

경직성 양하지 마비아의 하지의 선택적 운동 조절 능력이 보행 시 관절 움직임에 미치는 영향

서혜정 · 서무정 · 신현희 · 오테영¹

보바스어린이병원, ¹신라대학교 물리치료학과

The effect of Lower Extremity Selective Voluntary Motor Control for joint motion during Gait in Children with Spastic Diplegia

Hye-Jung Seo, PT, MS, Mu-Jung Seo, PT, Hyun-Hee Shin, PT,
Tae-Young Oh, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Bobath Children Hospital

¹Department of Physical Therapy, Silla University

<Abstract>

Background & Purpose : The purpose of this study is to evaluate the impairment of SVMC(selective voluntary motor control) of the lower extremity by assessing each joints of lower limb and to analyze the motional relationship between each joints of lower limb using SCALE(Selective Control Assessment of the Lower Extremity) during the swing phase of gait cycle in children with spastic diplegia.

Method : 11 children with spastic diplegia CP who could walk independently and 10 normal developing children were participated. SCALE(Selective Control Assessment of the Lower Extremity) assessments were conducted for 11 children with CP. Gait analysis were accomplished in all participants. Qualisys motion analysis was used as a statistical tool to assess the motional relationship between hip joint, knee joint and ankle joint in each limb. We used descriptive statistics, cross-tabulation, independent t-test, linear regression to analysis motional relationship between each joints of lower limb using by SPSS ver.17.0.

Result : Firstly, there were significant differences in SCALE scores between the cerebral palsy group and the control group in knee joint($p<0.05$), but no significant difference in hip and ankle joints during the swing phase of gait cycle. Secondly, the difference of SCALE scores showed no statistical motional difference in knee and ankle joints during the swing phase, and showed significant motional difference in hip joints during the swing phase($p<0.05$). Thirdly, there was a liner relationship between the motion of hip and ankle joints during

the swing phase.

Conclusion : The nature of SVMC(selective voluntary motor control) in each joints of the lower limb may reflect the ability of gait, thus SCALE may be used for assessing and for treating the cerebral palsy patients who are able to walk independently. Also we knew that the impairment of SVMC(selective voluntary motor control) increases from the proximal to the distal joints.

Key Words : Selective voluntary motor control, Slective control assessment of the lower extremity, Gait, Spastic diplegia

I. 서 론

뇌성마비는 미성숙한 뇌의 병변에 의해 생기는 운동 및 자세 이상을 특징으로 하는 질환이다. 뇌성마비 아동들은 경직, 구축, 근약화, 감각장애, 균형 유지의 어려움 그리고 감소된 선택적 운동 조절 등으로 비정상적이고 제한적인 보행 형태를 보이는 경우가 많다(Fowler과 Goldberg, 2009).

뇌성마비 아동에서 주로 나타나는 보행 특성은 발목의 침족, 고관절의 내회전 그리고 골반의 후인 등이며, 특히 침족 보행에서는 하퇴 삼두근이 후기 유각기 시 근 활성이 시작되고, 입각기 동안 지속적이고 과도한 근 활성이 나타나 고관절과 골반의 위치에도 영향을 미친다(Taft, 1995). 또한 보행 시 뇌성마비 아동의 하지 움직임은 동시적인 굴곡이나 신전으로 나타나는 병리적인 움직임을 갖게 되는데(Brunnstrom, 1966), 이는 선택적 운동 조절 능력의 발달에 제한을 갖는다는 것을 의미한다.

Sanger 등(2006)은 선택적 운동 조절(selective motor control)을 수의적 움직임 또는 자세에 대한 근운동의 독립된 반응이며, 선택적 운동 조절 능력은 기능적 움직임에 영향을 미치는 가장 중요한 요소라고 하였다.

Staudt 등(2003)의 연구에 의하면 수의적으로 독립된 관절 움직임(Voluntary isolated joint movements)은 피질척수로(corticospinal tracts)의 활성이 필요하고 이 신경로의 손상은 주로 뇌실주변(periventricular area)에서 발생한다고 하였다. 이러한 피질척수로(corticospinal tracts)는 뇌실주변에서 더 안쪽에 위치하기 때문에 상지보다 하지가 손상되며(Aicardi, 1992), 또한 하지의 원위 부위가 근위 부위보다 뇌

실(ventricle)에 근접해 있기 때문에 경직형 뇌성마비 아동에서 원위부 운동 기능이 손상받기 쉽다고 하였다. Fowler과 Goldberg(2009)의 연구에서도 마찬가지로 선택적 운동 조절 손상이 근위관절 보다 원위 관절에서 더 크게 나타난다고 하였다.

