiert wird. Besonders die Effektivität bisheriger konservativer und operativer Therapien – einschließlich multimodaler Schmerzkonzepte und Opiattherapien – muss in Übereinstimmung mit den aktuellen Leitlinien bewertet werden.

Merke

Die SCS kommt als Option in Betracht, wenn konservative Methoden wie Medikamente, physikalische Therapie und psychotherapeutische Ansätze nicht zu einer ausreichenden Schmerzlinderung geführt haben.

Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Ausschöpfung aller nicht invasiven Behandlungsmöglichkeiten und der Ausschluss psychologischer oder psychiatrischer Kontraindikationen. Zu diesen gehören unbehandelte psy-

chische Störungen, wie bestimmte Persönlichkeitsstörungen und endogene Depressionen, Demenz, Substanzabhängigkeiten oder komplexe psychosoziale Problematiken, die eine erfolgreiche SCS-Therapie beeinträchtigen könnten.

Bei der Indikationsstellung spielen auch sozioökonomische und ethische Überlegungen eine Rolle. Es ist wichtig, die Erwartungen und Ziele des Patienten zu verstehen und abzuwägen, inwiefern die SCS zur Verbesserung der Lebensqualität beitragen kann. Ebenso bedeutsam ist die Aufklärung des Patienten über den Eingriff, mögliche Risiken und die Notwendigkeit einer langfristigen Nachsorge.

In der klinischen Praxis bleibt die Frage, ob eine multimodale Schmerztherapie (MMST) zwingend vor einer Rückenmarkstimulation erforderlich ist, oft unbeantwortet. In vielen Fällen wird jedoch eine MMST als Teil des interdisziplinären Assessments genutzt. Dieses Assessment schließt neben der standardisierten Schmerzanamnese auch eine umfassende psychologische oder psychiatrische Evaluation ein. Diese ganzheitliche Betrachtung ermöglicht es, die Eignung für eine SCS-Therapie besser einzuschätzen und sicherzustellen, dass der Patient von der Behandlung profitieren kann.

Cave

Ein laufendes Berentungsverfahren kann den Erfolg einer invasiven Schmerztherapie, aber auch einer MMST beeinträchtigen.

Andererseits kann die Indikationsstellung zur SCS-Therapie den Berentungsprozess nachhaltig ausbremsen.

Die Entscheidung für eine SCS sollte immer von einem interdisziplinären Team getroffen werden, das aus Schmerztherapeuten, Neurochirurgen, Psychologen und ggf. weiteren Fachdisziplinen, z.B. Körpertherapeuten, besteht. Dieser Ansatz gewährleistet, dass alle relevanten Aspekte der Schmerztherapie berücksich-

► **Tab. 1** Häufigkeit einzelner Schmerzsyndrome [2].

Schmerzsyndrom	Häufigkeit
neuropathische Schmerzen nach Thorakotomien	14% nach 12 Monaten
Schmerzen nach Mastektomien	29%
Schmerzen nach Leistenoperationen	11% nach 2 Jahren
Phantomschmerzen nach Amputationen (Kriegsverletzungen)	78%
komplexe regionale Schmerzsyndrome (CRPS) nach Radiusfrakturen	28% (kommen aber auch nach Bagatelltrauma und Operationen vor)
Schmerzen nach Bandscheiben-/Rückenoperationen	10–40%
zentrale Schmerzen nach Schlaganfall	8% nach 1 Jahr
zentrale Schmerzen bei Multipler Sklerose	28%

tigt und die besten Therapieoptionen für den individuellen Patienten ausgewählt werden [1].

Abschließend ist es entscheidend, dass die Indikationsstellung für eine SCS-Therapie nicht als isolierter Schritt gesehen wird. Vielmehr ist die Indikationsstellung Teil eines kontinuierlichen patientenzentrierten Behandlungsprozesses, der nach Implantation eine regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Therapie umfasst. Dies ist insbesondere wichtig, da sich die Schmerzsymptomatik und die Lebensumstände des Patienten über die Zeit ändern können. ► **Tab. 1** zeigt die Häufigkeit verschiedener Schmerzsyndrome.

Technische Aspekte der SCS

Die technischen Aspekte der epiduralen Rückenmarkstimulation sind vielfältig und erfordern ein tiefes Verständnis der verfügbaren Systeme und Stimulationsmodalitäten. Grundsätzlich besteht ein SCS-System aus Elektroden, die epidural nahe dem Rückenmark platziert werden, und einem Impulsgeber (Generator), der die elektrischen Signale erzeugt.

