

## 뇌졸중 환자의 지팡이 높이에 따른 보행과 균형에 미치는 영향

서태화<sup>1)</sup>, 두영택<sup>1)\*</sup>, 정대인<sup>2)</sup>

광주여자대학교 물리치료학과<sup>1)</sup>, 광주보건대학교 물리치료학과<sup>2)</sup>

## The Effect of Cane Height on Walking and Balance for Stroke Patients

Tae-Hwa, Seo<sup>1)</sup>, Young-Taek Doo<sup>1)\*</sup>, Dae-In Jung<sup>2)</sup>

*Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University<sup>1)</sup>*

*Department of Physical Therapy, Gwangju Health College University<sup>2)</sup>*

### = Abstract =

**Objectives:** This study investigates the effects of using customized walking aids individualized for stroke patients by measuring the effects of different cane lengths to determine the ideal length of walking aids for stroke patients.

**Methods:** Cane lengths were determined from the greater trochanter with walking aids measured 5cm below, at the greater trochanter and 5cm above. All patients walked for ten meters with each cane length to measure speed. Then, we measured the opto gait, timed up go test, and electromyography three times each. Statistical analysis was performed using a linear mixed model, and in the case of significance, the p-value was corrected using the Bonferroni method.

**Results:** There was a statistically significant differences in time up and go test(TUGT), 10m walking, stride and speed between the groups.

**Conclusions:** Long cane length increases body symmetry, stride, increasing muscle activity, and short cane length increases balance and walking.

**Key Words:** Cerebrovascular Disease, Muscle Activity, Dynamic Balance

---

\* Received November 26, 2018; Revised December 27, 2018; Accepted December 31, 2018.

\* Corresponding author: 두영택, 광주광역시 광산구 산정동 165 광주여자대학교 물리치료학과  
Young-Taek Doo, Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University, 165 Sanjeong-dong,  
Gwangsu-gu, Gwangju, Korea

Tel: +82-62-950-3776, E-mail: dooyt1@kwu.ac.kr

\* 이 논문은 2018년도 광주여자대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## 서 론

뇌졸중은 허혈성과 출혈성 뇌손상, 외상성 뇌손상, 심부전 등에 의해 뇌신경학적 장애가 24시간 이상 지속되거나 뇌혈류의 급작스러운 결핍에 의해 사망에 이르게 되는 질병으로서, 뇌졸중으로 인한 장애는 장기적인 지속과 함께 성인 및 노인들에게 가장 빈번하게 장애를 유발하고 죽음에 이르게 하는 대표적인 질병 중 하나이다[1].

이러한 뇌졸중은 여러 가지 문제점을 남기게 되는데 그 중 대표적인 증상은 비대칭적 자세, 비정상적인 신체의 균형, 체중 이동 능력의 결함, 섬세한 기능을 수행하는 특수한 운동 요소의 상실 등이 있다[2-6]. 비대칭적인 자세나 비정상적인 신체의 균형은 뇌졸중 환자가 일상생활활동의 제한 및 참여의 제약이 발생하며, 이러한 문제점을 완화시켜주는 것은 중요하게 여겨지고 있다. 뇌졸중 환자의 이러한 여러 가지 문제점들을 개선하고 보행기능을 향상시켜 일상생활 활동의 수행을 촉진하고 안전을 향상시키기 위해 보행 지팡이와 같은 보조 장치를 처방하고 있다[7]. 지팡이는 보행 시 외부적인 지지를 제공하여 자신감과 안정성을 증가시켜줄 뿐 아니라[8-10] 뇌졸중 환자의 보행에 있어 속도를 빠르게 개선시켜준다[7]. 발병 후 3개월이 지난 뇌졸중 환자를 대상으로 보조 도구의 사용 유무를 조사한 결과 대상자의 76%가 최소 하나의 보조 도구를 사용한다는 연구가 보고 되었다[11].

