

근력강화운동이 노인의 균형수행력에 미치는 영향

한일정형외과 물리치료실

김 은 주

대구대학교 보건과학부 물리치료학전공

이 한 숙

진주 성모병원

김 종 열

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

배 성 수

Effect of Balance Performance in the Elderly by the Strengthening Exercise

Kim, On - Ju, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, Hanil Orthopedic Surgery Clinic

Lee, Han - Suk, P.T., M.S.

Department of Physical Therapy, College of Health Science, TaeGu University

Kim, Jong - Youl

Department of Physical Therapy, Jinju Sungmo Hospital

Bae, Sung - Soo, P.T., Ph.D.

Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, TaeGu University

< Abstract >

The purpose of study was to compare the effect of balance performance in the elderly by the strengthening exercise. Thirty-one health elderly women aged 60 to 79 years participated in this study.

Participants were divided into exercise(21) and control group(10). Exercise participants received strengthening exercise for 45 minutes in three times a week for 6 weeks while control subjects continued their normal activities. Exercise included resisted hip flexion, extension, abduction and adduction, knee flexion and extension, ankle dorsiflexion and plantarflexion.

All subjects were assessed clinical test of sensory interaction and balance, one leg stance test, Berg balance test. Exercise and control subjects were tested before, midway through, and at the end of the trial.

These collected data were analyzed by using oneway and repeated ANOVA, scheffe's test, t-test and correlation.

The results of this study were as follows.

1. There were statistically significant difference in balance performance clinical test of sensory interaction and balance($p < .01$), one leg stance test($p < .05$), Berg balance test($p < .05$) by the strengthening exercise.
2. There was correlation between static balance and dynamic balance($p < .01$).
3. There was correlation between static balance and weight($p < .05$), dynamic balance and height($p < .01$), and weight($p < .01$).

I. 서론

균형이란 외력 즉 중력에 대해서 자신의 체위를 지킬 수 있는 인체의 능력으로(배성수 등, 1992; 황성수, 1997) 주어진 환경 내에서 자신의 지지 기저면 위에 신체 중심을 유지하는 능력이며, 신체의 안정성과 독립성을 위해 필수적이다(Chandler et al., 1990; Jahnigen과 Schrier, 1996; Shumway-Cook et al., 1988). 균형을 유지하는 능력은 인간이 일상생활을 영위해 나가거나 목적 있는 활동을 수행하는데 가장 기본이 되는 필수 요소이며, 자세 안정성을 지속적으로 유지해 가는 과정을 의미한다(Cohen et al., 1993; Horak, 1987; Wade와 Jones, 1997).

균형은 크게 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있는데 정적 균형은 자세 유지할 때 균형을 유지하는 능력을 말하는 것으로 지지 기저면 내에 중력 중심을 두어 신체가 움직이지 않게 자세를 유지하는 능력이고, 동적 균형은 신체가 움직일 때 균형을 유지하는 것으로 신체가 움직이는 동안 중력 중심을 지지 기저면 내에 두어 원하는 자세를 유지하는 능력이다(배성수 등, 1992; Wade와 Jones, 1997). 균형은 안정성과 운동성이 조화를 잘 이룬 역동적인 현상으로 신체의 균형을 적절히 유지하기 위해서는 신경계와 근골격계의 통합 능력이 중요하며, 시각이나 체성감각, 고유수용기, 근피, 관절 수용기, 전정각의 자극투입과 같은 여러 가지 감각 수용기로부터 들어오는 모든 자극을 중추 신경계의 각각 다른 레벨에서의 통합, 시각적-공간 인지력(visuo-spatial perception), 변화하는 환경에 적응할 수 있는 효율적인 근긴장도, 근력과 지구력, 관절의 유연성 등이 균형유지 능력에 영향을 주며(배성수 등, 1992; Briggs et al., 1989; Brocklehurst et al., 1992; Chandler et al., 1990; Iverson et al., 1990; Shumway-Cook과 Horak, 1986), 연령(송주민 등, 1994; Bohannon et al., 1984; Briggs et al., 1989; Hageman et al., 1995; Iverson et al., 1990), 시각(송주민 등, 1994; Hamman et al., 1992; Jeong, 1991; Kilburn과 Thornton, 1995; Stones와 Kozma, 1987), 청각(송주민 등, 1994; Potter와 Silverman, 1984), 호흡(Jeong, 1991; Sakellari와 Bronstein, 1997), 다리길이 차이(구봉오, 1997; Murrell et al., 1991), 발의 위치(이한숙, 1997; Nichols et al., 1995), 발크기, 성별(Kinney Lapier et al., 1997; Wolfson et al., 1994), 체중(이한숙, 1997), 신장

(이한숙, 1997; Kinney Lapier et al., 1997), 그리고 지팡이(Milczarek et al., 1993), 신발(Brecht et al., 1995), 옷, 조명과 같은 환경적인 요인들에 의해서도 영향을 받는다.

노인들은 노화와 관련된 생리적 변화, 즉 지각상실, 근골격계 기능장애, 체위의 불안정(권혜정, 이경희, 1995; 김선엽, 이승주, 1993; 배성수, 박래준, 1990; 송미순, 하양숙, 1995) 등으로 신체 균형유지가 어렵게 되고, 균형과 기능적 가동성의 감소는 낙상을 일으키는 주요인이 되며(Shumway-Cook et al., 1997), 반복된 낙상은 다른 신체질환, 예를 들면 당뇨병, 심근경색증, 뇌졸중, 파킨슨씨병, 그리고 다른 신경계 장애 등의 증상일 수도 있다(의학교육연수원 편, 1997).

낙상은 노인에서 이환률 증가의 주된 원인중 하나이며(Brocklehurst et al., 1992; Nickens, 1985; Tinetti et al., 1988) 낙상의 상해가 유발되지 않을 지라도 낙상에 대한 두려움을 상승시키고, 그것은 활동성을 저하시키며, 근력을 감소시키고, 정상적인 자기보호 활동에서 독립성을 감소시키는 원인이 된다(배철영, 이영진, 1996; Camicioli et al., 1997; Fleming과 Pendergast, 1993; Nevitt et al., 1989; O'Loughlin et al., 1993; Tinetti et al., 1993).

낙상은 신체적 제한(근력, 시력, 청각, 전정기능)이 환경과 상호작용하여 일어나며(Fleming과 Pendergast, 1993) 낙상의 위험을 증가시키는 요인들은 내적인 요인들(개인의 내적인 것)과 외적인 요인들(환경적인 특징)로 분류할 수 있는데(Nickens, 1985), 내적인 요인들은 낙상의 가능성을 증가시키는 근력변화, 관절가동범위의 상실, 전정기능의 감소 그리고 진동감각의 감소와 관계가 있고(Judge et al., 1994; Lord et al., 1991; Robbins et al., 1989; Tinetti et al., 1988), 외적인 요인들은 환경적인 요소를 포함하는데 물리적 환경 중 낙상의 원인이 되는 것은 미끄러운 바닥, 층계, 손잡이가 부적절하거나 조명이 흐릴 때 문제가 되며 노인에서는 인지기능의 장애로 환경에 대처하는 능력이 떨어지므로 주의해야 한다(의학교육연수원 편, 1997; Tinetti et al., 1988).

