

뇌성마비 환아에서 고관절의 전위

연세대학교 대학원

재활의학과

양은주

# 뇌성마비 환아에서 고관절의 전위

지도교수 박 은 숙

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2007 년 6 월 일

연세대학교 대학원

재활의학과

양 은 주

# 양은주의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 박 은 숙 인

심사위원 김 덕 용 인

심사위원 박 형 우 인

연세대학교 대학원

2007 년 6 월 일

## 감사의 글

본 논문이 완성하기까지 시작부터 모든 면에서 격려해 주시고 가르쳐주신 박은숙 교수님께 깊이 감사드립니다. 또한 많은 관심과 교정의 격려로 도움을 주신 김덕용 교수님, 박형우 교수님께 진심으로 감사드립니다.

지금까지 발걸음을 인도해주시는 하나님께, 기도와 격려로 힘을 주시는 부모님께 감사드리며 사랑으로 든든한 힘이 되어주는 존경하는 남편과 사랑하는 아들 수민이와 함께 이 기쁨을 나누고 싶습니다.

저자 씀

## 차 례

국문요약	1
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	6
1. 연구대상	6
2. 연구방법	8
가. 임상적 평가	8
나. 방사선학적 평가	8
다. 그룹별 비교	10
3. 분석방법	11
III. 결과	12
1. 방사선학적 결과 비교	12
가. 뇌성마비 유형과 GMFCS에 따른 이동지수 변화	12
나. 초기 이동지수 정도에 따른 이동지수 변화	13
다. 방사선학적 검사 지표의 비교	13
2. 치료 여부 및 치료 종류에 따른 비교	14
3. 이동 지수의 호전 정도에 영향을 주는 요인	16
IV. 고찰	19
V. 결론	24
VI. 참고문헌	25
영문요약	27

## 그림 차례

Fig 1. Radiological measurement of hip.....9

Fig 2. Comparison of migration change (Kalen's classification) between three groups.....15

## 표 차례

Table 1. General characteristics of subjects.....	7
Table 2. Migration percentage in relation to type of CP and GMFCS level .....	12
Table 3. Comparison of changes of migration percentage between three groups.....	14
Table 4. Correlation between change of migration..... percentage and variables .....	16
Table 5. Multiple Regression Analysis of change of migration percentage .....	17
Table 6. Multiple Regression Analysis of Migration percentage in procedure group.....	17

## 국문 요약

### 뇌성마비 환아에서 고관절의 전위

고관절 탈구 및 아탈구는 뇌성마비 환아들에게 흔하게 발생하는 현상으로 이는 고관절 굴곡근과 내전근의 강직의 증가와 근육간의 불균형으로 인하여 진행된다.

이런 고관절 탈구로 인한 기능의 저하와 합병증을 줄이기 위하여 탈구의 진행을 막기 위한 여러 치료들이 시도되고 있다.

이에 본 연구에서는 후향적 임상 연구 방법을 이용하여 경직성 뇌성마비 환아를 대상으로 고관절 탈구가 진행될 위험인자에 대해 알아보고 치료의 종류에 따른 탈구 예방의 효과를 알아보고자 하였다.

경직성 뇌성마비 환자 40명의 방사선학적 평가로서 이동지수와 절구지수, Neck-shaft angle을 초기와 마지막 검사에 대하여 각각 구하였으며 이동지수 변화도와 연간 변화율을 구하였다. 환자의 GMFCS 등급과 뇌성마비 유형, 초기에 이동지수를 평가한 나이, 초기 이동지수, 치료의 유무와 내전근에 보툴리눔 독소 주사 또는 건절제술을 시행했는지에 따라 이동지수의 변화도를 비교하여 아탈구의 진행에 영향을 미치는 인자를 알아보고 치료의 효과를 비교하였다.

결과는 다음과 같았다.

1. 뇌성마비의 유형이 사지마비인 경우와 GMFCS 등급이 높은 경우 초기 이동지수가 유의하게 컸다.
2. 치료를 받지 않은 군에 비하여 내전근에 보툴리눔 독소 주사를 시행하거나 건절제술을 시행한 경우 유의하게 아탈구의 진행이 감소되었으며, 이동지수에 호전을 보인 경우는 모두 GMFCS이 3등급이상이었고, 초기 이동지수가 경도(이동지수 30%이상 60%미만)로 탈구되었던 군이었다.
3. 이동지수 변화에 영향을 미치는 주된 요인으로는 시술여부 ( $\beta=-0.230$ ,  $p=0.048$ ), GMFCS 등급( $\beta=0.219$ ,  $p=0.038$ ), 그리고 나



이( $\beta=-0.224$ ,  $p=0.054$ )로 시술을 시행 받지 않은 경우, 환자의 기능적 수준이 떨어질수록, 또는 나이가 어릴수록, 고관절 탈구가 더 진행되었다.

4. 시술을 시행한 환자에서는 시술을 시행한 나이( $\beta=1.671$ ,  $p=0.034$ )가 이동지수의 호전에 유의한 영향을 미치는 요인으로 나이가 어릴수록 고관절 탈구 예방이 효과적이었다.

이상의 결과로 보아 경직성 사지마비인 경우와 GMFCS 등급이 높은 경우 탈구가 더 진행되어 있으며 내전근 건절제술이나 보툴리눔 독소 주사를 시행한 경우 탈구의 진행을 예방하는 효과가 있고, 이는 시술을 시행한 나이가 어릴수록 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

---

핵심되는 말 : 뇌성마비, 고관절 탈구, 이동지수, 보툴리눔 독소, 건절제술

# 뇌성마비 환아에서 고관절 전위

<지도교수 박 은 숙>

연세대학교 대학원 의학과

양 은 주

## I. 서 론

뇌성마비 아동에 있어서 고관절 탈구 및 아탈구는 흔하게 발생하는 현상으로 고관절 탈구나 아탈구의 유병율은 2.6%에서 28%라고 보고 되어 있으며 이는 성별과는 무관한 것으로 알려져 있다.<sup>1,9,16,17</sup>

고관절 탈구를 일으키는 원인은 일차적으로 미성숙한 중추신경계의 손상에 의한 것이며 지속적인 고관절 탈구는 이차적으로 근육들 간의 불균형으로 생기게 된다. 고관절이 굴곡되고 내전되려는 힘이 신전되고 외전되려는 힘보다 강하므로 고관절이 굴곡이 되고 내전, 내회전 되면서<sup>11</sup> 서서히 고관절이 아탈구 되고 종종 탈구로 진행된다.<sup>21</sup>

