

체간 안정화 운동이 만성 뇌졸중 환자의 보행속도 및 에너지 소모량에 미치는 효과 : 단일사례연구

정경만¹, 정유진²

¹원광대학교병원 물리치료실, ²원광대학교병원 작업치료실

Effect of trunk stabilization exercise on walk speed, energy consumption in patient with stroke:
Single-subject research design

Kyeoung-Man Jung¹, Yu-Jin Jung²

¹Dept. of physical Therapy, Won kwang University Hospital,

² Dept. of occupational Therapy, Won kwang University Hospital

Purpose This study was aimed at determining the effect of trunk stabilization exercises on walk speed and energy consumption during walk in chronic stroke patient. **Methods** The study used a single subject research design(ABA) and the subject in this study was a 55 year old man with right hemiplegia after stroke. The exercises program were modified from preceding studies and compromised of core muscle strengthening exercise and pelvis tilt exercise. The subject performed exercise program five times a week, one hour a day, four weeks. Pre base line(A) was only collected participant information without intervention in 5 times. Trunk stabilization exercise(B) was carried out 10 times and 5 times to base lime(A) after intervention. The walk velocity of the subject was evaluated by the 10m walking test, the energy consumption was measured by the oxygen cost as the oxygen consumption per unit distance and energy expenditure index as the difference of heart rate, in a session. **Results** The results of the analysis indicated that the 10MWT, Oxygen cost, Energy expenditure index were improved from 0.38m/s to 0.48 (26.31%), 0.41ml/kg/m to 0.34ml/kg/m(17.07), 0.97beat/min to 0.76beat/min(21.64%), respectively, from the baseline phase to intervention phase. The results indicated that the gait velocity improved and decrease oxygen cost, decrease energy expenditure index. **Conclusions** Therefore core strength exercise was effective intervention for improving energy efficiency during gait in chronic stroke patient.

Key Words Energy consumption, Oxygen cost, Stabilization exercises, Stroke, Trunk

책임 저자 Kyeoung-Man Jung (future1347@naver.com)

논문 접수일 2016년 4월 5일

수정 접수일 2016년 5월 18일

게재 승인일 2016년 6월 24일

I. 서론

뇌졸중은 뇌에 혈류를 공급하는 뇌혈관 장애로 혈관이 터져 발생하는 뇌출혈과 혈관이 막혀 발생하는 뇌경색 나뉘며, 마비측의 근력 약화와 감각 결손 등으로 균형과 자세조절능력에 장애를 가진다.¹⁾ 몸통 근육은 사지의 수의적인 움직임이 발생하기 이전에 활성화 되어 신체의 안정성을 유지하는 능력을 선행적 자세조절이라 일컫으며, 이는 불필요한 신체의 요동을 최소화시키고 근위부에 안정성을 제공하여 원위부의 원활한 움직임을 유발시킨다.²⁾ 그러나, 뇌졸중으로 인한 몸통 근육들의 근력약화는 선행적 자세조절의 발생 시간의 지연으로 신체의 불안정성이 증가되고, 결과적으로 체간 수행력이 저하되어 보행이나

앉기와 서기 등의 일상생활동작의 수행력의 감소로 이어져 환자의 삶의 질을 저하 시킨다.³⁾ 뇌졸중 환자는 자세조절력 향상에 있어 체간 하부 안정성에 관여하는 몸통 근육의 조절능력 및 근력이 매우 중요하며, 체간 안정화를 위한 몸통 근육의 강화 운동은 자세조절 향상에 매우 효과적이다.⁴⁾ 균형능력의 증진은 몸통 및 신체분절의 선택적인 움직임을 가능하게 하고, 신근의 수축력을 증가시켜 신체가 항 중력 방향으로 잘 유지할 수 있도록 하여 균형능력이나 보행능력을 향상 시킨다.⁵⁾ 뇌졸중 환자를 대상으로 한 체간 안정화 운동의 선행 연구를 보면 체간하부와 골반의 신경근육 조절능력의 증진을 통해 균형능력이 향상 되고 보행 능력이 증진된다고 하였다.^{6,7)} 인간은 효율적인 보행을 위해 에너지 소모를 최소화 하는데 이를 위해서는

