

하지근력강화가 노인의 보행 및 균형능력에 미치는 영향

서남대학교 물리치료학과

박 장 성

광양보건대학 작업치료과

최 은 영

전남과학대학 물리치료과

황 태 연

The Effects of Strengthening Leg Muscular Strength on the Elderly's Walking and Balance Ability

Park, Jang-Sung, P.T., M.P.H.

Department of Physical Therapy, Seonam University

Choi, Eun-Young, P.T., M.P.H.

Department of Occupational Therapy, Kwangyang Health College

Hwang, Tae-Yeun, P.T., M.S

Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College

<Abstract>

This study aims at examining the effects of strengthening leg muscular strength on increasing elderly's muscular strength, walking ability and balance according to their experience of injury from a fall. It conducts muscular strength exercise for 4 weeks with 19 healthy old people over 65 years and as a result of measuring their conditions for 6 weeks, it obtains the following conclusions.

1. Two groups showed a significant difference in their muscular strength, walking ability and balance according to the period($p < 0.05$).
2. Muscular strength and balance between the two groups showed a significant difference($p < 0.05$), but there was no significant difference in their walking ability($p > 0.05$).
3. Therefore, the exercise of strengthening leg muscular strength in this study has a significant effect on old people's walking ability and balance.

I. 서론

낙상은 기립자세에서 사람의 체간, 무릎, 또는 손이 부주의하게 바닥이나 낮은 위치로 갑

자기 놓이는 것이다. 양로원에 살고 있는 65세 이상의 노인 중 많은 사람이 매년 낙상을 경험하며, 낙상은 손상과 골절을 일으키는 주요 원인으로써 때로는 노인에서 사망에 이르게 되기도 한다. 노인 낙상의 원인은 자세의 불안정성, 신경 및 근육계의 기능이상, 허약, 환경적 위험, 건축학적 장애 등이다. 노인들의 낙상으로 인해 신체적인 손상을 받지 않았을 때도 낙상의 두려움, 활동의 억제, 신뢰의 상실, 가동성의 상실, 독립성의 상실 등을 가져온다 (Tinetti 등, 1990).

낙상은 정상적인 노화과정의 부분이 아니며 불의의 사고도 아니며, 낙상은 예측할 수 있고 예방할 수도 있다. 대부분 낙상을 방지하기 위한 중재는 낙상의 위험상황에 있는 당사자보다도 가족구성원과 보조자에 의해 수행되고 있다. 낙상의 원인은 환경적인 문제와 신체적인 문제로 대별할 수 있는데, 먼저 환경적인 문제로는 어두운 조명, 위험한 계단, 바닥에 널려진 여러 가지 물건들이 주요 위험 요소 등이며, 신체적인 문제로는 하지근육의 약화가 낙상을 초래하는 주 요인이 된다(조경환, 1997). 병리학적인 이상으로 나타난 걸음걸이의 변화, 근력의 변화, 균형의 변화 그리고 혈압의 변화도 낙상의 원인이 된다. 낙상의 위험은 약한 하지근력을 가진 사람들에서 증가되었고(Gehiesn, 1990), 재발은 의자에서 일어나는 것과 관련되었다. 그러므로 균형감각 혹은 운동장애는 낙상의 위험을 증가시킬 수 있다.

균형은 대개 똑바른 자세를 취하여 그 기저면 위에 무게중심을 유지하는 능력이며, 안정성과 가동성이 잘 조화를 이룬 역동적 현상이며, 공간에서 자세를 유지하거나 통제되고 협응된 방법으로 움직일 때 꼭 필요하다. 균형능력 상실은 하지근력이 약화되고(Daubney 등, 1999) 자세가 불안정해지며 적절한 체중이동이 어려워 한발서기시간의 감소로 인해 낙상의 빈도가 증가한다. 하지관절의 움직임 제한이 있을 때 낙상의 위험요인은 더욱 증가 할 것이다(Krebs 등, 1998).