이러한 고관절의 아탈구와 탈구의 유병율은 강직의 중증도와 관련이 있다. Howard 등<sup>7</sup>의 연구에 의하면 보행이 불가능 하거나 강직성 사지 뇌성 마비인 경우 고관절 탈구의 유병율이 가장 높으며 80%(44명 중 35명)에 이른다고 보고하였다. 또한 Miller 등<sup>10</sup>은 뇌성 마비에서 나이와 Migration Index(이동지수)를 강직성 고관절 아탈구를 진행시키는 위험인자로 보고하였다. 이동지수가 30%미만일 때 연령이 18세 이상인 군보다 18세 이하인 군에서 아탈구가 진행될 위험이 크며 이동지수가 30%에서 60%인 군에서 약 25%정도에서, 이동지수가

60%에서 90%인 군에서는 100% 모두 탈구가 진행되었다. 이들은 나이가 18세미만이면서 이동지수가 60%미만인 군과 나이가 18세 이상이면서 이동지수가 30%에서 60%인 군에서는 진행되는 아탈구를 발견하기 위하여 방사선학적 추적 관찰이 필요하며 이동지수가 60%이상일 시에는 탈구의 진행을 막기 위하여 수술적 치료를 필요로 한다고 보고하였다.

고관절 탈구는 장애의 정도에 영향을 끼치며, 통증을 유발할 수 있고, 보행에 영향을 주고, 앉는 자세 불균형을 일으키며 회음부 관리를 어렵게 하며 욕창을 만들 수 있다. 또한 고관절이 내전된 자세는 골반의 경사를 유발하여 결국 척추 측만증을 유발할 수 있다.<sup>3,12,16</sup>

이러한 고관절 탈구로 인한 기능의 저하와 합병증을 줄이기 위하여 탈구의 진행을 막기 위한 여러 치료들이 시도되고 있다. Vidal 등<sup>20</sup>은 뇌성마비 환자 292개의 고관절을 대상으로 최초의 방사선학적 소견으로 고관절 형성이상을 예측할 수 있으며 건절제술을 빨리 시행할수록 고관절 형성이상을 예방할 수 있다고 보고하였다. Terje 등<sup>18</sup>은 경직성 뇌성마비 아동에서 내전근 건 절단술 시행한 후 장기간 추적 조사한 결과 수술 후 고관절의 양측 전위되려는 경향을 감소한다고 보고하였고, 이동지수가 50%에 이르기 전에 수술을 시행하여야 한다고 보고하였다. Presedo 등<sup>14</sup>은 경직성 뇌성마비 환자로 고관절 아탈구된 아동에게 연조직 유리술을 시행한 환자 65명 중에서 67%(43명)에서 장기적으로 고관절 탈구를 예방하는 효과가 있다고 보고하였다. 또한 수술의 좋은 결과를 나타내는 수술 전 상태로는 경직된 양하지 패턴과 보행 능력을 들 수 있으며 수술 1년 후에 시행한 이동지수가 최종 결과를 예측하는 좋은 인자라고 보고하였다.

최근 수술적 치료에 대한 연구와 함께 내전근에 보툴리눔 독소 주사가 시도되고 있다. 보툴리눔 독소는 *Clostridium botulinum*에서 생성되는 강한 신경독소로, 근육 내로 보툴리눔 독소를 주입하게 되면 신경 말단의 콜린성 수용체에 결합하여 아세틸콜린의 방출을 방해하여 해당되는 근육을 마비시킨다.<sup>5</sup> 이러한 효과를 이용하여 뇌성마비 환자의 하지 및 상지의 경직 치료에 많이 사용되고 있다. Frank<sup>6</sup>등은

16명의 뇌성마비를 대상으로 내전근에 보툴리눔 독소 주사 후 이동지수의 변화를 측정하였으며 초기 이동지수가 30%이상이며 24개월 이하인 경우 보툴리눔 독소 주사를 시행한 후 이동지수가 감소할 확률이 높다고 보고하였다.

그러나 현재까지 고관절의 탈구의 진행을 예방하기 위한 견절제술이나 보툴리눔 독소 주사 시술을 시행한 군과 아무런 치료를 받지 않은 대조군과의 비교한 연구가 미비한 실정이며 각 치료 방법에 대한 비교도 거의 없는 실정이다. 또한 고관절 형성의 자연경과에 대한 연구는 진행된 반면, 고관절의 탈구가 진행되는 데 영향을 미치는 인자들에 대한 연구가 드문 실정이다.

본 연구에서는 뇌성마비 아동을 대상으로 나이, GMFCS (Gross Motor Function Classification System), 초기에 시행한 이동지수의 정도에 따라 이동지수의 변화도를 비교하고 치료의 유무와 방법에 따라 고관절 탈구 진행도를 비교하여 고관절 탈구가 진행될 위험인자에 대해 알아보고 치료의 종류에 따른 탈구 예방의 효과를 알아보고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 대상

2004년 2월부터 2007년 3월까지 연세의료원 재활의학과에 내원한 경직성 뇌성마비 환자 중 처음 방사선학적 검사를 시행한 시기가 6세 이하인 40명의 경직성 뇌성마비 환아를 대상으로 하였다. 환자 중 하지에 고정된 관절 구축이 있거나, 대퇴골 절골술을 시행받았던 과거력이 있는 환아는 제외하였다.

과거력상 아무런 치료를 받지 않은 환아와, 내전근에 보툴리눔 독소 주사, 혹은 건절제술을 시행받았던 환아를 포함하였다.

총 40명의 경직성 뇌성마비 환자 중 남자가 21명(52.5%), 여자가 19명(47.5%)이었고, 초기에 이동지수를 측정할 당시 평균 연령은 41.9개월이었고, 마지막 이동지수를 측정할 당시 평균 연령은 55.8개월이었으며 그 간격은 13.6개월이었다. 뇌성마비 유형별로 사지마비가 20명, 하지마비가 20명이었다. GMFCS 등급별로 1등급에 해당하는 하지는 4명, 2등급은 4명, 3등급은 10명, 4등급은 8명, 5등급은 14명이었으며 평균 level은 3.7이었다(Table 1).

최초로 시행한 이동지수에 따라 정상(이동지수가 20%미만인 경우)인 경우가 7례, 위험군(이동지수가 20%에서 30%인 경우)인 경우가 22례, 경도(이동지수가 30%에서 60%인 경우)인 경우가 50례, 중등도(이동지수가 60%에서 90%인 경우)가 1례, 중증(이동지수가 90%이상인 경우)인 경우가 0례였다.

