

Tratamento cirúrgico para espasticidade: rizotomia dorsal seletiva—técnica e revisão da literatura

Surgical Treatment for Spasticity: Selective Dorsal Rhizotomy— Technique and Literature Review

Marcos Paulo dos Santos Teixeira¹ Bernardo Assumpção de Monaco² Jessie Medeiros de Navarro³
Emmanuel Alejandro Vazquez⁴ Arthur José Maia Lopes⁵ Thais Cristina de Souza Melo⁶
Manoel Jacobsen Teixeira⁷

¹Fundação de Beneficência Hospital de Cirurgia, Aracaju, SE, Brazil

²Department of Neurosurgery, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

³Department of Neurophysiology, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

⁴Department of Neurosurgery, Hospital Aleman de Bueno Aires, Argentina; Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

⁵Neurosurgery Residency, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

⁶Medical School Graduation, Universidade Federal de Sergipe Aracaju, SE, Brazil

⁷Neurosurgery Discipline, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

Address for correspondence Marcos Paulo dos Santos Teixeira, MD, Fundação de Beneficência Hospital de Cirurgia, Av. General Djenal Tavares de Queiroz, 310, apto 502, Luzia, Aracaju, Sergipe, Brazil (e-mail: marcosp_med@hotmail.com).

Arq Bras Neurocir

Resumo

A espasticidade é uma desordem motora que leva a um quadro de resistência ao movimento articular passivo. A paralisia cerebral é a mais importante causa de espasticidade e pode ser causada por diversos fatores, tais como gestações múltiplas, alcoolismo, infecções, hemorragias, afogamento, lesões cerebrais traumáticas, entre outros. Existem muitas escalas que ajudam a mensurar e acompanhar o grau de acometimento desses pacientes. O tratamento inicial deve focar no fator causal, como tumores, inflamação, doenças degenerativas, hidrocefalia, etc. Posteriormente, o tratamento da musculatura espástica inclui miorrelaxantes orais, intratecais, eletroestimulação medular, neurotomias, lesão do trato de Lissauer, dentatotomia e a rizotomia dorsal seletiva. Esta última é uma técnica segura, possível de ser realizada na maioria dos centros com suporte neurocirúrgico, e eficaz no tratamento da espasticidade grave. Neste artigo os autores descrevem a técnica cirúrgica e fazem uma revisão da literatura.

Palavras-Chave

- ▶ espasticidade
- ▶ rizotomia
- ▶ paralisia cerebral
- ▶ monitorização intraoperatória
- ▶ cirurgia

received
October 27, 2017
accepted
December 4, 2017

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0038-1623514>.
ISSN 0103-5355.

Copyright © by Thieme Revinter
Publicações Ltda, Rio de Janeiro, Brazil

License terms



Abstract

Keywords

- ▶ spasticity
- ▶ rhizotomy
- ▶ cerebral palsy
- ▶ electrical stimulation
- ▶ surgery

Spasticity is a motor disorder that leads to a resistance to passive joint movement. Cerebral palsy is the most important cause of spasticity and can be caused by several factors, including multiple gestations, alcoholism, infections, hemorrhages, drowning, and traumatic brain injuries, among others. There are many scales that help to measure and monitor the degree of impairment of these patients. The initial treatment should focus on the causal factor, such as tumors, inflammation, degenerative diseases, hydrocephalus, etc. Subsequently, the treatment of spastic musculature includes oral or intrathecal myorelaxants, spinal cord electrostimulation, neurotomies, Lissauer tract lesion, dentatotomy and selective dorsal rhizotomy. The latter is a safe technique, possible to be performed in most centers with neurosurgical support, and it is effective in the treatment of severe spasticity. In this article, the authors describe the surgical technique and conduct a review the literature.

Introdução

A espasticidade é uma desordem motora caracterizada pelo aumento do tônus muscular, levando a um quadro de resistência ao movimento articular passivo. Na prática clínica, a espasticidade é um dos sinais positivos da síndrome do neurônio motor superior, que pode vir acompanhado de rigidez, hiperreflexia, reflexos primitivos, clônus, hipertonia dos músculos antigravitários, aumento das áreas reflexógenas, hiperreflexia vesical e sinal do canivete. Os sinais negativos também podem acompanhar a clínica desses pacientes, tais como parestias, incoordenações, fadiga, redução da elasticidade tecidual, entre outros. Esses sinais, em condições extremas, prejudicam a postura, deambulação e o autocuidado. Como consequência direta podemos citar quadros algícos, fraturas e úlceras de decúbito. O agravamento desses pacientes também piora a qualidade de vida de seus respectivos cuidadores. No entanto, o grau de espasticidade pode ajudar alguns pacientes na manutenção da postura e marcha.

A paralisia cerebral (PC) é considerada uma das mais importantes causas de espasticidade, principalmente em crianças em que, quando associada a outros sintomas como distonia, ataxia ou rigidez, leva a um sério quadro de incapacidade.

