



■ 김 건, 김수현¹, 서삼기², 윤희종³, 김태열⁴

■ 현대가정의학과의원, ¹동신대학교 대학원 박사과정, ²서남대학교 대학원 박사과정, ³목포과학대학 물리치료과, ⁴동신대학교 보건복지대학 물리치료학과

Effects of Elastic Band Resistance Exercise on Improving the Balance Ability in the Elderly

Geon Kim, PT, MS; ¹Su-Hyon Kim, PT, MS; ²Sam-Ki Seo, PT, MPT; ³Hui-Jong Yoon, PT, PhD; ⁴Tae-Youl Kim, PT, PhD

Hyun-dai Family Clinic; ¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Donshin University; ²Department of Physical Therapy, Graduate School of Seonam University; ³Department of Physical Therapy, Mokpo Science College; ⁴Department of Physical Therapy, College of Public Health and Welfare, Donshin University

Purpose: This study examines the effects of elastic band of resistance exercise for balance control of the elderly.

Methods: Thirty of eighty participants in experiment subjects who demonstrated balance-impairment through the use of primary screening tests including the one leg standing test (OLST), functional reach test (FRT) and timed up and go (TUG) were selected as subjects. Fifteen subjects that underwent muscle-strengthening exercise using an elastic band were selected as the exercise group and fifteen subjects were selected as a control group. Subjects undertook a home-based exercise program three times per week for 9 weeks. Muscle strength, functional assessment and a balance test were quantitatively measured before and after the exercise regimen.

Results: After muscle strengthening exercises, changes in maximal voluntary isometric contraction (MVIC) showed a significant increase in all of the lower extremity muscles of the exercise group subjects. There were statistically significant differences between the exercise and control groups for changes in the OLST, FRT and TUG, which are functional assessments of balance ability, and changes of the unit path length and circumference area, measurement items of quantitative analysis. In addition, from examining correlations between MVIC, balance ability, it was found that an increase of muscle strength in the hip joint group of muscles among the lower extremity muscles had greater improvement in correlation with balance ability in this elderly population.

Conclusion: Resistance exercise using elastic bands had significant effects on muscle strengthening in elderly subjects, with a resultant increase of lower extremity muscle strength with significant improvement of balance ability.

Key Words: Resistance Exercise, Balance, Maximal voluntary isometric contraction (MVIC), Functional assessment

논문접수일: 2007년 10월 24일

수정접수일: 2007년 11월 27일

게재승인일: 2008년 1월 26일

교신저자: 김태열, ptcep@hanmail.net

1. 서론

낙상은 일상생활을 수행하는 동안 균형이나 안정성을 잃으면서 신체의 일부분이 바닥에 닿는 것을 의미하며, 낙상(fall injury)은 주로 균형능력의 저하에 의해 발생되고(Lord 등, 1994), 노

인 사망의 주요한 원인이다. 또한 낙상을 경험한 노인들의 20~30%는 고관절 골절, 두부 손상 등의 중증의 상해를 입게 되어 가동성과 독립성이 제한되며, 이로 인해 활동이 제한되거나 이차적인 합병증으로 사망 위험이 증가된다(Sterling과 O'Connor, 2001). 외국의 경우 전체노인의 50%는 해마다 낙상을 경험하

며, 한 해 동안 160만 명 이상의 노인이 낙상과 관련해 응급실에서 치료를 받은 것으로 보고되고 있으며(Centers for Disease Control and Prevention, 2003), 우리나라의 경우에도 최근의 보고에 의하면 65세 이상 노인의 34.4%가 낙상 위험군에 속하며, 노인 낙상환자 중 70% 이상이 여성이라고 알려져 있다(구경희, 2007), 또한 낙상에 의한 손상을 경험한 75세 이상 노인은 장년층에 비하여 1년 이상 장기간 입원할 확률이 4~5배 더 높게 나타나는 것으로 알려져 있다(Donald와 Bulpitt, 1999; Hess와 Woollacott, 2005).

이러한 결과는 균형 장애를 가진 노인에게 낙상방지훈련의 필요성이 크다는 것을 나타내고 있다. 현재까지의 연구에서 하지의 근력약화가 낙상의 주요 위험요인으로 보고되고 있으며, 균형조절에 필요한 하지의 근력강화운동에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 선행연구에서의 근력강화 프로그램은 기구를 사용하거나 실행절차가 너무 복잡하여 전문가의 도움 없이 노인들이 스스로 실행하기에는 어려운 측면이 있었다. 따라서 노인들이 가정에서 스스로 실행할 수 있는 자가 운동 프로그램의 개발과 이에 대한 다면적 분석을 실시하여 임상적 근거를 마련할 필요가 있다.

균형을 유지하기 위해서는 이러한 감각계에 의한 신체 움직임의 감지, 중추신경계에서의 감각정보통합, 마지막으로 적절한 자세반응의 수행을 위한 신경근골격계 등의 세 가지 요소가 필요하다(Horak 등, 1989; Nashner와 McCollum, 1985). 그러나 노인에게 있어 낙상과 관련된 균형을 중요한 요소 중의 하나는 효과기로서 근력 및 지구력의 손실과 관련이 있으며, 이로 인한 균형장애는 노인의 낙상 가능성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Gehlsen과 Whaley, 1990; Shumway-Cook 등, 1997).

자세동요에 효과적으로 반응하는 능력에 영향을 미치는 하지근의 우력은 노인 낙상자가 건강한 노인들보다 크게 떨어진다고 알려져 있다(Studenski 등, 1991). Whipple 등(1987)은 자주 낙상을 경험하는 노인들의 양 무릎과 발목에서 근력이 감소되는데, 특히 족관절 배측굴곡근의 우력 감소가 현저하여 하지근의 근력은 균형조절의 중요한 인자로 제시되었다(Lord 등, 1994). 노인의 근력을 향상시키기 위한 운동방법으로 저항운동이 주로 연구되고 있는데(Fiatarone 등, 1990), 저항운동 또는 근력강화운동은 근육이 발생하는 힘에 대한 저항을 일정기간 동안 점차적으로 증가시키는 훈련으로 정의할 수 있으며, 근력강화운동은 근육의 크기를 증가시키고 근 비대(hypertrophy)를 유발하며, 이로 인한 근력의 증가는 신경 축진을 수반한다고 알려져 있다.

