

앉은 자세에서 능동적 체간 훈련이 초기 뇌졸중 환자의 균형과 에너지 소모에 미치는 효과

최종덕 · 정경만[†]

대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과, ¹원광대학교 의과대학병원 물리치료실

The Effect of Active Trunk Training in Sitting Position on Balance and Energy Consumption in Early Stroke Patients

Jong-Duk Choi, PhD · Kyeong-Man Jung, PT, PhD[†]

Dept. of Physical Therapy, College of Health & Medical Science, Daejeon University

¹Dept. of Physical Therapy, WonKwang University school of Medicine & Hospital

Received: August 10, 2017 / Revised: August 25, 2017 / Accepted: October 18, 2017

© 2017 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to determine the effect of active trunk training in the sitting position on balance and energy consumption in early stroke patients.

METHODS: The subjects of this study were twenty four early stroke patients were recruited and randomly divided into two groups; experimental group (n=12) and control group (n=12). The subjects in the experimental group participated in active trunk training (20 min) and conventional physical therapy (20 min) five times a week for four weeks. The control group conducted general balance exercise (20 min) and conventional physical therapy (20 min) five times a week for four weeks. The outcomes were assessed using the Berg balance scale, Timed up and go test and energy cost and

physiological cost index.

RESULTS: Both groups showed a significant increase in their Berg balance scale and significant decrease in their Timed up and go test score, and energy cost and physiological cost index ($p < .05$). Compared to the control group, the experimental group experienced a greater increase in the Berg balance scale ($p < .05$) and a larger decrease in the timed up and go test score, and energy cost and physiological cost index ($p < .05$).

CONCLUSION: We suggest that active trunk training in the sitting position may be effective in improving balance and energy consumption in early stroke patients. Thus, active trunk training is important for such patients. Further studies are needed to better understand the effectiveness of trunk training in early stroke patients.

Key Words: Acute stroke, Balance, Energy metabolism, Exercise therapy, Trunk

[†]Corresponding Author : future1347@naver.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

뇌졸중 환자는 마비측 신체 전반에 걸쳐 근력약화, 강직, 감각 결손 및 운동장애 등에 의해 자세조절에 문제를 가지게 된다(de Oliveira 등, 2008). 근력약화는 뇌졸중 발병 이후 발생하는 가장 일반적인 증상으로 마비측 사지와 양측 체간 근육에 발생한다(Dickstein 등, 2000). 특히 체간 근육의 근력약화와 감각결손은 체간조절능력을 감소시켜(Lim 등, 2011), 일어서고 앉기, 보행과 같이 체간의 안정성이 요구되는 대부분의 일상생활에 장애를 유발해 피로와 삶의 질 저하를 초래한다(Dickstein 등, 2004). 대부분의 뇌졸중 환자들은 발병초기부터 중력에 노출되어 독립적인 체간 조절의 어려움을 호소한다(Babu와 Nayak, 2011). 체간조절능력의 상실은 균형, 보행, 상지 기능 뿐 아니라 언어, 호흡 기능에 이르기 까지 다양한 방면에 걸쳐 기능제한을 야기할 수 있다(Hsieh 등, 2002).

뇌졸중 환자의 체간조절능력의 저하는 보행 시 체중 이동 능력의 감소와 비대칭적인 자세로 하지의 교대적인 움직임이 감소되고 불안정성이 증가되어 근피로에 약한 굴곡근 위주의 위상성 수축이 많이 유발되므로 과도한 에너지 소모량 증가로 근 피로와 지구력의 문제를 초래하게 된다(Franceschini 등, 2013). 이와 같이 근 피로는 편마비 환자의 일상적 기능활동에 많은 불편감을 초래하는 주요 원인으로, 뇌졸중 발병 1년경과 후 69.5%(Schepers 등, 2006), 발병 2년 경과 후 50%(van der Werf 등, 2001)에서 피로를 호소하며, 27%에서는 매일 불편감을 호소할 정도로 나타나고 있으며 이는 삶의 질에 부정적인 요인으로 작용한다(De Groot 등, 2003). 특히 뇌졸중 환자에서 보행 중 발생하는 에너지 소모는 정상인과 비교했을 때 두 배 정도 높다고 하였다(Detrembleur 등, 2003). 따라서 일상생활에서 많은 부분을 차지하는 보행 중 소모되는 에너지를 효과적으로 줄여주는 것은 뇌졸중 환자의 재활에 있어 중요한 요소이다(Massaad 등, 2010).