Mesmo com os avanços dos cuidados no período neonatal, tem-se observado um aumento na incidência dos casos de PC, que pode estar relacionado a um aumento da sobrevida de crianças com muito baixo peso.^{1,2}

Etiologicamente, a PC é associada a eventos pré-natais (gestações múltiplas, alcoolismo materno, infecções), perinatais (hemorragias, infecções, bradicardia, anóxia fetal) e pós-natais (afogamento, lesão cerebral traumática, afogamentos, entre outros).³

Para avaliar objetivamente a espasticidade lançamos mãos de indicadores quantitativos e qualitativos que mensuram o grau e a repercussão funcional dos pacientes.

A escala modificada de Ashworth é a mais utilizada para avaliar o tônus muscular. Trata-se de uma escala qualitativa que avalia o grau de espasticidade, medido de acordo com o grau de resistência ao movimento passivo de um segmento movido rapidamente por um examinador⁴ (►Tabela 1). A escala de Penn, também muito utilizada na prática clínica, avalia a ocorrência de espasmos (►Tabela 1).

A escala de Tardieu mensura a intensidade da reação muscular ao movimento passivo. O arco do movimento deve ser medido por um goniômetro. O ângulo de resistência é a medida relativa à posição de mínimo estiramento para

Tabela 1 Escala de Ashworth modificada e escala de Penn

Escala de Ashworth modificada		Escala de Penn
Grau	Descrição	Descrição
0	Tônus muscular normal	Ausência de espasmos
1	Aumento do tônus no início ou no final do arco de movimento	Apenas espasmos precipitados por estímulos
1+	Aumento do tônus em menos da metade do arco de movimento, manifestado por tensão abrupta e seguido por resistência mínima	
2	Aumento do tônus em mais da metade do arco de movimento, mas a parte afetada é facilmente mobilizada	Espasmos espontâneos, fortes e irregulares, menos que um por hora
3	Aumento considerável do tônus muscular com movimento passivo difícil	Espasmos espontâneos, um ou mais por hora
4	Partes rígidas em flexão ou extensão	Espasmos espontâneos, mais que dez por hora

Tabela 2 Escala de Tardieu

Escala de Tardieu modificada	
Grau	Descrição
0	Nenhuma resistência no decorrer do movimento passivo
1	Uma ligeira resistência ao longo do curso do movimento passivo, sem precisão do ângulo específico
2	Clara rigidez em um ângulo específico, interrompendo o estiramento, seguido por relaxamento.
3	Clônus fatigável que dura menos de 10 segundos e que aparece em um ângulo específico, enquanto o avaliador está mantendo a pressão.
4	Clônus não fatigável que dura mais de 10 segundos e que aparece em um ângulo específico enquanto o avaliador está mantendo a pressão.

todas as articulações. É uma boa opção para avaliar o ganho após o tratamento (► **Tabela 2**).

A marcha pode ser usada para avaliar a melhora da espasticidade, seja na observação clínica, seja em laboratório da marcha utilizando a eletromiografia dinâmica.⁵

Outros testes também são utilizados, como testes de habilidades do membro superior e da dinamometria da preensão,⁶ mensuração da independência funcional, índice de Barthel (método quantitativo que avalia a independência nas atividades diárias), testes quantitativos da força muscular e miometria,⁷ e a escala da Lyon Université, que avalia automatismos.⁸

Inicialmente, o tratamento da espasticidade deve focar no fator causal, seja ele tumor, inflamação, esclerose múltipla, doença infecciosa, doença vascular, doença degenerativa, hidrocefalia, etc. É mandatório prevenir ou eliminar fatores que pioram a espasticidade, tais como dor, disfunções viscerais, úlceras de decúbito, infecções urinárias, obstipação, ossificação heterotópica, unha encravada, estresse psicológico e distúrbios do sono.

O tratamento neurocirúrgico da espasticidade é diverso. A infusão intratecal de miorrelaxantes, como o baclofeno, tizanidina, midazolam, clonidina ou morfina, é indicada em pacientes com função motora preservada e quando a medicação por via oral é intolerada ou ineficaz. A eletroestimulação medular é uma opção em casos mais brandos. Neurotomias de nervos como o obturador, ciático, tibial posterior, fibular ou o femoral—em membros inferiores—e musculocutâneo, radial ou mediano nos membros superiores, são opções para espasticidade mais localizadas.

A rizotomia percutânea por radiofrequência é utilizada em pacientes debilitados e no tratamento de bexiga espástica. A mielotomia longitudinal (secção longitudinal da substância cinzenta da medula espinal) é reservada para paraplégicos com comprometimento total da função sexual e esfinteriana. A lesão do trato de Lissauer e do corno posterior da medula espinal, proposta por Sindou em 1969, é usada no tratamento da espasticidade e dor em membros inferiores.⁹ A dentatotomia tem eficácia no tratamento da espasticidade evidenciada por várias casuísticas.¹⁰

A rizotomia dorsal seletiva (RDS) é uma técnica segura, econômica e possível de ser realizada na maioria dos centros com suporte neurocirúrgico, especialmente pediátrico. É uma excelente opção nos casos de pacientes que deambulam e crianças quadriespásticas.