SCS-Systeme

Es gibt verschiedene Arten von SCS-Systemen, die sich hinsichtlich ihrer Programmierbarkeit, der Anzahl der Elektrodenkanäle und der Art der Stromversorgung (wiederaufladbar oder nicht wiederaufladbar) unterscheiden. Grundsätzlich haben heutige Implantationsmaterialien (Elektroden, Batterien und wiederaufladbare Impulsgeber) eine befriedigend lange, gegen 8 Jahre garantierte Lebensdauer. Wiederaufladbare Systeme sind für Patienten geeignet, die neben einer kontinuierlichen auch eine hoch energiekonsumierende

Stimulation benötigen. Neue Stimulationsparadigmen wie die Hochfrequenzstimulation benötigen viel Energie, sodass hier in der Regel ein wiederaufladbares System mit täglichem Ladevorgang erforderlich ist. Systeme mit externer Stimulation der einliegenden Elektrode können eine Option für Patienten sein, die nur intermittierende Stimulation benötigen.

Stimulationsmodalitäten

Die konventionelle SCS verwendet eine niedrigfrequente Stimulation (meist 40–60 Hz), die eine für die Mehrheit der Patienten angenehme Parästhesie im schmerzenden Bereich erzeugt. Mit dem Aufkommen parästhesiefreier Stimulationstechniken erstarkt das Wissen, dass mindestens 20% der Patienten selbst „warme“ Parästhesien nicht als angenehm empfinden. In den letzten Jahren haben sich auch andere Stimulationsformen etabliert. Dazu gehört die Hochfrequenzstimulation (HF-Therapie, z. B. 10.000 Hz), die keine Parästhesie verursacht und bei einigen Patienten effektiver sein kann [3]. Eine weitere Neuentwicklung ist die Burst-Stimulation, bei der Gruppen von Impulsen in schneller Abfolge geliefert werden. Diese unterschiedlichen Stimulationsformen eröffnen neue Möglichkeiten in der Schmerzbehandlung und ermöglichen eine individuellere Therapieanpassung [4].

Implantation und Platzierung der Elektroden

Die korrekte Platzierung der Elektroden ist entscheidend für den Erfolg der SCS. Sie erfolgt in der Regel unter fluoroskopischer Kontrolle, um eine genaue Positionierung zu gewährleisten. Die sog. Stabelektroden können perkutan bzw. per Punktion eingeführt werden, während sog. Plattenelektroden meist offen chirurgisch mittels interlaminaärer Fensterung implantiert werden. Die Zielregion für die Elektrodenplatzierung hängt von der Art und Lokalisation der Schmerzen ab (► **Abb. 1** u. ► **Abb. 2**). So werden sie beispielsweise für Schmerzen im unteren Rückenbereich und den Beinen in der Regel in der thorakalen Wirbelsäule platziert (► **Abb. 1**).

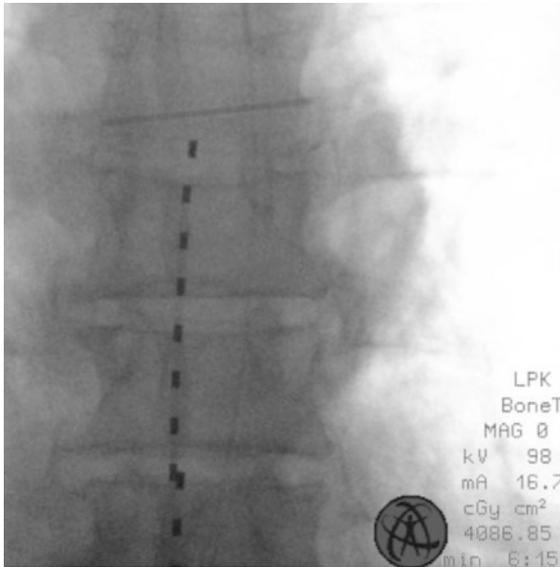
Testphase

Eine Testphase mit externalisierten Elektroden im Rahmen der SCS ist von hoher Wichtigkeit.