Staudt 등(2003)의 연구에 의하면 선택적 운동 조절이 손상되었거나 혹은 없는 환자의 경우 움직임의 속도가 감소되거나 수의적 근 수축 시 부적절한 길항근의 활동과 같은 근 동원 순서에서 시간적 오차가 생긴다고 하였다. 또한 반대쪽 관절에서 동시적으로 같은 움직임이 나타나는 상동움직임(mirror movements)과 비정상적인 상호교대 근 활동(abnormal reciprocal muscle activation)으로 인한 집단 움직임(mass patterns)이 나타난다고 하였다(Sanger 등, 2006). 숙련된 움직임을 위한 선택적 운동 조절 발달 능력이 감소된 뇌성마비 아동들은 다양한 범위에서 고관절, 슬관절, 족관절을 독립적으로 움직일 수 없다고 보고하였다(Perry, 1975). Fowler과 Goldberg(2009)의 연구에서도 뇌성마비아동의 선택적 조절 운동이 어렵다는 보고에도 불구하고 선택적 운동 조절의 역할이 뇌성마비 아동의 시 하지 관절의 움직임에 영향을 미치는 요소로서 연구된 것은 매우 드물다고 하였다.

이에 본 연구에서는 하지의 선택적 운동 조절 능력을 평가할 수 있는 SCALE(Selective Control Assessment of the Lower Extremity) 평가 도구를 사용하여 경직형 양하지 마비 아동의 하지의 선택적 운동 조절 능력을 평가하고자 하였다(Greenberg 등, 2006). 또한 기능적인 움직임인 보행 특히 유각기 시 족관절, 고관절, 슬관절 움직임의 변화량을 측정하여 각 관절의 선택적 운동 조절 능력과의 상관관계, 특히

Table 1. General characteristics of subjects

	sex		age(yr)	height(cm)	weight(kg)
	male	female	M±SD	M±SD	M±SD
spastic diplegic group (n=11)	4	7	7.9±.01	122.61±.00	25.00±.00
normal children (n=10)	3	7	6.4±.00	109.90±.00	19.7±.00

족관절의 선택적 움직임이 다른 관절에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 2011년 4월부터 2011년 5월까지 보바스 어린이 병원에 내원한 아동중 본 연구의 내용을 파악하고 스스로 연구에 참가하기로 동의한 경직성 양하지마비 아동 11명과 정상 아동 10명, 총 21명을 대상으로 하였다. 연구대상 아동 중 경직성 양하지 마비 아동은 남아 3명, 여아 7명이며 모두 조산 아동으로 조산과 관련된 원인이 되었으며, 독립 보행이 가능하며 실험자의 간단한 명령을 수행할 수 있는 아동으로 하였다.

2. 실험방법 및 절차

1) SCALE(Selective Control Assessment of the Lower Extremity) tool

SCALE는 임상에서 사용하기 위해 고안된 측정 방법으로 특정 도구 없이 15분 이내에 양측 고관절, 슬관절, 족관절, 거골하 관절, 발가락의 움직임을 평가한다. 평가는 주로 앉은 자세에서 시행하나, 고관절 굴곡은 옆으로 누운 자세에서 실시하였으며, 평가자는 3초 동안 대상자의 평가할 관절의 움직임에 따라 수동적으로 움직여 그 과제에 대한 시연을 한 후 환자에게 같은 속도로 수행하도록 요구하였다. 평가가 진행 되는 동안 다른 관절과 반대 측 하지의 움직임은 보이지 않도록 하며, 만일 수행하지 못한 경우에는 피드백을 제공하고 재시도하였다.

고관절 신전/굴곡(굴곡 시 슬관절 신전을 유지), 슬관절 신전/굴곡, 슬관절 신전 상태에서 족관절 굴곡/신전, 거골하 관절 내번/외번, 발가락 관절 신전/

굴곡을 구두로 박자를 맞추어 반복 패턴으로 수행하도록 하여 측정하였으며, 각 관절마다 ‘정상’(2점), ‘손상’(1점), ‘불가능’(0점)의 점수로 수치화하였다.

