

양발 넓이와 힘판속도에 따른 자세안정성의 변화

광주보건대학 물리치료과
권 미 지

Change of Postural Stability according to Feet Position and Platform Speed

Kwon, Mi-Ji, P.T., M.S.
Department of Physical Therapy, Kwangju Health College

<Abstract>

The purpose of this study was to evaluate of balance performance and to examine the relationship between balance performance and feet position, platform speed. Twenty two subjects(men 8, women 14, mean age 24.45 years) performed nine balance test with eyes closed for 25seconds:3 feet position(feet together, feet 12cm in apart, feet 24cm in apart) and 3 platform speed(100%, 70%, 40%).

The results were as follows:

1. There are significant difference between center of balance and feet position($p<0.05$).
2. There are no significant difference between center of balance and platform speed($p<0.05$).
3. There are significant difference between sway index and feet position($p<0.05$).
4. There are significant difference between sway index and platform speed($p<0.05$).

I. 서론

균형은 최소한의 흔들림으로 지지기저면내에 신체 중력 중심을 유지시키는 능력으로(Nichols 등, 1995) 효과적인 힘의 일반적이고 비례적이고 협응력이 요구된다. 지지기저면내에서 무게 중심이 움직이거나 무게중심 아래 지지기저면이 움직임에 의한 동작에서 똑바로 선 자세를 유지하는 능력을 동적 자세 조절이라 한다(Duncan, 1990). 중력중심이란 전체 중력 힘이 작용(act)하는 것

로 지지면에 수직으로 투사되는 신체지점을 말한다. 지지기저면 내에 중력중심을 유지하는 것은 감각계의 통합과 협응된 근수축의 결과로 균형소실은 감각계, 운동계 등의 장애를 뜻하게 된다. 기저면이 변하면 운동반응 또한 균형을 유지하기 위해 중력중심이 기저면내에 유지하기 위해 작용한다. 이 운동이 자세 흔들림(postural sway)으로 표현된다. 이것은 안정성 한계내에서 작용하고 이 한계를 넘어서면 균형이 깨어지고 넘어지게 된다. 균형소실이 없도록 똑바로 작용하기 위한 전략이 요구된다. Nashner 등(1985)은 자세 조절을 유지하기 위해 사용되

* 이 논문은 1999학년도 광주보건대학 학술연구비 지원에 의해 조성되었음.

는 전략(strategy)을 연구하기 위해 지지면의 움직임과 근전도분석을 이용하여 측면질 움직임, 고관절 움직임, 한발 짝 떼기의 3가지를 설명하였다. 자세 움직임 전략은 지지면이 움직이는 것과 같은 외적동요에 반응할 때, 잠재적으로 파괴하려는 수의적인 움직임 전과 같은 혼란을 방지하기 위해, 보행주기동안 예기치 못한 방해에 반응하기 위해, 선자세에서 수의적인 신체 중심의 움직임동안에 사용된다(Montgomery와 Connolly, 1991). 다시 말해서 균형조절의 운동과정은 지지기저면 내에서 신체 중심을 유지하고 몸의 동요를 최소화시키는 체간과 하지 근육의 활동을 분리된 공동작용으로 협응하는 것이다. 뇌손상 환자는 선 자세의 균형 소실과 자세 불안정이 나타나고 특히 기저핵, 소뇌, 대뇌반구의 손상시에는 자세문제가 심각하다(Geurts 등, 1996). 그래서 균형과 자세 불안정성에 대한 대상작용으로 기저면을 넓게 하여 이동하고 빠른 종종 걸음을 걷게 된다. 이때 물리치료의 목적은 기저면을 좁혀주고 정상 속도로 안정되게 걷도록 하는 것이다.

