

## Selektive dorsale Rhizotomie mittels «single-level»-Methode

# Behandlung von Spastizität bei infantiler Zerebralparese

Die infantile Zerebralparese ist die häufigste neurologisch bedingte Bewegungsstörung im Kindesalter. Die Spastik kann mit der selektiven dorsalen Rhizotomie erfolgreich reduziert werden. Anhand der aktuellen Evidenz gehen wir nachfolgend auf die Technik und die Resultate sowie auf Komplikationen ein.

Alexandra Lazendic<sup>a,b</sup>, BMed; Dr. med. Axel Terrier<sup>a</sup>; Prof. Dr. med. Raphael Guzman<sup>a,b</sup>; PD Dr. med. Jehuda Soleman<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Klinik für Neurochirurgie und Abteilung für Kinderneurochirurgie, Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB), Basel; <sup>b</sup> Medizinische Fakultät, Universität Basel, Basel

## Epidemiologie, Ätiologie und Formen der Zerebralparese

Mit einer Inzidenz zwischen 1,5 und 3,0 pro 1000 Lebendgeburten handelt es sich bei der Zerebralparese («cerebral palsy» [CP]) um die häufigste neurologisch bedingte Bewegungsstörung im Kindesalter [1–7]. In knapp 75% der Fälle ist eine CP auf ein pränatales Ereignis zurückzuführen [1]. Einer der bedeutsamsten Risikofaktoren für eine CP ist die Frühgeburtlichkeit [1, 8]. Weitere relevante Ursachen sind die Asphyxie unter der Geburt mit der Folge der hypoxisch-ischämische Enzephalopathie, der perinatale Schlaganfall oder eine Infektion des zentralen Nervensystems [8].

Gemäss der «Surveillance of Cerebral Palsy in Europe» (SCPE) wird die CP in folgende drei Gruppen eingeteilt: Ataxie, Dyskinesie und Spastik. Die spastische CP stellt die häufigste Form dar, wobei hierbei zwischen Diplegie, Hemiplegie und Tetraplegie sowie zwischen der bilateralen und unilateralen Bewegungsstörung unterschieden wird [2, 5, 6, 9–12]. Bedingt wird die spastische CP durch einen Reflexbogen, welcher mit einer überschiessenden Reaktion auf die afferenten Nervenimpulse reagiert [13].

Im Vergleich zu gesunden Kindern weisen von CP Betroffene klinisch kleinere, schwächere, verkürzte und steifere Muskeln auf, was häufig zu Gelenkdeformitäten führt [14]. Oftmals geht die CP mit geistiger- und Lernbehinderung, sekundären muskuloskelettalen Störungen, Epilepsie oder Sehstörungen einher [1, 3, 4].

Die Spastik wird unter anderem mittels des GMFCS («Gross Motor Function Classification System») in fünf Schweregrade eingeteilt (Tab. 1). Dabei wird die altersspezifische

Leistung bezüglich Gehen und Sitzen beurteilt (<2 Jahren, bis zum vollendeten 4. Lebensjahr, bis zum vollendeten 6. Lebensjahr und bis zum vollendeten 18. Lebensjahr) [1, 11, 15].

## Therapieoptionen

Für die CP besteht keine kausale Behandlung und somit steht die Linderung der Symptome im Vordergrund [3]. Die Therapie ist multidisziplinär und richtet sich nach dem Schweregrad der Erkrankung [3, 16]. Eine frühzeitige Behandlung wirkt sich positiv auf die Neuroplastizität aus [3, 4, 8] und vermindert die muskuloskelettalen Veränderungen, welche die Entwicklung sowie das Wachstum von Knochen und Muskeln negativ beeinflussen [4].

Zur Verringerung einer generalisierten Spastik wird das GABA-(Gamma-Aminobuttersäure-)Analogon Baclofen eingesetzt. Es kann entweder oral oder in Form einer Pumpe intrathekal verabreicht werden [1, 5–9, 11, 12,

14, 17–19]. Ausserdem können Benzodiazepin-Derivate zur Reduktion der Spastizität führen [1, 7–9, 12]. Die selektive dorsale Rhizotomie (SDR) ist nicht nur bei Diplegikern eine Therapieoption, sondern auch als palliative SDR bei quadriplegischer CP. Ist die Spastik lokal begrenzt, wird intramuskulär Botulinumtoxin Typ A verabreicht [1, 2, 8, 11, 16–21].

Wie bereits erwähnt wurde, können aufgrund der Spastizität bei CP-Kindern die Muskeln verkürzt sowie unelastisch sein. Dies kann nicht nur zu einer abnormalen Körperhaltung oder einem pathologischen Gang führen, sondern auch zu muskuloskelettalen Deformitäten [22]. Um solchen Missbildungen entgegenzuwirken, werden häufig Muskelverlängerungen am musklotendinösen Übergang vorgenommen [23]. Jedoch wird dabei die Muskelkraft verringert, weswegen in jüngster Zeit eine indirekte Muskelverlängerung mittels Knochenverkürzung bevorzugt wird [23].

