

Publikation					Kommentar	Level of Evidence Oxford	Oxford Empfehlungen
Author	Year	Title	DOI	Accession Number			
Biurrun Manresa, José A.;Sörensen, Jan;Andersen, Ole K.;Arendt-Nielsen, Lars;Gerdle, Björn	2015	Dynamic Changes in Nociception and Pain Perception After Spinal Cord Stimulation in Chronic Neuropathic Pain Patients	10.1097/AJP.000000000000209		sehr gutes Design, aber nur 17 Probanden	sehr gutes Design, aber nur 17 Probanden	2
Darrow, D.;Balsler, D.;Netoff, T. I.;Krassioukov, A.;Phillips, A.;Parr, A.;Samadani, U.	2019	Epidural Spinal Cord Stimulation Facilitates Restoration of Dormant Motor and Autonomic Supraspinal Pathways after Chronic Neurologically Complete Spinal Cord Injury	10.1089/neu.2018.6006	30667299	kleine Fallzahl, nicht RCT	Sehr interessant Studie zum Einfluss von SCS bei Querschnittsgelähmten	4
Goudman, L.;Brouns, R.;De Groote, S.;De Jaeger, M.;Huysmans, E.;Forget, P.;Moens, M.	2019	Association Between Spinal Cord Stimulation and Top-Down Nociceptive Inhibition in People With Failed Back Surgery Syndrome: A Cohort Study	10.1093/ptj/pzz051	30916768	Prospektive Kohortenstudie, aber kleine Patientenzahl	Prospektive Kohortenstudie, aber kleine Patientenzahl, Theorie aus Tierversuchen, dass SCS bilateral wirkt konnte nun auch am Menschen nachgewiesen werden. Weiterhin die Beteiligung höherer Hirnzentren.	SCS bewirkt Aktivierung höherer 3 Hirnzentren.
Graham, R. D.;Bruns, T. M.;Duan, B.;Lempka, S. F.	2019	Dorsal root ganglion stimulation for chronic pain modulates Abeta-fiber activity but not C-fiber activity: A computational modeling study	10.1016/j.clinph.2019.02.016	30981900	anatomisches finite Elementemodell der Nervenwurzel L5 und berechneten die Stimulationsamplitude zur Auslösung eines Aktionspotentials. DRGs aktivieren dicke ab-fasern aber keine schmalen C-Fasern. Weiterhin beeinflussen auch die Polarität die neurale Aktivierung.DRG ist durch wiederholte Stimulation von dicken, myelinisierten Nervenfasern in der Lage die Schmerzweiterleitung zu unterdrücken.	anatomisches finite Elementemodell der Nervenwurzel L5 und berechneten die Stimulationsamplitude zur Auslösung eines Aktionspotentials. DRGs aktivieren dicke ab-fasern aber keine schmalen C-Fasern. Weiterhin beeinflussen auch die Polarität die neurale Aktivierung.DRG ist durch wiederholte Stimulation von dicken, myelinisierten Nervenfasern in der Lage die Schmerzweiterleitung zu unterdrücken.	3
Hofstoetter, U. S.;Freundl, B.;Binder, H.;Minassian, K.	2018	Common neural structures activated by epidural and transcutaneous lumbar spinal cord stimulation: Elicitation of posterior root-muscle reflexes	10.1371/journal.pone.0192013	29381748	Epidurale Stimulation bei PATienten mit Rückenmarksverletzung n. So werden sensorische Dysregulationen und motorische Reserven aktiviert. Aktivierung von grossen - mittleren afferenten Nerven innerhalb der unteren LWS und oberen Sakralen posterioren Nervenwurzeln. 17 Patienten mit SCI. Durch SCS primäre afferente Fasern stimuliert	Epidurale Stimulation bei 17 PATienten mit Rückenmarksverletzung n. So werden sensorische Dysregulationen und motorische Reserven aktiviert. Aktivierung von grossen - mittleren afferenten Nerven innerhalb der unteren LWS und oberen Sakralen posterioren Nervenwurzeln. 17 Patienten mit SCI. Durch SCS primäre afferente Fasern stimuliert	SCS stimuliert primär afferente 3 Fasern.
Holwerda, S. W.;Holland, M. T.;Reddy, C. G.;Pierce, G. L.	2018	Femoral vascular conductance and peroneal muscle sympathetic nerve activity responses to acute epidural spinal cord stimulation in humans	10.1113/ep086945	29603444	Akute SCS für 60 Minuten erhöht die Durchblutung der unteren Körperhälfte und verringert die MSNA (Muscle Sympathetic Nerve Activity). Zusätzlich müssen aber auch neurogene Mechanismen bei der Verbesserung der Durchblutung eine Rolle spielen. Leider nur 12 Patienten	Akute SCS für 60 Minuten erhöht die Durchblutung der unteren Körperhälfte und verringert die MSNA (Muscle Sympathetic Nerve Activity). Zusätzlich müssen aber auch neurogene Mechanismen bei der Verbesserung der Durchblutung eine Rolle spielen. Leider nur 12 Patienten	SCS/DRG haben Effekte auf das vegetative sowie das zentrale 3 Nervensystem