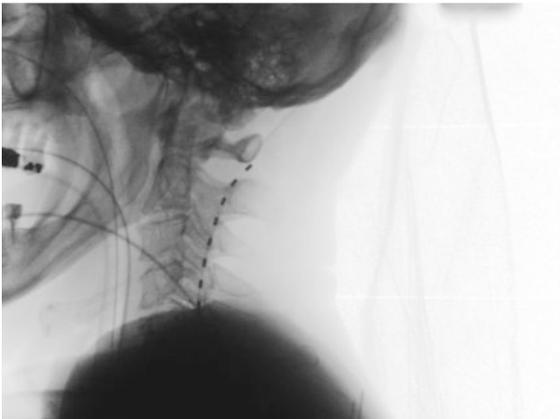
Merke

Die Testphase ermöglicht es, die Wirksamkeit der SCS-Therapie im Voraus zu bewerten und sicherzustellen, dass nur Patienten mit höheren Erfolgsaussichten die dauerhafte Implantation erhalten.

Dies ist besonders wichtig, da keine standardisierte klinische Methode existiert, um Patienten ausschließlich aufgrund klinischer Kriterien zu selektieren. Die Testphase hilft dabei, potenzielle Responder zu identifizieren, und bietet eine wichtige Chance, die Therapie zu



► **Abb. 1** Der Zielpunkt bei Schmerzsyndromen der unteren Extremitäten liegt bei Hochfrequenzstimulation im Bereich Th8/9.



► **Abb. 2** Bei Schmerzsyndromen der oberen Extremitäten ist eine hochzervikale Anlage nötig.

erleben, was die Patientenauswahl ergänzt und verbessert.

Für einen Test können die Elektroden ausschließlich via Nadelpunktion eingebracht und zusammen mit einem Impulsgeber außerhalb des Körpers fixiert werden. Dies ist das für den Patienten kleinste Trauma: OP-Schnitte sowie auch die im Fall eines negativen Tests zurückbleibende Narbe können – auch als Trigger für das Risiko einer möglichen Fehleinschätzung des Erfolges (Placebo) – so vermieden bzw. verringert werden. Dies ist einer der Gründe, warum die sog. Konversionsrate (Anzahl der nach positivem Test implantierten Systeme) je nach Zentrum, Selektionskriterien und Operateur zwischen 3/5 und 4/5 liegt. Eine hohe Konversionsrate spiegelt nicht zwangsläufig eine gute Patienten-

tenselektion wider, sondern kann auch durch falsch-positive Testergebnisse bewirkt werden.

PRAXIS

Als erfolgreich gilt eine Testerprobung

- bei einer Verbesserung des Schmerzniveaus auf der numerischen Ratingskala (NRS) von 50% gegenüber dem Ausgangsniveau [5] oder
- bei 30%iger NRS-Reduktion bei gleichzeitig gesicherter körperlicher, psychischer und sozialer Funktionsverbesserung [6, 7].

Programmierung und Anpassung

Nach der Implantation wird das SCS-System individuell programmiert, um die optimale Schmerzlinderung zu erreichen. Dies beinhaltet die Einstellung der Stimulationsparameter wie Amplitude, Frequenz und Impulsbreite. Die Programmierung ist ein iterativer Prozess, der eine enge Zusammenarbeit zwischen Patient und Behandler erfordert. Die Anpassungen können sowohl kurz nach der Implantation als auch im weiteren Verlauf notwendig sein, um auf Veränderungen in der Schmerzwahrnehmung oder den Lebensumständen des Patienten zu reagieren.

Sicherheit und Komplikationen

In Händen des erfahrenen Therapeuten und unter Berücksichtigung der Kontraindikationen (z. B. Gerinnungsstörungen/Antikoagulation, Infektion) gilt die SCS als sicher. Dennoch gibt es potenzielle Risiken und Komplikationen, die sowohl mit der Implantation als auch mit der langfristigen Nutzung verbunden sind. Dazu gehören Infektionen, Verschiebung der Elektroden, technische Störungen des Systems und in seltenen Fällen neurologische Schäden.

Merke

Eine sorgfältige Überwachung und regelmäßige Nachuntersuchungen sind erforderlich, um die Risiken der SCS zu minimieren.

Klinische Ergebnisse und Evidenz unter Berücksichtigung der neuen S3-Leitlinie

Seit der Einführung von SCS und im Verlauf der technologischen Entwicklungen konnte gezeigt werden, dass

- die tonische, d. h. die konventionelle Stimulation mit Parästhesien dem konventionellen medizinischen Management überlegen ist [8],
- die hochfrequente, parästhesiefreie Stimulation der konventionellen überlegen ist [9, 10] und
- die Spinalganglienstimulation der konventionellen SCS überlegen ist [6].

