

第 6 章

脊髓後根切断術

脳性麻痺，痙縮の治療において， 脊髄後根切断術はどのような病型・重症度に 推奨されるか？

推奨

1. 様々な中枢神経病変に基づく非進行性あるいは緩徐進行性の痙縮を軽減する外科的治療として推奨される。

GRADE 1A 推奨の強さ「強い推奨」/エビデンスの確実性「強」

2. 軽症では運動機能の改善，重症では QOL の改善が見込まれる。

解説

脊髄後根切断術は 19 世紀末に疼痛に対する治療として導入された外科手術である。その後の臨床経過、Sherrington による研究結果などをもとに 20 世紀はじめに痙縮に対する外科治療としても適応されるようになった。その後、紆余曲折を経て 1970 年代に現在に通じる術中神経生理学的手技が導入され、1980 年代に基本になる術式が確立している。痙縮の治療として認知され広まるようになったのは、1980 年代後半に北米に導入されて以降である。

脊髄後根切断術の位置づけを正面から論じた論文は、検索した範囲内では認めなかった。世界保健機構の定めた International Classification of Functioning, Disability and Health-version for Children&Youth (ICF-CY) を用いて脳性麻痺小児に対する各種治療法を評価した論文において、脊髄後根切断術はボツリヌス療法・経口鎮静薬と並び痙縮の治療法として推薦されているが、運動機能改善の治療法としては位置づけられていない¹⁾。

後根切断術の効果については、1990 年代後半に北米で実施された 3 つのランダム化比較試験 (randomized controlled trial: RCT) が存在する。McLaughlin はこれらの RCT の結果を比較して痙性両麻痺小児の痙縮軽減・機能改善に有用であるとまとめた²⁾。同時に、痙縮の軽減度と比較して運動機能の改善度の程度は限られており、痙縮の軽減が運動機能改善に直接反映するわけでないことを明らかにした。Steinbok は上記 RCT も含む 2000 年代初頭の脊髄後根切断術の手術成績を解析し、以下の点を明らかにした³⁾。確実性の高い効果は、下肢痙縮の軽減・下肢関節可動域の増加・gross motor function measure (GMFM) の増加 (運動機能の改善) であり、中等度の確実性がある効果として、手術効果が 5 年以上持続・移動能力の改善・上肢および体幹への効果の波及を上げた。その一方で、股関節脱臼の改善・整形外科手術の必要性を下げる点についての確実性は低いと述べている。他の文献でも、痙縮・筋過緊張軽減の効果についてはほぼ一致した効果を認めている⁴⁻¹⁰⁾。生体力学的分析でも、術後は

歩幅の増加・各関節の可動域および関節面の運動スピード増加が認められ、脊髄後根切断術による筋緊張軽減・伸展反射減弱の効果とされている¹¹⁾。またこのような歩行改善が術後20年以上継続することも確認されている¹²⁾。脊髄後根切断術を重症脳性麻痺小児の治療法として位置づけている論文も認められたが¹³⁻¹⁵⁾、Flettは痙性両麻痺で歩行可能な脳性麻痺小児では痙縮軽減と機能改善、四肢麻痺の患児では介護の容易化を図ると明記している¹⁶⁾。

Flettは他の治療法との比較のなかで単に治療成績の優劣を競うのではなく、痙縮の広がりや治療法の特長からバクロフェン髄腔内投与(intrathecal baclofen: ITB)療法、ボツリヌス治療、整形外科手術と比較して、脊髄後根切断術を全身性の痙縮に対する永続性のある治療法として位置づけている¹⁶⁾。Narayananは整形外科の立場からの評価として、機能改善・痙縮軽減には脊髄後根切断術が有利な一方で、拘縮を伴った変形には整形外科手術が原則であり、両者で対象とする治療群が異なることを明らかにしている⁶⁾。脊髄後根切断術と、このような他の治療法との比較を述べている文献は少なくなかったが、痙縮治療全体のなかでそれぞれの治療法の組み合わせから検討した論文は、選択した文献内では確認できなかった。痙縮治療としての脊髄後根切断術・ITB療法・ボツリヌス治療と機能改善を目指す整形外科手術・理学療法の組み合わせ、あるいは治療の進め方からみた位置づけに対する議論が必要と考えられる。