Joost, L. M. Jongen;Helwin, Smits;Tiziana, Pederzani;Malik, Bechakra;Mehdi, Hossaini;Sebastiaan, K. Koekkoek;Frank, J. P. M. Huygen;Chris, I. De Zeeuw;Jan, C. Holstege;Elbert, A. J. Joosten	2014	Spinal autofluorescent flavoprotein imaging in a rat model of nerve injury-induced pain and the effect of spinal cord stimulation			Neuropathisches Schmerzmodell und den Einfluss der SCS in einem Rattenmodell. Autofluoreszente Flavoproteine dient spinale metabolische Aktivität direkt zu visualisieren. SCS wirkt durch schnelle Modulation auf die Nozizeptive Weiterverarbeitung auf spinaler Ebene	Neuropathisches Schmerzmodell und den Einfluss der SCS in einem Rattenmodell. Autofluoreszente Flavoproteine dient spinale metabolische Aktivität direkt zu visualisieren. SCS wirkt durch schnelle Modulation auf die Nozizeptive Weiterverarbeitung auf spinaler Ebene	SCS und DRG haben immunmodulative Effekte
Kent, A. R.;Min, X.;Hogan, Q. H.;Kramer, J. M.	2018	Mechanisms of Dorsal Root Ganglion Stimulation in Pain Suppression: A Computational Modeling Analysis	10.1111/ner.12754	29377442	Sehr interessante arbeit, die sich mit den Wirkmechanismen auf die C-Fasern am DRG beschäftigt. Seht schöne Auflistung der unterschiedlichen Wirkmechanismen von elektrischen Feldern auf das DRG	Sehr interessante arbeit, die sich mit den Wirkmechanismen auf die C-Fasern am DRG beschäftigt. Seht schöne Auflistung der unterschiedlichen Wirkmechanismen von elektrischen Feldern auf das DRG	3
Kinfe, T. M.;Muhammad, S.;Link, C.;Roeske, S.;Chaudhry, S. R.;Yearwood, T. L.	2017	Burst Spinal Cord Stimulation Increases Peripheral Antineuroinflammatory Interleukin 10 Levels in Failed Back Surgery Syndrome Patients With Predominant Back Pain	10.1111/ner.12586	28194840	Baseline preburst IL-10 und preburst VAS Rückenschmerz korrelieren signifikant, aber nicht die Postburstwerte und postBurst VASRückenschmerz! Postburst IL-10 korrelieren signifikant mit postburst Schlafqualität (PSQ). Keine Korrelation mit BDI8(Depression) pre or postburst. Hochinteressant!	Baseline preburst IL-10 und preburst VAS Rückenschmerz korrelieren signifikant, aber nicht die Postburstwerte und postBurst VASRückenschmerz! Postburst IL-10 korrelieren signifikant mit postburst Schlafqualität (PSQ). Keine Korrelation mit BDI8(Depression) pre or postburst. Hochinteressant!	3
Kowalski, K. E.;Romaniuk, J. R.;Kirkwood, P. A.;DiMarco, A. F.	2019	Inspiratory Muscle Activation via Ventral Lower Thoracic High Frequency Spinal Cord Stimulation	10.1152/jappphysiol.01054.2018	30763163	Ventrale Stimulation auf Höhe T9 führt zu negativen Atemwegsdrücken bei HF Stim mit 300 HZ und 1-2 mA	Ventrale Stimulation auf Höhe T9 führt zu negativen Atemwegsdrücken bei HF Stim mit 300 HZ und 1-2 mA	3
Kowalski, K. E.;Romaniuk, J. R.;Kowalski, T.;DiMarco, A. F.	2017	Effects of expiratory muscle activation via high-frequency spinal cord stimulation	10.1152/jappphysiol.00402.2017	28935824	Hochinteressant! Vorgängerstudie von der vorherigen Studie. HF SCS ventral führt auch zu Aktivierung der expiratorischen Muskulatur auf Höhe T9-10	Hochinteressant! Vorgängerstudie von der vorherigen Studie. HF SCS ventral führt auch zu Aktivierung der expiratorischen Muskulatur auf Höhe T9-10	3
Kriek, N.;Schreurs, M. W. J.;Groeneweg, J. G.;Dik, W. A.;Tjiang, G. C. H.;Gultuna, I.;Stronks, D. L.;Huygen, Fjpm	2018	Spinal Cord Stimulation in Patients With Complex Regional Pain Syndrome: A Possible Target for Immunomodulation?	10.1111/ner.12704	29064599	SCS unterdrückt die T-Zellaktivierung, verbessert die periphere Gewebeoxygenierung und reduziert die endotheliale Dysfunktion und verbessert den Blutfluss. In diesem CRPS Modell wurde die Konzentration von IP-10, Eotaxin, VEGF und PDGFbb bilateral reduziert unter Stimulation. Auch Reduktion von Il-10 und anderen	SCS unterdrückt die T-Zellaktivierung, verbessert die periphere Gewebeoxygenierung und reduziert die endotheliale Dysfunktion und verbessert den Blutfluss. In diesem CRPS Modell wurde die Konzentration von IP-10, Eotaxin, VEGF und PDGFbb bilateral reduziert unter Stimulation. Auch Reduktion von Il-10 und anderen	3