체간조절능력은 중력에 대항해 신체를 똑바로 세우거나 기능적 동작 시 적절한 체중 이동과 체간의 선택적인 동작을 가능하게 하는 능력으로 뇌졸중 환자의 균형

능력 향상과 기능회복을 위해 반듯이 훈련하여 습득해야한다. 또한 발병 초기 체간조절능력의 정도는 향후 기능적 회복의 정도를 예측할 수 있는 중요 인자로 사용되기 때문에 뇌졸중 발병 초기부터 적극적인 체간 훈련이 필요하다(Verheyden 등, 2004). Houdijk 등(2009)은 기립 시 균형 능력의 정도가 에너지 소모에 직접적인 영향을 미치기 때문에 균형 능력을 회복시키는 것은 기능적 움직임 시 에너지 소모를 줄이는데 중요한 요소라 하였다. Kim 등(2009)과 Song과 Kim (2010)은 뇌졸중 환자는 자세조절 향상을 위해 체간 근력 증진과 척추분절 간 선택적인 움직임 습득이 매우 중요한데, 체간 훈련 운동은 체간 근력 증진과 자세조절 향상에 있어 효과적인 중재 방법이라고 하였다. 또한 Cabanas-Valdes 등(2013)도 뇌졸중 환자의 균형 능력 증진을 위해 시행되는 체간 훈련은 복부 주변 근육의 동시 수축을 통해 불안정한 요추부에 기능적 안정성을 제공하고 자세 조절 능력을 향상시키는 운동방법으로 뇌졸중 환자의 균형 능력과 보행 능력을 개선시키는데 효과적인 방법이라고 하였다.

그러나 많은 연구에서는 체간조절능력이 균형과 보행 능력에 밀접한 관련이 있음에도 불구하고 대부분의 재활치료의 중심이 상지와 하지에 초점을 둔 연구가 진행되고 있다(Pollock 등, 2007; Van peppen, 2004). 특히 최근 급성기 뇌졸중 환자의 입원기간이 30일 이내로 제한되고 입원기간 중 기립과 보행관련 지표들을 치료의 목표로 설정하기 때문에 체간 훈련 및 체간 안정화 운동에 집중할 수 있는 치료시간이 부족한 실정이다(Park 등, 2010). 또한 초기 뇌졸중 환자들의 초기 보행은 균형 능력이 충분한 습득되기 전에 훈련되기 때문에 자세의 비대칭과 환측으로 충분히 체중 지지를 하지 못하는 문제가 나타난다(Lee 등, 2013). 따라서 초기 뇌졸중 환자에게 체간 훈련을 통한 체간조절능력의 향상은 다시금 중요시 되고 있다(Babu와 Nayak, 2011; Verheyden 등, 2009).

그러나 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 훈련 운동이 균형능력 증진에 효과적인 중재방법으로 제시되고 있음에도 불구하고 보행 시 에너지 소모에 미치는 효과에 대한 연구는 아직까지 미흡하다. 또한 뇌졸중 환자를

대상으로 치료적 중재 후 에너지소모 측면에서 기능적 수행능력의 변화에 대한 객관적인 측정 자료는 더욱 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 능동적 체간 훈련이 초기 뇌졸중 환자의 균형능력과 에너지 소모에 미치는 영향을 확인하여 에너지 효율성 측면에서 효과적인 임상적 중재 방법임을 확인하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 전북 익산에 위치한 W대학교병원에 뇌졸중으로 입원한 편마비 환자 24명을 대상으로 실시하였다. 본 연구의 선정조건에 부합되는 대상자는 다음과 같다. 뇌졸중으로 진단 받은 지 3개월 미만인 환자 중 재발되지 아니한 자, 독립적으로 보행이 불가능 하지만 보행 보조 도구나 보조기를 착용하여 5분 이상 보행이 가능한 자, 버그균형 척도 상 medium fall risk (21-40점)에 해당하는 자, 마비측 하지 경직의 등급이 MAS (Modified Ashworth Scale)가 G2 이하인 자, 한국형 간이정신상태검사 판별검사(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자로 선정하였으며, 심장 및 정형외과적 질환이 있는 자는 제외 하였다. 중재 전에 두 군간 일반적 특성 및 의학적 특성은 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 1).

2. 연구절차

본 연구 대상자는 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 듣고 실험 참여에 자발적으로 서면동의 한 자를

선정하였다. 연구 대상자는 난수표를 이용해 무작위 배정하여 능동적 체간 훈련을 적용한 실험군 12명과 일반적 균형 운동을 적용한 대조군 12명으로 나누었다. 본 연구에서 모든 대상자는 중추신경발달치료에 기초한 스트레칭, 관절운동, 근력강화, 보행 훈련 등의 물리치료와 상지와 손 기능 및 일상생활동작훈련 등에 기초한 작업치료를 각각 30분씩 일회 실시하였고, 추가적으로 실험군에는 능동적 체간 훈련과 대조군에는 일반적 균형 운동을 각각 20분씩 일회, 주 5회, 4주, 총 20회 실시하였다. 각 운동프로그램에 중재 방법은 Table 2와 같다.

3. 중재 방법

1) 능동적 체간 훈련 프로그램(Active trunk training program)

본 연구에 사용된 능동적 체간 훈련 프로그램은 Verheyden 등(2009)과 Cabanas-Valdes 등(2013)의 연구를 본 연구에 맞게 수정 보완하였다. 대상자는 엉덩관절(hip joint)과 무릎관절(knee joint)을 90도 굴곡하고 양발은 지면에 지지하여 바른 자세로 앉는다. 프로그램은 총 4가지로 구성되며 다음과 같다. 첫째, 체간 굴곡(trunk flexion)을 실시하였다. 이 운동은 체간이 전후방으로 이동되지 않고 요부에서만 선택적으로 굴곡과 신전이 유발될 수 있도록 하였다. 둘째, 체간 외측 굴곡(trunk lateral flexion)을 실시하였다. 오른쪽과 왼쪽을 번갈아 가며 체간을 외측 굴곡하였으며, 가능한 팔꿈치가 테이블에 닿을 수 있을 정도까지 굴곡 후 다시 원위

