

체간 안정성 강화 운동이 뇌졸중 환자의 균형 및 에너지 소모량에 미치는 효과 : 단일사례연구

대한심장호흡물리치료학회지 제5권 제1호, 2017, PP.25-30

- 김희한, 정경만
- 원광대학교병원 물리치료실

The Effect of Core Stability Exercise on Balance and Energy Consumption in Stroke Patients : Single-Subject Research Design

Hee-Han Kim PT, MSc, Kyeoung-Man Jung PT, PhD
Dept. of physical Therapy, Wonkwang University Hospital

Purpose : This study was to determine the effect of core stability exercise on balance and energy consumption during walk in stroke patients. **Method** : This study used a single subject research design. The subjects were participated two stroke patients and received general rehabilitation therapy five times per week. The core stability exercise program was modified from preceding studies and composed of trunk muscle strengthening exercise. The balance of was evaluated by Timed Up and Go Test (TUG), the energy consumption was measured by the energy expenditure index (EEI) as the difference of heart rate, in a session. **Result** : The results of the evaluation in each subject were indicated that the balance test was improved, energy expenditure index were decreased during the intervention period. These effects were maintained even during the regression baseline period. **Conclusion** : These results showed that core stability exercise was effective in the improvement of balance and decrease energy consumption. This study suggests that core stability exercise is effective in the improvement of energy efficiency during walk in stroke patients.

Key words : Balance, Core stability exercises, Energy consumption, Stroke

Received: November 24, 2017 / **Revised**: December 11, 2017 / **Accepted**: December 20, 2017

I. 서 론

뇌졸중 환자는 주로 뇌 손상 반대측 신체에 발생하는 근 약화, 감각 결손, 운동장애, 인지장애 등을 포함해 자세조절에 문제를 가지게 된다(de Oliveira 등, 2008). 마비측의 근력약화는 뇌졸중 후유증으로 가장 일반적인 증상이며, 상지와 하지 및 체간 근육에 발생한다(Dickstein 등, 2000). 뇌졸중으로 인한 체간 근력과 고유수용성감각의 저하는 지구력과 균형능력을 감소시켜(Karatas 등, 2004), 일어서기와 보행과 같이 동적 균형이 요구되는 일상생활에 장애를 유발해 환자의 삶의 질을 저하시킨다(Dickstein 등, 2004). 인간의 균형 유지를 위해 체간은 사지의 움직임이 발생하기 이전에 반응하여 신체의 동요를 최소화 하고 안정성을 제공하므로, 원위부의 선택적인 움직임이 가능하도록 한다(Girolami 등, 2011). 뇌졸중 환자의 균형 능력 증진을 위해 제공되는 체간 안정화 운동은 체간근의 협력 수축작용을 통해 요추부에 기능적 안정성이 제공되어 자세조절

능력이 향상되므로 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력을 향상시킬 수 있는 효과적인 운동방법이다(Chung 등, 2013). 인간의 효율적인 보행을 위해 양 하지의 교대적인 움직임이 중요한데, 이때 무게중심점의 이동이 수직과 좌우방향의 작은 범위 내에서 유지될 때 역학적 에너지와 생리적 에너지 소비가 최소화 될 수 있다(Waters와 Mulroy, 1999). 뇌졸중 환자는 비대칭적인 자세로 보행 시 하지의 유효적인 움직임 감소와 체중이동 능력의 저하로 불안정성이 증가되는데, 이때 균형을 유지하기 위해 무게중심을 낮추어 안정성을 확보하는 굴곡근 위주의 균형전략을 사용한다. 이때 굴근의 활성도가 과도하게 증가되어 정상인에 비해 에너지 소모가 증가되므로 근 피로와 지구력의 문제가 초래된다(Franceschini 등, 2013). 뇌졸중 환자는 신체적, 인지적 결손을 보상하기 위한 과도한 노력으로 심한 피로가 발생하는데(van der Werf 등, 2001), 특히 보행 중 에너지 소모량은 정상인과 비교했을 때 두 배 정도 높다고 하였다(Detrembleur 등, 2003). Houdijk 등 (2009)은 건강한 사

