

정상 성인 여성의 양발서기 자세와 발뒤꿈치- 발끝 서기 자세의 자세안정성과 체중분포

권 미 지

광주보건대학 물리치료과

Postural Steadiness and Weight Distribution during Quiet Stance and Tandem Stance in Healthy Women Young Adults

Mi-ji Kwon, PT, MS

Department of Physical Therapy, Gwangju Health College

<Abstract>

Purpose : Tandem stance is a clinical measure of standing balance considered to assess postural steadiness in a heel-to-toe position by a temporal measurement. The aim of this study is to investigate postural steadiness and to explore the weight distribution between legs during 25s of quiet stance and tandem stance(right foot was leading) in healthy young adults.

Methods : 107 healthy young adults(mean age 21.1 years) are participated. Weight distribution beneath both feet and sway distance were recorded while the subjects performed 25s of quiet stance and tandem stance.

Results : Subjects placed more weight on the rear leg in tandem stance and on the left foot in quiet stance. So, quiet stance and tandem stance is not a task for equal weight bearing. Subjects show larger sway distance in anteroposterior direction of tandem stance than quiet stance.

Conclusion : The results of this study will be useful to researchers and clinicians using tandem stance measures to evaluate postural steadiness and to predict fall. The results suggest that tandem stance is useful to treat of weight distribution and to improve of balace in elderly adults and stroke patients.

Key Words : Tandem stance, Postural steadiness, Balance, Fall

I. 서 론

자세조절(postural control)은 공간에서 안정과 적

응의 두 가지 목적을 위해 인체의 자세를 조절하는 것과 연관이 있다(Shumway-Cook와 Woollacott, 2001). 이러한 자세조절에 관련된 시스템은 똑바로 선 자

세동안 신체의 방향과 평형을 조절하는 복잡한 구조로서 과거 연구에서는 자세조절에 기여하는 감각계로서 전정계, 시각, 고유수용성에 대한 연구가 많았다(Lafond 등, 2004). 또한 자세안정성의 측정은 정적 서기 동안 균형을 유지하는 것과 관련된 자세 조절 시스템의 역동성을 특성화하는데 이용되었다(Prieto 등, 1996). 정적 서기 또는 똑바로 선 자세에서 자세 안정성(postural stability)을 설명하는 용어로는 흔들림(sway) 또는 안정성(postural steadiness)이 있고 압력중심(center of pressure, COP), 무게중심(center of mass, COM)으로 측정이 가능하다.

임상에서 균형을 측정하는 방법은 다양하다. 과거에는 '정적 균형에 대한 연구와 균형손상에 대한 연령과 관련된 변화에 중점을 두었으나, 최근에는 동요의 크기와 속도를 증가시켜 균형을 위협하고 균형조건 변화로 환경적인 상황을 시뮬레이션하면서 반응의 특성을 평가하고 있다. Patla 등(1991)은 무게중심의 큰 이동은 균형기전이 불량한 것으로 일반적으로 해석하지만 정적서기에서 균형수행은 자세유지를 잘하기 때문에 적절한 균형 조절 불능을 측정할 수 없다고 했다. 따라서 무게 중심의 이동을 더 크게 하거나 높은 빈도로 이동하는 것을 활용할 수 있는 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 균형수행을 측정할 것을 제안하였다. 발뒤꿈치-발끝서기 자세(두발을 일직선으로 선 자세, heel-to-toe position, tandem stance)는 잠간동안의 측정에 의해 자세 안정성을 평가하는 것으로 고려되는 서기 균형의 임상적 측정방법이다.