정상(2점)은 평가하지 않은 동측이나 반대 측 하지의 움직임 없이 구두로 세는 박자 안에 동작을 완전히 수행할 때, 손상(1점)은 부분적으로 동작을 수행한 경우, 즉 움직임이 한 방향으로만 이루어거나 수동 시연 동안 가능한 수동 관절 가동 범위에서 50%이하의 움직임이 보여 지거나 평가하지 않은 관절에서 움직임이 보여 질 때(거울운동도 포함된다), 혹은 3초를 초과해서 수행할 경우에 점수를 부여하였다. 불가능(1점)은 요구되어지는 움직임을 시작할 수 없거나 혹은 동시 다발적인 굴곡이나 혹은 신전의 패턴으로 움직일 때 부여하였다. 각 하지(limb)에 대한 SCALE점수는 관절마다 주어진 점수의 합산으로써 최대 점수는 10점이나 본 연구에서는 고관절, 슬관절, 족관절의 점수만을 측정하여 연구하였다.

2) Gait Analysis

(1) 실험장비

Qualisys motion capture camera with high-speed video(Fig 1)를 사용 하였으며 실험 장소(Fig 2)는

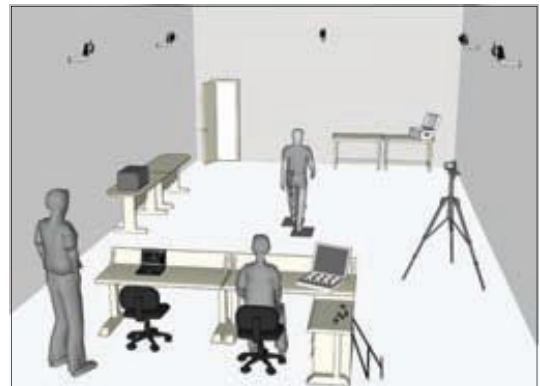


Fig 1. Qualisys motion space

Table 2. marker attachment site

	site	number
Pelvis	ASIS(L, R), PSIS(L, R), Sacrum	5
Femoral	Femoral(1, 2, 3, 4),Knee(medial, lateral), greater trochanter	7
Lower leg	Lower leg(1, 2, 3, 4), Ankle joint(medial, lateral)	6
Ankle	1, 3, 5 metatarsal bone, Heel	4

* L: left R: right

7m×6m 공간에서 Qualisys motion capture camera를 6기를 설치하였다.

(2) 마커 부착

마커 부착 부위는 골반, 대퇴부, 하퇴부, 족부 등에 총 22개를 부착하였다(Table 1, Fig 3)

(3) 자료 수집

① Qualisys Track Manager (Q.T.M)

Qualisys Track Manager(Fig 4)는 공간에서 마커를 읽어 점의 움직임이 공간에서 어떻게 움직임을 가지는지를 3차원으로 표현이 된다.

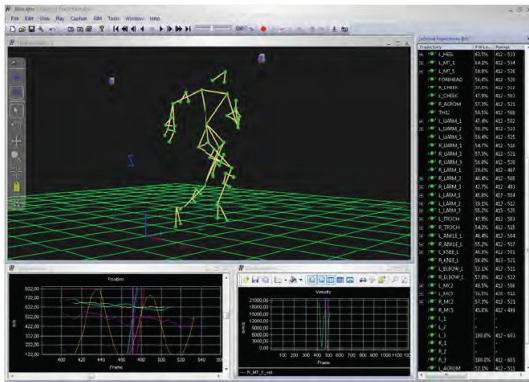


Fig 4. Qualisys Track Manager (Q.T.M)

② Visual 3D

Visual 3D(Fig 5)는 마커를 가시화하고, 가시화한 공간에서의 점들을 각각의 분절을 연결해 자료를 분석하기 위한 기초를 만들어 주는 단계이다. 이것을 통해 실험에서 필요한 자료를 산출하여 수치화 하는 단계이다. 그리고 서 있는 자세와 비교를 하여 관절의 움직임이 얼마나 변화가 있는 지를 수

치화 하는 것이다. 3차원의 관절움직임을 각각의 분절 간의 움직임으로 표현하고 X축, Y축, Z축으로 공간에서 정적인 선 자세와 동적인 보행의 비교를 통해 관절의 범위를 수치화 한다.

