

경직성 양지 뇌성마비 아동에서 선택적 후근 절제술 후 보행양상의 변화

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

김용욱 · 박창일 · 박은숙 · 배하석 · 고영훈 · 이돈신

Kinematic Gait Analysis in Children with Spastic Diplegic Cerebral Palsy after Selective Posterior Rhizotomy
-Long Term Follow Up-

Yong Wook Kim, M.D., Chang Il Park, M.D., Eun Sook Park, M.D., Hasuk Bae, M.D., Young Hoon Ko, M.D. and Don Sin Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

Objective: To evaluate the changes of kinematic gait patterns at long-term follow up study after selective posterior rhizotomy (SPR) in children with spastic diplegic cerebral palsy.

Method: Eighteen children with spastic diplegic cerebral palsy participated in this study. Gait patterns on sagittal plane were studied before and at average 3.5 years after SPR. Kinematic and temporospatial data were obtained by the VICON 370 system.

Results: The spasticity of hip adductor and ankle plantar-flexor were improved significantly after SPR. The maximal angle of pelvic tilt, ankle dorsiflexion angle at initial contact, peak ankle dorsiflexion angle during stance phase, at toe-off and during swing phase, mid-range point of flexion-extension motion on ankle were significantly improved after SPR. The temporospatial data tended to improve after SPR at long-term follow up.

Conclusion: The SPR reduced spasticity and the gait patterns were improved in children with spastic diplegic cerebral palsy at long-term follow up. (*J Korean Acad Rehab Med 2003; 27: 855-861*)

Key Words: Spastic diplegic cerebral palsy, Selective posterior rhizotomy, Kinematic gait analysis

서 론

뇌성마비 아동들의 경직은 보행장애, 기능장애, 골변형 등을 일으키는 것으로 알려져 있다. 특히 보행이 가능한 경직형 양지 마비 아동의 경우 경직을 줄이기 위해 약물치료, 페놀주사법, 보톡스 주사법,¹⁾ 선택적 후근 절제술(selective posterior rhizotomy), 근골격계수술 등의 많은 치료가 시도되고 있으나 각 방법마다 각각의 제한점을 가지고 있다. 이 중 선택적 척수 후근 절제술은 1908년 Foerster 등¹²⁾이 경직을 감소시키는 데 사용한 이후 경직형 뇌성마비 아동의 치료를 위해 많이 사용되었는데 Fasano 등¹¹⁾과 Sindou 등²⁴⁾은 선택적 후근 절제술의 경우 감각손실 없이 경직과 근긴장도를 감소시켜 뇌성마비 아동의 근력 및 운동능력의 질적, 양적 향상과 관절 변형 및 구축을 방지할 수 있는 효과적인 수술방법이라고 하였다. Peacock 등^{17,20)}은 뇌성마비 아동에

서 선택적 후근 절제술을 시행한 후 장기간 추적 조사한 결과 순수한 경직성 뇌성마비 아동에게서 뚜렷한 기능향상과 경직의 감소가 있음을 보고하였고, Arens 등⁴⁾은 뇌성마비 아동에게 선택적 후근 절제술을 시행한 결과 보행양상의 호전을 보였고 심한 경직성 사지 마비 아동에서는 경직으로 인한 불안정한 자세를 교정하여 아동의 개호 및 자세 유지 등에 도움을 줄 수 있다고 하였다. 또한 선택적 후근 절제술은 심각한 합병증 없이 경직의 감소에 매우 효과적이며, 수술 후 집중적인 재활치료로 운동기능 및 보행을 향상시킬 수 있다고 보고하였다.^{17,18,27)} 그러나 국내에는 경직성 뇌성마비 아동에서 선택적 후근 절제술 후 보행양상의 변화 및 보행에 미치는 선택적 후근 절제술의 장기적 효과에 대한 연구는 드물기에 본 연구에서는 뇌성마비 아동에서 선택적 후근 절제술 시행 후 보행양상의 변화를 장기적 추적검사를 통해 분석해 보고자 한다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

1996년 1월부터 1999년 12월까지 본원에 입원하여 선택적 후근 절제술을 시행 받은 경직형 양지 뇌성마비 아동

접수일: 2003년 5월 15일, 게재승인일: 2003년 11월 3일
 교신저자: 배하석, 서울시 서대문구 신촌동 134
 ☎ 120-752, 연세대학교 의과대학 재활의학교실
 Tel: 02-361-7513, Fax: 02-363-2795
 E-mail: acebhs@yumc.yonsei.ac.kr

중 보조기의 도움 없이 독립적 보행이 가능한 18명을 대상으로 하였다. 성별 분포를 보면 남자가 10명 여자가 8명이었고 수술 당시 평균 연령은 8.14세(6~12세)였다.