탄력밴드는 의료기관에서 재활을 위한 도구로 이용되었으나 사용이 간단하고 휴대하기도 편리하므로 스포츠 훈련으로서만이 아니라 가정에서도 쉽게 이용할 수 있고, 경제적이며 안전하고 광범위하게 응용할 수 있다. 또한 모든 방향에서의 부하가

가능하며, 부하가 인위적으로 제어되는 중력에 저항하는 형태의 운동기구와는 달리 부하의 강도를 자연스럽게 조절할 수 있어 노인의 근력강화훈련에 적합하다(Page와 Rogers, 2006; Rogers 등, 2003).

이 연구의 목적은 탄력밴드를 이용하여 가정에서 노인 스스로 실시할 수 있는 하지 근력강화운동 프로그램을 균형능력이 저하된 노인에게 9주간 적용한 후 균형에 미치는 영향을 기능평가 및 정량적 방법으로 연구하여 낙상예방을 위한 재가물리치료(home-based physical therapy) 중재방법으로 활용할 수 있는 근거를 제공하고, 또한 하지의 어떤 근육의 근력향상이 노인에게 있어 균형능력의 향상과 밀접한 관련이 있는지 상관성을 분석하여 이러한 낙상예방 프로그램에 대한 임상적 근거를 제공하고자 함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 전체 실험 참여자(80명)는 균형능력이 저하된 노인을 연구대상자로 선정하기 위하여 한 다리로 서 있기 검사(one leg standing test; OLST), 기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test; FRT), 의자에서 일어서 걸기(timed up and go test; TUG) 검사 등 3개의 검사 중에 2개 이상에서 낙상위험군에 속하는 노인을 선별조건으로 하였다(Hess와 Woollacott, 2005; Shumway-Cook 등, 1997; Takahashi 등, 2006; Zhang 등, 2006).

연구대상자는 다음과 같은 평점(score) 기준을 필요로 한다.

- (1) One Leg Standing (OLS) test 결과 20sec 이하의 score를 가질 것
- (2) Functional Reaching (FR) test 결과 30cm이하의 score를 가질 것
- (3) Timed "Up and Go" (TUG) test 결과 12sec 이상의 score를 가질 것

전체 실험 참여자 중에 위와 같은 선별조건을 만족하는 연구대상자는 총 30명(37.5%)으로 각각 15명씩 두 개의 군으로 나누어, 탄력밴드를 이용한 근력강화운동을 실시한 운동군(15명)과 대조군(15명)으로 무작위 배치하였다(Table 1). 연구대상자의 일반적인 특성을 알아보기 위해 InBody J05 system (Biospace Co., USA)을 이용하여 분석한 결과, 두 군은 차이가 없는 동일한 군으로 간주되었다.

Table 1. General characteristics in the exercise and control groups

Classification	Exercise group (n=14)	Control group (n=12)	t	p
Age (yr)	76.2±6.55	74.87±5.32	0.274	0.787
Height (cm)	149.58±4.85	149±5.21	-0.672	0.509
Weight (kg)	60.02±10.77	58.69±5.73	-0.379	0.709
BMI (kg/m ²)	26.7±3.92	26.41±1.95	-0.025	0.980
Body fat (%)	31.42±10.22	35.83±4.51	1.209	0.240

Values are mean±SD.
BMI: body mass index

2. 실험방법

이 연구는 탄력밴드저항운동이 노인의 균형조절 향상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 균형능력이 저하된 노인을 운동군과 대조군에 각각 15명씩 배치하였다. 운동군은 주 3회씩 9주간 탄력밴드를 이용한 근력강화운동 프로그램을 실시하였으며, 대조군은 일상 활동 외에는 어떠한 규칙적인 운동도 하지 않도록 통제하였다. 실험 전과 후에 한 다리로 서 있기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사, 의자에서 일어서 걷기 검사와 같은 기능평가와 균형검사, 근력을 정량적으로 측정하여 변화를 비교하였다.

본 연구에서 적용된 재가운동(home-based exercise) 프로그램은 선행연구를 근거로(이형수 등, 2005; Gibson 등, 2001; Page, 2005; Skelton과 Dinan, 1999) 노인들이 가정에서 어떠한 보조도구의 도움 없이 스스로 실시할 수 있도록 본 연구에서 수정·보완한 하지 근력강화운동으로 다음과 같이 구성 되어 있다(Table 2).

Table 2. Home-based exercise program using elastic bands

Section (total time)	Program composition (repetition × set)
Warm-up (5 minutes)	Range of motion exercise
Main exercise (40 minutes)	Resistive exercise routine of lower extremity muscles using elastic bands
	1. Hip flexion (12 × 3) + rest time
	2. Hip extension (12 × 3) + rest time
	3. Hip abduction (12 × 3) + rest time
	4. Hip adduction (12 × 3) + rest time
	5. Knee flexion (12 × 3) + rest time
	6. Knee extension (12 × 3) + rest time
	7. Ankle dorsiflexion (12 × 3) + rest time
8. Ankle plantarflexion (12 × 3) + rest time	
	3 times per week for 9 weeks (subjects moved to stiffer bands as strength improved)
Cool-down (5 minutes)	Stretching and range of motion exercise

3. 측정방법

본 연구에 앞서 검사실의 실내 온도와 주위 환경을 환자가 불편함을 느끼지 않게 가장 편안하게 만들고 연구대상자 개인에게 연구의 목적과 실험방법에 대해 충분히 설명을 하고 동의를 구하였으며 순조로운 진행과 실험절차를 알려주기 위해 연구 보조원이 시범을 보인 후 시행하였다.

1) 최대 수의적 등척성 수축력(Maximal voluntary isometric contraction) 측정

고관절 굴곡·신전근 및 외전·내전근, 슬관절 굴곡·신전근, 족관절 배측·저측굴곡근에 대한 최대 수의적 등척성 수축을 측정하기 위하여 동력계(CSD 200 Dynamometer, JLW Instruments Inc., USA)를 사용하였다.

최대 수의적 등척성 수축력은 3회 측정 후 평균값을 산출하여 결정하였고, 근 피로를 방지하기 위하여 각 측정이 끝날 때마다 충분한 휴식을 취하게 하였다.