Park[12]은 지팡이의 높이를 적절하게 조절 하였을 때 뇌졸중 환자의 정적, 동적 체중 지지율과 균형능력의 향상에 도움을 주게 된다고 보고 하였고, 지팡이의 형태에 따라서도 보행 속도와 최대보행 거리가 향상되는 것으로 나타났다[13].

Cha[14]의 연구에서도 넓다리뼈큰돌기 위 5cm와 10cm 지팡이 높이는 성인 뇌졸중 환자의 보행 시 후족부에 해당하는 발뒤꿈치의 초기 접지기를 원활하게 하고 족저압 중심의 전후이동을 증가시켜 장기적인 면에서 뇌졸중 환자의 보행 안정화와 속도에 기여할 것이라 사료된다고 보고하였다. 하지만 큰 대퇴돌기 높이의 지팡이의 사용에 대하여 이견들이 제시되고 있

을 뿐만 아니라 정상인을 대상으로 한 지팡이의 높이에 대한 연구 결과[15-16]와 성인 편마비 환자를 대상으로 한 지팡이의 높이에 대한 연구 결과[17]는 상이한 결과가 제시되고 있다.

환자의 체중지지를 가능하게 하여 약한 다리를 보조해 주거나 체중지지를 분산시켜 동통을 감소 시켜주는 목적으로 사용되는 지팡이의 높이는 환자의 큰 대퇴돌기의 높이나 팔꿈치 관절을 20~30°정도 구부린 상태에서 새끼발가락의 외측 15~20 cm 떨어진 곳에 위치하는 것이 가장 적당한 것으로 알려져 있다[18]. 그러나 Yi와 Kim[19]은 뇌졸중 환자를 대상으로 실제 사용되고 있는 보행보조기를 이용하여 정적 선 자세를 유지하고 있는 동안의 비마비측 팔꿈치관절의 구부림 각도를 측정하여 보았는데 넓다리뼈큰돌기 높이와 원위손목주름 높이 모두 팔꿈치 구부림 각도 20~30°와는 낮은 일치도를 보였으며 평균 구부림 각도가 45°정도로 나타나 정상노인과는 달리 성인 뇌졸중 환자들만을 위한 보행보조기 길이의 연구 필요성을 강조하였다.

또한 한국인의 체형변화가 남녀 모두 전 연령층에서 키의 성장이 하지장의 성장으로 주로 이루어지고 성인 남자의 키는 성인여자보다 11~13cm 정도 크지만 앞은키의 차이는 5.7~7.0cm로 상대적으로 작게 나타났다. 이는 남자의 하체비율이 여자보다 상대적으로 큰 것을 의미한다[20]. 그리고 Park 등[21]은 한국인의 전체 신장 가운데 다리 길이 비율은 1979년과 1992년 사이에 남성에서 1.7%, 여성에서 0.4%로 높아졌다고 하였고 시간이 지날수록 머리 크기는 작아지고 다리길이는 길어지면서 서구화 체형으로 변화하고 있다고 하였다. 이러한 선행연구 결과와 한국인의 신체변화를 토대로 분석해보면 정상인을 대상으로 한 연구와 성인 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구결과들에서 일치점을 찾고 있지 못하고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자의 보행변수와 하지근육의 활성도에 지팡이 높이가 어떤 영향을 미치는지 분석함으로써 뇌졸중 환자의 보행 훈련에 사용하는 효과적인 지팡이 길이를 결정하는데 있어 의미 있

는 기초 지표를 제공하고자 한다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구기간 및 대상

본 연구는 2018년 4월 12일부터 3주간 진행되었으며, 광주광역시 상무지구 소재의 S병원에 입원중인 뇌졸중 성인 환자 중 본 연구의 참가에 동의하고 다음의 필요조건을 충족시키는 21명을 대상으로 실시하였다.