Seleção de Pacientes

Até o presente momento, não existem medidas completamente eficazes para reparar os danos em áreas motoras que controlam o movimento. Dispomos de várias medidas terapêuticas para o tratamento da espasticidade, que incluem: terapia medicamentosa, fisioterapia, terapia ocupacional, aplicações de toxina botulínica, cirurgia ortopédica, RDS, além dos procedimentos cirúrgicos citados previamente. A opção pelo uso dessas terapias é extremamente importante para o paciente, já que vítimas de politraumatismos são geralmente jovens com longa sobrevida, e que as crianças com PC têm sobrevida média de 20 anos.¹¹

A RDS é uma cirurgia definitiva em que se expõe a cauda equina através de laminotomia osteoplástica seguida da identificação das raízes de L2-S1.

Os resultados da rizotomia dorsal são conhecidos desde os experimentos iniciais de Sherrington (1894) em gatos descebrados. Em 1889, Abbe e Bennett descreveram o resultado de secção de raiz nervosa com controle da dor.^{12,13} Em 1913, Foerster alcançou melhora da espasticidade após execução da rizotomia dorsal.¹⁴ Apesar dos bons resultados, a rizotomia dorsal foi abandonada por cerca de meio século, devido às comorbidades relativas ao procedimento. Somente na década de 1960, Gros et al realizaram rizotomias parciais introduzindo a eletromiografia (EMG) para ajudar na identificação dos nervos disfuncionais.¹⁵ Fasano et al descreveram critérios para avaliar respostas motoras anormais após estimulação elétrica nervosa.¹⁶ A cirurgia tradicional proposta por Peacock consiste numa laminotomia de L1 a L5 com laminectomia de S1-S2.¹⁷ Em muito serviços, o nível da abordagem é variado, incluindo topografias lombares ou no cone medular (CM), visando manter um equilíbrio entre a preservação da força e a eliminação da espasticidade.³

O uso da eletromiografia (EMG) para definir quais as raízes dorsais que foram lesadas também tornou-se motivo de discussão devido à variabilidade da resposta motora,¹⁸ da padronização da técnica usada em cada centro,¹⁹ do uso de fármacos usados na indução anestésica que podem interferir nos resultados da estimulação,²⁰ e da variabilidade da inervação segmentar da musculatura dos membros inferiores.²¹ Um estudo fez uma análise histológica das raízes seccionadas de crianças com PC submetidas a RDS, e constatou que as raízes alteradas na EMG apresentavam degenerações axonais



Fig. 1 Paciente entubado em uma maca lateral à mesa cirúrgica. Coxins apropriados estão posicionados para evitar úlceras de decúbito após o paciente ser posicionado em decúbito ventral.

ou desmielinização. As raízes que apareceram normais na EMG apresentaram alterações histológicas mínimas limitadas a bainha de mielina ou desmielinização sem degeneração axonal, mostrando que este é um método significativo para encontrar as raízes que devem ser seccionadas.²²

Pacientes espásticos apresentam contrações sustentadas a uma estimulação de 50Hz, porém não apresentaram o mesmo padrão contralateral.²¹ Temos constatado na prática diária que uma estimulação de 5Hz é suficiente para diferenciar as raízes motoras e sensitivas. A EMG intraoperatória é essencial na identificação das raízes hiperativas, contribuindo para um equilíbrio entre a redução da espasticidade, controle vesical e a preservação da sensibilidade.

Estudos têm demonstrado que a RDS é acompanhada de melhora importante em vários parâmetros considerados como, por exemplo, melhora na função motora,^{23–25} redução significativa da espasticidade,²⁶ ganho de força,²⁷ aumento na amplitude dos movimentos e^{28,29} melhoras qualitativas³⁰ e quantitativas^{31,32} na função motora dos membros superiores.

Alguns serviços usam critérios rigorosos para indicar a RDS, entre eles o índice de Reimer, que quando superior a 50%, pode postergar a RDS por um período de 6 a 12 meses.³ Porém, a rizotomia dorsal precoce impediria uma abordagem posterior em tecidos moles e articulares.³³

No final da década de 1980, a principal preocupação com complicações no intraoperatório residia no risco de broncoespasmo e pneumonia aspirativa; porém, com o desenvolvimento de novas técnicas anestésicas e novas drogas, os riscos foram reduzidos.³⁴

As crianças com PC que evoluem com diplegia espástica ou tetraplegia, associado a um importante componente espástico em membros inferiores e mínimo comprometimento em membros superiores, são as principais beneficiárias desta técnica. A RDS não é indicada em crianças menores de 2 anos de idade porque a PC não pode ser diagnosticada com segurança nesta faixa etária. A distonia não é contraindicação absoluta para a cirurgia, porém se houver lesões em núcleos da

base com predomínio distônico, outros procedimentos apresentam melhores resultados, como a palidotomia ou a estimulação cerebral profunda. História de múltiplas cirurgias ortopédicas contraindica o procedimento devido a deformidades fixas e fraqueza muscular.²⁴

O principal objetivo da RDS é a redução de dois níveis na escala de Ashworth no alvo muscular preterido dos membros inferiores. Em 50% dos casos há também melhora em membros superiores.³⁵

Para um bom resultado pós-cirúrgico, o paciente deverá ser devidamente selecionado. O exame clínico definirá quais segmentos estão mais acometidos pela doença e quais seriam o foco da rizotomia. Uma equipe multidisciplinar que inclui o fisiatra, ortopedista, neuropediatra, psicólogo e fisioterapeuta é essencial. Deve-se avaliar a postura, o controle esfinteriano, a amplitude dos movimentos articulares, se há deformidades ósseas ou musculares, presença de distonia, discinesias, presença de espasmos, observação da marcha, cognição e comorbidades.