치료의 유무와 종류에 따라 분류하였으며 아무런 치료를 받지 않은 1군은 14명, 내전근에 보톡스 주사를 시행 받은 2군은 13명, 내전근 건절제술을 시행 받은 3군이 13명이었다. 각 군별로 성별을 비교해보았을 때 1군에서 남자가 6명, 여자가 8명이었으며 2군에서 남자가 6명, 여자가 7명이었고 3군에서 남자가 7명, 여자가 6명으로 남녀 비율 상 각 군별로 유의한 차이는 없었다. 각 군별로 뇌성마비 유형을

분류하였을 때 1군에서 경직성 사지마비가 7명, 하지마비가 6명이었으며 2군에서 사지마비가 6명, 하지마비가 7명이었고 3군에서 사지마비가 6명, 하지마비가 7명으로 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 각 군별로 GMFCS level을 비교하였을 때 1군의 평균 level은 3.4이었고 2군은 3.6이었으며 3군은 3.7으로 유의한 차이는 없었다.

각 군별로 방사선학적 검사를 시행한 연령을 비교하였을 때 초기에 이동지수를 측정할 당시 1군은 37.1개월, 2군은 39.7개월, 3군은 41.8개월이었으며 마지막 이동지수를 측정할 당시 연령은 1군은 54.3개월, 2군은 48.8개월, 3군은 57.6개월이었으며 각 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

**Table 1.** General characteristics of subjects

Variables	Total	Botox group (n=13)	Tenotomy group (n=13)	Control group (n=14)
Gender (Male/Female)	21/19	6 / 7	7 / 6	6 / 8
Subtypes				
Quadriplegia	20	6	6	7
Diplegia	20	7	7	6
GMFCS <sup>1</sup> level	3.7 ± 1.3	3.6 ± 1.3	3.7 ± 1.3	3.4 ± 1.4
Initial age (months)	41.9 ± 14.3	39.7 ± 13.5	41.8 ± 14.5	37.1 ± 13.8
Final age (months)	55.8 ± 17.3	48.8 ± 14.9	57.6 ± 17.4	54.3 ± 18.2

Values are mean±standard deviation

1.GMFCS: Gross motor function classification system

## 2. 연구 방법

### 가. 임상적 평가

환자의 뇌성마비 유형에 따라 사지마비와 하지마비로 분류하였고, 대상 환자들의 기능의 평가는 GMFCS를 이용하였다. GMFCS는 Russell 등과 Palisano 등이 기술한 등급으로 관찰을 통하여 환자의 대근육 운동 기능을 평가하기 위하여 만들어진 측정 도구이다. 등급 별로 0에서 5까지 점수평가법을 등급을 나누어 평가하게 되며<sup>13</sup> 1등급 일 때 정상 기능을 나타낸다.

모든 환자들의 평가는 후향적 연구로서 환자가 처음 방사선학적 검사를 시행하였던 시점과 마지막 방사선학적 검사를 시행하였던 시점의 기능적 수준을 환자기록지의 평가를 통하여 측정하였다.

치료의 유무와 종류에 따라 치료받지 않은 1군과 내전근에 보툴리눔 독소 주사를 시행 받은 2군, 내전근 건절제술을 시행 받은 3군으로 나누어 비교하였다. 내전근 보툴리눔 독소 주사시 보툴리눔 독소 A형 (botox®)을 사용하였으며 각 근육에 대한 용량은 근육의 크기와 치료의 목적에 따라 결정하였으며 총 평균 용량은 83U(범위,40-100U)이며 몸무게의 kilogram당 평균 용량은 근육 당 3.5U/kg(범위, 3-5U/kg)이었다. 주사는 100U/mL로 희석하여 촉진 또는 초음파 기기를 이용하여 27 게이지 바늘을 이용하여 시행하였다. 모든 주사는 동일한 전문가가 시행하였다.

### 나. 방사선학적 평가

대상 환자의 고관절 탈구의 정도를 측정하기 위하여 고관절 단순 방사선 전후 사진을 촬영하였다. 방사선 검사 시 환자는 바로 누운 자세에서 고관절이나 다리의 회전을 막기 위해서 최대한 평형으로 중앙에 위치하게 한 후 촬영하였다. 촬영된 방사선 검사에서 고관절 이동지수<sup>15</sup>와 절구지수(Acetabular index), Neck-shaft angle을 측정하였다.

이동지수는 관골구에 대하여 대퇴골두가 편향된 백분율(Perkin's

line에서 측면으로 간 정도)이며 Hilgenreiner 선에 평행하게 측정하였다(Fig 1). 대퇴골두의 가쪽선이 Perkin 선의 내측에 위치하게 되면 이동지수는 음의 값을 갖게 된다. 모든 대퇴골두가 Perkin 선의 가쪽에 위치하게 되면 이동지수는 100%를 넘게 된다. 측정한 이동지수에 따라 골반은 정상(이동지수가 20%미만인 경우), 위험군(이동지수가 20%에서 30%인 경우), 경도(이동지수가 30%에서 60%인 경우), 중등도(이동지수가 60%에서 90%인 경우), 중중(이동지수가 90%이상인 경우)로 분류하였다.

절구 지수는 Hilgenreiner 선과 관골구의 내측과 외측 가장자리를 잇는 선과의 각도로 측정하였으며 Neck-shaft 각도는 대퇴골경과 대퇴골간과 이루는 각도로 대퇴경부가 기능적 또는 해부학적으로 전굴된 정도에 영향을 받는 각도이며 160도 이상시 외반고가 있다고 기술한다.

시간에 따른 고관절 발달을 측정하기 위하여 Kalen 등<sup>8</sup>의 분류법을 사용하였다. 이동지수가 10%미만으로 변화하였을 때 “변화없음”이라고 표현하였고, 반면 10%이상 감소하였을 때 “호전됨”으로, 10%이상 증가하였을 때 “악화됨”으로 표현하였다.