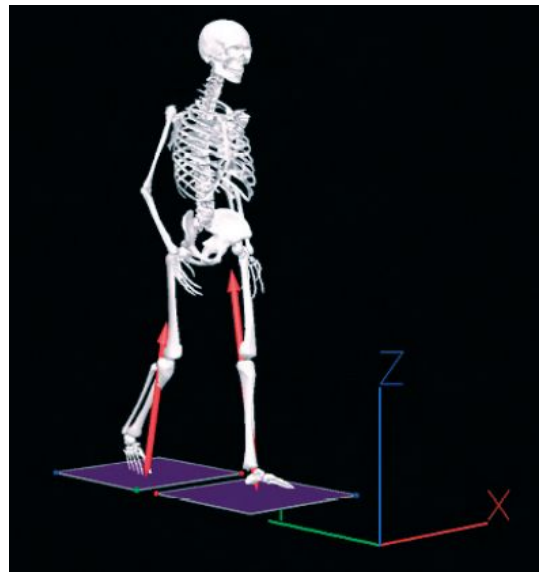


Fig 5. Visual 3D

(4) 실험방법

실험대상을 실험 전에 마커를 부착하고 교육을 통해 숙지할 주의사항을 교육하여 실험 중에는 중재가 없도록 지시 없이 6m의 검은색 선을 그어 놓았다. 그리고 보행의 중간 1걸음(stride)을 끊어 자료를 정리를 하였다.

(5) 데이터의 산출

본 연구에서는 Visual 3D를 통해 얻은 족관절, 슬관절, 고관절의 X축에서의 데이터만을 가지고 골

곡, 신전의 각도를 수치화하여 사용하였으며, 보행 유각기 동안의 각 관절의 최소값과 최대값을 구하여 그 차이인 변화량으로 하지의 선택적 운동 조절 능력을 알아보려고 하였다. 이때 족관절의 최소값은 배측굴곡의 정도를 나타낸 것이며, 최대값은 저측굴곡의 정도를, 슬관절의 최소값은 신전, 최대값은 굴곡을 나타낸 것이며, 고관절의 최소값은 신전, 최대값은 굴곡의 정도를 나타낸 것이다.

3. 분석방법

자료의 분석은 SPSS/PC for Window(ver. 12.0)의 통계 프로그램을 이용하였고, 통계학적 유의성 검정 수준은 0.05로 하였다. 경직성 양하지 마비 아동군의 하지 SCALE 점수 분포도를 파악하기 위해서 기술 통계(Descriptive statistics)을 사용하였으며, 교차 분석(Cross-tabulation)을 통하여 하지의 근위부 대 원위부의 중증도를 분석하였다.

경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군의 유각기 동안 족관절, 슬관절, 고관절의 움직임 최소값, 최대값, 변화량 비교와 SCALE 점수 차이에 따른 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절, 슬관절, 고관절의 움직임 최소값, 최대값, 변화량을 비교하기 위해서는 독립 T-검정 분석방법(independent T-test)을 사용하였으며, 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절 움직임 변화량에 따른 슬관절, 고관절의 움직임 변화량과의 상관관계를 알아보기 위해서는 선형회귀 분석(linear regression)을 사용하였다.

III. 연구결과

1. 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절, 슬관절, 고관절의 SCALE 점수 분포도

11명의 경직성 양하지 마비 아동군의 SCALE 평가에서 족관절의 경우 1점은 18개, 2점은 4개였으며, 슬관절의 경우 1점은 16개, 2점은 6개였으며, 고관절의 경우 1점은 4개, 2점은 18개의 분포로 나타났다. 대상군 모두에서 0점인 아동은 없었다(Table 2). 교차 분석 결과 고관절과 슬관절의 PDC (Proximal to Distal Concordance)는 95.5%, 고관절과 족관절에서는 95.5%, 슬관절과 족관절에서는 100%로 나타나 근위부에 비해 원위부의 손상이 더 보여 졌다(Table 3).

Table 3. SCALE scores distribution at ankle, knee, hip joint (n=22)

	0	1	2
Ankle joint	-	18	4
Knee joint	-	16	6
Hip joint	-	4	18

2. SCALE 2점인 경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군의 유각기 동안 족관절, 슬관절, 고관절의 움직임 변화량 비교

SCALE 2점인 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절의 움직임 변화량의 평균은 -14.85였고, 정상아동군의 경우 족관절의 움직임 변화량의 평균은 -22.66이므로 최소값과 최대값 및 변화량에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05).

슬관절의 경우 경직성 양하지 마비 아동군의 최소값 평균은 21.35, 최대값 평균은 53.18로 움직임 변화량은 31.83이었으며, 정상아동군의 최소값 평균은 -3.89, 최대값 평균은 56.70으로 움직임 변화량은 57.56이었다. 경직성 양하지 마비 아동군과 정상 아동군과의 슬관절 비교에서 최대값에서는 통계학적

Table 4. SCALE scores Cross-tabulation Analysis

		Knee					Ankle					Ankle		
		0	1	2			0	1	2			0	1	2
Hip PDC 95.5%	0				Hip PDC 95.5%	0				Knee PDC 100%	0			
	1		3	1		1		3	1		1	18		
	2		15	3		2		16	2		2	2	4	

으로 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 최소값과 변화량에서는 p 값이 모두 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 이는 정상 아동군이 경직성 양하지 마비 아동군에 비해 유각기 동안 슬관절 신전을 더 많이 보였으며, 변화량 또한 더 많은 것을 보여주는 것이다.