以上より、現時点での脊髄後根切断術の位置づけとしては、痙縮治療法としては確立されているものの、運動機能改善とは切り離して評価する必要があると考え、推奨をまとめた。

文献

- 1) Novak I, McIntyre S, Morgan C, et al. A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. *Dev Med Child Neurol* 2013; **55**: 885-910.
- 2) McLaughlin J, Bjornson K, Temkin N, et al. Selective dorsal rhizotomy: meta-analysis of three randomized controlled trials. *Dev Med Child Neurol* 2002; **44**: 17-25.
- 3) Steinbok P. Outcomes after selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2001; **17**: 1-18.
- 4) Smyth MD, Peacock WJ. The surgical treatment of spasticity. *Muscle Nerve* 2000; **23**: 153-63.
- 5) Koman LA, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet* 2004; **363**: 1619-31.
- 6) Narayanan UG. Management of children with ambulatory cerebral palsy: an evidence-based review. *J Pediatr Orthop* 2012; **32**(Suppl 2): S172-81.
- 7) Muggleston MA, Eunson P, Murphy MS; Guideline Development Group. Spasticity in children and young people with non-progressive brain disorders: summary of NICE guidance. *BMJ* 2012; **345**: e4845.
- 8) Aquilina K, Graham D, Wimalasundera N. Selective dorsal rhizotomy: an old treatment re-emerging. *Arch Dis Child* 2015; **100**: 798-802.
- 9) Vadivelu S, Stratton A, Pierce W. Pediatric tone management. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2015; **26**: 69-78.
- 10) Enslin JMN, Langerak NG, Fieggen AG. The Evolution of Selective Dorsal Rhizotomy for the Management of Spasticity. *Neurotherapeutics* 2019; **16**: 3-8.
- 11) Abel MF, Damiano DL, Gilgannon M, et al. Biomechanical changes in gait following selective dorsal rhizotomy. *J Neurosurg* 2005; **102**(Suppl 2): 157-62.
- 12) Langerak NG, Lamberts RP, Fieggen AG, et al. A prospective gait analysis study in patients with diplegic cerebral palsy 20 years after selective dorsal rhizotomy. *J Neurosurg Pediatr* 2008; **1**: 180-6.
- 13) Ingale H, Ughratdar I, Muquit S, Moussa AA, Vloeberghs MH. Selective dorsal rhizotomy as an alternative to intrathecal baclofen pump replacement in GMFCS grades 4 and 5 children. *Childs Nerv Syst* 2016; **32**: 321-5.
- 14) Kan P, Gooch J, Amini A, et al. Surgical treatment of spasticity in children: comparison of selective dorsal rhizotomy and intrathecal baclofen pump implantation. *Childs Nerv Syst* 2008; **24**: 239-43.
- 15) Thomas SP, Addison AP, Curry DJ. Surgical Tone Reduction in Cerebral Palsy. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2020; **31**: 91-105.
- 16) Flett PJ. Rehabilitation of spasticity and related problems in childhood cerebral palsy. *J Paediatr Child Health* 2003; **39**: 6-14.

脊髄後根切断術は何歳から治療できるのか？

推奨

1. 運動機能改善・QOL 改善を目的とする場合は、関節拘縮が進行する前の小児および若年者に推奨されるが、適応年齢を含め、十分な科学的根拠は乏しい。

GRADE 2C 推奨の強さ「弱い推奨」/エビデンスの確実性「弱」

解説

脊髄後根切断術の適応年齢を論じた文献は、脳性麻痺による痙性両麻痺成人例(18～39歳、平均26歳)を扱った論文と、非小児例(18歳以上、非脳性麻痺症例も含む)のレビュー論文各1件のみであった^{1,2)}。臨床研究論文では、個々の施設基準で適応年齢が定められているか³⁻⁸⁾、運動機能あるいは他の治療法との比較でグループ分けされ、年齢自体が記載されていない論文も認められた。選択した文献のなかで最低年齢の記載は2歳8か月であり⁶⁾、3～5歳を下限年齢としていた。年齢の上限についても施設ごとに異なるが、最高年齢は18歳であり⁹⁾、一般には10～16歳を上限年齢としていた³⁻⁷⁾。