또한 임상과 연구방법은 자세 조절계의 다른 방안을 평가하기 위해 발달되었다(Horak, 1997). 연구기관에서, 실험적 도구는 일반적으로 자세 안정성(postural steadiness) 또는 자세적 균형(postural balance)을 평가하도록 구성되어 있고, 자세적 균형은 똑바로 선 자세를 유지하는 능력이나 외적 역동적 흔들 후에 평형을 회복하는 능력으로 언급된다. 반면 자세 안정성은 힘판에서 가능한 한 서 있을 수 있는 것 때때로 변형된 체성감각 상태에서 선 자세를 최대한 유지할 수 있는 것으로 언급된다. 많은 변수가 자세 안정성을 양적으로 평가하기 위해 힘판이 사용되었고, 압력 중심은 가장 일반적으로 측정되는

변수이고 발 아래 지면 반발력 적용점으로서 정의된다. 압력 중심은 신체 내적인 힘의 결과이고 자세 조절계의 평형력을 저장하고 있으며, 압력중심 변화는 자세조절의 신경학적 생역학적 기전에 관한 추측으로 사용된다(Lafond 등, 2004). 그러나 자세안정성을 평가하기 위해 사용된 단순한 힘판 사용에 관한 연구는 균형을 유지하기 위해 각 발의 참여를 구별할 수 없는 단점이 있다(Prince 등, 1995).

또한 자세 불안정(postural instability)은 낙상 출현과 연관된다(Shumway-Cook 등, 1997). 낙상위험 요소로는 감각, 운동, 인지, 정신사회적 변수의 다양성이 있지만 결국 일상활동동안 균형을 유지하는 능력과 균형 소실 후 정적 똑바로 선자세로 회복하는 능력에 의존한다. 균형을 유지하는 능력은 정적 서기동안 자세안정성을 통해 측정되고 균형소실후 똑바로 선자세로 회복하는 능력은 갑작스런 외적 힘이나 지지면의 변화에 대한 개인의 반응을 측정함으로써 평가할 수 있다(Mackey와 Robinovitch, 2005). 낙상 위험요소를 조사하는 연구는 보행과 균형분석에 기초하고 연구 분야에서도 매우 활동적이다. 낙상에 대한 실험적 연구 분야는 생물학적인 분석이 포함되고(Kerrigan 등, 2000), 임상에서 사용되는 도구는 움직임의 질적인 면을 주관적으로 평가하고 시간적인 변수 사용이 포함된다. 한발서기 균형은 낙상을 예견하는 방법 중 하나이고 티네티(tinetti scale) 등급이 균형과 보행과제를 평가하는데 사용되는 도구이다.

이렇듯 균형 수행능력의 문제점은 낙상 결과를 가져올 뿐만 아니라 기능적 손상을 일으키게 된다. 그러므로 물리치료사들은 균형위험 요소를 이해하고, 균형 위험 요소를 가진 상황에서 적절한 치료 전략을 세우는 것이 중요하다. 임상에서 사용되는 낙상을 예방하는 균형 훈련으로서 발판 동요에 따른 훈련이 대표적이고 또한 낙상을 일으키는 내적 요소를 검사하기 위해 균형과 관련된 기능적 능력 측정요소가 임상에서 사용되고 있다. 또한 생체역학 영역 특히 보행과 균형처럼 실험장비가 필요한 것은 실험연구와 임상영역에 상당한 불일치를 제공하고 있다. 왜냐하면 장비는 대부분 비싸고 이동할 수가 없다. 따라서 연구자들은 이동가능하고 타당하고

신뢰성 있는 측정방법이 필요하게 된다(Doyle 등, 2005). 그러나 이러한 방법들은 장비와 시간적인 요소가 많이 소요되지만 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 간단하고 짧은 시간안에 측정할 수 있고 균형훈련에 대한 결과 값을 쉽게 획득할 수 있으므로 임상에서 유용하게 사용되어질 것이다.

