한국BOBATH학회지 제9권 제1호
J Korean Acad Bobath Vol. 9. No. 1, 2004

뇌성마비 아동의 하지 평가 신뢰도에 대한 연구

고주연 · 이병희 · 오명화*
삼육대학교 대학원 물리치료학과 · 동신대학교 물리치료학과*

The Test-Retest and Interrater Reliability of Measurement Tools in the Lower Extremities for Children with Cerebral Palsy

Joo-Yeon Ko · Byoung-Hee Lee · Myung-Hwa Oh*

Department of Physical Therapy, Graduate School of Sahmyook University
*Department of Physical Therapy, Dong Shin University**

Abstract

The aim of this study was to investigate the test-retest and inter-rater reliability of the PROM(Passive Range Of Motion), the MAS(Modified Ashworth Scale), and the MTS(Modified Tardieu Scale) in the lower limbs for children with cerebral palsy. Two physiotherapists measured 9 females and 15 males(age range 5 years to 13 years), on two occasions using a repeated design, and collected all data over 3 days. Exclusion criteria included botulinum toxin injections, inhibitory plasters, and orthopedic surgery within 6 months before study entry. For PROM, the MAS, and the MTS test-retest reliability was acceptable with an intra-class correlation coefficient of 0.75, but results for inter-rater reliability was variable. These measurement tools should be used with caution when evaluating changes in children with cerebral palsy.

Key words : Elderly, Older People, Flexibility

I. 서 론

뇌성마비란 아동기에 볼 수 있는 가장 대표적인 신체장애다(Molnar, 1991). 뇌성마비의 진단기준은 운동장애로, 임상적으로 매우 다양한 양상을 보인다(Rusmann and Gage, 1989). 뇌성마비 아동의 일반적인 보행패턴을 보면 고관절 및 슬관절은 지나치게 굴곡되어있고, 족관절은 저측굴곡되어 있음을 알 수 있다(Geoffrey et al, 2003). 이러한 운동기능을 향상시키고자, 특히 경직(spasticity)을 감소시키기 위한 방법으로 물리치료, 수술요법, 그리고 약물치료 등 여러 가지 치료법이 사용된다. 경직은 뇌성마비 아동의 잠재적 운동능력에 제한을 주며, 이의 이차적 영향으로 말미암아 구축이 형성되기도 한다(DeLuca, 1991; Witherow, 1996). 또한 뇌성마비 아동의 운동 잠재력을 최대화시킬 수 있는 최적의 치료법을 선택하는 것 못지않게, 그 치료효과를 평가하는 일도 중요하다.

이런 평가에 대한 타당도(validity)는 어떤 평가도구를 사용하느냐에 따라 달라진다. 치료법의 효과를 정확히 평가하기 위해서는

신뢰도(reliability)와 타당도가 높은 평가도구를 사용해야한다. 평가도구를 사용할 때는 변이성(variability)과 이것이 측정결과에 미칠 영향을 고려해야 한다. 물리치료사가 임상에서 많이 쓰는 평가도구일지라도 측정자, 측정도구의 정확도, 측정대상이 갖는 변이 등으로 인해 측정오차(measurement error)가 발생한다(Portney and Watkins, 1993). 뇌성마비 아동의 운동능력은 눈에 띄는 수준으로 향상되지 않기 때문에, 측정자간 신뢰도(inter-rater reliability)와 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)가 높은 평가도구가 요구된다. 물리치료사들이 많이 쓰는 측정도구의 신뢰도에 대한 연구는 여러 집단을 대상으로 이루어지고 있다. 그렇지만, 어느 한 연구 집단을 대상으로 실시한 연구에서 나온 결과를 다른 집단으로 객관화시켜 사용할 수는 없는 일이다.