2) 균형능력 측정(Balance ability test)

(1) 기능평가(Functional assessment)

정적 균형능력을 평가하기 위한 한 다리로 서 있기 검사 시 대상자는 양팔을 벌리고 두발로 선 상태에서 검사자의 지시에 따라 반대하지의 무릎을 바닥으로부터 충분히 떨어지도록 구부리게 하여 독립적으로 한 다리로 서 있게 한 후 초시계로 그 시간을 측정하였다. 하지를 들어 올리는 높이는 들어 올린 다리의 높이를 반대편 하지의 내과에 기대지 않은 상태로 내과로부터 상방 5 cm 높이로 하였으며, 오른쪽과 왼쪽 다리 들어올리기를 각각 3회 측정하여 평균값을 기록하였다(Shinkai 등, 2000; Vellas 등, 1997).

동적 균형능력을 평가하기 위한 기능적 팔 뻗기 검사 시 대상자의 자세는 선 자세에서 견관절 90°굴곡하여 평행하게 앞으로 뻗도록 한 다음에 세 번째 중수골두의 끝으로부터 최대한 앞으로 뻗었을 때의 세 번째 중수골두 끝까지의 거리를 측정하였다. 총 3회 측정 후 평균값을 산출하여 이것을 동적 균형능력으로 결정하였고, 각 측정 사이는 근 피로를 방지하기 위하여 충분한 휴식을 취하게 하였다(Duncan 등, 1990).

노인에 있어 균형이나 보행속도 및 기능적인 동작들을 평가 하는데 타당도가 높은 방법인 의자에서 일어서 걷기 검사(timed up and go test) 시 대상자는 46 cm 높이의 팔걸이가 없는 의자에 앉은 준비 자세에서 검사자의 시작이라는 지시와 동시에 독립적으로 일어나 3 m를 왕복하여 돌아와 다시 앉게 되기까지의 시간을 총 3회 측정하여 평균값을 기록하였다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

(2) 정량적 평가 (Quantitative assessment)

대상자의 균형능력을 정량적으로 분석하기 위해 Active

Balancer System (EAB-100, SAKAI Co., Japan)을 사용하였다. 이 측정 기구는 Active Balancer Software (Ver 2.12)와 피드백 스크린(display monitor)과 연결되어 있고, 피드백 스크린은 검출대(detector)와 연결되어 연구대상자의 정적 기립균형과 동적 기립균형 및 체중지지정도를 발판의 센서가 감지하여 실험 결과를 컴퓨터 스크린 상에 수치화 및 그래프화 시켜 시각적으로 실험결과를 얻을 수 있는 장비이다.

실험방법은 발의 위치를 평행한 다리 자세로 대상자의 균형을 측정하여 단위계적길이와 동요면적에 대해 알아보고, 두발 기립 시 발의 위치를 좌우 30 cm의 거리에서 평행한 다리 자세를 하고 측정하여 대상자의 중심이동거리를 알아본다.

4. 자료분석

실험에 따라 얻어진 모든 자료는 Windows용 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성에 대한 그룹 간 차이 검정은 독립표본 T 검정을 실시하였고, 각 측정 항목의 실험 전·후에 대한 그룹 간 차이 분석은 공분산분석(ANCOVA)을 실시하였다. 또한 최대 수의적 등척성 수축력, 균형 능력 사이의 상관관계는 피어슨 상관분석(Pearson correlation)으로 분석하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 최대 수의적 등척성 수축력의 변화

최대 수의적 등척성 수축력의 군 간 변화의 차이를 공분산분석한 결과는 다음과 같다. 고관절 굴곡근($p<0.001$), 고관절 신전근($p<0.01$), 고관절 외전근($p<0.01$), 고관절 내전근($p<0.01$), 슬관절 굴곡근($p<0.01$), 슬관절 신전근($p<0.001$), 족관절 배측 굴곡($p<0.05$), 족관절 저측굴곡($p<0.01$)(Table 3)의 모든 근육에서 실험 전·후 최대 수의적 등척성 수축력의 변화에 대한 차

이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

2. 기능평가의 분석

1) 한 다리로 서 있기 검사(One leg standing test)

눈 뜨고 한 다리로 서 있기 검사의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 1). 대조군은 실험 전 4.81 ± 0.97 초, 실험 후 4.64 ± 1.03 초이였으며, 운동군은 실험 전 5.07 ± 1.13 초, 실험 후 6.60 ± 1.30 초로 나타났다. 실험 전·후 눈을 뜬 상태에서 정적 균형능력의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=6.574$) ($p=0.018$).

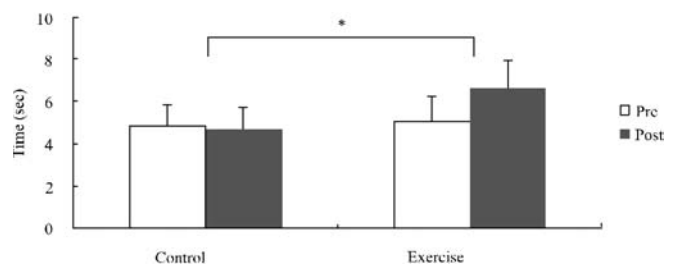


Figure 1. Comparison of open eyes-OLST score changes between the exercise and control groups($F=6.574$) ($p<0.05$)

눈 감고 한 다리로 서 있기 검사의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 2). 대조군은 실험 전 2.63 ± 0.38 초, 실험 후 2.62 ± 0.52 초이였으며, 운동군은 실험 전 2.06 ± 0.28 초, 실험 후 3.08 ± 0.33 초로 나타났다. 실험 전·후 눈을 감은 상태에서 정적 균형능력의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=11.705$) ($p=0.003$).