고관절의 경우 경직성 양하지 마비 아동군의 최소값 평균은 -8.30, 최대값 평균은 21.23으로 움직임 변화량은 27.02였으며, 정상아동군의 최소값 평균은 0.15, 최대값 평균은 31.08로 움직임 변화량은 29.39로 경직성 양하지 마비 아동군과 정상아동군의 비교에서 변화량에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 최소값과 최대값에서는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 4). 이는 정상 아동군이 경직성 양하지 마비 아동군에 비해 유각기 동안 고관절의 굴곡을 더 많이 하나 신전은 더 적게 한 것을 보여주는 것이다.

3. 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절, 슬관절, 고관절에서의 SCALE 점수에 따른 유각기 동안 족관절, 슬관절, 고관절의 움직임 변화량 비교

경직성 양하지 마비 아동군의 SCALE 1점인 족관절의 움직임 최소값의 평균은 -68.65, 최대값의 평균은 -80.09로 족관절 움직임 변화량의 평균은 -11.44였고, SCALE 2점인 족관절의 움직임 최소값

의 평균은 -58.58, 최대값의 평균은 -73.43로 움직임 변화량의 평균은 -14.85였다. SCALE 1점과 2점인 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절 비교에서 최대값과 변화량에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 최소값에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 이는 2점이 아동군이 1점인 아동군에 비해 유각기 동안 족관절 배측굴곡을 더 많이 한 것을 보여주는 것이다.

슬관절의 경우 1점인 아동군의 최소값 평균은 26.59, 최대값 평균은 54.74로 움직임 변화량은 28.15였으며, 2점인 아동군의 최소값 평균은 21.35, 최대값 평균은 53.18로 움직임 변화량은 31.83이였으며 SCALE 1점과 2점인 경직성 양하지 마비 아동군의 슬관절 비교에서 최소값, 최대값, 변화량 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

고관절의 경우 1점인 아동군의 최소값 평균은 -20.40, 최대값 평균은 12.90으로 움직임 변화량은 -1.10였으며, 2점인 아동군의 최소값 평균은 -8.30, 최대값 평균은 21.23으로 움직임 변화량은 27.02였다. SCALE 1점과 2점인 경직성 양하지 마비 아동군의 비교에서 고관절 비교에서 최대값에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 최소값과 변화량에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 5). 이는 1점인 아동군이 2점 아동군에 비해 유각기 동안 고관절 신전을 더 많이 보였으며, 전체 변화량 또한 더 많은 것을 보여주는 것이다.

Table 5. The mean difference of variation of ankle, knee, hip joint between diplegic children with 2 scored SCALE and normal children during swing phase.

		Diplegic children	Normal children	t	p
Ankle	min value	-58.58±9.09	-52.63±8.08	1.31	.20
	max value	-73.43±6.74	-76.48±4.85	-1.08	.29
	variation	-14.85±3.29	-22.66±9.16	-1.66	.11
Knee	min value	21.35±8.30	-3.89±6.97	-7.40	.00*
	max value	53.18±8.07	56.70±7.98	.94	.36
	variation	31.83±5.58	57.56±16.86	3.63	.00*
Hip	min value	-8.30±8.66	0.15±9.26	2.86	.01*
	max value	21.23±8.23	31.08±6.47	4.06	.00*
	variation	27.02±14.63	29.39±10.19	.58	.56

* $p<.05$

Table 6. The mean difference of variation of ankle, knee, hip joint between 1 scored SCALE and 2scored SCALE diplegic children during swing phase

		1 scored	2 scored	t	p
Ankle	min value	-68.65±8.13	-58.58±9.09	-2.20	.04*
	max value	-80.09±6.65	-73.43±6.74	-1.81	.09
	variation	-11.44±4.11	-14.85±3.29	1.54	.14
Knee	min value	26.59±8.35	21.35±8.30	1.31	.20
	max value	54.74±12.12	53.18±8.07	.29	.78
	variation	28.15±8.77	31.83±5.58	-0.95	.35
Hip	min value	-20.40±6.83	-8.30±8.66	-2.60	.02*
	max value	12.90±5.45	21.23±8.23	-1.91	.07
	variation	-1.10±38.49	27.02±14.63	-2.53	.02*

*p<.05

4. 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절 움직임 변화량에 따른 슬관절, 고관절의 움직임 변화량과의 회귀분석

경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절 움직임 변화량에 따른 슬관절에서의 회귀분석에서의 기울기와 상수는 통계학적으로 유의하지 않았으나(p=0.35), 고관절에서는 기울기와 상수는 통계적으로 유의했다(p=0.01). 이 분석을 통해 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절 움직임 변화량이 증가함에 따라 고관절의 움직임 변화량도 증가한다고 예측할 수 있으며(기울기=0.10), 30%의 설명력이 있다.