成人脳性麻痺を対象とした Reynolds らの論文では、gross motor function measure (GMFM) は改善するが術前と有意差はない一方で、痙縮の程度(modified Ashworth scale : MAS)は有意差をもって軽減することを示し、成人でも適応に注意すれば有効と述べている¹⁰⁾。Kakodkar らの非小児例論文では具体的な年齢記載はされてないが、全体で75%の成人例で有効だったと報告し、原疾患が脳性麻痺以外で移動能力改善が期待できる可能性が高い病因として、多発性硬化症以外の原因による痙縮(低酸素脳症、脊髄損傷、頭部外傷)、関節拘縮がないこと、下肢筋力がよいこと、などをあげている²⁾。

脊髄後根切断術の手術適応を論じるにあたっては、何を目的とするかにより適応基準が異なってくる。運動機能改善を目的とする場合、これは脳性麻痺患児を対象とする論文に一般的であるが、運動障害が比較的軽度かつ関節拘縮の進んでいない症例が適応となる。痙縮が長期間にわたると関節拘縮・変形は緩徐に進行してくる傾向にある。そのため、一般的に手術適応年齢としては、小児・若年者を中心として施設ごとに選択基準が設定されることが多い。脳性麻痺以外の神経疾患に対する脊髄後根切断術についてまとめた Gump らの報告では、手術時年齢の平均は多発性硬化症が42歳、外傷28歳、筋萎縮性側索硬化症・脊髄小脳変性症で51歳と述べられている¹¹⁾。

推奨文作成にあたってはこのような点に留意し、年齢で線引きした具体的な適応年齢は存在しないこと、運動機能改善を目的とする場合は、小児・若年者が望ましいことを念頭に作成した。

文献

- 1) Reynolds MR, Ray WZ, Strom RG, Blackburn SL, Lee A, Park T. Clinical outcomes after selective dorsal rhizotomy in an adult population. *World Neurosurg* 2011 ; **75** : 138–44.
- 2) Kakodkar P, Fallah A, Tu A. Systematic review on use and efficacy of selective dorsal rhizotomy (SDR) for the management of spasticity in non-pediatric patients. *Childs Nerv Syst* 2021 ; **37** : 1837–47.
- 3) Aquilina K, Graham D, Wimalasundera N. Selective dorsal rhizotomy : an old treatment re-emerging. *Arch Dis Child* 2015 ; **100** : 798–802.
- 4) Ingale H, Ughratdar I, Muquit S, Moussa AA, Vloeberghs MH. Selective dorsal rhizotomy as an alternative to intrathecal baclofen pump replacement in GMFCS grades 4 and 5 children. *Childs Nerv Syst* 2016 ; **32** : 321–5.
- 5) Grunt S, Fieggen AG, Vermeulen RJ, Becher JG, Langerak NG. Selection criteria for selective dorsal rhizotomy in children with spastic cerebral palsy : a systematic review of the literature. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; **56** : 302–12.
- 6) Oki A, Oberg W, Siebert B, Plante D, Walker ML, Gooch JL. Selective dorsal rhizotomy in children with spastic hemiparesis. *J Neurosurg Pediatr* 2010 ; **6** : 353–8.
- 7) Buckon CE, Thomas SS, Piatt JH Jr, Aiona MD, Sussman MD. Selective dorsal rhizotomy versus orthopedic surgery : a multidimensional assessment of outcome efficacy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 ; **85** : 457–65.
- 8) Funk JF, Panthen A, Bakir MS, et al. Predictors for the benefit of selective dorsal rhizotomy. *Res Dev Disabil* 2015 ; **37** : 127–34.
- 9) Sharma J, Bonfield C, Steinbok P. Selective dorsal rhizotomy for hereditary spastic paraparesis in children. *Childs Nerv Syst* 2016 ; **32** : 1489–94.
- 10) Reynolds RM, Morton RP, Walker ML, Massagli TL, Browd SR. Role of dorsal rhizotomy in spinal cord injury-induced spasticity. Report of 3 cases. *J Neurosurg Pediatr* 2014 ; **14** : 266–70.
- 11) Gump WC, Mutchnick IS, Moriarty TM. Selective dorsal rhizotomy for spasticity not associated with cerebral palsy : reconsideration of surgical inclusion criteria. *Neurosurg Focus* 2013 ; **35** : E6.