**Tabelle 1: Einteilung der Schweregrade bei Zerebralparese mittels des GMFCS bei Kindern im Alter zwischen 6 und 12 Jahren [17]**

Schweregrad	Fähigkeiten
I	Die Kinder können ohne Mühe gehen, haben aber mit Geschwindigkeit, Balance und Koordination Mühe.
II	Die Kinder können selbstständig gehen, haben aber im Aussenbereich gewisse Einschränkungen.
III	Die Kinder bewegen sich mit Gehhilfen fort.
IV	Die Kinder bewegen sich mithilfe eines elektrischen Rollstuhls selbstständig oder durch Hilfe anderer fort.
V	Die Kinder können sich nicht selbst fortbewegen.

GMFCS: «Gross Motor Function Classification System».

Alle diese Therapieoptionen tragen dazu bei, dass sowohl Schmerzen gelindert als auch der passive und der aktive Bewegungsumfang vergrößert werden und sich die Haltung verbessert [1, 8]. Um Deformitäten zu korrigieren und zu stabilisieren, werden verschiedene Schienen und Exoprothesen verwendet.

### Indikation zur Behandlung mittels selektiver dorsaler Rhizotomie

Die Kriterien, welche eine Patientin oder ein Patient für eine SDR erfüllen muss, sind nicht einheitlich und variieren je nach Studie [2, 24, 25]. In zahlreiche Publikationen wird empfohlen, dass die an CP leidenden Kinder älter als drei Jahre sein sollten, damit sie bei der obligaten postoperativen Physiotherapie mitmachen können [9, 10, 12, 26, 27], sollten aber nicht die Altersgrenze von 13 Jahren überschreiten, da dann die Kontrakturen der Muskeln schon zu ausgeprägt sind. Generell gilt: je früher, desto besser. Aber auch bezüglich des idealen Alters bestehen kontroverse Meinungen. Des Weiteren müssen die Kinder eine muskuläre Hypertonie in den unteren Extremitäten aufweisen, welche durch die Spastik bedingt ist [26, 28]. Die Indikationsstellung sollte in einem dedizierten Zentrum erfolgen, in dem eine enge Zusammenarbeit innerhalb eines interdisziplinären Teams aus Kinderneurochirurgie, Kinderneurologie, Kinderneuroorthopädie und Physiotherapie gewährleistet sowie ein Rehabilitationszentrum vorhanden ist. Alle sollten Erfahrung in der Behandlung von Spastizität bei CP-Kindern haben. Die Operation sollte von speziell ausgebildeten Kinderneurochirurginnen und -chirurgen zusammen mit einer Kollegin oder einem Kollegen aus der Neurophysiologie, die oder der auf intraoperatives Neuromonitoring bei Kindern spezialisiert ist, durchgeführt werden. Während der Operation wird das chirurgische Team in der Regel auch von Fachleuten der Kinderneurologie sowie von Physiotherapeutinnen und -therapeuten unterstützt, welche erfahren in der Behandlung der Spastizität sind. Die betroffenen Kinder werden idealerweise im Rahmen interdisziplinärer Sprechstunden prä- sowie postoperativ begleitet, untersucht und behandelt. Ob eine SDR zum Zweck einer Verbesserung des Wohlbefindens oder des Ganges durchgeführt wird, hängt von der verbleibenden Motorik ab [26]. Weisen die an CP Leidenden minime bis keine motorische Funktion auf, so liegt das Ziel der SDR (der sogenannten palliativen SDR) in der Vorbeugung muskuloskelettaler Deformationen, der Verbesserung der Pflege oder der Selbstständigkeit – und nicht zuletzt in der Steigerung der Lebensqualität [2, 5, 6, 10, 26, 28]. Können die Betroffenen willkürliche Bewegungen ausführen und haben sie erhaltene Dissoziationsmuster, so wird mit der SDR versucht,

den Gebrauch von Gehhilfen und Orthesen zu reduzieren sowie das Gangbild zu verbessern [5, 26, 28].

Bei CP-Kindern, welche vorwiegend eine Dystonie, Dyskinesie oder Ataxie aufweisen, ist die Behandlung mittels SDR limitiert und teilweise sogar kontraindiziert.