보행 시 적절한 신체의 체중 이동을 위한 균형 능력과 신체 분절 간 이상적인 자세 정렬이 요구된다.⁸⁾ 효율적인 보행을 알아보기 위한 방법의 하나로 에너지 소모량을 측정하는 방법이 있는데, 이는 보행 중 발생하는 산소소모량을 측정하여 1미터당 소모되는 산소소모량을 나타내는 산소소모비(oxygen cost)와 안정기와 보행중의 심박수의 차이를 보행 속도로 나누어 계산하는 에너지소모지수(energy expenditure index)를 사용한다.^{9,10)} 이런 보행 시 에너지 소모량의 정량적인 측정은 객관적이며 다양한 중재의 효과를 평가하는데 많은 도움을 준다.¹¹⁾ 뇌졸중 환자들은 근력 약화 등의 신경학적 손상으로 보행 시 정상 측과 손상 측 하지의 비대칭의 증가로 교대적인 보행 능력이 저하되고, 보폭 및 보행 속도 감소로 인해 보행 에너지 소모가 정상인에 비해 과도하게 증가하게 되어 근 피로와 지구력의 문제를 유발한다.¹²⁾ 뇌졸중 환자를 대상으로 보행에너지 효율성을 증진하기 위한 선행 연구를 보면 흥미와 동기유발의 증진의 효과가 있는 컴퓨터를 이용한 가상현실 재활운동프로그램을 적용한 연구, 보행훈련에 효과적인 트레드밀 보행은 보행 속도 적용의 다양성과 통제성을 통해 점진적인 운동부하의 증가가 가능하며 하지의 근력증진과 교대적인 움직임을 촉진에 효과적인 트레드밀 보행 훈련을 적용한 연구, 발목 관절의 지지와 안정성 제공하여 입각기 시 지면 접촉력 증진하고 유각기 시 바닥과의 마찰을 줄일 수 있는 발목 보조기 관한 연구 등에서 보행 시 에너지소모의 감소 효과를 보고하였다.^{13,14,15)} Corcoran 등¹¹⁾은 편마비 환자에서 안전하고 편안한 속도로 보행 할 때 산소 소모비는 정상인보다 33%~55%가 더 높다고 하였으며, 보행 상황에 따라서는 100%넘게 증가하는 경우도 있다고 하였다. 또한 보행속도와 산소 소모는 직선 비례하므로 보행속도가 증가할수록 그 만큼의 에너지 소모가 발생한다고 하였다.⁸⁾ 또한 편마비 환자는 마비측 하지를 전방으로 이동시킬 때 많은 에너지를 소비하거나 비대칭성으로 보행속도가 감소하게 된다.⁹⁾ 그러나 보행능력 증진과 관련된 보행인자 중 보행속도가 가장 많이 연구되었지만 에너지 소모와 관련하여 효율성을 알아보는 연구는 극히 부족한 실정이다. 따라서 보행인자 중 효율성에 대한 객관적이며 양적인 측정 자료가 필요하다고 볼 수 있다. 이에 본 연구는 보행 능력 증진에 효과적인 체간의 안정성 강화운동을 만성 뇌졸중 환자에게 적용하여 보행의 속도와 에너지 소모량에 미치는 영향을 알아보고 재활운동 프로그램에 대한 유용성을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 만 55세인 남성으로 신장176cm, 몸무게