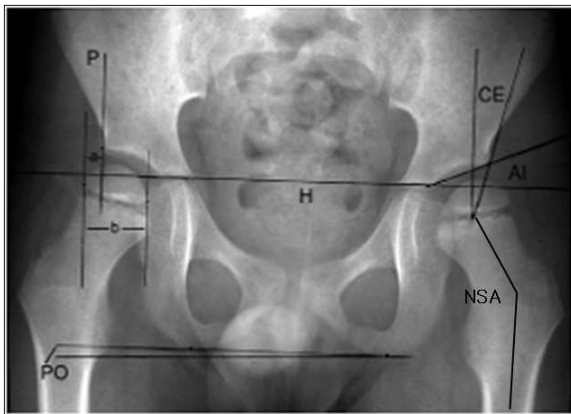


Fig 1. Radiographic measurement of hip

The migration percentage (MP) is the lateral displacement of the femoral head( $a/b \times 100$ ). The other radiographic parameters are indicate (AI: acetabular index and NSA: neck shaft angle). H is



Hilgenreiner's line and P is Perkins' line. AI is the slope of the acetabular roof, which is the angle between the acetabular roof and Hilgenreiner's line.

모든 환자의 초기 방사선 사진과 마지막으로 시행한 사진의 이동지수, 절구지수 그리고 Neck-shaft angle을 각각 동일한 사람이 측정하였으며 이동지수 변화도와 연간 증가율을 구하였다.

#### 다. 그룹별 비교

환자의 뇌성마비 유형에 따라, GMFCS (Gross Motor Function Classification System) 등급에 따라, 치료의 유무와 종류에 따라, 그리고 최초로 시행한 이동지수에 따라 분류하였으며 각각 최초로 측정된 이동지수, 마지막으로 시행한 이동지수, 연단위 증가율 그리고 이동지수 변화도를 구한 후 각 군간에 유의한 차이가 있는지 비교하였다. 또한 아탈구의 진행에 가장 영향을 미치는 인자를 알아보고 치료시 가장 효과적인 군을 알아보았다.

### 3. 분석 방법

통계분석은 SPSS 11.0 for windows version을 이용하였다. 두 군에서 연속변수의 비교는 independent t-test를 사용하였으며 비연속변수는 카이제곱 검정(chi-square test)를 사용하였다. 2군 이상의 변수를 분석 시 ANOVA를 이용하였다. 각 지표간의 상관도를 구하기 위하여 Pearson correlation coefficient를 구하였다. 이동지수 진행의 위험인자를 구하기 위하여 선형 다중회귀분석을 이용하여 분석하고, p값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 판단하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 방사선학적 결과 비교

가. 뇌성마비 유형과 GMFCS에 따른 이동지수 변화

뇌성마비 유형별로 초기 검사의 이동지수는 사지마비에서 39.3%, 하지마비 33.5%이며 마지막 검사의 이동지수는 사지마비에서 38.3 %, 하지마비 30.7%으로 각각 유의하게 사지마비에서 이동지수가 큰 소견을 보였으나 이동지수 변화도와 연간 증가율에는 유의한 차이가 보이지 않았다(Table 2).

GMFCS 점수에 따라 고관절 탈구 진행도를 비교하기 위하여 GMFCS 1,2,3에 해당하는 군을 A군으로 GMFCS 4, 5에 해당하는 군을 B군로 나누었다. 각 군별로 초기 검사의 이동지수는 A군에서 30.5%, B군에서 41.2%이며 마지막 검사의 이동지수는 A군에서 27.9%, B군에서 39.7%으로 각각 유의하게 B군이 A군에 비하여 이동지수가 큰 소견을 보였다. 또한 이동지수의 변화도는 A군에서 -2.8 (%)이며 B군에서 1.6 (%)이며 연간 이동 지수 변화율은 A군에서 -4.1 (%/yr)이며 B군에서 1.2 (%/yr)으로 각각 B군에서 유의하게 이동지수가 증가하였다(Table 2).

**Table 2.** Migration percentage in relation to type of CP and GMFCS<sup>1</sup> level

	No. of legs	Migration percentage			Change per year (%/yr)
		Initial (%)	Follow-up (%)	Change <sup>3</sup>	
Type of CP <sup>1</sup>					
Quadriplegia	40	39.3 ± 12.3	38.3 ± 12.9	0.8 ± 10.1	2.5 ± 13.2
Diplegia	40	33.5 ± 10.9*	30.7 ± 11.1*	-1.1 ± 6.6	-4.6 ± 15.3
GMFCS <sup>2</sup>					
level 1,2,3	36	30.5 ± 9.4	27.9 ± 9.6	-2.8 ± 5.1	-4.1 ± 6.9
level 4,5	44	41.2 ± 11.4*	39.7 ± 12.1*	1.6 ± 10.1*	1.2 ± 18.3*

Values are mean±standard deviation

1. CP: Cerebral palsy
  2. GMFCS: Gross motor function classification system
  3. Change is the final migration percentage minus the initial migration percentage. A positive number means worsening and a negative number indicates improvement.
- \*  $p < 0.05$

나. 초기 이동지수 정도에 따른 이동지수 변화

처음 측정한 이동지수의 정도에 따라 정상, 위험군, 경도, 중등도, 중증인 경우로 나누어 비교시 이동지수 변화도와 연간 변화율은 각 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다.

다. 방사선학적 검사 지표의 비교

방사선학적 검사 중 이동지수외의 다른 지표인 절구지수와 neck-shaft angle의 처음과 마지막 검사를 비교 하였을 때 처음 검사 시 절구지수는  $24.8 \pm 5.8$ 도, 마지막 검사에서는  $24.1 \pm 5.7$ 도로 유의한 차이를 보이지 않았으며, neck-shaft angle은 처음 검사시  $154.8 \pm 10.5$ 도, 마지막 검사에서는  $150.8 \pm 28.4$ 도로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 이동지수와 절구지수 사이에 ( $r=0.52$ ), 이동지수와 neck-shaft angle 사이에 ( $r=0.26$ ) 높은 상관관계를 보였다.

## 2. 치료 여부 및 치료 종류에 따른 비교

치료에 따른 이동지수의 변화를 비교하기 위해 아무런 처치를 받지 않은 1군과 내전근에 보툴리눔 독소 주사를 시행 받은 2군, 내전근 건절제술을 시행 받은 3군으로 나누어 비교하였다. 각 군 간의 처음 이동지수와 마지막 이동지수를 비교하였을 때 유의한 차이가 보이지 않았으나 이동지수 변화도를 비교하였을 때 1군은 2.9%, 2군에서는 0.1%, 3군은 -4.6%로 각 군 간에 유의한 차이를 보였다( $p=0.001$ ). 또한 연간 이동지수 증가율을 비교하였을 때 1군에서 4.1 (%/yr), 2군에서 -1.4(%/yr), 3군에서는 -6.9(%/yr)으로 세 군 간에 유의한 차이를 보였다( $p=0.004$ )(Table 3).