Table 1. General characteristics of subjects

Variables (units)	ATTG (n=12)	GBEG (n=12)	p
Gender (male/female)	7/5	6/6	.69
Age (year)	58.67±8.54 ^a	59.42±7.25	.82
Body weight (kg)	59.08±8.40	59.33±7.02	.94
Affected side (right/left)	5/7	6/6	.24
Onset duration (week)	7.58±1.82	7.58±1.38	.98
MMSE-K (score)	27.17±1.75	26.50±1.45	.32

^a Mean±Standard deviation, ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group

* $p<.05$

Table 2. Exercise program for active trunk training and general balance exercise

Stage	Contents					Time	
	Variety	Intensity (RPE)	Surface	Period (week)	Frequency	Sets	min
ATTG	Trunk flexion	11~13 13~15	stable unstable	1~2 3~4	15	4	5
	Trunk lateral flexion	11~13 13~15	stable unstable	1~2 3~4	15	4	5
	Trunk rotation (upper, lower)	11~13 13~15	stable unstable	1~2 3~4	15	4	5
	Trunk forward & lateral reach	11~13 13~15	stable unstable	1~2 3~4	15	4	5
GBEG	Lateral weight shifting	11~13 13~15		1~2 3~4	15	4	5
	Set up and down	11~13 13~15		1~2 3~4	15	4	5
	Treadmill gait training	11~13 13~15		1~2 3~4	15	4	10

ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group

치료 되돌아 오도록 하였다. 셋째, 체간 회전(trunk rotation)을 실시하였다. 체간 상부 운동은 양팔을 가슴 위치에 교차하여 밀착한 후 한쪽 어깨는 전방으로 반대 측 어깨는 후방으로 이동될 수 있도록 하였고, 체간 하부 회전 운동은 체간 상부의 움직임을 최소화 한 상태에서 동측의 골반과 무릎이 전방과 후방으로 움직이는 동안 체간 하부에서 회전 운동이 일어나도록 하였다. 넷째, 체간 전방 및 외측방향으로 팔 뻗기(trunk forward & lateral reach)를 실시하였다. 전방 팔 뻗기 운동은 양손을 깍지 끼고 체간을 신전한 상태에서 전방으로 체간을 이용해 팔 뻗기를 실시 후 원위치로 되돌아 오도록 하였다. 외측 팔 뻗기는 어깨 높이로 팔을 들어 옆으로 뻗을 수 있도록 실시하였다. 마비로 인해 팔을 들지 못하는 경우 마비측 견봉을 측방으로 이동하여 실시하였다. 운동은 순서대로 진행하였고 각각의 운동은 5분씩 구성하였으며 4분 30초 동안 15회를 1세트하여 총 4세트를 실시하였고 30초는 다음 동작을 준비하거나 쉬는 시간을 갖도록 하여 총 20분으로 구성하였다. 운동의 속도는 정확한 동작을 구현할 수 있는 속도로 하였고 동작이 익숙해지면 운동의 속도를 개인에 맞게 증가할 수 있도록 하였다. 운동의 난이도를 조정하기 위해 1~2주는 일

반적인 치료 매트에서 실시 하였고, 3~4주는 가로 296 cm, 세로 46 cm, 두께 6 cm의 Kybunder (kybunder, Kybun, Swiss)를 이용하여 불안정한 지면에서 수행할 수 있도록 하였다. 운동의 강도는 운동자각도를 이용하여 초기 1~2주차에서는 RPE 13 (약간 힘들다), 3~4주에서는 RPE 15 (힘들다)로 하였다. 환자의 안전을 위하여 보호자는 환자의 마비측에 위치 하도록 하였고, 정확한 운동방법과 운동 횟수 및 환자상태를 모니터링 하기 위해 경력 5년 이상의 숙련된 1명의 물리치료가 상주 하였다.

2) 일반적 균형 운동프로그램(General balance exercise program)

본 연구에 사용된 일반적 균형 운동프로그램은 균형 운동(10분)과 보행훈련(10분)으로 구성하였다. 균형 운동은 Goo 등(2010)의 연구를 본 연구에 맞게 수정 보완 하였고, 보행 훈련은 트레드밀 위에서 손잡이를 잡고 편안한 속도로 보행훈련을 적용하였다. 균형 운동은 기립상태에서 환측으로 체중이동, 발판에 환측 발을 올리고 내리는 운동을 각 5분씩 개인의 능력에 맞게 실시하였다. 보행 훈련은 트레드밀에서 안전핀을 착용

후 건측 손으로 손잡이를 잡고 점진적으로 속도를 높여 안정성이 유지될 정도의 속도로 10분간 시행하였다. 운동자각도를 이용하여 초기 1~2주차에서는 RPE 13 (약간 힘들다), 3~4주에서는 RPE 15 (힘들다)로 상향하였다. 환자의 정확한 운동방법과 운동 횟수 및 환자 상태를 모니터링 하기 위해 경력 5년 이상의 숙련된 1명의 물리치료가 상주하였다.