脊髄後根切断術は、 どのような痙縮に推奨されるか？

推奨

1. 歩行機能を有する痙性両麻痺の脳性麻痺小児に脊髄後根切断術は推奨される。

GRADE 1A 推奨の強さ「強い推奨」／エビデンスの確実性「強」

2. 痙縮の程度・病因・罹病範囲などの観点からは、手術目的が明確であれば原因疾患にかかわらず中枢神経由来の痙縮に推奨されるが、十分な科学的根拠は乏しい。

GRADE 2C 推奨の強さ「弱い推奨」／エビデンスの確実性「弱」

解説

ここまでにも述べたとおり、脊髄後根切断術自体が痙縮の治療として存在する。痙直型脳性麻痺による痙性両麻痺小児に対する後根切断術の有効性は確立されている^{1,2)}。粗大運動機能分類システム(gross motor function classification system: GMFCS)レベルⅠ～Ⅲではgross motor function measures(GMFM)による運動機能改善が数値として評価できるため最も対象とされることが多いが、どこまでを治療対象とするかについては施設により異なる³⁻⁹⁾。一方で、GMFCSレベルⅣ～Ⅴの重症者にも、バクロフェン髄腔内投与(intrathecal baclofen: ITB)療法との比較で、適応があり有効とする報告も認められる^{7,10)}。脊髄後根切断術の目的をどこに置くかにより、重症脳性麻痺小児への適応も存在すると考えられる。

痙縮の病因としては脳性麻痺が最も頻度が高いが、脳先天異常(全前嚢胞症、一側性裂脳症)、脊髄損傷、多発性硬化症、神経変性疾患、頭部外傷、一側性痙縮、遺伝性対麻痺に伴う痙縮に対する有用性を記載した論文も認められ、いずれも脊髄後根切断術が有効であったことを報告している^{8,11-16)}。

Gruntらは痙直型脳性麻痺に対する脊髄後根切断術適応基準を検討し、広く合意された適応年齢・手術適応の基準が存在しないこと、手術の目的は重症度により異なること、脳性麻痺で有効度は高いが他の原因疾患を除外するものでないこと、を明確に指摘している⁷⁾。さらに医療経済的観点からの手術適応を検討することも必要と述べている。脊髄後根切断術が痙縮全般の治療であることを念頭に、Enslinらも広く合意された手術適応基準は存在しないことを指摘したうえで、手術適応基準でなく除外基準(重度ジストニア、舞踏病アテトーゼ、体幹筋力低下例)を明確にすることが重要と述べている⁵⁾。

以上をもとに、運動機能改善を目的とする場合は、痙直型脳性麻痺小児で歩行機能を有

する症例の有効度が最も高いこと、また痙縮軽減という観点からは原因疾患・障害の重症度にかかわらず中枢神経由来の痙縮に適応されること、を念頭に推奨文を作成した。

脊髄後根切断術については、手術に伴う合併症についても配慮する必要がある。術後脊椎変形は最も危惧される合併症であるが、10年以上の長期経過をまとめた報告における発生率は30%前後とされる¹⁷⁻¹⁹⁾。これは脳性麻痺そのものによる脊椎変形自然発生率20~25%と比較して、実質的に大きな変化はないと考えられている。術後排尿障害の発生は6%と報告され、多くは一過性である²⁰⁾。もともと、何らかの排尿障害の合併が70%以上に認められることを考慮すると、新たな排尿障害の発生は限定的であると考えられる¹⁷⁾。脊髄後根切断術後に整形外科手術が必要になるのは60%であるが、早期に脊髄後根切断術を受けた小児では20~30%、年長では40~70%と報告されており、痙縮による四肢・関節変形進行前に脊髄後根切断術実施が望まれる¹⁷⁾。脊髄後根切断術実施にあたっては、機能的手術であることを念頭に、合併症発生の可能性についても十分注意して、手術適応を判断することが望まれる。

