



■ 최진호, 이한숙¹, 장종성

■ 대구한의대학교 보건치료대학 물리치료학과, ¹을지대학교 보건과학대학 물리치료학과

Changes of Postural Sway and Muscle Activation While Standing Upright and Performing a Dual Task

Jin-Ho Choi, PT, PhD; Han-Suk Lee, PT, PhD¹; Jong-Sung Chang, PT, PhD

Department of Physical Therapy, College of Health & Therapy, Daegu Haany University; ¹Department of Physical Therapy, College of Health Science, Eulji University

Purpose: This study was designed to investigate the changes of postural sway and muscle activation while standing upright and performing a dual task.

Methods: Nine healthy adults were recruited and provided their written informed consent. They performed a balance task with and without a cognitive task on a force platform (Good balance, Metitur Ltd., Filand). Postural sway was measured as medio-lateral and anterior-posterior distance and the velocity of the center of pressure and muscle activations of the ankle dorsi- and plantar-muscle was measured. The recruits completed three trials and the data was analyzed by a paired t-test.

Results: There were significant differences in the medio-lateral and anterior-posterior distance and the velocity of the center of pressure, and significant increases in the muscle activities of the tibialis anterior.

Conclusion: These findings revealed that performing a dual task increases postural sway and muscle activation of the ankle when simultaneously maintaining balance and performing another cognitive task. Future studies should focus on balance training with a dual task for patients.

Keywords: Balance, Dual task, Muscle activation, Postural sway

논문접수일: 2011년 6월 29일

수정접수일: 2011년 6월 29일

게재승인일: 2011년 9월 6일

교신저자: 장종성, jackscjs@hanmail.net

1. 서론

일반적으로 일상생활을 하는 동안에 주로 수행하는 과제들은 여러 가지 과제를 함께 해결해야 하며, 이를 위해서 우리는 집중력을 분산시키는 것이 필요하다.¹ 집중력을 분산시키게 되는 과제는 걷거나 서 있을 때 말을 하거나 인지 과제를 해결하는 등의 한 가지 이상으로 구성된 과제를 수행하는 것을 말하며 이중과제라고도 한다.² 이중과제를 수행하기 위해서 다양한 환경에서 자세를 조절하는 불수의적인 동작이 나타나야 되며 이러한 조절은 여러 신체 기능의 복합적인 작용에 의해서 나타나게 된다.³ 이러한 자세 조절을 통하여 다양한 환경에 적절히 대처를

할 수 있으며 공간에서 자세와 균형을 유지하는 것은 불수의적인 조절과 함께 집중이 영향을 미치게 되고 집중은 자세 유지에서 자세의 오류를 발견하고 의식적으로 통제를 하게 된다.⁴

균형은 정적인 자세를 안정적으로 유지하여 지지면 내에서 자세의 동요를 최소화하거나 원하는 동작을 수행하는 동안 새로운 지지면으로 빠르게 전환하여 지지면 내에 신체 중심을 유지하는 것을 의미한다.⁵ 균형을 유지, 조절하기 위해서는 전정계, 시각, 체감각, 고유수용성 감각 등의 정상적인 감각 입력과 고위중추에서의 적절한 통합조절이 이루어져야 하며, 균형 능력은 나이, 성별, 인지능력, 근골격계 손상, 감각 손상, 근긴장도 등과 같은 다양한 요소의 영향을 받게 되고, 발을 모아 서기

나 발뒤꿈치-발가락 서기 등 지지면의 감소에 의해서 변화가 나타난다.^{3,5} 또한 일상생활에서 일반적인 상황에서 이중과제를 수행하는 것은 어렵지 않지만, 균형 능력의 손상을 받은 사람, 낙상의 경험이 있는 노인, 집중력이 저하되거나 신경학적 손상을 받은 환자는 이중과제를 수행하는 과정에서 낙상을 야기하거나 신체 손상 및 균형을 조절 능력과 보행 능력 등의 손상으로 인하여 일상생활에도 영향을 미치게 된다.^{3,6}