4. 평가방법

1) 버그균형척도

그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)를 사용하여 동적 균형능력을 평가하였다. 버그 균형 척도는 뇌졸중 환자나 노인의 평가 척도로 사용되며, 총 14 항목으로 자세유지와 균형능력을 바탕으로 일상생활에서 가장 많이 수행되는 동작을 평가하는 항목으로 구성되어 있다. 세부항목에는 앉았다가 일어서기, 독립적으로 서 있기, 독립적으로 앉아있기, 서 있는 상태에서 앉기, 이동하기, 선 상태에서 발 앞에 다른 발 일자로 두기, 서 있는 상태에서 한발로 유지하기 등으로 구성되어 있다. 항목별로 과제를 수행할 수 없는 0점에서부터 과제를 독립적으로 수행할 수 있으면 4점으로 총 5점 척도로 구성되어 있으며 최대 점수는 56점이다. 검사자 내 신뢰도는 $r=.99$, 검사자 간 신뢰도는 $r=.98$ 이다(Berg 등, 1995). 모든 검사가 한 명의 검사자에 의해 동일하게 시행되었다.

2) 일어나 걸어가기 검사

일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test, TUG)를 사용하여 동적 균형능력을 평가하였다. 본 평가도구는 뇌졸중 환자와 노인의 균형능력을 빠르게 측정할 수 있는 검사방법이다. 측정방법을 보면 대상자는 "시작"이라는 구두지시와 함께 팔걸이와 등받이가 있는 딱딱한 의자에서 일어나 평상 시 보행 속도로 전방 3m에 있는 물체를 비 마비측 방향으로 돌아 다시 원래 위치의 의자에 되돌아와서 앉을 때까지의 시간을 측정하였다. 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $r=.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다. 모든 검사가 한 명의 검사자에 의해 동일하게 시행되었고, 총 3회 측정하여

평균값을 구하였다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

3) 에너지 소모량

에너지 소모비(Energy Cost)를 측정하기 위해 Quinton Q-stress (Quinton Q-stress, CARDIAC SCIENCE, USA)을 사용하였다. 노즐이 연결된 안면 마스크를 코와 입 주변에 밀착 착용 후 공기 노출이 없는 것을 확인 하였고, 트레드밀을 이용하여 편안한 속도로 5분 보행 하는 중 마지막 2분을 30초 단위로 평균 에너지 소모비를 측정하였다. 측정 시 실내 평균온도 25.7°C, 평균습도는 54.5% 이었다. 에너지 소모비는 보행하는 동안 단위 거리 당 요구되는 에너지 소모량으로 ml/kg/m 단위를 사용하였다(Reisman 등, 2009).

4) 생리학적 소비지수

생리학적 소비지수(Physiological cost index, PCI)를 측정하기 위해 Quinton Q-stress (Quinton Q-stress, CARDIAC SCIENCE, USA)을 사용해 심박수를 측정하였다. 대상자의 심박수를 측정하기 위해 가슴과 심장부 위에 4개의 패드를 부착하여 심박수를 측정하였다. 심박수는 의자에 앉아 편안한 상태로 휴식 후 안정기 심박수를 5분간 측정하여 분당 평균 심박수를 계산하였고, 편안한 속도로 5분 동안 트레드밀 보행에서 마지막 3분에 대한 분당 평균 심박수를 측정하였다. 보행 시 심박수에서 안정 시 심박수 차이를 보행 속도로 나눈 값으로 측정하여 기록하였고 beat/meter 단위를 사용하였다(Lee와 Shin, 2010). 뇌졸중 환자를 대상으로 측정-재측정 평가에서 급간내상관계수 ICC=.86으로 평가의 신뢰성이 입증되었다(Danielsson 등, 2007).

$$\text{생리학적 소비지수} = \frac{\text{보행중 심박수(beats/min) - 안정기 심박수(beats/min)}}{\text{보행속도(meter/min)}}$$

5. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS ver. 19.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 기술통계 자료는 평균과 표준편차를 제시하였다. 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 통해 변수들의 정규성을 검정을 하였고, 그 결과

모든 변수가 정규분포를 확인하였다. 그룹 내 중재 전·후 차이를 비교하기 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하였다. 그룹 간 중재에 따른 종속변수의 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 .05로 정하였다.

III. 연구 결과

1. 두 군간 중재 전후의 버그균형척도 수준 비교

능동적 체간 훈련군에서는 중재 후 유의한 감소를 보였으며($p<.05$), 일반적 균형 운동군에서도 중재 후 유의한 감소를 보였다($p<.05$). 그러나 운동 방법에 따른 버그균형척도 수준의 변화량 차이는 능동적 체간 훈련군이 일반적 균형 운동군 보다 유의하게 큰 것으로 나타났다($p<.05$)(Table 3).

2. 두 군간 중재 전후의 일어나 걸어가기 수준 비교

능동적 체간 훈련군에서는 중재 후 유의한 감소를 보였으며($p<.05$), 일반적 균형 운동군에서도 중재 후

유의한 감소를 보였다($p<.05$). 그러나 운동 방법에 따른 일어나 걸어가기 수준의 변화량 차이는 능동적 체간 훈련군이 일반적 균형 운동군 보다 유의하게 큰 것으로 나타났다($p<.05$)(Table 4).