정상인의 보행에 영향을 미치는 인자들로는 성별, 연령, 서있는 자세의 균형, 하지의 근력 등 많은 요인들이 있다고 보고하였고(Bohannon, 1987), 보행은 협응, 균형, 운동감각, 고유수용감각, 관절 및 근육의 통합작용 등이 요구되는 고도의 조화를 이루는 복잡한 운동이다(Norkin과 Levangie, 1982). 이러한 보행주기(normal walking cycle)는 발이 지면에 닿아 있는 시기인 입각기(stance phase)와 발이 지면에서 떨어져 앞으로 나아가는 시기인 유각기(swing phase)로 분류하며, 그 주기는 입각기가 60%, 유각기가 40%를 차지하고 있어야 정상적인 보행이라고 할 수 있다(오정희 등, 1990). 노인의 독립성 저하는 보행능력 상실에 영향을 미치며 연령에 비례한다고 볼 수 있으며, 나이가 들수록 보행의 속도가 변하며, 보폭은 보행 중 보행속도 저하에 기여하는 요소이다. 보행의 보폭과 균형의 상실은 낙상의 위험요인이 된다. 조경희(1997)는 보행능력을 저하시키는 주요 요소가 만성 질환의 이환 정도, 약물 복용 및 낙상의 정도가 보행능력을 상실시키는 요소라고 보고하였다. 또한 보행수행능력은 자세유지와 충분한 하지근력이 필요하다(Buchner, 1997). 노인의 근력약화는 보행, 낙상 그리고 기능적 활동에 영향을 미치며 특히 하지근력약화는 낙상의 위험요소이다(Compbell, 1999; Nevitt, 1989; Robbins, 1989; Wolfson, 1994).

Skinner(1993)는 노인들의 운동은 유산소운동과 같은 낮은 강도에서 점차적으로 높은 강도로 실시해야 하며, 낙상을 방지하고 균형을 향상시키기 위한 일반적인 운동의 형태는 체중부하, 저항훈련, 유산소훈련 등으로 알려져 있으며, 하지근력을 향상시켜 주는 운동이 균형 향상과 보행 향상에 있어 중요하다고 하였고, Wolf 등(1997)은 균형손실과 하지근력감소가 신체의 기능손실의 중요한 위험요인이며 노인의 낙상을 일으킨다고 보고하였다. 또한 균형훈련은 시각적 바이오피드백 훈련을 시키고, 근력을 향상시키기 위하여 점진적인 저항훈

련을 통해 균형을 향상시킨다고 하였다.

Robert(1989)는 근력운동을 12주간 실시하여 근력과 균형을 향상시킨다고 보고하였으며, Buchner 등(1997)은 24~26주 근력강화 훈련을 실시하여 근력과 균형을 향상시킨다고 보고하였다. 위와 같이 선행 연구들에서는 장기간 근력강화 훈련이 연구되었고 근력강화훈련 후 낙상요소가 감소되었다.

따라서 본 연구의 목적은 첫째, 단기간 하지근력강화운동이 낙상노인의 근력강화, 둘째 단기간 하지근력강화운동이 낙상노인의 보행능력, 셋째 단기간 하지근력강화운동이 낙상노인의 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 전북 남원시 소재의 소망원에 거주하고 있는 65세 이상 노인 중 낙상을 경험한 노인(낙상군) 10명과 경험하지 않은 노인(비낙상군) 10명을 대상으로 하였으나, 연구기간 동안 끝까지 참여하지 못한 낙상자군 중 한 명을 제외시켜 총 19명을 최종 선정하였다.

연구 대상자는 최근 1년 동안 한번도 낙상을 경험하지 않은 노인을 비낙상자군으로 선정하였고, 낙상자의 선택기준은 최근 1년 동안 한번 이상 낙상을 경험한 노인으로 하였으며, 전체 대상자의 선택기준은 첫째, 10m 이상 외부의 보조 없이 보행이 가능한 자. 둘째, 시각 및 청각에 이상 없는 자. 셋째, 중추신경계 손상이 없는 자. 넷째, 최근 6개월 이내에 골절상을 입었거나 인공관절 대치술을 시행하지 않은 자로 하였고, 이상의 선택기준을 만족하는 대상자 중 연구의 목적을 이해하고 참여하겠다고 지원한 사람들을 대상으로 하였다. 모든 대상자에게 실험 전 1시간 전부터 실험이 끝날 때까지 술, 담배 등 본 연구에 영향을 줄 수 있는 음식은 금하도록 하였다. 연구기간은 2001년 1월 5일부터 2001년 2월 21일까지 하였다.