교신저자: 정경만

주소: 54538 전북 익산시 무왕로895, 전화: 063-859-1632, E-mail:future1347@naver.com

람을 대상으로 안정된 기립상태를 유지할 때 보다 불안정한 기립상태를 유지될 때 신체에서 소모되는 에너지가 최대 60%까지 증가함을 통해 신체의 안정성과 에너지 소모량 사이에 직접적인 상관관계가 있음을 보고하였다. 또한 Koyama 등(2012)도 신발 바닥이 불안정한 신발을 신고 보행할 경우 안정된 신발을 착용한 경우보다 에너지 소모량이 증가하였다고 보고하였다. 따라서 균형능력의 정도는 에너지 소모량에 직접적인 영향을 미칠 수 있고 균형능력 회복은 에너지 소모량을 줄이는데 중요한 요소이다(Houdijk 등, 2010).

그럼에도 불구하고 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동에 대한 균형능력과 보행능력 증진에 대한 효과들이 입증되고 있지만, 에너지 소모량에 미치는 영향에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 에너지소비 측면에서 보행장애와 기능적 수행능력의 변화에 대한 객관적 자료는 더욱 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 체간 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 균형능력과 에너지 소모량에 미치는 영향을 확인하여 효과적인 임상적 중재 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 진단받은 좌측 편마비 남자 환자 2명을 대상으로 하였다. 대상자는 뇌졸중 진단을 받은 환자로 재발되지 아니한 자, 실내에서 10m 이상 독립적 보행이 가능한 자, 정형외과적 문제가 없는 자, 한국형 간이 정신상태 검사(Mini Mental Status Examination-Korean version; MMSE-K)상 24점 이상인 자(Kwon과 Park, 1989)로 하였다. 대상자들의 보행능력 수준은 독립적으로 10분 이상 보행이 가능하였고, 하지도수근력검사(manual muscle test; MMT)상 고관절 (hip joint)과 슬관절 (knee joint)의 근력은 모두 Fair- 이상 이었고, 발목관절의 배측굴곡(dorsiflexion)과 저측굴곡 (plantarflexion)은 모두 Poor+ 이었다. 수동 관절가동범위는 모두 정상범위를 보여 관절제한이 나타나지 않았다. 대상자들은 본 연구의 목적과 실험 일정에 대해 설명을 듣고 서면으로 연구 참여에 직접 동의하였다.

연구대상자의 일반적인 특성은 표1과 같다(Table. 1).

Table 1. General Characteristic of the subjects

Subject	sex	age(yrs)	paretic side	height (cm)	weight (kg)	time since stroke (week)
1	M	63	Left	173	68	32
2	M	58	Left	170	59	24

2. 연구설계

본 연구는 단일사례 연구방법(single-subject research design)중 ABA 디자인을 사용하였다. 총 실험은 20회기로 기초선 과정(Baseline phase) A와 회귀과정(Baseline phase) A'는 체간 안정화 운동을 실시하지 않는 기간으로 각 5회의 기초 자료를 수집하였고, 중재과정(Intervention phase) B는 체간 안정화 운동을 실시하는 기간으로 총 10회, 1일 1회, 회당 40분씩 적용 후 기초자료를 수집하였다.

3. 평가방법

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 균형능력을 평가하기 위해 일어나 걸어가기 검사(Time Up & Go Test, TUG)와 에너지소모량을 평가하기 위해 에너지소비지수(energy expenditure index, EEI)를 사용하였다.