연구대상자는 1) 뇌경색 및 뇌출혈로 인하여 뇌졸중으로 진단받은 환자, 2) 한발 지팡이를 현재 사용하고 있는 환자, 3) 지팡이를 짚지 않고 최소 60초 서 있을 수 있는 환자, 4) 지팡이를 짚고 평지에서 100 m 이상의 보행이 가능한 환자, 5) 균형이나 보행에 영향을 미칠 수 있는 다른 정형외과적 신경과적 질환이 없는 환자, 마지막으로 6) 연구자가 지시하는 상황을 잘 이해하고 협조할 수 있는 환자로 선정하였다.

연구 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 연구설계

본 연구는 실험에 동의한 뇌졸중 성인 환자 21명을 대상으로 Time Up & Go Test(TUGT), 10m 보행검사, OPTOgait, EMG를 이용하여 뇌졸중 환자의 보행 속도와 균형능력, 마비측 하지근육 활성화의 변화를 지팡이 높이에 따라 넓다리뼈큰돌기 아래 5cm 높이, 넓다리뼈큰돌기 높이, 넓다리뼈 큰돌기 위 5cm 높이로 비교 하여 보행변수 변화를 보고자 하였다.

최초 참가인원 25명중 4명이 중간에 퇴원하여

TUGT, 10m 보행검사, OPTOgait, EMG검사에 21명이 참가하였다. 연구참여자 21명을 대상으로 우선 지팡이 높이를 기준 높이인 넓다리뼈큰돌기에 맞춰 검사를 실시하고, 넓다리뼈큰돌기 보다 5 cm 위로 높이 조정을 한 후에 검사를 실시하고, 넓다리뼈큰돌기 보다 5 cm 아래로 높이 조정을 한 후에 검사를 실시하여 총 3번의 반복 검사를 실시하였다.

### 3. 측정도구

#### 1) 균형능력

동적균형능력은 TUGT와 10m 보행속도검사를 측정하였다. TUGT는 동적균형이나 기능적 이동성을 평가하는 도구로 대상자는 팔걸이가 있는 의자에 앉은 상태에서 실험자의 출발신호와 함께 의자에서 일어나 3m 왕복하여 다시 앉는 시간을 측정하였다[22]. 보통 10초 이내에 수행할 수 있으면 정상으로 판단한다. 약한 노인과 장애인의 경우 11~20초 정도 소요되고, 20초 이상 걸리면 보행 시 도움이 필요하다고 평가한다.

10m 보행속도검사는 보행의 시작과 끝에 나타나는 가속과 감속의 시간을 제외하고자 대상자는 14m 거리를 걷게 하고 중간 10m의 속도를 측정하였다[23]. 보행속도가 0.4m/s 이내이면 실내 이동이 가능하고, 0.4~0.8m/s 이면 실외 이동이 제한되며 0.8m/s 이상이면 실외 이동이 가능하다.

#### 2) 보행분석

보행분석을 위해 보행분석시스템(OPTOgait, Microgate Srl, Italy)장비를 사용하였고 보행 중 보

Table 1. General characteristics of subjects

Classification	Participants(N=21)
Sex(F/M)	13/8
Age(Yrs)	59.86±6.84
Height(Cm)	157.43±5.97
Weight(Kg)	59.86±6.84
Paralysis side(Rt/Lt)	9/12
Cause of disease(Hemorrhage/Infarction)	7/14
Duration of disease(Months)	66.00±11.70

M±SD: Mean±standard deviation

폭(cm)과 속도(m/s)를 측정하였다.

본 연구에 사용된 보행분석기(OPTOGait, Microgate Srl, Italy)는 1m 길이의 두 개의 송·수신 바와 웹캠(Webcam Pro 9000, Logitech, Taiwan)으로 구성되어 있으며 양쪽 바는 평평한 바닥에 3m 거리를 두고 놓여졌다. 각각의 바는 1cm 간격으로 발광다이오드가 설치되어 있으며 송신 바에서 수신 바로 계속해서 보내지는 적외선으로 통신한다. 대상자가 평행한 송·수신바 사이를 걷는 동안 대상자의 발이 감지되고 보행 변수에 대한 정보가 수집된다. 수집된 보행의 변수에 대한 정보는 컴퓨터 소프트웨어(OptoGait 1.5, Microgate S.r.l, Italy)로 처리하였다. 데이터 수집의 정확성을 위하여 실험 전 영점 조절을 실시하였다. 보행 분석기의 신뢰도는 0.933-0.990이다[24].