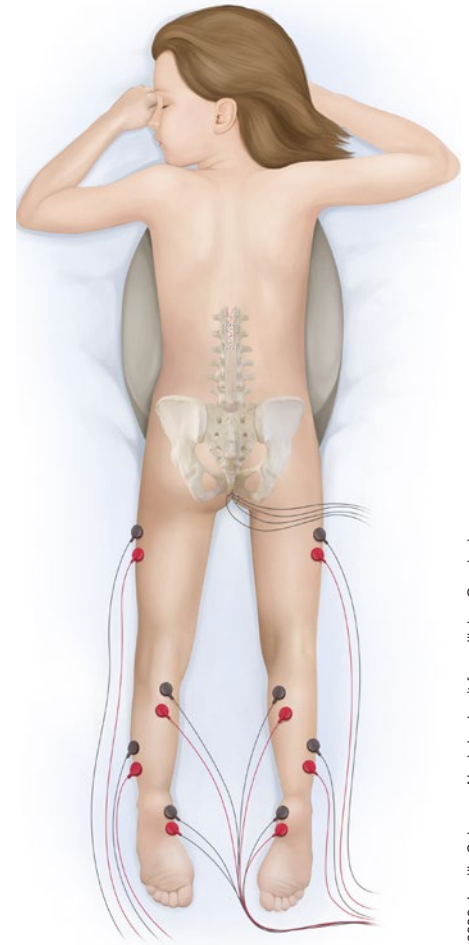
### Operationstechnik der «single-level»-SDR

Die «Beliebtheit» der SDR hielt sich anfangs in Grenzen. Damals wurden alle sensorischen Nervenstränge vollständig durchgeschnitten und demzufolge war diese Operation mit zahlreichen Komplikationen verbunden [2]. Als Fasano et al. im Jahr 1978 eine neue Methode vorstellten, bei welcher mittels elektrophysiologischer Stimulation die sensorischen Nerven lediglich partiell durchtrennt wurden, wuchs die Nachfrage nach der SDR [2, 24, 29–31]. In den 1980er-Jahren wurde die «multi-level»-Laminektomie (in Höhe von L1–S1) von Peacock eingeführt [13, 16, 30, 32]. Aufgrund des hohen Risikos für degenerative Deformationen und der hohen Komplikationsrate wegen der grossen Wundfläche [33] und der langstreckigen Dura-Eröffnung entwickelten Park et al. die «single-level»-Methode, bei welcher auf Höhe des Conus medullaris eine Laminektomie durchgeführt wird [12, 13, 16, 24, 30, 34]. Diese Methode ist heute das etablierte Prozedere und führt nur selten zu Komplikationen, weshalb sie häufiger angewendet wird als das «multi-level»-Verfahren. Diesen Zugang haben wir weiter modifiziert: zu einer Vorgehensweise mit minimalinvasivem Zugang über eine sogenannte Laminotomie mit partieller Erhaltung der kranialen und kaudalen Laminae arcus vertebrae des operierten Segmentes.

Zunächst war die SDR mit der Absicht durchgeführt worden, die Motorik und den Gang zu verbessern, und war dementsprechend für Betroffene mit einem GMFCS-Schweregrad I–III gedacht [6]. Doch mit der Zeit wurde die SDR auch bei CP-Betroffenen mit einer GMFCS-Schweregrad IV–V eingesetzt und stellt somit eine gute Alternative zur intrathekalen Baclofen-Pumpe dar [6].

Bei der SDR wird die Menge sensorischer erregender Afferenzen reduziert, welche im Rückenmark auf Efferenzen umgeschaltet werden [19]. Die Patientin oder der Patient wird in Bauchlage operiert (Abb. 1) [6, 13, 16, 27, 33, 35–37]. Dabei liegt der Kopf tiefer als die Wirbelsäule, um den Austritt von Liquor zu minimieren [36, 37].

Bei der Anästhesie wird auf Muskelrelaxanzen aufgrund der intraoperativen Elektromyographie (EMG) verzichtet [29, 36]. Zuerst wird die Lage des Conus medullaris mithilfe präoperativer MRI- («magnetic resonance imaging»)-Bilder exakt ermittelt, da diese