1) 균형능력 검사

일어나 걸어가기 검사는 동적 균형능력을 알아 보는 평가 방법으로 기본적인 운동성과 균형능력을 빠르게 측정할 수 있는 검사방법이다. 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $r=.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다. 본 연구에서 대상자는 “시작”이라는 구령에 의해 의자에서 일어나 전방 3m를 걸어난 후 돌아와 의자에 다시 앉는 시간을 측정하였으며, 3회 측정하여 평균값을 구하였다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

2) 에너지소모지수 측정

대상자의 심박수를 측정하기 위해 가슴에 전극을 부착하고 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. 측정 장비는 미국 CARDIAC SCIENCE사의 Quinton Q-stress를 사용하였으며, 보행 시 심박수에서 안정 시 심박수 차이를 보행 속도로 나눈 값으로 측정하여 기록하였다(Lee와 Shin, 2010).

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

4. 연구 절차

대상자는 일반적인 재활치료를 매일 시행하였고, 오후 재활치료 시간이 종료된 후 중재와 평가를 시행하여 자료를 수집하였다. 측정 결과의 일관성을 유지하기 위해 가급적 중재와 평가 중에는 음식물을 섭취하지 않도록 권장하였고, 운동을 담당하는 치료사와 평가를 담당하는 치료사를 분리하여 진행하였다.

5. 중재 방법

본 연구는 4주간 실험을 실시하였으며 체간 안정화 운동 프로그램은 회당 40분 주 5회로 총 10회 실시하였다. 체간 안정화 운동 프로그램은 Akuthota 등(2008)이 제시한 체간 근의 선택적 근력강화 운동을 본 연구에 맞게 수정 보완하여 적용하였다(Table 2).

6. 분석 방법

본 연구는 뇌졸중 환자에서 체간 안정화 운동이 균형과 에너지 소모량에 미치는 효과를 알아보기 위해 각 세션 동안 반복 측정하여 결과를 기록하였고, 측정된 자료는 그래프를 이용한 시각적 분석방법과 기술통계량을 통해 분석하였다.

Table 2. Program of core stability exercise

Warm-up (5min)
* Breathing exercise
* Stretching exercise
Main exercise (core stability exercise) (30min)
* 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
Cool-down (5min)
* Breathing exercise

Ⅲ. 연구 결과

1. 동적 균형 변화

동적 균형 검사의 측정결과 대상자 1은 기초선 A에서 평균 30.4초, 중재기 B에서는 평균 26.65초, 회귀 기초선 A'에서는 평균 25.12초로 나타났으며, 기초선 A에 비해 중재기 B는 평균 12.35%가 감소되었고, 회귀 기초선 A'는 평균 17.36%가 감소된 것으로 나타났다. 대상자 2는 기초선 A에서 평균 30.12초, 중재기 B에서는 평균 26.4초, 회귀 기초선 A'에서는 평균 26.6초로 나타났으며, 기초선 A에 비해 중재기 B는 평균 12.36%가 감소되었고, 회귀 기초선 A'는 평균 15.04%가 감소된 것으로 나타났다(Fig 1).

2. 에너지소모지수 변화

편안한 보행속도에서 에너지소모지수 측정 결과 대상자 1은 기초선 A에서 평균 1.16beat/min, 중재기 B에서는 평균 0.91beat/min, 회귀기초선 A'에서는 평균 0.82beat/min로 나타났으며, 기초선 A에 비해 중재기 B는 평균 21.55%가 감소되었고, 회귀기초선 A'는 평균 29.31%가 감소된 것으로 나타났다. 대상자 2는 기초선 A에서 평균 1.13beat/min, 중재기 B에서는 평균 1.02beat/min, 회귀기초선 A'에서는 평균

