

하지 강직 평가에 있어 NK테이블을 이용한 진자검사의 유용성

김용욱 · 원종혁[†] · 김태호²

전주대학교 물리치료학과, ¹중부대학교 물리치료학과, ²대구대학교 물리치료학과

Availability of the Pendulum Test Using NK Table for Spasticity Measurement of Low Extremity

Yong-wook Kim, PT, PhD, Jong-hyuck Weon, PT, PhD[†], Tae-ho Kim, PT, PhD²

Department of Physical Therapy, Jeonju University, ¹Department of Physical Therapy, Joongbu University,

²Department of Physical Therapy, Daegu University

Received: February 26, 2013 / Revised: April 24, 2013 / Accepted: May 8 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the clinical availability of the pendulum test (through reliability and validity) using a NK table attached electrogoniometer for spasticity measurement in patients with brain lesions.

METHODS: Thirty-one stroke and traumatic brain injury subjects participated in the study. Intraclass correlation coefficient (ICC) was used to verify the test-retest reliability of spasticity measures of the pendulum test. Pearson's product correlation coefficient was used to examine the validity of the pendulum test through the amplitude of the deep tendon reflex (DTR) test known for objective and quantitative measure of spasticity.

RESULTS: In these results, the test-retest reliability was showed significantly high correlation between pendulum tests (ICCs=.95 ~ .97, $p < .01$). There were significant negative correlations between the amplitude of the DTR test and all measures of spasticity of the pendulum test ($r = -.77 \sim -.85$, $p < .01$).

CONCLUSION: Thus, it is possible to use the pendulum test using a NK table as an objective measure of spasticity, rather than other expensive equipment, which is more complicated to use. Further studies are needed to explore the therapeutic effects of spasticity using a newly designed pendulum test equipment in this study.

Key Words: Low Extremity, Pendulum Test, Spasticity

I. 서론

뇌졸중, 외상성 뇌손상과 같은 뇌병변 질환은 영구적인 장애를 남는 것으로 알려져 있다(Kumar 등, 2006). 뇌병변 질환과 같은 중추신경계의 손상으로 발생하는 장애의 임상적 양상은 매우 다양하며, 80% 이상의 뇌병변 환자가 피라미트(pyramidal track) 및 피라미트외로(parapyramidal track)의 신경학적 손상으로 인해 운동장애(motor deficit)를 갖게 된다(Peltonen 등, 1998; Sheean, 2001). 강직(spasticity) 발생의 기전은 아직까지 명확하게 정립되지 않아 매우 다양한 개념으로 정의되고 있으며(Pease, 1998), 1980년 Lance의 정의가 가장 일반적으

[†]Corresponding Author : jhweon@joongbu.ac.kr

로 사용되고 있다(Daly 등, 1996). Lance(1980)는 강직을 상부신경계 증후군의 한 구성요소로서 과도한 힘줄반사와 긴장성 신장반사(stretch reflex)가 관절 운동 속도에 비례하여 증가하는 특징을 보이는 운동장애로 정의하였다.

강직은 서거나 걸을 때 하지 안정성 제공, 근육의 크기(mass) 유지, 골밀도 유지 등 긍정적인 면이 없지 않으나 관절가동범위의 제한, 관절 구축, 통증, 간대성 근경련 등이 여러 기능적 활동에 부정적으로 작용하여 적극적인 재활을 가로막는 주요 요인으로 작용하기도 한다(Kim 등, 1996; O'Dell 등, 2009). 따라서 뇌병변 후 발생하는 강직의 부정적 효과를 최소화하는 치료가 물리치료사 등의 임상가에게 중요한 목표가 된다(Barnes, 2001; Francisco와 McGuire, 2012). 치료의 계획과 치료 효과의 검증을 위해서는 객관적이고 정량적인 측정이 매우 중요하나 복합적 요인으로 발생하는 강직을 정량적으로 평가하는 것은 쉽지 않은 일이다(Cho 등, 2000). 강직의 정량적 평가를 위한 이전의 노력들을 살펴보면, Bathel 척도 혹은 운동능력 측정을 좀 더 강조한 Motor Club Assessment Form과 같은 일상생활 동작 척도 등을 예로 들 수 있다(Haas와 Crow, 1995). 이는 강직의 간접적인 측정법이라 할 수 있고, 보다 직접적인 측정방법으로는 강직이 있는 관절을 수동적 혹은 능동적으로 움직였을 경우 발생하는 우력(torque)과 근전도 신호를 분석하는 생체역학적인 방법(biomechanical investigation), H reflex나 F wave 등을 이용하는 전기생리학적 방법과 진자(pendulum)검사 등이 있다(Chon, 1992).

