

## 운동전략이 기립자세의 기능적 전방 팔뻗기에 미치는 영향

박제상  
한서대학교 대학원 재활치료학과  
권오윤, 최홍식, 김택훈  
한서대학교 물리치료학과

### Abstract

### Effects of the Movement Strategies on Functional Forward Reach in Standing

**Park Je-sang, B.S., P.T.**

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Hanseo University

**Kwon Oh-yun, Ph.D., P.T.**

**Choi Houn-sik, Ph.D., P.T.**

**Kim Tack-hoon, M.P.H., P.T.**

Dept. of Physical Therapy, Hanseo University

The purpose of this study is to determine whether movement strategies affect functional forward reach distance in a standing position. Forty-seven healthy subjects were selected for this study: 23 men and 24 women, with an average age of 22.3. Functional forward reach distances were measured as hip strategy and squat strategy (included knee and ankle movement strategy) in a standing position, respectively. The mean values of functional forward reach distance in hip strategy, squat strategy were 33.57 cm, 29.48 cm, respectively. There was significantly difference in functional forward reach distance between hip strategy and squat strategy( $p<.001$ ). There was no difference of functional forward reach distance between male and female in hip strategy, but there was significant difference in other strategy( $p<.05$ ). These results suggest that movement strategies should be considered during functional forward reach test in standing. Further study is required to determine whether movement strategies affect functional reach distance in elderly and disabled groups.

**Key Words:** Balance; Functional reach; Movement strategy.

## I. 서론

인간이 적절한 균형을 조절하기 위해서는 전정기능, 시각정보, 고유감각, 근골격계 그리고 인지능력들의 상호작용이 요구된다(Wernick-Robinson 등, 1999). 이처럼 다양한 구조들이 복합적으로 균형 유지에 작용하고 있기 때문에 균형을 효과적으로 이해하고 평가하기 위하여 많은 균형 평가도구들이 개발되어 왔다(Nashner, 1977; Nayak 등, 1982; Shumway-Cook과 Horak, 1986; Wolfson 등, 1986).

균형은 크게 정적 균형과 동적 균형으로 구분되며, 전통적으로 정적 균형능력을 검사하는 방법으로는 한발기립균형(one-leg stance) 검사와 Romberg 검사가 사용되어 왔으며, 동적 균형능력을 평가하는 방법으로는 외적인 동요(external perturbation)에 대해 평형을 유지할 수 있는 능력을 평가하는 platform perturbation test (Nashner, 1977; Nashner 등, 1982; Nashner와 McCollum, 1985)와 안정성의 한계 정도를 평가하는 center of pressure excursion(COPE; Murray 등, 1975) 검사 등이 있다. 동적 균형능력을 서열척도로 측정하는 Wolfson's postural stress test(PST; Wolfson 등, 1986)가 있다. 그러나 PST 방법은 세밀한 동적 균형능력을 정확히 평가하는 데는 제한이 있으며, 또한 platform 검사나 COPE 방법은 고가의 장비와 고도의 기술이 필요하기 때문에 임상에서 적용하는데는 한계가 있다(Duncan 등, 1990).

이러한 문제점을 보완하기 위하여 Duncan 등(1990)은 임상에서 쉽게 적용할 수 있는 functional reach (FR) 검사방법을 동적 균형능력을 평가하는데 사용하였다. 초기에 FR 검사는 미항공우주국(NASA)과 운송시스템에서 손을 뻗어서 잡을 수 있는 조작장치의 거리를 측정하는데 활용되었으나(Stoudt, 1973; Stoudt, 1978), 최근에는 지역사회 노인의 균형을 평가하는데 사용되고 있고, 또한 임상에서 균형능력과 기능적 수행능력을 평가하는데 활용되고 있다.

FR 검사방법은 COPE 검사와 상관성이 높기 때문에 COPE 측정 대신 FR 검사방법이 동적 균형능력을 평가하는데 사용되어질 수 있다고 보고되었고(Duncan 등, 1990), 또한 FR 검사 방법이 임상에서 적용하기 용이하고, 경제적이며, 신뢰도와 타당도가 높아 낙상을 예측하는데 사용될 수 있는 균형 측정방법으로 제안되었다(Duncan 등, 1992).

