

# 부하자극이 만성뇌졸중 환자의 정적 균형, 근육 활성화도에 미치는 효과



The Journal Korean Society of Physical Therapy

■ 이승원, 신원섭<sup>1</sup>, 인태성<sup>1</sup>, 이순현<sup>1</sup>, 이해현<sup>1</sup>, 이경진<sup>1</sup>, 송창호  
■ 삼육대학교 물리치료학과, <sup>1</sup>삼육대학교 대학원 물리치료학과

Immediate Effects of Load Stimulation on Static Balance and Muscle Activities in Chronic Stroke Patients

Seung-Won Lee, PT, PhD; Won-Seob Shin, PT, PhD<sup>1</sup>; Tae-Sung In, PT, MPT<sup>1</sup>; Sun-Hyun Lee, PT, MPT<sup>1</sup>; Hae-Hyun Lee, PT, MPT<sup>1</sup>; Kyoung-Jin Lee, PT, BPT<sup>1</sup>; Chang-Ho Song, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Sahmyook University; <sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Graduate School of Sahmyook University

**Purpose:** We investigated the changes that effects of load stimulation (LS) on static balance and muscle activities in normal healthy elders and chronic stroke patients.

**Methods:** Subjects were instructed twenty normal healthy elders (8 men and 12 women) and ten chronic stroke patients (4 men and 6 women). They were tested while standing on a force platform under two conditions; LS, no LS were applied in random order. Prior to testing, adhesive surface EMG electrodes were fastened to the skin overlying the right (non-paralytic side in stroke patient) bellies of tibialis anterior (TA) and lateral gastrocnemius (LG) muscles. They were assessed on postural sway and %MVC (Maximum voluntary contraction) of TA and LG.

**Results:** Participants showed that the application of LS brought about a decrease in postural sway as expressed by average sway path and velocity. %MVC of TA and LG were increased. The application of LS to normal and stroke patients decreases postural sway during quite stance.

**Conclusion:** These findings the application of LS to normal and stroke patients improves static balance.

**Keywords:** Balance, EMG, Load stimulation, Postural sway, Stroke

논문접수일: 2009년 2월 2일

수정접수일: 2009년 3월 5일

게재승인일: 2009년 3월 9일

교신저자: 송창호, chsong@syu.ac.kr

## 1. 서론

뇌졸중은 허혈성, 출혈성 혈관 질환으로 국소적 뇌기능의 소실과 관련된 증상을 나타낸다.<sup>1</sup> 전 세계적으로 매년 450만 명이 뇌졸중으로 사망하고 있으며, 900만 명 이상이 뇌졸중을 겪고 있어 현대사회에서 뇌졸중의 위험성이 부각되고 있으며, 이로 인한 뇌졸중 관련 연구들이 많이 진행되어 왔다. 특히 뇌졸중은 만성 장애를 일으키는 가장 일반적인 원인으로 일상생활에 불편을 줄 뿐만 아니라 삶의 질을 저하시키는 질환이다.<sup>2</sup> 뇌졸중으로 인한 장애 중 가장 일반적인 것은 편마비이며, 이러한 편

마비는 비정상적인 신체의 균형, 비대칭적인 자세, 체중을 사방으로 이동하는 능력의 결함을 보이게 되고,<sup>3</sup> 자동적인 자세조절 기전을 방해하며 이로 인해 선 자세에서의 균형을 손상시킨다. 또한 보행에 어려움을 초래하며 낙상의 위험성을 증가시킨다.<sup>4,6</sup> 따라서 뇌졸중 환자의 재활의 목적은 균형의 개선과 함께 자세동요의 감소라고 할 수 있다.<sup>7</sup>

자세 안정성은 최소의 자세동요로 주어진 자세를 유지하는 정적 균형(static balance)과 주어진 과제를 수행하기 위해 지지기저면(base of support)에서 중력중심점을 움직이는 능력인 동적 균형(dynamic balance)으로 표현할 수 있다.<sup>8</sup> 자세 안정성