진자검사는 관절의 진자운동을 일으켰을 때 슬관절의 움직임 특성을 측정함으로써 강직을 평가하는 방법이며, 전자측각기 이용법, 비디오 기록법, 그리고 등속성 역량계(isokinetic dynamometer) 이용법 등의 방법으로 검사를 실시할 수 있다. 그러나, 비디오 기록법은 관절의 실시간 움직임을 촬영할 수 있는 고가의 장비 및 시설이 필요하며, 측정 시간이 많이 소요되는 단점이 있고, 등속성 역량계의 경우 장비의 특성상 자유로운 무릎관절 움직임을 방해하며, 과도한 무릎관절의 굽힘을 막기 위해 제작된 받침에 의해 굽힘운동이 제한

되는 몇 가지 단점이 있다. 전자측각기 이용법의 경우 측각기를 직접 몸에 부착하는 관계로 좌우 비틀림과 같은 측각기의 위치변화에 따른 변이의 가능성이 있는 단점이 있다(Syczewska 등, 2009). 이러한 단점을 최대한 줄이며 임상에서 강직을 객관적, 정량적으로 평가하는 진자검사 측정방법의 개발은 중요하다. 그러나 아직까지 국내에서는 진자검사를 통한 강직의 객관적, 정량적 측정방법에 대한 연구가 드물고, 그 중 기준에 시행하고 있는 진자검사법이 가지고 있는 여러 단점을 보완하면서 측정 가능한 진자검사 방법에 대한 연구는 활발치 않은 실정이다. 따라서, 연구는 기존 진자검사에서의 단점을 보완하고자 새롭게 고안된 진자검사 도구로서 NK테이블을 사용하여, 전자측각기를 인체 무릎관절에 직접 부착하는 대신 NK테이블의 축에 부착하고 하지의 자연스러운 진자운동을 하도록 할 때, 전자측각기로부터 발생한 신호를 기초로 진동시간, 진동횟수, 최기굴곡각도, 이완지수 등을 측정하여 NK테이블을 통한 진자검사의 유효성과 강직 평가의 타당성을 검증함으로써 임상적 유용성을 알아보는데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 뇌졸중, 외상성 뇌손상으로 진단 받은 환자 31명을 대상으로 진행하였으며, 모든 대상자들은 연구과정에 대한 모든 내용과 진행에 대한 설명을 연구자로부터 충분히 전달받은 후, 연구 참여에 동의하는 동의서를 제출하였다. 연구대상자의 선정 조건은 (1) 진자검사 수행에 지장을 주는 골관절염, 무릎관절 가동범위 제한 등 근골격계에 이상 증상이 없는 자; (2) MAS(Modified Ashworth Scale)을 통한 강직 평가에서 대퇴사두근(quadriceps muscles)의 강직이 grade 1 이상인 자; (3) 중추신경계 손상 후 최소 6개월 이상 경과되어 강직 변화에 안정적인 자; (4) 실험자의 지시사항을 충분히 파악하고 수행할 정도의 인지지각을 가진 자; (5) 강직에 직접적인 영향을 미치는 약물 등의 복용을 하지 않는 자로 정하였다.

2. 실험 방법

1) 측정도구

NK 테이블(Preston, U.S.A.)은 하지의 다양한 근육에 대한 구심성 수축(concentric contraction), 원심성 수축(eccentric contraction), 및 등척성 수축(isometric contraction) 훈련을 통한 근력 강화를 주목적으로 개발된 물리치료 기구이다. NK테이블은 환자를 앉힐 수 있는 좌석, 편안히 기댈 수 있는 등받이, 하퇴를 고정하는 지지대, 다양한 무게의 추(weight)를 걸 수 있는 지지대, 그리고 하퇴 지지대와 추 지지대를 다양한 각도로 연결할 수 있는 축(axis) 등으로 구성되어 있다. 무릎관절에서 발생하는 자유로운 진자운동을 위해서 근위부(proximal part)인 대퇴부(thigh)는 움직임 없이 고정되고 진자 운동이 실제로 일어나는 종아리를 하퇴 지지대에 고정하여 무릎관절의 진자검사를 실시하였다. 이 때 종아리와 하퇴 지지대 사이의 연결 고정을 위해 플라스틱으로 제작한 연결 틀(frame)을 하퇴 지지대에 부착하여 종아리와 연결하였으며, 플라스틱 연결 틀의 무게가 진자검사에 영향을 미치지 않도록 무게를 최소화하여 0.45 kg 인 가벼운 재질로 제작하여 사용하였다(Figure 1).