Duncan 등(1990)이 제시한 FR 검사방법은 고정된 지지면 위에 양발을 어깨 너비로 벌린 기립 자세를 취하고, 주먹을 쥔 상태로 주관절 신진, 그리고 90° 전방굴곡한 시작자세에서 견봉의 높이에 수평으로 설치된 막대자와 수평을 유지하면서 균형을 잃지 않고 팔을 최대한 뻗어, 세 번째 중수골 원위부의 처음과 마지막 지점간의 거리를 측정한다.

균형을 유지하면서 몸을 최대한으로 전방으로 기울이는데 활용하는 운동 전략(movement strategy)에는 주로 고관절 굴곡을 활용하여 몸을 앞으로 기울이는 고관절 전략(hip strategy), 발목근육과 가동범위를 활용하는 족관절 전략(ankle strategy), 몸통의 회전을 활용하는 전략 그리고 족관절 굴곡, 슬관절 굴곡, 고관절 굴곡을 복합적으로 활용하는 스퀴트 전략(squat strategy) 등과 같이 다양한 운동전략이 있다.

그러나 Duncan 등(1990)은 FR 검사시 어떤 운동전략을 이용하여 측정하는지에 대한 기준을 제시하지 않았다. 그리고 최근까지의 연구에서 FR 검사방법은 균형의 검사와 연구에 유용한 도구로서 이용되어왔으나, 운동전략을 제한하거나 조정하지 않았다는 문제점을 가지고 있다(Wernick-Robinson 등, 1999). 예를 들면, 피검자는 균형을 유지하기 위하여 고관절 전략과 유사하게 고관절 굴곡과 족관절의 족저굴곡을 사용할 수도 있고, 발목 전략과 유사하게 약간의 고관절 굴곡과 함께 발목의 족저굴곡에 대부분을 의지할 수도 있다(Nashner와 McCollum, 1985; Horak과 Nashner, 1986). 전정기능의 부분적, 또는 전체적인 손상을 가진 환자들은 균형을 유지

하기 위하여 고관절 전략을 사용하여야 할 때에도 족관절을 사용하는 경우가 있다 (Black 등, 1988; Dicner 등, 1988; Horak 등, 1990). 이와 반대로 Herdman 등(1994)의 연구에서는 양측성 전정기능 손상을 가진 환자를 대조군과 비교했을 때 고관절 전략의 사용이 증가되었으며, 무게중심을 조절하는데 있어서 고관절 전략에 더 많은 비중을 둔다는 보고를 하였다(Shumway-Cook과 Horak, 1990; Shupert 등, 1994). 그래서 균형을 평가하기 위해서는 평형을 유지하는 것뿐만 아니라 평형자세를 이루기 위한 운동전략의 효율도 확인해야만 한다고 Shumway-Cook(1996)은 보고하였다. 각각의 운동전략에 따라 동적 균형을 유지할 때 작용하는 근육이나 운동이 일어나는 관절은 차이가 있다. 아울러 환자가 어떤 운동전략을 사용하는지를 파악하는 것은 평가와 치료계획에 있어서 유용하게 쓰일 수 있다(Gill-Body와 Krebs, 1994; Horak, 1987; Shumway-Cook, 1996). 따라서 본 연구는 FR 검사 시 활용하는 운동 전략에 따라 FR 거리에 차이가 있는지 알아보려고 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 충청남도 서산시에 소재하고 있는 한서대학교 물리치료학과 학생들을 대상으로 하였다. 연구에 참여하겠다고 동의한 대상자 중 관절에 통증이 있거나, 상하지에 정형외과적인 장애 그리고 신경학적인 문제가 없는 오른손 우세자 47명을 대상으로 실시하였다. 본 연구의 실험은 1999년 4월 19일부터 동년 5월 15일 사이에 실시되었다.