이중과제에서 하나의 과제 수행과 함께 다른 과제를 수행하는 것에 대한 평가는 같은 시간 동안에 두 과제를 수행하는 대상자의 정보처리를 평가하게 되며, 정확하게 두 과제를 수행하게 되다면 독립적으로 할 수 있을 것이고 하나의 과제를 할 때보다 감소하게 된다면 균형 조절에 유해한 결과나 감소를 보일 것이다.^{7,9} 이는 이중과제에서 자세 조절이 하나의 과제와 선택적으로 상호 작용되고 있으며, 과제의 특성에 따라 자세 유지가 개선되거나 손상될 수 있으며, 이러한 자세 유지와 관련된 균형을 평가하는데 있어서 근활성도의 평가가 많이 이용되고 있으며, 신체의 동요를 조절하기 위한 근육의 활동을 모니터링 할 수 있다.^{5,10} 이중 과제는 보행이나 서기 자세에서 다른 과제를 수행하면서 신체의 동요나 보행 형태의 변화를 비교하여 자세 조절과 집중에 대해 알아보았으며,^{1,4,11} Maylor 등⁷과 Morioka 등⁴은 힘측정판을 이용하여 동요 거리와 동요 속도를 측정하였고, 이중과제의 난이도나 지면의 차이를 이용하여 균형 능력을 평가하였다.

이중과제를 수행하는 동안 자세 변화를 유지하려고 하는 노력이나 심리 운동 능력의 감소로 인하여 노인과 균형 손상 환자에서 정상 성인이나 대조군보다 큰 영향을 주게 되고, 자세 수행 능력에서 신체 동요의 양이나 변화의 정도가 심하게 나타나게 되며 이는 자세 안정성의 감소를 일으키게 되나 여러 연구에서 젊은 성인이 이중과제를 수행하면서 선 자세에서 신체 동요가 감소한 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이중 과제의 수행 동안 자세의 동요와 이를 감소시키기 위한 발목 근육의 자세 조절 활동을 확인하기 위해 정상 성인의 단일과제와 이중과제 수행이 정적 서기 자세에서의 자세 동요와 근활성도의 변화를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자들은 자세조절 및 보행에 장애가 없고, 신경계 및 근골격계에 장애가 없는 정상 성인 9명을 대상으로 시행되었다. 모든 연구대상자는 오른손이 우성이었고, 이를 검사하기 위해 Edinburgh Handedness Inventory를 사용하였다.¹² 실험에 앞서 실험의 목적 및 취지를 충분히 설명한 후 자발적 동의를 구하였

다. 본 연구에 참여한 연구대상자의 일반적인 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (Mean±SD)

| Gender (M/F) | Male | 4 |
|--------------|-----------|---|
| | Female | 5 |
| Age(years) | 20.6±0.5 | |
| Height(cm) | 166.7±7.6 | |
| Weight(kg) | 60.4±10.1 | |

2. 실험방법

똑바로 선자세 그리고 똑바로 선자세에서 이중과제 수행에 따른 정적균형능력을 측정하기 위해 연구대상자는 오른쪽 발뒤꿈치에 왼쪽 발끝이 닿도록 똑바로 선자세(tandem standing)에서 양발이 접촉하는 부위에 체중을 부하하도록 요구하였고,¹³ 눈은 뜬 상태에서 시선은 연구대상자의 눈높이의 벽을 바라보도록 주문하였다. 그리고 이중과제는 자극제공프로그램(SuperLab 4.0, Cedrus, 미국)과 4개의 반응버튼이 있는 반응패드(RB-830, Cedrus, 미국) 그리고 개인용 컴퓨터를 이용하였고, 연구대상자는 눈높이 수준에 설치된 17인치 LCD 모니터를 응시하며 실험을 시행하였으며, 반응패드는 연구대상자의 배꼽아래에 스트랩으로 고정하였다. 자극은 흰색의 ○, ◇, □, △ 4가지 도형이 검은색 바탕의 모니터의 중앙에 무작위로 나타나도록 설계하였고 연구대상자의 양손 엄지(thumb), 시지(index finger), 중지(middle finger), 약지(little finger)를 반응패드의 양쪽 ○, ◇, □, △ 모양의 반응패드에 올려놓았다. 모니터에 “실험을 시작합니다”란 문구가 제시된 후 모니터에 나타나는 도형의 모양과 동일한 모양의 반응패드 버튼을 오른손가락만 이용하여 가능한 빨리 누르도록 요구하였고, 모니터에 제시된 도형의 모양과 일치하는 반응패드의 버튼을 눌렀을 경우 다음 도형이 제시되도록 설계하였다.