Figure 1. NK table and posture for pendulum test

무릎관절의 진자검사를 통해 발생하는 하퇴의 실시 간의 각도 변화를 측정하기 위하여 전자측각기(Autogon II, Jtech Corp. U.S.A.)를 NK테이블에 설치하였다. 전자측각기의 축을 NK테이블의 축과 일치시키고 가동자

(moving arm)는 NK테이블의 하퇴 지지대와 평행하도록 설치하였으며, 고정자(fixed arm)는 가동자와 90°수직이 되도록 설치하였다(Figure 2).



Figure 2. NK table attached the electrogoniometer

NK테이블을 이용한 진자검사 강직 측정값의 타당도를 알아보기 위해 전기생리학적인 강직 평가방법으로 잘 알려진 무릎힘줄 반사검사의 진폭(amplitude)을 사용하였다. 진폭은 근전도 검사에서 자주 사용하는 전자반사망치(Medelec Corp. Germany)를 이용하였으며, 전극은 표면전극으로 넓다리곧은근(rectus femoris muscle)에 부착하였다. 무릎힘줄 반사검사의 진폭에 대한 근전도 신호처리를 위해 MP150WSW(Biopac System Inc. CA. U.S.A.)를 이용하였다. 진자검사와 무릎힘줄 반사검사로부터 전달된 실시간 각도 변화와 근전도 아날로그 신호는 다용도 인체 계측 기록계의 한 종류인 MP150WSW에 입력되어 디지털 신호로 변환되고 시간에 따른 각도 변화 그래프와 근전도 활성화 그래프로 컴퓨터 화면에 표시된다. MP150WSW는 생체에서 발생하는 근전도, 심전도, 뇌파, 신경전도속도, 관절가동 각도 등 각종 아날로그 신호를 받아 디지털 신호로 처리한 후 전용 컴퓨터 프로그램에 기록, 분석할 수 있는 다기능 생체 신호 측정기로 알려져 있다(MP150 System Guide, 2002). 개정된 Ashworth 척도(modified Ashworth scale: MAS)는 현재 임상에서 가장 널리 사용되는 강직 평가 도구로서 관절에 대한 수동적 움직임 시 검사자가 느끼는 저항력을 주관적으로 판단하여 평가하는 도구

이다(Bohannon와 Smith, 1987). MAS는 강직이 전혀 없는 0등급에서부터 강직이 너무 강하여 관절을 움직일 수 없는 4등급까지 총 6등급의 순서적으로 구성되어 있다.

2) 측정과정

진자검사는 Bajd와 Vodovnik(1984)의 시행 방법을 기초로 실시하였다. 환자를 NK테이블에 앉히고 대퇴부위는 움직이지 않도록 고정하고 하퇴의 종아리 부위를 제작한 플라스틱 지지대에 연결하였다. 검사자가 NK테이블의 고정지지대를 들어 올려서 항상 일정한 무릎관절의 폼 각도가 유지되도록 길이 50cm의 나무 거치대를 NK테이블의 하퇴 고정지지대에 수직으로 받쳐 놓아 초기 측정 자세를 동일하게 하였으며, 환자가 긴장을 풀고 충분히 이완하였다고 판단되면 나무 거치대를 제거하여 자연스러운 무릎관절 진자운동이 일어나도록 하였다. 진자검사에 의한 강직 정도는 이완지수(relaxation index: RI)를 통해 구하였다. 진자검사의 강직 측정값 변수로 가장 많이 사용하는 이완지수는 강직이 전혀 없는 경우 1.6이었으며, 이완지수가 1이하일 때 심한 강직이 평가된다.