Table 3. Comparison of MVIC changes between the exercise and control groups

	Control group		Exercise group		F	P
	pre	post	pre	post		
hip flexor	5.14±0.41	4.6±0.34	5.42±0.32	5.94±0.32***	16.045	0.001
hip extensor	4.86±0.42	4.55±0.34	4.44±0.24	5.08±0.31**	11.039	0.003
hip abductor	5.35±0.32	4.85±0.32	5.08±0.31	5.60±0.27**	13.279	0.002
hip adductor	4.58±0.28	4.34±0.23	4.48±0.28	5.08±0.32**	10.725	0.004
knee flexor	4.68±0.42	4.50±0.38	4.38±0.33	5.37±0.26**	16.045	0.001
knee extensor	8.48±0.76	7.94±0.81	7.58±0.69	10.10±0.90***	21.723	0.000
ankle dorsiflexor	5.79±0.80	6.09±0.78	5.78±0.46	7.45±0.55*	5.784	0.025
ankle plantarflexor	8.3±1.19	7.90±1.25	7.73±1.21	10.19±1.30**	9.754	0.005

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

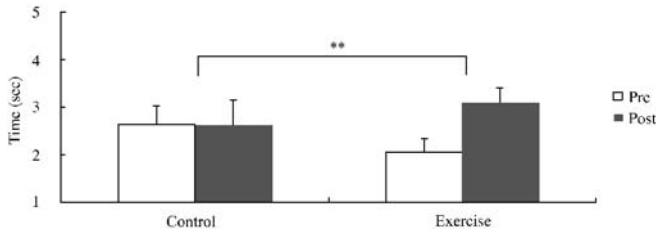


Figure 2. Comparison of closed eyes-OLST score changes between the exercise and control groups ($F=11.705$) (** $p<0.01$)

2) 기능적 팔 뻗기 검사(Functional reach test)

기능적 팔 뻗기 검사의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 3). 대조군은 실험 전 18.25 ± 0.78 cm, 실험 후 17.19 ± 0.64 cm이었으며, 운동군은 실험 전 16.89 ± 1.17 cm, 실험 후 23.41 ± 2.09 cm로 나타났다. 실험 전·후 동적 균형능력의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=14.524$)($p=0.001$).

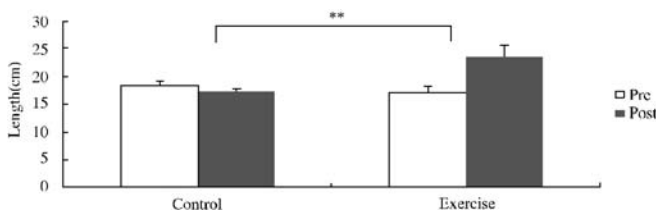


Figure 3. Comparison of FRT score changes between the exercise and control groups($F=14.524$) (** $p<0.01$)

3) 의자에서 일어서 걷기 검사(Timed up and go test)

의자에서 일어서 걷기 검사의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 4). 대조군은 실험 전 12.54 ± 0.38 초, 실험 후 13.83 ± 0.73 초이었으며, 운동군은 실험 전 13.46 ± 0.62 초, 실험 후 12.11 ± 0.62 초로 나타났다. 실험 전·후 기능적 균형능력의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=14.802$) ($p=0.001$).

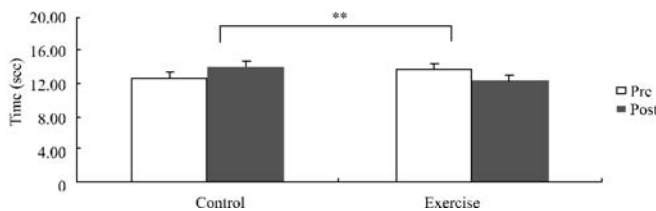


Figure 4. Comparison of TUG score changes between the exercise and control groups($F=14.802$) (** $p<0.01$)

3. 균형능력의 변화

눈을 뜬 상태에서 단위궤적길이의 군 간 변화의 차이를 공분산

분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 5). 대조군은 실험 전 20.96 ± 0.67 mm, 실험 후 20.32 ± 0.64 mm이었으며, 운동군은 실험 전 25.16 ± 1.17 mm, 실험 후 21.17 ± 1.06 mm으로 나타났다. 실험 전·후 눈을 뜬 상태에서 단위궤적길이의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=6.386$)($p=0.02$).

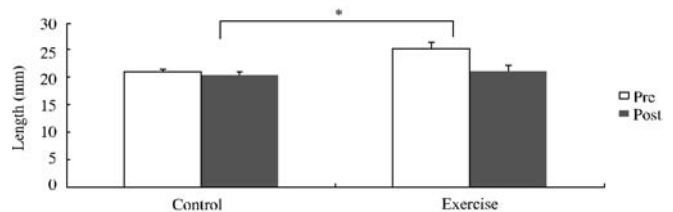


Figure 5. Comparison of open eyes-unit path length changes between the exercise and control groups ($F=6.386$)($p<0.05$)

눈을 감은 상태에서 단위궤적길이의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 6). 대조군은 실험 전 23.62 ± 1.25 mm, 실험 후 24.54 ± 1.34 mm이었으며, 운동군은 실험 전 31.32 ± 1.86 mm, 실험 후 27.36 ± 1.41 mm으로 나타났다. 실험 전·후 눈을 감은 상태에서 단위궤적길이의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=9.145$)($p=0.006$).

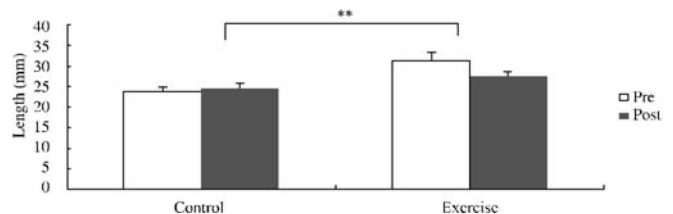


Figure 6. Comparison of closed eyes-unit path length changes between the exercise and control groups ($F=9.145$)(** $p<0.01$)

눈을 뜬 상태에서 동요면적의 군 간 변화의 차이를 공분산 분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 7). 대조군은 실험 전

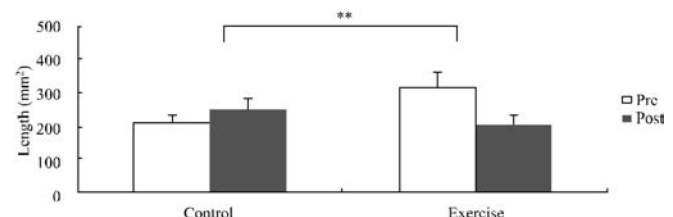


Figure 7. Comparison of open eyes-circumference area changes between the exercise and control groups($F=12.362$)(** $p<0.01$)

207.66±23.79 mm², 실험 후 247.75±34.12 mm²이었으며, 운동군은 실험 전 316.68±44.86 mm², 실험 후 202.72±29.80 mm²로 나타났다. 실험 전·후 눈을 뜬 상태에서 동요면적의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F=12.362)(p=0.002).