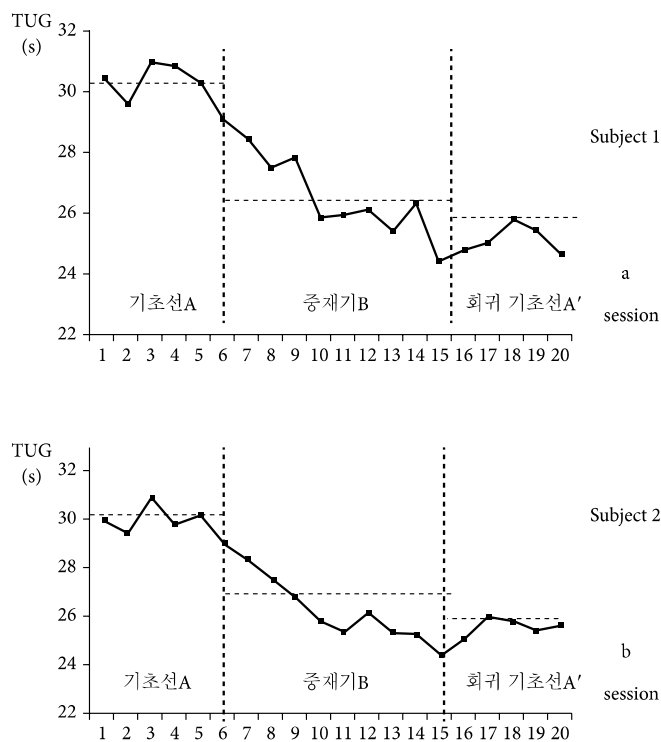


Fig 1. Change of timed up and go test score in session

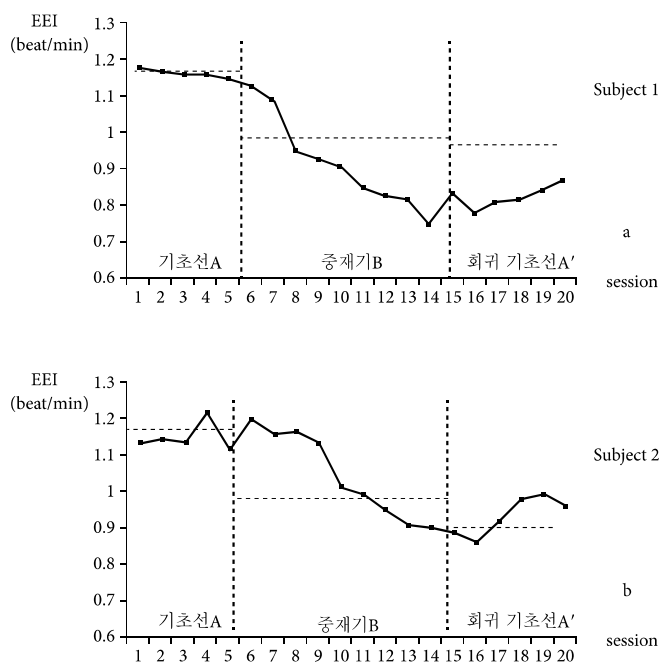


Fig 2. Change of energy expenditure index in session

0.93beat/min로 나타났으며, 기초선 A에 비해 중재기는 평균 9.74%가 감소되었고, 회귀기초선 A'는 평균 17.7%가 감소된 것으로 나타났다(Fig 2).

IV. 고 찰

체간 안정화에 관여하는 근의 활동은 체간 하부와 골반 주변에 능동적 안정성을 제공하며(Aluko 등, 2013), 이는 걷기와 달리기 등과 같이 동적 균형이 요구되는 기능적인 움직임 시 예상하지 못한 자세적 요동에 자동적으로 반응하여 균형을 유지하고(Moseley 등, 2003), 효과적인 보행을 수행할 수 있도록 한다(Verheyden 등, 2006). 균형을 유지할 때 자세가 불안정해지면 과도한 보상작용으로 굴근의 활성도가 증가되고 에너지 소모가 높아져 기능적인 움직임 시 쉽게 근피로가 유발된다(Massaad 등, 2010; Zamparo 등, 1995). 뇌졸중 환자의 피로 유발은 39~72%에서 보고되고 있을 정도로 빈번하며, 성공적인 재활에 장애 요인으로 환자의 삶의 질에 부정적인 영향을 미친다(Snaphaan 등, 2011). 따라서 일상생활에서 많은 부분을 차지하는 보행 중 발생하는 에너지 소비를 최소화 시키는 것은 근 피로를 줄이는데 중요한 요소이다. 이에 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동을 적용하여 보행 시 에너지 소모량에 미치는 효과를 알아 보고자 시도 되었다. 본 연구에 적용한 체간 안정화 운동프로그램은 Akuthota 등