IV. 고 찰

본 연구에서는 하지의 선택적 운동 조절 능력을 평가할 수 있는 SCALE>Selective Control Assessment of the Lower Extremity) 평가 도구를 사용하여 경직성 양하지 마비 아동의 하지의 선택적 운동 조절

능력을 평가하고자 하였다. 또한 기능적인 움직임인 보행 특히 유각기 동안에서의 족관절, 고관절, 슬관절 움직임 변화량을 측정하여 각 관절의 선택적 운동 조절 능력과의 상관관계, 특히 족관절의 선택적 움직임이 다른 관절에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 것이다.

SCLALE은 하지의 움직임을 평가하지만 피질 척수수가 근활성의 타이밍과 활성 순서 그리고 방향성 등의 수의적 움직임을 조절하기 때문에 신경학적인 조절 능력을 평가하는 것이기도 하다. Fowler 등(2009)의 연구에서는 고관절, 슬관절, 족관절에서 원위부가 근위부에 비해 선택적 조절 능력에 더 손상이 있었지만 족관절, 거골하 관절, 발가락 관절에서는 점수 포도에 유의한 차이가 없었다. 이는 발가락 관절을 조절하는 근육의 정지하는 부분이 좀 더 원위부에 있지만 족관절, 거골하 관절, 발가락 관절을 조절하는 근육의 기시가 거의 비슷한 해부학적 위치 때문이라고 보고 있다. 이러한 선행논문의 연구 결과를 바탕으로 본 논문에서는 고관절에서 족

Table 7. Regression analysis of variation of knee and hip joint for ankle joint variation during swing phase in diplegic children

	C	G	r	r2	p
Knee	-8.97	-.11	.21	.04	.35
Hip	-14.24	.10	.54	.30	.01

*p<.05

관절까지만의 선택적 조절 능력을 평가하였다. SCALE 점수 분포는 족관절에서의 점수가 1점이 많고 고관절에서의 점수는 2점이 많은 것으로 나타났으며 교차 분석 결과 선행 논문에서와 같이 경직성 양하지 마비 아동의 하지 움직임은 근위부보다 원위부에서 선택적 조절 능력에 더 손상이 있다는 것을 알 수 있었다.

정상 아동과 SCALE 점수 2점인 경직성 양하지 마비 아동과의 보행 시 관절의 움직임에 대한 최소값(배측굴곡), 최대값(저측굴곡)과 변화량을 비교한 것으로 슬관절에서 최소값과 변화량에 유의한 차이를 보였다. 특히 최소값(신전)에서 그 값이 정상아동과 큰 차이를 보이고 있으며 신전된 것이 아닌 굴곡 되어져 있는 것으로 나타났다. 이에 더하여 주목할 만한 결과는 정상 아동의 슬관절 움직임의 변화량이 경직성 양하지 마비 아동에 비해 2배 가까운 변화량을 보였다는 것이다. 최근 보행 분석을 통한 뇌성마비 아동의 비정상적 보행 특성 중 80% 정도의 아동이 뻣다리 보행(Stiff knee gait)에 속한다는 Wren 등(2005)의 연구에 비추어 볼 때 본 논문의 슬관절 움직임의 차이를 설명할 수 있다. Sutherland와 Davids(1993)는 뻣다리 보행(Stiff knee gait)을 정상 보행 주기의 유각기 동안 슬관절 최대 굴곡 범위(<math><45^\circ</math>)의 감소, 슬관절 굴곡의 다양한 범위의 감소 그리고 최대 슬관절 굴곡의 지연으로 정의하였다.