자세조절의 측정은 균형 자세를 성공적으로 유지하는 것 뿐만 아니라 균형자세를 획득하는데 이용되는 운동 전략의 적절성과 효율성 또한 정의되어야 한다(Horak, 1987). 이러한 자세조절은 특정한 목적운동과 지지면의 크기, 지지면의 운동방향, 신체 일부를 당기거나 밀거나 하는 힘의 위치, 적용된 힘의 크기, 섭동시작때의 초기자세, 섭동의 속도 등에 의해 다양하게 나타나고 있다(Norkin과 Levangie, 1992).

균형 수행에 요구되는 기본체계는 감각계, 운동계, 인체역학계가 있으며 균형을 평가하고 측정하는 것은 이 세가지를 통해서 이루어진다. 감각계 측정방법은 전정계 평가, 시각 평가, 고유수용기 평가 방법이 있으며 많은 연구가 있었고, 운동계의 측정방법은 운동 협응을 평가하는 것으로 측면질, 고관절 움직임, 한발짝 떼기가 있으나 더 특별하고 신뢰성 있는 검사가 요구된다. 인체 역학 측정 방법에는 힘판 검사, 근전도, 기능적인 활동 수행을 통한 균형훈련 프로그램 등이 있다. 힘판을 사용한 균형평가에서는 자세흔들림의 크기 즉 중력중심의 움직임을 보는 것으로 이것은 발위치에 따라 또는 기저면의 움직임에 따라 흔들림의 크기에 영향을 줄 것이다. 힘판 사용은 동적 자세 조절 능력을 알아볼 수 있다. Duncan 등(1990)은 지지면의 요동 대신 자세 스트레스 검사로 동적자세 조절 능력을 알아보려고 하였다.

물리치료사는 신뢰성 있고 타당한 측정을 통해 환자의 자세조절에 기여하는 요소를 결정하여 더 효과적인 치료를

를 계획할 수 있다.

따라서 본 연구는 지지면의 움직임 속도와 지지기저면 넓이 차이에 따른 균형중심점과 흔들림의 차이를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

신경의과적, 정형외과적 장애가 없는 건강한 성인 남녀를 대상으로 하였다.

2. 재 료

자세 조절 능력을 평가하기 위해 평형측정기(Balance system dynamic, Chattanooga Group, Inc. P.N.53348)를 사용하였다. 이 기계는 2개의 발판과 움직이는 면을 제공하는 힘판이 있으며 화면으로 표시할 수 있고 자료를 수집하는 컴퓨터로 연결되어 있다. 힘판은 앞으로 4.5cm 뒤로 5cm 움직일 수 있으며 힘판의 최고 속도는 8.3sec/cycle이다.

3. 방 법

연구대상자는 편안한 복장으로 신발을 벗은 상태이다. 발판의 위치는 양발을 모은 자세, 발뒤꿈치 사이가 12cm 떨어진 어깨넓이 자세, 양발 간격이 24cm 떨어진 자세로 3가지를 하였다. 힘판의 속도는 8.3sec/cycle을 100%로 하여 70%, 40%로 하였다. 3가지 발판 위치와 3가지 힘판 속도에 따른 총 9가지 상황을 무작위 순서로 균형을 측정하였다. 모든 상황에서 눈을 감은 상태이며 시간은 25초간 수행하였다. 눈을 뜨거나 넘어졌을때는 재시도하였으며 한 검사마다 약간의 휴식을 취하였다.

4. 자료분석

SPSS-PC+를 이용하여 균형중심점의 위치와 흔들린 거리 값은 기술통계로 평균값을 구하였고, 발넓이에 따른 균형값과 힘판 속도에 따른 균형값은 oneway ANOVA를 실시하였다.

III. 결 과

연구대상자는 남자 8명, 여자 14명으로 총 22명이었

다. 평균 나이는 24.45세이고 신장은 166.54cm이었다. 발위치와 힘판 속도에 따른 균형중심점의 평균값은 Table 1과 같다. 어깨넓이 자세와 벌린 자세에서는 x-축에서 좌측으로 치우쳤으며, 모든 발위치에서 y-축에서는 앞쪽으로 균형중심이 치우쳐 있다.