(2008)이 제시한 요부와 골반의 안정성 증진을 위해 심부에 있는 복횡근을 포함한 체간근에 점진적인 근력강화를 제공할 수 있는 운동방법 수정 보완하여 적용하였다. 본 연구의 동적 균형 검사는 측정자 간 신뢰도가 높은 일어나 걸어가기 검사를 사용하였다. 연구 결과 대상자 1은 체간 안정화 운동을 수행하지 않는 기초선 보다 운동을 수행하는 중재기와 운동이 종료된 이후 회귀 기초선에서 소요시간이 감소되어 동적 균형이 향상된 것으로 나타났다. 대상자 2도 기초선 보다 중재기와 회귀 기초선에서 동적균형이 향상된 것으로 나타났다. 두 명의 대상자에서 모두 체간 안정화 운동 후 동적 균형능력이 향상된 것으로 나타났다. Chung 등(2013)이 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동프로그램을 주3회씩 4주간 적용하여 일어나 걸어가기 검사 점수가 실험군에서 유의하게 감소되었다는 결과와 일치한다. 또한 Song과 Kim(2010)의 연구에서 뇌졸중 환자를 대상으로 체간 안정화 운동을 8주 동안 시행한 결과 올바른 자세정렬을 통한 동적 균형능력이 향상되었다는 연구결과와 유사하다. 체간 근육은 대뇌에서 교차신경지배를 받기 때문에 마비 정도가 상대적으로 심하지 않고 잠재력이 잘 보존되어 있으므로 적절한 중재에 의한 근력회복은 효과적이다(Dickstein 등, 1999). 인간의 보행은 신경계의 통합과정으로 균형을 유지하면서 최소한의 에너지 소모를 통해 신체를 원하는 장소로 이동시키다(Kim 등, 2009). 그러나 뇌졸중 환자는 균형능력의 감소로 에너지 소모가 증가되어 정상인에 비해 에너지의 효율성이 저하된다(da Cunha 등, 2002). 본 연구에서는 보행의 에너지 효율성을 평가하기 위해 임상에서 간편하게 에너지 소모량을 측정할 수 있는 방법으로 제시된 에너지소비지수를 사용하였는데, 이러한 방법은 심박수와 산소섭취량 사이에 선형 비례가 있으므로 지수화 하여 사용할 수 있다(Rose 등, 1991). 본 연구의 에너지소모지수 측정 결과 대상자 1은 체간 안정화 운동을 수행하지 않는 기초선 보다 수행하는 중재기와 회귀 기초선에서 감소된 것으로 나타났다. 대상자 2도 기초선 보다 중재기와 회귀 기초선에서 감소된 것으로 나타났다. 두 명의 대상자에서 모두 체간 안정화 운동이 보행 시 에너지소모지수를 감소시키는데 효과적 이었고, 운동이 종료된 이후에도 효과가 일정기간 동안 지속되는 것으로 나타났다. Lee와 Shin (2010)은 만성뇌졸중 환자를 대상으로 흥미를 유발할 수 있는 게임 운동 프로그램을 통해 주3회, 6주간 매일 1시간씩 가상현실 운동프로그램을 적용한 결과 에너지소모지수가 유의하게 감소하여 보행 효율성이 증진되었다고 하였다. 대칭적인 하지 움직임을 위한 선행요건으로 체간 안정성이 요구되는데, 본 연구에서 시행된 체간 안정화 운동도 체간 근육을 강화하고 올바른 자세 정렬을 통해 보행 시 에너지소모지수가 감소된 것으로 사료된다. 균형장애로 불안정성이 증가되면 근육