2) 연구방법

(1) 경직 평가: 선택적 후근 절제술 전과 선택적 후근 절제술 시행 후 평균 3.5년 뒤(동작분석을 시행하는 시기와 동일한 시기)에 modified Ashworth scale을 이용하여 고관절 내전근, 슬관절 굴근, 족관절 족저굴근의 경직을 평가하였다.

(2) 보행양상 평가: 선택적 후근 절제술이 경직성 양지 뇌성마비 아동의 보행양상에 미치는 영향을 분석하기 위해 수술 전과 수술의 장기적 효과를 평가하기 위해 수술 후 평균 3.5년(2~5년)이 지난 후 보행분석을 시행하였다.

보행양상은 3차원 동작분석 장비인 Vicon 370 Motion Analysis System (Oxford Metrics Ltd., United Kingdom)을 이용하여 운동형상학적인 지표(kinematic gait analysis) 및 시공간적 지표(temporospatial data)를 분석하였다. Vicon 370 Motion Analysis System은 6개의 적외선 카메라가 수동 표식자의 움직임을 측정하여 분석하는 것으로 본 연구에서는 먼저 적외선 카메라에서 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위하여 calibration을 시행한 후, Vicon protocol에 따라 기립 정지 상태에서 천골 표식자, 양측 골반 표식자, 양측 슬관절 표식자, 양측 대퇴 표식자, 양측 경골 표식자, 양측 족관절 표식자, 양측 전족부 표식자, 양측 종골 표식자를 부착하여 검사를 시행하였다. 우선 8 m 보도를 수 차례 걷게 하여 평상시의 자연스러운 보행을 유도하였으며 검사하는 동안은 최소한 6차례 이상의 보행을 시도하여 평균값을 분석하였다. Vicon 370 Motion Analysis System을 통해 얻어진 시각 및 상사 치는 Vicon clinical manager software를 이용하여 각 보행 주기에 따른 시상면의 운동 형상학적 지표와 시공간적인 지표를 구하였다.

운동 형상학적 분석은 선택적 후근 절제술 전, 후에 골반의 전방 기울기, 초기 접지기 시 고관절 각도, 입각기 동안 고관절 최소 각도(최대 신전각도), 유각기 동안 고관절 최대 각도(최대 굴곡각도), 초기 접지기 시 슬관절 각도, 입각기 동안 슬관절 최소 각도(최대 신전각도), 유각기 동안 슬관절 최대 각도(최대 굴곡각도), 초기 접지기 시 족관절 각도, 입각기 동안 족관절 최대 배측 굴곡각도, 발가락 떼기 시의 족관절 최대 배측 굴곡각도, 유각기 동안 족관절 최대 배측 굴곡각도를 측정하였다. 또한 각 관절에서 보행주기 동안 각 관절의 최대 굴곡에서 신전까지의 각도 차이를 각 관절의 운동 가동범위로 정의하고, 각 관절의 운동 가동범위의 중간치를 운동 중심각으로 정의하여 각 관절의 굴곡 신전 운동 가동범위와 각 관절의 운동범위를 한정시키는 운동 중심각을 측정하였다. 그리고 시공간적인 지표의 분석을 위해 분속수, 보행 속도, 보장 거리 및 보장 시간, 단하지 및 양하지 지지기를 구하였다.

3) 통계분석

통계분석방법은 SPSS 10.0 version for windows version을 이용하였고 수술 전과 수술 후의 운동형상학적 지표를 비교하기 위해서 paired t-test를 이용하여 분석하였으며 p value가 0.05 미만인 것을 통계학적 의미가 있는 것으로 정하였다.

결 과

1) Modified Ashworth scale을 이용하여 측정된 경직의 변화

선택적 후근 절제술 전, 후의 고관절 내전근의 경직은 평균 2.8 grade에서 평균 1.3 grade로 통계학적으로 의미 있는 감소를 보였고(p<0.05) 슬관절 굴근의 경직은 평균 2.2 grade에서 평균 1.9 grade로 통계학적으로 유의성은 없지만 감소하는 경향을 보였으며, 족관절 족저굴근의 경직은 평균 2.9 grade에서 평균 1.3 grade로 통계학적으로 의미 있는 감소를 보였다(p<0.05)(Table 1).