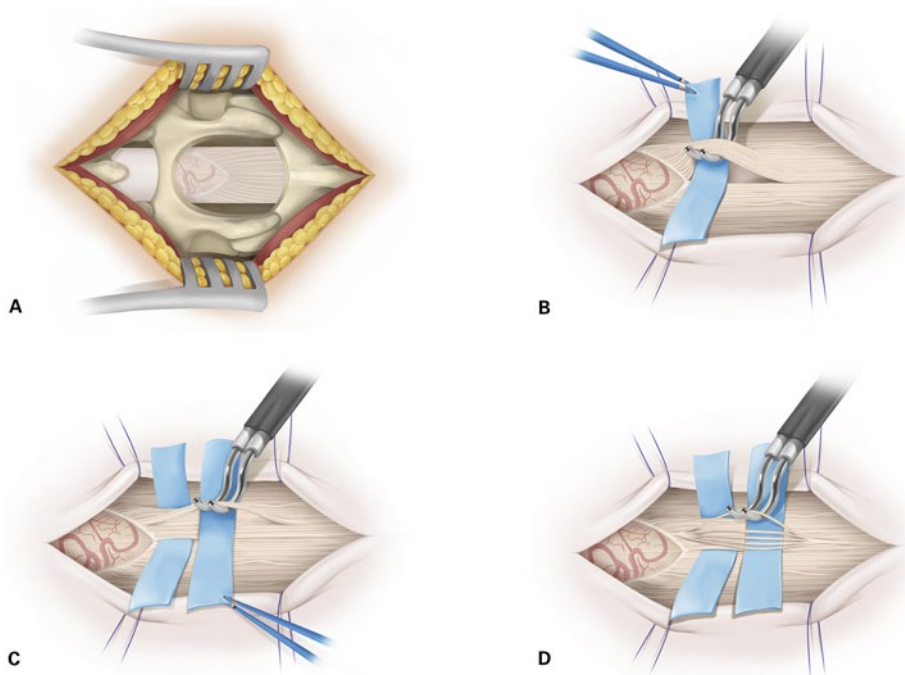
© 2022, Lucille Solomon, Nachdruck mit freundlicher Genehmigung

**Abbildung 1:** Positionierung des zu operierenden Kindes für die Durchführung einer selektiven dorsalen Rhizotomie (SDR) bei Zerebralparese. Das Kind wird auf dem Bauch gelagert, wobei der Kopf tiefer als die Wirbelsäule liegt. Zu sehen sind Elektroden, welche die beidseitige Aktivität folgender Muskeln messen: M. sphincter ani externus, M. vastus lateralis, M. gastrocnemius, M. fibularis und M. abductor hallucis.

individuell variieren kann [12, 16, 29, 36, 38]. Mittels Fluoroskopie wird die Höhe der korrespondierenden Lamina verifiziert. Nach erfolgtem Hautschnitt (ca. 3–4 cm lang) und Ablösen der Muskulatur wird die Laminotomie auf Höhe des Conus medullaris (in der Regel L1) durchgeführt [13, 27], um anschliessend die Dura mater eröffnen zu können (Abb. 2A) [6].

Bei der minimalinvasiven «single-level»-interlaminaren dorsalen Rhizotomie werden die Laminae nur partiell entfernt (Abb. 2A), um einer sekundären Instabilität vorzubeugen [37]. Der ungefähr 10–15 mm lange Schnitt [13, 16] erfolgt auf der Mittellinie der Dura mater und wird mithilfe eines Mikroskops durchgeführt [16, 27, 29, 33, 35, 37]. Nach Eröffnung der Arachnoidea werden das Conus-Ende sowie die Caudaequina-Fasern dargestellt. Mithilfe bipolarer elektrischer Stimulation werden beidseits die senso-





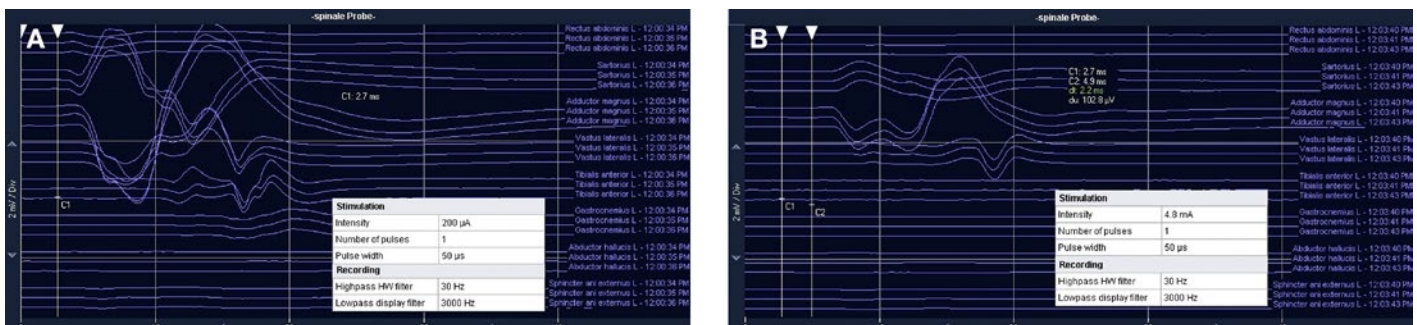
**Abbildung 2:** Operativer Vorgang während einer selektiven dorsalen Rhizotomie (SDR) nach der «single-level»-Methode. **A)** Die Laminotomie findet auf Höhe des Conus medullaris (in der Regel L1) statt. Zuvor wird ein ungefähr 3–4 cm langer Hautschnitt durchgeführt, die Muskulatur lokal abgelöst und die Dura mater eröffnet. Zu sehen sind der Conus medullaris und die kaudal liegende Cauda equina. Zu beachten ist, dass die Laminae lediglich partiell entfernt werden, also kranial und kaudal noch partiell intakt bleiben, was der Erhaltung der Stabilität der Wirbelsäule und der Reduktion der Invasivität dient. **B)** Mithilfe bipolarer elektrischer Stimulation werden die dorsalen (sensiblen) von den ventralen (motorischen) Nervensträngen separiert, wobei bei den dorsalen eine ungefähr zehnfach stärkere Stimulation benötigt wird. **C)** Die dorsalen Nervenstränge werden in Nervenbündel («nerve roots») aufgeteilt. Anschließend wird jedes einzelne «nerve root» elektrisch stimuliert. Dadurch können die Dermatome sowie der Stimulationsschwellenwert dem jeweiligen «nerve root» zugeordnet werden. **D)** Die «nerve roots» werden dann in einzelne Nervenstränge («rootlets») aufgeteilt, und mithilfe des Stimulationsschwellenwerts und der tetanischen 1-s-«train»-Stimulation werden die «rootlets» identifiziert, welche eine überschüssige Reaktion generieren. Diese werden im Anschluss durchtrennt (in der Regel 40–50% aller «rootlets»).

