

뇌성마비 경직의 신경외과적 수술

김성호 · 최병연

영남대학교 의과대학 신경외과학교실

Neurosurgical Treatment for Cerebral Palsy Spasticity

Seong-Ho Kim, Byung-Yon Choi

*Department of Neurosurgery,
College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea*

—Abstract—

The spasticity of cerebral palsy is usually a useful substitute for deficiency of motor strength. However not infrequently, it may become harmful leading to an aggravation of motor disability. When excessive spasticity is not sufficiently controlled by physical therapy and pharmacological treatment, patients can have recourse to neurosurgery: neurostimulation, intrathecal baclofen or selective ablative procedures. Because excessive hypertonia has to be reduced without suppression of the useful muscular tone or impairment in the residual motor and sensory functions, neuroablative procedures must be as selective as possible. These selective lesions can be performed at the level of peripheral nerves, spinal roots, or the dorsal root entry zone(DREZotomy). The new neurological status brought about by the neurosurgical operation will reach its optimal level only if intensive, prolonged, comprehensive treatment is provided by an expert multidisciplinary team including rehabilitation medicine. The neurosurgical treatment must take place before the onset of irreversible articular disturbances and musculotendinous retractions, which require complementary orthopedic corrections.

Key Words: Spasticity, Cerebral Palsy, Neurosurgery

서 론

신경외과 수술로 도움을 줄 수 있는 뇌성마비 환자의 증상은 경직(spasticity)과 근육긴장

이상(dystonia)이며, 그 대부분을 차지하는 경직의 신경외과 수술에 대해 설명하고자 한다. 경직의 기전에 대해서는 아직 모르는 부분이 많으나 정상상태에서 근육긴장(muscle tone)의 조절은 근방추(muscle spindle)내에 위치한 감마운동신경섬유의 변화를 Ia 구심성 감각섬유가 감지하여 척수후근(dorsal root)을 통해 척수후각(dorsal horn)으로 전달하고 이 정보는 여러 interneuron에 의해 조절되어 척수전각(ventral horn)의 알파운동신경세포를 자극한다. 자극된 이 신경섬유가 근육의 근방추의 섬유를 수축 및 이완하여 근육긴장을 조절한다(Fig. 1). 이런 과정은 반사적으로 일어나는데 근방추내 감마운동섬유는 척수상부로부터 여러 경로를 통해 조절이 된다. 병적인 상황에서 이런 상부의 조절에 변화가 초래되면 자체적으로 근육긴장이 증가되는데 이를 경직이라 한다. 경직은 상부운동신경세포의 어느 병변으로도 초래 될 수 있으나 주로 뇌성마비, 뇌외상, 뇌졸중, 척수질환 등에 의해 많이 초래된다. 특히 뇌성마비의 경우 조산아에 대한 생존율이 높아 집에 따라 증가하는 추세이며 그 중 특히 경직을 보이는 환아가 증가되는 경향을 보인다고 한다.⁹⁾ 경직에 대한 신경외과 수술의 근본적인 목적은 강직을 완화하여 구조적 변형을 막고

궁극적으로는 적은 에너지를 소모하면서 원활하게 움직이게 해주는데 있다. 이외에도 경직이 있는 경우 통증이 동반될 수도 있는데 통증을 완화할 수도 있으며, 심한 경직으로 거동이 불가능한 경우라도 수술로 환자가 편안해질 수 있고 환자의 간호가 쉬워질 수도 있다. 따라서 구조적 변형이 오기 전에는 신경외과 수술을 먼저 시도하고 만일 진행되어 구조적 변형이 초래된 경우는 정형외과적인 접근이 필요하다.

경직에 대한 신경외과 수술

경직을 호전시킬 수 있는 신경외과 수술에는 신경경로를 파괴하지 않고 수술하는 척수자극술(spinal cord stimulation)¹⁰⁾과 척수강내 바클로펜주입술(intrathecal baclofen infusion),^{2, 4, 8)} 감각신경이나 운동신경을 차단하는 신경차단술(neuroablative surgery) 등이 있다.

1. 척수자극술

경막외(epidural)로 전극을 삽입하여 척수 후주(posterior column)를 지속적으로 자극하여 경직을 완화시키는 방법으로 그 기전에 대해서는 아직 잘 모르나 신경을 차단하지 않고 수술을 하므로 효과가 없을 시 제거할 수 있는 장점이 있다. 그러나 심하지 않는 척수병변으로 인한 경직에만 효과가 있고 척수 후주가 잘 유지되고 있어야 하며 가격이 매우 비싼 점이 단점이다. 따라서 뇌성마비 환자의 경우에는 큰 도움이 되지 못한다.