정적균형능력과 근활성도를 관찰하기 위해서 30초 동안 정적균형능력을 측정하는 동안 실시간으로 근활성도를 측정하였는데, 실험은 우선 일반적인 정적균형능력과 근활성도를 측정하였고 5분 휴식 후 이중과제 수행시 정적균형능력과 근활성도를 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복 실시한 다음 그 평균값을 산출하였다.

3. 측정도구

1) 균형능력측정기

정적균형능력을 측정하기 위해서 균형능력측정기(Good Balance, Metitur Ltd., 핀란드)를 사용하였고,^{1,14} 이 장비는 삼각형으로

구성된 힘 판에서 근거리 무선 통신을 이용하여 컴퓨터에 데이터가 저장된다. 표본 추출 빈도는 50 Hz이고, 수직 반발력만 측정하게 되어 있다. 측정되는 값은 삼각형 모양의 힘판에 올라서서 서게 되면 그 위치에서 자동적으로 체중심을 인식하게 되어 편한 위치에서 서게 되고, 체중심의 전후이동거리(Y distance), 좌우이동거리(X distance), 전후이동속도(Y speed), 좌우이동속도(X speed) 등이 측정된다.

2) 근활성도

표면 근전도는 MP150 (Biopac System, 미국)을 사용하였으며, 표면 근전도는 오른쪽과 왼쪽 앞정강이근과 장단지근에 전극을 부착하여 근활성도를 측정하였다. 전극을 부착하기 전 모발을 제거하였고 피부저항 감소와 각질제거를 위해 부드러운 사포로 5회 문질러 준 다음 알코올로 닦아주었다. 각 근육의 활성도를 측정하기 위해 Ag-Ag/Cl (biopac, diameter 2 cm, 미국) 전극을 사용하였는데, 전극의 부착 위치는 각 근육에 따라 최대 저항을 줄 수 있는 자세를 취한 후 도수저항을 적용하여 최대로 수축시켜 가장 활성화되는 부위인 근복(muscle belly)에 양극을 부착하였는데, 장단지근은 외측 근복에 부착하였고 2 cm 떨어진 부위에 근육의 방향과 평행하게 음극전극을 부착하고 접지전극은 요추 5번의 극돌기에 부착하였다. 신호처리에는 1000 Hz의 표면 추출률

를 줄이기 위해 5초간 수축한 값의 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균값을 최대 등척성 수축값으로 정하였다.

4. 자료분석

수집된 자료는 평균 및 표준 편차로 제시하였고, SPSS 15.0을 이용하여 통계 처리하였다. 2가지 실험에서 체중심의 전후이동거리(Y distance), 좌우이동거리(X distance), 전후이동속도(Y speed), 좌우이동속도(X speed), 그리고 각 근육의 활성도 차이를 관찰하기 위해 대응비교 t-검증(paired t-test)을 시행하였고 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 과제에 따른 균형능력과 근활성도 비교

일반적인 정적균형능력과 이중과제 수행 간에 체중심의 좌우이동속도, 전후이동속도, 좌우이동거리, 전후이동거리는 모두 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었고, 오른쪽과 왼쪽 앞정강이근의 근활성도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다 ($p < .05$)(Table 2). 그러나 오른쪽과 왼쪽 장단지근의 근활성도는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

Table 2. Balance variation and muscle activity in static balance and static balance with dual task

| | | Static balance | Static balance + dual task | p |
|----------------|----------------|-------------------------|----------------------------|-------|
| Balance | X speed(mm/s) | 12.95±3.43 ^a | 17.86±7.50 | 0.02* |
| | Y speed((mm/s) | 11.34±2.23 | 16.94±7.84 | 0.04* |
| | X distance(mm) | 375.53±99.09 | 522.53±233.93 | 0.01* |
| | Y distance(mm) | 337.53±75.73 | 494.44±238.14 | 0.03* |
| EMG (%MVIC) | Rt. TA | 24.37±14.01 | 30.28±17.18 | 0.00* |
| | Rt. GS | 36.10±29.36 | 38.40±29.91 | 0.12 |
| | Lt. TA | 20.06±10.34 | 30.76±19.86 | 0.01* |
| | Lt. GS | 40.98±20.03 | 43.31±17.70 | 0.08 |