노인에서 균형수행력을 저하시키는 요인중 근력과 관절가동범위의 상실은 기능적인 독립의 소실을 유도하여 추락과 낙상의 위험을 증가시키게 되는데 이를 방지하기 위해서 규칙적인 운동이 필요하고, 낙상의 중요한 원인인 균형(Province et al., 1995)의 향상은 노인들에서 낙상의 가능성을 방지하고, 낙상으로 인한 경제적 비용 감소

와 노인들의 생활의 질적인 향상을 위해서도 중요하다 (Harada et al., 1995 ; Shumway-Cook et al., 1997).

일반적으로 균형을 향상시키기 위한 훈련 프로그램에는 유산소 운동, 근력, 그리고 균형 훈련으로 나눌 수 있는데 균형훈련 프로그램의 한가지 형태는 안정성 향상의 방법으로서 일반적인 유산소 훈련에 초점을 두는 경우이며, 훈련 프로그램의 두 번째 형태는 균형을 향상시키기 위한 근력 훈련을 강조, 그리고 균형훈련 프로토콜을 사용하여 각각 다른 감각 입력을 사용하여 균형을 향상시키는 방법이 있다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

송미순과 하양숙(1995) 그리고 Skinner(1993)는 노인들의 운동은 유산소 훈련과 같은 운동으로 낮은 강도에서 점차적으로 행하여야 하며 낙상을 방지하고 균형을 향상시키기 위한 일반적인 운동의 형태는 체중부하, 저항훈련, 유산소훈련, 유연성훈련 등으로 알려져 있으며 하지근력을 향상시켜 주는 운동이 균형향상에 있어 중요하다고 했고, Wolf 등(1997)은 균형 손상과 하지근력 감소가 신체적 기능소실의 중요한 위험 요인이며, 노인의 낙상을 일으킨다고 보고 균형훈련 즉 폭신한 면 위에서의 균형 유지와 신체의 압력중심 이동을 통해 시각적 바이오피드백 훈련을 시키고, 근력을 향상시키기 위하여 점진적인 체중 들어올리기를 통해 균형과 저항 훈련이 균형을 향상시킨다고 보고하였다.

Sauvage 등(1992)은 적당한 강도에서 고강도의 근력과 유산소 운동을 거주보호시설의 남자노인에게 행하여 균형, 보행, 운동능력, 근력을 향상시킬 수 있는지 검사하여 근력과 지구력, 보행속도 등은 증가하였으나, 균형은 향상되지 않았다고 보고하였으며, Robert(1989)는 균형을 향상시키기 위해 보행프로그램을 6주간 시행하여 균형의 향상을 보고하였고, Means 등(1996)은 균형을 향상시키고 낙상을 예방하기 위해 운동프로그램, 즉 능동신장운동, 자세조절, 오랫동안 걷기, 반복된 근 협응 운동이 균형과 가동성을 향상시키며 낙상을 감소하거나 또는 예방하는지에 대하여 알아보았으나 유의성은 얻지 못했다(Lichtenstein et al., 1989 ; Lord et al., 1993).

이와 같이 운동프로그램이 노인의 균형향상에 영향을 미치는지에 대하여 여러 연구자들이 연구를 하고 있으나 명확하게 효과적인 프로그램에 대해서는 의견이 분분한 실정이다(Means et al., 1996 ; Province et al., 1995).

균형 평가를 위한 이상적인 균형검사 방법은 감각제와 운동반응을 종합적으로 평가할 수 있어야 하고, 정량적이고 객관적인 평가가 가능해야 하며 임상에서 적용 가

능한 실제적인 방법이어야 한다(장기연 등, 1994).

이에 본 연구자는 임상에서 쉽고, 간편하게 사용할 수 있는 균형과 감각상호작용의 임상적 검사(clinical test of sensory interaction and balance : CTSIB)와 외다리 기립 검사(one leg stance test : OLST)로 정적인 균형수행력을 측정하였고, 버거 균형 검사(Berg balance test : BBT)로 동적인 균형수행력을 측정하였다.

본 연구의 목적은 노인에서 노화로 인한 근력과 유연성 상실이 기능적인 독립의 소실을 유도하여 균형수행력을 저하시키며 추락과 낙상의 위험을 증가시키는데 이를 방지하기 위해서 균형을 향상시키기 위한 운동으로 하지근육을 위주로 근력강화운동을 실시하여 이러한 운동의 형태가 노인의 균형수행력에 영향을 주는지 알아보고, 노인에게 감각 운동 기능과 균형을 향상시키고 낙상을 방지하기 위한 효과적인 운동 실시에 자료를 제공하고자 본 연구를 실시하게 되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상과 특성

연구대상은 경북 고령군에 거주하는 지역사회 여성노인을 대상으로 본 연구의 취지를 설명하여 본 연구에 참여하겠다고 동의한 대상자 중 연구조건을 충족시키는 60세 이상 건강한 노인 35명을 대상으로 하여 대상자를 무작위로 일상생활동작을 하는 대조군(11)과 근력강화운동을 하는 실험군(24)으로 나누었으나 대조군에서 1명이 측정거부, 실험군에서 3명이 탈락되어 최종 처리 결과는 대조군 10명, 실험군 21명으로 총 31명을 대상으로 하였다.

1) 대상자들의 일반적인 특성

대상자들의 일반적인 특성은 나이 69.74세, 신장 150.41cm, 체중 51.30kg이었고, 발크기는 평균 221.30mm이었으며 운동군과 대조군 사이의 일반적인 특성을 짝비교한 결과 통계상 유의한 차이는 없었다($p>.05$)(Table 1).