79kg으로 2015년 7월에 두뇌강내 출혈이 발병하였으며 자기공명촬영(MRI) 결과 뇌졸중으로 진단을 받고 재활치료를 받는 우측 편마비 환자로 2016년 3월7일부터 4월 1일까지 4주간 진행하였다. 연구에 참여한 대상자는 일반적인 물리치료를 받고 연속해서 60분 동안 체간 안정화 운동프로그램을 시행하였다. 연구 대상자의 선정기준은 다음과 같다.¹⁾ 뇌졸중으로 진단 받고 6개월이 경과한 자²⁾ 보행 보조도구를 이용하여 10m보행이 가능한 자³⁾ 한국형 간이 정신상태 검사(Mini Mental Status Examination-Korean version; MMSE-K)에서 24점 이상으로 연구자의 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 자로 하였다. 도수근력검사(Manual Muscle Test; MMT)상 어깨 관절(Shoulder joint)과 팔꿈치 관절(Elbow joint)의 움직임 모두 Fair- 이었고, 손바닥 쥐기와 펴기 모두 Fair 이었다. 고관절(Hip joint)과 무릎관절(Knee joint)에서는 Fair 이었고, 발목 저측과 배측굴곡은 Fair-이었고, 관절제한은 없었다. 신경학적 회복단계를 확인하기 위해 환측 발목관절의 경직등급 MAS(modified ashworth scale)을 측정한 결과 G1+를 보였다. 보행 기능은 외발 지팡이(Monocane)를 사용하여 보행이 가능하였고 보행 중 입각기 시 환측 무릎이 과신전 되어 하지 신전근의 수축이 부족하였고 유각기 시 발목관절이 내반과 저측굴곡되는 양상을 보였다. 양하지 슬괵근의 길이의 단축을 보였고 근 수축 동원에서 슬괵근 근위부와 골반 둔근의 수축력이 부족하였다. 환자분의 기능 수준이 보행이 가능함에도 불구하고 앉은자세와 선 상태에서 골반의 선택적인 움직임이 전, 후, 좌, 우 모든 방향에서 움직임의 범위가 제한적이었으며 상부체간과 상 승모근의 긴장도가 높게 형성된 상태로 고정되어 있었다. 특히 복부근 전면과 옆면에 위치한 근육들의 길이는 상대적으로 길어져 있었고 낮은 긴장도를 형성하고 있었으며, 요부신근의 길이는 짧아져 단축되어 있었다. 따라서 앉은 상태나 선 상태에서 몸통의 조절능력이 저하되어 있어 체간 안정화에 관여하는 근육들의 축진이 필요할 것으로 사료 되었다. 또한 정적 기립 시 양쪽 발에서 압력 중심점은 발의 전반부에 이동되어 원활한 체중심의 이동능력이 제한되고 있었다. 대상자는 본 연구의 목적과 실험 일정에 대해 설명을 듣고 연구 참여에 동의하였다.

2. 연구절차 및 중재방법

본 연구는 단일사례 연구방법(Single-Subject Research Design) 중 ABA 디자인을 사용하였다. 실험은 기초선 과정(Baseline phase) A와 회귀과정(Baseline phase) A'는 체간 안정화 운동을 하지 않고 각 5회의 기초자료를 수집하였고, 중재과정 B는 체간 안정화 운동을 시행 한 후 기초자료를 수집하였다. 기초자료 수집은 보행속도와 에너지 소모량을 알아보기 위해 실시한 산소소모비와 에너지소모지수의 평가로 초기

기초선 과정(A)과 회귀과정(A') 동안 각각 5일간 매일 측정하였고, 중재과정(B) 동안에는 체간 안정화 운동 후 10일간 매일 측정하였다. 이 연구는 2015년 7월부터 4주간 실험을 실시하였으며 체간 안정화 운동 기간에는 1회60분씩 주 5회 총 10회기 실시하였다. 대상자는 일반적인 물리·작업치료를 매일 시행하였고, 일과시간 이후에 중재와 모든 평가를 시행하여 자료를 수집하였다. 측정 30분 전에는 편안한 자세로 쉬는 시간 갖도록 하였다. 모든 측정과 중재 기간 동안에는 음식물을 섭취하지 않았다. 본 연구는 실험 기간 동안 일관성을 유지하기 위해 중재를 담당하는 치료사와 평가를 담당하는 치료사를 분리하여 측정 기록하였다. 본 운동 프로그램은 Akuthota 등¹⁶⁾의 체간 안정화 운동과 김은자 등⁴⁾의 골반경사운동을 본 연구에 맞게 수정 보완하여 적용하였다(Table 1).

3. 평가방법

(1) 보행속도 측정

본 연구에서 보행속도를 알아보기 위하여 단거리 이동능력에 가장 일반적인 10m 보행 검사를 사용하였다. 측정자의 독립적 이동성 능력을 평가하며, 일직선의 평평한 총14m의 지면을 안전하고 편안한 속도로 걷게 하고 가속과 감속 구간을 고려하여 처음과 마지막 2m는 제외한 소요 시간을 초 단위로 측정하였으며 첫발과 마지막 발이 지나가는 시점을 기준으로 하였다.