은 힘판(force platform)을 이용해 전기적 신호로서 측정될 수 있으며, 수직지면반발력으로부터 압력중심점(center of pressure, COP)의 이동을 계산할 수 있다. 전후(anterior-posterior, AP)와 내외(medial-lateral, ML) 방향으로의 COP의 이동 속도도 분석할 수 있다.<sup>9</sup> 특히 뇌졸중 환자의 정적 균형은 비대칭적인 양상을 나타내며 마비측으로의 동요가 증가된다.<sup>10</sup> 또한 만성 뇌졸중 환자를 같은 나이의 건강한 대조군과 비교했을 때 자세동요가 AP와 ML 방향에서 모두 증가되었다.<sup>1</sup> 이러한 증가된 자세동요를 감소시키기 위해 근력강화운동,<sup>11-13</sup> 균형훈련,<sup>14</sup> 전기자극<sup>15</sup>과 체감각 개선<sup>16</sup>등의 연구들이 진행되어왔다.

Regnaux 등<sup>17</sup>은 뇌졸중환자에게 비마비측 하지에 무게를 걸고 트레드밀에서 20분간 걷게 한 결과 보행능력이 증가되었다고 하였다. 여성운동선수를 대상으로 부하장비를 착용시켜 준비운동을 실시한 후 점프를 실시했을 때 장비를 착용하지 않았을 때보다 유의하게 점프거리가 증가된 것과 유사한 결과를 할 수 있다.<sup>18</sup> 일반적으로 부하장비는 골다공증(osteoporosis)의 예방을 목적으로 하는 운동에서 사용된다.<sup>19</sup> Jessup 등<sup>20</sup>은 여성 노인이 부하장비를 입은 상태로 걷고 근력강화 운동을 한 결과 균형이 좋아졌다고 하였다. 정적 균형은 일상생활을 영위하는데 중요한 역할을 담당하고 있으며, 동적 활동도 정적 균형에 기초한다.<sup>21</sup> 정적 균형 유지에는 족저굴곡 근육의 역할이 매우 중요하며 그 중에서도 외측비복근(lateral gastrocnemius, LG)은 정적균형에 크게 작용하고 갑작스런 동요나 유도된 동요에서 작용한다.<sup>22,23</sup>

기존 연구<sup>20,24,25</sup>에서 부하장비를 이용한 운동의 효과로 골 밀도의 증가, 근력의 증가, 균형의 증가 등을 제시하고 있으나 부하자극이 균형에 미치는 직접적인 효과를 규명하지는 못했으며, 뇌졸중과 균형이 손상된 환자를 대상으로 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 정상노인과 뇌졸중 환자의 정적 균형 개선을 위해 부하장비를 사용하여 정적 균형 능력의 변화를 알아보고, 근전도를 통한 하지의 근활성도를 비교함으로써 부하 자극의 직접적인 효과를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 연구대상은 한국판 간이 정신기능 검사(K-MMSE)에서 21점 이상이며, 독립적인 보행이 가능하고, 양발 서기 자세에서 30초 이상 설 수 있는 뇌졸중 환자군으로 U장애인복지관의 체력단력실에 출석하고 있는 뇌졸중 환자 중 본 연구에 참여하고자 하는 10명(남자 4명, 여자 6명)을 선정하였고, 정상

군은 뇌졸중 환자군에 나이와 신체조건이 대조되는 20명(남자 8명, 여자 12명)을 선정하였다. 모든 대상자는 측정하기 24시간 전에 약물복용이나 음주를 하지 않은 자를 대상으로 하였다. 본 연구에 대해 충분히 설명하고 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다.

### 2. 측정방법

실험 전 대상자의 일반적인 특성인 성별, 나이, 키, 몸무게 등을 설문지를 통해 직접 작성하거나 응답하도록 하였다. 설문지 작성 후 부하장비를 착용한 상태와 착용하지 않은 상태에서 정적 균형과 근육의 활성도를 측정하였다. 정적 균형은 힘판(PDM-Multifunction Force Measuring Plate, zebris, Germany)을 이용하여 전체자세 동요거리와 속도, AP 동요거리와 속도, ML 동요거리와 속도를 구하였다. 모든 근육활성도의 신호는 16채널 무선sEMG(TeleMyo 2400 G2 Telemetry System, Noraxon Inc., Arizona, USA)를 통해 얻은 후 소프트웨어(MyoResearch XP Master Edition, Noraxon Inc, Arizona, USA)를 통해 컴퓨터에 저장하였다. sEMG의 신호는 잡음을 제거하기 위해 10~250Hz의 대역 필터(band pass filter)를 사용한 후 60Hz의 Low pass filter로 처리하고 RMS(root mean square)하여 사전처리 한 후 1500Hz 비율로 표본추출하였다. sEMG를 통해 수집된 TA와 LG의 근육 활성도는 대상자 개개인을 비교하기 위해 MVIC 시 근육활성도로 나누어 %최대자발적수축력(%MVC)을 구하였다.