### 3) 근 활성화 측정

본 연구에서는 넙다리곧은근과 앞정강근의 근 활성도를 검사하기 위해 BTS FREE EMG 300(BTS Bioengineering, Italy)를 이용하여 컴퓨터와 연결한 후 Myolab 소프트웨어를 실행하여 피험자의 프로토콜을 설정하였다. 근전도의 전극은 1회용 전극인 Ag-AgCl (3M, Korea)을 사용하였고, +나 -극 상관없이 한 채널 내 두 전극의 간격을 2cm로 유지하게 하였다. 근전도의 전극 부착 위치는 환측 넙다리곧은근은 위 앞엉덩뼈가시와 무릎뼈 위쪽면의 50%(9~16cm) 지점에 전극을 부착하였고[25-26], 앞정강근에 부착하였다. 근전도의 측정단위는  $\mu V$ 로 기록하였고 근전도 신호의 주파수 범위는 신호의 98%를 허용하는 20~500 Hz 조건으로 설정하였다[27]. 측정은 6m 보행 시 근 활성화도 평균값을 측정하였다.

### 4. 연구윤리

연구 참여자들에게 연구목적과 동의하였다고 하더라도 연구 수행 중 언제든지 동의철회를 할 수 있다는 점을 설명하였고 참여 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다.

### 5. 통계분석

본 연구에서 얻어진 결과는 IBM SPSS Statistics 24.0 통계 프로그램을 이용하여 결과 값은 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 균형능력, 보행속도, 보폭, 근 활성화도 변화를 지팡이 높이에 따라서 세 집단으로 분류하였고 집단 간의 비교는 집단 인자를 반복측정요소로 간주한 혼합모형(Linear Mixed Model)으로 분석하였으며 유의한 경우 사후검정은 두 집단 간의 p-값을 본페로니 방법으로 교정(Bonferroni correction)하였다. 통계적인 유의성을 검증하기 위한 유의수준은 5%로 설정하며  $p < 0.05$ 인 경우 유의하다고 결정하였다.

## 연구결과

### 1. 조건에 따른 균형 및 보행변수 변화

TUGT 값은 집단 간의 유의한 차이가 나타났고( $p < .001$ ) 사후분석 결과 B,A군은 A군보다 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 10m 보행검사 결과 집단 간의 유의한 차이가 있었고( $p < .001$ ) 사후분석 결과 A군보다는 B군이 B군보다는 C군이 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 보행의 보폭도 집단 간의 유의한 차이가 나타났고( $p < .001$ ) 사후분석 결과 C군이 A,B군보다 유의하게 높았다( $p < .05$ ). 보행속도역시 집단 간의 유의하였고( $p < .001$ ) B군은 A군과도 차이가 나지 않았고 C군과도 유의한 차이는 없었지만 A군과 C군은 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ) (Table 2).

### 2. 조건에 따른 근육활성도의 변화

넙다리곧은근의 근 활성화도 측정 결과 집단 간의 유의한 차이가 있었으며( $p = 0.001$ ) 사후분석 결과 A,B군은 C군과 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 앞정강근의 근 활성화도 측정 결과도 집단 간의 유의한 차이가 나타났고( $p < .001$ ) 사후분석 결과 A,B군보다 C군이 유의하게 높았다( $p < .05$ ) (Table 3).