2. 실험도구

하지의 근력강화운동을 하기 위해서 N-K table을 사용하였고, 근력검사를 위하여 Nicolas Manual Muscle Tester(Lafayette Instrument Inc., model 01160)를 사용하였다. 이 도구는 최소 0.1kg간격으로 0~199.9kg까지 측정이 가능하였다. 균형능력을 검사하기 위해서 기능적 팔 뻗기 검사(Functional Reaching Test)와 Time "Up & Go" test를 사용하였다. 보행능력을 검사하기 위해서 10m Walking Test, 초시계, 20m 줄자, 표준형 팔걸이용(의자 높이 46cm) 의자 등을 사용하였다.

3. 연구방법

65세 이상의 노인 19명을 대상으로 낙상군(9명)과 비낙상군(10명)으로 나누어 하지근력을 위주로 근력강화운동을 실시하기 전에 보행능력, 균형능력 그리고 근력을 측정하였으며, 모든 대상자에게 4주 동안 주 3회 근력강화운동을 실시하였다. 운동수행 2, 4, 6주 후에 모든

대상자의 보행능력, 균형능력 그리고 근력을 측정하였다.

운동은 실내에서 행하여졌으며, 보행능력, 균형능력 그리고 근력검사 시에 실험실은 따뜻하며($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) 밝고 조용한 환경을 유지시켰고 대상자들은 간편한 복장으로 검사를 시작하기에 앞서 대상자에게 각 조건의 자세를 설명하고 시범을 보인 후 몇 번의 연습을 거쳐서 시행하였다. 대상자들의 피로를 방지하기 위하여 각 조건사이에 2분의 휴식을 취하게 하였다.

1) Nicolas Manual Muscle Tester

우세 하지근력은 앉은 상태에서 무릎신전근이 3초간 등척성수축(isometric contraction)을 하는 동안 최대값을 측정한다. 측정은 3회 반복 실시하여 평균값을 구하고, 측정간에는 2분 동안 휴식을 취한다.

2) N-K table

N-K table은 각 집단의 하지근력강화운동을 시키기 위하여 사용하였다. N-K table의 lever에 무릎관절의 축을 맞춰 앉은 상태에서 실시한다. 대상자는 무릎관절을 약 90° 굴곡에서 대퇴사두근을 대상으로 구심성운동(concentric contraction)을 실시한다. 하지근력강화 훈련은 2 set로 한다. 1 set는 Nicolas Manual Muscle Tester로 측정하여 최대 근수축량의 50~60%로 하고 2 set는 75%로 한다. 모든 운동은 8번 반복한다.

3) 보행능력 검사

(1) 10m Walking Test

- ① “시작”이라는 말과 함께 스스로 선택한 속도로 10m 걷는 시간을 초시계로 측정하여 기록한다.
- ② 한번 연습 후 세 번 시도하여 평균시간을 기록한다.

4) 균형능력 검사

(1) 기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test)

- ① 편안한 자세로 선다
- ② 벽면 끝에 오른쪽 팔의 견봉을 붙인다.
- ③ 견관절 90° 굴곡시켜 전방으로 평행하게 팔을 뻗는다.
- ④ 벽면 끝에서부터 오른쪽 손의 세 번째 중수골두까지 줄자로 잰다.
- ⑤ 오른쪽 팔을 전방으로 최대 평행하게 뻗는다.
- ⑥ 벽면 끝에서부터 오른쪽 손의 세 번째 중수골두까지 줄자로 잰다.
- ⑦ 전방으로 평행하게 뻗은 팔과 최대로 뻗은 팔 사이의 차이를 기록한다.
- ⑧ 한번 연습 후 3회 시도하여 평균길이를 기록한다.

(2) Time “Up & Go” Test

- ① “시작”이라는 말과 함께 표준 팔걸이 의자(의자 높이 46cm)에서 일어나기
- ② 가장 안전하고 편안한 속도로 3m 걸어가기
- ③ 그 지점에서 돌아서기
- ④ 원래 위치로 걸어 와 다시 의자에 앉기
- ⑤ 전체시간은 초시계를 이용하여 “시작”이라는 말을 하는 시점에서부터 대상자가 의자

에 앞는 시간까지를 기록한다.

⑥ 한번 연습 후 3회 시도하여 평균시간을 기록한다.