뇌성마비아동의 경우 치료적 중재 후 그 결과를 측정하고자 할 때 측각도계(goniometry)와 Modified Ashworth Scale (MAS)를 많이 사용한다. 이 도구로는 각기 수동관절운동범위와 경직을 측정할 수 있다. MAS 신뢰도 조사에 관한 연구들을 보면 성인을 대상으로 한 경우는 많지만(Allison et al, 1996; Bohannon and Smith, 1987; Gregson et al, 1999; Katz et al, 1992; Skold et al. 1998; Sloan et al, 1992), 뇌성마비아동을 대상으로 신뢰도를 구한 경우는 찾아보기 어렵다. 수동관절가동범위의 반복측정은 뇌성마비 아동에게 제공되는 수술적 및 비수술적 치료결과를 모니터하고 평가하기 위해 널리 쓰이는 방법이다(Damron et al, 1991; Hainsworth et al. 1997; Koman et al, 2001; McLaughlin et al, 1994; Sommerfeld et al. 1981). 하지만 뇌성마비 아동을 대상으로 수동관절운동범위 측정에 대한 신뢰도를 구한 경우, 그 연구대상의 수가 작거나 사용한 통계방법상에 문제가 있음을 알 수 있다(Ashton et al, 1978; Harris et al, 1985; Sommerfield et al, 1981; Stuberg et al, 1988). Mcdowell 등(2000)은 보행이 가능한 뇌성마비아동의 하지 근육 및 관절의 운동수행능력을 평가할 때 사용하는 측각도계(goniometry)의 신뢰도에 대한 연구를 수행하였다. 연구 결과 측정자 간에 변수와 반복측정 시 측정 당일의 여러 조건들이 연구대상자에게 영향을 미칠 수 있고 이로 인해서 상당한 측정오차가 발생하였음을 보고하였다. 뇌성마비 아동의 타입에 따른 수동관절운동범위측정에 대한 신뢰도는 이전의 연구에서 발표된 바가 거의 없다.

Tardieu scale은 1954년 처음 소개되었고(Tardieu et al, 1954), 1969년에 수정되었다(Held and Pierrot-Deseilligny, 1969). 보다 최근에 들어 Tardieu scale을 뇌성마비아동에게도 적용하자는 주장이 제기되고 있다. Tardieu scale로는 최대한 빠른 속도로 관절을 수동으로 움직였을 때 저항이 느껴지는 지점에서 각도를 측정한다. 이를 Modified Tardieu Scale(MTS)이라 한다. Adrienne 등(2003)은 뇌성마비아동을 대상으로 MTS에 대한 신뢰도조사를 하였다.

뇌성마비아동에게 어떤 치료적 중재를 수행한 후에 치료결과를 측정하기위해 PROM, MAS, MTS 등이 널리 쓰이고 있는 실정이지만, 실제로 위의 각 측정도구에 대한 신뢰도를 먼저 구한 경우는 많지 않다. 이에 본 연구의 목적은 뇌성마비아동의 하지의 근육 및 관절에 대해 PROM, MAS, MTS의 측정자간 신뢰도와 검사-재검사 신뢰도를 알아보고자 하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2004년 6월 28일에서 7월 9일까지 X재활학교에 재학 중인 뇌성마비아동 24명(남자 15명, 여자 9명)을 대상으로 실시하였다. 각 뇌성마비 타입별로 살펴보면, 경직형 뇌성마비 아동이 20명, 불수의형 뇌성마비 아동이 4명이다. 다음과 같은 경우, 심한 고정성 구축이 있는 아동, 연구 실시 12개월 전에 정형 외과적 수술을 받은 경험이 있는 아동, 하지에 botulinum toxin A 주사를 맞았거나 석고고정을 한 경험이 있는 아동, 그리고 경직조절을 위한 약물치료를 받고 있는 아동은 연구대상자 선정에서 제외시켰다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N= 24)

	명(%)
뇌성마비타입	
경직성뇌성마비	20(83.3)
무정위성뇌성마비	4(16.7)
평균연령(년)	7(5~13)
성별	
남자	15(62.5)
여자	9(37.5)
보조기 착용 유·무	
착용	19(79.2)
비 착용	5(20.8)

2. 측정자

2명의 물리치료사(이하 A, B치료사라 함)가 연구에 참여하였는데 각기 뇌성마비 아동 치료 경력이 8년과 10년이었다. 각 측정자마다 모든 연구대상자에 대해 2회에 걸쳐 측정을 실시하였다. 1차 측정과 2차 측정은 3일의 간격을 두고 이루어졌다.