rischen (dorsalen) von den motorischen (ventralen) Nervensträngen (L2 bis S1) unterschieden (Abb. 2B) [13, 27, 29, 37, 39]. Dabei werden zunächst einige Nervenstränge für 0,2 ms [27, 40] mit einer Frequenz von 3 Hz stimuliert, um eine Reizschwelle für die Unterscheidung festzulegen

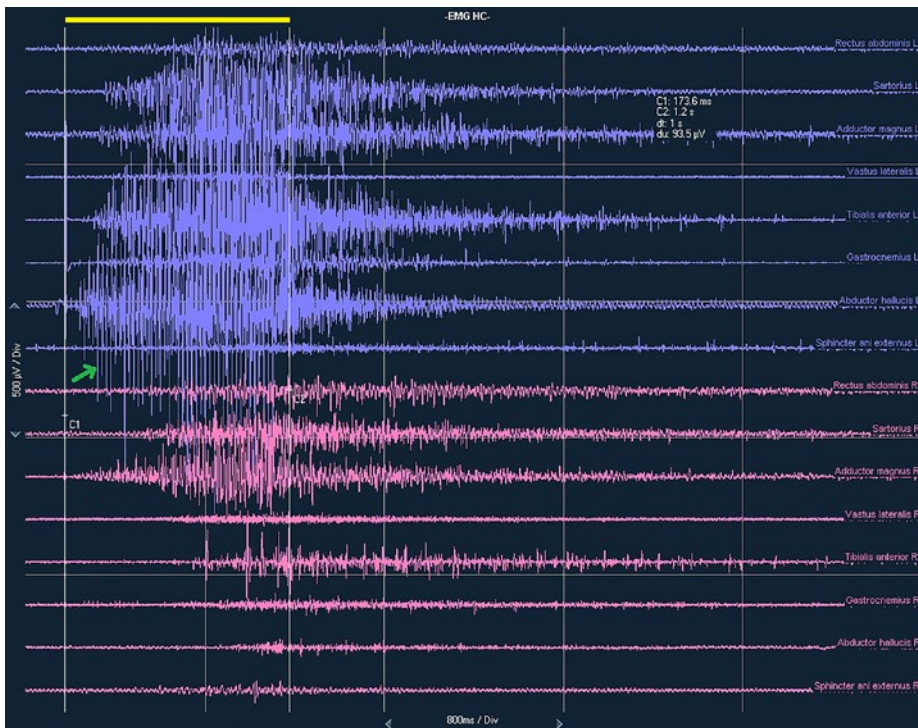
(sogenanntes anatomisches «mapping» [37]). Es wird in 0,1-mA-Schritten vorgegangen [13], und die Stromstärke wird so lange gesteigert, bis eine Antwort von mindestens 200  $\mu$ V [29, 40] im Muskel hervorgerufen wird und eine Muskelkontraktion sichtbar ist (Abb. 3) [33].