4. 분석방법

각 집단의 근력, 보행능력 그리고 균형능력변화를 비교하기 위하여, 집단과 시간에 따른 변화를 반복측정된 이요인 분산분석(repeated two-way ANOVA)을 사용하였다. 유의수준 $\alpha=0.05$ 로 하였으며, 모든 통계분석은 SPSS로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자 19명 중 남자는 3명이고 여자는 16명이다. 낙상자의 평균연령은 76.9세, 평균 몸무게는 48.1kg, 신장은 148.1cm이고 비낙상자의 평균연령은 79.3세, 평균 몸무게는 47.9kg, 신장은 150.5cm이다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적인 특성

	비낙상자(n=10)	낙상자(n=9)
나이(세)	79.3±7.73*	76.9±7.19
몸무게(kg)	47.9±5.36	48.1±5.87
신장(cm)	150.5±6.35	148.1±8.76

*평균±표준편차

2. 낙상 유·무와 시간의 경과에 따른 근력의 비교

하지근력강화운동 전과 운동실시 후 2주, 4주 그리고 6주에 각 집단의 근력을 측정하여 비교한 결과 시간의 경과에 따른 두 집단의 근력은 점점 증가하였으며(표 2)(그림 1), 각 집단간 운동에 따른 변화를 알아보기 위하여 반복측정된 이요인 분산분석을 실시한 결과 집단간 차이가 있으며($p<0.05$), 시간의 경과에 따른 근력이 유의한 차이가 있고($p<0.05$), 집단과 시간간에는 상호작용이 없었다(표 3).

표 2. 기간에 따른 집단별 근력의 변화 (단위: kg)

기간	집단	비낙상자	낙상자
		평균±표준편차	평균±표준편차
운동 전		8.34±1.33	6.97±2.38
2주 후		13.26±2.26	10.26±3.18
4주 후		16.48±3.51	13.60±4.06
6주 후		14.03±4.33	10.79±3.10

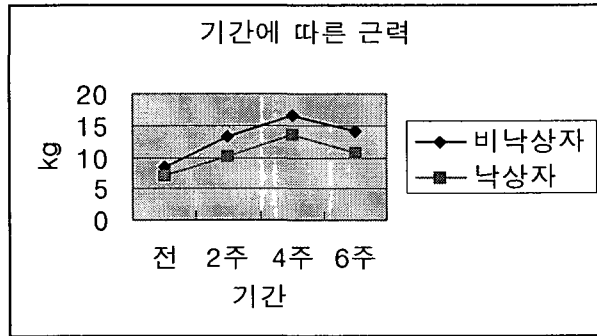


그림 1. 기간에 따른 근력의 변화

표 3. 집단과 시간에 따른 근력변화에 대한 반복측정된 이요인 분산분석

변인	자유도	평방합	평방평균	F
집 단	1	136.68	136.68	12.59*
기 간	3	541.58	180.53	17.95*
상호작용	3	13.42	4.47	0.44

*p<0.05

3. 낙상 유·무와 시간의 경과에 따른 time up & go의 비교

하지근력강화운동 전과 운동실시 후 2주, 4주 그리고 6주에 각 집단의 time up & go를 측정하여 비교한 결과 시간의 경과에 따른 두 집단의 time up & go는 (표 4)(그림 2)과 같으며, 각 집단간 운동에 따른 변화를 알아보기 위하여 반복측정된 이요인 분산분석을 실시한 결과 집단간 차이가 있으며(p<0.05), 시간의 경과에 따른 time up & go는 유의한 차이가 있고(p<0.05), 집단과 시간간에는 상호작용이 없었다(표 5).

표 4. 시간경과에 따른 집단별 time up & go의 변화(단위: 초)

기간	집단	비낙상자	낙상자
		평균±표준편차	평균±표준편차
운동 전		14.66±4.55	17.99±3.24
2주 후		11.88±2.44	15.84±2.77
4주 후		12.17±2.37	14.74±2.82
6주 후		11.96±2.12	16.24±2.91