**Table 3.** Comparison of changes of migration percentage between three groups

	No. of legs	Migration percentage			Change per year (%/yr)
		Initial (%)	Follow-up (%)	Change <sup>1</sup> (%)	
Control group	28	34.2 ± 10.4	36.8 ± 12.3	2.9 ± 8.1	4.1 ± 11.9
Botox group	26	36.4 ± 13.6	32.0 ± 14.8	0.1 ± 8.7*	-1.4 ± 12.3*
Adductor tenotomy group	26	33.6 ± 11.3	33.6 ± 9.93	-4.6 ± 7.0*	-6.9 ± 17.0*

Values are mean±standard deviation

\*  $p<0.05$

1. Change is the final migration percentage minus the initial migration percentage. A positive number means worsening and a negative number indicates improvement.

각 그룹 간에 Kalen의 분류법을 사용하여 “변화없음”, “호전됨”, “악화됨”으로 분류하였을 때 1군에서 변화 없는 하지가 23례, 호전된 하지가 1례, 악화된 하지가 4례이었으며 2군에서는 변화가 없는 하지가 20례, 호전된 하지가 6례이었다. 3군에서 변화 없는 하지가 20례, 호전된 하지가 5례, 악화된 하지가 1례이었다.

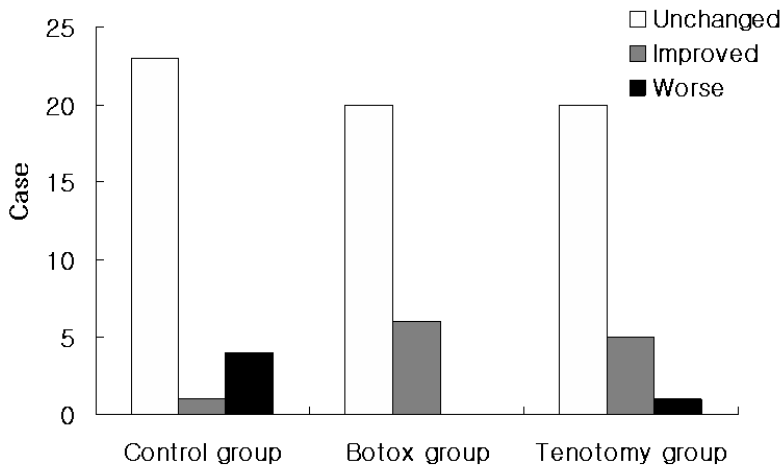


Fig 2. Comparison of migration change (Kalen's classification) between three groups

각 그룹을 GMFCS 등급별로 분류하여 비교하여 보았을 때 보툴리눔 독소 주사를 시행 받은 후 호전된 6례 중 3등급이 1례, 4등급이 2례, 5등급이 3례이었으며 내전근 건절제술을 시행 받은 후 호전된 5례 중 3등급이 1례, 5등급이 4례이었으나 이들 간에 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었다.

또한 각 그룹을 뇌성마비 유형별로 분류하여 비교하여 보았을 때 보툴리눔 독소 주사를 시행받은 경우 중 호전된 6례 중 하지마비가 3례, 사지마비가 3례이었으며 내전근 건절제술을 시행 받은 후 호전된 5례 중 하지마비가 3례, 사지마비가 2례였다. 사지마비와 하지마비를 비교하여 보았을 때 별다른 차이를 보이지 않았다.

처음 측정된 이동지수의 정도에 따라 정상, 위험군, 경도, 중등도, 중증인 경우로 분류하여 비교하여 보았을 때 보툴리눔 독소 주사를 시행은 후 호전된 6례와 건절제술 시행 후 호전된 5례 모두 이동지수가 경도(이동지수가 30%에서 60%인 경우)로 탈구된 경우였다.

### 3. 이동 지수의 호전 정도에 영향을 주는 요인

각 인자들 간의 연관성을 살펴보았을 때 초기에 이동지수를 측정한 나이와 이동지수 변화도와의 상관계수는 -0.343으로 의미 있는 음의 상관관계를 보였으며, 건절제술 또는 보툴리눔 독소를 주사한 시술 여부와 이동지수 변화도와의 상관계수는 -0.282로 의미 있는 음의 상관관계를 보여 시술을 시행 시 이동지수가 의미 있게 감소하는 것을 확인하였다(Table 4).

**Table 4.** Correlation between change of migration percentage and variables

Variables	Correlation efficient (r)	p value
Initial Age	-0.343	0.002*
GMFCS <sup>1</sup>	0.114	0.314
Diagnosis	0.158	0.163
Initial MP <sup>2</sup>	-0.134	0.237
Procedure	-0.282	0.011*

1. GMFCS: Gross motor function classification system

2. MP: Migration percentage

\* p<0.05

이동 지수의 호전에 영향을 주는 요인을 알아보기 위하여 이동지수 변화도를 종속 변수로 처음 이동지수를 측정한 환자의 연령, GMFCS 점수, 뇌성마비 유형, 초기 이동지수의 정도 그리고 시술 여부를 독립 변수로 한 다중회귀분석(multiple regression analysis)를 시행하였다. 그 결과 GMFCS 등급과 시술 여부가 통계학적으로 의미 있는 영향을 주는 요인이었으며( $p < 0.05$ ), 처음 이동지수를 시행한 나이는 이동지수에 영향을 주는 경향을 보였다( $p < 0.1$ ). 이 회귀 직선은 유의확률 0.002로 유의하였다(Table 5).

**Table 5** . Multiple Regression Analysis of Change of migration percentage

Explanatory factor	Change of MP <sup>2</sup>	
	$\beta$	p
Initial age	-0.224	0.054 <sup>†</sup>
GMFCS <sup>1</sup>	0.219	0.038*
Diagnosis	-0.074	0.506
Initial MP <sup>2</sup>	-0.188	0.128
Intervention	-0.230	0.048*

1. GMFCS: Gross motor function classification system

2. MP: Migration percentage

\* $P < 0.05$ , †  $P < 0.1$



시술시 이동 지수의 호전에 영향을 주는 요인을 알아보기 위하여 시술을 시행한 군을 대상으로 이동지수 변화도를 종속 변수로 처음 이동지수를 측정한 환자의 연령, GMFCS 점수, 뇌성마비 유형, 초기 이동지수의 정도를 독립 변수로 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 실시하였다. 그 결과 시술을 시행한 나이가 가장 의미 있는 영향을 주는 요인이었다. 이 회귀 직선은 유의확률 0.001로 유의하였다(Table 6).