Mean±SD

*Statistically significance between static balance and static balance with dual task conditions ($p < 0.05$)

(sampling rate)로 수집한 후, 전파정류(full-wave rectification)하여 처리하였다. Acqknowledge 3.7.1(Biopac System, 미국) 소프트웨어를 이용하여 30~500 Hz에서 구간 통과 필터(band pass filtering)하고 잡음제거를 위해 60 Hz로 노치필터(notch filter)로 신호를 처리하였다. 수집된 자료는 5초간의 데이터를 표준화(normalization)하여 비교하였다. 본 연구에서는 표준화하는 방법으로 %MVIC를 사용하였는데, 연구대상자에게 5초간 도수저항을 적용하여 최대 등척성 수축을 시킨 다음, 평균값의 오차

IV. 고찰

균형은 공간에서 자세를 조절하여 유지하는 것을 의미하고, 자세의 조절은 운동과 감각의 상호 작용에 의해 이루어지게 되며 선 자세에서 신체의 동요를 최소한으로 하여 지지면 내에 중력 중심을 유지하는 것과 신체가 움직일 때 움직이는 신체의 중력 중심을 새로운 지지면 내에 유지하는 것으로 구분할 수 있다.⁵ 이러한 정상적인 균형을 유지하기 위해서는 무릎관절, 엉덩관

절 등에서 나타나는 자세 조절을 위한 생역학적인 운동 조절과 감각 통합 및 상위 신경의 조절이 함께 필요하다. 특히 무의식적이고 자동적인 반응에 의한 자세 조절과 함께 신체의 오류를 발견하면서 의식적인 집중에 의해서 조절하는 것이 중요한 요소로 제시되고 있다.³ 본 연구에서는 정상 성인의 단일과제와 이중과제 수행이 정적 서기 자세에서의 균형에 미치는 영향을 알아보기 위해 체중심의 전후, 좌우 이동속도와 이동거리, 앞정강근과 장단지근의 근활성도를 확인하였다.

이동거리와 이동속도는 선 자세에서 자세 동요를 비교하여 자세 조절의 능력을 확인하기 위해 많이 이용되고 있으며 이는 균형 능력을 평가하기 위한 도구로 널리 이용되고 있다.^{15,16} 그리고 바로 선 자세에서 균형을 평가하는 것은 자세 동요가 적어서 평가하기가 힘들므로 지지면의 변화나 지지면의 감소 등과 같은 어려운 과제나 자세에서 평가를 하게 된다. 또한 자세 안정성을 평가하기 위해서 발목 관절 주위의 근활성도를 측정하여 확인을 하게 되고 자세 안정성이 떨어지는 것은 발목의 배측굴곡과 저측굴곡의 토크의 능력 변화와 관련이 있으며 발목 관절의 근육은 자세 조절의 가장 먼저 작용하는 근육이므로 균형 능력을 확인하기 위해서 다양하게 이용된다.^{9,17}