Lind, A. L.;Emami Khoonsari, P.;Sjodin, M.;Katila, L.;Wetterhall, M.;Gordh, T.;Kultima, K.	2016	Spinal Cord Stimulation Alters Protein Levels in the Cerebrospinal Fluid of Neuropathic Pain Patients: A Proteomic Mass Spectrometric Analysis	10.1111/ner.12473	27513633	14 PATienten mit chronischen neuropathischen Schmerzen wurden tonisch mit 50Hz stimuliert. Die PATienten dienten als eigen Kontrollgruppen und 48h nach Stimulationsstopp wurden die Kontrollproben entnommen. 86 Proteine waren statistisch signifikant verändert. Die Top 12 Proteine sind aus dem Bereich Neuroprotektion, Synaptische Plastizität/lernen/ Immunmodulation und Schmerzweiterleitung	14 PATienten mit chronischen neuropathischen Schmerzen wurden tonisch mit 50Hz stimuliert. Die PATienten dienten als eigen Kontrollgruppen und 48h nach Stimulationsstopp wurden die Kontrollproben entnommen. 86 Proteine waren statistisch signifikant verändert. Die Top 12 Proteine sind aus dem Bereich Neuroprotektion, Synaptische Plastizität/lernen/ Immunmodulation und Schmerzweiterleitung	3	SCS verändert 3 Proteinlevel im CSF.
Liu, J. T.;Su, C. H.;Chen, S. Y.;Liew, S. J.;Chang, C. S.	2018	Spinal Cord Stimulation Improves the Microvascular Perfusion Insufficiency Caused by Critical Limb Ischemia	10.1111/ner.12753	29377343	78 Patienten mit kritischer Extremitätenischämie. 37 mit SCS und 41 ohne SCS. Retrospektive case controlled Serie. Alle 31 profitierten von CS. Bessere Gehstrecke, weniger Schmerz und bessere Schlafqualität	78 Patienten mit kritischer Extremitätenischämie. 37 mit SCS und 41 ohne SCS. Retrospektive case controlled Serie. Alle 31 profitierten von CS. Bessere Gehstrecke, weniger Schmerz und bessere Schlafqualität	3	
Molnar, G.;Barolat, G.	2014	Principles of cord activation during spinal cord stimulation	10.1111/ner.12171	24974772	Sehr schöner Review über die Grundlagen der Neuromodulation. Strom fließt von Anode zur KATHode, depolarisiert neuronale Strukturen in der Nähe der Kathode und Hyperpolarisiert im Bereich der Anode!Bei kathodischer Stim. bewirkt die negative Ladung ausserhalb der Zellmembran produziert eine Auswärtsströmung und Depolarisierung der Zelle. Nervengewebe in der Nähe der Elektrode wird hyperpolarisiert und weiter entfernt depolarisiert. etc Basic Science!!!	Sehr schöner Review über die Grundlagen der Neuromodulation. Strom fließt von Anode zur KATHode, depolarisiert neuronale Strukturen in der Nähe der Kathode und Hyperpolarisiert im Bereich der Anode!Bei kathodischer Stim. bewirkt die negative Ladung ausserhalb der Zellmembran produziert eine Auswärtsströmung und Depolarisierung der Zelle. Nervengewebe in der Nähe der Elektrode wird hyperpolarisiert und weiter entfernt depolarisiert. etc Basic Science!!!	2	
Morgalla, M. H.;de Barros Filho, M. F.;Chander, B. S.;Soekadar, S. R.;Tatagiba, M.;Lepski, G.	2019	Neurophysiological Effects of Dorsal Root Ganglion Stimulation (DRGS) in Pain Processing at the Cortical Level	10.1111/ner.12900	30561852	Sehr schöne Arbeit. Insbesondere der Discussion werden wertvolle Grundlagenforschungen erwähnt, die in unserer Liste fehlen. Zitate 50-74.DRG Stimulation scheint die N2-P2 amplitude bei PATienten mit neuropathischen Schmerzen wieder herzustellen. Somit wird der Signaltransfer aus der Peripherie zu supraspinalen Bereichen über den thermo-algesischen Weg durch eine Wiederherstellung der Filterkapazität durch Wiederherstellung der hochfrequenten AP Filterung am DRG und der Schmerzverarbeitung auf Kortikaler Ebene.	Sehr schöne Arbeit. Insbesondere der Discussion werden wertvolle Grundlagenforschungen erwähnt, die in unserer Liste fehlen. Zitate 50-74.DRG Stimulation scheint die N2-P2 amplitude bei PATienten mit neuropathischen Schmerzen wieder herzustellen. Somit wird der Signaltransfer aus der Peripherie zu supraspinalen Bereichen über den thermo-algesischen Weg durch eine Wiederherstellung der Filterkapazität durch Wiederherstellung der hochfrequenten AP Filterung am DRG und der Schmerzverarbeitung auf Kortikaler Ebene.	5	DRG stellt die N2-P2-Amplitude wieder her. Die Schmerzverarbeitung erfolgt auf Corticaler Ebene.