발뒤꿈치-발끝 서기 자세를 유지하는 능력은 내외측 방향에서 지지면을 최소화하여 자세 안정성에 영향을 주고 있다. 하지만 발뒤꿈치-발끝 서기 자세의 무게중심을 측정한 연구는 있지만 체중분포에 대한 연구는 없었다. 또한 발뒤꿈치-발끝서기 자세는 선 자세 균형의 임상적인 측정으로 알려졌고, 버그균형척도(berg balance scale)의 한 항목으로써, 나이가 들어감에 따라 수행이 어려워지는 특성이 있고(Briggs 등, 1989), 노인이나 파킨슨 질환 환자 또는 낙상환자(Stankovic, 2004), 뇌졸중(Berg 등, 1992)의 균형측정으로 사용되어 지고 있으나 연구는 활발히 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 낙상을 예견할 수 있는 방법이며, 임상에서 쉽게 측정가능한 발뒤꿈치-발끝 서기 자세를 통하여 두 다리의 체중분포와 자세 안정성을 측정하고자 하였으며, 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세의 압력중심과 자세안정성을 비교함으로써 임상에서 균형측정과 균형훈련방법에 도움이 되고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

최근 6개월간 정형외과적, 신경외과적 손상이 없는 건강한 성인 여성을 대상으로 먼저 실험목적을 설명하고 동의를 얻은 뒤 실험에 참여하였다.

2. 연구방법 및 도구

양발서기와 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 균형수행능력을 측정하기 위해 균형측정기(Balance System Dynamic, Chattanooga Group, Inc. P.N. 53348 Rev. B 12/92)를 이용하였다. 이 실험 장치는 수직, 수평

이동이 가능한 힘판과 중족골두와 발뒤꿈치에 수직으로 누르는 힘을 측정할 수 있는 두개의 발판이 있으며, 화면으로 표시할 수 있고 자료를 수집하는 컴퓨터로 연결되어 있다. 이 실험 장치로부터 압력중심값(COP)과 앞뒤, 좌우로 압력중심이 이동한 값(sway distance) 그리고 압력중심에서 전후방과 좌우로 이동한 거리와 시간의 표준편차 값인 흔들림 지수(sway index, SI)를 측정할 수 있다.

먼저 대상자들의 키와 몸무게, 나이를 측정한 후에 어깨넓이로 벌어진 발판위에서 25초간 눈을 감은 상태에서 양발서기 자세 균형을 측정한 후에, 오른발을 앞에 두고 왼발을 뒤에 위치한 발뒤꿈치-발끝서기 자세로 발판을 이동 후, 시작과 동시에 왼발을 뒤쪽 발판에 올려서 눈을 감고 25초간 균형을 수행하였다. 팔은 자연스럽게 옆에 두었으며, 중간에 눈을 뜨거나 발이 떨어질 경우에는 다시 수행한 값을 취하였다.

3. 자료 분석

양발서기자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세의 양발의 발가락과 발뒤꿈치에 분포한 체중분포량과 압력중심값과 전후, 좌우방향의 흔들린 거리, 흔들림 지수, 흔들린 면적을 비교하고 통계적 유의성을 알아보기 위하여 paired t-test를 하였으며 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자들은 총 107명이며, 광주보건대 물리치료과에 재학중인 여학생으로서 평균 21.18세(19~29세)이며 평균 신장은 160.73cm이며, 평균 체중은 58.24kg이다.

2. 체중분포와 무게중심점

양발서기 자세에서는 왼쪽 발뒤꿈치에 33%로 가장 많은 체중이 분포되어 있으며, 발뒤꿈치-발끝

Table 1. t-value and weight distribution(%) of each foots for quiet stance and tandem stance.

	left toe (M±SD)	right toe (M±SD)	t-value
Quiet stance	21.14±4.10	23.45±5.90	-4.861*
tandem stance	31.97±6.78	24.98±6.81	6.172*
t-value	-15.203*	-1.903	
	left heel	right heel	
Quiet stance	33.27±5.99	22.23±4.99	17.432*
tandem stance	30.44±6.94	12.01±6.30	17.232*
t-value	3.362*	13.217*	
	left foot	right foot	
Quiet stance	54.41±3.50	45.68±3.53	13.10*
tandem stance	62.42±9.47	36.99±9.72	14.06*
t-value	-8.109*	8.622*	