Table 2. The comparison of walking and balance in each height

Category	A : 5 cm under the greater trochanter	B : Greater trochanter	C : 5 cm above the greater trochanter	F	P	post-hoc (Bonferroni)
TUGT(sec)	32.11±3.85	34.86±3.99	34.98±3.71	16.91	<.001	(A),(B,C)
10m walking(m/s)	16.86±0.83	17.21±0.94	17.66±0.72	21.30	<.001	(A),(B),(C)
Stride(cm)	48.55±5.75	51.15±4.83	54.30±4.11	13.72	<.001	(A,B),(C)
Speed(m/s)	0.41±0.11	0.32±0.08	0.37±0.12	4.33	0.020	(A,C),(B,C)

Abbreviations: TUGT, Time Up & Go Test

Table 3. The comparison of muscle activity in each height

Category	A : 5cm under the greater trochanter	B : Greater trochanter	C : 5cm above the greater trochanter	F	p	post-hoc (Bonferroni)
Rectus femoris(μV)	21.55±3.85	22.27±4.80	26.71±4.93	8.21	0.001	(A,B),(C)
Tibialis anterior(μV)	41.74±6.60	42.96±5.85	47.87±4.34	11.13	<.001	(A,B),(C)

### 고찰

정상인의 지팡이 높이에 대해서는 기존에 사용되어져 왔던 넙다리뼈큰돌기 높이 보다는 원위 손목 주름의 높이가 보행을 보다 원활하게 하는 높이로 제시되고 있는데 반해[28-29], 지팡이의 사용이 보다 절실히 요구되는 뇌졸중 환자들의 지팡이의 높이에 대해서는 정량화된 근거가 제시되지 않고 있다.

그래서 본 연구에서는 지팡이로 독립보행이 가능한 뇌졸중 환자들을 대상으로 넙다리뼈큰돌기 아래 5cm 높이, 넙다리뼈큰돌기 위 5cm 높이에 따라 균형과 보행 변수의 변화를 알아보고자 TUGT를 이용하였고, 그 결과 TUGT 값은 집단 간의 유의한 차이가 있었고 이는 Park[12]의 연구에서 지팡이 적용에 있어 균형 능력은 편마비 환자 10명을 대상으로 지팡이 형태에 따른 균형능력을 측정된 결과 일반적으로 넙다리뼈큰돌기 높이에서 25.13±13.68초, 넙다리뼈큰돌기 위 10cm 높이 지팡이에서 24.27 ± 12.93 초로 감소하였으며 이러한 결과는 신체 중심이 환측으로 이동하게 되면서 동적균형능력이 증진된 것으로

사료된다.

Cha[30]의 연구에서 보행속도는 넙다리뼈큰돌기 위 2 inch 높이의 지팡이 길이에서 0.5±0.0m/s로 넙다리뼈큰돌기 높이의 지팡이 길이에서의 0.3±0.0m/s 보다 빠르게 나와 통계적으로 유의한 차이를 보이며 빠른 양상을 나타내었다. 본 연구에서 보폭의 변화는 큰돌기 아래 5cm 보다 큰돌기 위 5cm에서 유의한 차이가 나타났으며, 속도의 변화는 큰돌기 기준 높이보다 큰돌기 아래 5cm 조건에서 유의한 차이가 나타났다.

선행연구와 달리 본 연구에서는 지팡이 길이를 길게 할수록 몸통의 신전과 양하지의 안정성 확보로 보폭이 증가되는 양상을 보였으며, 지팡이 길이를 짧게 할수록 건측을 이용한 지팡이 사용이 증가하여 속도가 증가되었다. Park[12]의 연구에서도 큰돌기 위 10 cm 보다 기준 큰돌기 높이에서 증가된 속도 변화를 보였다. 이는 뇌졸중 환자분들의 초기 보행 훈련에서 환측 사용보다 건측 사용을 많이 함으로써 지팡이를 사용했을 때에도 보상작용으로 건측에 지지한 보행양상이 나온 것으로 사료된다.

본 연구에서는 근전도를 통하여 마비측 넙다리근은

근과 앞정강근을 측정하였고, 그 결과 지팡이 높이가 기준 큰돌기, 큰돌기 아래 5cm 보다 큰돌기 위 5cm 조건에서 유의한 차이가 나타났다.