2) 골반 및 고관절 시상면의 운동형상학적 변화 분석

선택적 후근 절제술 전, 후의 골반경사의 기울기는 평균 24.26도에서 평균 21.08도로 통계학적으로 의미 있게 감소하였고(p<0.05), 고관절의 운동형상학적 지표를 살펴보면 초기 접지기 시 굴곡각도는 수술 전에 평균 46.89도에서 수술 후에 평균 45.94도로 감소하는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었고 입각기 동안 최소 각도(최대 신전각도)는 수술 전 평균 6.98도에서 수술 후 4.90도로 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의성은 없었으며 유각기 동안 최대 각도(최대 굴곡각도)는 수술 전 평균 50.91도에서 수술 후 50.87도로 통계적으로 의미 있는 변화를 보이지 않았다. 고관절의 굴곡 신전 운동 가동범위는 수술 전 평균 43.33도에서 수술 후 평균 47.83도로 증가되는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었고 고관절의 운동 중심각은 수술 전 평균

Table 1. Comparison of Modified Ashworth Scale in Hip Adductor, Knee Flexor, Ankle Plantar Flexor between before and after Selective Posterior Rhizotomy

	Before SPR ¹⁾	After SPR ¹⁾
Hip adductor	2.8±1.2	1.3±0.7*
Knee flexor	2.2±0.9	1.9±0.7
Ankle plantar flexor	2.9±0.8	1.3±0.6*

Values are mean±SD (grade).

1. SPR: Selective posterior rhizotomy

*p value <0.05

28.72도에서 수술 후 평균 28.02도로 의미 있는 변화를 보이지 않았다(Table 2).

3) 슬관절의 시상면 운동형상학적 비교

슬관절의 운동형상학적 지표를 살펴보면 수술 전 초기 접지기 시 슬관절 굴곡각도는 수술 전 평균 40.15도에서 수술 후 평균 36.66도로 감소하였으나 통계적 유의성은 없었고 입각기 동안 슬관절 최소 각도(최대 신전각도)는 수술 전 평균 12.08도에서 수술 후 평균 10.17도로 의미 있는 변화를 보이지 않았고 유각기 동안 슬관절 최대 각도(최대 굴곡각도)는 수술 전 평균 62.09도에서 수술 후 평균 68.59도로 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었다. 또한 슬관절 굴곡 신전 운동가동범위는 수술 전 평균 51.55도에서 수술 후 평균 57.01도로 증가하였으나 통계학적 유의성은 없었고 슬관절 운동 중심각은 수술 전 평균 34.92도에서 수술 후 평균 40.76도로 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다(Table 3).

4) 족관절의 시상면 운동형상학적 비교

족관절의 운동형상학적 지표를 살펴보면 수술 전 초기 접지기 시의 족관절 각도는 평균 -4.37도에서 수술 후 평균 1.77도로 통계적으로 의미 있는 증가를 보였고(p<0.05), 입각기 동안 족관절 최대 배측 굴곡각도는 수술 전 평균 12.34도에서 수술 후 평균 19.74도로 통계적으로 의미 있는 증가를 보였다(p<0.05). 발가락 떼기 시의 족관절 최대 배측 굴곡각도는 평균 -22.95도에서 수술 후 평균 -10.45도로 통계학적으로 의미 있는 증가를 보였고(p<0.05), 유각기 동안 족관절 최대 배측 굴곡각도는 수술 전 -3.07도에서

수술 후 평균 0.81도로 통계적으로 의미 있는 증가를 보였다(p<0.05). 족관절 굴곡 신전 운동 가동범위는 수술 전 평균 36.12도에서 수술 후 평균 30.02로 의미 있는 변화를 보이지는 않으나 다소 감소하는 경향을 보였고 족관절의 운동 중심각은 수술 전 평균 -12.42도의 족저 굴곡 상태에서 수술 후 평균 4.33도의 배측 굴곡 상태로 통계적으로 의미 있는 변화를 보였다(p<0.05)(Table 4).

Table 2. Changes of Pelvis and Hip Sagittal Kinematic Data between before and after Selective Posterior Rhizotomy

	Before SPR ¹⁾	After SPR ¹⁾
Maximal angle of pelvic tilt	24.26±5.56	21.08±4.62*
Hip angle of initial contact	46.89±9.98	45.94±8.06
Minimal hip angle during ST ²⁾ phase	6.98±13.11	4.90±7.57
Maximal hip angle during SW ³⁾ phase	50.91±9.87	50.87±7.71
Flexion-extension ROM ⁴⁾ on hip joint	43.33±10.81	47.83±8.01
Mid-range point of ROM on hip joint	28.72±10.41	28.02±6.01

Values are mean±SD (°).