Die sensorischen Nervenstränge werden meist ab einem Wert von  $>1,0$  mA stimuliert, wohingegen bei den motorischen Nervensträngen bereits eine Stromstärke von 0,1 mA ausreichend ist [16]. Alle Nerven, welche den Sphinktermuskel innervieren, werden nicht durchtrennt, um Urin- und Stuhlinkontinenz zu vermeiden [16]. Die dorsalen (sensiblen) Nervenstränge werden in Nervenbündel («nerve roots») aufgeteilt. Anschließend wird jedes einzelne Nervenbündel elektrisch stimuliert. Dadurch können diese Nervenbündel einem Dermatome (Hautgebiet einer bestimmten anatomischen Höhe und dazugehöriger Muskelpartie) zugeordnet werden und gleichzeitig kann der Stimulationsschwellenwert jedes Dermatome identifiziert werden (Abb. 2C) [39]. Sobald die Höhe des Nervenbündels definiert wurde, werden diese in einzelne Nervenstränge («rootlets») aufgeteilt (Abb. 2D). Mittels Neurostimulation kann ermittelt werden, bei welchen «rootlets» eine überschüssige Reaktion ausgelöst wird [6, 37, 39]. Dies setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: zum einen, wenn der Stimulationsschwellenwert des «rootlet» den Wert des «nerve root» übersteigt, zum anderen, wenn ein sogenannter tetanischer 1-s-«train»-Stimulus für eine Sekunde ausgelöst werden kann (tetanische Stimulation mit der Stromstärke des zuvor bestimmten Schwellenwerts bei 50 Hz) (Abb. 4) [16, 27, 29, 32, 33, 35–38]. «Rootlets», welche eine abnormale rezeptive die stärkste Antwort im EMG auslösen, werden durchtrennt [13, 16, 29, 39].

Die präoperative Evaluation durch die Spezialistinnen und Spezialisten der Kinderneurologie und der Kinderphysiotherapie ist essentiell, um zu bestimmen, welche Nervenstränge respektive Dermatome eine starke Spastizität aufweisen, welche das Gangbild (bei einer nicht palliativen Rhizotomie) oder die Lebensqualität (bei einer palliativen Rhizotomie) des Kindes beeinflussen. Nur diese werden dann intraoperativ identifiziert, stimuliert und bei



**Abbildung 3:** Selektive dorsale Rhizotomie (SDR) bei Zerebralparese. Stimulation der Nervenbündel («nerve roots») mit einer konzentrischen bipolaren Sonde («probe»). **A)** Stimulation von L3 ventral links mit 0,2 mA (0,05 ms «monopulse»). **B)** Stimulation von L3 dorsal links mit 4,8 mA (0,05 ms «monopulse»). Zu erkennen ist ein Latenzunterschied (Striche C1, C2) und ein Amplitudenunterschied. Latenzunterschied: Die dorsale Stimulation (**B**) löst nach gewisser Zeit sensorische Aktionspotentiale aus mit Durchgang des Zentralnervensystems und anschließender motorischer Antwort. Die ventrale Stimulation (**A**) löst direkt motorische Aktionspotentiale aus. Amplitudenunterschied: Nur ein Teil der Motorbahnen ist durch eine sensorische Stimulation aktiviert, da bereits eine direkte motorische Stimulation eine maximale Antwort auslösen kann. Man sieht hier (**A**) eine kleine Antwort vom Musculus tibialis anterior bei Stimulation von L3 ventral.



**Abbildung 4:** Selektive dorsale Rhizotomie (SDR) bei Zerebralparese. 50-Hz-Stimulation (50 Monopulse von 0,2 ms in einer Sekunde) von L3 dorsal links (gelber Strich). Während und nach der Stimulation ist eine gesteigerte Aktivität mit Diffusion in andere Wurzeln sowie auf die kontralaterale Seite erkennbar. Anmerkung: Die schlechte Impedanz im Musculus abductor hallucis links erlaubt, Stimmulationsartefakte besser beobachten zu können (Pfeil).

einer Überreaktion selektiv durchtrennt (in der Regel 40–50% der «rootlets»). Als zusätzliche intraoperative Kontrolle und Hilfe zur Neurostimulation werden die jeweiligen Kennmuskeln an den Beinen des Kindes von einer Fachperson der Physiotherapie ertastet und bei Kontraktionen der oder dem Operierenden als positive Reaktion gemeldet. Nach Beenden der Rhizotomie wird die Dura mater mittels einer fortlaufenden Naht wasserdicht verschlossen [16, 37]. Auch die Muskulatur und die Haut werden vernäht.

Nach zwei Tagen Bettruhe erfolgt die Mobilisierung. Alle Operierten sollten zwingend in eine Rehabilitationsklinik überwiesen werden. Dort werden über die nächsten Monate der Bewegungsumfang, der Gang und die Muskelkontrolle verbessert sowie die Kraft gestärkt [16, 27].

### Resultate und Prognose sowie mögliche Komplikationen

Die Spastik kann mithilfe der SDR deutlich reduziert werden [6, 9, 11, 24, 25, 30, 38, 41–43]. Dadurch kann die Mobilität der Kinder signifikant verbessert und das vorzeitige Altern verhindert werden [44–46]. Aufgrund der verminderten Spastizität kann die Pflege bei Patientinnen und Patienten mit einem GMFCS der Schweregrade IV und V stark erleichtert werden [6, 30]. Positive Effekte der SDR sind insbesondere bei Kindern mit GMFCS IV–V auch in den oberen Extremitäten beobachtbar [19, 30, 37].