3. 측정방법

자료 수집은 슬와각도(popliteal angle), 바로누운자세에서의 족관절 배측굴곡 각도, 그리고 고관절 신전상태에서의 고관절 외전각도 등을 PROM, MTS, 그리고 MAS로 측정하였는데, 편마비 아동은 편측을, 양하지마비 아동의 경우에는 우측을 그리고 불수의형 아동의 경우에는 우측을 측정하였다.

측정순서는 슬와각도, 족관절 배측굴곡각도, 그리고 고관절 외전각도 순으로, 먼저 PROM을 측정한 후 바로 MTS를 그리고 MAS를 측정하였다. PROM과 MTS측정 사이에 5분간의 휴식시간을 주었다. 그리고 본 측정에 들어가기에 앞서서 실습을 하였다. 측정오차를 최소화시키기 위해서 다음과 같이 하였다. PROM 측정 시에는, 치료사가 가하는 '힘'의 양을 악력계(dynamometer)로 측정하지는 않았지만, 실제로 측정되고 있는 관절의 위 또는 아래 관절에서 움직임이 수반될 때 이를 확인하고 무효화하였다. 이와 같은 'trick movement'가 일어나게 되면 실제 관절에서 일어나고 있는 운동범위보다 큰 값으로 측정되기 때문이다. MTS의 경우에는, 관절을 신장시키는 힘과 속도를 표준화하기 어렵지만, 실제로 측정에 들어가기에 앞서 측정자들은 측정에 익숙해지기 위해 훈련기간을 가졌다.

(1) 수동관절운동범위(passive range of motion, PROM)

표 2. 수동관절운동범위 측정 및 MTS 측정에 필요한 측각도계의 위치

측정	사지의 자세	측각도계 고정팔	측각도계 운동팔	완료 자세	주의 사항
슬와각도	바로누운자세: 고관절90°굴곡 반대쪽 다리는 신전상태 유지	대퇴골 장축과 평행	경골 장축과 평행	슬관절 최대 신전	골반이 바닥에서 떨어지지 않도록 한다.
족관절 배측굴곡 (슬관절 신전)	바로누운자세: 검사측 다리는 슬관절 최대 신전상태	비골 장축과 평행	종골 장축과 평행	족관절 최대 배측굴곡	종골 외반이나 내반이 일어나지 않게 한다
고관절 외전	바로누운자세: 검사 쪽 다리는 중립위 신전상태	양측[a]ASIS와 평행하게 유지	슬개골 중심 위쪽	측정하는 쪽 ASIS가 움직일 때까지 고관절 외전	

[a]ASIS: anterior superior iliac spine

슬와각도, 슬관절 신전 상태에서의 족관절 배측굴곡각도, 그리고 고관절 외전각도를 기록하였다. (표 2)에 각 관절의 시작자세와 완료자세, 그리고 측각도계(goniometry) 사용방법 등을 설명해 놓았다. 검사 시에 관절을 가능한 천천히 움직여서 신장반사의 영향을 최소화하고자 하였다.

(2) Modified Ashworth Scale(MAS)

근육의 길이가 짧아진 상태에서 길어지는 방향으로 관절을 수동으로 움직였을 때 느껴지는 저항의 양을 측정하였다. 시작자세는 모두 바로누운자세에서 하였다. 슬관절 굴곡근을 검사할 때는 고관절을 90°로 굴곡시키고 슬관절은 완전히 굴곡되게 하였다. 치료사는 한 손으로 허벅지를 잡아 안정성을 확보하고, 다른 한 손으로는 발목 뒤쪽을 잡아서 슬관절이 최대한 신전되는 방향으로 움직였다. 비복근을 검사할 때는, 고관절과 슬관절을 신전상태로 유지하면서 거퇴골관절(talocrural joint)을 최대한 저측굴곡시킨 자세에서 가능한 범위까지 배측굴곡시켰다. 이때 거퇴골관절 정렬상태가 바르게 유지되어야 하고 지나친 외반력이나 내반력이 가해져서는 안 된다. 고관절 내전근을 검사할 때는, 고관절과 슬관절은 신전상태로 유지시켰다. 이 상태로 발목을 잡은 다음, 고관절은 내전 중립자세로부터 최대한 외전 되도록 움직였다. 검사 근육군을 수동으로 움직인 시간은 1초 동안이었고, 각 검사는 3회씩 반복하여 그 평균치를 사용하였다.