눈을 감은 상태에서 동요면적의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과는 다음과 같다(Figure 8). 대조군은 실험 전 223.20±35.24 mm², 실험 후 244.56±39.28 mm²이었으며, 운동군은 실험 전 370.94±57.95 mm², 실험 후 246.59±33.90 mm²로 나타났다. 실험 전·후 눈을 감은 상태에서 동요면적의 변화에 대한 차이를 분석한 결과 군 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F=9.066)(p=0.007).

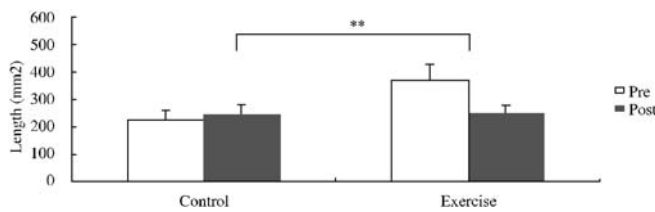


Figure 8. Comparison of closed eyes-circumference area changes between the exercise and control groups (F=9.066)(** p<0.01)

4. 근력과 균형능력 측정항목 사이의 상관관계

탄력밴드를 이용한 하지 근력강화운동 후 운동군의 근력과 균형 및 보행능력 측정항목 사이의 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다(Table 4).

눈을 뜬 상태에서 정적 균형능력과 최대 수의적 등척성 수축력과의 상관 관계 분석에서는 고관절 굴곡근(r=0.771, p=0.003), 고관절 신전근(r=0.705, p=0.01), 고관절 외전근(r=0.830, p=0.001), 슬관절 신전근(r=0.729, p=0.001)이 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며, 눈을 감은 상태에서 정적 균형능력과 최대 수의적 등척성 수축력과의 상관관계 분석에서는 고관절 신전근(r=0.600, p=0.039)에서 유의한 양의 상관관계를 나타내었다. 동적 균형능력과 최대 수의적 등척성 수축력과의 상관관계 분석에서는 고관절 신전근(r=0.657, p=0.02)과 고관절 외전근(r=0.683, p=0.014)이 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며, 기능적 균형능력과 최대 수의적 등척성 수축력과의 상관관계 분석에서는 고관절 굴곡근(r=-0.633, p=0.027), 고관절 신전근(r=-0.582, p=0.047), 고관절 외전근(r=-0.594, p=0.041), 슬관절 신전근(r=-0.635, p=0.026)에서 유의한 음의 상관관계를 나타내었다.

Table 4. Correlation between MVIC and balance ability

	OE-OLST	CE-OLST	FRT	TUG
Hip				
flexor	0.771**	0.367	0.428	-0.633*
extensor	0.705*	0.600*	0.657*	-0.582*
abductor	0.830**	0.350	0.683*	-0.594*
adductor	0.493	0.373	0.215	-0.340
Knee				
flexor	0.534	0.182	0.420	-0.514
extensor	0.729**	0.146	0.469	-0.635*
Ankle				
dorsiflexor	-0.087	0.014	0.243	-0.364
plantarflexor	0.247	0.259	0.364	-0.344

*p<0.05, **p<0.01
 OE-OLST: open eyes one leg standing test
 CE-OLST: closed eyes one leg standing test
 FRT: functional reach test
 TUG: timed up and go test

IV. 고찰

노화로 인한 근력의 손실은 상지보다 하지에서의 손실이 더 크게 나타나는 것으로 알려져 있으며(Thompson, 1994), 30대의 성인에 비해 80대의 노인은 하지의 근력이 40%나 감소한다고 보고 되어지고 있다(Anniansson 등, 1986).

하지근력의 약화가 낙상과 높은 상관성을 가지는 것으로 보고 되면서 균형능력이 손상된 노인을 대상으로 다양한 근력강화운동 프로그램이 적용되어 졌다(Buchner 등, 1997; Messier 등, 2000; Wolf 등, 1997). 노인의 근력향상을 위해 유산소성 운동(Cress 등, 1991; Lord 등, 1996; Mills, 1994)과 저항운동(Frontera 등, 1988; Rogers 등, 2003)이 모두 권장되지만, 저항운동이 노화로 인한 근력의 감소를 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 방법이며, 근력의 증가는 저항운동이라는 물리적 운동원칙을 적용함으로써 90대 이상의 고령자를 포함한 모든 연령층에서도 가능하다고 알려져 있으며(Fiatarone 등, 1990), 무용성 위축으로 일상생활 활동이 제한되는 노인에게 독립성을 유지시키는데 중요한 요소가 될 수 있다.

근력은 균형에 주요한 요소로 노화에 따른 근력감소는 노인 층 장애의 중요한 원인으로 보고되고 있다(Bassey 등, 1992). 이에 따라 균형능력을 향상시키기 위한 방법으로 하지의 근력강화운동에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으나 대부분의 선행연구들은 주로 기능평가만 이용하여 분석하였기 때문에 임상적 근거를 제시하는데 객관성이 부족하다. 또한 재가 노인들이 가정에서 스스로 실행할 수 있는 낙상예방을 위한 자가 운동 프로그램에 대한 개발도 부족한 형편이다. 따라서 이 연구는 균형능력이 저하된 노인 30명을 대상으로 대조군과 탄력밴드를 이용한 근력강화 운동군으로 나누어 주 3회로 총 9주 동

안 탄력밴드를 이용한 자가 저항운동을 실시하여 근력측정, 기능평가, 균형능력분석 등을 통하여 탄력밴드를 이용한 저항운동이 노인의 균형능력 향상에 미치는 영향을 알아보았다.