2. 척추강내 바클로펜주입술

바클로펜은 척수후각의 lamina I-IV의 감각

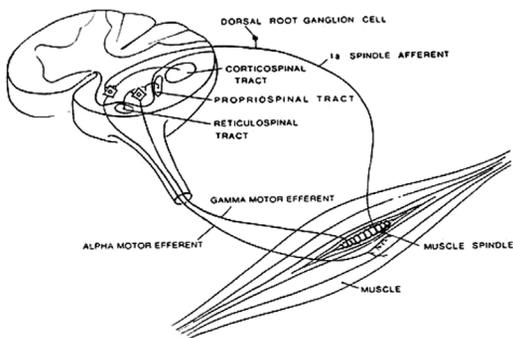


Fig. 1. Muscle tone and related spinal reflex arc.

신경세포에 작용하여 신경전달을 억제하는 것으로 알려져 있는 약물이다. 그러나 경구로 투여 시에는 혈액뇌장벽(blood-brain barrier) 통과가 어려워 많은 양의 약물 투여가 요구되어 약제에 의한 부작용이 문제가 된다. 그래서 고안된 방법이 바클로펜을 직접 척추강의 지주막 내로 지속적으로 투여하는 방법이다. 이 방법은 현재 미국 등지에서 많이 이용되는 방법으로 경구투여에 비해 약의 용량을 대폭 줄일 수 있고 척수자극술과 같이 효과가 없는 경우에 제거할 수 있는 수술법이다. 그러나 미만성(diffuse) 경직의 경우에만 적용되고 약의 용량을 서서히 올려야 하며 약의 조절 및 주입을 위해 자주 병원을 찾아야 한다. 또한 장치가 비싸고 장치로 인한 감염이나 기능부전 등의 합병증이 초래될 수 있는 단점이 있다. 효과는 신경차단술과 비슷한 것으로 알려져 있다.¹⁹⁾ 뇌성마비의 경우 양측 하지에 미만성 경직이 있는 경우 사용할 수 있는 방법이다.

3. 신경차단술

가장 오래된 역사를 갖고 있으며 현재도 많이 이용되고 있는 방법으로 근육긴장과 관련된 척수반사궁에서 운동신경쪽을 차단하는 방법인 선택적 말초신경절개술(selective peripheral neurotomy)^{1, 6, 7, 13)}과 감각신경쪽을 차단하는

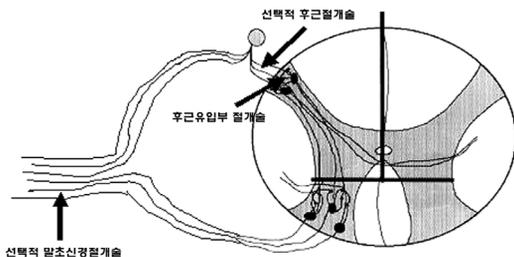


Fig. 2. Neuroablative surgery for spasticity.

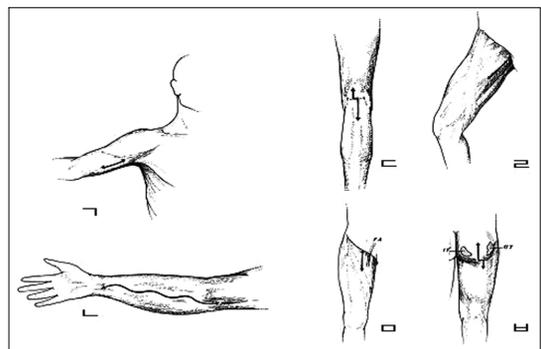
방법인 선택적 후근절개술(selective dorsal rhizotomy)^{3-5, 11, 12)}과 미세 후근유입부절개술(microsurgical DREZotomy)¹⁶⁻¹⁸⁾이 있다(Fig. 2).

1) 선택적 말초신경절개술

과거의 말초신경절제술(peripheral neurectomy)과는 달리 말초신경 중 운동신경분지의 원위부를 선택적으로 약 50~80% 정도 절제해내는 방법으로 특히 국부의 경직(localized spasticity)이나 상하지에 다발성으로 경직이 있는 경우에 효과적이며, 심한 경직이 있어서 척추수술로 완전히 호전이 되지 않는 경우 척추수술 후 보조 수술로도 매우 효과적이다. 수술 전에 진단목적으로 해당신경을 블록해 보면 수술 후 결과를 예측할 수 있다. 상하지에 걸쳐 다양한 신경에 시술이 가능하다(Fig. 3).