In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass sich die Lebensqualität und Mobilität [29] der Mehrheit durch eine SDR längerfristig (teilweise 20–28 Jahre postoperativ [46]) deutlich verbessern liessen [6, 11, 17, 21, 36, 44, 45, 47]. Iorio-Morin et al. beobachteten, dass die Leistungsfähigkeit der Betroffenen, welche eine SDR erhalten hatten, der Kontrollgruppe überlegen war [11]. Kinder mit SDR berichteten – im Vergleich zu Kindern ohne solch einen Eingriff –, dass sie nun täglich weniger Stunden Hilfe in Anspruch nehmen mussten [17, 48]. Einige wenige Operierte haben allerdings auch eine Verschlechterung ihrer Lebensqualität festgestellt [44]. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass die Physiotherapietermine postoperativ nicht eingehalten worden waren [44]. Eine Studie von Park et al. zeigt, dass SDS-operierte Kinder ohne anschliessende Rehabilitation keine Verbesserung betreffend Gang, Muskelstärke, Ausdauer und Schmerzen erfuhren [45]. Im Allgemeinen können Schmerzen jedoch signifikant reduziert werden [6, 37].

Im Vergleich zu nicht chirurgischen Therapien vergrössert die SDR aufgrund der verminderten Spastik signifikant den Bewegungsumfang des Knies sowie der Hüfte und verbessert dadurch den Gang der betroffenen Kinder bis ins Erwachsenenalter [9, 42, 45, 49–51]. Zusätzlich kann auch der Bewegungsumfang der Fussgelenke deutlich vergrössert [42, 50] und dadurch die Stabilität verbes-

sert werden [39]. Dieser Effekt konnte in einer Studie auch 20 Jahre nach einer SDR nachgewiesen werden [39]. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass dadurch das Risiko einer Hüftluxation und -subluxation, welche häufig bei CP-Betroffenen beobachtet werden, deutlich verringert wird [45].

Verglichen mit anderen Therapien ist bei der SDR nur ein einziger Eingriff erforderlich [6, 18]. Bei der Baclofen-Pumpe beispielsweise werden zahlreiche Operationen benötigt, da die Pumpe immer wieder aufgefüllt und alle sieben Jahre ausgetauscht werden muss. Somit ist die Anzahl an möglichen Komplikationen gegenüber der SDR um ein Vielfaches grösser [6, 17, 18].

Park et al. und auch andere stellten weitere Vorteile der SDR im Vergleich zur Baclofen-Pumpe fest: Die Motorik, die Spastik [6], der Bewegungsumfang und der Muskeltonus der unteren Extremitäten verbesserten sich stärker [46]. Ausserdem brauchten die Kinder, bei denen eine SDR vorgenommen worden war, weniger orthopädische Eingriffe [46]. Wird die «single-level»- der «multi-level»-Methode gegenübergestellt, so ist das Risiko einer Wirbelsäulendeformität [45] sowie die Gefahr von Infektionen, Liquoristeln und Schmerzen nach der Operation mit der «single-level»-Technik deutlich geringer, weshalb diese die Methode der Wahl sein sollte [52].

Als Nachteil der SDR muss erwähnt werden, dass dieses Verfahren, im Gegensatz zur Implantation einer Baclofen-Pumpe, nicht reversibel ist. Ferner kann sich eine Langzeitkomplikation in Form einer Hüftsubluxation einstellen, bedingt durch die Tonusreduktion, sowie in seltenen Fällen das Wiederkehren der Spastik.

Typischerweise verspüren die Kinder nach der Operation lokale Muskelschmerzen – meist sind es neuropathische Schmerzen –, die gut mittels neuropathischer Schmerzmedikation (z.B. Pregabalin) zu behandeln sind und die sich nicht einschränkend auf den Alltag auswirken [44, 50, 54]. Ausserdem vergehen die Schmerzen mit der Zeit. Ein Taubheitsgefühl in den unteren Extremitäten (lokal oder fokal) ist postoperativ häufig vorhanden, in der Regel allerdings transient [44, 47]. Die Muskelkraft und der Körpertonus sind direkt nach der Operation deutlich reduziert, mithilfe einer Rehabilitation erholt sich beides jedoch in der Mehrheit der Fälle [44]. Andere seltener Komplikationen sind neben Liquoristeln [52] und postoperativen Infektionen Hämatome sowie Phantomschmerzen.

Insgesamt weist die SDR äusserst geringe Komplikationsraten auf, vergleicht man diese Methode mit anderen chirurgischen Interventionen (z.B. der Implantation der intrathekalen Baclofen-Pumpe), und die Komplikationen sind in der Regel temporär [6]. In zahlreichen



Studien kamen die Autorinnen und Autoren zu dem Schluss, dass die SDR ein sicherer Eingriff ist [15, 24, 25, 30, 36, 52, 53] – unabhängig vom GMFCS-Schweregrad [52].