고관절에서는 변화량은 유의한 차이가 없었으나 최대값과 최소값에 유의한 차이를 보였다. 특히 최소값을 분석하면 경직형 양하지 마비 아동에서 더 많은 신전이 나타났으며 이는 본 연구에서의 보행 분석 시 기준이 되는 자세를 각 대상자 아동의 해부학적 선 자세로 측정된 결과 경직성 양하지 마비 아동 대부분의 선 자세가 이미 슬관절과 고관절이 이미 굴곡 된 구부정한 자세(crouch posture)였고 이것은 슬관절 움직임의 변화량이 적은 것과 고관절 신전 범위가 더 크게 나타난 본 연구의 결과에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

Tedroff 등(2006)은 경직성 양하지 마비 아동이 수의적으로 최대 근수축 동안 흔히 원래 움직임(prime mover)을 가지려고 하는 부위보다 다른 근육

이 더 활성화 된다고 하였다. 특히 원동력이 더 원위부 근육일 때 이러한 현상이 나타난다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 보행 시 특히 유각기 동안 원위부인 족관절의 선택적 운동 조절 능력의 감소가 근위부의 다른 부위의 움직임 범위에 영향을 미칠 것이라 가정하고 연구를 실시하였다. 그 결과 Table 5에서와 같이 각 관절에서의 SCALE 점수에 따른 보행 시 각 관절 움직임의 최소값, 최대값과 변화량을 비교한 결과, 고관절에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 족관절에서는 최소값에서만 유의한 차이를 보였는데, 족관절 SCALE 점수 1점인 아동이 2점인 아동보다 최소값(배측 굴곡)이 더 적고 최대값(저측 굴곡)은 더 큰 것으로 나타나 족관절 1점과 2점에서 전체적인 변화량에는 차이가 없었지만 선택적 조절 능력의 손상이 보행시 족관절 배측 굴곡에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 고관절에서는 최소값과 변화량에 유의한 차이를 보였는데 이는 정상아동과의 비교에서와 같이 분석의 시작자세가 고관절이 이미 굴곡 된 구부정한 자세(crouch posture)였기 때문에 최소값(신전)이 1점인 경직형 양하지 마비 아동에서 더 크게 나타났으며 이로 인해 고관절 1점인 경직형 양하지 마비 아동이 최대값(굴곡)이 더 적음에도 불구하고 변화량이 더 크게 나타났고 변화량에 유의한 차이를 보였다. SCALE 점수 차이에 따라 슬관절 족관절의 변화량에는 유의한 차이가 없었으나 족관절 배측굴곡과 고관절 신전 값에 유의한 차이가 있는 것으로 보아 SCALE 점수 차이가 보행에 영향을 준 것으로 사료된다. 특히 고관절 최소값(신전)은 해부학적 시작 자세에서 더 많은 영향을 받은 것을 가정 한다면 SCALE 점수 차이가 보행 시에도 원위부의 조절 능력(족관절 배측굴곡)에 더 많은 제한이 있음을 시사하고 있다.

본 연구에서 전체 대상군의 수가 적고 이에 더하여 1점과 2점 사이에 대상군의 수적 차이로 인하여 SCALE 점수 차이에 따른 원위부 관절 움직임이 근위부 관절 움직임에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 분석은 실시하지 않았다. 이러한 이유로 본 연구에서는 모든 경직성 양하지 마비 아동의 족관절 움직임의 변화량에 따른 슬관절과 고관절 움직임 변

화랑에 대한 선형 회귀 분석을 실시하였고 그 결과 족관절 움직임의 변화량이 클수록 고관절 움직임의 변화량이 큰 것으로 나타났다(Table 6). 이러한 결과는 보행 분석에서 경직성 양하지 마비 아동의 족관절 움직임은 정상 아동과는 달리 족관절 배측굴곡 아닌 저측굴곡으로 전체 유각기 동안 움직임을 가졌고, 고관절과 족관절의 SCALE 점수 분포에서 고관절은 2점인 아동이 18명인 것에 반해 족관절 SCALE 점수가 1점인 아동이 대부분이었기 때문에 경직성 양하지 마비 아동의 보행 분석 시 족관절 저측굴곡을 보상하기 위하여 족관절의 움직임이 많을수록 고관절의 움직임이 큰 양의 상관관계를 가진 것으로 사료된다.

본 논문의 제한점은 정상아 10명과 경직형 경직성 양하지 마비 아동 11명으로 대상자 수가 적어서 평균값으로서 의미가 적고, 전체 뇌성마비 아동들에게 일반화하기에 어려움이 있다. 또한 뇌성마비 아동은 일차적으로 뇌손상으로 인해 선택적 운동조절과 비정상적인 긴장도를 가지고 있을 뿐만 아니라 이차적으로 근육과 뼈의 성장과 손상을 가지고 있어서 기능적인 동작 즉 보행에 영향을 주기 때문에 이점을 고려하지 않은 것 역시 본 연구의 제한점이다. 앞으로의 연구에서 이러한 점을 고려한 연구가 이루어져야 할 것이며, 근육의 활성도를 측정할 수 있는 기기를 활용한 연구가 더해진다면 더욱 의미 있는 연구가 될 것이라 여겨진다.