정적 서기 자세에서 전후, 좌우의 이동속도와 이동거리는 단일과제를 수행 할 때보다 이중과제를 수행할 때 모두 유의하게 증가하였다. Melzer 등⁸은 바로 선 자세에서 집중력이 요구되는 과제를 동시에 수행하는 할 때 정상 성인보다 노인에서 자세의 동요가 증가한다고 하였고, Maylor 등⁷도 서기 자세에서 공간적 기억 과제와 비공간적 기억 과제를 수행하면서 균형을 잡는 동작을 시행한 결과로 인지과제의 난이도와 연령의 증가에 따라서 자세 동요가 커진다고 하였다. 이는 정상인의 경우 바르게 서기 자세에서 이중과제에 의해서 자세동요의 크기가 크게 증가하지 않지만, 본 연구에서는 오른쪽 발뒤꿈치에 왼쪽 발끝이 닿도록 똑바로 선자세는 지지면을 감소시키게 되어 자세의 난이도가 증가하게 되며 이중과제를 수행함에 따라 자세 조절과 관련된 자세 조절의 전략이 떨어지게 되어 나타나게 된다. 또한 운동과제와 관련된 공간적인 과제에 경우 자세 조절과 관련된 근육의 활성화와 과제의 동일성에 의해서 자세동요가 감소하게 되지만 인지과제의 경우 보다 집중을 요구하기 때문에 자세 조절에 나쁜 영향을 미치는 것으로 생각된다. 한편 Huxhold 등¹⁸과 Fraizer와 Mitra³는 기립자세에서 인지 과제를 수행 할 때 자세 동요를 측정된 결과 이중과제를 수행 시 균형을 유지하기 위한 의식적인 집중이나 외적 자극이 감소되어 자세 동요의 감소를 일으킨다고 하였으나 본 연구에서는 이중과제가 자세 조절을 위한 집중력의 감소를 일으켜 자세 안정성에 부정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Pellecchia¹⁹은 기억 회상과제나 섬세한 운동 조절이 필요한 이중과제의 경우 자

세 동요를 크게 일으키게 되며 난이도가 높은 인지과제의 경우 동요가 더 커지게 되나 반복과 훈련을 통하여 자세 동요를 감소시키고 다양한 과제 수행에 유용할 것이라고 하였다.

본 연구에서 과제에 따른 발목관절의 근활성도를 확인 한 결과 장단지근에는 변화가 없었으나 앞정강근에서는 이중과제를 수행하는 동안 근활성도가 높아지는 것을 확인하였다. 정적인 자세 조절에서 발목 관절 전략이 먼저 사용되어 지고, 자세를 유지하기 위한 앞정강근의 활성도나 민감도가 더욱 높게 나타나는 것은 일반적으로 배측굴곡근의 활성화가 저측굴곡근의 활성화 보다 균형을 유지하는데 더욱 밀접한 관계를 가지고 있으며, 균형을 유지하는데 있어서 배측굴곡근의 근력 유지나 협응력과 관련된 훈련이 꾸준히 필요하다고 하였다.^{20,21} 신체 중심의 동요속도나 이동거리의 증가에 따라 근육의 활성도가 증가하는 것은 자세 안정성을 유지하기 위해서 나타나게 되고, Simoneau 등⁹은 쉬운 자세에서는 장단지근의 기능이 앞정강근의 활성화보다 더욱 중요하지만 어려운 자세나 복잡한 자세에서는 앞정강근의 근활성도의 증가가 중요한 역할을 한다고 하였다. 그리고 노인의 낙상의 원인으로 정상 성인에 비해서 발목관절 전략을 이용하지 않고 엉덩관절 전략을 이용하여 조절하게 되고,²² 이는 발목 관절의 근육의 근력 약화를 발생시키게 되어 균형 유지에 어려움이 발생하게 된다. 특히 Kim 등²¹은 발목 근육의 근력과 균형 및 보행 능력의 관계를 비교한 결과 발목 배측굴곡근이 저측굴곡근보다 노인의 균형 유지에 더 밀접한 관계를 가지게 된다고 하였다.

이중과제를 수행함에 따라 신체의 동요가 증가하게 되고, 자세를 유지하기 위한 발목관절 근육의 근활성도가 증가되었다. 이는 이중과제 훈련이나 발목관절 근육의 근력 강화가 신체 동요를 감소시킬 수 있음을 나타내고, 일상생활에서 여러 가지 과제를 동시에 수행해야 되는 경우가 매우 많기 때문에 자세 조절을 위한 전략 훈련이나 이중 과제 훈련을 통하여 균형을 잘 유지할 수 있는 운동 프로그램의 개발 등을 통하여 낙상의 위험을 예방하거나 균형 및 재활을 위한 기초자료로 유용할 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 다양한 연령과 과제를 통하여 이중 과제가 자세 조절에 미치는 영향을 평가하는 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 정상 성인의 단일과제와 이중과제 수행이 정적 서기 자세에서의 균형에 미치는 영향을 알아보기 위해 연속반응과제를 수행하여 균형능력을 확인한 결과 전후, 좌우의 체중심의 이동속도와 이동거리가 모두 증가하였고 앞정강근의 근활