Table 1. Trunk stabilization exercise program

Warm-up (5min)
* Free exercise
* Stretching ex (hip flexor & lumbar extensor)
Main exercise (core exercise) (50min)
* Transversus abdominus (advance if able to perform 30reps with 8s hold)
- abdominal bracing
- bracing with heel slides
- bracing with leg lifts
- bracing with bridging
* Paraspinals/multifidi (advance if able to perform 30reps with 8s hold)
- Quadruped arm lifts with bracing
- Quadruped leg lifts with bracing
- Quadruped alternate arm and legs lifts with bracing
* Trunk curl (supine posture)
* Pelvis tilt exercise (sitting posture)
- Execute the pelvis tilt exercise in the order of passive, active assist exercise, active exercise
Cool-down (5min)
* Release & breathing exercise

총 3회 측정하여 평균값을 구하여 보행 속도(속도(m/s)=거리(m)/시간(s))를 계산 하였다.¹⁷⁾

(2) 산소 소모비 측정

보행 중 산소 소모비(oxygen cost)를 측정하기 위해 단위 거리를 걷는데 소모되는 몸무게 1kg당 산소소모량으로 ml/kg/m 단위를 사용 하였다. 측정 장비는 자동호흡가스분석장치(Quinton 5000; USA)를 이용하였으며, 측정 시 피검자의 실내온도는 평균온도 27.9°C, 평균습도는 69.5% 이었다. 노즐이 연결된 마스크를 안면에 밀착 착용 후 입과 코에서 공기 노출 없는 것을 확인 후 시행하였다. 산소 소모비 측정은 트레드밀에서 편안한 속도로 보행 중 호기 가스를 분석하여 측정하였고, 5분 보행 중 마지막 2분을 30초 단위 간격으로 분석하여 기록하였다⁹⁾.

(3) 에너지 소모지수(energy expenditure index)

피검자의 심박수를 측정하기 위해 가슴에 전극을 부착하고 의자에 앉아 편안한 상태로 휴식 후 안정기 심박수를 3분간 측정하여 분당 평균 심박수를 계산하였고, 편안한 속도로 5분 동안 트레드밀 보행에서 마지막 3분에 대한 분당 평균 심박수를 측정하였다. 보행 에너지 소모지수는 보행 시 심박수에서 안정 시 심박수 차이를 보행 속도로 나눈 값으로 측정한다.¹⁸⁾

$$\text{에너지 소모지수(EEI)} = \frac{\text{보행중 심박수} - \text{안정기 심박수}}{\text{보행속도}}$$

4. 분석 방법

본 연구는 체간 안정화 운동이 보행속도와 에너지 소모량에 미치는 효과를 알아보기 위해 각각의 회기 동안 결과를 기록하고 측정된 자료를 그래프를 이용한 시각적 분석방법을 이용하여 대상자를 분석하였다. 각 변수들의 기간 내 평균값을 계산하여 각 단계의 변화율을 비교하여 제시하였다.

III. 결과

1. 보행속도 검사

보행 속도 검사의 평균은 기초선 A구간에서 0.38m/s, 중재기 B구간에서 0.48m/s, 회귀기초선 A' 구간에서 0.5m/s로 나타났다. 기간별 평균 보행속도를 비교한 결과 기초선 구간에 비해 중재기 에서 평균 26.31%가 증가 되었고, 회귀기초선 에서는 31.57%가 증가된 상태가 유지되고 있는 것으로 나타났다 (Table 2)(Figure 1).

Table 2. Variations of walk speed (unit: m/s)

Walk speed	Baseline A	Intervention B	Baseline A'
	0.38±0.02	0.48±0.03	0.5±0.02

WS, Walk Speed; M±SD: mean±standard deviation

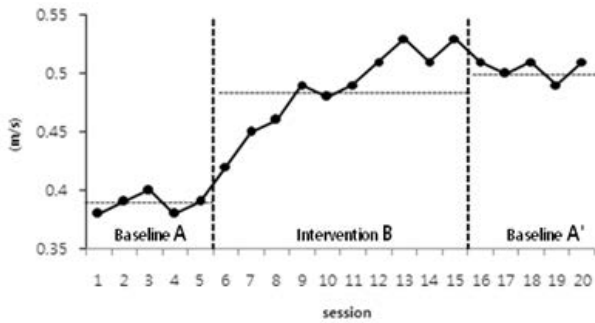


Figure 1. The change of walk speed in session

2. 산소 소모비(Oxygen cost)