1. SPR: Selective posterior rhizotomy, 2. ST: Stance, 3. SW: Swing, 4. ROM: Range of motion

*p value <0.05

Table 3. Changes of Knee Sagittal Kinematic Data between before and after Selective Posterior Rhizotomy

	Before SPR ¹⁾	After SPR ¹⁾
Knee angle of initial contact	40.15±12.65	36.66±13.08
Minimal knee angle during ST ²⁾ phase	12.08±15.73	10.17±9.16
Maximal knee angle during SW ³⁾ phase	62.09±11.74	68.59±7.46
Flexion-extension ROM ⁴⁾ on knee joint	51.55±17.62	57.01±10.52
Mid-range point of ROM on knee joint	34.92±10.61	40.76±7.66

Values are mean±SD (°).

1. SPR: Selective posterior rhizotomy 2. ST: Stance 3. SW: Swing 4. ROM: Range of motion

Table 4. Changes of Ankle Sagittal Kinematic Data between before and after Selective Posterior Rhizotomy

	Before SPR ¹⁾	After SPR ¹⁾
Ankle DF ²⁾ angle at initial contact	-4.37±13.63	1.77±7.43*
Peak ankle DF ²⁾ angle during ST ³⁾ phase	12.34±14.66	19.74±6.24*
Peak ankle DF ²⁾ angle during at toe-off	-22.95±21.07	-10.45±11.07*
Peak ankle DF ²⁾ angle during SW ⁴⁾ phase	-3.07±12.82	0.81±7.6*
Flexion-extension ROM ⁵⁾ on ankle joint	36.12±18.06	30.02±12.12
Mid-range point of ROM on ankle joint	-12.42±12.22	4.33±6.12*

Values are mean±SD (°).

1. SPR: Selective posterior rhizotomy, 2. DF: Dorsiflexion, 3. ST: Stance, 4. SW: Swing, 5. ROM: Range of motion

*p value <0.05

Table 5. Comparison of Temporospacial Parameters between before and after Selective Posterior Rhizotomy

	Before SPR ¹⁾	After SPR ¹⁾
Cadence (steps/min)	92.0±36.2	112.3±19.0
Speed (m/sec)	0.50±0.33	0.69±0.20
Step length (cm)	28.3±15.3	37.5±9.9
Step time (sec)	0.85±0.69	0.54±0.11
Single support (%)	26.9±12.8	30.1±3.2
Double support (%)	45.8±25.0	39.5±5.3

Values are mean±SD.

1. SPR: Selective posterior rhizotomy

5) 시공간적 지표의 비교

시공간적 지표에서 분속수, 보행속도, 보장거리 및 보장 시간, 단하지 지지기, 양하지 지지기 등 수술 전과 비교하여 수술 후에 모두 호전되는 양상을 보였지만 통계적으로 의미 있는 변화는 관찰되지 않았다(Table 5).

고 찰

효과적인 보행을 위해서는 입각기의 안정성이 유지되어야 하며 유각기 때 발이 바닥에 끌리지 않아야 하며, 유각기 말기에는 접지 전에 적절한 발의 위치가 선정되어야 하고 적절한 활보장과 무게중심의 움직임을 최소화하여 에너지를 보존하는 것이 중요하다.¹³⁾ 그러나 경직성 뇌성마비 아동에서는 보행 중 원시반사가 잔존하고 경직 등에 의해 비정상적 근긴장도를 초래하며 주동근과 길항근이 부조화를 보이고 평형감각의 소실로 정상과는 달리 비정상 보행양상을 보이게 되는데¹⁴⁾ 대표적인 비정상적인 보행으로 침족 보행, 쪼그림 보행, 고관절의 과도한 내전 및 내회전, 요추부 전만, 골반의 과도한 전반기울림 등이다.

David 등¹⁰⁾은 평균 8.0세인 18명의 경직성 양지 뇌성마비 아동을 대상으로 약 32개월간의 기간을 통하여 연령에 따른 보행양상의 변화를 보고하였는데 연령이 증가할수록 보행 속도의 감소, 활보장의 길이의 감소, 운동형상학적 보행 분석에서 골반, 슬관절, 족관절의 관절 가동범위의 감소를 보여 경직성 뇌성마비 아동에서 연령이 증가함에 따라 보행의 안정성이 떨어지고 보행양상이 악화됨을 보고하였다. 이러한 경직성 뇌성마비의 비정상적 보행의 치료를 위해 많은 방법들이 시도되고 있는데 1908년 선택적 후근 절제술이 경직의 감소에 효과적인 방법으로 알려진 후¹²⁾ 많은 연구들에서 경직성 뇌성마비 아동에게 선택적 후근 절제술을 시행하여 경직을 감소시키고 운동 능력, 자세 및 보행의 호전을 보고하였다.^{2,4,17)} Arens 등⁴⁾은 일곱 단계의 운동능력 평가표를 이용하여 측정한 결과 치료아동의 82%에서 첫 번