### 2. 연구방법

실험을 실시하기 전에 연구 절차를 충분히 설명한 후 실시하였다. FR 검사를 실시하기 전 FR 거리에 영향을 미칠 수 있는 성별, 신

장, 체중, 발길이를 측정하였다. FR 거리를 측정하기 위하여 줄자를 검사 대상자의 견봉 높이로 지면과 평행하게 벽면에 테이프를 이용하여 부착시켰다. 줄자의 높이는 각각의 검사 대상자의 견봉 높이에 맞도록 높이를 조절하여 부착하였다.

대상자는 맨발로 오른쪽 어깨가 벽면을 향하도록 하고, 일직선 위치에서 양발을 어깨너비로 벌리고 편안히 서게 하였다. 주먹을 쥔 상태에서 오른쪽 족관절을 신전하고 견관절을 90° 굴곡하게 한 후 세 번째 중수골의 원위부가 줄자의 시작점(0 cm)에 일치하도록 발의 위치를 조정하였다. 어깨가 벽에 닿거나 전방으로 몸을 기울이는 동안 팔이 벽에 닿지 않도록 어깨와 벽면과는 5 cm의 간격을 두었다. 동일한 발 위치에서 FR 거리를 측정하기 위하여 대상자의 최초의 발 위치를 표시하였다.

FR 거리 측정은 고관절 전략과 스쿼트 전략의 두 가지 운동전략을 활용하여 실시하였다. 고관절 전략에서는 약간의 족저굴곡을 허용하고 주로 고관절 굴곡을 이용하여, 균형을 잃거나 발을 옮기지 않고, 벽면에 견봉 높이에 부착한 줄자와 평행하게 몸을 최대한으로 전방으로 기울이면서 전방으로 멀리 팔을 뻗게 한 후 3초간 자세를 유지하는 동안 세 번째 중수골의 원위부와 일치하는 줄자의 눈금을 기록하였다.

스쿼트 전략에서는 족관절과 슬관절 고관절을 동시에 굴곡하면서 균형을 유지하고 고관절 전략에서와 같은 견봉 높이에서 같은 방법으로 FR 거리를 측정하였다. 훈련 효과(training effect)를 최소화하기 위하여 예비 연습을 각 전략마다 5회 실시한 후 3회 반복 측정하여 평균값을 측정값으로 사용하였다. 검사자간의 측정오차를 최소화하기 위하여 동일한 측정자가 측정하였다. 측정 도중 균형을 잃거나 어깨나 손을 벽에 기대는 경우 그리고 발이 지면에서 떨어진 경우에는 측정자료에서 제외시켰다.

### 3. 분석방법

측정된 결과를 부호화한 후 SPSS/PC\*(statistical package for the social sciences/PC\*)를 이용하여 통계처리 하였다. 성별에 따른 FR 거리를 비교하기 위하여 독립적 t-검정(independent t-test)을 실시하였고, 고관절 전략과 스쿼트 전략간의 FR 거리를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 그리고 신장, 체중, 발길이와 FR 거리와의 상관성을 알아보기 위하여 피어슨 상관분석(Pearson correlation coefficient)을 실시하였다.

## Ⅲ. 결과

### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자는 남자 23명, 여자 24명으로 총 47명이었다. 대상자 중 남자의 평균

연령은 22.7세, 여자는 22.0세이었고 전체 평균 연령은 22.3세이었다. 남자의 평균 신장은 172.9 cm, 여자는 161.3 cm이었고 전체 평균 신장은 167.0 cm 이었다. 남자의 평균 체중은 65.4 kg, 여자는 52.4 kg이었고 전체 평균은 58.8 kg이었다. 남자의 평균 발길이는 26.6 cm, 여자는 23.8 cm이었고 전체 평균 발길이는 25.2 cm이었다(표 1).

### 2. 성별에 따른 FR 거리 비교

성별에 따른 FR 거리를 비교한 결과 고관절 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 남자에서 34.71 cm, 여자에서 32.48 cm로 유의한 차이가 없었다. 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 남자에서 31.50 cm, 여자에서 27.54 cm로 남녀간에 유의한 차이가 있었다(표 2).