편안한 보행속도에서 산소소모비의 평균은 기초선 A구간에서 0.41ml/kg/m, 중재기 B구간에서는 0.34ml/kg/m, 회귀기초선 A'구간에서는 0.33ml/kg/m로 나타났으며, 기초선 구간에 비해 중재기 구간에서 17.07%가 감소되었고, 회귀기초선에서는 19.51%가 감소된 상태가 유지되고 있었다(Table 3) (Figure 2).

3. 에너지 소모지수(Energy expenditure index)

편안한 보행속도에서 에너지소모지수 평균은 기초선 A구간에

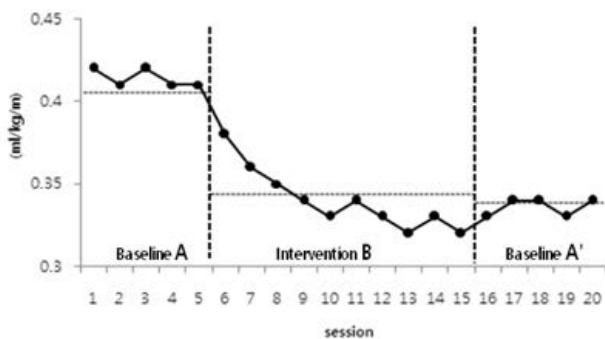


Figure 2. The change of oxygen cost in session

Table 3. Variations of Oxygen cost (unit: ml/kg/m)

Oxygen cost	Baseline A	Intervention B	Baseline A'
	0.41±0.02	0.34±0.03	0.33±0.02

WS, Walk Speed; M±SD: mean±standard deviation

서 0.97beat/min, 중재기 B 구간에서는 0.76beat/min, 회귀기초선 A'구간에서는 0.74beat/min로 나타났으며, 기초선 구간에 비해 중재기 구간에서 21.64%가 감소되었고, 회귀기초선에서는 23.71%가 감소된 상태가 유지되고 있었다(Table 4) (Figure 3).

IV. 고찰

체간 안정화는 체간과 골반 주변 근육들의 협력수축에 의해 능동적 안정성이 생성되며, 이는 보행을 포함한 다양한 기능적인 움직임 시 신체가 예상하지 못한 동요에 자동적으로 반응하여 균형을 유지 하며, 효과적인 보행을 수행할 수 있도록 한다.^{7,19,20)} 그러나 뇌졸중으로 인해 체간 근력 약화와 감각결손은 자동적으로 발생하는 균형반응의 발생 시점을 지연 시켜 균형과 보행능력에 영향을 미치게 된다.^{21,22)} 인간의 보행은 중추와 말초 신경계의 통합과정으로 해당 근육들의 조정을 통해 균형을 유지하면서 신체를 한 장소에서 다른 장소로 이동시키는 능력을 말하며, 하지의 교대적인 보행 주기 동안 발생하는 수직적 편위는 운동에너지와 위치에너지를 발생시켜 최소한의 생리적 보행 에너지를 소모를 유지할 수 있도록 하여 효율적인 보행을 가능하게 한다.^{8,23)} 보행 시 정상인에 비해 뇌졸중 환자들은 신경학적 손상으로 인한 근력저하 및 감각결손 등으로 자세조절 능력의 저하와 보행 주기의 비 대칭성이 증가로 균형을 유지하기 위해 과도한 근 수축이 유발되어 결과적으로 에너지 소모가 증가하게 되고, 근 지구력 약화와 근 피로 증가로 인해

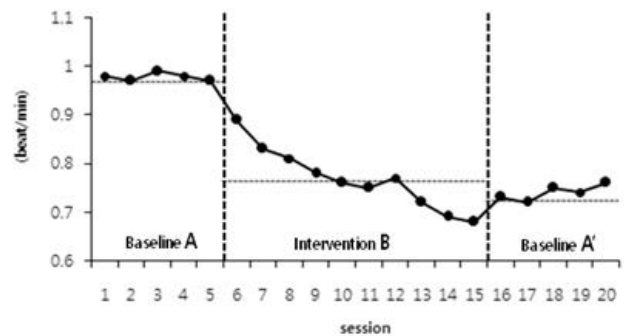


Figure 3. The change of energy expenditure index in session

Table 4. Variations of Energy expenditure index (unit: beat/min)