Sankarasubramanian, V.;Harte, S. E.;Chiravuri, S.;Harris, R. E.;Brummett, C. M.;Patil, P. G.;Clauw, D. J.;Lempka, S. F.	2019	Objective Measures to Characterize the Physiological Effects of Spinal Cord Stimulation in Neuropathic Pain: A Literature Review	10.1111/ner.12804	30246905	Sehr gute Literaturanalyse, große Anzahl ausgewerteter Studien: Der best e systematische Reviewartikel der speziell MOA zusammenfasst. Hervorragend! Könnte man eigentlich "1zu1" für den Pathophysiology Part für die Guidelines nehmen.	Sehr gute Literaturanalyse, große Anzahl ausgewerteter Studien: Der best e systematische Reviewartikel der speziell MOA zusammenfasst. Hervorragend! Könnte man eigentlich "1zu1" für den Pathophysiology Part für die Guidelines nehmen.	Systematischer Review, SCS Wirkung auf spinaler, thalamischer und 2 corticaler Ebene.	fgggh
Sivanesan, E.;Maher, D. P.;Raja, S. N.;Linderoth, B.;Guan, Y.	2019	Supraspinal Mechanisms of Spinal Cord Stimulation for Modulation of Pain: Five Decades of Research and Prospects for the Future	10.1097/aln.00000000002353	30556812	Sehr schöner Reviewartikel, der Up to date ist. Elnr der TOP-Reviews in dieser 144 Artikel Liste!!!	Sehr schöner Reviewartikel, der Up to date ist. Elnr der TOP-Reviews in dieser 144 Artikel Liste!!!	3	
Taghipour, M.;Ghaffarpasand, F.	2018	Antinociceptive Effects of Spinal Cord Stimulation by Activation of Periaqueductal Gray Matter and Rostral Ventromedial Medulla: A Mechanism Beyond the Gate Control Theory	10.1111/ner.12788	29791062	Sehr interessante Theorie für einen alternativen Ansatz zur Erklärung des MOA der SCS durch eine Aktivierung des Periaqueductalen Graus und der rostralen ventromedialen Medula, die über die Gate Control Theory hinausgeht.	Sehr interessante Theorie für einen alternativen Ansatz zur Erklärung des MOA der SCS durch eine Aktivierung des Periaqueductalen Graus und der rostralen ventromedialen Medula, die über die Gate Control Theory hinausgeht.	4	

**Versionsnummer: 4.0**

**Versionsnummer: 1 bis 3 (2001 - 2013) publiziert unter 041-002**

**Erstveröffentlichung: 2001**

**Überarbeitung von: 12/2022**

**Nächste Überprüfung geplant: 12/2025**

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online