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성 (N = 47)

성 별	연 령(세)	신 장(cm)	체 중(kg)	발 길 이(cm)
	평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차	평균±표준편차
남	22.7±2.7	172.9±6.3	65.4±9.9	26.6±1.1
여	22.0±1.5	161.3±3.7	52.4±5.1	23.8±0.7
계	22.3±2.2	167.0±7.8	58.8±10.2	25.2±1.7

표 2. 성별에 따른 FR 거리 비교 (단위: cm)

운동전략	성별	FR 거리	t
		평균±표준편차	
고관절 전략	남	34.71±5.16	1.59
	여	32.48±4.43	
스쿼트 전략	남	31.50±5.87	2.60*
	여	27.54±4.50	

\* p<.05

### 3. 운동전략에 따른 FR 거리 비교

운동전략에 따른 FR 거리에 차이가 있는지 알아본 결과 고관절 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 33.57 cm이었고, 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 29.48 cm로 운동전략 간에 FR 거리는 유의한 차이가 있었다(표 3).

### 4. 신장, 발길이, 체중, FR 거리 간의 상관관계

신장, 발길이, 체중과 FR 거리간에 상관관

계가 있는지 알아본 결과 신장은 고관절 전략이나 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 FR 거리 모두에서 유의한 상관관계가 있었으나 상관성은 낮았다. 발길이는 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 FR 거리와는 유의한 상관관계가 있었으나 상관성은 낮았고, 고관절 전략을 이용하여 측정된 FR 거리는 상관성은 없었다. 체중과 FR 거리와는 상관성이 없었다(표 4).

표 3. 운동전략에 따른 FR 거리 비교

(단위: cm)

운동전략	FR 거리	t
	평균±표준편차	
고관절 전략	33.57±4.88	11.58*
스쿼트 전략	29.48±5.53	

\*p<.001

표 4. 신장, 발길이, 체중, FR 거리간의 상관관계

구분	고관절 전략 시 FR 거리	스쿼트 전략 시 FR 거리
신장	.3792*	.4405*
몸무게	.1318	.1950
발길이	.2469	.3387**

\*p<.05, \*\*p<.01

## IV. 고찰

Duncan 등(1990)은 128명의 건강군을 대상으로 FR 검사방법의 타당도와 검사-재검사의 신뢰도, 관찰자간의 신뢰도를 연구하여 FR이 높은 신뢰도를 가지고 있음을 밝혔고,

COPE 방법과도 중등도의 연관성이 있으며 연령과도 상관성이 있다고 보고하였다. Weiner 등(1992)의 연구에서는 65세 이상 노인의 FR 값은 10 feet를 걷는 속도(10-foot walking speed), 이동 기술(mobility skill), life space questionnaire, 앞·뒷발 붙이며 걷기(tandem walking) 등과 같은 다른 평가도

구와도 연관성이 있다고 하였으며 7inch 미만의 FR 값을 보인 노인들은 이동 기술에 제한이 있다. 즉, 보행속도가 느리고, 한발서기나 앞·뒷발 붙이며 걷기가 불가능하며, 일상생활동작의 제한을 보였다. Duncan 등(1992)의 또 다른 연구에서 FR 값의 감소는 신경학적인 문제와 정형외과적인 문제와 관련이 있었고, 남자노인만을 대상으로 하였다는 점과 6개월 동안에 걸쳐 어느 한 시점에서 측정되어진 값이라는 문제점이 있었으나, 두 번 이상의 낙상군과 두 번 미만의 낙상군에서 FR 값의 유의한 차이를 확인함으로써 낙상 재발을 예측하는데 FR 검사가 유용하다고 하였다.

Weiner 등(1993)은 FR이 균형능력의 증진을 평가할 수 있는지 알아본 결과, FR 값이 재활치료군과 대조군에서 10 feet 걷는 시간(10-foot walking time), Duke hierarchical mobility skill (HMS), functional independence measure (FIM)의 변화범위에 유의한 차이가 있음을 확인하였고, 그 값이 치료군에서 1.99 inch, 대조군에서 .40 inch 증가하였다고 보고했다. 그래서 그들은 재활로 인해 FR 값이 변화할 수 있고, 균형능력의 변화를 민감하게 측정할 수 있기 때문에 균형능력의 측정에 FR 검사법을 사용할 수 있다고 하였다.