Descrição da Técnica

A técnica criada por Park e Jonhston,³⁶ em 1991, se diferencia das demais pela remoção da lâmina de uma ou duas vértebras, enquanto as técnicas tradicionais se utilizam de laminectomia de cinco a sete vértebras.

O paciente é sedado e intubado em decúbito dorsal na maca lateral a mesa cirúrgica (►Fig. 1). Deve-se evitar medicações que não alterem a atividade eletromiográfica, tais como os bloqueadores neuromusculares de longa duração.

Após a intubação orotraqueal, são introduzidos eletrodos bilateralmente nos músculos adutor longo, vasto lateral, tibial anterior e gastrocnêmio medial (►Fig. 2).

Posteriormente, o paciente é transferido para a posição decúbito ventral com cuidado de manter estruturas macias em pontos estratégicos do corpo para evitar úlceras de decúbito. Já nesta posição são introduzidos eletrodos na região perianal e



Fig. 2 Posicionamento dos eletrodos da EMG na musculatura dos membros inferiores.

fixados os fios com esparadrapos no próprio membro inferior do paciente (► **Fig. 3**).

Usamos EMG contínua e um trigger com 14 canais para estimular os seguimentos L1-L2, L2-L3, L3-L4, L5-L5, L5-S1, S1-S2 e anal de cada lado. A interpretação do resultado da EMG é feita pelo neurofisiologista. A EMG intraoperatória fornece informações valiosas ao neurocirurgião que o ajudam a diferenciar a raiz sensitiva da motora, além disso, o mapeamento das fibras do esfíncter anal é um fator de segurança para não acrescentar déficits ao paciente.³⁷ Também se faz necessário ter o máximo de cuidado com as fibras sacrais de S2 a S4 para proteger a função vesical e sexual.³⁸

O paciente é mantido em leve posição de Trendelenburg para reduzir as perdas líquóricas. A radioscopia, ou ultrassonografia (em caso de crianças menores de 10 anos), é utilizada para encontrar o nível vertebral a ser abordado (previamente

escolhido através da ressonância magnética) para encontrar o final do CM, e a incisão é feita após marcar este nível (► **Fig. 4**). Como a laminectomia deve ser limitada a este segmento, é importante que o CM seja encontrado.

Feita uma incisão horizontal, com abertura do tecido celular subcutâneo, dissecamos a musculatura dorsal afastando-a do processo espinhoso até expor as lâminas da vértebra L1, neste exemplo (► **Fig. 5**). Após a exposição do espaço interlaminar, o ligamento amarelo é removido com a visualização do saco dural. Uma incisão linear é feita para expor a medula e visualizar o CM e a cauda equina.

A partir deste momento, soluções salinas devem ser evitadas, pois alteram as respostas na EMG. As bordas da dura-máter são ancoradas com Vicryl ou nylon 4.0 para manter o canal aberto. Procura-se o primeiro forame das raízes anteriores e posteriores, lateral ao CM. Encontrada a raiz, ela é dividida em quatro partes para iniciar a estimulação a pulsos de onda de 0,1 milésimo de segundo a uma frequência de 0,5 Hz e depois 50 Hz, e então identificar se estamos estimulando fibras motoras ou sensitivas.

Na espasticidade, as fibras sensitivas estão hiperativas; nestes casos, escolhe-se a parte mais alterada para a neurólise, preservando as que estão em melhores condições. Ao não optar por cortar toda a raiz sensitiva, evita-se dor de deafferentação.

Na ► **Fig. 6A**, visualizamos a dura-máter medular no nível L1 aberta expondo o CM e a cauda equina. Identificamos a raiz sensitiva de L1 e usamos um reparo de látex para separar a parte motora da sensitiva (► **Fig. 6B**). A metade das fibras da raiz dorsal de L1 é cortada sem estimulação (► **Fig. 6C**). Na sequência, estimulamos com EMG as raízes de L2, isolando a parte sensitiva e separando-a em 4 partes. Novamente estimulamos cada segmento para avaliar o grau de hiperatividade e gravar os padrões elétricos dos músculos relacionados. Os segmentos mais danificados são seccionados.