### 3. 측정절차

표면 근전도(surface EMG, sEMG)의 전극은 Ag/AgCl(Meditrace 200, Ludlow Technical Products, Canada)을 사용하였고, 전극을 부착하기 위해 대상자를 의자에 앉혔다. 측정 오류를 최소화하기 위해 모든 대상자는 전극 부착부위에 면도를 실시하고 피부표면을 사포와 알코올을 사용해 피부 각질과 기름기를 제거한 후 충분히 건조시켜 준비시켰다. sEMG 전극의 부착 근육은 건강한 노인 우세측 다리(dominant leg)와 뇌졸중 환자 비마비측 다리(non-paralytic leg)의 전경골근(Tibialis anterior, TA)과 LG로, 근복(muscle belly)에 전극을 부착하였고 접지전극(ground electrode)은 TA 가까이 위치한 슬개건에 부착하였다. 측정 전 모든 대상자는 TA와 LG의 최대자발등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)시 근활성도를 측정하였다.

힘판에 오르기 전 대상자는 선 자세에 대해 충분히 숙지하도록 하였고, 3회의 연습 후 측정하도록 하였다. 힘판에 설 때는 뒤꿈치가 15cm 정도 떨어진 상태에서 양발이 평행하도록 하였으며, 재측정 시에도 같은 위치에 발을 두기 위해 힘판에

위치를 표시해 두고, 재측정 시 표시 위에 발을 위치하도록 하였다. 대상자는 항상 정면을 주시하도록 하였고, 양팔은 자연스럽게 대상자의 측면에 내려놓도록 하였으며 모든 측정은 눈을 감은 상태로 측정하였다.

측정은 부하장비(중량조끼, All star, Taehwa sports, Korea)를 입고 벗은 두 가지 상태에서 이루어졌으며 각각 3회씩 측정되었고, 적응을 최소화하기 위해 두 가지 상태를 무작위로 실시하였다. 모든 측정은 30초간 이루어졌다. 대상자에게 측정간 충분히 쉴 수 있는 시간을 제공하여 피로를 최소화 하였고, 대상자가 측정하는 동안 대상자의 낙상을 예방하기 위해 연구자가 대상자 옆에 서서 대상자를 접촉하지 않은 상태로 대기하도록 하였다.

sEMG와 힘판을 동기화하여 힘판의 측정이 시작되면 sEMG에 디지털신호를 입력하고 디지털신호 후 30초간 기록되도록 하였다.

대상자에게 적용된 부하장비의 무게는 10kg으로 2.5kg 무게 4개를 조끼의 주머니에 넣었고 조끼 자체의 무게 2kg을 더해 전체 무게가 12kg이 되도록 하였으며, 건강한 노인군과 뇌졸중 환자 모두 동일한 무게를 적용하였다.

#### 4. 자료분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS ver. 12.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 뇌졸중 환자군과 건강한 노인군의 동질성 검증을 하였으며, 전체 대상자는 정규성 검증을 하여 정규분포하였다. 각 집단의 부하장비 착용 전과 후의 정적 균형의 변화와 근육활성도의 변화는 대응표본 t 검정을 실시하였고, 집단 간 차이를 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은  $p < 0.05$ 로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구대상자의 일반적 특성

대상자는 환자군 10명과 노인군 20명으로 총 30명이 본 연구에 참여하였다. 연령은 환자군에서  $64.75 \pm 2.65$ 세이고, 노인군에서  $65.09 \pm 2.66$ 세로 집단별 차이는 없었다. 신장은 환자군에서  $158.50 \pm 10.07$ cm, 노인군이  $154.90 \pm 5.20$ cm으로 차이가 없었고, 체중도 각각  $64.62 \pm 9.60$ kg과  $62.66 \pm 6.77$ kg으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