무릎힘줄 반사검사는 Kuruoglu와 Oh(1993)의 시행 방법을 기초로 실시하였다. 환자를 NK table위에 앉힌 자세에서 근전도 표면 전극을 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)와 무릎뼈위경계(patellar superior border)의 중간 부위 넓다리골은근의 피부 위에 부착하였다. 근전도 신호 측정을 전극은 AE-131 circular surface EMG disposable electrode(NeuroDyne Medical Corp. MA. USA)를 사용하였다. 무릎힘줄 반사검사는 전자반사망치로 무릎힘줄을 경타하여 넓다리골은근에 복합유발전위(compound muscle action potential)를 일으켜 시행하였다. 심부힘줄반사 검사의 복합유발전위를 통한 근전도 신호 중 최대값과 최소값 사이의 절대값을 반사의 정도를 나타내는 진폭(amplitude)으로 정하여 자료분석에 이용하였다(Kuruoglu와 Oh, 1993). 진자검사와 무릎힘줄 반사검사의 측정 순서는 무작위로 결정하였으며, 강직 검사의 습성과 등을 피하기 위해 검사 간 30초 이상의 간격을 두고 10회 실시한 측정값

중 $\pm 2SD$ (standard deviation)를 벗어난 측정값은 버리고, 나머지 측정값의 평균값으로 자료 분석에 사용하였다(Bajd와 Vodovnik, 1984; Kuruoglu와 Oh, 1993).

3. 자료 분석

NK테이블을 이용한 진자검사 강직 측정값의 검사-재검사의 측정값 사이의 신뢰도 검증은 급간내 상관계수(intraclass correlation coefficient: ICCs(2,1))를 이용하였다. 진자검사 강직 측정값의 타당도 검증을 위해 심부힘줄 반사검사의 진폭과의 피어슨 상관계수(Pearson's product correlation coefficient)를 사용하였다. 진자검사의 신뢰도와 타당도 분석을 위한 각 변수의 정의는 다음과 같다(Kim, 2010)(Figure 3). (1) 진동시간(duration of oscillation: DO); 무릎관절의 진자 운동의 처음과 끝 시간으로 정의한다. (2) 진동횟수(number of oscillation: NO); 무릎관절이 진자 운동을 하는 동안 발생하는 굴곡과 신전의 반복횟수로 정의한다. (3) 초기굴곡각도(first swing excursion angle: FSEA); 무릎관절의 진자운동에서 처음 굴곡이 일어날 때의 각도로 정의되며 A_0 로 구해진다. (4) 이완지수(relaxation index: RI); 시작각도와 초기굴곡각도의 차이를 시작각도와 안정각도의 차이로 나눈 값으로 정의한다. 즉, Figure 3에서 $RI=A_0/A_1$ (A_0 : 초기 시작각도와 초기굴곡각도 사이 차이값, A_1 : 초기 시작각도와 진동이 멈춘 안정각도 사이 차이값)으로 구해진다. 본 연구의 자료 분석은 SPSS version 20.0을 이용하였고, 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 정하였다.

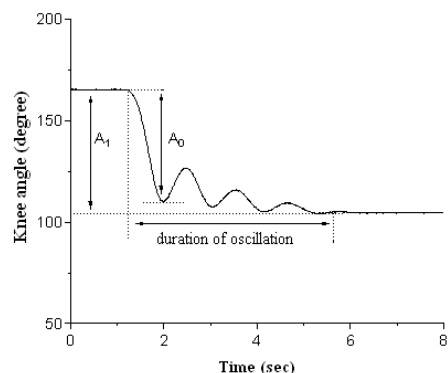


Figure 3. Variables of spasticity measures of pendulum test using NK table

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구대상자 중 남자는 21명, 여자는 10명이었으며, 뇌병변의 원인은 뇌졸중이 23명, 외상성 뇌손상이 8명이었다. MAS 강직 평가에서 1등급이 14명(45.2%), 1+등급이 10명(32.3%)으로 대부분의 연구대상자에서 중등도 이하의 강직 양상을 보였다. 대상자들의 일반적, 의학적 특징은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Descriptive characteristics in the subjects (N=31)

Characteristics		N (%)
Sex	Male	21 (67.7)
	Female	10 (32.3)
Paralysis side	Right	11 (35.5)
	Left	15 (48.4)
	Both	5 (16.1)
Causes	Stroke	23 (74.2)
	TBI	8 (25.8)
MAS	1 grade	14 (45.2)
	1+ grade	10 (32.3)
	2 grade	6 (19.3)
	3 grade	1 (3.2)
Age (y)	61.2±11.6	
Illness periods (mon)	24.7±9.4	