A raiz que já foi cortada é separada das demais com uma fita ou cadarço vascular, para não correr o risco de abordá-la novamente (► **Fig. 6D**). Após encontrar outra raiz e separar novamente com reparo (► **Fig. 6D**), fazemos uma nova estimulação e repetimos todo o processo (► **Figs. 6E e 6F**) até abordar todo o segmento L2 - S2 ou, dependendo do caso, aqueles em que o paciente tem mais prejuízo funcional.



Fig. 3 Paciente em decúbito ventral com eletrodos posicionados nos membros inferiores e na região perianal.

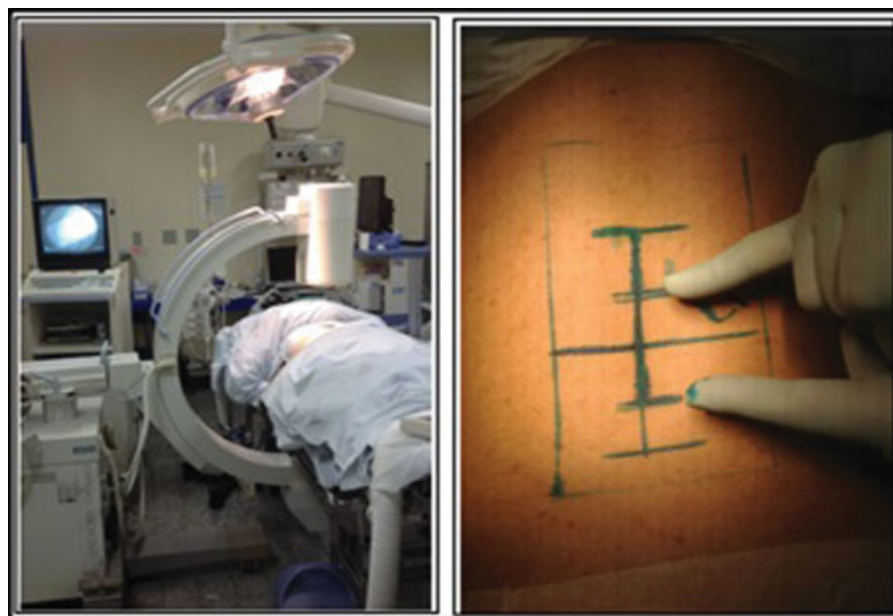


Fig. 4 À esquerda: paciente posicionado em decúbito ventral no momento em que se realiza radioscopia para encontrar o nível da coluna vertebral que será abordado. À direita: marcação na pele do tamanho da incisão.

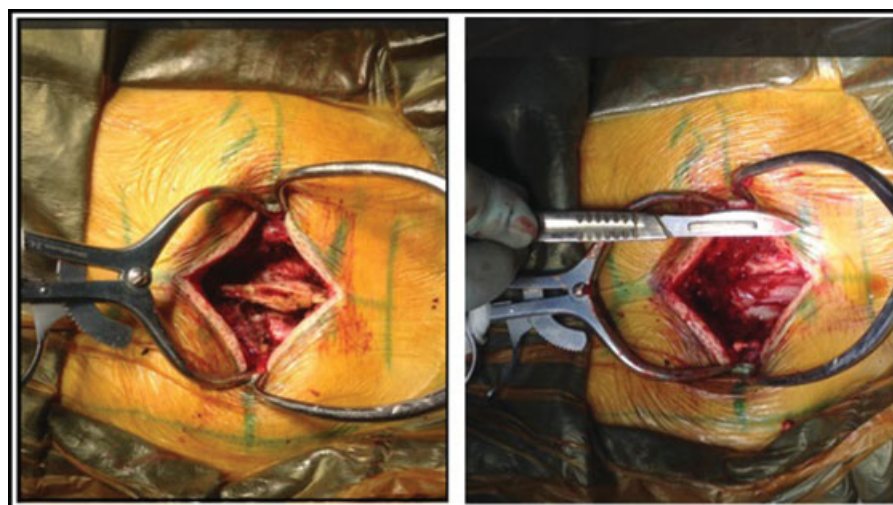


Fig. 5 À esquerda: musculatura dorsal afastada com visualização do ligamento supraespinhal e processo espinhoso de L1. À direita: Após a laminotomia, exposição do saco dural ao nível do cone medular.

A estimulação de raízes nervosas no intraoperatório avalia a integridade funcional do nervo, visto que visualmente é impossível para o cirurgião fazer essa diferenciação. A medida que cada raiz é estimulada, uma resposta motora na musculatura do segmento correspondente é percebida, e a informação do potencial de ação é recebida no software que analisa e grava os estímulos correspondentes a cada raiz. Na ►Fig. 7, observamos um exemplo gráfico da estimulação. A latência motora foi de 7 segundos e a sensitiva de 9 segundos. Verifica-se que a raiz L3 está sendo estimulada e que o potencial de ação tem pico tardio à linha amarela, que marca a divisão entre motor e sensitivo, confirmando ser esta uma raiz sensitiva. Na coluna à esquerda (em azul) estão separadas as estimulações nas quatro partes da raiz. Nota-se

que as partes 2 e 3 estão mais hiperativas. Logo, estas partes podem ser seccionadas, preservando as partes 1 e 4.