Bis zur Einführung parästhesiefreier Techniken wurden Sham-kontrollierte Studien durchgeführt (Übersicht bei [11]), blieben aber unbefriedigend. Eine möglicherweise relevante Erkenntnisse erbringende Studie, die 2020 von Al-Kaisy angekündigt wurde [12], ist bislang nicht publiziert.

Die Bewertung der klinischen Ergebnisse und der wissenschaftlichen Evidenz ist entscheidend für die Beurteilung der Wirksamkeit und Sicherheit der epiduralen Rückenmarkstimulation. In den letzten Jahren haben zahlreiche Studien und klinische Versuche wichtige Erkenntnisse über die Effektivität der SCS bei verschiedenen Schmerzsyndromen geliefert. Die neue Version der S3-Leitlinie zur epiduralen Rückenmarkstimulation erweitert den Umfang der bisherigen Empfehlungen erheblich [13].

Wirksamkeit bei neuropathischen Schmerzen

Studien haben gezeigt, dass SCS besonders wirksam bei der Behandlung von chronischen neuropathischen Schmerzen ist.

PRAXIS

Über eine signifikante Schmerzreduktion nach SCS-Therapie berichten häufig Patienten mit

- Persistent Spinal Pain Syndrome (PSPS, ehemals Failed Back Surgery Syndrome [FBSS]) [14],
- komplexem regionalem Schmerzsyndrom (Complex Regional Pain Syndrome [CRPS]) [15] und
- neuropathischen Schmerzen nach Thorakotomien.

Pivotal Studies zum FDA-Approval – somit randomisiert-kontrollierte Studien – zeigten: Bei Rückenpatienten waren nach 2 Jahren mehr als 80% Responder und bei CRPS-/Kausalgiepatienten nach 12 Monaten mehr als 80% Responder dokumentiert [5,6]. Auch wurde beispielsweise eine deutliche Verbesserung der Schmerzsymptome und Lebensqualität bei Patienten mit PSPS festgestellt. Für Non-surgical Back Pain, also Zustände gemischter Schmerzqualitäten, wird inzwischen über ein 2-Jahres-Follow-up berichtet [14,16]. Für die Therapie der Trigemineusneuropathie gibt es neben der subkutanen Elektrodenlage auch gute Hinweise für die Wirksamkeit von SCS. Neue Evidenz zur Effektivität rechtfertigt die Aufnahme der schmerzhaften diabetischen Polyneuropathie (DPNP) in die Empfehlungen der Leitlinie [17].

Ergebnisse bei nicht neuropathischen Schmerzsyndromen

Die Evidenz für einige nicht neuropathische Schmerzen zeigt eine umfangreiche Verbesserung. Daher wird die

frühere Empfehlung 0 (kann) auf den Empfehlungsgrad A mit dem Vermerk („frühzeitige Behandlung wichtig“) angehoben. Bei Erkrankungen wie therapierefraktärer Angina pectoris [18] und peripherer arterieller Verschlusskrankheit (pAVK) [19] kann SCS eine wertvolle Alternative zu herkömmlichen Behandlungen bieten. Dies gilt insbesondere, wenn chirurgische oder medikamentöse Ansätze nicht wirksam sind.

Vergleich mit anderen Behandlungsmethoden

Im Vergleich zu konventionellen medikamentösen und nicht medikamentösen Therapien (Stichwort: konventionelle medizinische Therapie) zeigen SCS-Patienten oft einen geringeren Bedarf an Schmerzmedikamenten, insbesondere Opioiden [20]. Dies ist besonders relevant angesichts häufiger medikamentöser Nebenwirkungen und Interaktionen durch Opioiden und antineuropathische sowie psychotrope Medikamente im Rahmen der Therapie chronischer Schmerzen. Neben der potenziellen Reduktion psychischer und körperlicher Abhängigkeit ist insbesondere vor dem Hintergrund der sog. Opioid-Krise das Potenzial der SCS zur garantiert „nicht medikamentösen“ Therapie erheblich.

Langzeiteffekte und Patientenzufriedenheit

Langzeitstudien zur SCS zeigen, dass die positiven Effekte der Behandlung über Jahre hinweg anhalten können.

Merke

Patientenzufriedenheit und -Compliance sind bei SCS hoch, was teilweise auf die Möglichkeit zurückzuführen ist, dass Patienten die Stimulationseinstellungen an ihre spezifischen Bedürfnisse anpassen können.