3. 두 군간 중재 전후의 에너지 소모비 수준 비교

능동적 체간 훈련군에서는 중재 후 유의한 감소를 보였으며($p<.05$), 일반적 균형 운동군에서도 중재 후 유의한 감소를 보였다($p<.05$). 그러나 운동 방법에 따른 에너지 소모비 수준의 변화량 차이는 능동적 체간 훈련군이 일반적 균형 운동군 보다 유의하게 큰 것으로 나타났다($p<.05$)(Table 5).

4. 두 군간 중재 전후의 생리학적 소비지수 수준 비교

능동적 체간 훈련군에서는 중재 후 유의한 감소를 보였으며($p<.05$), 일반적 균형 운동군에서도 중재 후 유의한 감소를 보였다($p<.05$). 그러나 운동 방법에 따른 생리학적 소비지수 수준의 변화량 차이는 능동적 체간 훈련군이 일반적 균형 운동군 보다 유의하게 큰 것으로 나타났다($p<.05$)(Table 6).

Table 3. Change of pre-post Berg's balance scale

BBS (score)	ATTG (n=12)	GBEG (n=12)	t	p
Pre	34.92±2.50 ^a	34.58±2.81	.307	.76
Post	38.58±2.23	36.33±2.74	-4.19	.04*
t	-7.87	-7.00		
p	.00*	.00*		
Change	3.67±1.64	1.75±8.66	3.62	.00*

^a Mean±Standard deviation, BBS; Berg balance scale, ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group. * $p<.05$

Table 4. Change of pre-post timed up and go test

TUG (second)	ATTG (n=12)	GBEG (n=12)	t	p
Pre	26.00±2.51 ^a	25.17±8.90	.868	.39
Post	21.92±2.06	22.92±1.92	-1.226	.23
t	15.71	5.48		
p	.00*	.00*		
Change	4.08±.90	2.25±1.42	4.88	.00*

^a Mean±Standard deviation, TUG; Timed Up and Go test, ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group. * $p<.05$

Table 5. Change of pre-post energy cost

EC (ml/kg/m)	ATTG (n=12)	GBEG (n=12)	t	p
Pre	.45±.19 ^a	.46±.14	-1.49	.15
Post	.41±.02	.44±.02	-5.38	.00*
t	8.99	5.45		
p	.00*	.00*		
Change	.04±.17	.01±.00	6.40	.00*

^a Mean±Standard deviation, EC; energy cost, ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group. *p<.05

Table 6. Change of pre-post Physiological cost index

PCI (beat/meter)	ATTG (n=12)	GBEG (n=12)	t	p
Pre	.84±.30 ^a	.84±.03	.13	.89
Post	.76±.46	.83±.03	-4.07	.00*
t	.76	9.57		
p	.00*	.00*		
Change	.08±.038	.01±.00	6.92	.00*

^a Mean±Standard deviation, PCI; Physiological cost index, ATTG; Active trunk training group, GBEG; General balance exercise group. *p<.05

IV. 고 찰

뇌졸중 환자에 있어 피로 유발은 삶의 질에 부정적인 영향을 주므로 에너지 소모를 최소화하여 피로를 줄이는 것은 재활의 중요한 목표가 될 수 있다(Massaad 등, 2010). 이에 본 연구는 초기 뇌졸중 환자를 대상으로 능동적 체간 훈련을 적용하여 균형능력과 에너지 소모에 미치는 효과를 알아보기 위해 시도 되었다. 본 연구에 적용한 능동적 체간 훈련 프로그램은 선행 연구에서 사용된 프로그램에 비해 지지면의 불안정성을 증가시켜 난이도를 조절하였으며, 운동방법을 구체화 하여 제시하였다(Cabanas-Valdes 등, 2013). 본 연구에서 능동적 체간 훈련을 실시한 실험군의 중재 후 버그균형척도 수준과 일어나 걸어가기 수준이 유의하게 향상되었고, 대조군인 일반적 균형 운동군에서도 유의하게 향상되었다. 그러나 두 운동군 간에 치료 전후의 변화량을 비교한 결과 실험군에서 더 큰 개선을 보였다. Yoo 등(2014)은 뇌졸중 환자를 대상으로 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 하루 30분씩 주 3회 6주간 체간

훈련을 적용한 결과 두 군 모두에서 훈련 전후 버그균형척도 수준이 유의하게 증가되었으나 불안정한 지지면에서의 훈련한 실험군이 더 유의한 증가를 보였다. Saey 등(2012)은 아 급성기 뇌졸중 환자 33명을 대상으로 실험군에 전통적인 재활치료와 병행하여 하루 30분 주 4회 8주동안 체간의 근력증진, 협조성, 선택적 움직임 유도하기 위한 체간 훈련 운동을 실시하였고, 대조군에는 상지 훈련을 적용한 결과 실험군에서 버그균형척도 수준과 보행이 개선되었는데, 이는 체간 훈련에 의한 체간 안정성 증진이 기립과 보행능력에 영향을 주었기 때문이라 하였다. Chung 등(2013)은 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 훈련 운동프로그램을 주 3회씩 4주간 적용 후 일어나 걸어가기 수준이 실험군에서 유의하게 감소되었는데, 이는 골반과 요추부의 선택적 움직임 증가로 보행 시 무게중심 이동능력이 향상으로 대칭성이 증가 되었기 때문이라고 하였다. Jang과 Kim (2016)은 뇌졸중 환자 37명을 대상으로 불안정한 지지면에서 체간 훈련을 시행한 실험군과 안정된 지지면에서 일반적 균형운동을 실시한 대조군 사이에 일어나 걸어가기