As vantagens desta técnica consistem na redução da deformidade da coluna vertebral, principalmente em crianças, se comparada com a extensa laminectomia na técnica tradicional, melhora da espasticidade no quadril, devido a secção na primeira raiz dorsal lombar, acesso cirúrgico reduzido com menor manipulação muscular, e, conseqüentemente, menor dor pós-operatória e reinício precoce das atividades reabilitadoras. No entanto, os riscos são compartilhados aos demais procedimentos como paraplegia, bexiga paralítica, impotência sexual e déficit de sensibilidade.

Um estudo que incluiu 95 pacientes tratados com RDS na infância, e os acompanhou por períodos que variaram de 20 a

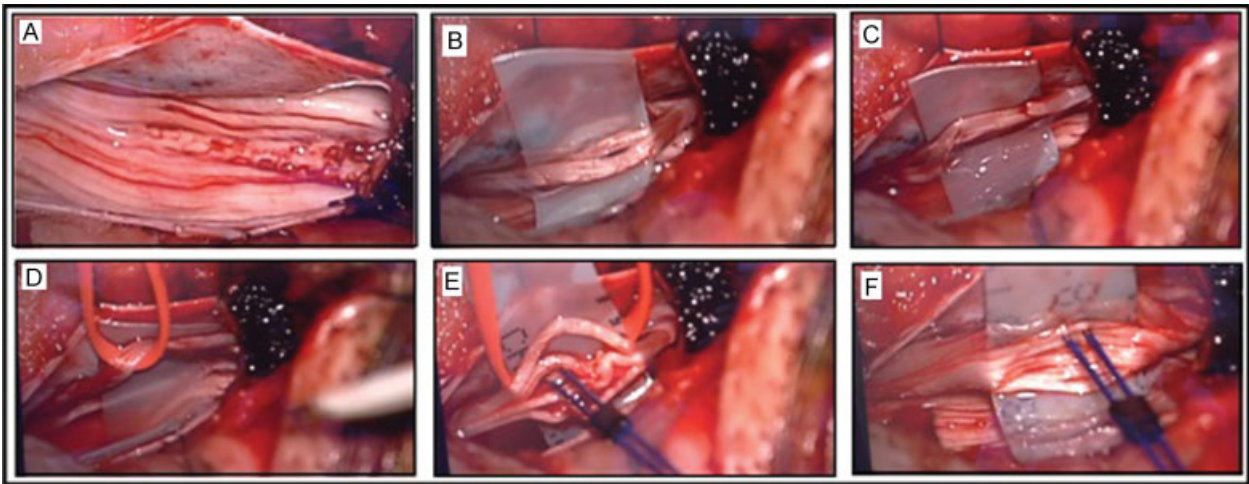


Fig. 6 Imagens do intraoperatório mostrando a dura-máter aberta com visualização do cone medular e raízes sendo estimuladas durante a EMG com configuração bipolar.

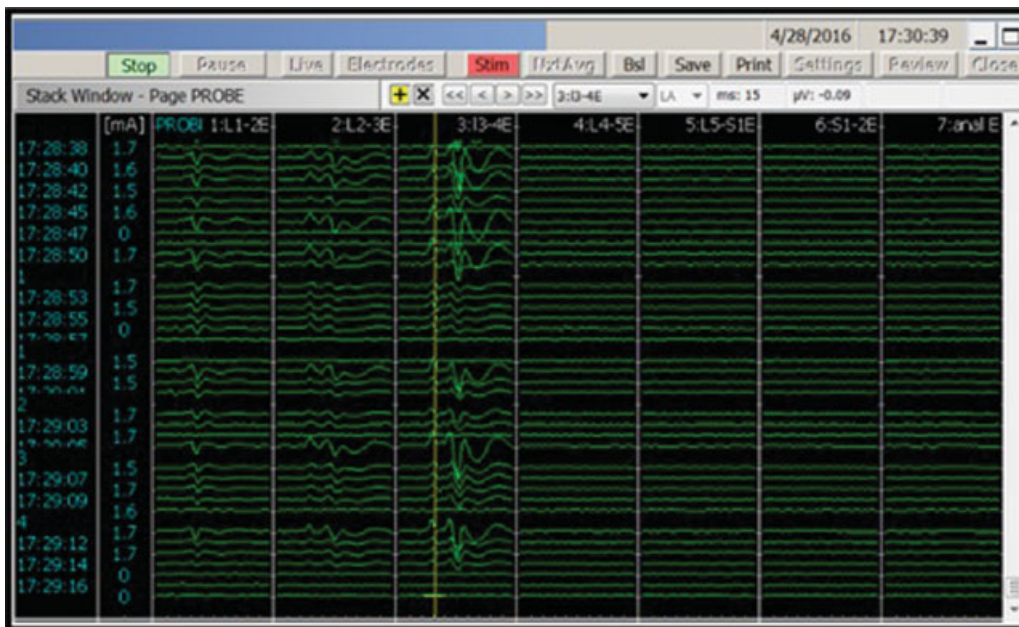


Fig. 7 Estimulação do segmento L3. Visualizamos que o pulso de onda está à direita da linha amarela e denota a separação entre um impulso motor ou sensitivo. O lado esquerdo (azul) mostra a divisão das quatro partes, evidenciando que as partes 2 e 3 da raiz de L3 estão hiperativas e devem ser seccionadas.