Dorsal Root Ganglion Stimulation bei CRPS I und II

Die neue S3-Leitlinie zur epiduralen Rückenmarkstimulation hebt die Bedeutung der Stimulation des Hinterwurzelganglions (Dorsal Root Ganglion, DRG) bei der Behandlung von CRPS Typ I hervor. Die Evidenz zeigt, dass DRG-Stimulation in Kombination mit konservativer Therapie (Conventional Medical Management, CMM) bei CRPS-Patienten eine effektivere Schmerzlinderung bewirken kann im Vergleich zu SCS und CMM [6]. Bereits in der vorangegangenen Version der S3-Leitlinie wurde die SCS der alleinigen CMM gegenüber favorisiert.

Patientenmanagement und Nachsorge

Das Management und die Nachsorge von Patienten, die eine SCS erhalten haben, sind entscheidend für den Langzeiterfolg der Therapie. Dieser Prozess umfasst verschiedene Aspekte von der Patientenschulung über

die Handhabung des Geräts bis hin zur Überwachung und Anpassung der Behandlung.

Patientenaufklärung und -schulung

Vor der Implantation ist es wichtig, die Patienten umfassend über das Verfahren, seine potenziellen Vorteile und Risiken zu informieren. Ebenso müssen die Patienten in der Handhabung des Gerätes, einschließlich des Ladevorgangs, geschult werden. Durch Erprobung eines Dummies auf der Haut kann sich der Patient Anhaltspunkte für die gewünschte Position des Impulsgebers verschaffen.

Nach der Implantation bedarf es kontinuierlicher Begleitung, um die Selbstwirksamkeit des Patienten, insbesondere auch in Bezug auf die SCS, zu fördern. Eine halbjährlich oder jährlich geplante Nachkontrolle unterstreicht und nährt die Patient-Operateur-Bindung. Auch gilt es zu differenzieren, ob neu auftretende Schmerzen und Schmerzqualitäten durch Modifikation der Stimulationsparameter behandelbar sind. Neu aufgetretene myofasziale Dysfunktion, Diskushernien oder nozizeptive Schmerzen (Facettengelenke, Iliosakralgelenk oder große Gelenke) müssen zusätzlich und anders durch das Team adressiert werden.

Management von Komplikationen

Obwohl die SCS im Allgemeinen als sicher gilt, können Komplikationen wie Infektionen, Verschiebung der Elektroden oder technische Probleme mit dem Stimulator auftreten (► Tab. 2). Ein schnelles und effektives Management dieser Komplikationen ist entscheidend, um langfristige Probleme zu vermeiden und die Sicherheit und Zufriedenheit der Patienten zu gewährleisten.

► Tab. 2 Chirurgische Komplikationen der Spinal Cord Stimulation in % [21].

Komplikation	90 Tage	1 Jahr
Wundinfektion	1,9	4,3
Hämatom	0,1	0,5
Serom	0,2	0,4
intraspinaler Abszess	<0,1	0,2
Revisions-OP	0,3	3,4
Liquorfistel	0,09	
Myelonverletzung	0,01	

Nachsorge

Regelmäßige medizinische Nachuntersuchungen sind wichtig, um die Funktionsweise des Systems zu überwachen und bei Bedarf Anpassungen vorzunehmen. Diese Termine bieten auch die Möglichkeit, die Schmerz niveaus des Patienten zu bewerten und die Stimulationsparameter entsprechend anzupassen. Da chronische Schmerzen oft psychische Komponenten haben, ist die Einbindung psychologischer Betreuung in das Nachsorgeprogramm von großer Bedeutung. Psychologische Unterstützung kann den Patienten helfen, besser mit ihrem Schmerzzustand umzugehen und die Lebensqualität zu verbessern. Eine langfristige Überwachung ist entscheidend, um die Wirksamkeit der SCS-Therapie zu beurteilen und auf Veränderungen im Zustand des Patienten zu reagieren (► Tab. 3).

► Tab. 3 Typisches Nachsorgeschema mit erhobenen Fragebögen zu chronischen Schmerzen und Lebensqualität.

Fragebogen, Untersuchung	initiale Vorstellung	Aufnahme zur Teststimulation	6–20 d nach Implantation der Teststimulation Aufnahme zur endgültigen Implantation	Nachkontrolle 4 Wochen nach OP	Nachkontrolle 3, 6, 9 und 12 Monate nach OP
Deutscher Verlaufsschmerzfragebogen (inkl. von Korff, DASS, soziale Situation)	x				x
DN4	x				x
PHQ	x				x
Verlaufsfragebogen „Aufnahme“ inkl. von Korff, DASS		x			
Verlaufsfragebogen „Entlassung“ inkl. von Korff, DASS			x	x	
Schmerztagebuch		x			
Patient global Impression of Change				x	x

DASS: Depressions-Angst-Stress-Skalen, DN4: Douleur Neuropathique en 4 Questions, PHQ: Gesundheitsfragebogen für Patienten

Merke

Die langfristige Überwachung der Patienten umfasst regelmäßige Bewertungen der Schmerzintensität, der Funktionalität im Alltag und der allgemeinen Lebensqualität.