근력을 측정하는 임상적 방법의 하나인 도수근력검사는 균형조절과 관련된 가장 유용한 정보를 제공하지는 못한다. 이것은 특히 큰 전위와 빠르고 힘 있는 움직임이 필요한 근군에서 더욱 그러하며, 피검사자가 느린 속도에서 충분한 근력을 내지만 빠른 속도에서 근력을 발생시키는데 어려움을 갖는다면 효과적인 자세반응을 위해 충분한 근력을 발생시키는데 어려움을 겪을 것이므로 노인의 균형 조절능력과 관련된 근력검사는 도수근력검사보다 등척성 근력검사가 보다 적합하다(Thelen 등, 1996). 본 연구에서 최대 수의적 등척성 수축력의 변화는 근간 유의한 차이를 나타내었는데, 운동군은 대조군에 비해 하지의 주요 근육에서 모두 현저한 근력증가를 보였다.

Tinetti 등(1994)은 노인의 약화된 근력을 증진하기 위한 운동방법으로 탄력밴드를 이용한 저항운동이 균형능력을 향상시켜 낙상을 방지한다고 하였다. Frontera 등(1988)은 60~72세 노인을 대상으로 운동기구를 이용하여 12주간 근력 강화운동을 실시한 결과 슬관절 신전근과 굴곡근의 근력이 10~18% 증가하였다고 보고하였으며, Skelton과 McLaughlin(1996)은 노인들이 탄력밴드를 이용한 저항운동을 8주간 실시한 후 10~20%의 근력이 향상되었으며, 이로 인해 자세 안정성이 주목할 만하게 향상되었다고 보고하였다.

Lord 등(1996)은 60~83세 사이의 여성노인을 대상으로 근력을 측정한 결과 하지의 주요 근육 중 슬관절 신전근 등에서 상대적으로 높은 근력이 측정되었으며, 슬관절 굴곡근과 족관절 배측굴곡근은 하지의 다른 근육에 비해서 근력이 낮았는데 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다. 김현숙 등(2002)은 넘어진 경험이 있는 노인과 넘어진 경험이 없는 노인의 균형 및 보행능력 비교에서 72세 이상의 낙상경험이 있는 여성 노인의 하지 근력을 Nicholas 도수근력검사를 이용하여 측정한 결과 본 연구의 균형능력이 저하된 노인을 대상으로 한 실험 전 측정결과와 같이 하지의 근육 중에서 고관절 신전근, 슬관절 굴곡근, 그리고 족관절 배측굴곡근에서 상대적으로 낮은 근력이 측정되었고, 족관절 저측굴곡근의 근력이 높게 나타났다. 최근 연구에서도 균형장애를 가진 노인에게 고강도 근력운동을 적용하고 기능평가를 실시한 결과 하지 근력과 균형능력이 유의하게 증가하여 낙상의 위험도를 감소시켰다고 보고하였다(Hess와 Woollacott, 2005).

본 연구에서 기능평가에 사용한 한 다리로 서 있기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사, 의자에서 일어서 걷기 검사는 노인의 균형조절 능력을 평가하기 위해 임상에서 많이 사용되고 있는 검사 방법이다. 본 연구에서 기능평가 항목인 한 다리로 서 있기 검사 ($p < 0.05$), 기능적 팔 뻗기 검사 ($p < 0.01$), 의자에서 일어서 걷기 검사 ($p < 0.01$) 검사에서 운동군이 대조군에 비해 유의

하게 증가하여 현저한 균형조절능력의 향상을 나타내었다. Zhang 등(2006)은 한 다리로 서 있기 검사에서 눈을 뜨고 검사한 경우, 20초 이상 한발 서기 자세를 유지 못하면 균형능력이 저하된 노인으로 간주하였다. 시각정보를 배제한 상태인 눈을 감고 한 다리로 서 있기 검사를 실시한 경우에는 두 군 모두에서 눈 뜨고 한 다리로 서 있기 검사를 한 경우보다 유지 시간이 감소되었다. 그러나 탄력밴드를 이용한 근력강화 운동군은 훈련 종료 후 눈을 뜬 상태와 감은 상태 모두에서 유지시간이 유의하게 향상되었으며, 특히 눈을 뜬 상태에서는 실험 후 한 다리로 서 있기 검사 유지시간이 6.60 ± 1.30 초로 나타나 낙상의 고위험군으로 분류되는 기준인 5초 이상에 해당되는 현저한 향상을 보여(조비룡, 2003), 탄력밴드를 이용한 근력강화 운동이 근력의 증가를 통하여 균형능력을 향상시켰다.

기능적 팔 뻗기 검사는 균형능력에 대한 양적인 정보를 얻을 수 있는 기능수행평가이다(Duncan 등, 1990). 또한 동적 균형능력을 평가하는 검사방법으로 자세 긴장검사(postural stress test), 압력중심편위(center of pressure excursion), 플랫폼 자세 동요검사(platform perturbation test) 등에 비하여 기능적 팔 뻗기 검사는 고가의 장비가 필요 없이 손쉽게 전·후 동적 균형을 측정할 수 있어 최근 많이 사용되어지고 있다. Duncan 등(1992)은 측정값이 15.24 cm 이하로 균형능력이 저하된 노인은 25.4 cm 이상인 노인보다 낙상의 위험이 4배 정도 높다고 보고하였는데, 본 연구에서 기능적 팔 뻗기 검사의 변화는 운동군에서 실험 전 16.89 ± 1.17 cm, 실험 후 23.41 ± 2.09 cm로 유의하게 증가되어 탄력밴드를 이용한 근력강화운동 후 균형능력의 향상을 보여 자세 안정성을 증가시킴으로써 낙상의 위험도를 현저히 감소시켰다.