에서 발생하는 긴장도, 협력수축이 증가되고 관절 모멘트가 변경되어 신체가 수행하는 전체적인 기계적 일이 증가하게 되므로 효율성이 감소되지만 (Detrembleur 등, 2003; Grimby, 1983), 신체분절의 정확한 체 감각 정보를 통한 자세조절 능력의 향상은 신체의 안정성을 증진시켜 보행 시 에너지 소모를 최소화 하는데 효과적이다(Ijmker 등, 2013). 본 연구에서 체간 안정화 운동 프로그램을 두 명의 뇌졸중 환자에게 적용한 결과 동적 균형이 향상 되었으며 에너지 소모량을 나타내는 에너지소모지수가 감소하여 보행 에너지 소모 측면에서 효과적이었으며, 뇌졸중 환자를 대상으로 에너지 소모량을 감소시킬 수 있는 중재방법으로 향후 진행될 수 있는 연구의 기초 자료로 제시할 수 있겠다. 본 연구의 제한점으로는 대상자가 트레드밀 보행이 가능한 환자 중 2명으로 제한하였기 때문에 보행 장애가 있는 뇌졸중 환자들에게 적용하기에는 무리가 있지만, 단일사례연구로 진행되어 향후 연구에 기초 자료로 사용할 수 있도록 하였으며, 반복되는 평가에 대해 학습화 과정을 적절하게 제한하지 못하였다. 향후 많은 수의 대상자를 통해 보행 효율성 측면에서 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 체간 안정화 운동이 두 명의 뇌졸중 환자의 균형과 에너지 소모량에 미치는 영향을 알아보고자 한 것이다. 개별실험 연구 설계 중 ABA 디자인을 사용하였고, 총 실험은 20회기로 기초선 과정 5회와 회귀 과정 5회는 체간 안정화 운동을 시행하지 않는 기초자료 수집기간 이었고, 중재기 10회는 주5일, 1일 40분씩 체간 안정화 운동을 시행하였다. 그 결과, 중재기 동안의 체간 안정화 운동 시행 후 균형이 향상되었으며, 에너지소모지수가 감소하여 에너지 소비가 감소된 것으로 나타났다. 또한 운동이 종료된 이후에도 일정 기간 동안 효과가 지속되는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 추후 임상에서 체간 안정화 운동을 적용할 때 참고 사항이 될 수 있을 것이며, 향후 더 많은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구가 이뤄져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Akuthota V, Ferreira A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep*. 2008;7(1):39-44.
- Aluko A, DeSouza L, Peacock J. The effect of core stability exercises on variations in acceleration of trunk movement, pain, and disability during an episode of acute nonspecific low back pain: a pilot clinical trial. *J Manipulative Physiol Ther*. 2013;36(8):497-504.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, Heffes Y, Laufer Y, et al. Activation of selected trunk muscles during symmetric functional activities in poststroke hemiparetic and hemiplegic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1999;66(2):218-21.
- 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.
- Girolami GL, Shiratori T, Aruin AS. Anticipatory postural adjustments in children with hemiplegia and diplegia. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(6):988-97.
- 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, Nooijen C, et al. Energy expenditure of stroke patients during postural control tasks. *Gait Posture*. 2010;32(3):321-6.
- Ijmker T, Houdijk H, Lamothe 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.
- Karatas M, Cetin N, Bayramoglu M, et al. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004;83(2): 81-7.
- 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.
- Koyama K, Naito H, Ozaki H, et al. Effects of unstable shoes on energy cost during treadmill walking at various speeds. *J Sports Sci Med.* 2012;11(4):632-7.
- 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.
- 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.
- Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. External perturbation of the trunk in standing humans differentially activates components of the medial back muscles. *J Physiol.* 2003;547:581-7.
- 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.
- 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.
- Snaphaan L, van der Werf S, de Leeuw FE. Time course and risk factors of post-stroke fatigue: a prospective cohort study. *Eur J Neurol.* 2011;18(4):611-7.
- 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.
- 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.
- Verheyden 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.
- Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999;9(3):207-31.
- Zamparo P, Francescato MP, De Luca G, et al. The energy cost of level walking in patients with hemiplegia. *Scand J Med Sci Sports.* 1995;5(6):348-52.