2. 실험도구 및 연구방법

1) 실험도구

정적 균형수행력을 검사하기 위하여 균형과 감각상호작용의 임상적 검사와 외다리 기립 검사를 수행하였다. 균형과 감각상호작용의 임상적 검사는 바닥조건(연지면,

Table 1. General characteristics of subjects and SD, and a number of subjects and percent

Characteristic	Control(N=10)	Exercise(N=21)	Total(N=31)	t	
Age(yrs)	68.90±5.82	69.14±5.22	69.06±5.32	.12	
Height(cm)	149.70±5.64	150.75±5.37	150.41±5.39	.50	
Weight(kg)	52.50±8.95	50.74±6.34	51.30±7.18	-.63	
Foot length (mm)	L	222.80±0.90	220.00±0.74	220.90±0.79	-.89
	R	222.80±0.74	220.10±0.86	221.61±0.82	-.55
Visual acuity	L	0.42±9.20E-0.20	0.37±0.17	0.39±0.15	-.71
	R	0.30±0.13	0.38±0.20	0.36±0.19	1.21
Education (N)	Yes	4(40%)	7(33.30%)	11(35.50%)	
	No	6(60%)	14(66.70%)	20(64.50%)	
Living status (N)	Alone	2(20%)	9(42.90%)	11(35.50%)	
	Family	8(80%)	12(57.10%)	20(64.50%)	
Dominant leg (N)	L	1(10%)	2(9.50%)	3(9.70%)	
	R	9(90%)	19(90.50%)	28(90.3%)	
Smoking (N)	Yes	3(30%)	3(14.30%)	6(19.40%)	
	No	7(70%)	18(85.70%)	25(80.60%)	
Drinking (N)	Yes	2(20%)	3(14.30%)	5(16.10%)	
	No	8(80%)	18(85.70%)	26(83.90%)	
Drug (N)	Yes	5(50%)	10(47.60%)	15(48.40%)	
	No	5(50%)	11(52.40%)	16(51.60%)	

p<.05

견지면)과 시각조건(눈을 뜨고, 눈을 가리고, 시각적 반구에 지지 기저면의 변화를 주기 위하여 발의 위치를 변화시켜서 측정하였고(발을 30cm 정도 벌리고, 발의 내측을 붙여서, 발을 일렬로), 동적인 균형수행력을 검사하기 위하여 버거 균형 검사를 사용해서 평가하였다.

균형수행력 검사시 얻어지는 결과는 1/100초까지 측정 가능한 초시계를 사용하였고, 바닥면이 균형수행력에 미치는 영향을 측정하기 위하여 바닥의 윤곽을 느낄 수 없을 정도의 밀도와 두께로 60cm×70cm×10cm 크기의 약간 폭신한 스펀지를 사용하였으며, 시각상태가 균형수행력에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 검은 안대와 연동에 반을 잘라서 창호지를 발라서 만든 직경 25cm×30cm×22cm의 반구를 사용하였으며, 버거 균형 검사의 평가를 위해 팔걸이가 없는 의자를 사용하였다.

2) 연구방법

60세 이상 지역사회 여성노인 31명을 대상으로 대조군

(10)과 실험군(21)으로 나누어 실험군에 하지근육을 위주로 근력강화운동을 실시하기 전에 대조군과 실험군에서 각각 정적 균형수행력과 동적 균형수행력을 측정하였으며, 실험군에 6주 동안 주 3회, 1회 45분간 근력강화운동 프로토콜에 따라서 운동을 실시하여 운동수행 3주 후, 6주 후에 각각 대조군과 실험군에서 다시 균형수행력을 측정하였다.

운동은 실내에서 행하여졌으며, 균형수행력 검사시에 실험실은 따뜻하며 밝고 조용한 환경을 유지시키고 대상자들은 간편한 복장으로 검사를 시작하기에 앞서 대상자에게 각 조건의 자세를 설명하고 시범을 보인 후 몇 번의 연습을 거쳐서 시행하였으며, 신발을 신은 것과 벗은 것에 균형수행력에 차이가 없다(Briggs et al., 1989 ; Iverson et al., 1990)는 보고에 따라서 대상자들은 신발을 벗고(양말만 신고) 검사하였으며, 대상자들의 피로를 방지하기 위하여 각 조건사이에 30초에서 2분의 휴식을 취하게 하였다.

Table 2. Test of balance performance

Test	BOS	SBP						DBP
		a	b	c	d	e	f	
CTSIB	1	o	o	o	o	o	o	
	2	o	o	o	o	o	o	
	3	o	o	o	o	o	o	
OLST		o	o		o	o		o
BBT								o

CTSIB : clinical test of sensory interaction and balance

OLST : one leg stance test

BBT : Berg balance test

SBP : static balance performance

DBP : dynamic balance performance

BOS : base of support

1 : feet 30cm apart

2 : feet together

3 : tandem(heel to toe)

a. firm, eyes open

b. firm, eyes close

c. firm, visual dome

d. foam, eyes open

e. foam, eyes close

f. foam, visual dome

Ⅲ. 연구결과

실험군에 근력강화운동을 6주간 실시하여 실험군과 대조군에서 각각 운동실시 전, 운동실시 3주 후, 6주 후에 각각 정적 균형수행력과 동적 균형수행력을 측정하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 근력강화운동에 따른 균형수행력 변화

(1) 정적인 균형수행력

(1) 균형과 감각상호작용의 임상적 검사

운동군의 경우 처치 경과에 따라 처치 전, 처치 중, 처치 후에 균형수행력이 향상되었으며 통계적으로 유의한 변화가 있었고($p < .01$), 대조군의 경우 균형수행력이 측정 시기에 따라 다소 증가하였으나 통계적으로 유의한 변화는 없었다($p > .05$). 두 집단간 균형수행력의 변화를 짝비교한 결과 각각의 처치 기간에서 두 집단간 균형수행력의 변화는 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 측정시기에 따른 균형수행력의 변화를 일원 분산분석 및 사후 검정한 결과 운동군에서 각 측정시기(A: B, A: C)에 유의한 차이($p < .01$)가 있었다. 집단간 측정시기에 따른 균형수행력의 변화를 반복된 분산분석을 한 결과 집단과 측정시기의 상호작용은 없었다($p > .05$)(Table 3)(Fig 1.1).

(2) 의다리 기립 검사

운동군의 경우 처치 경과에 따라 처치 전, 처치 중, 처

치 후에 균형수행력이 향상되었으며 통계적으로 유의한 변화가 있었고($p < .05$), 대조군은 각각의 기간에 따라서 균형수행력의 향상은 있었으나 통계적으로 유의한 변화는 없었다($p > .05$). 두 집단간의 기간에 따른 균형수행력의 변화를 짝비교한 결과 각각 처치 3주 후와 처치 6주 후에 유의한 차이($p < .05$)로 운동군에서 균형수행력이 향상되었으며, 측정시기간의 변화를 일원 분산분석 및 사후 검정한 결과 운동군에서 측정시기(A: C)에 유의한 차이($p < .05$)가 있었다. 집단간 측정시기에 따른 균형수행력의 변화를 반복된 분산분석을 한 결과 집단과 측정시기의 상호작용은 유의성이 없었다($p > .05$)(Table 3)(Fig 1.2).