Buurke 등[31]은 지팡이 사용이 편마비 환자의 척추 기립근의 선택적인 수축을 돕는다고 보고하였다. 이는 지팡이 길이가 넓다리뼈큰돌리기 보다 작아지면 척추는 굴곡되어 환측 하지의 작용보다는 건측 사용이 증가되며, 지팡이 길이가 넓다리뼈큰돌기 보다 커지면 척추는 신전되어 환측 하지의 체중지지율 증가로 인한 앞정강근의 근 활성도가 증가된다고 보고하였다 [32] 지팡이 형태에 따른 앞정강근의 근활성도를 알아본 Choi[33]의 연구에서는 환측에서는 지팡이 사용 전 보행 시보다 지팡이 사용 후 보행 시 앞정강근의 유의한 증가를 보였지만, 건측에서는 앞정강근의 유의한 증가를 보이지 않았다. 이는 본 연구의 결과와 같이 지팡이 길이가 길어질수록 보행하는 동안 지팡이에 대한 의존도를 제한함에 따라 보행 시 환측 근육을 더욱 많이 사용하여 근활성도가 증가되었다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 시간상의 제약으로 인해 보다 다양한 지팡이의 높이를 적용할 수 없었던 것이다. 둘째 보행 시 발생하는 여러 종속변인들에 대한 보다 다양한 접근을 할 수 없었던 것이다. 마지막으로 대상자가 고령의 뇌졸중 환자여서 크지는 않겠지만 3번 측정에 따른 학습효과로 인해 성적이 다소 과추정되었을 수 있다는 제한점이 있어 본 연구자의 성인 뇌졸중 환자의 지팡이의 높이에 대한 연구결과를 일반화하기에는 한계가 있다고 생각한다.

## 요 약

본 연구는 성인 뇌졸중 환자의 보행기능을 향상시키기 위해 사용되고 있는 보행보조기의 가장 이상적인 길이를 제시함으로써 뇌졸중 환자만을 위한 전문화된 맞춤형 보행보조기 길이의 사용을 독려하기 위하여 실시하게 되었다.

그 결과, 지팡이 높이에 따른 성인 뇌졸중 환자의 보행균형, 보행분석에서 보행의 속도 증가를 위해서 몸

통 굴곡을 통한 무게 중심이 아래쪽에 위치하고, 하지 근육의 활성도 증가를 위해서 몸통 신전을 통한 무게 중심이 위쪽으로 이동하여 척추 기립근의 수축으로 뇌졸중 환자의 지팡이 높이에 따른 균형과 보행 변화의 근거를 제시한다.

## REFERENCES

1. Fatahzadeh M, Glick M. Stroke: epidemiology, classification, risk factors, complications, diagnosis, prevention, and medical and dental management. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(2):180-191
2. Lee DW, Kwak KH, Bae SS. Influence of standing balance with external rotation angle of the hemiplegia leg. *J Kor Phys Ther* 2003;15(3):173-188 (Korean)
3. Yoon JG, Kim MH, Yook DW. The effects of self-controlled learning on balance in hemiplegics. *Phys Ther Korea* 2005;12(1): 36-44 (Korean)
4. Holt RR, Simpson D, Jenner JR, Kirker SG, Wing AM. Ground reaction force after a sideways push as a measure of balance in recovery from stroke. *Clin Rehabil* 2000;14(1):88-95
5. Laufer Y, Dickstein R, Resnik S, Marcovitz E. Weight-bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. *Clin Rehabil* 2000;14(2):125-129
6. Rodriguez GM, Aruin AS. The effect of shoe wedges and lifts on symmetry of stance and weight bearing in hemiparetic individuals. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(4):478-482
7. Kuan TS, Tsou JY, Su FC. Hemiplegic gait of stroke patients: the effect of using a cane. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(7):777-784
8. Aminzadeh F, Edwards N. Exploring seniors' views on the use of assistive devices in fall prevention. *Public Health Nurs* 1998;15(4):297-304