EEI	Baseline A	Intervention B	Baseline A'
	0.97±0.01	0.76±0.03	0.74±0.02

EEI, Energy expenditure index; M±SD: mean±standard deviation

삶의 질의 저하가 발생한다.^{24,25,26)} 또한, 뇌졸중 환자의 재활에 있어 균형능력의 증진을 통한 독립적인 보행 능력의 회복은 중요한 요소 중 하나이며, 균형을 유지하면서 최소의 에너지 소모를 통해 원하는 장소로 이동할 수 있는 보행능력의 습득이 중요하다.^{24,27)}

그러므로 본 연구에서는 체간의 안정성 강화 운동프로그램을 통해 보행능력을 증진시키고, 에너지 소모량 감소에 대한 효과를 알아보기 위해 시도 되었다. 본 연구에서 사용된 중재 방법은 체간 안정화 운동으로 요추와 골반 주변의 안정성 증진을 위해 복근과 몸통 근의 근력을 점진적으로 증진시킬 수 있는 방법과 앉은 자세에서 골반의 경사 움직임을 통해 체간 하부의 운동 조절력을 향상시켜 균형과 보행에 효과적인 방법을 수정 보완하여 적용하였다.^{4,16)} 송주민 등⁶⁾은 뇌졸중 환자를 대상으로 다양한 지지면 상태에서 8주 동안 몸통의 안정화 운동을 적용한 결과 유가기에 체중 중심의 전방 이동능력의 증진을 통해 보행 속도가 유의하게 증가하는 결과를 보고 하였고, Chung 등²⁷⁾은 뇌졸중 환자를 대상으로 몸통의 안정화 운동을 4주간 적용한 결과 실험그룹에서 보행속도가 평균 $44.83 \pm 18.83 \text{ cm/s}$ 에서 $58.91 \pm 18.21 \text{ cm/s}$ 로 유의하게 증가하였다고 보고하였다.^{6,27)} 본 연구의 10m 보행속도 검사에서도 평균 보행 속도가 기초선 A 구간에 비해 중재기 B 구간에서 26.31%가 증가되었고, 회귀기초선 A' 구간에서 31.57%가 증가된 것으로 나타나 보행속도가 증가되는 결과를 얻을 수 있었고, 이러한 결과는 선행 연구의 결과와 일치하였다. 이러한 보행속도의 개선은 체간의 안정화 운동을 통해 항중력근의 긴장도가 증진되고 체간 조절이나 선택적인 골반 조절능력 증진으로 균형능력이 회복되어 결과적으로 보행속도가 증진된 것으로 생각된다.⁶⁾ 김은자 등⁴⁾은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 몸통 안정성 강화운동을 3주 동안 적용한 결과 균형능력과 보행능력이 유의하게 증가하는 결과를 얻을 수 있었고, 균형능력이 향상될수록 보행 능력이 향상되었다고 보고하였다. 본 연구는 보행 효율성을 평가하기 위해 보행 중 발생하는 산소소모량을 측정하여 단위 거리 당 소모되는 산소소모비(oxygen cost)와 운동 시와 안정기 시의 심박수의 차이를 보행 속도로 나누어 계산하는 쉽게 측정이 가능한 에너지소모지수(EEI)를 사용하였다.^{9,17)} 뇌졸중 환자들은 정상인에 비해 균형능력이 저하되어 자세를 유지하기 위해 더 많은 에너지를 사용하게 되므로 쉽게 근 피로가 유발된다. Houdijk 등²⁹⁾은 정상인과 뇌졸중 환자를 대상으로 기립한 상태에서 발의 위치, 지면의 단단한 정도 및 시각정보 차단을 통해 균형능력에 직접적인 영향을 미치는 환경을 제공한 결과 뇌졸중 환자들은 정상인에 비해 균형을 유지하기 위해 평균 125%의 에너지 소모량이 증가하는 결과를 얻었으며, 뇌졸중 환자의 보행 에너지 소비량을 감소시키기 위해서 균형조절능력과 안전성 증진에 효과적인 중재의 필요성을