째 단계부터 세 번째 단계까지 운동능력이 향상되었다고 보고하였고, Berman 등⁶⁾은 보행여부와 운동능력을 수술 후에 비교한 결과 독립보행이 가능한 아동 중 36.5%에서, 도움이 필요하며 실내 보행이 가능한 군 중 34%에서, 보행 불가능한 군 중 12%에서 향상을 보였다고 하였다. 또한 Cahán 등⁷⁾은 동적근전도를 이용한 보행분석을 통해 보행 능력의 향상을 보고하였으며 그 외 많은 연구들에서, 비디오 카메라를 이용하여, 자세 및 보행양상 분석을 통해 보행 양상의 호전을 보고하였다.^{9,20,27)} 하지만 수술 후 평가 기간은 연구마다 차이를 보여 Berman 등⁶⁾은 4~14개월 후 평가하였고, Perry 등²¹⁾은 6개월, 14개월 후에 평가를 하였으며 Peacock 등¹⁸⁾은 3~7년까지의 장기 추적 검사를 통해 경직 및 운동 능력 등에 대해 보고하였다. 본 연구에서는 수술 후 평균 3.5년이 지난 후 보행분석을 실시하여, 독립적 보행이 가능한 경직성 양지 뇌성마비 아동에게 실시한 선택적 후근 절제술의 장기 효과에 대해 알아보았다.

본 연구에서는 18명의 독립적 보행이 가능한 경직성 양지 뇌성마비 아동들에게 선택적 후근 절제술을 시행한 후 하지의 경직을 modified Ashworth scale로 측정하여 변화를 관찰하였는데 고관절 내전근과 족관절 족저굴근에서 수술 전과 비교하여 수술 후 통계적으로 의미 있는 감소를 보였다. 이는 경직성 뇌성마비 아동에서 선택적 후근 절제술 후 경직을 modified Ashworth scale로 측정하여 5년간 추적 관찰한 결과 고관절 내전근, 족관절 족저굴근에서는 1년 및 5년 후 모두 의미 있게 감소였으나 슬관절 굴근의 경우 1년 후에는 경직이 의미 있게 감소하였다가 5년 이후 다시 증가하는 경향을 보였다고 한 Shahid 등²³⁾의 연구와 유사한 결과를 얻었다.

선택적 후근 절제술 후 보행양상의 변화는 3차원 동작분석 장비인 Vicon 370 System (Oxford Metrics Ltd., United Kingdom)을 이용하여 운동 형상학적 자료와 시공간적인 지표의 변화를 평가하였는데, 본 연구에 참가한 아동들의 경우 수술 당시 평균 연령이 8.14세였고 수술 후 3.5년이 지나 장기 추적 검사가 이루어졌기 때문에 아동들의 발달 과정에 따른 보행양상을 고려하여야 하였다. 1980년 Sutherland 등²⁶⁾은 1~6세의 아동 186명을 대상으로 분석한 결과 전반적으로 운동형상학적 특성이 3~4세에 성인의 양상을 띠게 된다고 하였고, 그 외 많은 연구에서 아동의 보행 발달 특성에 대하여 시간 및 거리 보행인자의 변화는 주로 아동의 키 성장에 의해 결정되고 따라서 성장이 지속되는 동안 계속 변화하게 되며, 5세 이후에는 삼차원 운동형상학적 및 운동역학적 동작분석 특성이 성인의 것과 크게 다르지 않다고 보고하였다.^{5,26)} 따라서 본 연구에서는 운동 형상학적 지표의 정상 자료로 1998년 조 등³⁾이 보고한 한국 소아에서 보행발달 과정의 삼차원 동작분석 특성의 자료를 참고로 하여 평가하였다.