(2) 동적인 균형수행력

(1) 버거 균형 검사

운동군의 경우 처치 경과에 따라 처치 전, 처치 중, 처치 후에 균형수행력이 유의한 변화를 보였으며($p < .05$), 대조군의 경우 균형수행력이 다소 향상은 되었지만 통계상 유의성은 없었다($p > .05$). 두 집단간 균형수행력의 변화를 짝비교한 결과 각각의 처치 경과에 따라 유의한 차이는 없었으며, 측정시기간의 변화를 일원 분산분석 및 사후 검정한 결과 운동군에서 측정시기(A: C)에 유의한 변화($p < .05$)가 있었다. 집단간 측정시기에 따른 균형수행력의 변화를 반복된 분산분석을 한 결과 집단과 측정시기간의 상호작용은 없었다($p > .05$)(Table 3)(Fig 1.3).

Table 3. Difference of balance performance by the strengthening exercise Mean \pm SD

Test	Group	A	B	C	F(post-hoc)
CTSIB (540)	CG (N=10)	423.97 \pm 53.77	434.50 \pm 51.20	439.75 \pm 48.72	.32
	EG (N=21)	424.18 \pm 33.43	459.80 \pm 26.66	471.26 \pm 26.56	15.84** (A : B, A : C)
	t	.03	-1.41	-1.91	1.38
OLST (120)	CG (N=10)	20.33 \pm 13.91	24.49 \pm 20.90	28.74 \pm 20.89	0.44
	EG (N=21)	26.92 \pm 16.73	35.48 \pm 18.33	43.76 \pm 18.28	4.66* (A : C)
	t	-1.08	-2.24*	-2.77*	.65
BBT (56)	CG (N=10)	49.40 \pm 5.56	50.00 \pm 5.44	50.80 \pm 5.29	.17
	EG (N=21)	51.10 \pm 3.27	52.38 \pm 2.65	53.57 \pm 2.29	4.20* (A : C)
	t	-.89	-1.31	-1.67	.17

** p < .01 * p < .05

A : pre - exercise

B : mid - exercise

C : post - exercise

CG : control group

EG : exercise group

2. 정적 균형수행력과 동적 균형수행력간의 상관 관계

정적 균형수행력과 동적 균형수행력 사이에는 유의한 상관관계(p<.01)가 있었다(Table 4).

3. 신장, 체중, 발크기와 균형수행력간의 상관 관계

정적 균형수행력과 체중(p<.05)과는 상관관계가 있었으며, 신장과 발크기와는 상관관계가 없었다(p>.05)

(Table 4).

동적 균형수행력은 신장(p<.01) 및 체중(p<.01)과 상관관계가 있었으며, 발크기와는 상관관계가 없었다(p>.05)

(Table 4).

IV. 고 찰

균형은 운동이나 이동에 필요한 기본적인 요소이며 (Winstein et al., 1989), 정상적인 균형 조절을 위해서는 신체의 생역학적 측면인 근골격계의 지지작용과 협응운

Table 4. Correlation of height, weight, foot length with SBP and DBP, and SBP and DBP

	SBP	DBP	Weight	Height	Foot length
SBP	1				
DBP	.82**	1			
Weight	.38*	.54**	1		
Height	.31	.50**	.66**	1	
Foot length	-.02	.09	.43*	.63**	1

**p<.01 *p<.05

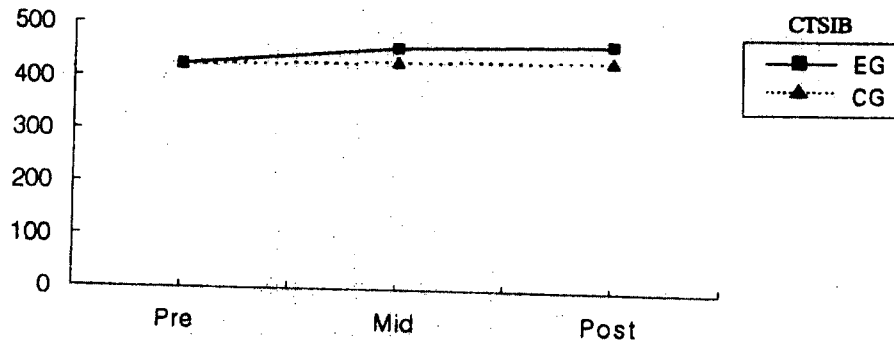


Fig 1.1 Difference of balance performance in CTSIB by the strengthening exercise

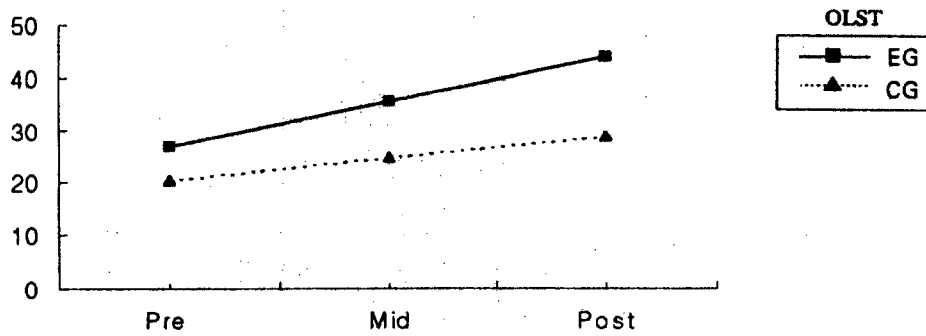


Fig 1.2 Difference of balance performance in OLST by the strengthening exercise

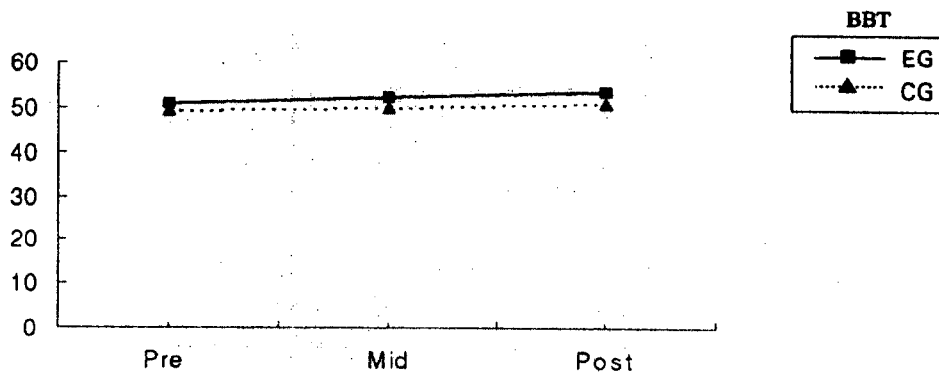


Fig 1.3 Difference of balance performance in BBT by the strengthening exercise

동을 포함한 운동기능, 감각 기능의 통합적 작용이 필요하며(Horak, 1987), 감각기능은 시각, 전정기능, 고유수용성 감각의 3가지의 조화를 필요로 한다(Cohen et al., 1993 ; Shumway-Cook 과 Horak, 1986).