그러나 Giorgetti 등(1995)은 FR 검사에서 두 검사자간의 신뢰도가 중등도의 값을 가진다고 하였으며, Wernic-Robinson 등(1999)은 전정기능저하군과 정상군에서 FR 값에 유의한 차이가 없어 동적인 균형측정에 적합하지 않다고 하였다. 고관절 전략을 사용한 FR 평균값은  $29.47 \pm 8.04$  cm이고 다른 전략을 사용한 FR 평균값은  $32.60 \pm 8.75$  cm이었다. 전략을 두 군으로 분류하였을 때에는 유의한 차이가 없었다. 또한 그들은 FR 검사에서 어떠한 운동전략을 사용하는지가 더 중요하다고 강조하였다.

본 연구는 Duncan 등(1990)이 시행한 FR 검사와 동일하게 수행하였고 운동전략의 중요성을 강조한 Wernick-Robinson 등(1999)

이 분류한 운동전략과는 다르게 수행하였다. 운동전략을 두 군으로 분류할 때, 고관절 전략은 고관절의 굴곡을 주로 하고 약간의 족저굴곡(약  $5^\circ$ )을 허용하는 동일한 방법으로 행하여졌다. 그러나 고관절 전략 외 다른 전략에서, Wernick-Robinson 등(1999)의 방법은 스쿼트 전략과 체간을 이용한 운동전략을 모두 사용하여 측정하였지만 본 연구에서는 체간의 이용을 제한한 스쿼트 전략을 사용하였다. 이는 체간의 회전만으로도 FR 값의 증가를 초래하기 때문에, 대상자 사이의 하지관절 운동전략이 FR 값에 미치는 영향을 비교하기 위해서 체간의 운동전략은 포함시키지 않았다. 대상자에 있어서도 균형의 유지에 장애가 있거나 나이가 많은 노인과는 달리, 정상적인 젊은 성인을 대상으로 하였다.

운동전략에 있어서 성별에 의한 FR 값을 비교해볼 때, 스쿼트 전략은 성별의 유의한 차이를 나타내었다. Ekdahl 등(1989)은 기능적인 기립균형검사에서 남녀의 차이는 없었고, 힘판(force platform)에서 기립균형을 유지하는 데에는 여자가 남자보다 우월하다고 하였다. 그리고 다른 연구(Mechling, 1986; Overstall 등, 1977)에서는 남자가 균형의 유지에 우월하다고 하였다. 그리고 본 연구에서의 스쿼트 전략은 균형을 유지하는데 남자가 더 많은 FR 값을 가지는 유의한 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 스쿼트 전략이 균형을 유지하기 위해서 기능적으로 나타난 것이 아니라 인위적으로 조작되었기 때문이라 사료되어진다. Weiner 등(1993)은 FR 검사가 지구력, 근력, 유연성 그리고 자세조절 기전에 어느 정도 의존한다고 생각하지만, 임상적으로는 근력이나 지구력보다 순수한 균형을 나타낸다고 생각하였다. 그래서 이전의 연구에서는 균형검사에 중점을 두어 왔다. 그러나 인위적으로 조작된 스쿼트 전략은 정상적인 남자도 자세를 취하고 FR을 행하는데 어려움을 가지기 때문에 여자에서는 균형을 유지하기 위해서 더 많은 근력과 지구력이 요구되어질 수 있고, 유연성의 여부, 족관절의

가동범위(권오운 등, 1999; Duncan 등, 1993; Shumway-Cook과 Woollacott 등, 1995)도 균형유지의 변수로서 고려되어질 수 있다. 그러므로 인위적으로 조작된 스쿼트 전략은 순수한 균형의 평가에는 바람직하지 않다고 사료되어 진다.