성도가 증가되었다. 이중과제의 수행이 자세 동요를 증가시키고 자세 유지를 위한 근육의 활성도가 증가되었다. 이를 통하여 자세 조절을 위한 전략 훈련이나 이중 과제 훈련을 통하여 좀 더 균형을 잘 유지하며 낙상의 위험을 예방하거나 균형 및 재발을 위한 기초자료로 유용할 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Choi JH, Lee HS

Acquisition of data: Choi JH, Lee HS

Analysis and interpretation of data: Choi JH, Chang JS

Drafting of the manuscript: Chang JS, Lee HS

Research supervision: Choi JH

참고문헌

- Pajala S, Era P, Koskenvuo M et al. Genetic and environmental contribution to postural balance of older women in single and dual task situations. *Neurobiol Aging*. 2007;28(6): 947-54.
- Dault MC, Yardley L, Frank JS. Does articulation contribute to modifications of postural control during dual-task paradigms? *Brain Res Cogn Brain Res*. 2003;16(3):434-40.
- Fraizer EV, Mitra S. Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait Posture*. 2008;27(2):271-9.
- Morioka S, Hiyamizu M, Yagi F. The effects of an attentional demand tasks on standing posture control. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2005;24(3):215-9.
- Seo SK, Kim SH, Kim TY. Evaluation of static balance in postural tasks and visual cue in normal subjects. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(4):51-6.
- Hall CD, L. H-G. Balance rehabilitation and dual-task ability in older adults. *J Clin Gerontol & Geriatr*. 2010;1:22-6.
- Maylor EA, Allison S, Wing AM. Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. *Br J Psychol*. 2001;92 Part 2:319-38.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Age-related changes of postural control: Effect of cognitive tasks. *Gerontology*. 2001;47(4):189-94.
- Simoneau EM, Billot M, Martin A et al. Difficult memory task during postural tasks of various difficulties in young and older people: A pilot study. *Clin Neurophysiol*. 2008;119(5):1158-65.
- Granacher U, Roth R, Muehlbauer T et al. Effects of a new unstable sandal construction on measures of postural control and muscle activity in women. *Swiss Med Wkly*. 2011;141:13182.
- van Iersel MB, Ribbers H, Munneke M et al. The effect of cognitive dual tasks on balance during walking in physically fit elderly people. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(2): 187-91.
- Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971;9(1): 97-113.
- Hong Y, Li JX, Robinson PD. Balance control, flexibility, and cardiorespiratory fitness among older tai chi practitioners. *Br J Sports Med*. 2000;34(1):29-34.
- Cho KH, Lee WH. The effects of two motor dual task training on balance and gait in patients with chronic stroke. *J Kor Soc Phys Ther*. 2010;22(4):7-14.
- Baratto L, Morasso PG, Re C et al. A new look at posturographic analysis in the clinical context: Sway-density versus other parameterization techniques. *Motor Control*. 2002;6(3):246-70.
- Keshner EA, Kenyon RV. The influence of an immersive virtual environment on the segmental organization of postural stabilizing responses. *J Vestib Res*. 2000;10(4-5):207-19.
- Cho YH, Choi JH. Muscle activities of the lower extremity based on ankle plantar-flexion in elderly women. *J Kor Soc Phys Ther*. 2009;21(4):57-63.
- Huxhold O, Li SC, Schmiedek F et al. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull*. 2006; 69(3):294-305.
- Pellecchia GL. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait Posture*. 2003; 18(1):29-34.
- Kang JH. Comparisons of the exercise type on leg muscle strength, balance and walking ability in elders. Ewha Womens' University Dissertation of Master's Degree. 2003.
- Kim K, Seo SK, Yoon HJ et al. Correlations between muscle strength of the ankle and balance and walking in the elderly. *J Kor Soc Phys Ther*. 2008;20(1):33-40.
- Gribble PA, Hertel J. Changes in postural control during a 48-hr. Sleep deprivation period. *Percept Mot Skills*. 2004; 99(3 Pt 1):1035-45.