(3) Modified Tardieu Scale(MTS, 부록 I 참고)

Tardieu scale의 수정판을 사용하였다. 슬관절굴곡근, 비복근, 그리고 고관절 내전근을

빠르게 신장시킬 때 저항이 느껴지는 지점(catch point)에서 각도를 측정하였다. 각 측정 근육군의 시작자세는 수동관절운동범위를 측정했을 때와 같았다. 그리고 운동호(movement arc)는 MAS에서 기술한 바와 같았다. 관절을 운동 가능한 범위에 걸쳐서 가능한 빠르게 3회 움직였는데, 세 번째 신장운동을 통해 느껴지는 저항지점에서 각도를 측정하였다. 고관절 내전근을 측정할 때는, 양 쪽 다리를 가능한 한 빨리 움직여 최대로 외전시켜 골반의 안정성을 확보하였다.

4. 분석방법

수집된 자료를 기호화하여 SPSS PC+ 10.0을 이용하여 전산처리 하였으며, 연구 목적과 연구 변수의 특성에 따라 다음과 같이 분석하였다.

연구대상자의 일반적 특성은 빈도분석과 교차분석을 이용하였다. 측정자간 신뢰도와 검사-재검사 신뢰도를 검증하기 위해서는 짝비교분석(paired sample t-test)을 이용하여 분석하였다.

III. 연구결과

1. 측정자간 신뢰도

표 3. 측정자간 신뢰도

측정변수	가 측정자간 신뢰도 ICC +95% CI	SEM(°)	나 측정자간 신뢰도 ICC +95% CI	SEM(°)
PROM				
popliteal angle	0.57(0.63~ 6.28)	3.3	0.60(-2.13~-4.30)	4.5
ankle dorsiflexion	0.83(-4.50~-1.83)	3.6	0.68(-3.69~-5.21)	5.8
hip abduction	0.80(-8.44~-4.80)	5.2	0.74(12.51~17.59)	4.3
MTS				
hamstring	0.97(-5.68~-3.06)	3.6	0.89(-1.43~ 8.26)	3.3
calf	0.71(-5.51~-2.40)	3.7	0.80(-2.43~ 1.51)	4.9
hip adductors	0.68(-8.89~-3.60)	4.2	0.65(-7.62~ 0.45)	5.1
MAS				
hamstring	0.76(-8.51~ 0.16)		0.73(-0.12~ 0.20)	
calf	0.71(-0.21~ 5.11)		0.63(~ 0.38)	
hip adductors	0.83(-2.11~ 3.29)		0.71(-0.12~ 0.25)	

가: A치료사 1차와 B치료사 1차
나: A치료사 2차와 B치료사 2차
ICC(intraclass correlation coefficients): 급내상관계수
CI(confidence interval): 신뢰구간
SEM(standard error of measurement): 측정표준오차
PROM(passive range of movement): 수동관절운동범위
MTS: modified Tardieu scale

표 4. 검사-재검사 신뢰도

측정변수	가 검사-재검사 신뢰도 ICC +95% CI	SEM(°)	나 검사-재검사 신뢰도 ICC +95% CI	SEM(°)
PROM				
popliteal angle	0.80(-1.30~ 2.63)	2.9	0.61(-4.01~ 0.59)	4.1
ankle dorsiflexion	0.73(-1.97~ 1.30)	5.8	0.73(-0.68~ 2.59)	3.7
hip abduction	0.82(-4.32~-0.84)	4.8	0.82(-3.86~ 2.03)	4.4
MTS				
hamstring	0.90(-3.57~ 0.82)	3.1	0.76(1.98~ 10.85)	5.1
calf	0.89(-2.73~-0.68)	3.4	0.70(0.51~ 3.06)	3.1
hip adductors	0.84(-4.75~-0.82)	4.9	0.58(-3.10~ 2.85)	4.4
MAS				
hamstring	0.75(3.88~-0.16)		0.87(-0.28~ 0,12)	
calf	0.66(8.33~-0.31)		0.57(-3.06~ 0.28)	
hip adductors	0.68(6.73~-0.38)		0.75(-0.28~ 0.12)	

가: A치료사 1차와 A치료사 2차
나: B치료사 1차와 B치료사 2차

(표 3)은 측정자간 급내상관계수(intra-class correlation coefficients, ICC)와 측정표준오차(standard error of measurement, SEM)에 대한 결과이다. 측정자간 ICC는 다양하게 나타났다. PROM과 MTS의 SEM은 대략 4~5°정도이다.