균형은 생역학적 요소, 감각요소, 근육요소 외에 근긴장도, 청력, 두려움과 같은 생리학적 요인 및 신발, 바닥, 옷과 같은 환경적인 요인들에 의해서도 영향을 받는다. 이에 본 연구자는 실험에 들어가기 전에 균형에 영향을 줄 수 있는 환경적인 요인과 생리학적인 요인을 최소화하기 위하여 실험실을 조용하고 따뜻하게 유지하였으며 자세의 호트리짐을 쉽게 관찰하기 위하여 간편한 복장으로 하였고, 균형수행력 검사시 요구되는 모든 조건들은 대상자가 정확히 이해할 수 있도록 충분히 연습을 한 후 검사하였다. 정적인 균형수행력 검사시 눈을 뜨고 검사를 하는 경우 눈을 고개를 똑바로 하여 3m 전방의 벽을 보도록 지시하여 전정 및 시각되먹이 효과를 조절하였다(Lord et al., 1993).

대상자들은 60세 이상 건강한 노인(송미순, 하양숙, 1995 ; 한국보건사회연구원, 1993)들을 대상으로 일상생활 동작이 가능하고 검사자의 지시에 따라 행동할 수 있고, 외부의 보조 없이 보행이 가능한 자로 노인들 중에는 인지력이 떨어지는 사람이 있으므로 인지장애를 검사하는 간소화 정신상태질문서(의학교육연수원 편, 1997 ; Shumway-Cook 과 Woollacott, 1995)를 수정하여 사용하였으며 관절염의 증상이 있을지라도 수동적 관절운동 범위가 완전한 자(Judge et al., 1993)를 대상으로 6주간 하지근육 즉 고관절 굴곡근, 신전근, 외전근, 내전근, 슬관절 굴곡근과 신전근, 족관절 배측굴곡근과 저측굴곡근을 위주로 한 근력강화운동(Kisner 와 Colby, 1996)을 실시하였는데 대조군은 계획된 운동을 하지 않는 자로 반복된 측정으로 인한 학습적인 효과를 보기 위하여 설정하였으며, 운동군은 근력강화운동을 하는 군으로 스트레칭, 근력강화, 스트레칭을 실시하였으며 6주동안 주 3회, 1회 45분간 실시하였다.

균형수행력 검사 방법에는 힘판(force platform) 등의 장비를 이용한 정적 또는 동적 자세흔들림을 검사하는 방법(Berg et al., 1992 ; Goldie et al., 1992 ; Hageman et al., 1995 ; Jeong, 1991 ; Kinney Lapier et al., 1997 ; Mechling, 1986 ; Nichols et al., 1995 ; Williams et al., 1997) 및 불안정한 지지 기저면에서 자세 조절계의 운동 반응을 근전도를 이용해 분석하는 방법(Duncan et al., 1990 ; Horak, 1987 ; Stevenson 과 Garland, 1996)의 질적

인 평가와 시간으로 측정하는 퓌버거 검사, 변형된 퓌버거 검사(Briggs et al., 1989 ; Heitmann et al., 1989 ; Iverson et al., 1990), 외다리 기립 검사(송주민 등, 1994 ; Bohannon et al., 1984 ; Heitmann et al., 1989), 균형과 감각상호작용의 임상적 검사(Anacker 와 Di Fabio, 1992 ; Cohen et al., 1993 ; Di Fabio 와 Seay, 1997 ; Shumway-Cook 과 Horak, 1986), 버거 균형 검사(Harada et al., 1995 ; Liston 과 Brouwer, 1996 ; Shumway-Cook et al., 1997 ; Stevenson 과 Garland, 1996 ; Thorbahn 과 Newton, 1996), 일어나서 가시오 검사(get up and go test : GUGT)(Anacker 와 Di Fabio, 1992 ; Mathias et al., 1986) 등의 양적인 평가가 있는데 이상적인 균형평가 방법은 객관적이고 정량적인 평가가 가능해야 하며 감각계와 운동계의 포괄적인 평가가 가능해야 한다. 장비를 이용한 평가 방법은 값이 비싸고 임상에서 보편적으로 사용하기에는 제한이 있으므로 임상에서는 주로 값싸고 최소한의 기구를 이용하는 양적인 방법을 많이 사용하고 있다.

본 연구에서는 임상에서 손쉽게 사용할 수 있는 양적인 평가 방법인 균형과 감각상호작용의 임상적 검사와 외다리 기립 검사, 버거 균형 검사로 균형수행력을 평가하였다.

균형과 감각상호작용의 임상적 검사는 시각, 전정기능, 체성감각의 감각 상태를 변화시켜서 다양하게 검사하는 방법으로 본 연구에서는 6가지의 검사 방법(Anacker 와 Di Fabio, 1992 ; Cohen et al., 1993 ; Di Fabio 와 Seay, 1997 ; Shumway-Cook 과 Horak, 1986)에 지지 기저면의 변화를 주기 위하여 발의 위치를 다르게 하여 18가지를 검사하였는데 발의 위치는 두 번째 발가락에서 발뒤꿈치를 연결한 선에서 다른쪽 발의 그 선까지 30cm 거리를 두고, 발의 내측을 붙이고, 그리고 발을 일렬로 하여 검사하였으며 발을 일렬로 할 때는 비우성 다리의 뒤쪽에 우성다리를 두어 검사하였다(Iverson et al., 1990 ; Nichols et al., 1995).

외다리 기립 검사는 한쪽 다리로 지지하고 다른 한쪽 다리는 들거나 지지축 하퇴 후면에 밀착시켜 서서 균형을 유지하는 능력을 검사하는 방법으로 두 팔은 팔짱을 끼던지 허리위에 올리던지 체간에 나란히 늘어뜨리며 균형유지 최대시간은 30초이나 최대 45초까지 허용한 실험도 있었다(송주민 등, 1994 ; Bohannon et al., 1984 ; Briggs et al., 1989 ; Chandler et al., 1990).