이전의 많은 연구에서 선택적 후근 절제술이 경직을 감

소시켜 관절의 운동가동범위, 보행 및 운동기능을 향상시킨다고 보고하였고^{15,22)} 장기간 추적 관찰을 통한 수술적 치료의 효과에 대해서는 대부분 기능적 수행평가를 통하여 연구되었는데^{23,27)} 본 연구에서는 고관절, 슬관절, 족관절의 운동형상학적 보행 분석을 통해 수술적 치료의 장기효과를 분석하였다. Christopher 등⁸⁾은 뇌성마비 아동에서 선택적 척수후근 절제술 후 골반의 전반 기울기의 각도가 의미 있게 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 동일한 결과를 얻었다. 이는 수술 후 고관절 굴근 경직의 감소에 의한 것으로 생각되는데 본 연구에서는 고관절 굴근의 경직에 대한 평가가 이루어지지 못하였기 때문에 향후 이에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 생각한다. 고관절 시상면에서 수술 후 초기 접지기 시의 고관절 굴곡각도, 유각기 동안 고관절 최소 각도(최대 신전각도)는 수술 전과 비교하여 호전되는 양상을 보였으나 통계학적 유의성은 없었는데 이는 수술 후 약 1년간 입원 및 외래를 통한 주 3회의 근력강화 운동, 중추신경계 발달 재활치료, 보행훈련을 시행하였고 이후부터 수술 후 검사 시까지는 가정훈련을 시행하였음에도 불구하고 고관절 신근의 근력이 충분히 향상되지 못하였기 때문이라고 생각된다. 슬관절 시상면에서 수술 전과 비교하여 수술 후 초기 접지기 시의 슬관절 굴곡각도, 입각기 동안 슬관절 최소 각도(최대 신전각도)가 감소하였고 유각기 동안 슬관절 최대 각도(최대 굴곡각도)가 증가하였는데 이는 수술 후 슬관절 굴근의 경직이 감소하였기 때문이라고 생각된다. 족관절 시상면에서 수술 전과 비교하여 수술 후 초기 접지기 시 족관절 각도, 입각기 동안 족관절 최대 배측 굴곡각도, 발가락 떼기 시의 최대 배측 굴곡각도, 유각기 동안 최대 배측 굴곡각도가 모두 통계적으로 의미 있게 증가하였는데 이는 수술 후 족관절 족저굴근의 경직이 의미 있게 감소하여 나타난 결과로 생각된다.

선택적 후근 절제술은 경직을 감소시켜 보행의 운동형상학적 지표상 운동범위의 증가로써 나타난다. 본 결과에서도 고관절 및 슬관절의 굴곡 신전 운동 가동범위가 수술 전과 비교하여 수술 후에 증가하는 경향을 보였지만 통계적 유의성은 없었다. 이러한 고관절과 슬관절의 운동 가동범위의 증가는 Christopher 등⁹⁾이 보고한 것처럼 슬관절 굴근이나 대퇴직근과 같은 두 관절에 걸쳐 작용하는 근육의 경직 감소나 co-contraction의 감소로 인한 것으로 생각된다. 또한 수술 후 고관절 굴곡 신전 운동 가동범위가 증가하는 것은 유각기 동안 최대 굴곡각도보다 입각기 동안 최소 각도(최대 신전각도)가 증가하였기 때문으로 생각된다. 슬관절에서는 수술 전에 굴곡 신전 운동 가동범위가 51.55도로 정상 성인의 65도보다 감소되어 있다가 수술 후 57.01도로 증가하였는데 이는 수술 후 입각기 동안의 슬관절 최소 각도의 감소와 유각기 동안의 슬관절 최대 각도의 증가에 의한 것이다. 족관절에서는 통계적인 유의성은 없었지만 수술 전과 비교하여 수술 후 오히려 굴곡 신전 운동 가동범위

의 감소를 보였는데 이는 뇌성마비 아동에서 족저굴근의 경직으로 인해 수술 전에 족관절이 족저굴곡 상태의 변형을 보여 발가락 떼기 시의 최대 배측 굴곡각도가 -22.95도로 정상인 -12~-13도보다 증가된 값을 보이고 이로 인해 굴곡 신전 운동 가동범위도 정상인 28~30도보다 큰 36.12도를 보이다가, 수술 후에는 최대 배측 굴곡각도가 -10.45도로 감소하여 정상과 비슷한 값을 보였는데 이는 경직의 감소로 인한 배측 굴곡각도의 감소 폭보다 족저 굴곡각도의 감소 폭이 크게 나타나 운동범위가 30.02도로 정상에 유사한 값을 보였다.

Christopher 등⁹⁾은 뇌성마비 아동에서 보행 시 각 관절의 굴곡 신전 운동 가동범위는 각 관절에 작용하는 경직의 정도를 반영하지만, 관절 운동의 중심각은 근력이나 근조절 능력을 반영하며 뇌성마비 아동에서는 운동범위 감소나 근력 약화, 근력 조절의 실패 등으로 관절 운동범위가 정상 아동과 다르게 나타난다고 하였다. 또한 수술 후 1년 및 3년 후 추적 관찰한 결과 수술 전과 비교하여 수술 1년 후에 고관절 및 슬관절의 굴곡 신전 운동 중심각이 가장 많이 증가하고 3년 후 추적 관찰 시까지 계속 증가한 상태로 남아있는데 이러한 이유는 수술 후 경직은 감소되었지만 족저굴근의 근력이 충분히 향상되지 못하였기 때문이라고 하였다. 본 연구에서도 이전의 연구와 유사하게 고관절 및 슬관절 굴곡 신전 운동 중심각이 수술 3년 후 추적 관찰 시, 수술 전과 비교하여, 증가하는 양상을 보였다. 족관절의 경우 굴곡 신전 운동 중심각이 수술 전 -12.42도에서 수술 후 4.33도로 호전되었는데 이는 족저근 경직의 감소로 인하여 수술 전 족저 굴곡의 변형에서 호전된 것이 주된 원인이라 생각된다.