2) 선택적 후근절개술

후근절개술의 방법은 매우 다양하나 현재 가장 많이 이용되고 있는 방법은 Dr. Peacock의 방법¹⁵⁾과 최근에 고안된 Dr. Park의 방법¹⁴⁾



- ㄱ. Musculocutaneous neurotomy
- ㄴ. Median neurotomy, ㄷ. Tibial Neurotomy
- ㄹ. Obturator neurotomy, ㅁ. Femoral neurotomy
- ㅂ. Sciatic neurotomy

Fig. 3. Selective peripheral neurotomies for localized spasticity.

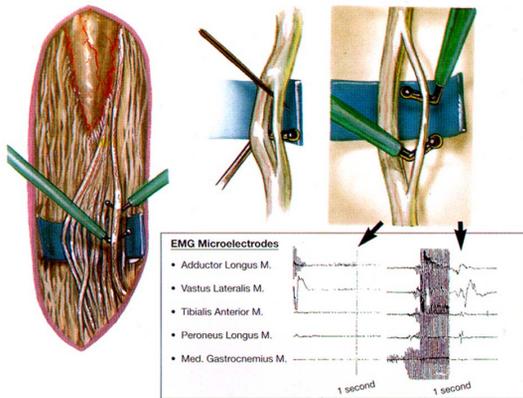


Fig. 4. Selective dorsal rhizotomy.

(Fig. 4)인데 국내에서는 후자를 선호하고 있다. 제 1-2 요추 후궁절제술을 시행하여 제 2 요추 후근부터 제 5요추 후근까지 후근들을 세 근(rootlet)으로 분리하고 각각의 세근을 술중 전기자극하여 이때 나타난 근전도의 반응을 보고 한 후근당 약 60~70%의 세근을 절제하는 방법이다.^{22, 23)} 이때 팔약근과 관계있는 제 2, 3, 4 천추 후근의 손상을 피해야 한다. 술중 근전도의 역할과 제 1요추 후근, 제 2천추 후근의 절개에 대해서는 많은 논란이 있다.^{20, 21)} 이 수술은 뇌성마비 소아환자에서 미만성 양측 하지 경직을 보일 때 주로 이용될 수 있는 수술이다.³⁻⁵⁾

3) 미세 후근유입부절개술

후근이 척수에 유입될 때 감각신경다발 중 외측은 통증 전달과 주로 관계하고 내측은 촉각, 위치각 등과 관련이 있으며 그 사이에 척수반사에 관여하는 신경이 지나 간다는 해부학적 소견에 따라 후근이 유입되는 외측부와 Lissauer's tract의 내측부 및 척수후각 상층부를 절개하는(약 30도) 수술로 주로 통증 치료에 이용되는 수술이다(Fig. 5). 이때 절개 각도

를 좀 더 넓혀서 약 45도로 양측 신경다발사이의 myotactic fiber를 절개하여 경직을 치료하는 방법으로 성인에서 미만성 경직이 상지나 하지에 있는 경우에 이용될 수 있고 특히 통증이 동반된 경우에 통증치료까지 치료가 가능하며 매우 효과적이다.

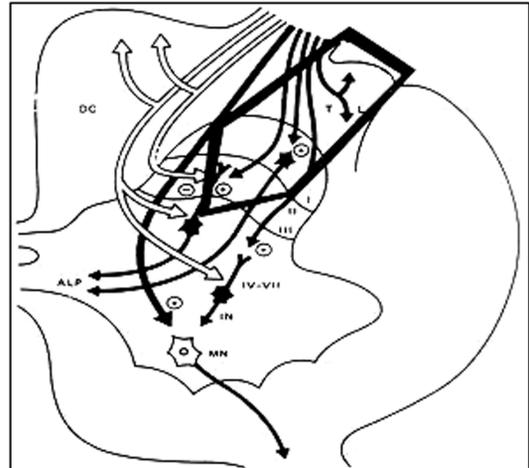


Fig. 5. Selective microsurgical DREZotomy.

결 론

경직의 치료에는 반드시 소아과, 신경과, 재활의학과, 정형외과, 신경외과 등으로 구성된 치료 팀이 필요하다. 보존적 요법에도 불구하고 별 효과가 없던지 반복해서 강직이 재발하면 구조적 변형이 초래되기 전에 신경외과 수술이 필요하며, 수술 후 약 1년 간의 적극적인 재활 치료를 통해서도 효과가 만족스럽지 않거나 벌써 구조적 변형이 초래된 경우는 정형외과적 수술이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Hagberg B, Hagberg G, Olow I. The changing