검사와 버그균형척도 수준을 통해 동적 균형능력을 알아본 결과 두군 모두 중재 전후 유의한 향상을 보였으며, 특히 실험군은 대조군에 비해 모든 균형능력 평가에서 더 유의하게 개선되었다고 하였다. 본 연구의 결과에서도 능동적 체간 훈련을 통한 동적 균형능력의 향상은 선행연구의 결과와 일치하였다. 본 연구의 결과로 능동적 체간 훈련을 시행한 실험군이 대조군에 비해 동적 균형능력에 효과적임을 입증하였다. 편마비 환자의 체간 근육은 대뇌에서 교차신경지배를 받기 때문에 마비 정도가 상대적으로 심하지 않고 잡재력이 잘 보존되어 있으므로 적절한 중재에 의한 체간 조절능력의 회복은 중요하다(Dickstein 등, 2000). 본 연구의 결과 능동적 체간 훈련을 통해 다양한 범위로 체간을 움직이거나 위치할 수 있도록 하는 과정을 통해 요부, 골반, 하지 사이의 협력적 관계가 더 증진되었고, 이를 통해 자세조절력이 증진되어 동적 균형능력이 증진된 것으로 사료된다. 본 연구에서 능동적 체간 훈련을 실시한 실험군의 중재 후 에너지 소모비와 생리학적 소비지수가 유의하게 감소하였고, 대조군인 일반적 균형 운동군에서도 유의하게 감소하였다. 그러나 두 운동군 간에 치료 전후의 변화량을 비교한 결과 실험군에서 더 큰 개선을 보였다. 뇌졸중 환자의 보행능력을 평가하는데 가장 일반적이고 신뢰도가 높은 방법은 보행속도이지만(Collen 등, 1990; Wagenaar와 Beek, 1992), 보행 시 소비되는 호흡가스 분석을 통한 생리적 에너지소모량의 측정도 보행장애를 정량적으로 평가하는데 가장 객관적인 방법이며(Waters와 Mulroy, 1999), 다양한 중재 효과를 측정하는 방법으로 사용될 수 있다(Corcoran 등, 1970). 본 연구에서는 효율적인 보행능력 평가를 위해 단위 거리 당 요구되는 에너지 소모량으로 측정되는 에너지 소모비를 사용하였다(Reisman 등, 2009). Houdijk 등(2010)은 정상인과 뇌졸중 환자를 대상으로서 있는 동안 소비되는 에너지 소모량을 측정한 결과 정상인에 비해 균형능력의 저하가 있는 뇌졸중 환자에서 더 많은 에너지 소비가 유발되었는데, 특히 지지면이 불안정할 때는 정상인 보다 52% 더 높은 에너지가 소비된다고 보고하였으며, 에너지 소비를 줄이기 위해서는 균형능력을 증진할 수 있는 중재 방법이 필요하다

고 하였다. Ijmker 등(2013)은 정상인을 대상으로 트레드밀 보행 시 대상자의 허리에 탄력 벨트를 부착하여 보행 시 신체의 좌우 안정성을 제공한 결과 에너지 소비가 감소하는 결과를 보고 하였는데, 이는 동적 균형이 요구되는 보행 시 추가적인 안정성 제공으로 불필요한 보상작용이 억제되어 에너지 소비 측면에서 효율적인 보행이 유발되었다고 하였다. 뇌졸중 환자는 균형능력 감소로 불필요한 보상작용의 증가되어 에너지 소모량이 증가하므로 정상인에 비해 에너지의 효율성이 저하된다(da Cunha 등, 2002). 보행의 효율성을 평가하는 중요한 지표로서 호흡가스 분석을 통한 에너지 소모량이 사용되고 있지만(Stoguart 등, 2012), 측정 장비 사용의 번거로움과 장비의 불편화가 되지 않았기 때문에 뇌졸중 환자에서는 쉽게 적용하지 못하고 있다. 따라서 심박수와 산소섭취량 사이에 1차 선형 비례가 있기 때문에 임상에서 심박수를 이용하여 간편하게 에너지 소모량을 측정할 수 있는 방법이 사용되어지고 있다(Rose 등, 1991). Danielsson 등(2007)은 보행 시 생리학적 소비지수를 측정할 결과 정상인에서는 .28 beats/meter 이었고 뇌졸중 환자에서는 .76 beats/meter로 나타나 두 배 이상의 높은 차이를 보고하였다. Delussu 등(2014)은 아 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 보행 시 호흡가스분석장비를 통한 보행에너지 소모비와 생리학적 소비지수 간 상관성을 알아본 연구에서 높은 상관성을 보고 하였으며 향후 아 급성기 뇌졸중 환자의 평가 측정 도구로써 타당성을 입증하였다. Lee와 Shin (2010)은 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 좌우 대칭적인 움직임과 균형능력을 증진하기 위해 재미와 흥미를 유발할 수 있는 가상현실 운동프로그램을 1일 60분 주3회 6주간 적용한 결과 생리학적 소비지수가 실험군에서만 .86 beat/meter에서 .66 beat/meter로 유의하게 감소하였는데, 본 연구에서는 실험군과 대조군 모두 유의한 감소를 보였으며, 특히 실험군에서는 .84 beat/meter 에서 .76 beat/meter로 선행 연구보다 생리학적 소비지수가 적게 감소된 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 환자가 급성기 환자로 다양한 재활 훈련 기간이 선행 연구의 만성기 환자에 비해 적었고, 중재 기간의 차이에 의한 것으로 생각된다. 뇌졸중 환자의 균형능력 증진을 통한