*p<.05

Table 2. t-value and center of pressure for quiet stance and tandem stance

	Quiet stance (M±SD)	tandem stance (M±SD)	t-value
X-axis(Copx)	-0.99±0.77	0.27±0.21	-16.568*
Y-axis(Copy)	-0.67±1.15	-2.38±2.58	6.72*

*p<.05

x-axis: (+)-right direction, (-)-left direction

y-axis: (+)-anterior direction, (-)-posterior direction

서기 자세에서는 왼쪽(뒤쪽 발) 발가락에 31%로 가장 많은 체중이 분포되어 있다. 또한 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세에서 왼쪽과 오른쪽 발가락과 발뒤꿈치 사이의 체중분포에는 통계적으로 유의한 차이가 있다. 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세 모두 왼발에 체중분포가 크게 나타났으며, 왼발과 오른발의 체중분포에 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다(Table 1).

무게중심점은 양발 서기 자세에서는 왼쪽 후방(X=-0.99, Y=-0.67)에 위치하고 있으며, 발뒤꿈치-발끝 서기 자세에서는 오른쪽 후방(X=0.27, Y=-2.38)에 위치하고 있다. X축과 Y축에서 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세 사이에는 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다(Table 2).

3. 자세 흔들림

Table 3. t-value of sway index and distance(cm) of sway in medial-lateral and anterior-posterior direction.

	quiet stance (M±SD)	tandem stance (M±SD)	t-value
ant-post direction	2.35±.86	11.13±6.65	-13.791*
med-lat direction	1.73±.83	1.25±1.87	2.524*
sway index	.59±.23	1.75±.64	-18.994*

*p<.05

Table 4. t-value of fractal dimension results

range(%)	number(%)	quiet stance (M±SD)	tandem stance (M±SD)	t-value
5	107(100)	47.21±19.23	8.86±6.85	20.730*
10	107(100)	32.34±8.82	18.71±8.30	11.199*
15	101(94.39)	12.63±8.36	19.57±5.84	-6.727*
20	82(76.63)	6.53±6.05	16.36±4.82	-11.780*
25	61(57.00)	3.63±4.41	11.91±4.28	-10.648*
30	36(33.64)	2.12±3.68	9.26±4.37	-7.134*
35	18(16.82)	2.00±3.15	5.37±2.68	-3.667*
40	9(8.41)	1.92±2.53	3.69±2.73	-1.843

*p<.05

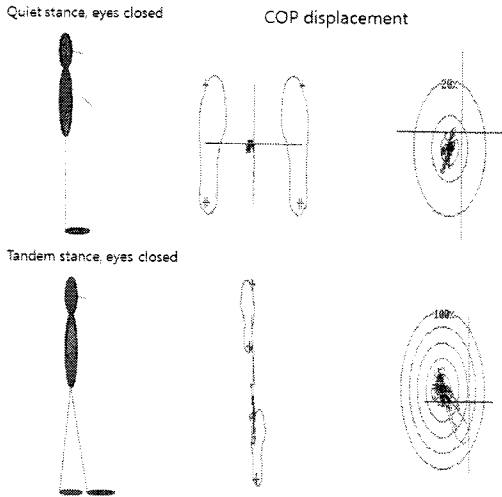


Fig 1. Example of postural steadiness experiment. The x-axis indicates sway of the COP in medial-lateral direction. The y-axis indicated sway of the COP in anterior-posterior direction.

앞뒤로 흔들린 거리는 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 11cm이며, 양발서기 자세와 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있다. 좌우로 흔들린 거리는 양발서기 자세가 1.73cm로 발뒤꿈치-발끝서기 자세보다 많은 거리를 보이고 있으며, 발뒤꿈치-발끝 서기 자세와 유의한 차이를 보이고 있다. 흔들림 지수에서도 유의한 차이를 보이고 있다(Table 3).