- panorama of cerebral palsy in Sweden. IV. Epidemiological trends 1959-78. *Acta Paediatr Scand* 1984 Jul;73(4):433-40.
2. Hugenholtz H, Humphreys P, McIntyre WM, Spasoff RA, Steel K. Cervical spinal cord stimulation for spasticity in cerebral palsy. *Neurosurgery* 1988 Apr;22(4):707-14.
 3. 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(2):82-5.
 4. Boop FA. Evolution of the neurosurgical management of spasticity. *J Child Neurol* 2001 Jan;16(1):54-7.
 5. Gwartz BL. Intrathecal baclofen for spasticity caused by thrombotic stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 2001 May;30(5):383-7.
 6. Steinbok P, Daneshvar H, Evans D, Kestle JR. Cost analysis of continuous intrathecal baclofen versus selective functional posterior rhizotomy in the treatment of spastic quadriplegia associated with cerebral palsy. *Pediatr Neurosurg* 1995;22(5):255-64; discussion 65.
 7. Abdennebi B, Bougatene B. Selective neurotomies for relief of spasticity focalized to the foot and to the knee flexors. Results in a series of 58 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 1996;138(8):917-20.
 8. Decq P, Filipetti P, Cubillos A, Slavov V, Lefaucheur JP, Nguyen JP. Soleus neurotomy for treatment of the spastic equinus foot. *Groupe d'Evaluation et de Traitement de la Spasticite et de la Dystonie. Neurosurgery* 2000 Nov;47(5):1154-60; discussion 60-1.
 9. Deltombe T, Gustin T, Laloux P, De Cloedt P, De Wispelaere JF, Hanson P. [Selective fascicular neurotomy for spastic equinovarus foot deformity in cerebral palsy children]. *Acta Orthop Belg* 2001 Feb;67(1):1-5.
 10. Msaddi AK, Mazroue AR, Shahwan S, al Amri N, Dubayan N, Livingston D, et al. Microsurgical selective peripheral neurotomy in the treatment of spasticity in cerebral-palsy children. *Stereotact Funct Neurosurg* 1997;69(1-4 Pt 2):251-8.
 11. Beck AJ, Gaskill SJ, Marlin AE. Improvement in upper extremity function and trunk control after selective posterior rhizotomy. *Am J Occup Ther* 1993 Aug;47(8):704-7.
 12. Craft S, Park TS, White DA, Schatz J, Noetzel M, Arnold S. Changes in cognitive performance in children with spastic diplegic cerebral palsy following selective dorsal rhizotomy. *Pediatr Neurosurg* 1995;23(2):68-74; discussion 5.
 13. Kasdon DL, Lathi ES. A prospective study of radiofrequency rhizotomy in the treatment of posttraumatic spasticity. *Neurosurgery* 1984 Oct;15(4):526-9.
 14. Laitinen LV, Nilsson S, Fugl-Meyer AR. Selective posterior rhizotomy for treatment of spasticity. *J Neurosurg* 1983 Jun;58(6):895-9.
 15. Sindou M, Abdennebi B, Sharkey P. Microsurgical selective procedures in peripheral nerves and the posterior root-spinal cord junction for spasticity. *Appl Neurophysiol* 1985;48(1-6):97-104.
 16. Sindou M, Mifsud JJ, Boisson D, Goutelle A. Selective posterior rhizotomy in the dorsal root entry zone for treatment of hyperspasticity and pain in the hemiplegic upper limb. *Neurosurgery* 1986 May;18(5):587-95.
 17. Sindou M, Rosati C, Millet MF, Beneton C. [Selective posterior rhizotomy at the posterior radiculomedullary junction in the treatment of hyperspasticity and pain in the lower limbs]. *Neurochirurgie* 1987;33(6):433-54.
 18. Peacock WJ, Arens LJ. Selective posterior

- rhizotomy for the relief of spasticity in cerebral palsy. S Afr Med J 1982 Jul 24;62(4):119-24.
19. Park TS, Gaffney PE, Kaufman BA, Molleston MC. Selective lumbosacral dorsal rhizotomy immediately caudal to the conus medullaris for cerebral palsy spasticity. Neurosurgery 1993 Nov;33(5):929-33; discussion 33-4.
 20. Steinbok P, Keyes R, Langill L, Cochrane DD. The validity of electrophysiological criteria used in selective functional posterior rhizotomy for treatment of spastic cerebral palsy. J Neurosurg 1994 Sep;81(3):354-61.
 21. Warf BC, Nelson KR. The electromyographic responses to dorsal rootlet stimulation during partial dorsal rhizotomy are inconsistent. Pediatr Neurosurg 1996 Jul;25(1):13-9.
 22. Steinbok P, Gustavsson B, Kestle JR, Reiner A, Cochrane DD. Relationship of intraoperative electrophysiological criteria to outcome after selective functional posterior rhizotomy. J Neurosurg 1995 Jul;83(1):18-26.
 23. Steinbok P, Kestle JR. Variation between centers in electrophysiologic techniques used in lumbosacral selective dorsal rhizotomy for spastic cerebral palsy. Pediatr Neurosurg 1996 Nov;25(5):233-9.