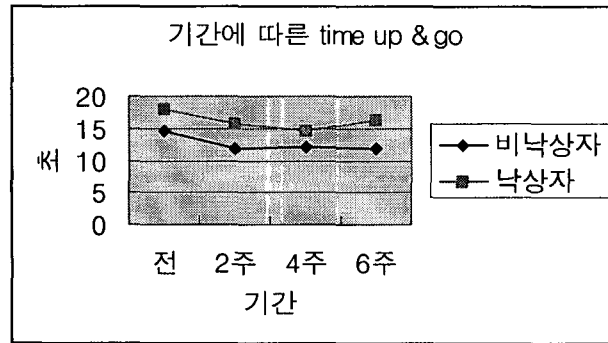


그림 2. 시간에 따른 time up & go의 변화

표 5. 집단과 시간에 따른 time up & go에 대한 반복측정된 이요인 분산분석

변인	자유도	평방합	평방평균	F
집 단	1	176.72	176.72	20.67*
기 간	3	95.41	31.80	3.72*
상호작용	3	9.36	3.12	0.36

*p<0.05

4. 낙상 유·무와 시간경과에 따른 functional reach의 비교

하지근력강화운동 전과 운동실시 후 2주, 4주 그리고 6주에 각 집단의 functional reach를 측정하여 비교한 결과 시간의 경과에 따른 두 집단의 functional reach는 (표 6)(그림 3)과 같으며, 각 집단간 운동에 따른 변화를 알아보기 위하여 반복측정된 이요인 분산분석을 실시한 결과 집단간 차이가 있으며(p<0.05), 시간의 경과에 따른 functional reach는 유의한 차이가 있고(p<0.05), 집단과 시간간에는 상호작용이 없었다(표 7).

표 6. 시간에 따른 집단별 functional reach의 변화 (단위: cm)

시간	집단	비낙상자	낙상자
		평균±표준편차	평균±표준편차
운동 전		3.80±1.67	2.74±1.24
2주 후		6.74±2.21	5.66±1.21
4주 후		8.42±2.11	6.70±1.64
6주 후		1.91±0.60	1.54±0.64

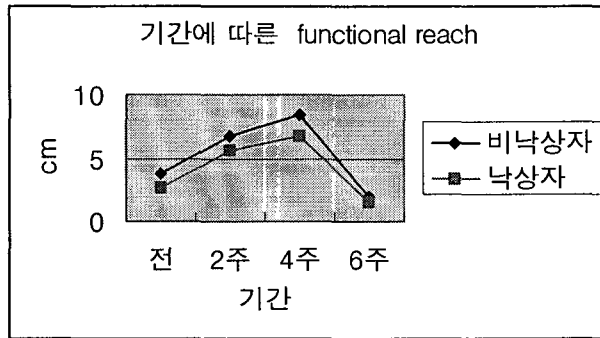


그림 3. 시간에 따른 functional reach의 변화

표 7. 집단과 시간에 따른 functional reach의 반복측정된 이요인 분산분석

변인	자유도	평방합	평방평균	F
집 단	1	29.26	29.26	11.42*
기 간	3	389.07	129.69	50.62*
상호작용	3	5.99	2.00	0.78

*p<0.05

5. 시간에 따른 낙상 유·무 대상자의 10 m walking test 비교

하지근력강화운동 전과 운동실시 후 2주, 4주 그리고 6주에 각 집단의 보행능력을 측정하여 비교한 결과 시간의 경과에 따른 두 집단의 보행능력은 (표 8)(그림 4)과 같으며, 각 집단간 운동에 따른 변화를 알아보기 위하여 반복측정된 이요인 분산분석을 실시한 결과 집단간 차이가 없었으며(p>0.05), 시간의 경과에 따른 보행능력이 유의한 차이가 있고(p<0.05), 집단과 시간간에는 상호작용이 없었다(표 9).

표 8. 시간에 따른 집단간 10m walk test의 변화 (단위: 초)

기간	집 단 별	
	비낙상자	낙상자
운동 전	12.83±4.11	13.89±3.07
2주 후	10.61±2.88	12.32±3.14
4주 후	9.38±2.09	11.01±2.43
6주 후	10.05±1.89	11.84±1.71