Table 1. Mean and standard deviation of center of gravity(COG) according to feet position, platform speed (cm) (M±SD)

Feet Position	Platform Speed(%)	COGx	COGy
together	100	0.03±0.31	1.31±0.72
	70	0.06±0.32	0.77±0.64
	40	0.04±0.32	0.33±0.81
12cm apart	100	-0.10±0.46	0.45±0.81
	70	-0.14±0.41	0.31±0.92
	40	-0.18±0.45	0.09±1.23
24cm apart	100	-0.24±0.82	0.70±0.73
	70	-0.51±0.69	0.24±0.87
	40	-0.32±0.60	0.12±1.21

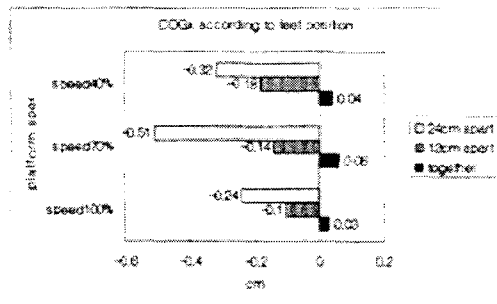


Fig 1. Comparison of COGx among the 3 feet position on each platform speed

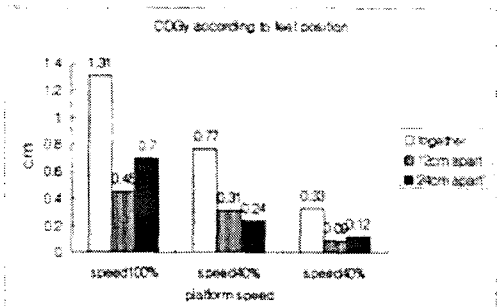


Fig 2. Comparison of COGy among the 3 feet position on each platform speed

발넓이에 따른 x-축에서의 균형중심점은 발넓이가 넓을수록 좌측으로 치우쳐 있으며(Fig 1), y-축에서는 발넓이가 넓을수록 중심에 가까이 위치하고 있다(Fig 2).

12cm 발넓이에서는 속도가 느릴수록 균형중심이 좌측으로 멀어지고 있다(Fig 3).

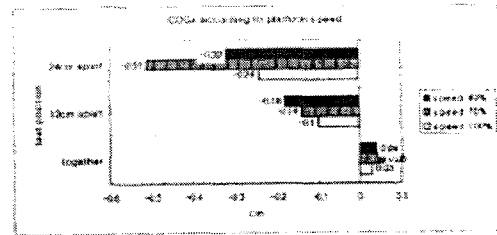


Fig 3. Comparison of COGx among the 3 platform speed on each feet position

y-축에서는 힘판속도가 느릴수록 중심에 가까이 위치하고 있다(Fig 4).

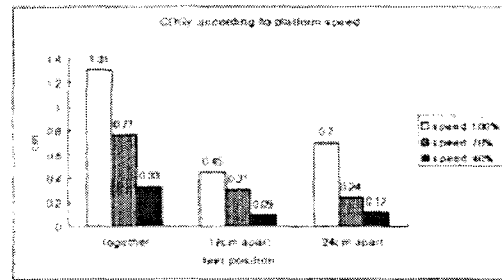


Fig 4. Comparison of COGy among the 3 platform speed on each feet position

발을 벌리고 선 자세에서 힘판 속도가 40%일 때 흔들림 지수가 0.55로 가장 작게 나타났고, 좌우측으로 흔들린 거리가 1.33cm로 가장 작게 나타났으며, 발을 모은 자세에서 힘판 속도가 100%일 때 흔들림 지수가 1.49cm, 앞뒤로 흔들린 거리가 6.92cm로 가장 높게 나타났다 (Table 2). 앞뒤로 흔들린 거리와 좌우로 흔들린 거리 사이의 비율은 발을 모은 자세와 힘판 속도가 40%일 때 가장 낮게 나타났고 24cm 위치에서 힘판 속도가 100%일 때 가장 높게 나타났다.