MAS : Modified Ashworth scale,
TBI : Traumatic brain injury

2. N-K 테이블 진자검사 측정값의 검사-재검사 신뢰도
진자검사 강직 측정값의 검사-재검사 신뢰도를 알아보기 위해 연구대상자 31명 중 검사 가능한 25명을 대상으로 3일 간격으로 2회 측정을 실시하였다. 진자검사 강직 측정값 중 진동시간의 검사-재검사 신뢰도는 ICCs=0.96이었으며, 진동횟수에서 ICCs=0.95, 초기굴곡각도 및 이완지수에서 각각 ICCs=0.97을 보여 통계학적으로 유의한 높은 검사-재검사 신뢰도를 보였다(Table 2).

3. N-K 테이블 진자검사 측정값의 타당도

연구대상자 31명에 대한 진자검사 평균 측정값은 진동시간이 4.97±1.36초, 진동횟수가 10.03±2.42회, 초기굴곡각도가 94.10±20.96도, 이완지수가 1.18±0.17이었으며, 무릎힘줄 반사검사의 평균 진폭은 0.82±0.30 mV이었다(Table 3).

NK테이블을 이용한 네 가지 진자검사 강직 측정값이 강직 측정에 타당한가를 검증하기 위해 전기생리학적 강직 측정으로 널리 사용되는 힘줄반사검사의 진폭과의 상관관계를 알아보았다(Table 4). 진폭과 진자검사의 진동시간 사이의 상관관계는 유의한 음의 상관관계($r=-0.77, p<0.01$)를 보였으며, 진폭과 진동횟수($r=-0.78, p<0.01$), 진폭과 초기굴곡각도($r=-0.85, p<0.01$), 및 진폭과 이완지수($r=-0.84, p<0.01$)에서도 모두 유의한 음의 상관관계를 보여 무릎힘줄 반사검사의 진폭이 커질수록 강직이 증가하여 진자검사의 네 가지 측정값이 유의하게 감소함을 알 수 있었다(Table 4).

Table 2. Test-retest reliability of spasticity measures of pendulum test using NK table (N=25)

Spasticity measures	First test		Second test		ICCs (2,1)	95% CI
	Meas±SD	Range	Meas±SD	Range		
DO (sec)	5.00±1.38	2.31-6.66	5.11±1.20	2.44-6.88	0.96	0.93-0.99
NO (no)	10.04±2.49	6.00-14.00	9.92±2.12	6.00-14.00	0.95	0.89-0.98
FSEA (degree)	94.28±21.36	51.24-120.30	93.57±20.19	58.64-114.76	0.97	0.94-0.99
RI	1.18±0.18	0.82-1.47	1.15±0.16	0.85-1.35	0.97	0.93-0.99

DO : Duration of oscillation, NO : Number of oscillation, FSEA : First swing excursion angle,
RI : Relaxation index, SD : Standard deviation, ICCs : Intraclass correlation coefficients,
CI : confidence interval

Table 3. Spasticity measures of the pendulum test and the PTR test (N=31)

Spasticity measures		Mean±SD
Pendulum test	DO (sec)	4.97±1.36
	NO (no)	10.03±2.42
	FSEA (degree)	94.10±20.96
	RI	1.18±0.17
PTR test	Amplitude (mV)	0.82±0.30

DO : Duration of oscillation,
 NO : Number of oscillation,
 FSEA : First swing excursion angle,
 RI : Relaxation index, SD : Standard deviation

Table 4. Correlation of between the pendulum test and the patellar tendon reflex test in spasticity measures (N=31)

Variables	NO	FSEA	RI	Amp
DO	0.91*	0.84*	0.89*	-0.77*
NO		0.81*	0.87*	-0.78*
FSEA			0.93*	-0.85*
RI				-0.84*

*p<0.01,

DO : Duration of oscillation,
 NO : Number of oscillation,
 FSEA : First swing excursion angle,
 RI : Relaxation index,