28 anos, mostrou que 91% dos pacientes operados referiram que a cirurgia impactou positivamente na qualidade de vida. Em 42% dos pacientes, houve melhora na deambulação, 88% recomendaria o procedimento para outros pacientes e não houve complicações tardias para estes pacientes.³⁹

Daunter et al selecionaram pacientes com PC que foram submetidos a RDS na infância (antes dos 10 anos de idade) e os compararam com um grupo-controle não operado. Concluíram que o grupo RDS apresentou menos dor, fadiga e declínio funcional comparado com o grupo não-cirúrgico.⁴⁰

A técnica de RDS por laminoplastia de segmento único fornece uma abordagem menos invasiva e a incidência de escoliose após esta abordagem é comparável com a história natural de crianças acompanhado ambulatoriamente.⁴¹

Conclusão

A RDS é eficaz no tratamento da espasticidade grave. É uma cirurgia com baixa morbidade e a estimulação eletrofisiológica mostrou-se eficaz na escolha dos segmentos da raiz que devem ser seccionados com segurança. Porém, para êxito do tratamento, o paciente deve ser rigorosamente selecionado. Além da melhora do funcional dos pacientes espásticos, há uma expressiva melhora na qualidade de vida dos cuidadores.

Referências

- 1 Rumeau-Rouquette C, Grandjean H, Cans C, du Mazaubrun C, Verrier A. Prevalence and time trends of disabilities in school-age children. *Int J Epidemiol* 1997;26(01):137-145