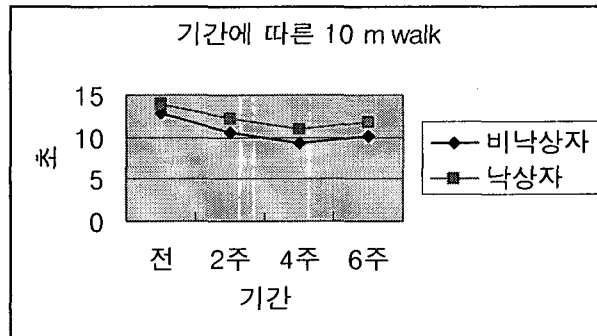


그림 4. 기간에 따른 10m walk test의 변화

표 9. 집단과 시간에 따른 10m walk test의 반복측정된 이요인 분산분석

변인	자유도	평방향	평방평균	F
집 단	1	25.92	25.92	3.47
기 간	3	104.89	34.96	4.68*
상호작용	3	2.60	0.87	0.12

*p<0.05

IV. 고찰

본 연구에서는 노인의 하지근육을 N-K table을 이용하여 근력강화운동을 실시하였으며 운동시행 전·후 각각 근력, 보행능력, 균형능력을 측정하여 근력이 균형과 보행에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 본 연구의 대상자는 65세 이상 노인 중 낙상을 경험한 노인(낙상군) 9명과 경험하지 않은 노인(비낙상군) 10명을 대상으로 하였으며, 모든 대상자에게 4주 동안 주 3회 근력강화운동을 실시하였다.

김원호 등(1998)은 노인을 대상으로 균형능력을 검사하여 연령이 증가할수록 균형능력이 저하된다고 보고하였다. 김은주(1999)의 연구에서는 하지근력을 위주로 한 노인의 근력강화운동이 노인의 균형능력을 향상시켰다. 따라서 운동이 노인의 낙상방지에 효과적이라고 할 수 있다고 보고하였는데 본 연구결과와 일치한다.

Fox 등(1981)은 뚜렷한 근력증가를 위해서 운동프로그램은 적어도 6주간의 시간을 가져야 한다고 보고하였으나, 본 연구에서는 4주간 단기간의 근력강화운동에서도 향상을 보였다. Parker 등(2000)의 연구에서는 3주간 운동프로그램에서도 근력이 향상되었다고 보고하였다.

Connell과 Wolf(1997)는 낙상의 원인을 개인적 요인, 환경적 요인, 그리고 행동적 요인으로 구분하였다. 지역사회에 거주하는 노인의 대부분은 개인적 요인보다는 환경적, 행동적인 요인에 의해 낙상을 경험한다. Nelson과 Amin(1990)에 의하면 낙상 중 50%는 환경적 요인에 의하여 발생한다고 하였다. 본 연구에서는 낙상경험 유·무에 따른 균형유지능력의 차이는 없었다. 이는 낙상이 균형유지능력 같은 개인적 요인보다는 환경적, 행동적인 요인에 의하여 더 많은 영향을 받는다는 것을 의미한다.

Sauvage 등(1992)은 적당한 강도에서 고강도의 근력운동을 거주보호시설의 남자노인에게

시행하여 균형, 보행, 근력 그리고 운동능력을 향상시킬 수 있는지를 검사하여 근력과 보행 속도 등은 증가하였으나 균형은 향상되지 않았다고 보고하였다. Krebs 등(1998)은 균형 또는 장애는 근력강화운동에 의해 확실하게 영향을 받지 않는다고 했으며, 높은 강도와 장기간의 근력훈련 또는 다른 형태의 운동이 필요하다고 하였다. 본 연구결과에서는 균형도 향상되었다. Elble 등(1991)은 연령이 많아질수록 보행속도가 감소하는 이유는 근골격계의 기능이 변화하기 때문이라고 하였는데, 근육의 유연성 감소, 근력의 감소, 에너지소모의 변화에 따른 적절한 보행속도를 유지하기가 어렵다고 하였다.