IV. 고 찰

강직에 대한 많은 치료 방법들이 자주 치료 효과에 대한 정확한 평가 없이 받아들여져 왔고, 높은 측정 신뢰도와 타당도를 가지는 측정방법들을 발전시키는 데 큰 노력을 기울이지 않은 측면이 있다(Haas와 Crow, 1995). 본 연구에서는 기존 진자검사에서의 단점을 보완하고자 새롭게 고안된 진자검사 도구로서 NK테이블을 사용하였고, 전자측각기를 인체 무릎관절에 직접 부착하는 대신 NK테이블의 축에 부착하여 하지가 자연스러운 진자운동을 하도록 하였다. 이 때 전자측각기로부터 발생한 신호를 기초로 진동시간, 진동횟수, 최기굴곡각도, 이완지수 등을 측정하여 NK테이블을 통

한 진자검사의 유효성과 강직 평가의 타당성을 알아보자 하였다.

본 연구의 결과 NK테이블을 이용한 진자검사의 강직 측정값에 대한 검사-재검사 신뢰도는 급간내 상관계수가 작게는 ICCs=0.95에서 크게는 ICCs=0.97로 통계학적으로 유의한 높은 신뢰도를 보였다(p<0.01). 진자검사에 대한 기존의 신뢰도 연구를 살펴보면, 30명의 뇌손상 환자를 대상으로 등속성 역량계의 일종인 Cybex II Dynamometer를 통한 진자검사에서의 측정자간 신뢰도가 급간내 상관계수 ICCs=0.96으로 높은 상관관계를 보고하였으며(Bohannon, 1987), 각각 10명의 뇌병변 아동과 정상 아동에 대해 3차원 진자검사의 신뢰도 검증 연구에서도 검사-재검사 신뢰도가 뇌병변 아동군에서 ICCs=0.98, 정상 아동군에서 ICCs=0.98로 매우 높은 신뢰도를 보고하였다(White 등, 2007). 비록 기존 연구들과 본 연구가 진자검사를 위한 실험 장비 및 연구대상자 등에서 차이를 보였지만, 진자검사 측정값의 신뢰도는 매우 높은 동일한 결과를 보여, NK테이블을 이용한 본 연구의 진자검사 측정값이 뇌병변 환자의 강직 평가를 위해 신뢰할만하고 유용할 것으로 사료된다.

본 연구는 NK테이블을 이용한 강직 평가의 타당도를 검증하기 위해서 정량적이며 객관적인 강직 평가방법으로 알려진 근전도를 활용한 심부힘줄 반사검사를 실시하였다. 그 결과, 무릎 심부힘줄 반사검사의 진폭값과 진자검사의 네 가지 강직 측정값 사이의 상관계수가 $r=-0.77$ 에서 $r=-0.84$ 로 유의한 음의 상관관계를 보였다(p<0.01). 무릎힘줄 반사검사는 단일 연접에 의한 단일반사로서 반사망치로 무릎힘줄을 경타할 때 발생하는 복합유발전위(compound muscle action potential)을 일으킨 후, 복합유발전위의 최대 양 위상과 음 위상의 두 정점 사이의 전압차로 진폭을 정하게 된다(Kuruoglu와 Oh, 1993). 강직의 정의에 따라 신전 반사의 일종인 심부힘줄반사가 과도하게 나타나 진폭이 증가하면 강직의 증가를 의미한다. 반면 강직이 감소되어 이완이 잘 될수록 진폭은 줄어들고, 진자검사의 네 가지 측정값은 증가하게 된다. 본 연구의 결과, 진폭과 진자검사의 네 가지 강직 측정값 사이에서 유의한 음의 상관관계를 보여 진자검사 측정값이 강직 평가에 타당한 것으로

나타났다. 진자검사의 네 가지 측정값 중에서도 초기굴곡각도와 이완지수에서 진폭과의 상관관계가 각각 $r=-0.85$ 와 $r=-0.84$ 를 보여 높은 음의 상관성을 나타내었는데, 이는 강직 평가에 있어 이완지수가 무릎의 움직임 각도 제한에 따라 강직의 정도를 민감하게 반영하기 때문에 사료된다. 그러한 이유로 선행 연구들에서 진자검사의 강직 측정값 중 이완지수를 강직 측정값으로 가장 많이 사용하였으며, 강직이 전혀 없는 경우 이완지수는 1.6 이상이고, 1이하일 때 강직이 심한 것으로 평가된다(Bohannon 등, 2009). 본 연구에서의 이완지수는 평균 1.18 ± 0.17 로 강직이 비교적 강하지 않은 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 대상자 중 24명(77.5%)의 MAS 등급이 1등급에서 1+등급으로 심하지 않은 강직 수준을 보였기 때문에 사료된다. 본 연구의 진자검사에 대한 타당도 검증과 직접적으로 비교 가능한 선행 연구는 없었으나, Smith 등(2000)의 연구는 22명의 척수손상 환자를 대상으로 전자측각기를 이용한 진자검사 측정값과 관절의 수동 움직임 각속도 사이의 상관관계를 통해 강직 검사의 타당도를 알아본 결과 유의한 상관관계($r=0.638$; $p=0.001$)를 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 유사하였다.