2. 검사-재검사 신뢰도

검사-재검사 신뢰도에 대한 결과는 (표 4)에 나와 있다. A치료사의 1차와 2차간에 ICC는 PROM에서 족관절 굴곡과 MAS의 비복근과 고관절내전근을 제외하고는 그 값이 0.75보다 크게 나와 신뢰도가 높게 나왔다.

그리고 B치료사의 1차와 2차간에 ICC도 비교적 높게 나왔다. SEM은 대략 4~5°정도이다.

Ⅳ. 고 찰

본 연구의 결과를 보면 PROM, MTS, MAS 등의 검사-재검사 신뢰도가 측정자간 신뢰도에 비해 신뢰수준이 높게 나왔다. 그리고 측정오차는 4~5°수준이었다. Adrienne 등(2003)은 뇌성마비 아동 18명을 대상으로 측정자 6명의 검사-재검사 신뢰도와 측정자간 신뢰도를 구하였는데, 검사-재검사 신뢰도의 구간이 아주 다양하게 나왔다. ROM과 MTS에 대한 측정자간 신뢰도는 높게 나왔지만, MAS에 대한 신뢰도는 낮게 나왔다. 또한 표준측정오차를 보면 4~19°로 나와 본 연구의 결과보다 오차가 컸다. Allington 등(2002)은 경직성양하지마비아를 대상으로 족관절 운동범위측정에 대한 신뢰도를 구하였는데, 표준측정오차는 5°였고 검사-재검사

신뢰도와 측정자간 신뢰도가 높게 나왔다(r>0.75). 또한 Stuberg 등(1988)은 20명의 경증도에서 중증도의 뇌성마비아동을 대상으로 3명의 소아물리치료사가 측각도계로 각 아동을 5번씩 반복 측정하여 신뢰도를 구하는 연구를 실시하였는데, 검사-재검사 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 낮게 나왔고 측정자간 표준측정오차는 10~15°였다. 이 결과는 Adrienne 등의 결과와 비슷하다.

이전의 연구결과들을 보면 같은 날 반복 측정을 실시했을 때, 검사-재검사 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 높게 나온 것을 알 수 있다(McDowell et al, 2000; Stuberg et al, 1988; Watkins et al, 1995). Gaela 등(2003)은 경직성양하지마비 아동 50명을 대상으로 MTS의 검사-재검사 신뢰도를 조사하였는데, 그 결과 ICC가 높게나왔다.

Ashworth scale(Ashworth, 1964)은 경직을 측정하는 도구로 임상에서 널리 쓰이고 있다. 질환의 진행과정을 알아보거나 치료효과를 측정하기 위한 도구로 빈번히 사용된다. 측정부위를 수동으로 움직일 때 느껴지는 긴장도의 양을 등급으로 표시하는 방법인데 이것은 전통적인 기술형태로, 수정된 내용은 '움직이는 과정에서 얼마나 빨리, 얼마만큼의 양으로 저항이 느껴지는지를 측정하는 것'으로 되어있다(Bohannon and Smith, 1987). 현재 Ashworth scale 측정결과에 대한 해석에 대해 뚜렷한 합의가 이루어지지 않은 상태에서도, 그 사용은 보편화되어 있는 실정이다. 뇌성마비 아동을 대상으로 한 연구 결과, 수술 후에 일정한 간격을 두고 MAS를 측정했을 때 그 점수가 지속적으로 낮아지는 것을 볼 수 있었다(Butler et al, 2000; McLaughlin et al, 1998). Janine 등(1999)은 급성 뇌졸중 환자 32명을 대상으로 같은 날 2명의 치료사가 MAS로 경직을 측정하는 연구를 실시하였다. 그 결과 검사-재검사 신뢰도 및 측정자간 신뢰도가 모두 높게나왔다(r>0.75).