**Table 6 .** Multiple Regression Analysis of Migration percentage in procedure group

Explanary factor	Change of MP <sup>2</sup>	
	$\beta$	p
Procedure age	1.671	0.034*
GMFCS <sup>1</sup>	-0.160	0.406
Diagnosis	0.282	0.065
Initial MP <sup>2</sup>	-0.178	0.306

1. GMFCS: Gross motor function classification system

2. MP: Migration percentage

\*P<0.05

## IV. 고 찰

본 연구의 주된 목적은 뇌성마비 환아에 있어서 시간에 따른 고관절 탈구 진행도에 영향을 미치는 인자들을 알아보고, 보툴리눔 독소 주사 또는 내전근 건절제술 시행이 고관절 탈구 예방에 효과가 있는지 알아보고자 함이었다.

고관절의 변화를 측정하는 가장 중요한 지표로서 대퇴골두의 가측 편위 정도를 보는 이동지수가 있다. 이동지수는 대퇴골의 회전 위치에 영향을 덜 받으며<sup>15</sup> 계측자간의 일치도도 높은 검사로 알려져 있다.<sup>4</sup> 본 연구에 있어서도 탈구의 진행 여부를 보기 위한 측정 도구로서 이동지수의 변화를 가장 주된 측정 지표로 보고 초기와 마지막 방사선학적 검사의 이동지수를 측정하여 비교하였다.

이동지수 외의 다른 지표인 절구지수와 Neck-shaft angle 모두 처음과 마지막 검사를 비교 하였을 때 유의한 변화를 보이지 않았다. 절구의 이형성은 절구지수로 측정되는데 뇌성마비 환아의 절구 이형성은 30개월 이전에는 일어나지 않는 것으로 알려져 있으며 5세 이하의 나이에 있어서 절구지수는 예후 지표로 고려될 수 없다고 보고된 바 있다.<sup>20</sup> 본 연구에서 처음 방사선학적 검사를 시행할 당시 환아의 나이 중 최대 나이는 68개월로 연구에 포함된 대상이 대부분 5세 이하였으므로 절구지수의 변화가 유의하게 일어나지 않았다.

또한 이동지수와 절구지수 사이에 높은 상관관계를 보이므로 절구지수는 5세 이상에서 수술 전 또는 보툴리눔 독소 주사 전 수술의 정도나 주사 용량의 정도를 결정할 때 유용하게 사용될 수 있는 보조적인 지표로서의 의의가 있다고 볼 수 있다.

이동지수에 미치는 인자를 알기위하여 뇌성마비 유형에 따라 초기 이동지수를 비교하였을 때 하지마비에 비하여 사지마비에서 유의하게 탈구가 진행되었다. 이는 Howard 등<sup>7</sup>의 연구와 일치하는 것으로 경직성 사지마비에 있어서 고관절 탈구의 유병율이 높음을 확인할 수 있

었다.

또한 GMFCS 점수에 따라 초기 이동지수를 비교하였을 때 GMFCS 1, 2, 3에 해당하는 군인 A군보다 GMFCS 4, 5에 해당하는 B에서 유의하게 아탈구가 진행되었다( $p=0.02$ ). 이는 환자의 기능 수준이 떨어질수록 고관절 탈구의 위험이 증가함을 나타내는 것으로 환자의 기능이 탈구에 영향을 미치는지에 대하여 지금까지 진행된 연구를 살펴보면 Vidal 등<sup>20</sup>은 보행이 불가능한 경우 보행이 가능한 군과 비교하여 탈구가 진행될 위험성이 커진다고 보고하였고 이를 통하여 보행이 고관절의 발달에 도움을 주는 요인임을 보고하였다. 또한 Terje<sup>19</sup>는 독립적 보행이 가능한 경우 보행 시 보조가 필요한 군보다 이동지수의 진행이 느리다는 연구를 통하여 보행능력 여부뿐만 아니라 보행기능의 정도가 탈구의 진행에 영향을 미치는 중요한 요인임을 밝히고 있다. 지금까지 연구들은 모두 단순히 보행능력 정도와 탈구의 진행도와 관계만을 비교하였지만 본 연구에서는 환자의 기능 수준을 나이에 맞게 세분화하여 등급을 나눈 GMFCS에 따른 이동지수를 비교함으로써 기능이 저하된 정도가 심할수록 탈구의 진행도가 커짐을 보였다는데 의의가 있다.

내전근에 보툴리눔 독소 주사를 처치한 군의 경우 아무런 치료를 받지 않는 군에 비하여 이동지수 변화도와 연간 이동지수 변화율을 비교하였을 때 유의한 차이를 보였으며 치료를 받은 경우 이동지수가 감소되었다. 이는 Frank 등<sup>6</sup>의 연구와도 일치하는 것으로 Frank 등은 내전근에 보툴리눔 주사를 시행한 후 치료 받은 환자의 치료 전과 후의 이동지수의 변화를 통하여 내전근에 보툴리눔 주사를 시행하는 것이 뇌성마비 환자의 일부에 효과가 있다고 보고하였으나 본 연구에서는 다른 조건에 유의한 차이를 보이지 않으나 아무런 치료를 받지 않은 대조군과 비교하여 두 군 간에 이동지수 변화도와 연간 이동지수 변화율이 유의한 차이를 보였음을 밝혔다.

각 그룹 간에 Kalen의 분류법을 사용하여 “변화없음”, “호전됨”, “악화됨”으로 분류하였을 때 보톡스를 주사 맞은 군에서는 호전된 경우가 6례이었으며 이 6례 모두 GMFCS가 3이상으로 기능적 수준이

중등도 이상 저하된 경우에도 보툴리눔 주사가 골반 아탈구의 진행을 예방하는 효과가 있음을 보였다. 하지만 본 연구에 포함된 경우가 6례이었으며 연구에 포함된 대상 중 GMFCS 1 단계에 해당하는 환자가 2례, 2 단계에 해당하는 환자가 2례로 수가 적었으므로 본 연구의 결과로 GMFCS 3이상이 그 이하보다 효과가 있는지 여부는 알 수 없었다. 이에 대한 추후 더 많은 환자를 포함한 연구가 필요하다.