**Table 1.** General characteristics of study participants and tests of homogeneity

	Stroke (n=10)	Normal (n=20)	t	p
Male	4	8		
Female	6	12		
Age	$64.75 \pm 2.65^*$	$65.09 \pm 2.66$	-0.312	0.757
Height(cm)	$158.50 \pm 10.07$	$154.90 \pm 5.20$	1.271	0.215
Weight(kg)	$64.62 \pm 9.60$	$62.66 \pm 6.77$	0.620	0.541

\* mean $\pm$ SD

#### 2. 부하장비 착용 전후의 정적 균형능력의 변화

전체 동요거리는 부하장비 착용 전은 환자군의 경우 53.98cm, 노인군은 51.96cm이었다. 부하장비 착용 후 환자군은 5.44cm가 감소한 48.54cm이었고, 노인군은 5.29cm 감소한 46.68cm이었다. 부하장비 착용 전·후의 차이를 검증한 결과 환자군과 노인군에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ). 집단 간의 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

전체 동요속도는 부하장비 착용 전은 환자군의 경우 1.83 cm/s, 노인군은 1.77cm/s이었다. 부하장비 착용 후 환자군은 0.18cm/s 감소한 1.65cm/s이었고, 노인군은 0.18cm/s 감소한 1.59cm/s이었다. 부하장비 착용 전·후의 차이를 검증한 결과 환자군과 노인군에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ). 집단 간의 비교에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

ML 동요거리, AP 동요거리와 속도가 유의하게 감소하였지만( $p < 0.05$ ), ML 동요속도는 통계적으로 유의하지 않았으며, 집단 간의 비교에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 2).

#### 3. 부하장비 착용 전후의 정적 근육활성도의 변화

TA %MVC는 부하장비 착용 전 환자군의 경우 9.39%, 노인군은 6.85% 이었다. 부하장비 착용 후 환자군은 3.67% 증가한 13.07% 이었고, 노인군은 0.04% 감소한 6.81% 이었다. 부하장비 착용 전·후의 차이를 검증한 결과 환자군과 노인군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 부하장비 착용 후 TA %MVC는 환자군과 노인군 사이에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 부하장비 착용 전후차에서 집단간 유의한 차이를 나타냈다( $p < 0.05$ ).

LG %MVC는 부하장비 착용 전 환자군은 17.31%, 노인군은 14.15% 이었다. 부하장비 착용 후 환자군은 4.35% 증가한 21.66% 이었고, 노인군은 1.75% 증가한 15.90% 이었다. 부하장비 착용 전·후의 차이를 검증한 결과 환자군에서는 통계

**Table 2.** Changes of static balance abilities before- and after- wearing load appliances

		Stroke(n=10)	Normal(n=20)	t	p
ML sway path(cm)	Before	37.63±7.09*	36.39±7.81	0.380	0.708
	After	35.29±8.88	33.93±7.17	0.397	0.696
	Change	2.34±2.88	2.46±3.34	-0.087	0.932
	t	2.439†	2.654†		
AP sway path(cm)	Before	31.07±4.57	29.61±4.09	0.781	0.444
	After	26.40±3.80	25.19±2.78	0.870	0.395
	Change	4.66±1.58	4.43±2.71	0.234	0.817
	t	8.829†	5.899†		
Total sway path(cm)	Before	53.98±8.21	51.96±7.85	0.582	0.567
	After	48.54±9.19	46.68±7.08	0.537	0.597
	Change	5.44±3.01	5.29±4.10	0.097	0.923
	t	5.417†	4.649†		
ML sway velocity (cm/s)	Before	1.27±0.24	1.24±0.27	0.290	0.775
	After	1.20±0.30	1.16±0.25	0.353	0.727
	Change	0.07±0.10	0.08±0.11	-0.183	0.857
	t	2.250	2.610†		
AP sway velocity (cm/s)	Before	1.05±0.16	1.01±0.14	0.639	0.530
	After	0.90±0.13	0.86±0.10	0.803	0.432
	Change	0.16±0.06	0.15±0.09	0.092	0.927
	t	7.857†	5.921†		
Total sway velocity (cm/s)	Before	1.83±0.28	1.77±0.28	0.441	0.664
	After	1.65±0.31	1.59±0.24	0.464	0.647
	Change	0.18±0.11	0.18±0.14	-0.035	0.973
	t	5.126†	4.574†		