독립적인 보행 능력 회복은 재활에 있어 중요한 요소 중 하나이며(Bang과 Cho, 2017), 균형을 유지하며 최소의 에너지 소모를 통해 원하는 장소로 이동할 수 있는 보행능력의 습득은 매우 중요하다(Saibene, 1990). 본 연구의 결과에서도 능동적 체간 훈련을 통한 보행 시 에너지 소모의 감소는 선행연구의 결과와 일치하였다. 본 연구의 결과로 능동적 체간 훈련을 시행한 실험군이 대조군에 비해 에너지 소모 측면에서 효과적임을 입증하였다. 이는 뇌졸중으로 인한 균형장애로 불안정성이 증가되면 근육에서 발생하는 긴장도, 협력수축, 항 중력 활동이 증가되고 관절 모멘트가 변경되어 신체가 수행하는 전체적인 기계적 일이 증가하게 되므로 에너지 소모가 증가 되지만(Detrembleur 등, 2003; Grimby, 1983), 능동적 체간 훈련을 통해 체간 분절 간 선택적이고 좌우 대칭적인 움직임이 제공되면 자세가 재 정렬되고 새로운 정렬에 대한 고유수용성 감각 정보가 중추 신경계의 처리 과정을 통해 체간 조절능력과 체간 안정화에 긍정적인 영향을 주어 보행 시 안정성 증진으로 에너지 소모가 감소된 것으로 사료된다(Ijmker 등, 2013; Jang과 Kim, 2016). 본 연구의 결과 초기 뇌졸중 환자에서 능동적 체간 훈련이 균형능력과 보행 시 에너지 소모 측면에서 효과적임을 입증하였다. 본 연구에서의 제한점은 연구대상자들의 신체 활동과 환경적 요인들은 고려하지 못하였고, 연구대상자의 수가 24명으로 모든 뇌졸중 환자에게 일반화 하는데 한계가 있으며, 장기간 추적 관찰이 어려워 장기적인 효과를 분석하는데 어려움이 있었다. 향후 많은 대상자를 통해 훈련을 실시한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구는 초기 뇌졸중 환자를 대상으로 능동적 체간 훈련이 균형과 에너지 소모에 미치는 효과를 알아보고자 실시하였다. 능동적 체간 훈련을 실시한 실험군과 일반적 균형운동을 실시한 대조군 모두 균형능력이 향상되고 보행 시 에너지 소모 수준의 감소를 보였고, 능동적 체간 훈련은 균형능력과 에너지 효율성 향상에

더 효과적이었던 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 뇌졸중으로 인한 초기 편마비 환자에게 능동적 체간 훈련은 보행 시 에너지 효율성 측면에서 에너지 소모를 감소시킬 수 있는 운동 중재 방법의 하나로 임상에서 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

References

- Babu K, Nayak A. Additional trunk training improves sitting balance following acute stroke: a pilot randomized controlled trial. *Int J Curr Res Rev.* 2011;2(3):26-43.
- Bang DH, Cho HJ. The effect of postural control training on balance and walking ability in patients with chronic stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2017;12(2):59-66.
- Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehabil Med.* 1995;27(1):27-36.
- Cabanas-Valdes R, Cuchi GU, Bagur-Calafat C. Trunk training exercises approaches for improving trunk performance and functional sitting balance in patients with stroke: a systematic review. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(4): 575-92.
- Chung EJ, Kim JH, Lee BH. The effects of core stabilization exercise on dynamic balance and gait function in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(7):803-6.
- Collen FM, Wade DT, Bradshaw CM. Mobility after stroke: reliability of measures of impairment and disability. *Int Disabil Stud.* 1990;12(1):6-9.
- Corcoran PJ, Jepsen RH, Brengelmann GL, et al. Effects of plastic and metal leg braces on speed and energy cost of hemiparetic ambulation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1970;51(2):69-77.
- da Cunha IT Jr, Lim PA, Qureshy H, et al. Gait outcomes after acute stroke rehabilitation with supported treadmill ambulation training: a randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(9):