힘판 속도에 따른 균형수행력은 균형중심점에는 유의한 차가 없으나 흔들림 지수와 흔들린 거리에는 유의한 차이를 보이고 있어 힘판 속도가 느릴수록 흔들림 거리가 작음을 알 수 있다($p < 0.05$).

Table 2. Mean and Standard Deviation of sway index, sway distance (cm)

Feet Position	Platform Speed	Sway Index	Sway Distance		
			left-right	ant-post	AP/LR Ratio
together	100	1.49±0.23	3.12±0.87	6.92±1.25	2.21
	70	1.14±0.24	2.92±0.94	5.23±1.13	1.79
	40	0.74±0.17	2.29±0.59	3.28±0.86	1.43
12cm apart	100	1.24±0.24	2.11±0.73	6.27±1.07	2.97
	70	0.97±0.30	1.53±0.80	4.75±1.37	3.10
	40	0.59±0.23	1.33±0.72	2.82±1.18	2.12
24cm apart	100	1.21±0.22	1.88±0.64	6.43±1.41	3.42
	70	0.90±0.26	1.74±0.77	4.58±1.36	2.63
	40	0.55±0.15	1.33±0.80	2.69±0.65	2.02

platform speed 100% = 8.3second/cycle

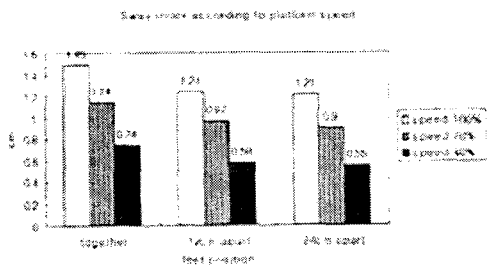


Fig 5. Comparison of sway index among the 3 platform speed on each feet position

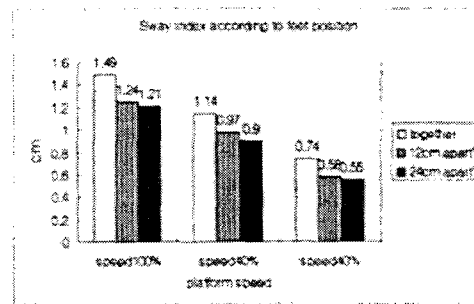


Fig 6. Comparison of sway index among the 3 feet position on each platform speed

Table 3. F-value of Oneway ANOVA according to platform speed

Feet position	COGx	COGy	Sway index	sway distance	
				left-right	anterior-posterior
together	0.06	9.90*	62.22*	6.08*	60.47*
12cm apart	0.14	0.72	33.97*	6.23*	44.17*
24cm apart	0.815	2.21	49.26*	3.26*	54.07*

p < 0.05

Table 4. F-value of Oneway ANOVA according to feet position

Platform speed(%)	COGx	COGy	Sway index	sway distance	
				left-right	anterior-posterior
100	1.26	7.56*	9.24*	16.69*	1.57
70	7.90*	2.66	4.53*	17.30*	1.49
40	3.33*	0.31	6.12*	13.32*	2.44*

platform speed 100% = 8.3second/cycle

p < 0.05

발넓이에 따른 자세 안정성은 힙관 속도가 100%일 때는 y축에서 균형중심점의 차이를 보이고 있으며 70%와 40%에서는 x축에서 유의한 차이를 보이고 있다. 모든 힙관 속도에서 흔들림 지수가 발넓이에 따라 유의한 차이를 보이고 있으며 좌우측으로 흔들린 거리에도 유의한 차이를 보이고 있다. 발넓이가 넓을수록 흔들린 거리가 작음을 알 수 있다($p < 0.05$).