본 연구에서 하지근력강화 시 무릎신전근육만 강화훈련을 시행하여 보행능력과 균형능력을 종합적으로 분석하기에는 부족한 점이 있었으나, 하지근육을 위주로 한 근력강화운동을 짧은 기간인 4주간 실시하여 낙상자와 비낙상자 모두에서 측정기간에 따라 근력이 유의하게 증가하였다. 따라서 단기간의 근력강화 운동이 노인의 낙상방지에 효과적이라고 할 수 있다. 또한 4주간 근력강화를 실시한 후 별다른 운동을 하지 않은 2주 후까지도 근력, 균형능력, 보행능력은 운동 전 보다 차이는 있었으나 보다 지속효과를 위해서는 많은 노인들이 가정에서도 쉽게 할 수 있는 다양한 운동프로그램의 개발이 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 하지근력강화가 노인을 대상으로 낙상경험 유·무에 따른 근력, 보행능력, 균형능력의 증진에 대하여 검토할 목적으로 수행되었다. 65세 이상의 건강한 노인 19명을 대상으로 4주간 근력강화 운동을 시행하고 6주간 측정된 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 기간에 따른 근력, 보행능력, 균형능력은 두 집단 모두 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).
2. 집단간 근력과 균형능력은 유의한 차이를 보였으나($p < 0.05$), 보행능력에서는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
3. 따라서, 본 연구에서 하지의 근력강화 운동이 노인의 보행능력과 균형능력 향상에 유의한 효과가 있었다.

참고문헌

- 김은주 : 근력강화운동이 노인의 균형수행력에 미치는 영향. 대구대학교대학원, 1999.
- 김원호 : 노인의 균형유지 능력에 영향을 미치는 요인. 연세대학교대학원 석사학위논문, 1998.
- 오정희, 이기웅, 박찬의 : 임상운동학. 대학서림, 1990.
- 조경환 : 낙상. 가정의학회지, 18(11):1201-1204, 1997.
- 조경희, William HB, Paul RK : 장기 요양소 거주 노인의 보행 능력 저하 관련 요인. 노인 병학회, 1(2):87-94, 1997.
- Bohannon RW : Gait performance of hemiparetic stroke patient: Selected variables. Arch Phys Med Rehabil, 68:777-780, 1987.
- Buchner DM, Cress ME, 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*, 52A(4):M218-224, 1997.
- Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF : Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing*, 28:513-518, 1999.
- Connell BR, Wolf SL : Environmental and behavior circumstances associated with falls at home among healthy elderly individuals. *Arch Phys Med Rehabil*, 78:179-186, 1997.
- Daubney ME, Culham EG : Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther*, 79:1177-1185, 1999.
- Elble RJ, Thomas SS, Higgins C, et al : Stride-dependent changes in gait of older people. *J Gerontol*, 46:1-5, 1991.
- Fox E, Matthews D : *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*, ed 3. Saunders College Publishing Philadelphia, 1981.
- Gehisen GM, Whaley MH : Falls in the elderly: part II. balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*, 71:739-741, 1990.
- Krebs DE, Jette AM, Assmann SF : Moderate exercise improves gait stability in Disabled Elders. *Arch Phys Med Rehabil*, 79:1489-1495, 1998.
- Lord SR, Ward JA, Williams P, et al : The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. *JAGS*, 43:1198-1206, 1995.
- Nelson RC, Amin MA : Falls in the elderly. *Emerg Med Clin North Am*, 8:390-394, 1990.
- Nevitt MC, Gummings SR : Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. *JAMA*, 261:2663-2668, 1989.
- Norkin CC, Levangie PK : *Joint Structure and Function*. Philadelphia, FA Davis Co., 1982.
- Parker MG, KIM H, Jean KS, et al : The effect of a three-week tai chi chin exercise program on isometric muscle strength and balance in community-dwelling older adults. *J Am Geriatr*, 23, 2000.
- Robbins AS, Rubenstein LZ : Predictors of falls among elderly people results of two population-based studies. *Arch Intern Med*, 149:1628-1633, 1989.
- Robert BL : Effects of walking on balance among elders. *Nurs Res*, 38:180-183, 1989.
- 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 resident. *Am J Phys Med Rehabil*, 71:333-342, 1992.
- Skinner JS : *Exercise testing and exercise prescription for special case : theoretical basis and clinical application*, ed 2. Led & Febiger. philadelphia, 1993.
- Tinetti ME, Richman D, Powell L : Falls efficacy as a measure of fear of falling. *J Gerontol*, 45(6):239-243, 1990.
- 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*, 77:371-381, 1997.
- Wolf SL, Judge J, Whipple R, et al : Strength is a major factor in balance, gait and the

occurrence on randomized controlled trial in falls. *J Gerontol*, 50A:64-67, 1995.

Wolfson LI : Effects of resistive and balance exercise on isokinetic strength in older persons. *J AM Geriatr Soc*, 42:937-946, 1994.