- 1258-65.
- Danielsson A, Willén C, Sunnerhagen KS. Measurement of energy cost by the physiological cost index in walking after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10):1298-303.
- De Groot MH, Philips SJ, Eskes GA. Fatigue associated with stroke and other neurologic conditions: implications for stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(11):1714-20.
- de Oliveira CB, de Medeiros IR, Frota NA, et al. Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(8):1215-26.
- Delussu AS, Morone G, Iosa M, et al. Concurrent validity of Physiological Cost Index in walking over ground and during robotic training in subacute stroke patients. *Biomed Res Int.* 2014;2014:384896.
- Detrembleur C, Dierick F, Stoguard G, et al. Energy cost, mechanical work, and efficiency of hemiparetic walking. *Gait Posture.* 2003;18(2):47-55.
- Dickstein R, Sheffi S, Ben Haim Z, et al. Activation of flexor and extensor trunk muscles in hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2000;79(3):228-34.
- Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in post stroke hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(2):261-7.
- Franceschini M, Rampello A, Agosti M, et al. Walking performance: correlation between energy cost of walking and walking participation. new statistical approach concerning outcome measurement. *PLoS One.* 2013;8(2):e56669.
- Goo BO, Shin JM, Lee SY, et al. The effects of functional weight bearing exercise on balance and gait in stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(1):35-42.
- Grimby G. On the energy cost of achieving mobility. *Scand J Rehabil Med Suppl.* 1983;9:49-54.
- Houdijk H, Fickert R, van Velzen J, et al. The energy cost for balance control during upright standing. *Gait Posture.* 2009;30(2):150-4.
- Houdijk H, ter Hoeve N, Nuijten C, et al. Energy expenditure of stroke patients during postural control tasks. *Gait Posture.* 2010;32(3):321-6.
- Hsieh CL, Sheu CF, Hsueh IP, et al. Trunk control as an early predictor of comprehensive activities of daily living function in stroke patients. *Stroke.* 2002;33(11):2626-30.
- Ijmker T, Houdijk H, Lamoth CJ, et al. Energy cost of balance control during walking decreases with external stabilizer stiffness independent of walking speed. *J Biomech.* 2013;46(13):2109-14.
- Jang JY, Kim SY. Effects of trunk control exercise performed on an unstable surface on dynamic balance in chronic stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2016;11(1):1-9.
- Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core strength exercises on balance and walking in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Ther.* 2009;21(4):17-22.
- Lee DS, Lee KH, Kang TW, et al. Effect of early robot-assisted training using virtual reality program in patient with stroke. *J Kor Phys Ther.* 2013;25(4):195-203.
- Lee DY, Shin WS. The effects of virtual reality-based exercise on energy expenditure during gait in chronic stroke patients. *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society.* 2010;11(10):3826-32.
- Lim JS, Song JM, Kim JS. The effect of core stabilization exercise on foot pressure in hemiplegic patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2011;6(2):109-18.
- Massaad F, Lejeune TM, Detrembleur C. Reducing the energy cost of hemiparetic gait using center of mass feedback: a pilot study. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(4):338-47.
- Park JY, Kim YM, Kang SH, et al. Trunk impairment scale for evaluation of functional improvement in acute stroke patients. *ARM.* 2010;34(3):278-84.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test

- of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
- Pollock A, Baer G, Langhorne P, et al. Physiotherapy treatment approaches for the recovery of postural control and lower limb function following stroke: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2007;21(5):395-410.
- Reisman DS, Rudolph KS, Farguhar WB. Influence of speed on walking economy poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;23(6):529-34.
- Rose J, Gamble JG, Lee J, et al. The energy expenditure index: a method to quantitate and compare walking energy expenditure for children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 1991;11(5):571-8.
- Saeyes W, Vereeck L, Truijien S, et al. Randomized controlled trial of truncal exercises early after stroke to improve balance and mobility. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(3):231-8.
- Saibene F. The mechanisms for minimizing energy expenditure in human locomotion. *Eur J Clin Nutr.* 1990;44(1):65-71.
- Schepers VP, Visser-Meily AM, Ketelaar M, et al. Poststroke fatigue: course and its relation to personal and stroke-related factors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(2):184-8.
- Song JM, Kim SM. The effect of trunk stability exercise on balance and gait in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(3):413-20.
- Stoguard G, Detrembleur C, Lejeune TM. The reasons why stroke patients expend so much energy to walk slowly. *Gait Posture.* 2012;36(3):409-13.
- van der Werf SP, van den Broek HL, Anten HW, et al. Experience of severe fatigue long after stroke and its relation to depressive symptoms and disease characteristics. *Eur Neurol.* 2001;45(1):28-33.
- Van Peppen RP, Kwakkel G, Wood-Dauphinee S, et al. The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence?. *Clin Rehabil.* 2004;18(8):833-62.
- Verheyden G, Nieuwboer A, Mertin J, et al. The trunk impairment scale: a new tool to measure motor impairment of the trunk after stroke. *Clin Rehabil.* 2004;18(3):326-34.
- Verheyden G, Vereeck L, Truijien S, et al. Additional exercises improve trunk performance after stroke: a pilot randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;23(3):281-6.
- Wagenaar RC, Beek WJ. Hemiplegic gait: a kinematic analysis using walking speed as basis. *J Biomech.* 1992;25(9):1007-15.
- Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999;9(3):207-31.
- Yoo J, Jeong J, Lee W. The effect of trunk stabilization exercise using an unstable surface on the abdominal muscle structure and balance of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(6):857-9.