9. Tinetti ME, Powell L. Fear of falling and low self-efficacy: a case of dependence in elderly persons. *J Gerontol* 1993;48:35-38
10. Dean E, Ross J. Relationships among cane fitting, function, and falls. *Phys Ther* 1993;73(8):494-500
11. Hass U, Persson J, Brodin H, Fredén-Karlsson I, Olsson JE, Berg I. Assessment of rehabilitation technologies in stroke. Outcomes and costs. *Int J Technol Assess Health Care* 1995;11(2):245-261
12. Park KJ. The effects of methods of using assist devices on weight bearing, balance, ambulation in hemiplegic patients [dissertation]. *Seoul, Korea University*, 2013 (Korean)
13. Allet L, Leemann B, Guyen E, Murphy L, Monnin D, Herrmann FR, Schnider A. Effect of different walking aids on walking capacity of patients with post stroke hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90(8):1408-1413
14. Cha YJ. The effect of cane height on foot pressure of affected side in adult hemiplegia [dissertation]. *Daegu, Daegu University*, 2009 (Korean)
15. Ok JY, Kim JW, Han WS, Han JD, And DH. Influence of cane length on the weight distribution. *Phys Ther Korea* 2000;7(1):91-100 (Korean)
16. Kumar R, Roe MC, Scremin OU. Methods for estimating the proper length of a cane. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:1173-1175
17. Yi CH, Kim JM.(1996). A Comparison of methods for estimating the proper cane length for hemiplegic patients. *Physical Therapy Korea* 1996;3(2):1-7 (Korean)
18. Jang JH, Kim KY, Kim HD, et al. Principles & techniques of patient care. 4th ed, Korea, E PUBLIC, 2008, pp.215-273 (Korean)
19. Yi CH, Kim JM. A comparison of methods estimating the proper cane length for hemiplegic patients. *Phys Ther Korea* 1996;3(2):1-7 (Korean)
20. Kim JH, Park SC, Jang MH, Kim CJ. A study on anthropometric survey in Korea. *J Ergon Soc Korea* 1989;8(1):19-29 (Korean)
21. Park SC, Kim JH, Kim CJ. A study on the physical growth and development of Korean based on the '92 national anthropometric survey. *Korean J Phys Anthropol* 1993;6(2):177-189 (Korean)
22. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up and Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39(2):142-148
23. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10meter overestimates locomotor capacity after stroke. *Clin Rehabil* 2001;15(4):415-421
24. Lienhard K, Schneider D, Maffiuletti NA. Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Med Eng Phys* 2013;35(4):500-504
25. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000;10(5):361-374
26. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, Crossley KM, McConnell J. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(2):183-189
27. DeVita P, Stribling J. Lower extremity joint kinetics and energetics during backward running. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(5):602-610
28. Ok JY, Kim JW, Han WS, Han JD, Ahn DH. Influence of cane length on the weight distribution. *Phys Ther Korea* 2000;7(1):91-100 (Korean)
29. Kumar R, Roe MC, Scremin OU. Methods for estimating the proper length of a cane. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76(12):1173-1175
30. Cha YJ. Kinetic analysis of adult hemiplegia walking

- at different walking aid lengths [dissertation]. *Daegu, Daegu University*, 2011 (Korean)
31. Burke JH, Hermens HJ, Erren-Wolers CV, Nene AV. The effect of walking aid on muscle activation patterns during walking in stroke patients. *Gait & Posture* 2005;22:164-170
32. Choi YW, Jeong DG, Han JT, Lee MH, Kweon OH, Bae SS. A review of falls in the elderly and exercise intervention. *J Korean Soc Phys Med* 2007;2(2):125-134(Korean)
33. Choi YW. The effect of cane-shape on gait in stroke patients [dissertation]. *Daegu, Daegu University*, 2007 (Korean)