또한 보툴리눔 독소를 주사한 후 효과가 있었던 하지 6례의 모두 이동지수는 30-59% 사이에 속하였다. 시술 전 이동지수가 경도(30-59%)인 경우 치료에 호전이 있다는 결과는 이전의 연구에서 이동지수가 30%이상인 경우 보톡스 주사 후 이동지수가 감소할 확률이 더 많다고 보고한 것과 일치하는 것이다.<sup>6</sup> 하지만 이동지수가 70%이상인 경우가 연구에 포함되지 않았으므로 본 연구에서 이동지수가 경도로 탈구된 경우와 중증도로 탈구된 경우를 비교할 수 없었다.

내전근 건절제술을 시행한 군의 경우 또한 치료를 받지 않은 군이 비하여 이동지수 변화도와 연간 이동지수 변화율이 유의하게 감소되었다. 내전근 건절제술을 시행한 후 이동지수의 변화를 구한 몇몇 연구를 살펴보면, Vidal 등<sup>20</sup>은 건절제술을 조기에 시행하였을 경우 관골구 이형성증을 예방하는 효과가 있다는 보고하였으며, Terje 등<sup>18</sup>은 건절제술을 시행한 78명의 뇌성마비 환자를 대상으로 장기간 추적관찰을 하여 약 2/3이상 이동지수가 감소하였으며 수술은 이동지수가 50%가 되기 전에 시행하여야 한다고 보고하였다. 그러나 2005년 Presedo 등<sup>14</sup>은 내전근 건절제술 또는 요근 퇴축술을 시행한 65명의 뇌성마비 환아를 대상으로 추적 관찰을 하여 67%(43명)에서 탈구를 예방하는 효과가 있었으며 수술 전 보행이 가능한 경우 유의하게 수술 후 호전된 결과를 나타내었으나 수술 전 이동지수의 정도나 수술을 시행한 나이는 결과에 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

본 연구에 의하면 수술 후 호전된 5례의 경우 GMFCS 3인 경우 1례, GMFCS 5인 경우 4례로 기능적 수준이 저하된 경우에도 건절제술의 효과가 있음을 보였으나 수술받은 군에서도 연구에 포함된 대상

중 GMFCS 1 단계에 해당하는 환자가 2례, 2 단계에 해당하는 환자가 2례로 수가 적었으므로 본 연구의 결과로 GMFCS 3 이상이 그 이보다 효과가 있는지 여부는 알 수 없었다.

또한 이동지수가 20-30%인 경우 2례, 30-59%인 경우 3례로 이동지수가 20-59%인 경우에 건절제술의 효과가 있음을 보였으나 이동지수가 60%이상인 경우의 환자가 연구에 포함되지 않았으므로 중증도로 탈구된 경우를 비교할 수 없었다.

내전근에 건절제술을 시행한 군의 경우 보툴리눔 독소 주사를 시행한 군에 비하여 이동지수 변화도와 연간 이동지수 변화율을 비교하였을 때 유의한 차이를 보였으며 건절제술을 시행한 군에서 아탈구가 덜 진행되었다. 그러나 Kalen의 분류법을 사용하여 “변화없음”, “호전됨”, “악화됨”으로 분류하였을 때 보툴리눔 독소 주사를 시행한 군에서는 호전된 경우가 6례, 건절제술을 시행한 군에서는 5례로 호전된 경우는 보툴리눔 독소 주사를 시행한 군에서 1례 더 많았다. 현재까지 건절제술과 보툴리눔 독소 주사가 이동지수에 미치는 영향에 대한 비교 연구는 없는 실정으로 본 연구에서 각 치료간의 효과를 비교한 것에 의의가 있다. 건절제술이 보툴리눔 독소 주사에 비하여 유익하게 탈구의 진행을 예방하는 효과적이거나 수술 후 회복되는 기간 동안 오히려 사용하지 않음으로 근위축(disuse atrophy)이나 근력 약화를 초래할 수 있으며 수술적 치료가 시간과 기술을 요하는 시술이므로 용이성이 떨어지는 단점을 고려할 때 보툴리눔 독소 주사 역시 이런 단점을 보완할 치료 방법으로 추천할 수 있다.

이동 지수의 호전에 영향을 주는 요인을 알아보기 위한 다중회귀분석 결과 초기 이동지수를 측정된 나이와 시술 여부가 의미 있게 영향을 주는 인자로 나타났다. 나이가 어릴수록, 또한 시술을 시행하지 않는 경우 고관절의 탈구가 진행됨을 확인할 수 있었다. 이는 나이와 보행기능이 이동지수 변화도에 영향을 끼치는 가장 중요한 변수이며 나이가 5세 이하이며 보행이 불가능한 사지마비 환자에서 골반의 탈구 위험도가 증가하는 경향이 있다고 보고한 연구와 일치하는 결과이다<sup>19</sup>. 또한 시술을 시행한 군에서 이동지수의 변화에 영향을 주는 요

인을 알기 위해 다중회귀 분석 결과 시술을 시행한 나이가 어릴수록 이동지수가 호전되었다. 이는 나이가 어릴수록 고관절 탈구가 진행될 위험도가 높으며 시술을 빨리 시행할수록 이동지수의 호전도 커짐을 보여주는 것으로 시술을 시행한 나이에 따른 치료 효과의 비교를 하는 연구가 더 필요하다.

본 연구를 통하여 수술적 치료 또는 보툴리눔 독소 주사 치료가 이동지수의 진행을 예방하는 효과가 있으며 시술을 시행하는 나이가 어릴수록 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 후향적 임상 연구 방법을 이용하여 경직성 뇌성마비 환아를 대상으로 뇌성마비의 유형, GMFCS, 초기 이동지수를 측정 한 연령, 초기 이동지수에 따른 이동지수의 변화도를 비교하여 고관절 탈구가 진행될 위험인자에 대해 알아보고 치료의 종류에 따른 탈구 예방의 효과를 비교 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 뇌성마비의 유형이 사지마비인 경우와 GMFCS 등급이 높은 경우 초기 이동지수가 유의하게 컸다.
2. 치료를 받지 않은 군에 비하여 내전근에 보툴리눔 독소 주사를 시행하거나 건절제술을 시행한 경우 유의하게 아탈구의 진행이 감소되었으며, 이동지수에 호전을 보인 경우는 모두 GMFCS이 3등급이상이었고, 초기 이동지수가 경도(이동지수 30%이상 60%미만)로 탈구되었던 군이었다.
3. 이동지수 변화에 영향을 미치는 주된 요인으로는 시술여부 ( $\beta=-0.230$ ,  $p=0.048$ ), GMFCS 등급( $\beta=0.219$ ,  $p=0.038$ ), 그리고 나이( $\beta=-0.224$ ,  $p=0.054$ )로 시술을 시행 받지 않은 경우, 환자의 기능적 수준이 떨어질수록, 또는 나이가 어릴수록 고관절 탈구가 더 진행되었다.
4. 시술을 시행한 환자에서는 시술을 시행한 나이( $\beta=1.671$ ,  $p=0.034$ )가 이동지수의 호전에 유의한 영향을 미치는 요인으로 나이가 어릴수록 고관절 탈구 예방이 효과적이었다.