본 연구에서는 우성과 비우성하지 사이에 입위 균형의

차이가 없다(Bohannon et al., 1984 ; Briggs et al., 1989)는 보고에 따라서 비우성다리로 지지하고 우성다리는 비우성다리의 하퇴 후면에 밀착시켰으며, 균형과 감각상호작용의 임상적 검사와 외다리 기립 검사에서 두 팔은 팔짱을 끼고, 가슴에 붙이게 하였는데 이는 대상자가 팔운동으로 균형을 조절하는 것을 최소화하기 위해서였다. 신발을 벗고 양말만 신고 행하였는데 이는 신발을 신은 것과 벗은 것에 균형수행력에 차이가 없다고 한 보고(Briggs et al., 1989 ; Iverson et al., 1990)에 따라서이며 최대시간은 30초를 허용하였다(Bohannon et al., 1984). 각 검사의 순서는 검사순서에 따라 균형수행력에 차이가 없다고 한 보고에 따라서 부록의 순서대로 시행하였다(Cohen et al., 1993). 각 검사 모두 3회 연속 검사후 그 값을 평균하여 이용하였는데 이것은 환자가 잘못하여 균형수행시간이 짧게 나오는 것을 배제할 수 있다고 보았기 때문이다(권혁철, 1989).

버거 균형 검사는 노인의 기능적인 기립 균형을 측정하기 위하여 Berg와 그 공동연구자(1992)들이 개발한 것으로 정적자세유지, 지지 기저면을 감소시키거나 신체의 무게 중심을 변화시키도록 하는 14가지 동작으로 구성되어 있으며 한 항목당 0점에서 4점까지 전체 56점을 만점으로 점수화 하여(Harada et al., 1995 ; Shumway-Cook et al., 1997 ; Stevenson과 Garland, 1996 ; Thorbahn과 Newton, 1996) 동적인 균형수행력을 측정하기 위하여 사용하였다.

노인들은 노화로 인한 생리적 변화로 균형수행력이 저하되어 낙상을 초래하고 일상생활과 생명에 위협을 받는다. 여러 연구자들이 노인들의 낙상 가능성을 방지하기 위하여 균형수행력의 향상에 대하여 연구를 하고 있으며, 일반적인 균형향상 프로그램의 형태에는 유산소 운동, 근력, 그리고 균형 훈련으로 나누어져 있다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

본 연구에서는 노인의 하지근육 즉 고관절 굴곡근, 신전근, 외전근, 내전근, 슬관절 굴곡근과 신전근, 족관절 배측, 저측굴곡근을 체중, 중력 또는 밴드를 이용하여 근력강화운동을 실시하였으며 운동 시행 전과 시행 후 각각 혈압과 맥박을 측정하여 운동을 수행하였다.

본 연구에서 하지 근육을 위주로 한 근력강화운동을 6주간 실시하여 운동군에서 정적인 균형과 동적인 균형수행력이 향상되었고, 대조군에서는 측정기간에 따라 약간의 균형수행력의 향상을 보였지만 통계상 유의한 차이는 없었다. 운동군에서 정적인 균형과 동적인 균형수행

력의 향상은 Fiatarone 등(1990)과 Wolfson 등(1996), Harada 등(1995)과 Shumway-Cook 등(1997)의 보고와 일치하였는데 이는 노인에서 근조직이나 골양의 감소, 활동력의 저하로 가동성이 저하되고, 근골격계의 이상은 균형수행력을 저하시키며 특히 하지근력의 소실은 보행을 불안정하게 하여 더욱 낙상의 위험을 증가시키기 때문에 노화와 관련하여 감소된 하지근력과 가동성이 하지근력강화로 힘생산이 증가되어 균형수행력이 향상되었다고 생각된다(Fisher et al., 1991 ; Iverson et al., 1990 ; Judge et al., 1993 ; Kauffman, 1988). 대조군에서 측정기간에 따라 약간의 균형수행력이 향상되었는데 통계상 유의한 차이는 없었다. 이는 Judge 등(1994)과 Sauvage 등(1992), 그리고 Robert(1989)와 Krebs 등(1998)의 보고와 일치하며 약간의 균형수행력 향상은 반복된 측정과 연습에 의한 것으로 사료된다(이충희와 권혁철, 1995).

한편 Krebs 등(1998)과 Chandler 등(1998), 그리고 Mills(1994)는 균형 또는 장애는 근력강화운동에 의해 확실하게 영향을 받지는 않는다고 했으며 높은 강도와 장기간의 근력 훈련 또는 다른 형태의 운동이 필요하다고 하였다.

균형과 감각상호작용의 임상적 검사와 외다리 기립 검사의 정적 균형수행력과 버거 균형 검사의 동적 균형수행력간에 높은 상관성($p < .01$)을 나타내었는데 김종만 등(1997)과 Di Fabio와 Badke(1990), 그리고 Anacker와 Di Fabio(1992) 등의 보고와 일치하였으며 이것은 신체적 가동성이 우수하고 기능적인 활동이 좋은 사람이 균형수행 역시 좋기 때문으로 생각된다.

Kilburn 등(1995)은 신장이 균형수행에 영향을 미친다고 했는데 본 연구에서 동적인 균형수행력은 신장($p < .01$) 및 체중과 상관관계가 있었으며 정적 균형수행력은 체중($p < .05$)과 상관성을 나타내었다. 이한숙(1997)은 정적 균형수행력이 신장과도 상관성이 있다고 했으나 본 연구에서는 상관성이 없었다. 일반적으로 신장이 작을수록 중력 중심점이 낮아 균형수행이 수월한 것으로 알려져 있으나(배성수 등, 1992) 구봉오(1997)는 20대 연령층을 대상으로 연구한 결과 이와 상반된 결과를 나타내었다. Lapiere 등(1997)은 여성이 남성보다 동적기립 동안 균형능력이 떨어진다고 성별에 따른 균형수행력의 차이를 나타내었으며 술, 담배, 약물, 생활상태 등도 균형수행력에 영향을 준다(Di Fabio와 Seay, 1997 ; Hingson과 Howland, 1987 ; Tinetti et al., 1988)고 하였으나 본 연구에서는 알 수 없었다.

본 연구에서 하지근력을 위주로 한 근력강화운동이 노인의 균형수행력을 향상시켰다. 따라서 이러한 운동이 노인의 낙상방지에 효과적이라고 할 수 있다. 앞으로의 연구는 노인들의 낙상방지와 생활의 질적인 향상을 위하여 양로원 등의 보호시설에 있는 노인들을 대상으로 한 연구와 좀 더 연령층을 고령화하고, 남녀 노인들을 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

60세 이상 노인층을 대상으로 6주 동안 주 3회, 1회 45분간 근력강화운동을 실시하여 노인의 균형수행력을 향상시키는데 대하여 운동군(21)과 대조군(10)으로 나누어 실험 실시 전, 실시 3주 후, 실시 6주 후에 각각 균형과 감각상호작용의 임상적 검사, 외다리 기립 검사, 버거 균형 검사를 이용해 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 근력강화운동은 균형과 감각상호작용의 임상적 검사($p < .01$), 외다리 기립 검사($p < .05$), 버거 균형 검사($p < .05$)에서 모두 유의한 변화를 나타내었다.
2. 정적인 균형수행력과 동적인 균형수행력간에는 유의한 상관관계가 있었다 ($p < .01$).
3. 정적인 균형수행력은 체중과 상관관계가 있었으며 ($p < .05$), 동적인 균형수행력은 신장($p < .01$) 및 체중($p < .01$)과 상관관계가 있었다.