강조 하였다.²⁹⁾ 이런 균형조절능력을 개선하는 중재방법으로 체간의 안정성 강화운동이 효과적이며 균형능력 증진을 통해 보행능력을 개선한다고 하였다.⁵⁾ 또한 체간 근육과 관련하여 보행을 포함한 다양한 과제 수행을 위한 체간 조절력의 향상은 균형능력과 원활한 보행을 위한 선행조건이라고 하였다.⁶⁾

본 연구의 에너지 소모량 측정에서 산소소모비의 평균은 기초선 A 구간에 비해 중재기 B 구간에서 17.07%가 감소되었고, 회귀기초선 A' 구간에서 19.51%가 감소된 것으로 나타났다. 에너지 소모지수 평균은 기초선 A 구간에 비해 중재기 B 구간에서 21.64%가 감소되었고, 회귀기초선 A' 구간에서 23.71%가 감소된 것으로 나타나 보행 효율성에 있어 효과적인 것으로 나타났다. 보행 시 안정성과 관련해서 에너지 소모를 비교한 연구를 보면 Ijmker 등³⁰⁾은 정상인을 대상으로 벨트를 이용한 외측 안정성을 제공하여 보행 중 소모되는 보행 에너지를 비교한 결과 다양한 보행 속도에서 에너지 소모량이 감소하는 결과에서 본 연구의 결과와 유사함을 알 수 있었다.³⁰⁾ VanSwearingen 등³¹⁾은 노화로 인한 근력감소와 균형능력이 부족한 노인들은 대상으로 12주간 보행 타이밍과 협응 능력에 대한 치료적 운동프로그램을 적용한 결과 보행 수행능력이 증진되어 보행속도가 빨라졌고, 보행 시 에너지 소모의 감소되어 보행 능력이 효과적으로 개선되었다고 연구와 일치하였다.³¹⁾ 뇌졸중 환자는 근 약화, 비대칭적인 보행 패턴, 보상작용, 회선 보행 등의 원인으로 정상인에 비해 두 배 이상의 보행 에너지가 증가하여 피로도와 지구력이 저하되고, 지속적인 균형 유지를 위해 에너지 소모가 증가하게 되지만, 체 감각정보 제공을 통한 신체의 안정성 증진은 균형유지를 위해 필요한 에너지 소모의 감소를 유발 시킨다.^{32,33)} 이상의 결과들로 보면 균형능력의 정도에 따라 과제를 수행하는 동안 자세를 유지하거나 균형 조절을 위해 신체에서 동원되는 근 수축량이 직접적으로 에너지 소모량에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 균형조절 능력과 안정성 증진을 위해 체간의 안정성 강화운동 프로그램을 뇌졸중 환자에게 적용한 결과 체간 안정성 강화 운동이 뇌졸중 환자의 편안한 보행속도를 증진 시키고 보행 시 산소소모비와 에너지 소모지수도가 모두 감소하여 보행 에너지 효율성에 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 연구의 제한점으로는 대상자가 트레드밀 보행이 가능한 환자 중 한명으로 제한하였기 때문에 보행 장애가 있는 모든 뇌졸중 환자들에게 적용하여 일반화하기는 어렵다. 또한, 반복되는 평가에 대해 학습화 과정을 적절하게 제한하지 못하였다. 또한 대상자가 본 참여하고 있다는 특별한 관심에 의한 호소 손 효과가 나타날 수 있다. 향후 뇌졸중으로 보행 장애가 있는 많은 수의 대상자를 통해 에너지 효율성 측면에서 다양한 보행 에너지 소비를 감소할 수 있는 유사한 연구가 활발하게 이루어져야 할 것으로 보인다.