이상의 결과로 보아 경직성 사지마비인 경우와 GMFCS 등급이 높은 경우 탈구가 더 진행되어 있으며 내전근 건절제술이나 보툴리눔 독소 주사를 시행한 경우 탈구의 진행을 예방하는 효과가 있고, 이는 시술을 시행한 나이가 어릴수록 더 효과적임을 확인할 수 있었다.

## VI. 참고 문헌

1. Bleck EE. The hip in cerebral palsy. *Orthop Clin North Am.* 1980; 11: 79-104
2. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; 67: 206-7
3. Carr C, Gage JR. The fate of the nonoperated hip in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1987; 7: 268-76
4. Dobson F, Boyd RN, Parrot J, Natrass GR, Graham HK. Hip surveillance in children with cerebral palsy. *J Bone Joint Surg(Br)* 2002; 84: 720-6
5. Dressler D. Botulinum toxin therapy. Stuttgart, New York: Thieme; 2000.
6. Frank SP, David EF, Doug JG, Isabel B, John M, Charles ES. Hip migration percentage in children with cerebral palsy treated with botulinum toxin type A. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 431-5
7. Howard CB, McKibin B, Williams LA, Mackie I. Factor affecting the incidence of hip dislocation in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg Br* 1985; 67: 530-2
8. Kalen V, Bleck EE. Prevention of spastic paralytic dislocation in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg (Br)* 1985; 67: 530-2
9. Mathews SS, Jones MH, Sperling SC. Hip derangements seen in cerebral palsied children. *Am J Phys Med* 1953; 32: 213-21
10. Miller F, Bagg MR. Age and migration percentage as risk factors for progression in spastic hip disease. *Dev Med Child Neurol.* 1995; 37: 449-55
11. Miller F, Slomczykowski M, Cope R, Lipton GE: Computer modeling of the pathomechanics of spastic hip dislocation in children. *J Pediatr Orthop* 1999; 19: 486-92
12. Moreau M, Drummond DS, Rogala E, et al: Natural history of the dislocated hip in spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1979; 21: 749-53
13. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B.



- Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 214-23
14. Presedo A, Chang-Wug O, Dabney KW, Miller F. Soft-tissue release to treat spastic hip subluxation in children with cerebral palsy. *The Journal of Bone and Joint surgery* 2005; 87: 832-41
  15. Reimers J. The stability of the hip in children. *Acta Orthop Scand* (Suppl 184) 1980; 51: 12-9
  16. Samilson RL, Tsou P, Aamoth G, et al. Dislocation and subluxation of the hip in cerebral palsy. Pathogenesis, natural history and management. *J Bone Joint Surg* 1972; 54: 863-73
  17. Tachdjian MO, Minear WL. Hip dislocation in cerebral palsy. *J Bone Joint Surg* 1956; 38: 1358-64
  18. Terje T, Gro DL, Asne AH, Andreas K. Adductor tenotomy in spastic cerebral palsy. *Acta Orthopaedica* 2005; 76 (1): 128-37
  19. Terje T. Development of the hip joints in unoperated children with cerebral palsy: A radiographic study of 76 patients. *Acta Orthopedica* 2006; 77 (1): 125-31
  20. Vidal J, Deguillaume P, Vidal M. The anatomy of the dysplastic hip in cerebral palsy related to prognosis and treatment. *Interat Orthop (SICOT)* 1985; 9: 105-10
  21. Watson-Jones R. Spontaneous dislocation of the hip. *Br J Surg* 1926; 14: 36

## Abstract

### Displacement of Hip in Children with Cerebral Palsy

Eun Joo Yang

*Department of Medicine or Medical Science*

*The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Eun Sook Park)

Spastic hip subluxation or dislocation is a common problem in children with spastic cerebral palsy. Progressive hip subluxation or dislocation is believed to result from the imbalance of muscles which causes abnormal hip positioning in flexion, adduction, and internal rotation.

There have been many trials to find an effective intervention to prevent or delay the lateral migration of the femoral head in children with cerebral palsy such as injection of botulism toxin type A and adductor tenotomy.

The aims of the present study were to assess the rate of progression of hip dysplasia in children with spastic cerebral palsy and to evaluate the factors that influence the development of the hip dysplasia.

Forty children with spastic cerebral palsy were included in the study. The following parameters were measured in each subject: migration percentage, acetabular indexes, and neck-shaft angle. The mean MP progression per year was obtained by comparing the initial and the last radiograph. Linear multiple regression analysis was done to identify the variables which were associated with the progression of MP.

The results were as the followings;

1. The initial migration percentage was significantly higher in the spastic quadriplegia group than the spastic diplegia group. And higher initial migration percentage was also significantly correlated with higher level of GMFCS.
2. The progression of MP was significantly decreased in the botox group or the adductor tenotomy group compared to the control group. Every improved case was shown to have GMFCS higher than level 3 and was among the mildly dislocated group (MP 30%-60%)
3. Factors found to be associated with the rate of MP progression were the intervention into spastic adductor muscles( $\beta=-0.230$ ,  $p=0.048$ ), GMFCS level( $\beta=0.219$ ,  $p=0.038$ ), and age( $\beta=-0.224$ ,  $p=0.054$ ).
4. The age at the time of intervention such as hip adductor temotomy or botox injection was the only variable with significant influence. The earlier the intervention was done, the less the progression of MP was( $\beta=1.671$ ,  $p=0.034$ ).

The results suggest that progressing hip displacement was significantly associated with quadriplegia and higher level of GMFCS. As well, early intervention of adductor tenotomy or BTX-A injection into spastic adductor muscles might be helpful for the prevention of hip dislocation.

---

Key Words : Cerebral palsy, Migration percentage, Botox injection, Adductor tenotomy