Zukunftsperspektiven und Forschungsrichtungen

Technologische Innovationen

Fortschritte in der Medizintechnik könnten zu kleineren, effizienteren und benutzerfreundlicheren SCS-Geräten führen. Ebenso wird an der Entwicklung von „Closed-Loop-Systemen“ gearbeitet, die in Echtzeit auf die Schmerzsignale des Patienten reagieren und die Stimulation entsprechend anpassen [22].

Personalisierte Medizin

Ein bedeutender Trend in der SCS-Forschung ist die Individualisierung der Therapie. Durch den Einsatz von präziseren Diagnose-Tools und Algorithmen zur Datenanalyse könnte die Behandlung stärker auf die individuellen Schmerzmuster und Reaktionen der Patienten abgestimmt werden. Diese personalisierte Herangehensweise verspricht eine effizientere und zielgerichtetere Schmerzkontrolle. Dabei ist die Möglichkeit der Big-Data-Analyse durch die Medizinproduktehersteller kontrovers diskutierbar.

Neue Anwendungsbereiche

Aktuelle Forschungen untersuchen die Erweiterung der Indikationen für SCS über die herkömmlichen neuropathischen Schmerzsyndrome hinaus. Dazu gehören viszerale Schmerzsyndrome, bestimmte Formen von Kopfschmerzen wie die Trigeminusneuralgie [23] und vielversprechende Ansätze in der Behandlung von Bewegungsstörungen, z. B. Freezing of Gait bei Morbus Parkinson [24].

Verbesserung der klinischen Praxis

Es gibt einen wachsenden Bedarf an verbesserten Protokollen für die Implantation, Programmierung und Nachsorge von SCS-Geräten. Klinische Studien, die sich auf die Optimierung dieser Prozesse konzentrieren, könnten dazu beitragen, die Erfolgsraten der SCS-Therapie zu erhöhen und die Patientenzufriedenheit zu verbessern.

Gesundheitsökonomische Aspekte

Angesichts der steigenden Gesundheitskosten ist auch die Erforschung der Kosteneffektivität der SCS von großer Bedeutung. Studien, die Langzeitkosten im Vergleich zu anderen Behandlungsformen analysieren, sind entscheidend, um die SCS als wirtschaftlich tragfähige Option in der Schmerztherapie zu etablieren. In der Vergangenheit gab es hier valide Untersuchungen

mit dem Nachweis einer langfristigen Kosteneffektivität der SCS gegenüber CMM [25].

Zusammenfassung und Ausblick

Die SCS hat sich als eine wertvolle Option in der Behandlung von chronischen Schmerzzuständen etabliert. Kontinuierliche Fortschritte der Technologie, Vertiefung unseres Verständnisses der Schmerzmechanismen und die hinsichtlich Indikationsstellung und Langzeitbetreuung zunehmend interdisziplinär arbeitenden Zentren eröffnen SCS neue Horizonte in der Schmerztherapie.

KERNAUSSAGEN

- SCS ist besonders wirksam bei der Behandlung chronischer neuropathischer Schmerzen und bietet Hoffnung für Patienten, die auf herkömmliche Therapien nachweislich nicht ansprechen.
- Die Technologie hinter SCS entwickelt sich stetig weiter, wobei neue Stimulationsmodalitäten und Systeme die Behandlung effizienter und patientenfreundlicher machen.
- Eine sorgfältige Indikationsstellung unter Einbeziehung multidisziplinärer Teams und einer adäquaten Testphase ist entscheidend für den Erfolg der Therapie.
- Patientenmanagement und Nachsorge spielen eine zentrale Rolle, um langfristige Erfolge zu sichern und die Lebensqualität der Patienten zu verbessern.
- Die zukünftige Forschung wird sich wahrscheinlich auf die Personalisierung der SCS-Therapie konzentrieren, um noch präzisere und individuellere Behandlungsansätze zu entwickeln.
- Neue Anwendungsbereiche für SCS – jenseits der traditionellen Schmerzsyndrome – könnten erschlossen werden, was das Spektrum der Behandelbarkeit durch SCS erweitern würde.
- Die Integration von SCS in umfassendere Behandlungspläne, einschließlich Kombinationstherapien, verspricht eine ganzheitlichere Herangehensweise an die Schmerzbehandlung.
- Die gesundheitsökonomische Forschung wird zunehmend wichtig, um die Kosteneffektivität der SCS im Vergleich zu anderen Behandlungsmethoden zu prüfen.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Autorinnen/Autoren