의자에서 일어서 걷기 검사는 Podsiadlo와 Richardson(1991)에 의해 개발된 것으로 검사-재검사 신뢰도와 측정자간 신뢰도가 높은 검사방법이다. O'sullivan과 Schmitz(2001)에 의하면 의자에서 일어서 걷기 검사 점수가 11~20초 범주일 경우 허약하거나 장애를 가진 노인으로 분류하였으며, 조비룡(2003)은 의자에서 일어서 걷기 검사의 수행시간이 16초 이상일 경우 낙상의 고위험군으로 간주하여야 한다고 하였다. 본 연구에서도 운동군과 대조군의 실험 전 의자에서 일어서 걷기 검사 평균값은 12.99초로 균형능력이 저하된 노인의 범주에 속하는 것으로 나타났으며, 운동군은 근력강화운동 후 의자에서 일어서 걷기 검사 수행시간의 현저한 감소가 나타나 대조군에 대하여 유의한 차이가 났다. 이상의 결과를 고찰한 결과 임상에서 노인의 낙상 위험도를 예측하기 위한 일차적인 검사(screening test)로 사용되는 한 다리로 서 있기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사, 의자에서 일어서 걷기 검사와 같은 기능평가는 낙상의 단일 예측인자로 사용하기에는 충분치 않지만, 적절한 척도의 선택과 검사의 정확성을 확보한다면 노인의 기능 수행능력을 임상에서 간편하게 평가하는데 유용하며 이를 근거로 한 치료의 기

초가 될 수 있을 것이다.

균형능력 평가는 조용하고 밝기가 일정하며 소리, 시각 자극으로 편차가 발생하지 않는 조건에서 실시하였다. 균형검사에서 단위궤적길이는 자세제어의 미세함을 나타내고, 자기수용성 자세제어의 평가, 훈련에 의한 균형기능 향상의 평가 등을 나타내는 매개변수(parameter)라고 할 수 있다. 또한 동요면적으로 균형장애 정도를 종합적으로 파악할 수 있으므로 면적검사는 균형장애 정도의 파악, 치료효과의 평가, 균형훈련효과의 파악, 균형장애로 인한 일상생활 장애도의 판정 등에 유용하다. 중심동요검사는 균형검사의 일환으로 다른 검사성적과의 관계로 검사성적을 해석할 필요가 있다. 노화로 인한 균형기능의 저하로 보행능력의 저하나 낙상을 일으키는 예는 적지 않다. 고령화에 의해 수용기의 역치의 상승·효과기에 있어서 근력저하·관절가동역의 감소·신경전도로에 있어서 전도속도의 저하 등이 발생하고, 균형능력이 저하된다고 알려져 있다.

김우현(2006)은 퇴행성 슬관절염 환자의 통증 정도에 따른 균형 특성에 관한 연구에서 남·여 노인 40명(68.1세)의 균형능력을 평가하기 위해 대상자의 단위궤적길이와 중심이동거리를 측정하여 각각 26.12 mm와 1025 mm로 본 연구에서의 실험 전 단위궤적길이의 평균 23.06 mm, 중심이동거리의 평균 797 mm로 보다 높게 나타났는데, 이는 대상자의 평균연령이 본 연구의 대상자보다 낮지만 퇴행성 슬관절염 환자를 연구 대상으로 하였으므로 대상자의 단위궤적길이와 중심이동거리가 더 높게 나타나 균형능력이 더 저하된 결과를 보인 것으로 생각된다. 본 연구에서 운동군과 대조군의 단위궤적길이, 동요면적, 중심이동거리를 실험 전·후에 측정하여 결과 훈련에 의한 균형기능 향상의 평가를 위한 주요 검사항목인 단위궤적길이와 동요면적이 운동군에서 탄력밴드를 이용한 근력강화훈련 후 현저하게 감소하여 군 간 유의한 차이를 나타내었지만, 중심이동거리의 변화에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

하지의 근력과 균형을 변화가 밀접한 관련성을 가지고 있는지 알아보기 위해 하지 근력과 측정항목 간의 상관관계를 분석한 결과에서 정적 균형능력의 기능평가인 한 다리로서 있기 검사는 고관절 및 슬관절 근군과 유의한 양의 상관관계를 나타내었으며, 동적 균형능력의 기능평가인 기능적 팔 뻗기 검사는 고관절 신전근 및 외전근과 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 의자에서 일어서 걷기 검사 검사에서는 고관절 굴곡 및 신전근, 고관절 외전근, 슬관절 신전근과 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타나 대퇴사두근 등의 근력이 증가할수록 의자에서 일어서 걷기 검사의 수행시간이 감소하는 것을 알 수 있었다.

예상 밖의 자세동요에 대한 반응에서 젊은 사람들은 원위에서 근위로의 하지근 활성화의 양상을 보이는 족관절 전략을 사용하는데 반해, 노인에게는 동요에 대한 타협된 자세조절을 나타내는 근위에서 원위로의 고관절 전략을 이용하는 경향

을 보인다고 알려져 있으며, 이러한 반응 시 주요 움직임은 고관절에서 우세하게 일어난다는 보고는 본 연구결과와 비슷하였다(서삼기 등, 2002; Gribble과 Hertel, 2004; Lord 등, 1994; Manchester 등, 1989; Woollacott 등, 1986). 그러나 지금까지의 노인의 근력강화훈련을 통한 균형능력의 향상에 관한 연구에는 N-K table(박장성 등, 2002)이나 Cybex Orthotron II(김택훈 등, 2000)와 같은 운동기구를 이용한 특정 근육의 근력향상에만 치우친 점이 있다. 그러나 본 연구에서는 노인의 균형조절능력과 관련하여 대퇴사두근 뿐만 아니라 고관절 근군의 근력향상도 노인의 균형조절과 밀접한 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

V. 결론

이 연구는 균형능력이 저하된 노인을 대상으로 탄력밴드저항운동이 균형 및 보행기능 향상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 탄력밴드를 이용하여 가정에서 노인 스스로 실시할 수 있는 하지 근력강화운동 프로그램을 9주간 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

탄력밴드를 이용한 하지 근력강화운동 프로그램은 노인의 근력을 향상시키고, 이로 인해 균형능력이 저하된 노인에게 정적, 동적, 기능적 균형능력의 유의한 향상을 가져오며, 근력과 균형능력은 서로 밀접한 관련성을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 탄력밴드를 이용한 저항운동은 노인에게 낙상예방을 위한 재가물리치료(home-based physical therapy) 프로그램으로 활용될 수 있으며, 노인의 균형능력의 향상을 위해서는 특정 근육의 집중적인 근력강화훈련보다는 하지의 전반적인 근군에 대한 총체적인 근력강화훈련의 전략이 필요한 것으로 생각된다.