IV. 고찰

선 자세의 좋은 균형은 고유수용기, 전정계, 시각의 구심성 정보의 통합과 흔들림을 최소화하고 지지기저면내에 무게중심을 유지하는 운동반응의 결과로, 선 자세의 균형을 평가하는 것은 다양한 환자들에서 나타나는 불안정성과 낙상을 평가하는 한 부분이 된다(Chandler 등, 1990)

선 자세의 균형을 평가하는 방법에는 시간으로 측정하는 방법, 자세흔들림으로 측정하는 방법, 운동반응으로 분석하는 방법 등이 있다. 시간으로 측정하는 방법에는 송주민 등(1994)과 Bohannon 등(1984)의 연구에서 연령에 따른 균형수행력을 검사하였다. 일반적으로 시간으로 균형측정은 하나 이상의 상태 즉 눈을 감거나 든 상태, 발을 모으거나 벌린상태 또는 한다리로 선 자세가 요구된다. 운동반응으로 검사하는 방법은 근진도계를 이용하여 근육의 반응을 보는 것으로 그 결과 족관절 전략, 고관절 전략, 한발 떼기 전략으로 근육활동 형태를 분류하였다. Badke 등(1983)은 근진도계를 이용하여 근육의 활성화를 연구하였다. 자세흔들림은 힙관 등을 이용하여 흔들림의 크기를 측정하는 것이다. 따라서 본 연구는 발넓이와 힙관 속도에 따른 균형수행력을 균형중심점과 흔들림의 크기로 평가하여 분석하고 각 상태의 임상적인 활용에 도움이 되고자 하였다.

정상인이 지지면이 움직이므로서 균형을 깨뜨리는 외부의 힘에 대한 반응시 신경계는 근육을 패턴화시켜 공동작용을 일으키거나 근육과 연결된 관절과 관련된 독립적인 근육의 신장으로 균형중심점을 중심선에 맞추려는 작용을 한다. 그러므로 균형 평가는 감각계, 신경계, 운동계를 평가하는 것이다. 운동계는 자세 조절의 전략을 평가하게 된다. 족관절 움직임 전략은 일차적으로 족관절에 대해 신체가 회전됨으로서 무게 중심이 변화되는 것이다. 근활동과 연합된 관절각은 신경학적으로 온전한 대상자는 앞으로 균형 소실에 반응하기 위해 족관절

움직임을 사용한다. 뒤쪽 방향으로 플랫폼의 움직임은 족관절 배측굴곡과 고관절 신전을 산출함으로써 앞으로 흔들림이 일어나게 한다. 근육활동은 비복근에서 90msec에서 시작되고 슬괵근 16msec, paraspinal 117msec의 활동이 뒤따른다. 족관절 움직임은 가장 일반적으로 평형 혼란이 작고 지지면이 단단할 때 사용된다. 게다가 족관절 움직임의 사용은 동작 범위 초기에 요구되어 족관절에서 강화된다. 반대로 고관절 움직임 전략은 크고 빠른 동작에서 산출된다. 고관절 움직임은 크고 빠른 동요에 반응하거나 지지면이 유연하거나 발보다 작을 때 발생한다.

Bohannon 등(1984)은 20대에서 70대까지를 대상으로 정적인 면에서 8인치 떨어진 양발 자세와 양발을 모은 자세, 한발을 든 자세에서 30초간 균형수행력을 시간으로 측정하였다. 20대에서는 모두 수행하였다. 따라서 본 연구에서는 정상 성인 22명을 대상으로 앞으로 움직이는 면에서 25초간 3가지 발형태 즉 양발을 모은 자세, 12cm 떨어진 자세, 24cm 떨어진 자세에서 각각 균형중심점과 힙관을 이용한 흔들린 거리를 측정하였다.