경직을 측정하는 측정도구로는 MAS이외에도 H-반사(H-reflex test, Angel and Hoffman, 1963), clonus(Hider and Rymer, 1999), 심부-건반사측정법(Zhang et al, 2000), resonant frequency tests(Price et al, 1991), ramp and hold tests(Katz and Rymer, 1989), pendulum tests(Bajd and Vodonik, 1984; Flowler et al, 2000), 그리고 미리 설정해 놓은 속도로 수동운동을 하는 동안에 토크(torque)를 측정하는 방법 등(Akman et al. 1999; Broberg and Grimby, 1983; Damiano et al. 2001; Engsberg et al, 1996; Firoozbakhsh et al, 1993; Lamontagne et al, 1998; Perellet al. 1996)이 있다. 위의 각 경직 측정법은 다루는 사람의 능숙한 정도, 필요 장비, 신경요소측정/말초요소측정, 검사를 시행하는 관절, 측정도구의 신뢰도, 그리고 임상 및 기능측정결과로 얻어진 모수(parameters) 간에 상관성 등에 크게 영향을 받는다. 이들 측정법에 대한 자세한 설명, 타당도, 그리고 여러 환자 집단을 대상으로부터 구한 데이터 분석 등과 관련해서 많은 연구가 이루어지고 있다(Katz et al, 1992; Skinner, 1992; Sehgal and McGuire, 1998).

MAS는 오로지 일정한 한 속도에서만 검사가 수행된다. 하지만 새로 개정된 MTS (Bony and Graham, 1999)를 사용하면 다양한 속도에서 수동관절가동범위와 저항의 양을 측정할 수 있다.

연구대상자, 환경, 측정자에서 볼 수 있는 여러 가지 변수들이 신뢰도 조사에 영향을

미친다. 특히 연구대상자가 뇌성마비아동인 점을 고려할 때 근 긴장도의 변화는 큰 변수로 작용할 수 있다. 본 연구에서도 매 측정마다 같은 측정 장소, 시간, 방의 온도, 그리고 긴장도 조절 등의 문제를 고려했으나 완전히 조절했다고 할 수는 없다. 그리고 ICC가 신뢰도 비교에 있어서 유용한 통계방법인 것은 사실이지만, 연구대상자의 수와 측정에 따른 검사조건에 크게 영향을 받는 것 또한 사실이다.

보통 ICC가 0.75보다 크게 나오면 신뢰도가 높은 것으로 간주하지만(Portney and Watkins, 1993), 이에 이의를 제기하는 연구자들도 있다(Bruton et al. 2000; Streiner and Norman, 1991). 본 연구 또한 연구대상자의 수가 크지 않았고, 여러 타입의 뇌성마비 아동을 대상으로 다루지 못한 것이 제한점으로 남고 있다.

실제로 PROM에 대한 측정은 많이 이루어지고 있지만, MTS는 그 사용이 많지 않은 실정이다. 하지만, 본 연구의 결과에 비추어 볼 때, 앞으로 관절운동범위 및 경직의 측정에 있어서 MTS 적용에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며, PROM, MTS, 그리고 MAS 등에 대한 신뢰도 조사에 있어서 보다 큰 연구 집단 및 여러 타입의 뇌성마비 아동을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

이 연구는 뇌성마비 아동의 치료적 중재 전·후의 변화를 측정할 목적으로 임상에서 널리 사용되고 있는 평가도구에 대한 검사-재검사 및 측정자간 신뢰도를 구한 것이다. 2004년 6월 28일에서 7월 9일 까지 X재활학교에 재학 중인 뇌성마비아동 24명(남자 15명, 여자 9명)을 대상으로 연구를 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 측정자간 ICC는 다양하게 나타났다. PROM과 MTS의 SEM은 대략 4-5° 정도였다. 검사-재검사 신뢰도에 대한 결과는 A치료사의 1차와 2차간에 ICC는 PROM에서 족관절 굴곡과 MAS의 비복근과 고관절내전근을 제외하고는 그 값이 0.75보다 크게 나와 신뢰도가 높게 나왔다. 그리고 B치료사의 1차와 2차간에 ICC도 비교적 높게 나왔다. SEM은 대략 4~5°정도였다. 검사-재검사 신뢰도가 측정자간 신뢰도보다 높게 나왔다.