참고문헌

- 구경희. 노인 낙상환자 여성이 72%. 분당서울대병원 관절센터. 2007.
- 김우현. 퇴행성 슬관절염 환자의 통증 정도에 따른 균형 특성에 관한 연구. 대불대학교 대학원, 석사학위 논문, 2006.
- 김택훈, 오동식. 노인의 하지 근력강화운동이 기립균형에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2000;7(1):32-7.
- 김현숙, 권오윤, 이현주. 넘어진 노인과 넘어지지 않는 노인의 균형과 보행 비교. 한국전문물리치료학회지. 2002;9(1):1-15.
- 박장성, 최은영, 황태연. 하지근력강화가 노인의 보행 및 균형 능력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2002;14(2):71-9.
- 서삼기, 김태열, 황태연. Halliwick 10 Point Program의 운동 학습과정. 대한물리치료학회지. 2002;14(1):159-67.

- 이형수, 안윤희, 강현진 외. PNF 하지 패턴에 기초한 탄력밴드 훈련이 노인의 균형에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 2005;17(1):61-70.
- 조비룡. 노인의 신체 기능 평가. *가정의학회지*. 2003;24(8): 689-93.
- Anniansson A, Herdberg M, Henning GB et al. Muscle morphology, enzymatic activity, and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve*. 1986;9(7):585-91.
- Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF et al. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci*. 1992;82(3):321-7.
- Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997;52(4): 218-24.
- Centers for Disease Control and Prevention. Web-based injur statistics query and reporting system (WISQARS). URL: www.cdc.gov/ncipc/wisqars. [National Center for Injury]. 2003.
- Cress ME, Thomas DP, Johnson J et al. Effect of training on VO₂max, thigh strength, and muscle morphology in septuagenarian women. *Med Sci Sports Exc*. 1991;23(6): 752-8.
- Donald IP, Bulpitt CJ. The prognosis of falls in elderly people living at home. *Age Ageing*. 1999;28(2):121-5.
- Duncan PW, Studenski S, Chandler J et al. Functional reach: predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol*. 1992;47(3):93-8.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*. 1990;45(6):192-7.
- Fiatarone MA, Marks EC, Ryan ND et al. High intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*. 1990;263(22):3029-34.
- Frontera WR, Meredith CN, O'Reilly KP et al. Strength conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*. 1988;64(3): 1038-44.
- Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: part I, gait. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(10):735-8.
- Gehlsen GM, Whaley MH. Falls in the elderly: Part II, strength and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(10):739-41.
- Gibson T. S. The effects of a home-based resistance training program on physical function and strength in older adults. Doctoral Dissertation, University of Idaho. 2001.
- Gribble PA, Hertel J. Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *J Electromyogr kinesiol*. 2004;14(6):641-6.
- Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly. *Neurobiol Aging*. 1989; 10(6):727-38.
- Hess JA, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28(8):582-90.
- Lord SR, Lioyd DG, Mirui M et al. The effect of exercise on gait patterns in older women: A randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51(2):64-70.
- Lord SR, Ward JA, Williams P et al. Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc*. 1994;42(10):1110-7.
- Manchester D, Woollacott M, Zederbauer-Hylton N et al. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adult. *Journal of Gerontol*. 1989;44(4):118-27.
- Messier SP, Royer TD, Craven TE et al. Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the Fitness, Arthritis, and Seniors Trial (FAST). *J Am Geriatr Soc*. 2000;48(2):131-8.
- Mills EM. The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength, flexibility, and balance among sedentary elderly persons. *Nurs Res*. 1994;43(4):207-11.
- Nashner LM, McCollum G. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. *Behav Brain Sci*. 1985;8:135-173.
- O'Sullivan S, Schmitz T. *Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment*. 4th Ed. Philadelphia, PA: EA, Davis Co, 2001.
- Page P. Muscle imbalances in older. *The Journal on Active Aging*, 2005:30-9.
- Page P, Rogers ME. A scientifically based exercise program addresses the characteristic impairment of hip osteoarthritis and hip replacement surgery. *The Journal on Active Aging*. 2006:42-51.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test

- of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
- Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N et al. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Prev Med.* 2003;36(3):255-64.
- Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S et al. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. *Age Ageing.* 2000;29:441-446.
- 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.* 1997;77(1):46-57.
- Skelton DA, Dinan SM. Exercise for falls management: Rationale for an exercise programme aimed at reducing postural instability. *Physiotherapy Theory and Practice.* 1999;15:105-20.
- Skelton DA, McLaughlin AW. Training functional ability in old age. *Physiother.* 1996;82(3):159-67.
- Sterling DA, O'Connor JA, Bonadies J. Geriatric falls: injury severity is high and disproportionate to mechanism. *J Trauma.* 2001;50(1):116-9.
- Studenski S, Duncan PW, Chandler J. Postural responses and effector factors in persons with unexplained falls: Results and methodologic issues. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(3):229-34.
- Thelen DG, Schultz AB, Alexander NB et al. Effects of age on rapid ankle torque development. *J Gerontol A Biol Med Sci.* 1996;51(5):226-32.
- Thompson LV. Effects of age and training on skeletal muscle physiology and performance. *Phys Ther.* 1994;74(1):71-81.
- Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT et al. Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *J Gerontol.* 1994;49(3):140-7.
- Takahashi T, Ishida K, Yamamoto H et al. Modification of the functional reach test: Analysis of lateral and anterior functional reach in community-dwelling older people. *Arch Gerontol Geriatr.* 2006;42(2):167-73.
- Vellas BJ, Wayne SJ, Romero LJ et al. Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. *Age Ageing.* 1997;26(3):189-93.
- Whipple RH, Wolfson LI, Amerman PM. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents. *J Am Geriatr Soc.* 1987;35(1):13-20.
- Wolf SL, Barnhart HX, Ellison GL et al. The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older subjects. Atlanta FICSIT group. Frailty and injuries: Cooperative studies on intervention techniques. *Phys Ther.* 1997;77(4):371-81.
- Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. *Int J Aging Hum Dev.* 1986;23(2):97-114.
- Zhang JG, Ishikawa-Takata K, Yamazaki H et al. The effects of Tai Chi Chuan on physiological function and fear of falling in the less robust elderly: An intervention study for preventing falls. *Arch Gerontol Geriatr.* 2006;42(2):107-16.