시공간적 지표의 변화를 보면 수술 전과 비교하여 수술 후에 분속수, 보행속도, 보장거리 및 보장 시간, 단하지 지지기, 양하지 지지기가 호전되는 결과를 보여 Sutherland²⁵⁾의 연구와 유사한 결과를 보였다. 또한 보장 거리도 수술 후 증가하는 경향을 보였는데 이는 성장에 따른 하지길이의 변화 등에서 기인할 수도 있지만 그 증가폭 등을 고려해 볼 때 고관절 및 슬관절에서의 굴곡 신전 운동 가동범위의 증가 및 근력 강화 등이 주된 요인으로 작용했을 것으로 생각된다. 이러한 분속수 및 보장 거리의 증가로 보행 속도가 증가하면서 단하지 지지기는 증가하고 양하지 지지기는 감소하는 결과를 얻었다.

1998년 McLaughlin 등¹⁶⁾은 경직성 양지 뇌성마비 환아에서 시행한 선택적 후근 절제술의 효과에 관한 연구의 대부분이 대조군 연구(선택적 후근 절제술 및 수술 후 재활치료를 시행한 대상군과 선택적 후근 절제술을 시행하지 않고 물리치료만을 시행한 대상군의 비교연구)를 시행하지 않은 상태에서 보행양상 및 기능적 호전을 보고하였는데 대조군 연구를 시행한 결과 선택적 후근 절제술 및 수술 후 물리치료를 시행 받은 환아들과 수술적 치료 없이 물리치

로만 시행한 환아들을 비교하였을 때 두 군 간에 의미 있는 차이를 보이지 않았다고 하였다. 즉 대조군 연구를 시행하지 않은 경우, 수술적 치료만의 효과를 증명할 수 없다고 하였다. 그러나 본 연구에서는, David 등¹⁰이 수술적 치료를 시행하지 않은 8세 이상의 경직성 양지 뇌성마비 환아에서 연령이 증가할수록 보행양상이 악화된다고 보고하였기 때문에, 수술 후 보행의 호전이 연령 증가에 의한 효과가 아님은 설명할 수 있지만 McLaughlin 등¹⁶이 설명한 대조군 연구를 시행하지 않은 점은 제한점으로 생각된다. 본 연구의 또 다른 제한점으로는, 선택적 후근 절제술의 효과를 정확하게 판단하기 위해서는 모든 대상군에서 수술 후 동일한 기간이 지난 상태에서 보행양상의 변화를 평가하여야 했는데, 본 연구에서는 수술 후 2년부터 5년까지(평균 3.5년)의 기간 동안에 보행양상의 변화를 평가하여 수술 후 평가 기간이 동일하지 못하였다는 점, 수술 전과 수술 후의 경직의 변화는 관찰하였으나 근력 변화 및 보행 시 에너지 소모량의 변화를 평가하지 못한 점이 제한점으로 사료된다. 그러므로 향후 물리치료만 시행 받은 환아들을 대조군으로 하여 선택적 후근 절제술의 효과만을 평가하는 연구와 수술 후 동일한 기간이 지난 상태에서 수술적 치료 효과를 평가하는 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