Dr. med. Dipl.-Psych. Robert Nickl

2006–2013 Studium der Humanmedizin und Psychologie an der JMU Würzburg. 2013–2021 Weiterbildung, seit 2021 Facharzt für Neurochirurgie an der Neurochirurgischen Klinik und Poliklinik des Universitätsklinikums Würzburg. Schwerpunkte: Funktionelle Neurochirurgie, Tiefe Hirnstimulation, Invasive Schmerztherapie



Dr. med. Michael Hartmann

Facharzt für Anästhesiologie FMH, FA Interventionelle Schmerztherapie, FA Delegierte Psychotherapie, Schmerzmedizin (D, SGSS Schmerzspezialist, Anästhesiologische Intensivmedizin (D), Rettungsmedizin (D), Hypnotherapie. Medizinischer Leiter, Schmerzklinik Zürich AG



Prof. Dr. med. Jens Broscheit

Medizinstudium an der Christian-Albrecht Universität zu Kiel. Facharzt für Anästhesiologie, ausgebildet am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel. Promoviert am UMG (Universitätsmedizin Göttingen). Habilitation am Uniklinikum Würzburg.

Oberarzt am Uniklinikum Würzburg sowie dort u. a. Leitung der Schmerzambulanz und Schmerzstation. Aktuell Oberarzt in der Psychosomatik/Neurologie am Inselspital in Bern.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Jens Broscheit

Ambulatorium, Kompetenzbereich für Psychosomatische Medizin, Universitätsklinik für Neurologie Inselspital Freiburgstrasse (Rosenbühlgasse 25)
3010 Bern
Schweiz
Broscheit_J@ukw.de

Literatur

- [1] Thomson S, Helsen N, Prangnell S et al. Patient selection for spinal cord stimulation: The importance of an integrated assessment of clinical and psychosocial factors. *Eur J Pain* 2022; 26: 1873–1881. DOI: 10.1002/ejp.2009
- [2] Attal N, Cruccu G, Baron R et al. EFNS guidelines on the pharmacological treatment of neuropathic pain: 2010 revision. *Eur J Neurol* 2010; 17: 1113–e88. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2010.02999.x
- [3] Bicket MC, Dunn RY, Ahmed SU. High-frequency spinal cord stimulation for chronic pain: pre-clinical overview and systematic review of controlled trials. *Pain Med* 2016; 17: 2326–2336. DOI: 10.1093/pm/pnw156
- [4] Van Buyten JP, Al-Kaisy A, Smet I et al. High-frequency spinal cord stimulation for the treatment of chronic back pain patients: results of a prospective multicenter European clinical study. *Neuromodulation* 2013; 16: 59–65. DOI: 10.1111/ner.12006
- [5] Kapural L, Yu C, Doust MW 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. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001418
- [6] Deer TR, Levy RM, Kramer J et al. Dorsal root ganglion stimulation yielded higher treatment success rate for complex regional pain syndrome and causalgia at 3 and 12 months: a randomized comparative trial. *Pain* 2017; 158: 669–681. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000000814
- [7] Shanthanna H, Eldabe S, Provenzano DA et al. Evidence-based consensus guidelines on patient selection and trial stimulation for spinal cord stimulation therapy for chronic non-cancer pain. *Reg Anesth Pain Med* 2023; 48: 273–287. DOI: 10.1136/rapm-2022-104097
- [8] Kumar K, Taylor RS, Jacques L 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. DOI: 10.1016/j.pain.2007.07.028
- [9] Kapural L, Yu C, Doust MW 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. DOI: 10.1097/ALN.0000000000000774
- [10] Al-Kaisy A, Palmisani S, Pang D et al. Prospective, Randomized, Sham-Control, Double Blind, Crossover Trial of Sub-threshold Spinal Cord Stimulation at Various Kilohertz Frequencies in Subjects Suffering From Failed Back Surgery Syndrome (SCS Frequency Study). *Neuromodulation* 2018; 21: 457–465. DOI: 10.1111/ner.12771
- [11] Duarte RV, Nevitt S, McNicol E et al. Systematic review and meta-analysis of placebo/sham controlled randomised trials of spinal cord stimulation for neuropathic pain. *Pain* 2020; 161: 24–35. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000001689
- [12] Al-Kaisy A, Royds J, Palmisani S et al. Multicentre, double-blind, randomised, sham-controlled trial of 10 khz high-frequency spinal cord stimulation for chronic neuropathic low back pain (MODULATE-LBP): a trial protocol. *Trials* 2020; 21: 111. DOI: 10.1186/s13063-019-3831-4
- [13] Deutsche Gesellschaft für Neuromodulation (DGNM) (Federführende Fachgesellschaft). S3-Leitlinie: Epidurale Rückenmarkstimulation zur Therapie chronischer Schmerzen. AWMF-Register Nr. 008-023. Versionsnummer 4.0. 31.12.2022. Zugriff am 15. August 2024: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/008-023>
- [14] Taylor RS, Desai MJ, Rigoard P et al. Predictors of pain relief following spinal cord stimulation in chronic back and leg pain and failed back surgery syndrome: a systematic review and meta-regression analysis. *Pain Pract* 2014; 14: 489–505. DOI: 10.1111/papr.12095
- [15] Kemler MA, De Vet HC, Barendse GA et al. The effect of spinal cord stimulation in patients with chronic reflex sympathetic dystrophy: two years' follow-up of the randomized controlled trial. *Ann Neurol* 2004; 55: 13–18. DOI: 10.1002/ana.10996
- [16] Patel NP, Jameson J, Johnson C et al. Durable responses at 24 months with high-frequency spinal cord stimulation for nonsurgical refractory back pain. *J Neurosurg Spine* 2023; 40: 229–239. DOI: 10.3171/2023.9.SPINE23504
- [17] Petersen EA, Stauss TG, Scowcroft JA et al. Effect of High-frequency (10-kHz) spinal cord stimulation in patients with painful diabetic neuropathy: a randomized clinical trial.