연구대상자의 57%가 25%범위 내에서 자세 흔들림이 있었고, 양발서기 자세에서는 5%범위에서 대

상자가 47%로 가장 많은 흔들린 범위를 보이고 있으며, 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서는 15%범위에서 대상자가 19%로 가장 많은 흔들린 범위를 보였다. 35%범위까지 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝 서기 자세에서 유의한 차이를 보이고 있다(Table 4, Fig 1).

IV. 고 찰

본 연구는 발뒤꿈치-발끝서기 자세 수행에서 양쪽 발의 체중분포를 알아보고, 양발서기 자세의 균형수행과의 차이를 알아보려고 하였다.

양발서기 자세는 균등한 체중지지를 수행하는 균형수행 검사임에 반해 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 불균등한 체중지지로 임상에서 앞쪽 다리와 뒤쪽 다리로 수행되는 과제이다. 따라서 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 다른 범위로 두 다리에 영향을 주는 운동장애 환자에 의해 수행되는 불균등한 체중지지 능력을 평가하기에 유용하고, 편마비 환자 또는 체중지지에서 편측 장애를 가진 환자의 균형 평가에도 유용한 자세라 할 수 있다.

발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 두 단계로 구성되는데, 첫 번째 단계는 첫 3~5초동안 변하기 쉬운 힘을 빠르게 감소시키는 단계로 초기 동적 단계이고, 곧 이어서 힘을 어떤 수준에서 유지하는 정적 단계가 뒤따른다. 따라서 첫 5초가 가장 중요한 시간이라 할 수 있다. Jonsson 등(2005)은 30초간 균형을 수행하여 초기동적단계와 정적 단계를 모두 평가하

였으며, 본 연구에서도 25초간 균형을 수행하여 발뒤꿈치-발끝 서기 자세 균형의 초기동적단계와 정적단계가 모두 측정되었다.

또한 초기 동적단계에서는 양발자세에서 발뒤꿈치-발끝서기로 체중이동을 일으키는 자세조정에 영향을 주고 뒤따르는 정적단계는 발뒤꿈치-발끝서기 자세를 유지하기 위한 자세 평형이 요구된다. 그러므로 Jonsson 등(2005)은 동적 단계는 내외측 힘 변수 크기 감소에 영향을 주나 정적단계에서는 변화가 없다고 하였다. Mackey 등(2005)은 낙상은 균형을 유지하는 능력과 균형을 회복하는 능력에 의존한다고 하였다. 양발서기 자세는 낙상 위험요소를 예견하지만 족관절 전략을 이용한 균형수행방법으로서 균형회복능력은 예견할 수 없다고 하였다. 하지만 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서의 균형수행능력은 초기 동적 단계와 정적단계로 두 단계가 포함되어서 균형 유지능력과 균형 회복능력을 모두 예견할 수 있다고 사료된다. 따라서 노인 환자들의 낙상 예견요소로서 양발서기보다 발뒤꿈치-발끝서기가 더 유용할 것이라 생각된다.

균형 수행능력에 영향을 주는 요소로서 힘과 족관절 근육 활동은 나이에 따라 감소하는 경향이 있다. Jonsson 등(2005)은 30초 동안 자세안정성을 관찰하여 발뒤꿈치-발끝서기 동안 다리사이의 체중분포를 알기위해 지면반발력과 근활동을 비교한 결과 나이와 관련된 변화는 힘의 다양성에서 감소하였고 족관절 근육활동의 감소를 보였다. 그러나 나이와 상관없이 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 비대칭적인 균형수행을 보였다. 따라서 발뒤꿈치-발끝 서기에서의 균형수행에서 나이는 유의한 차이가 없으므로 본 연구에서는 자세 안정성과 체중분포를 알아보기 위해 20대를 대상으로 하였으나 노인에게도 적용될 것으로 사료된다.