참고문헌

Adrienne L, Mary P, Anne T, et al. Measure of muscle and joint performance in the lower limb of children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 2003;45:664-670.

Akman MN, Bengi R, Karatas M, et al. Assessment of spasticity using isokinetic dynamometry in patients with spinal cord injury. Spinal Cord. 1000;37:638-43.

Allington, Nanni J, Leroy, Nathalie. Ankle joint range of motion measurements in spastic cerebral palsy of goniometry and visual estimation. J Pediatr Orthop. 2002;11(3);236-239.

Allison SC, Abraham LD, Petersen. Ashworth scale in the assessment

of plantarflexor muscle spasticity in patients with traumatic brain injury. Int J Rehabil Res. 1996 ;19:67-78

Angel RW, Hoffman WW. The H-reflex in normal, spastic, and rigid subjects. Arch neurol. 1963;8:591-6.

Ashton BB, Pickles B, Roll JW. Reliability of goniometric measurements of hip motion in spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1978;20:87-94.

Ashworth B. Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. Practitioner. 1964;192:540-2.

Bajd T, Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. J Biomed Eng. 1984;6:9 -16.

Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. Phys Ther. 1987;67:206-207.

Boyd RN, Graham HK. Objective clinical measures in the use of Botulinum toxin A in the management of cerebral palsy. Europ J neurol. 1999;6(4):23-36.

Broberg C, Grimby G. Measurement of torque during passive and active ankle movements in patient with muscle hypertonia: A methodological study. Scan J rehabil med. 1983;9(9):108-117.

Bruton A, Conway JH, Holgate ST. Reliability: what is it, and how is it measured? Physiother. 2000;86 :94-99.

Butler C, Campbell S. Evidence of the effects of intrathecal baclofen for spastic and dystonic cerebral palsy. AACPDM Treatment Outcomes Committee Review Panel. Dev Med Child Neurol. 2000;42:634-45.

Damiano DL, Quinlivan JM, Qwen BF, et al. Spasticity and strength in cerebral palsy: Relationships among involuntary resistance, voluntary torque, & motor function. Eur J Neurol. 2001;8(5) :40-49.

Damron T, BreedAL, Roecker E. Hamstring tenotomies in cerebral palsy: long-term restrospective analysis. J Pediatr Orthop. 1991;11:514-519.

Deluca PA. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy. Clin Orthop. 1991 ;65-75.

Diane L, Jeffrey M, Bryan F, et al. What does the Ashworth scale and are instrumented measure more valid and precise? Dev Med Child Neurol. 2002;44:112-118.

Engsberg JR, Olree KS, Ross SA, et al. Quantitative clinical measure of spasticity in children with CP. Arch Phys Med Rehabil. 1996;77 :594-599.

Firoozbakhsh KK, Kundel CF, Scremin AME, Moneim MS. Isokinetic dynamometric technique for assessment of spasticity. Amer J Phys Med Rehabil 1993;72:379-385.

Flowler EF, Nwigwe A. Sensitivity of the pendulum test for assessing spasticity in persons with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 2000 ;42:182-9.

Gaela K, Peter M, Susan Stott. Intrarater reliability of lower limb sagittal range-of-motion measures in children with spastic diplegia. Dev Med Child Neurol. 2003;45 :391-399.

Geffrey CB, Julie Kirk, Kathryn Cook. Contributing factors to muscle weakness in children with CP. Dev Med Child Neurol. 2003;45 :542-550.

Gracies JM, Marosszeky JE, Renton R, et al. Short-term effects of dynamic lycra splints on upper limbs in hemiplegic patients. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81:1547-1555.

Gregson JM, Leathley M, Moore AP, et al. Reliability of the tone assessment scale and the modified ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80 :1013-1016.

Harris SR, Smith LH, Krukowski L. Goniomeric reliability for a child with spastic quadriplegia. J Pediatr Orthop. 1985;5:348-351.

Held JP, Pierrot-Deselligny E. Reeducation mortices des affections neurologiques. Paris: JB Baillere et eils. 1969.