<참 고 문 헌>

구봉오 : 양하지 다리길이 차이에 따른 자세균형의 변화와 적응특성, 미간행 석사학위청구논문, 대구대학교 재활과학대학원, 1997.

권혁철 : 편마비 환자의 기립균형에 영향을 주는 요인에 관한 연구, 대한물리치료학회지, 제 1권 1호, 15-25, 1989.

권혜정, 이경희 : 노인에 대한 특성과 물리치료관련요인에 대한 연구, 대한물리치료사학회지, 제 2권 4호 : 55-67, 1995.

김선엽, 이승주 : 노화에 따른 생리적 변화, 대한물리치료학회지 : 제 5권 1호, 79-87, 1993.

김종만, 이정원, 이승희 등 : 편마비 환자의 균형기능과 감각조직화, 한국전문물리치료학회지 : 제 4권 3호, 61-69, 1997.

배성수, 김한수, 이현옥 등 : 인체의 운동, 현문사, 1992.

배성수, 박래준 : 노인 환자의 재활, 대한물리치료학회지, 제 2권 1호 : 95-101, 1990.

배철영, 이영진 : 노인의학, 분당차병원 노인병 클리닉, 고려의학, 1996.

송미순, 하양숙 : 노인 간호학, 서울대학교출판부, 1995.

송주인, 박래준, 김진상 : 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향, 대한물리치료학회지, 제 6권 1호 : 75-84, 1994.

이충희, 권혁철 : 고급 물리치료 1, 현문사, 1995.

이한숙 : 불안정한 바닥위에서의 발위치와 시각이 기립균형에 미치는 영향, 미간행 석사학위청구논문, 대구대학교 재활과학대학원, 1997.

의학교육연수원 편 : 노인의학, 서울대학교출판부, 1997.

장기연, 서경배, 이숙자 : 균형지수를 이용한 균형반응의 정량적 평가, 대한재활의학회지, 제 18권 3호, 561-569, 1994.

한국보건사회연구원 : 노인복지정책개발을 위한 연구, 3-8, 1993.

황성수 ; 전정각 자극이 중추 신경계 기능 부전 아동의 균형과 기본적 심리작용에 미친 효과, 미간행 박사학위청구논문, 단국대학교 대학원, 1997.

Anacker SL, Di Fabio RP : Influence of sensory inputs on standing balance in community-dwelling elders with a recent history of falling. *Phys Ther*, 72(8) : 575-584, 1992.

Berg KO, Maki BE, Williams JI et al : Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(11) : 1073-1080, 1992.

Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC et al : Decrease in timed balance test score with aging. *Phys Ther*, 64(7) : 1067-1070, 1984.

Brecht JS, Chang MW, Price R et al : Decreased balance performance in cowboy boots compared with tennis shoes, *Arch Phys Med Rehabil*, 76(10) : 940-946, 1995.

Briggs RC, Gossman MR, Birch R et al : Balance performance among noninstitutionalized elderly women. *Phys Ther*, 69(9) : 748-756, 1989.

Brocklehurst JC, Tallis RC, Fillit HM : Text Book of Geriatric Medicine and Gerontology, 4th ed. Churchill Livingstone, 1992.

Camicioli R, Panzer VP, Kayer J : Balance in the healthy elderly, *Arch Phys Med Rehabil*, 54 : 976-981, 1997.

Chandler JM, Duncan PW, Kochersberger G et al : Is low extremity strength gain associated with

- improvement in physical performance and disability in frail, community-dwelling elders?, *Arch Phys Med Rehabil*, 79(1) : 24-30, 1998.
- Chandler JM, Duncan PW, Studenski SA : Balance performance on the postural stress test : comparison of young adults, healthy elderly and fallers, *Phys Ther*, 70(7) : 346-354, 1990.
- Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL : A study of the clinical test of sensory interaction and balance, *Phys Ther*, 73(6) : 346-354, 1993.
- Di Fabio RP, Badke MB : Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia, *Phys Ther*, 70(9) : 542-548, 1990.
- Di Fabio RP, Seay R : Use of the "fast evaluation of mobility, balance, and fear" in elderly community dwellers : validity and reliability, *Phys Ther*, 77(9) : 904-915, 1997.
- Duncan PW, Studenski S, Chandler J et al : Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing, *Phys Ther*, 70(2) : 88-96, 1990.
- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND et al : High-intensity strength training in nonagenarians : effects on skeletal muscle, *JAMA*, 263(22) : 3029-3034, 1990.
- Fisher NM, Pendergast DR, Calkins E : Muscle rehabilitation in impaired elderly nursing home residents, *Arch Phys Med Rehabil*, 72(3) : 181-185, 1990.
- Fleming BE, Pendergast DR : Physical condition, activity pattern, and environment as factors in falls by adult care facility residents, *Arch Phys Med Rehabil*, 74(6) : 627-630, 1993.
- Goldie PA, Evans OM, Bach TM : Steadiness in one-legged stance : development of a reliable force platform testing procedure, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(4) : 348-354, 1992.
- Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D : Age and gender effects on postural control measures, *Arch Phys Med Rehabil*, 76(10) : 961-965, 1995.
- Hamman RG, Mekjavic I, Mallinson AI et al : Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(8) : 738-744, 1992.
- Harada N, Chiu V, Damron-Rodriguez JA et al : Screening for balance and mobility impairment in elderly individuals living in residential care facilities, *Phys Ther*, 75(6) : 462-469, 1995.
- Harada N, Chiu V, Fowler E et al : Physical therapy to improve functioning of older people in residential care facilities, *Phys Ther*, 75(9) : 830-839, 1995.
- Heitmann DK, Gossman MR, Shaddeau SA et al : Balance Performance and step with in noninstitutionalized, elderly, female fallers and nonfallers, *Phys Ther*, 69(11) : 923-931, 1989.
- Hingson R, Howland J : Alcohol as a risk factor for injury or death resulting from accidental falls : a review of the literature. *J Stud Alcohol* 48 : 212-219, 1987.
- Horak FB : Clinical measurement of postural control in adults, *Phys Ther*, 67(12) : 1881-1885, 1987.
- Iverson BD, Gossman MR, Shaddeau SA et al : Balance performance, force production, and activity levels in noninstitutionalized men 60 to 90 years of age. *Phys Ther*, 70(6) : 348-355, 1990.
- Jahnigen DW, Schrier RW : *Geriatric Medicine*, 2nd ed, Blackwell Science Ltd U.S.A. 1996.
- Jeong BY : Respiration effect on standing balance. *Arch Phys Med Rehabil*, 72(8) : 642-645, 1991.
- Judge JO, Lindsey C, Underwood M et al : Balance improvements in older women : effects of exercise training. *Phys Ther*, 73(4) : 254-265, 1993.
- Judge JO, Whipple RH, Wolfson LI : Effects of resistive and balance exercises on isokinetic strength in older persons, *J Am Geriatr Soc*, 42(9) : 937-946, 1994.
- Kauffman TL : Strength training effect in young and aged women. *Arch Phys Med Rehabil*, 66(4) : 223-226, 1988.
- Kisner C, Colby LA : *Therapeutic exercise foundations and techniques*, 3rd ed. F.A. Davis Company, 1996.
- Krebs DE, Jette AM, Assmann SF : Moderate exercise improves gait stability in disabled elders, *Arch Phys Med Rehabil*, 79(12) : 1489-1495, 1998.
- Kilburn KH, Thornton JC : Prediction equations for balance measured as sway speed by head tracking with eyes and closed. *Occup Environ Med*, 52(3) : 544-546, 1995.
- Kinney Lapier TL, Liddle S, Bain C : A comparison of static and dynamic standing balance in older men versus women. *Physiotherapy Canada*, Summer, 49(3) : 207-213, 1997.
- Lichtenstein MJ, Shields SL, Shiavi RG et al : Exercise and balance in aged women : a pilot controlled clinical trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 70(2) : 138-