본 연구에서 진자검사의 강직 측정값 사이의 상관관계는 기존 연구(Cho 등, 2000; Kim, 2010)의 결과와 유사하게 모든 측정값 사이에서 유의한 상관관계를 보였으며, 특히 초기굴곡각도가 이완지수와 가장 높은 상관관계를 보였다($r=0.93$, $p<0.01$). 이는 이완지수를 구하는 공식에 초기굴곡각도가 포함되어 있기 때문으로 사료되며, Kim(2010)의 연구에서처럼 복잡한 계산과정을 통해 얻어지는 이완지수보다는 비교적 쉽게 얻어지는 초기 무릎굴곡각도가 그 동안 많이 사용되었던 이완지수를 대신하여 넵다리네갈래근의 강직에 대한 정량적 평가 방법으로 임상에서 활용될 수 있을 것이다. 본 연구의 결과와는 다르게 선행 연구(Bajd와 Bowman, 1982; Han 등, 1993)에서는 진자검사의 진동횟수가 강직을 측정하는데 부적합하다고 보고하였으나, 이는 측정 장비의 문제로 진자운동의 기계적 운동축이 무릎관절의 해부학적 운동축과 맞지 않았거나, 무릎관절의 자유로운 진자운동을 제한했기 때문으로 사료된다. 따

라서 본 연구에서와 같이 이러한 문제를 조정한다면 진동횟수 역시 진자검사의 객관적 강직 지표로 활용할 수 있을 것이다. 진자검사를 이용한 강직 연구에서 측정값이 다양했던 이유는 전자측각기의 사용유무, 측정장비의 차이, 그리고 검사 간격 등이 다양했기 때문으로 사료된다. 진자검사를 반복하여 시행할 경우 검사 자체가 관절운동을 유발시키는 이월효과로 다음 검사 시 강직에 영향을 미치게 되어 강직이 감소되는 경향이 있을 수 있기 때문에 본 연구에서는 검사 간 시간 간격을 30초 이상으로 충분히 하여 이월효과로 인한 측정 오차를 줄이도록 하였다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 연구대상자 선정의 어려움 등으로 뇌병변이 있는 성인을 대상으로만 연구를 진행하였는데 강직이 자주 발생하는 뇌성마비 아동, 척수손상과 같은 다른 상위운동신경원 손상 환자와 일반인을 대상으로 NK테이블을 이용한 진자검사의 특성을 검증하지 못하였다. 둘째, 강직 근육에 대한 이완여부를 근전도 기기 등으로 충분히 확인하지 않고 구두 지시에 의한 이완을 요청한 후 검사를 실시한 제한점이 있다. 그러나 본 연구에서 사용된 진자검사 방법이 하지의 강직 측정에 객관적이며, 임상적으로 유용하게 사용될 수 있음이 일부 환자를 대상으로 검증되어 향후 연구에서는 뇌성마비, 척수손상 등과 같은 다양한 중추신경계 손상 환자와 일반인을 대상으로 본 연구의 진자검사법을 통한 강직 평가의 특성과 치료 효과, 강직 검사의 신뢰도와 타당도를 검증하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 하지에 강직이 있는 뇌병변 환자를 대상으로 NK테이블을 이용한 진자검사의 신뢰도와 타당도를 알아보았다. 연구 결과, 진자검사의 검사 간 신뢰도는 높은 상관관계를 보여, NK테이블을 이용한 진자검사의 강직 측정은 신뢰할 만한 것으로 나타났다. 또한 객관적이고 정량적인 강직 평가로 알려진 심부힘줄 반사검사와의 상관성에서도 NK테이블을 이용한 진자검

사는 높은 상관관계를 보여 강직 평가도구로서 타당한 결과를 보였다. NK테이블은 임상에서 쉽게 이용 가능한 기구로서 고가의 고기능 장비를 대신하여 진자검사를 실시할 수 있고, 정량적인 강직의 평가 도구로 활용될 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 다양한 강직 환자를 대상으로 평가와 치료효과의 검증을 위해 NK테이블을 통한 진자검사가 활발히 활용되길 기대한다.