V. 결 론

11명의 경직형 양하지 뇌성마비 아동과 10명의 정상 아동의 선택적 운동 조절 능력을 평가한 SCALE(Selective Control Assessment of the Lower Extremity) 점수와 기능적인 움직임인 보행의 유각기 동안 족관절, 고관절, 슬관절 움직임 변화량을 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 경직성 양하지 마비 아동군의 족관절, 슬관절, 고관절의 SCALE 점수에서 하지 움직임은 근위부보다 원위부에서 선택적 조절 능력에 더 손상이 있다는 것을 알 수 있었다.

둘째, 경직성 양하지 마비 아동군과 정상아동군

의 비교에서 고관절, 족관절에서는 유의한 차이가 없었으나, 슬관절의 경우 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

셋째, SCALE 점수 차이에 따른 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절, 슬관절, 고관절의 움직임 변화량 비교에서 족관절, 슬관절에서는 유의한 차이가 없었으나, 고관절의 경우 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

넷째, 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절 움직임 변화량과 슬관절, 고관절과의 상관관계를 보고자 회귀 분석한 결과 슬관절에서는 기울기와 상수는 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나, 고관절에서의 기울기와 상수는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 이 분석을 통해 경직성 양하지 마비 아동군의 유각기 동안 족관절 움직임 변화량이 증가함에 따라 고관절의 움직임 변화량도 증가한다고 예측할 수 있으며(기울기=10), 30%의 설명력이 있다.

이상의 결과로 볼 때 경직성 양하지 마비 아동이 근위부보다 원위부의 선택적 조절 능력이 떨어진다는 것을 알 수 있었고, 또한 원위부 즉 족관절의 선택적 조절 능력의 감소가 근위부인 고관절 움직임에 영향을 미친다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있다. 그러나 정적인 평가인 선택적 조절 능력의 차이가 정교하고 협응된 보행의 유각기 동안 국한적인 영향만을 미쳤음을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 최근 연구에서 새롭게 선보인 하지의 선택적 운동 조절 능력을 평가하기 위한 평가도구인 SCALE (Selective Control Assessment of the Lower Extremity) tool을 소개하여 앞으로의 뇌성마비 아동 치료에 필요한 새로운 평가 방법뿐 아니라 치료 중재 방법의 새로운 아이디어를 제시하는 것에 그 의의가 있다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- Aicardi J. Bax. Diseases of the Nervous System in Childhood. Clinics in Developmental Medicine Nos 115/118. London: Mac Keith press. 1992.
- Brunstrom S. Motor tesring procedures in hemiplegia:

- Based on sequential recovery stages. *Phys Ther.* 1966;46(4):357-75.
- Fowler EG, Staudt LA, Greenberg MB et al. Selective control assessment of lower extremity(SCLE): development validation, and interrater reliability of a clinical tool for patients with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51(8):607-14.
- Fowler EG, Goldberg EJ. The effect of lower extremity selective voluntary motor control on interjoint coordination during gait in children with spastic diplegic cerebral palsy. *Gait Posture.* 2009;29(1):102-7.
- Greenberg MB, Fowler EG, Staudt LA et al. The UCLA voluntary selective motor control assessment. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48(9):14.
- Perry J. *Orthopedic aspects of cerebral palsy.* Nos. 52/53. Philadelphia. JB Lippincott. 1975.
- Sanger TD, Chen D, Delgado MR et al. Definition and classification of negative motor signs in childhood. *Pediatrics.* 2006;118(5):2159-67.
- Staudt M, Pavlova M, Bohm S et al. Pyramidal tract damage correlates with motor dysfunction in bilateral periventricular leukomalacia (PVL). *Neuropediatrics.* 2003;34(4): 182-8.
- Sutherland DH, Davids JR. Common gait abnormalities of the knee in cerebral palsy. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(288):139-47.
- Taft LT. Cerebral palsy. *Pediatr Rev.* 1995;16(11): 411-8.
- Tedroff K, Knutson LM, Soderberg GL. Synergistic muscle activation during maximum voluntary contraction in children with and without spastic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48 (10):789-96.
- Wren TA, Rethlefsen S, Kay RM. Prevalence of specific gait abnormalities in children with cerebral palsy: influence of cerebral palsy subtype, age, and previous surgery. *J Pediatr Orthop.* 2005;25 (1):79-83.