- 2 Kuban KCK, Leviton A. Cerebral palsy. *N Engl J Med* 1994;330(01):188–195
- 3 Farmer JP, Sabbagh AJ. Selective dorsal rhizotomies in the treatment of spasticity related to cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2007;23(09):991–1002
- 4 Abolhasani H, Ansari NN, Naghdi S, Mansouri K, Ghotbi N, Hasson S. Comparing the validity of the Modified Modified Ashworth Scale (MMAS) and the Modified Tardieu Scale (MTS) in the assessment of wrist flexor spasticity in patients with stroke: protocol for a neurophysiological study. *BMJ Open* 2012;2(06):1136–1144
- 5 Lianza S, Koda LC. Avaliação da capacidade. In: Lianza S (editor). *Medicina de reabilitação*. 3a ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro; 2001
- 6 Pierson SH. Outcome measures in spasticity management. *Muscle Nerve Suppl* 1997;6:S36–S60
- 7 Penta M, Thonnard JL, Tesio L. ABILHAND: a Rasch-built measure of manual ability. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79(09):1038–1042
- 8 Millet MF. Neurochirurgie dans le paraplegic spastiques. Resultats a moyen treme de la radicellotomie posterieure selective. In: Simon L (editor). *Actualites en reeducation fonctionnelle et readaptation*. Paris 1981:76–85
- 9 Sindou MP. History of the neurosurgical treatment for spasticity. *Oper Tech Neurosurg* 2004;7(3 SPEC. ISS.):96–99
- 10 Teixeira MJ, Fonoff ET. Surgical treatment of spasticity. *Rev Med (São Paulo)* 2004;83(1–2):17–27
- 11 Evans PM, Evans SJW, Alberman E. Cerebral palsy: why we must plan for survival. *Arch Dis Child* 1990;65(12):1329–1333
- 12 Abbe R. A Contribution to the Surgery of the Spine. *J Neurosurg* (reprint from *The Medical Record*) 1964;21(01):820–823
- 13 Bennett WH. Acute spasmodic pain in the left lower extremity was completely relieved by sub-dural division of the posterior roots of certain spinal nerves, all other treatment having proved useless. *Med Chir Trans* 1889;72:329–348, 3
- 14 Foerster O. On the indications and results of the excision of posterior spinal nerve roots in men. *Surg Gynecol Obstet* 1913;16:463–474
- 15 Gros C, Ouaknine G, Vlahovitch B, Frèrebeau P. [Selective posterior radicotomy in the neurosurgical treatment of pyramidal hyper-tension]. *Neurochirurgie* 1967;13(04):505–518
- 16 Fasano VA, Barolat-Romana G, Ivaldi A, Sguazzi A. [Functional posterior radicotomy, in the treatment of cerebral spasticity. peroperative electric stimulation of posterior roots and its use in the choice of the roots to be sectioned]. *Neurochirurgie* 1976;22(01):23–34
- 17 Peacock WJ, Arens LJ. Selective posterior rhizotomy for the relief of spasticity in cerebral palsy. *S Afr Med J* 1982;62(04):119–124
- 18 Warf BC, Nelson KR. The electromyographic responses to dorsal rootlet stimulation during partial dorsal rhizotomy are inconsistent. *Pediatr Neurosurg* 1996;25(01):13–19
- 19 Steinbok P, Kestle JR. Variation between centers in electrophysiologic techniques used in lumbosacral selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. *Pediatr Neurosurg* 1996;25(05):233–239
- 20 Chabal C, Jacobson L, Little J. Effects of intrathecal fentanyl and lidocaine on somatosensory-evoked potentials, the H-reflex, and clinical responses. *Anesth Analg* 1988;67(06):509–513
- 21 Phillips LH II, Park TS. Electrophysiologic mapping of the segmental anatomy of the muscles of the lower extremity. *Muscle Nerve* 1991;14(12):1213–1218
- 22 Fukuhara T, Nakatsu D, Namba Y, Yamadori I. Histological evidence of intraoperative monitoring efficacy in selective dorsal rhizotomy. *Childs Nerv Syst* 2011;27(09):1453–1458
- 23 McLaughlin J, Bjornson K, Temkin N, et al. Selective dorsal rhizotomy: meta-analysis of three randomized controlled trials. *Dev Med Child Neurol* 2002;44(01):17–25
- 24 Engsborg JR, Ross SA, Collins DR, Park TS. Effect of selective dorsal rhizotomy in the treatment of children with cerebral palsy. *J Neurosurg* 2006;105(1, Suppl):8–15
- 25 Mittal S, Farmer JP, Al-Atassi B, et al. Long-term functional outcome after selective posterior rhizotomy. *J Neurosurg* 2002;97(02):315–325
- 26 Abbott R, Johann-Murphy M, Shiminski-Maher T, et al. Selective dorsal rhizotomy: outcome and complications in treating spastic cerebral palsy. *Neurosurgery* 1993;33(05):851–857, discussion 857
- 27 Gul SM, Steinbok P, McLeod K. Long-term outcome after selective posterior rhizotomy in children with spastic cerebral palsy. *Pediatr Neurosurg* 1999;31(02):84–95
- 28 Steinbok P, Reiner AM, Beauchamp R, Armstrong RW, Cochrane DD, Kestle J. A randomized clinical trial to compare selective posterior rhizotomy plus physiotherapy with physiotherapy alone in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39(03):178–184
- 29 Wright FV, Sheil EM, Drake JM, Wedge JH, Naumann S. Evaluation of selective dorsal rhizotomy for the reduction of spasticity in cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 1998;40(04):239–247
- 30 Albright AL, Barry MJ, Fasick MP, Janosky J. Effects of continuous intrathecal baclofen infusion and selective posterior rhizotomy on upper extremity spasticity. *Pediatr Neurosurg* 1995;23(02):82–85
- 31 Beck AJ, Gaskill SJ, Marlin AE. Improvement in upper extremity function and trunk control after selective posterior rhizotomy. *Am J Occup Ther* 1993;47(08):704–707
- 32 Buckton CE, Sienko Thomas S, Aiona MD, Piatt JH. Assessment of upper-extremity function in children with spastic diplegia before and after selective dorsal rhizotomy. *Dev Med Child Neurol* 1996;38(11):967–975
- 33 Marbini A, Ferrari A, Cioni G, Bellanova MF, Fusco C, Gemignani F. Immunohistochemical study of muscle biopsy in children with cerebral palsy. *Brain Dev* 2002;24(02):63–66
- 34 Van de Wiele BM, Staudt LA, Rubinstien EH, Nuwer M, Peacock WJ. Perioperative complications in children undergoing selective posterior rhizotomy: a review of 105 cases. *Paediatr Anaesth* 1996;6(06):479–486
- 35 Vall JAC, Lima ALO, Martins AO. O impacto da rizotomia dorsal seletiva na qualidade de vida de crianças espásticas portadoras de paralisia cerebral. *Arq Bras Neurocir*. 2008;27(01):7–11
- 36 Park TS, Johnston JM. Surgical techniques of selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. Technical note. *Neurosurg Focus* 2006;21(02):e7
- 37 Shalash AS, Ghany WAA. Intraoperative Electrophysiological Monitoring During Selective Dorsal Rhizotomy in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Egypt J Neurol Psychiat Neurosurg* 2010;47(01):505–510
- 38 Huang JC, Deletis V, Vodusek DB, Abbott R. Preservation of pudendal afferents in sacral rhizotomies. *Neurosurgery* 1997;41(02):411–415
- 39 Park TS, Liu JL, Edwards C, Walter DM, Dobbs MB. Functional Outcomes of Childhood Selective Dorsal Rhizotomy 20 to 28 Years Later. *Cureus* 2017;9(05):e1256
- 40 Daunter AK, Kratz AL, Hurvitz EA. Long-term impact of childhood selective dorsal rhizotomy on pain, fatigue, and function: a case-control study. *Dev Med Child Neurol* 2017;59(10):1089–1095
- 41 Funk JF, Haberl H. Monosegmental laminoplasty for selective dorsal rhizotomy-operative technique and influence on the development of scoliosis in ambulatory children with cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2016;32(05):819–825