- 143, 1989.
- Liston RAL, Brouwer BJ : Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the balance master. *Arch Phys Med Rehabil*, 77(5) : 425-430, 1996.
- Lord SR, Clark RD, Webster IW : Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J Gerontology*, 46(3) : M69-76, 1991.
- Lord SR, Caplan GA, Ward JA : Balance, Reaction time, and muscle strength in exercising and nonexercising older women : a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(8) : 837-839, 1993.
- Mathias S, Nayak HSL, Isaacs B : Balance in elderly patients : the "get up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil*, 67(6) : 387-389, 1986.
- Means KM, Rodell DE, O'Sullivan PS, Cranford LA : Rehabilitation of elderly fallers : pilot study of a low to moderate intensity exercise program. *Arch Phys Med Rehabil*, 77(10) : 1030-1036, 1996.
- Mechling RW : Objective assessment of postural balance through use of the variable resistance balance board. *Phys Ther*, 66(5) : 685-688, 1986.
- Milczarek JJ, Kirby RE, Harrison ER et al : Standard and four-footed canes : their effect on the standing balance of patients with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil*, 74(3) : 281-285, 1993.
- Mills EM : The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength, flexibility, and balance among sedentary elderly persons. *Nurs Res*, 43(4) : 207-211, 1994.
- Murrell P, Cornwall MW, Doucet SK : Leg-length discrepancy : effect on the amplitude of postural sway. *Arch Phys Med Rehabil*, 72(8) : 646-648, 1991.
- Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S et al : Risk factors for recurrent non-syncopal falls : a prospective study. *JAMA*, 261(18) : 2663-2668, 1989.
- Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ : Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Phys Ther*, 75(8) : 699-706, 1995.
- Nickens H : Intrinsic factors in falling among the elderly. *Arch Intern Med*, 145 : 1089-1093, 1985.
- O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF et al : Incidence of and risk factors for falls and injurious falls among the community-dwelling elderly. *Am J Epidemiol*, 137(3) : 342-354, 1993.
- Potter CN, Silverman LM : Characteristics of vestibular function and static balance skill in deaf children. *Phys Ther*, 64(7) : 1071-1075, 1984.
- Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC et al : The effects of exercise on falls in elderly patients. *JAMA*, 273(17) : 1341-1347, 1995.
- Roberts BL : Effects of walking on balance among elders. *Nurs Res*, 38(3) : 180-183, 1989.
- Robbins AS, Rubenstein LZ, Josephson KR et al : Predictors of falls among elderly people : results of two population-based studies. *Arch Intern Med*, 149(7) : 1628-1633, 1989.
- Sakellari V & Bronstein AM : Hyperventilation effect on postural sway. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(7) : 730-736, 1997.
- Sauvage LR, Myklebust BM, Crow-Pan J et al : A clinical trial of strengthening and aerobic exercise to improve gait and balance in elderly male nursing home residents. *Am J Phys Med Rehabil*, 71(6) : 333-342, 1992.
- Shumway-Cook A, Anson D, Haller S : Postural sway biofeedback : its effect on reestablishing stance in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 69(6) : 395-400, 1988.
- Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL et al : Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 77(8) : 812-819, 1997.
- Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M et al : The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Phys Ther*, 77(1) : 46-57, 1997.
- Shumway-Cook A, Horak FB : Assessing the influence of sensory interaction on balance. *Phys Ther*, 66(10) : 1548-1550, 1986.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH : Motor control : Theory and practical applications. Williams & Wilkins, Baltimore, 1995.
- Skinner JS : Exercise testing and exercise prescription for special cases : theoretical basis and clinical application (2nd ed). Lea & Febiger, Philadelphia, 1993.
- Stevenson TJ, Garland SJ : Standing balance during internally produced perturbations in subjects with hemiplegic : validation of the balance scale. *Arch Phys Med Rehabil*, 77(7) : 656-662, 1996.
- Stones MJ, Kozma A : Balance and age in the sighted and blind. *Arch Phys Med Rehabil*, 68(2) : 85-89,

- 1987.
- Thorbahn LDB, Newton RA : Use of the Berg balance test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther*, 76(6) : 576-583, 1996.
- Tinetti ME, Liu WL, Claus EB : Predictors and prognosis of inability to get up after falls among elderly persons. *JAMA*, 269(1) : 65-70, 1993.
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF : Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319(26) : 1701-1707, 1988.
- Wade MG, Jones G : The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. *Phys Ther*, 77(6) : 619-628, 1997.
- Williams HG, McClenaghan BAQ, Dickerson J : Spectral characteristics of postural control in elderly individuals. *Arch Phys Med Rehabil*, 78(7) : 737-744, 1997.
- Winstein CJ, Gardner ER, McNeal DR et al : Standing balance training : effect on balance and locomotion in hemiparetic adults. *Arch Phys Med Rehabil*, 70(10) : 755-762, 1989.
- Wolf SL, Barnhart HX, Ellison GL et al : The effect of tai chi quen and computerized balance training on postural stability in older subjects. *Phys Ther*, 77(4) : 371-381, 1997.
- Wolfson L, Whipple R, Derby CA et al : Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography. *J Gerontol*, 49(4) : M160-167, 1994.
- Wolfson L, Whipple R, Derby CA et al : Balance and strength training in older adults : intervention gains and tai chi maintenance. *J Am Geriatr Soc*, 44(5) : 498-506, 1996.