발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 비대칭적인 과제이므로 서 있는 동안 자세조절에 관한 연구는 무게중심 대신 각 다리마다 실제적인 힘에 관한 정보가 요구된다. Nichols 등(1995)은 젊은 성인에서 발뒤꿈치-발끝서기 동안 뒤쪽 다리에 대부분의 체중이 지지되는 경향이 있음을 보고하였다. 본 연구에서도 뒤쪽 다리인 왼발에 62%의 체중이 부하되고 있으며

그 중 발가락쪽에 32%의 체중이 부하되어 불균등한 체중지지를 수행하는 균형자세임을 알 수 있다. 하지만 본 연구대상자들은 양발서기 자세와 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 왼발과 오른발의 체중분포에 유의한 차이를 보이고 있어서 두 자세 모두 비대칭적인 체중지지자세라 할 수 있으나 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 더 확연한 체중분포 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

그러나 양발 서기 자세가 일반적으로 대칭적인 체중분포에 반해 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 만들어지는 첫 번째 비대칭성 이유는 자세 안정성, 수직 힘, 그리고 전경골근 활동과 관련된 다리 사이의 차이로 발생하고, 두 번째 비대칭성 이유는 기능적으로 다른 다리 길이를 만드는 자세로 인한 해부학적 제한 때문이다. 뒤쪽 다리는 초기에 입각기로서, 앞쪽 다리는 유각기로서 제공됨으로 뒤쪽 다리에 더 많은 체중이 유지된다. 또한 신체 배열에서 한쪽 다리 위의 무게 중심은 다리의 관절 주위로 힘의 각도를 감소시킴에 의해 균형을 수행하게 된다 (Jonsson, 2006). 이러한 이유로 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 모든 연령에서 불균등한 체중지지 활동으로, 발뒤꿈치-발끝 서기 자세 활동 수행은 균형 수행 능력 향상뿐만 아니라 보행 향상을 위한 훈련으로서도 적당할 것으로 사료된다. 따라서 신경계 질환 환자뿐만 아니라 양쪽 다리의 체중분포가 대칭적이지 못한 환자에게도 훈련의 가치가 있을 것이다.

시각은 또한 중요한 요소로서, 뒤쪽 다리에 더 많은 체중을 댄으로서, 앞쪽 다리는 볼 수 있고 공간에서 신체를 안정되도록 돕게 된다(Patla 등, 1991). 본 연구에서는 더 많은 혼란을 제공하기 위해 눈을 감은 상태에서 균형수행능력을 평가하였다.

또한 본 연구는 앞뒤, 좌우로의 흔들림 방향에서 흔들린 범위는 거리로 측정하고 흔들린 면적을 과녁으로 표시하여 측정하였다. Doyle 등(2005)은 정적 서기에서 압력중심의 면적 분석이 균형수행 측정값으로서 신뢰성이 높다고 보고하였다. 본 연구의 결과 발뒤꿈치-발끝 서기 자세 수행 시 양발 서기보다 더 넓은 면적이 이용됨을 알 수 있고, 내외측 흔들린 거리는 양발서기보다 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 적은 거리를 보이고 있고 앞뒤로의 흔들린

거리는 큰 차이를 보이고 있어 발뒤꿈치-발끝서기 자세가 내외측이 안정된 자세임을 알 수 있고 초기 동적기간에 내외측 크기감소에 영향을 주었음을 알 수 있다. 발뒤꿈치-발끝 서기 자세는 한발서기 자세와 같이 지지면의 넓이는 감소시키고 지지면의 길이는 증가시킨 자세이다. 따라서 본 연구의 결과 양발서기 자세보다 더 많은 앞으로 흔들린 거리를 보여주고 있다. Winter 등(1996)은 발뒤꿈치-발끝서기 자세에서 내외측 균형은 내반근육과 외반근육의 활동이 두드러지는데 특히 전경골근은 발을 배측굴곡하고 내반하는 근육으로서 노인에게 족관절 경직을 일으키고 땅에서 발의 외측면을 누르는 근육으로써 중요하다고 하였다.