고관절 전략과 스쿼트 전략간의 비교에서도 FR 값은 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 Wernick-Robinson 등(1999)이 전정기능저하군을 대상으로 한 실험결과와 상반된 결과로, 고관절전략 외 다른 운동전략을 실행함에 있어서 그들의 실험과는 달리 수평면에서의 체간 회전을 제한하였기 때문에 발생한 것이라 생각되어지며 체간의 운동전략이 FR 값을 증가시키는 하나의 변수로 작용할 수 있다는 것을 뒷받침한다. 그러므로 FR 검사에서 어떠한 운동전략을 사용하는가는 매우 중요하다.

Duncan 등(1990)은 연령과 신장이 FR 값에 영향을 미친다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 대상자의 전체평균 연령이  $22.3 \pm 2.2$  세로 연령과의 상관성을 알아볼 수는 없었으나 신장은 각 전략에서 유의한 상관관계를 나타내어 Duncan 등(1990)의 결과와 동일하게 나타났다. 또한 족관절의 족저굴곡을 사용하는 스쿼트 전략에서 발길이의 유의한 상관관계를 관찰할 수 있었다. Mueller 등(1997)은 중족지절관절을 절단한 당뇨병 환자에서 FR 값이 정상군의 64%(19.1 cm)에 그친다고 보고하였으며, 짧은 발길이와 발가락의 소실은 족저굴근의 지렛대(lever arm)를 감소시키고 족저굴근력의 약화 그리고 전족(forefoot) 체중이동(weight shifting)의 약화를 초래한다고 하였다. 본 연구의 이러한 결과도 중족지절관절을 축으로 하는 2형 지렛대의 힘팔(force arm)의 증가로 인한 기계적인 이득(mechanical advantage)으로 사료되어진다(Smith 등, 1996).

본 연구의 이러한 결과는 그 대상이 정상인의 성인으로, 균형의 장애가 있는 환자나 노

인에게 동일한 결과를 유추하는 것은 무리가 있고, Wernick-Robinson 등(1999)이 행한 실험과의 직접적 비교 또한 그 대상과 방법에 있어 불가능하다는 한계를 가지고 있다. 그러나 균형 측정의 도구로서 FR에 영향을 미치는 요인들로 사전에 충분히 고려되어야 할 것임에 틀림없고, 그 대상과 수행방법에 대한 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## V. 결론

충청남도 서산시에 소재하고 있는 한서대학교의 물리치료학과 학생 47명을 대상으로 FR 검사시 사용하는 운동전략에 따라 FR 거리의 차이가 있는지를 알아본 결과는 다음과 같다

1. 성별에 따른 분류에서 고관절 전략 사용시는 유의한 차이가 없었고, 스쿼트 전략 사용시는 남자에서 31.50 cm, 여자에서 27.54 cm로 남녀간에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

2. 운동전략에 따른 FR 거리에 차이가 있는지 알아본 결과 고관절 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 33.57 cm이었고, 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 평균 FR 거리는 29.48 cm로 운동전략 간에 FR 거리는 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ).

3. 신장, 발길이, 체중과 FR 거리간에 상관관계가 있는지 알아 본 결과 신장은 고관절 전략이나 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 FR 거리 모두에서 유의한 상관관계가 있었으나 상관성은 낮았다. 발길이는 스쿼트 전략을 이용하여 측정된 FR 거리와는 유의한 상관관계가 있었으나 상관성은 낮았고, 고관절 전략을 이용하여 측정된 FR 거리는 상관성은 없었다. 체중과 FR거리와는 상관성이 없었다.

이러한 결과로서 앞으로의 연구는 운동전략의 영향을 노인과 환자에서 알아보고, 운동전략의 통제하에 순수한 균형만을 평가할 수 있는 방법에 대한 더욱 충분한 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 인용문헌