균형중심점의 위치에서 12cm 떨어진 자세와 24cm 떨어진 위치에서 모두 x축에서는 좌측으로 치우쳐 있으며 y축에서는 앞쪽으로 치우쳐 있음을 볼 수 있다. Nichols 등(1995)의 연구에서도 전후 이동면에서의 균형중심점은 좌측과 전방으로 위치한다고 하여 본 연구와 일치하였다. 그러나 발위치에 따른 중력중심점의 위치에 유의한 차이가 없었다고 보고하고 있는 반면 본 연구에서는 발넓이를 다르게 하였을 때는 x축에서 차이가 있음을 볼 수 있다.

또한 힙관의 움직이는 형태를 앞으로 움직이는 면, 기울인 면으로 다르게 하여도 x축에는 영향이 없으며 y축에서만 균형중심점에 영향을 미친다고 하였다. 본 연구에서도 힙관의 움직이는 속도를 다르게 하였을 때 y축에서만 영향이 있음을 알 수가 있다.

Heitmann 등(1989)은 균형수행력과 발넓이(step width) 사이에는 상관관계가 없다고 보고하였으나 권(1998)의 연구에서는 한발로 섰을때와 양발로 섰을 때 균형수행력에는 차이가 있음을 보고하였다.

균형 수행력을 평가하는 방법에서 힙관의 사용은 자세 조절을 검사하는 방법이다. 자세 조절은 흔들림으로 기록되고 이것은 중력중심에 대해 몸의 진동으로 정의되고 시상면과 측면으로의 크기로 기록된다(Suomi, 1994). 흔들림 지수(sway index, SI)는 대상자의 균형중심에서부

터 소비한 시간과 거리의 표준편차값이다. 이 값은 자세 안정성이 좋을수록 작음을 뜻한다. 본 연구에서는 힙관 속도가 느릴수록 값이 적게 나와서 속도가 느릴수록 더 안정적인 자세임을 알 수가 있고 발넓이가 넓을수록 더 안정적인 자세임을 알 수 있다. 힙관의 이동이 전후로 이동하여서 좌우로 보다는 전후로 많은 거리의 흔들림을 볼 수 있다.

Tarantola 등(1997)은 발을 모은 자세와 10cm 떨어진 자세에서 반복적인 균형 검사시 발을 모은 것보다 벌린 자세가 더 흔들림 영역과 흔들림 거리에서 작게 나타났다고 보고하여 본 연구와 유사하였다. 또한 본 연구에서는 12cm 보다 24cm로 벌린 위치가 더 흔들림이 작음을 알 수 있다. 권미지(1998)의 연구에서 한발로 선 자세와 양발로 선 자세 사이의 자세 흔들림에도 유의한 차이가 있음을 보고함으로써 한발로 섰을 때 흔들림이 더 큼을 알 수 있다. 본 연구에서는 양발로 섰을 때의 넓이에 따른 균형수행력에서 흔들린 거리를 알아본 결과 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다. 발을 모은 자세에서 가장 흔들림이 컸으며 발을 벌려 선 자세에서는 흔들림이 적었다.

흔들림 비율이 Suomi 등(1994)의 연구에 의하면 앞뒤/좌우가 1.25-1.36의 비율인데 반해서 본 연구는 큰 비율을 보이고 있다. Suomi 등이 정적인 면에서 검사한 반면 본 연구에서는 앞뒤로 움직이는 면에서 검사하였기 때문이다. 힙관 속도가 느릴수록 비율은 작아지고 있으며, 발넓이가 넓어질수록 비율은 더 커짐으로 봐서 좌우로 흔들린 거리는 발넓이에 따라 감소하고 있으나 앞뒤로는 흔들린 거리의 차이가 거의 없는 것으로 나타나고 있다 (Table 4).

Bohannon 등(1984)의 연구에서는 한발로 선 자세에서 눈을 감은 자세와 뜬 자세 모두 나이와 상관관계가 있음을 보고하였고 눈을 감은 상태에서는 40대이후에 상관관계가 있음을 보고하였다. 본 연구에서는 건강한 20대를 대상으로 하였기 때문에 모든 조건에서 눈을 감은 상태로 하여 시각을 차단하였다.