결 론

이상의 결과로 보아 보행이 가능한 경직성 양지 뇌성마비 아동에서 선택적 후근 절제술 후 장기추적 관찰 시 경직의 감소, 보행양상의 향상에 도움을 주는 것으로 생각되며 향후 수술 전, 후의 에너지 소모량의 변화에 대한 연구가 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) 박창일, 박은숙, 신지철, 김성우, 김덕용, 안재기: 경직성 뇌성마비 환아의 비복근내 보툴리눔 독소 주사후 경직 및 보행 양상의 변화. 대한재활의학회지 1999; 23: 504-515
- 2) 박창일, 박은숙, 이동수, 최중언: 뇌성마비 환아에서의 선택적 후근 절제술의 효과. 대한재활의학회지 1993; 17: 105-111
- 3) 조상현, 박창일, 박은숙, 김유철, 신지철, 박진석: 한국 소아에서 보행발달 과정의 삼차원 동작분석 특성. 대한재활의학회지 1998; 22: 1206-1218
- 4) Arens LJ, Peacock WJ, Peters J: Selective posterior rhizotomy: A long-term follow-up study. Childs Nerve Syst 1989; 5: 148-152
- 5) Beck RJ, Andriacchi TP, Kuo KN, Fermier RW, Galante JO: Changes in the gait patterns of growing children. J Bone Joint Surg 1981; 63(A): 1452-1457
- 6) Berman B, Vaughan CL, Peacock WJ: The effect of rhizotomy on movement in patients with cerebral palsy. Am J Occup Ther 1990; 44: 511-516
- 7) Cahan LD, Adams J, Perry J, Beeler LM: Instrumented gait analysis after selective posterior rhizotomy. Dev Med Child Neurol 1990; 32: 1037-1043
- 8) Christopher L, Nivedita S, Monica EB: Selective dorsal rhizotomy as a treatment option for children with spastic cerebral palsy. Gait Posture 1998; 8: 43-59
- 9) Christopher L, Vaughan CL, Berman B, Peacock WJ: Cerebral palsy and rhizotomy. A 3-year follow-up evaluation with gait analysis. J Neurosurg 1991; 74: 178-184
- 10) David CJ, Dain LD, Mark FA: The evolution of gait in childhood and adolescent cerebral palsy. J Pediatr Orthop 1997; 17: 392-396
- 11) Fasano VA, Broggi G, Bardat-Romana G, Squazzi A: Surgical treatment of spasticity in cerebral palsy. Child's Brain 1978; 4: 289-305
- 12) Foerster O: On the indications and results of the excision of posterior spinal roots in men. Surg Gyne Obst 1991; 5: 463-474
- 13) Gage JR: Cerebral palsied gait. In: Gage JR, editor. Gait analysis in cerebral palsy, 1st ed, London: Mac Keith Press, 1991, pp61-100
- 14) Gage JR: Cerebral palsied gait. In: Gage JR, editor. Gait analysis in cerebral palsy, 1st ed, London: Mac Keith Press, 1991, pp101-107
- 15) Karen KB, Gregory BN: Functional assessment following selective posterior rhizotomy in spastic cerebral palsy. Child's Nerv Syst 1994; 10: 84-86
- 16) McLaughlin JF, Bjornson KF, Astley SJ: Selective dorsal rhizotomy: efficacy and safety in an investigator masked randomized clinical trial. Dev Med Child Neurol 1998; 40: 220-232
- 17) Peacock WJ, Arens LJ: Selective posterior rhizotomy for the relief of spasticity in cerebral palsy. S Afr Med J 1982; 62: 119-124
- 18) Peacock WJ, Arens LJ, Berman B: Cerebral palsy spasticity. Selective posterior rhizotomy. Pediatr Neurosci 1987; 13: 61-66
- 19) Peacock WJ, Staudt LA: Spasticity in cerebral palsy and the selective posterior rhizotomy procedure. J Child Neurol 1990; 5: 179-185
- 20) Peacock WJ, Staudt LA: Selective posterior rhizotomy: evolution of theory and practice. Pediatr Neurosurg 1991; 17: 128-134
- 21) Perry J, Adams J, Cahan LD: Foot floor contact patterns following selective dorsal rhizotomy. Dev Med Child Neurol 1989; 31(suppl): 19-20
- 22) Mittal S, Farmer JP, Al-Atassi B, Montpetit K, Gervais N, Poulin C, Benaroch TE, Cantin MA: Functional performance following selective posterior rhizotomy: Long-term results determined using a validated evaluative measure. J Neurosurg 2002; 97: 510-518
- 23) Gul SM, Steinbok P, McLeod K: Long-term outcome after selective posterior rhizotomy in children with spastic cerebral

- palsy. *Pediatr Neurosurg* 1999; 21: 84-95
- 24) 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; 18: 587-595
- 25) Sutherland DH: *Gait disorders in childhood and adolescence*, Baltimore: Williams & Wilkins, 1984, pp102-105
- 26) Sutherland DH, Olsen F, Cooper L, Woo SL: The development of mature gait. *J Bone Joint Surg* 1980; 62(A): 336-353
- 27) Tippetts RH, Walker ML, Liddell KL: Long-term follow-up on selective posterior rhizotomy for relief of spasticity in cerebral-palsied children. *Dev Med Child Neurol* 1989; 31(suppl): 19
- 28) Vaughan CL, Berman B, Staudt LA: Gait analysis of cerebral palsy children before and after rhizotomy. *Pediatr Neurosci* 1988; 14: 297-300
-