- 권오윤, 한명석, 박동식. 남자 노인에서 족관절 족저굴곡근 신장운동이 Functional Reach에 미치는 효과. 대한재활의학학회지. 1999;23(3):609-614.
- Black FO, Shupert CL, Horak FB, et al. Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. *Progr Brain Res.* 1988;76:263-274.
- Dicner HC, Horak FB, Nashner LM. Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J Neurophysiol.* 1988;59:1888-1905.
- Duncan PW, Chandler J, Studenski S, et al. How do physiological components of balance affect mobility in elderly men. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74:1343-1349.
- Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al. Functional reach: Predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol Med Sci.* 1992;47:M93-97.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: A new clinical measure of balance. *J Gerontol Med Sci.* 1990;45:M192-197.
- Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI. Standing balance in healthy subjects. *Scand J Rehabil Med.* 1989;21:187-195.
- Gill-Body KM, Krebs DE. Locomotor stability problems associated with vestibulopathy: Assessment and treatment. *Phys Ther Pract.* 1994;4:232-245.
- Giorgetti MM, Harris BA, Levenson C, et al. Reliability of clinical balance measures in elderly (abstract). In: *Proceedings of the International Congress of the World Confederation for Physical Therapy*, Washington, DC. Alexandria (VA): American Physical Therapy Association; 1995.
- Herdman SJ, Sandusky AL, Hain TC, et al. Characteristics of postural stability in patients with aminoglycoside toxicity. *J Vestib Res.* 1994;4:71-80.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther.* 1987;67:1881-1885.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movement: Adaption to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol.* 1986;15:1369-1381.
- Horak FB, Nashner LM, Deiner HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res.* 1990;82:166-177.
- Mechling RW. Objective assessment of postural balance through use of the variable resistance balance board. *Phys Ther.* 1986;66:685-688.
- Mueller MJ, Salsich GB, Strube MJ. Functional limitations in patients with diabetes and transmetatarsal amputations. *Phys Ther.* 1997;77:937-943.
- Murray MP, Seireg AA, Sepic SB. Normal postural stability and steadiness: Quantitative assessment. *J Bone Joint Surg.* 1975;57-A:510-516.
- Nashner LM. Fixed pattern of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Exp Brain Res.* 1977;30:13-34.
- Nashner LM, Black FO, Wall C. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. *J Neurosci.* 1982;2:536-544.
- Nashner LM, McCollum G. The organization of human postural movement: A formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci.* 1985;8:135-172.



- Nayak USL, Gabell A, Simons MA, et al. Measurement of gait and balance in elderly. *J Am Geriatr Soc.* 1982;30:516-520.
- Overstall PW, Exton-Smith AN, Imms FJ, et al. Falls in elderly related to postural imbalance. *Br Med J.* 1977;1:261-264.
- Shumway-Cook A. Critical analysis of measurement in balance: A clinical approach. In: *Proceedings of the 16th Annual Eugene Michels Researchers' Forum*, American Physical Therapy Association, Combined Sections Meeting, Atlanta, GA. Alexandria (VA): American Physical Therapy Association, 1996:5-8.
- Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction on balance: Suggestions from the field. *Phys Ther.* 1986;66:1548-1550.
- Shumway-Cook A, Horak FB. Rehabilitation strategies for patients with vestibular deficits. *Diagn Neurotol.* 1990;8:441-457.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor Control: Theory and practical application*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1995:185-206.
- Shupert CL, Horak FB, Black FO. Hip sway associated with vestibulopathy. *J Vestib Res.* 1994;4:231-244.
- Smith LK, Weiss EL, Lehmkuhl LD. *Brunnstrom's Clinical Kinesiology*. 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 1996.
- Stoudt HW. Arm lengths and arm reaches: Some interrelationships of structural and functional body dimensions. *Am J Phys Anthropol.* 1973;38:151-162.
- Stoudt HW. Arm-leg reach and workspace layout. In: *NASA Reference Publication 1024: Anthropometric source book*. Vol. 1: Anthropometric for designers. Chapter 5. 1978.
- Weiner DK, Duncan PW, Chandler J, et al. Functional reach: A maker of physical frailty. *J Am Geriatr Soc.* 1992;40:203-207.
- Wener DK, Bongiorno DR, Studenski SA, et al. Does functional reach improve with rehabilitation? *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(8):796-799.
- Wernick-Robinson M, Krebs DE, Giorgetti MM. Functional reach: Does it really measure balance? *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80:262-269.
- Wolfson L, Whipple R, Amerman P, et al. Stressing the postural response: A quantitative for teaching balance. *J Am Geriatr Soc.* 1986;34:845-850.