Hidler JM, Rymer WZ. A stimulation study of reflex instability in spasticity: origins of clinus. IEEE Trans Rehabil Eng. 1999;7:327-40.

Hainsworth F, Harrison MJ, Sheldon TA, et al. A preliminary evaluation of ankle orthoses in the management of childrenn with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1997;39 :243-247.

Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: mechanism and measurement. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73:339-47.

Koman LA, Brashear A, Rosenfeld S, et al. Botulinum toxin type a neuromuscular blockade in the treatment of equinus foot deformity in cerebral palsy; multicenter, open -label clinical trials. Pediatr. 2001 ;108;1062-1071.

Janine M, Gregson, MRCP, Michael Leathley. Reliability of the tone assessment scale and the modified ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasricity. Arch Phys Med Rehabil. 1999;80 :1013-1016.

Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, et al. Evaluation of reflex and non reflex induced muscle resistance to stretch in adults with spinal cord injury using handheld and isokinetic dynamometry. Phys Ther. 1998;78:964-975.

Mcdowell BC, Hewitt V, Nurse A, et al. The variability of goniometric

measurements in ambulatory children with spastic cerebral palsy. Gait Posture. 2000;12:114-121.

McLaughlin JF, Biornson KF, Astley SJ, et al. Selective dorsal rhizotomy: efficacy and safety in an investigator-masked randomized clinical trial. Dev Med Child Neurol. 1998;40:220-32.

Molnar GE. Rehabilitation in cerebral palsy. West J Med. 1991;154:569-572.

Perell K, Scremin A, Scremin O, et al. Quantifying muscle tone in spinal cord injury patients using iso-kinetic dynamometric techniques. Paraplegia. 1996;34:46-53.

Portney L, Watkins m. Foundation of clinical research 1st ed. Stamford, CT:appleton & Lange USA. 1993.

Price R, Bjornson KF, Lehmann JF, et al. Quantitative measurement of spasticity in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1991;38:585-595.

Russman BS, Gage JR. Cerebral palsy. Curr probl Pediatr. 1989;19:71-111.

SehgalN, McGuire JR. Beyond Ashworth electrophysiologic quantification of spasticity. electromyography. 1998;9:949-79.

Skinner SR. Direct measurement of spasticity. In:Sussman MD, editor. The Diplegic Child. Rosemont, IL: Amer Aca of Orthop Surg. 1992;31-44.

Skold C, Harms-Ringdahl K, Hultling C, et al. Simultaneous ashworth measurements and electromyo-graphic recordings in tetraplegic patients. Arch Phys Med Rehabil. 1998;79:959-965.

Sloan RI, Sinclair E. Thompson J, et al. Interrater reliability of the modified Ashworth scale for spasticity in hemiplegia patients. Int J Rehabil Res. 1992;15:158-161

Sommerfield D, FraserBA, Hensinger RN, et al. Evaluation of physical therapy service fro severely mentally impaired students with cerebral palsy. Phys Ther. 1981;61:338-343.

Streiner DL, Norman GR. Reliability. In: Health measurement scale: A practical guide to their develop-ment and use. 1st ed, New York: Oxford Univ Press. 1991;79-96.

Stuberg WA, Fuchs RH, miedancer JA. Reliability of goniometric measure-ments of children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1988;30:657-666.

Tardieu G, stentoub S, Delarue R. A la recgerche d'une technique de measure de la spasticite. Neurolo-gique. 1954;91:143-4.

Watkins B, Darrah J, Pain K. Reliability of passive ankle dorsiflexion measure-ments in children: comparison of universal and biplane goniometers.

Pediatr Phys Ther. 1995;7:3-8.
Witherow P. Orthopaedic considerations in cerebral palsy. J Pediatr Orthop B. 1996;5:223-224.
Zhang LQ, Wang G, Nishida T, et al. Hyperactive tendon reflexes in spastic multiple sclerosis: measures and mechanism of action. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81:901-909.

부록 Ⅰ. Modified Tardieu Scale(Gracies et al, 2000)

Velocity of stretch :

V1: As slow as possible(minimizing stretch reflex)

V2: Speed of the limb segment falling under gravity

V3: As fast as possible(faster than the rate of the natural drop of the limb segment under gravity)