\*mean±SD, †p<0.05

**Table 3.** Changes of muscle activities before- and after- wearing load appliances

		Stroke(n=10)	Normal(n=20)	t	p
TA %MVC	Before	9.39±7.21*	6.85±3.20	1.121	0.273
	After	13.07±11.31	6.81±4.10	1.844	0.080
	Change	-3.67±4.91	0.04±1.71	-2.540	0.020
	t	-2.244	0.091		
LG %MVC	Before	17.31±10.82	14.15±8.81	0.754	0.460
	After	21.66±16.09	15.90±8.32	1.102	0.283
	Change	-4.35±6.45	-1.75±2.48	-1.328	0.199
	t	-2.021	-2.545†		

\*mean±SD, †p<0.05

적으로 유의한 차이를 보이지 않았지만, 노인군에서는 유의하게 증가되었다(p<0.05)(Table 3).

#### IV. 고찰

최근 연구에서 뇌졸중 환자는 정적 선 자세에서 자세 불안정을 보이며, 특히 마비측에서의 동요가 두드러진다고 하였으며, 건강한 대상자와 비교했을 때 뇌졸중 환자의 자세동요는 증가된

다고 하였다.<sup>8,10</sup> 정상성인, 노인과 뇌졸중 환자의 자세동요를 비교한 연구에서 뇌졸중 환자에서 ML 방향에서의 동요가 나머지 두 집단에 비해 증가한다고 하였다.<sup>26</sup> 본 연구 결과에서는 노인과 비교했을 때 뇌졸중 환자의 ML 방향에서의 자세동요 차이가 통계적으로 유의하지는 않았으나, 뇌졸중 환자의 자세동요가 노인에 비해 증가되어 있는 것으로 나타났다. 이는 뇌졸중 환자의 유병기간이 오래된 만성환자이었기 때문에 비교적 좋은 안정성을 나타낸 것으로 사료된다.

이렇게 자세동요가 증가되어 정적 균형에 불안정을 나타내는 뇌졸중 환자의 자세동요 개선을 위해 본 연구에서는 부하장비의 착용 전·후의 자세동요를 비교하였고, 건강한 노인에게도 부하장비를 적용하여 부하자극 효과를 알아보고자 하였다. 또한 하지 근육활성도를 비교함으로써 부하장비의 적용으로 나타나는 자세동요의 변화를 설명하고자 하였다.

일반적으로 부하장비는 폐경기 여성이나 골다공증환자에게 적용하여 골밀도 감소의 예방 목적으로 사용되었고,<sup>24,25</sup> 운동선수들에게 과제수행 전 준비운동으로 사용되어 과제수행 능력을 증가시키는 목적으로 이용되었다.<sup>18</sup> Jessup 등<sup>20</sup> 은 여성노인을 대상으로 부하장비를 착용시킨 후 점차적으로 무게를 증가시키며 32주간 운동시킨 결과 대퇴골경부와 요추의 골밀도, 근력이 유의하게 증가되었고( $p < 0.05$ ), 자세동요와 체중이 유의하게 감소되었다고 하였다( $p < 0.05$ ). 그러나 이 연구 결과는 장기간의 운동으로 인한 근력증가가 자세동요 감소에 영향을 주었기 때문에 부하자극에 의한 직접적인 균형개선이라고 설명할 수는 없다. 따라서, 본 연구에서는 부하자극의 직접적 효과를 알아보기 위해 힘판을 이용하여 뇌졸중 환자에게 부하장비 적용 전과 후의 자세동요를 측정하였다.

Pohl과 Mehrholz<sup>27</sup> 는 뇌졸중 환자에게 개별적으로 제작된 기능적 발목보조기(ankle-foot orthosis, AFO) 착용 전과 후의 자세동요를 비교하여 AFO 착용 후에 자세동요가 즉시 감소하였다고 하였다( $p < 0.05$ ). 이는 마비측 하지에 AFO를 착용함으로써 체중지지가 착용함과 동시에 가능하였기 때문이다. 본 연구에서도 부하장비를 착용하고 자세동요를 측정한 결과 건강한 노인과 뇌졸중 환자에서 자세동요가 유의하게 감소되었다( $p < 0.05$ ). 이는 AFO가 제공한 안정성을 부하장비의 착용을 통해 안정성을 확보한 것이라 사료된다.