V. 결론

본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동의 적용이 보행속도와 보행 시 에너지 소모량에 미치는 영향을 알아보기 위해 시행되었다. 본 연구는 대상자는 55세 남성이며, 오른쪽 편마비를 가진 뇌졸중 환자 1명으로 하였고, 단일사례 연구 중 ABA 설계를 사용하여 20회기를 실시하였다. 보행능력을 평가하기 위해 보행속도와 동적균형 및 보행 에너지 소모량을 측정하기 위해 산소 소모비(Oxygen cost)와 에너지소모지수(Energy expenditure index)를 사용하여 매일 반복 측정 하였다. 연구의 결과에서 보행 장애가 있는 뇌졸중 환자의 체간 안정화 운동이 보행속도 증진 시키고, 보행 시 에너지 소모량을 감소시키는데 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 체간 안정화 운동은 에너지 소모량 측면에서 보행 효율성을 증진시키는데 도움이 될 수 있는 운동방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Oliverira CB, 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.
2. Aruin AS, Forrest WR, Latash ML. Anticipatory postural adjustments in conditions of postural instability. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1998;109(4):350-9.
3. 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.
4. Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core stability strength exercise for balance and walking in patient with stroke. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(4):17-22.
5. Chung EJ, Lee JS, Kim SS, et al. The relationships among trunk control ability, dynamic balance and gait in stroke patients. *J Korean Oriental Med.* 2012;33(1):148-59.
6. Song JM, Kim SM. The effect of trunk stability exercise on balance and gait in stroke patients. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine.* 2010;5(3):413-20.
7. Vertheyden G, Vereeck L, Truijen S, et al. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil.* 2006;20(5):451-8.
8. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999;9(3):207-31.
9. Reisman DS, Rudolph KS, Farquhar WB. Influence of speed on walking economy poststroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2009;6(6):529-34.
10. Keefer DJ, Tseh W, Caputo JL, et al. Comparison of direct and indirect measures of walking energy expenditure in children with hemiplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2004;46(5):320-4.
11. 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.
12. Franceschin 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.
13. Lee DY, Shin WS. The effects of virtual reality-based exercise on energy expenditure during gait in chronic stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2010;11(10):3826-32.
14. Macko RF, DeSouza CA, Tretter LD, et al. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. A preliminary report. *Stroke.* 1997;28(2):326-30.
15. Danielsson A, Sunnerhagen KS. Energy expenditure in stroke subjects walking with a carbon composite ankle foot orthosis. *J Rehabil Med.* 2004;26(4):165-8.
16. Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep.* 2008;7(1):39-44.
17. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 meters overestimates locomotor capacity after stroke. *Clin Rehabil.* 2001;15(4):415-21.
18. Rose J, Gamble JG, Burgos A, et al. Energy expenditure index of walking for normal children and for children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1990;32(4):333-40.
19. Mosseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. External perturbation of the trunk in standing humans differentially activates components of the medial back muscles. *J Physiol.* 2002;547(2):581-7.
20. Lamontagne A, De Serres SJ, Fung J, et al. Stroke affects the coordination and stabilization of head, thorax and pelvis during voluntary horizontal head motions performed in walking. *Clin Neurophysiol.* 2005;116(1):

- 101-11.
21. 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.
 22. Saibene F. The mechanisms for minimizing energy expenditure in human locomotion. *Eur J Clin Nutr.* 1990;44(65):65-71.
 23. 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.
 24. Olney SJ, Monga TN, Costigan PA. Mechanical energy of walking of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67(2):92-8.
 25. Zamparo P, Francescato MP, De Luca G, et al. The energy cost of level walking in patients with hemiplegia. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports.* 1995;5(6):348-52.
 26. Goldie PA, Matya TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(10):1074-82.
 27. 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.
 28. Kim JH, Hwang BY, Oh TY. Influence of trunk control using pelvic movement upon the foot pressure in patients with hemiplegia. *J Kor Soc Phys Ther.* 2007;19(5):11-9.
 29. Houdijk H, ter Hoeve N, Nooijen C, et al. Energy expenditure of stroke patients during postural control tasks. *Gait Posture.* 2010;32(3):321-6.
 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):2009-14.
 31. VanSwearingen J M, Perera S, Brach JS, et al. A randomized trial of two forms of therapeutic activity to improve walking: effect on the energy cost of walking. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009;64(11):1190-8.
 32. Detrembleur C, Dierick F, Stoguart G, et al. Energy cost, mechanical work, and efficiency of hemiparetic walking. *Gait Posture.* 2003;18(2):47-55.
 33. Ijmker T, Houdijk H, Lamoth CJ, et al. Effect of balance support on the energy cost of walking after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013;94(11):2255-61.