힙관을 이용하여 자세흔들림으로 측정되는 방법은 선 자세의 불안정성과 낙상을 평가하는 좋은 방법이며 신경계 손상 환자를 평가하는 방법이다.

V. 결 론

자세 안정성을 유지하기 위해서 감각계, 신경계, 운동계 등의 많은 부분이 작용하고 있다. 균형수행력에서 발넓이와 힙관 속도가 자세 안정성에 미치는 영향을 알아

보고자 정상 성인 22명을 대상으로 눈을 감은 상태에서 3가지의 발넓이(발을 모은 자세, 12cm 떨어진 자세, 24cm 떨어진 자세)와 3가지 힙관 속도(100%, 70%, 40%)에 따른 균형수행력을 측정하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 발넓이에 따른 균형중심점에는 힙관속도가 70%와 40%에서는 x축에서 유의한 차이를 보이고 있으며, 힙관 속도 100%에서는 y축에서 유의한 차이를 보이고 있다 ($p < 0.05$).

2. 힙관 속도에 따른 균형중심점에는 발을 모은 자세에서 y축에서 유의한 차이를 보이고 있다 ($p < 0.05$).

3. 발넓이에 따른 흔들림 지수에는 유의한 차이를 보이고 있으며 좌우측으로 흔들린 거리에 유의한 차이를 보이고 있다 ($p < 0.05$).

4. 힙관 속도에 따른 흔들림 지수에는 유의한 차이를 보이고 있으며 좌우측과 앞 뒤 방향으로의 흔들림 거리에 모두 유의한 차이를 보이고 있다 ($p < 0.05$).

<참 고 문 헌>

- 권미지. 양발로 선 자세와 한발로 선 자세의 자세 안정도 검사. 대한물리치료사학회지 제5권 제4호, 135-144, 1998.
- 송주민, 박래준, 김진상. 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향, 대한물리치료학회지, 제6권 제1호, 75-84, 1994.
- Badke M & Duncan P : Patterns of rapid motor responded during postural adjustments when standing in healthy subjects and hemiplegic patients. Phys Ther, 63 : 13-20, 1983.
- Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, et al : Decrease in timed balance test scores with aging, Phys Ther, 64 : 1067-1070, 1984.
- Chandler JM, Duncan PW, Studenski SA : Balance performance on the postural stress test: comparison of young adults, healthy elderly, and fallers, Phys Ther, 70 : 410-415, 1990.
- Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Bloomfield R, LaPointe LK : Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing. Phys Ther, 70 : 88-96, 1990.

- Geurts ACH, Ribbers GM, Knoop JA, Limbeek J van : Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil, 77 : 639-44, 1996.
- Heitmann DK, Gossman MR, Shaddean SA, Jacson JR : Balance performance and step width in noninstitutionalized, elderly, female fallers and nonfallers. Phys Ther, 69 : 923-931, 1989.
- Horak FB : Clinical measurement of postural control in adults. Phys Ther, 12 : 1881-1885, 1987.
- Montgomery PC, Connolly BH : Motor control and physical therapy: Theoretical framework and practical applications, Chattanooga Group, Inc : 123-127, 1991.
- Nashner L, McCollum G : The organization of human postural movements : A formal basis and experimental synthesis. The behavioral and brain sciences, 8 : 135-172, 1985.
- Nichols DS, Genn TM, Hutchinson KT : Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. Phys Ther, 8 : 699-705, 1995.
- Norkin CC, Levangie PK : Joint structure & function: A comprehensive analysis 2ed, FA Davis : 240-242, 1992.
- Suomi R, Kocejka DH : Postural sway patterns of normal men and women with mental retardation during a two-legged stance test. Arch Phys Med Rehabil, 75 : 205-9, 1994.
- Tarantola J, Nardone A, Tacchini E, Schieppati M : Human stance stability improves with the repetition of the task: effect of foot position and visual condition. Neurosci Lett, 6, 228(2) : 75-8, 1997.