Savelberg 등<sup>28</sup> 의 연구에서 부하가 증가함에 따라 근육활성도가 증가한다는 결과는 본 연구의 TA와 LG의 %MVC가 증가한 결과와 일치한다. 따라서, 체중에 부하를 더해줌으로써 하지 근육의 근육활성도가 증가된 것이라고 할 수 있다.

하지에 존재하는 부하 감수기(load receptors)를 통한 고유수용 되먹임 기전은 기립이나 보행시 균형을 유지하는데 매우 필수적인 요소이다.<sup>29</sup> 체중을 50% 감소시켰을 때 비복근의 근

육활성도가 급격하게 감소된 결과는 파킨슨 환자와 뇌졸중 환자에 비해 정상인에서 급격하게 감소하였는데 이는 부하 감수기가 정상적으로 작용하였기 때문이다.<sup>30</sup> 부하 감소기는 TA보다는 하퇴의 신전근인 비복근에 많이 작용하며 부하 감수기의 작용으로 비복근이 더욱 활성화 된다.<sup>30</sup> 본 연구에서도 LG의 근육활성도의 증가가 TA의 근육활성도 증가보다 큰 이유는 LG의 부하 감수기가 더욱 많이 작용하였다고 할 수 있다.

TA의 근육활성도 증가가 노인에서는 0.04% 감소한 반면 뇌졸중 환자에서는 3.67% 증가한 결과는 노인은 부하자극의 영향이 TA보다는 LG에 가해지며, 뇌졸중 군에서는 TA와 LG에 모두 영향을 미친다는 결론을 얻을 수 있었다.

본 연구의 결과로 뇌졸중 환자에게 부하장비를 적용하여 하지 근육의 부하 감수기의 작용을 증가시켜 하지의 근육활성도를 증가시킴으로써 균형개선의 효과를 가져올 수 있을 것으로 사료된다. 더 나아가 부하장비를 착용하고 일정시간 운동 후 근육활성도를 측정하여 지속적인 효과 규명이 필요하리라 생각한다.

본 연구는 부하장비 착용 후의 일시적인 효과만 규명하였고 정적 균형만 측정하였다는 제한점이 있으며, 앞으로 부하장비를 일정시간 착용 한 후의 효과를 규명하는 것이 필요하며, 동적 균형이나 보행에 대한 측정으로 부하장비가 뇌졸중 환자의 이동 시의 미치는 영향을 알아보는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구를 통해 부하자극이 정상노인과 만성뇌졸중 환자의 정적 균형능력 개선에 효과가 있음을 확인하였고, 부하장비의 착용으로 하지의 근육활성도가 증가된 것을 알 수 있었다. 이는 근육활성도의 증가로 균형 개선의 효과를 얻을 수 있음을 의미하며 뇌졸중 환자에게 부하를 적용하므로 임상에서의 활용의 가능성을 제공하였다고 할 수 있다. 앞으로 본 연구의 결과를 바탕으로 부하장비를 착용한 상태로 일정시간 운동하여 근육활성도 및 자세동요를 측정함으로써 지속적인 효과 규명이 필요할 것으로 사료된다.

## Author Contributions

Research design: Shin WS, Lee SW, Song CH

Acquisition of data: Lee SW, Lee KJ, Lee HH, Lee SH, In TS  
Analysis and interpretation of data: Lee SH, Lee KJ, Shin WS

Drafting of the manuscript: Lee SW, Lee HH, In TS  
Administrative, technical, and material support:

Research supervision: Song CH

참고문헌

1. Peurala SH, Kononen P, Pitkanen K et al. Postural instability in patients with chronic stroke. *Restor Neurol Neurosci*. 2007;25(2):101-8.
2. Wolfe CD. The impact of stroke. *Br Med Bull*. 2000; 56(2):275-86.
3. Kang KY, Song BH. Improvements in balance of patients with hemiplegia a literature review. *The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science*. 2008;15(2):87-95.
4. Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO et al. Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76(1):27-32.
5. Kirker SG, Simpson DS, Jenner JR et al. Stepping before standing: hip muscle function in stepping and standing balance after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2000;68(4):458-64.
6. Nyberg L, Gustafson Y. Fall prediction index for patients in stroke rehabilitation. *Stroke*. 1997;28(4):716-21.
7. Carr JH, Shepherd RB. *Stroke rehabilitation : guidelines for exercise and training to optimize motor skill*. New York, Butterworth-Heinemann, 2003.
8. Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Phys Ther*. 1997;77(5):553-8.
9. Era P, Schroll M, Ytting H et al. Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women: a cross-national comparative study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51(2):M53-63.
10. Dickstein R, Abulaffio N. Postural sway of the affected and nonaffected pelvis and leg in stance of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(3):364-7.
11. Bohannon RW. Simple clinical measures. *Phys Ther*. 1987;67(12):1845-50.
12. Mathieu PA, Sullivan SJ. Changes in the hemiparetic limb with training. I. Torque output. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1995;35(8):491-502.
13. Kim G, Kim SH, Seo SK et al. Effects of Elastic Band Resistance Exercise on Improving the Balance Ability in the Elderly. *The Journal Korean Society of Physical Therapy*. 2008;20(2):1-10.
14. Bae SC, Kim KJ, Yoon HI. The effects of the balancing training on the unstable surface for the CVA patients. *The Korean Society of Physical Therapy*. 2001;7(2).
15. Kang YH, Yoon SW, Seo SK et al. The Effect on Change of Spinal Neuron Excitability during Gait Training of Hemiplegia Patients by the Functional Electrical Stimulation. *The Journal Korean Society of Physical Therapy*. 2007;19(1): 11-22.
16. Liu W, Lipsitz LA, Montero-Odasso M et al. Noise-enhanced vibrotactile sensitivity in older adults, patients with stroke, and patients with diabetic neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(2):171-6.
17. Regnaud JP, Pradon D, Roche N et al. Effects of loading the unaffected limb for one session of locomotor training on laboratory measures of gait in stroke. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2008;23(6):762-8.
18. Thompsen AG, Kackley T, Palumbo MA et al. Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):52-6.
19. Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am*. 2001;27(1): 131-41, vi.
20. Jessup JV, Horne C, Vishen RK et al. Effects of exercise on bone density, balance, and self-efficacy in older women. *Biol Res Nurs*. 2003;4(3):171-80.
21. Kouzaki M, Fukunaga T. Frequency features of mechanomyographic signals of human soleus muscle during quiet standing. *J Neurosci Methods*. 2008;173(2):241-8.
22. Gatev P, Thomas S, Kepple T et al. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *J Physiol*. 1999;514 ( Pt 3):915-28.
23. Masani K, Popovic MR, Nakazawa K et al. Importance of body sway velocity information in controlling ankle extensor activities during quiet stance. *J Neurophysiol*. 2003;90(6):3774-82.
24. Greendale GA, Hirsch SH, Hahn TJ. The effect of a weighted vest on perceived health status and bone density in older persons. *Qual Life Res*. 1993;2(2):141-52.
25. Greendale GA, Salem GJ, Young JT et al. A randomized trial of weighted vest use in ambulatory older adults: strength, performance, and quality of life outcomes. *J Am Geriatr Soc*. 2000;48(3):305-11.
26. Yu E, Abe M, Masani K et al. Evaluation of postural control in quiet standing using center of mass acceleration: comparison among the young, the elderly, and people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(6):1133-9.
27. Pohl M, Mehrholz J. Immediate effects of an individually designed functional ankle-foot orthosis on stance and gait

- in hemiparetic patients. *Clin Rehabil.* 2006;20(4):324-30.
28. Savelberg HH, Fastenau A, Willems PJ et al. The load/capacity ratio affects the sit-to-stand movement strategy. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(7):805-12.
29. Dietz V, Gollhofer A, Kleiber M et al. Regulation of bipedal stance: dependency on "load" receptors. *Exp Brain Res.* 1992;89(1):229-31.
30. Dietz V, Colombo G. Influence of body load on the gait pattern in Parkinson's disease. *Mov Disord.* 1998;13(2):255-61.