- JAMA Neurol 2021; 78: 687–698. DOI: 10.1001/jamaneurol.2021.0538
- [18] Taylor RS, De Vries J, Buchser E et al. Spinal cord stimulation in the treatment of refractory angina: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMC Cardiovasc Disord* 2009; 9: 13. DOI: 10.1186/1471-2261-9-13
- [19] Ubbink DT, Vermeulen H. Spinal cord stimulation for non-reconstructable chronic critical leg ischaemia. *Cochrane Database Syst Rev* 2003; 3: CD004001. DOI: 10.1002/14651858.CD004001
- [20] Adil SM, Charalambous LT, Spears CA et al. Impact of spinal cord stimulation on opioid dose reduction: a nationwide analysis. *Neurosurgery* 2020; 88: 193–201. DOI: 10.1093/neuros/nyaa353
- [21] Labaran L, Jain N, Puvanesarajah V et al. A retrospective database review of the indications, complications, and incidence of subsequent spine surgery in 12,297 spinal cord stimulator patients. *Neuromodulation* 2020; 23: 634–638. DOI: 10.1111/ner.12952
- [22] Russo M, Cousins MJ, Brooker C et al. Effective relief of pain and associated symptoms with closed-loop spinal cord stimulation system: preliminary results of the avalon study. *Neuromodulation* 2018; 21: 38–47. DOI: 10.1111/ner.12684
- [23] Gupta M, Chitneni A, Ghorayeb J et al. Cervical spinal cord stimulation for trigeminal neuralgia: a narrative review. *Curr Pain Headache Rep* 2022; 26: 639–645. DOI: 10.1007/s11916-022-01066-2
- [24] Milekovic T, Moraud EM, Macellari N et al. A spinal cord neuroprosthesis for locomotor deficits due to Parkinson's disease. *Nat Med* 2023; 29: 2854–2865. DOI: 10.1038/s41591-023-02584-1
- [25] Grider JS, Manchikanti L, Carayannopoulos A et al. Effectiveness of spinal cord stimulation in chronic spinal pain: a systematic review. *Pain Physician* 2016; 19: E33–54

Bibliografie

Journal Club AINS 2024; 13: 223–230
 DOI 10.1055/a-2138-1138
 ISSN 2194-9719
 © 2024. Thieme. All rights reserved.
 Georg Thieme Verlag KG, Oswald-Hesse-Straße 50,
 70469 Stuttgart, Germany