References

- Bajd T, Bowman B. Testing and modelling of spasticity. *J Biomed Eng.* 1982;4(2):90-96.
- Bajd T, Vodovnik L. Pendulum testing of spasticity. *J Biomed Eng.* 1984;6(1):9-16.
- Barnes MP. Medical management of spasticity in stroke. *Age Ageing.* 2001;30(1):13-16.
- Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67(2):206-207.
- Bohannon RW, Harrison S, Kinsella-Shaw J. Reliability and validity of pendulum test measures of spasticity obtained with the Polhemus tracking system from patients with chronic stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2009;6(30):1-7.
- Bohannon RW. Variability and reliability of the pendulum test for spasticity using a cybex II isokinetic dynamometer. *Phys Ther.* 1987;67(5):659-661.
- Cho KH, Chae JM, Seo JS et al. The quantitative measurement of spasticity using change of muscle length during pendulum test. *J Korean Acad Rehab Med.* 2000;24(4):637-644.
- Chon JS. The effectiveness of pendulum test for quantifying spasticity in the upper extremity. *J Korean Acad Rehab Med.* 1992;16(4):418-422.
- Daly JJ, Marsolais EB, Mendell LM, et al. Therapeutic neural effects of electrical stimulation. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 1996;4(4):218-230.
- Francisco GE, McGuire JR. Poststroke spasticity management. *Stroke.* 2012;43(11):3132-3136.
- Haas BM, Crow JL. Towards a clinical measurement of spasticity? *Physiotherapy.* 1995;81(8):474-479.
- Han TR, Kim JH, Chun MH et al. Evaluation of spasticity in hemiplegic patients. *J Korean Acad Rehab Med.* 1993;17(1):18-25.
- Kim SW, Chon JS, Park CI et al. Pendulum test on the knee joint in normal adults. *J Korean Acad Rehab Med.* 1996;20(3):735-740.
- Kim YW. Relationship between pendulum test measurements of post-stroke spasticity. *J Korea Contents Association.* 2010;10(5):325-332.
- Kumar RTS, Pandyan AD, Sharma AK. Biomechanical measurement of post-stroke spasticity. *Age Aging.* 2006;35(4):371-375.
- Kuruoglu R, Oh SJ. Quantitation of tendon reflexes in normal volunteers. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1993;33(6):347-351.
- Lance JW. Spasticity: disordered motor control. In: Feidman RG, Young RR, Koella WP. *Symposium synopsis.* Chicago. Year Book Medical Publishers. 1980:485-494.
- MP150 System Guide. Santa Barbara. Biopac Systems. 2002.
- O'Dell MW, Lin CC, Harrison V. Stroke rehabilitation: strategies to enhance motor recovery. *Annu Rev Med.* 2009;60:55-68.
- Peltonen M, Stegmayr B, Asplund K. Time trends in long-term survival after stroke: the Northern Sweden Multinational Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease (MONICA) study, 1985-1994. *Stroke.* 1998;29(7): 1358-1365.
- Pease WS. Therapeutic electrical stimulation for spasticity: quantitative gait analysis. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998;77(4):351-355.
- Sheean G. Neurophysiology of spasticity. In: Barnes MP, Johnson GR, (eds.) *Upper motor neuron syndrome and spasticity.* Cambridge University Press. 2001:12-78.
- Smith AW, Kirtley C, Jamshidi M. Intrarater reliability of

- manual passive movement velocity in the clinical evaluation of knee extensor muscle tone. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(10):1428-1431.
- Syczewska M, Lebiedowska MK, Dandyan AD. Quantifying repeatability of the Wartenberg pendulum test parameters in children with spasticity. *J Neurosci Methods.* 2009;178(2):340-344.
- White H, Uhl TL, Augsburg S, Tytkowski C. Reliability of the three-dimensional pendulum test for able-bodied children and children diagnosed with cerebral palsy. *Gait & Posture.* 2007;26(1):97-150.