양발서기 자세는 균형수행전략에서 내외측 조절이 요구되는 족관절 전략이 사용되는 반면 발뒤꿈치-발끝서기 자세는 고관절 전략이 요구되는 균형수행방법으로, Day 등(1993)의 연구에서 내외측 균형 조절은 고관절과 체간에서 주로 발생한다고 보고하였으며, Horak 등(1996)은 고관절에서 크고 빠른 움직임을 발생시키는 고관절 전략은 지지면이 발보다 더 작거나 미끄러울 때 혹은 더 크고 빠른 흔들림에 반응하여 평형을 회복하는데 이용된다고 하였다. 따라서 족관절의 움직임이 적은 뇌졸중이나 노인 환자들에게 균형을 회복하거나 훈련시키는 방법으로서 유용할 것으로 사료된다.

V. 결 론

발뒤꿈치-발끝 서기 자세 균형 수행은 불균등한 균형 검사이며, 임상에서 쉽고 빠르게 수행할 수 있는 검사법이다. 이 자세에서 뒤쪽 다리 발가락 쪽에 가장 많은 체중 분배가 이루어지며, 내외측보다 앞으로 큰 흔들림을 보이는 자세안정성을 보이는 검사로서, 임상에서 뇌졸중이나 편측 하지 손상자의 체중분배 훈련과 균형수행 훈련으로서 유용할 것이다. 앞으로는 환자들은 대상으로 더 많은 연구가 이루어지길 바란다.

참 고 문 헌

- Berg K, Maki BE, Williams JI et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73:1073-80.
- Briggs RC, Gossman MR, Birch R et al. Balance performance among noninstitutionalized elderly woman. *Phys Ther.* 1989;69:748-56.
- Day BL, Steiger MJ, Thompson PD et al. Effect of vision and stance width on human body motion when standing; Implications for afferent control of lateral sway. *J Physiol.* 1993; 469:479-99.
- Doyle TL, Newton RU, Burnett AF. Reliability of traditional and fractal dimension measures of quiet stance center of pressure in young, healthy people. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:2034-40.
- Horak F, Nashner L. Central programming of postural movements: adaptation to altered support surface configurations. *J Neurophysiol.* 1996;55: 1369-81.
- Horak FB, Clinical assessment of balance disorders, *Gait Posture.* 1997;6:76-84.
- Jonsson E. Effects of healthy aging on balance: a quantitative analysis of clinical test. *Karolinska institutet.* 2006.
- Jonsson E, Seiger A, Hirschfeld H. Postural steadiness and weight distribution during tandem stance in healthy young and elderly adults. *Clin Biomech.* 2005;20(2):202-8.
- Kerrigan DC, Lee LW, Nieto TJ et al. Kinetic alterations independent of walking speed in elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81: 730-5.
- Lafond D, Corriveau H, Hebert R et al. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:896-901.
- Lafond D, Corriveau H, Prince F. Postural control mechanisms during quiet standing in patients with diabetic sensory neuropathy. *Diabetes Care.* 2004; 27:173-8.

- Mackey DC, Robinovitch SN. Postural steadiness during quiet stance does not associate with ability to recover balance in older woman. *Clin Biomech.* 2005;20:776-83.
- Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ. Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther.* 1995;75:699-706.
- Patla AE, Prentice SD, Robinson C et al. Visual control of locomotion: strategies for changing direction and going over obstacles. *J Eep Psychol.* 1991;17:603-34.
- Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG et al. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1996;43(9):956-66.
- Prince F, Winter DA, Archer SE. Assessment of postural control during quiet stance with different foot configuration. *Gait Posture.* 1995;3(2):110-110(1).
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control, theory and practical applications*, second edition. Lippincott Williams & Wilkins, Inc. 2001:198.
- Shumway-cook A, Baldwin M, Polissar NL et al. Predicting the probability of falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther.* 1997;77:812-9.
- Stankovic, Ivona. The effect of physical therapy on balance of patients with parkinson's disease. *Int J Rehabil Res.* 2004;27(1):53-7.
- Winter DA, Prince F, Frank JS et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75:2334-43.