Zusammenfassend ist die «single-level»-SDR eine suffiziente Behandlungsoption für CP-Kinder mit Spastizität jeden Grades. Der positive Effekt der SDR unter anderem auf Motorik, Deformität und Spastik ist grösser, wenn sie in jungen Jahren (zwischen vier und elf Jahren) durchgeführt wird [45]. Zahlreiche Untersuchungen zeigten, dass die Mehrheit der betroffenen Kinder (respektive deren Eltern) die SDR weiterempfehlen würde [44, 45, 47, 55, 56]. Die Operation sollte jedoch nur in Zentren durchgeführt werden, in denen Fachärztinnen und -ärzte für Kinderneurochirurgie und Kinderneurologie sowie Neuromonitoring-Spezialisten und Fachleute für Kinderphysiotherapie mit dem notwendigen Wissen und der Erfahrung hinsichtlich CP und SDR vorhanden sind. Die postoperative langzeitige Rehabilitation in einer auf Kinder spezialisierten Einrichtung trägt sehr stark zum Erfolg der Operation bei und ist deshalb nach einer SDR-Operation zwingend erforderlich.

#### Korrespondenz

PD Dr. med. Jehuda Soleman  
 Universitätsspital Basel  
 Spitalstrasse 21  
 CH-4031 Basel  
[jehuda.soleman\[at\]gmail.com](mailto:jehuda.soleman[at]gmail.com)

#### Disclosure Statement

Die Autoren haben deklariert, keine potentiellen Interessenskonflikte zu haben.

#### Empfohlene Literatur

- 1 Sadowska M, Sarecka-Hujar B, Kopyta I. Cerebral palsy: Current opinions on definition, epidemiology, risk factors, classification and treatment options. *Neuropsychiatr Dis Treat.* 2020;16:1505–18.
- 13 Martinez V, Browd S, Osorio M, Hooper E, Slimp J, Bo X, et al. Electrophysiology of sensory and motor nerve root fibers in selective dorsal rhizotomies. *Pediatr Neurosurg.* 2020;55(1):17–25.
- 16 Bales J, Apkon S, Osorio M, Kinney G, Robison RA, Hooper E, et al. Infra-conus single-level laminectomy for selective dorsal rhizotomy: Technical advance. *Pediatr Neurosurg.* 2016;51(6):284–91.
- 37 Sindou M, Joud A, Georgoulis G. How I do it: Selective dorsal rhizotomy, using interlaminar approaches, for spastic diplegia/quadruplegia in children with cerebral palsy. *Acta Neurochir (Wien).* 2021;163:2845–51.
- 54 Munger ME, Aldahondo N, Krach LE, Novacheck TF, Schwartz MH. Long-term outcomes after selective dorsal rhizotomy: A retrospective matched cohort study. *Dev Med Child Neurol.* 2017;59(11):1196–203.



#### Literatur

Die vollständige Literaturliste finden Sie online unter <https://doi.org/10.4414/smf.2023.09163>.

## Das Wichtigste für die Praxis

- Mittels der «single-level» selektiven dorsalen Rhizotomie (SDR) wird in erster Linie bei Kindern mit GMFCS I–III versucht, den Gang zu normalisieren und den Gebrauch von Gehhilfen so weit wie möglich zu reduzieren. Bei Patientinnen und Patienten mit GMFCS IV–V stehen die Vereinfachung der Pflege und das Steigern des Wohlbefindens im Vordergrund (palliative SDR). Allerdings ist bei beiden Gruppen ein lebenslanges Krafttraining zwingend notwendig, um Einbussen in der Motorik vorzubeugen.
- Die Indikation zur Operation und Behandlung der betroffenen Kinder sollte in einem dedizierten Zentrum erfolgen, in dem eine enge Zusammenarbeit zwischen Kinderneurochirurgie, Kinderneuropädiatrie, Kinderneuroorthopädie und Physiotherapie gegeben sowie ein Kinder-Rehabilitationszentrum vorhanden ist.
- Das «single-level»-Verfahren als eine der beiden Möglichkeiten zur Durchführung einer SDR gilt als sichere und komplikationsarme Operation und damit als Methode der Wahl. Die Resultate und das Outcome nach einem solchen Eingriff sind in der Regel sehr gut.
- Die Operation sollte von ausgebildeten Kinderneurochirurginnen und -chirurgen durchgeführt werden – mit der Unterstützung von Kolleginnen und Kollegen aus der Neurologie, die auf intraoperatives Neuromonitoring bei Kindern spezialisiert sind.



**Alexandra Lazendic, BMed**

Klinik für Neurochirurgie und Abteilung für Kinderneurochirurgie, Universitätsspital beider Basel (UKBB), Basel