文献

- 1) McLaughlin J, Bjornson K, Temkin N, et al. Selective dorsal rhizotomy : meta-analysis of three randomized controlled trials. *Dev Med Child Neurol* 2002 ; **44** : 17-25.
- 2) Steinbok P. Outcomes after selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. *Childs Nerv Syst* 2001 ; **17** : 1-18.
- 3) Muggleston MA, Eunson P, Murphy MS ; Guideline Development Group. Spasticity in children and young people with non-progressive brain disorders : summary of NICE guidance. *BMJ* 2012 ; **345** : e4845.
- 4) Aquilina K, Graham D, Wimalasundera N. Selective dorsal rhizotomy : an old treatment re-emerging. *Arch Dis Child* 2015 ; **100** : 798-802.
- 5) Enslin JMN, Langerak NG, Fieggan AG. The Evolution of Selective Dorsal Rhizotomy for the Management of Spasticity. *Neurotherapeutics* 2019 ; **16** : 3-8.
- 6) Kakodkar P, Fallah A, Tu A. Systematic review on use and efficacy of selective dorsal rhizotomy (SDR) for the management of spasticity in non-pediatric patients. *Childs Nerv Syst* 2021 ; **37** : 1837-47.
- 7) Grunt S, Fieggan AG, Vermeulen RJ, Becher JG, Langerak NG. Selection criteria for selective dorsal rhizotomy in children with spastic cerebral palsy : a systematic review of the literature. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; **56** : 302-12.
- 8) Oki A, Oberg W, Siebert B, Plante D, Walker ML, Gooch JL. Selective dorsal rhizotomy in children with spastic hemiparesis. *J Neurosurg Pediatr* 2010 ; **6** : 353-8.
- 9) Buckon CE, Thomas SS, Piatt JH Jr, Aiona MD, Sussman MD. Selective dorsal rhizotomy versus orthopedic surgery : a multidimensional assessment of outcome efficacy. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 ; **85** : 457-65.
- 10) Ingale H, Ughratdar I, Muquit S, Moussa AA, Vloeberghs MH. Selective dorsal rhizotomy as an alternative to intrathecal baclofen pump replacement in GMFCS grades 4 and 5 children. *Childs Nerv Syst* 2016 ; **32** : 321-5.
- 11) Reynolds MR, Ray WZ, Strom RG, Blackburn SL, Lee A, Park TS. Clinical outcomes after selective dorsal rhizotomy in an adult population. *World Neurosurg* 2011 ; **75** : 138-44.
- 12) Sharma J, Bonfield C, Steinbok P. Selective dorsal rhizotomy for hereditary spastic paraparesis in children. *Childs Nerv Syst* 2016 ; **32** : 1489-94.
- 13) Reynolds RM, Morton RP, Walker ML, Massagli TL, Browd SR. Role of dorsal rhizotomy in spinal cord injury-induced spasticity. *J Neurosurg Pediatr* 2014 ; **14** : 266-70.
- 14) Gump WC, Mutchnick IS, Moriarty TM. Selective dorsal rhizotomy for spasticity not associated with cerebral palsy : reconsideration of surgical inclusion criteria. *Neurosurg Focus* 2013 ; **35** : E6.
- 15) Tubbs RS, Bui CJ, Loukas M, Shoja MM, Oakes WJ. Partial dorsal rhizotomy for spasticity in children with congenital brain malformations. Report of two cases. *J Neurosurg* 2007 ; **106**(Suppl 5) : 407-9.
- 16) Lohkamp LN, Coulter I, Ibrahim GM. Selective dorsal rhizotomy for spasticity of genetic etiology. *Childs Nerv Syst* 2020 ; **36** : 1357-65.
- 17) Tu A, Steinbok P. Long term outcome of Selective Dorsal Rhizotomy for the management of childhood spasticity-functional improvement and complications. *Childs Nerv Syst* 2020 ; **36** : 1985-94.
- 18) Wheelwright M, Selvey PJ, Steinbok P, et al. Systematic review of spinal deformities following multi-level selective dorsal rhizotomy. *Childs Nerv Syst* 2020 ; **36** : 1025-35.

- 19) Veerbeek BE, Lamberts RP, Fieggen AG, et al. A long-term follow-up study of spinal abnormalities and pain in adults with cerebral palsy and spastic diplegia more than 25 years after selective dorsal rhizotomy. *J Neurosurg Spine* 2020 ; **36** : 1025–35.
- 20) Mishra D, Barik S, Raj V, Kandwal P. A systematic review of complications following selective dorsal rhizotomy in cerebral palsy. *Neurochirurgie* 2023 ; **69** : 101425.