

[원저]

균형손상 노인에서 발목관절 전락 운동의 균형증진 효과

이정원¹, 권오윤², 이충휘², 조상현², 전해선², 유승현²여주대학 작업치료과¹, 연세대학교 보건과학대학 물리치료학과²

- 요약 -

연구배경	노인에서 넘어짐을 예방하기위한 균형증진 운동은 매우 중요하다. 본 연구의 목적은 정적 및 동적 상태, 그리고 팔 내 뻗기 동안에 서 있는 자세조절에 발목관절 전락 촉진 운동의 효과를 알아보는데 있다.
방 법	연구대상자는 59명(평균 나이=76.5세, 평균 키=148.9 cm, 평균 체중=58.5 kg)이었으며, 최근 6개월 동안 어떠한 운동에도 참여한 적이 없으며, 무작위로 할당된 세 군은 발목전락 운동군, 발목강화 운동군, 그리고 대조군이다. 두 운동군에는 주 3일 50 분 씩 8주 동안 운동에 참여하였다. 자료 수집은 운동 전, 운동 후, 그리고 추적 시기에 하였다. 통계분석은 SPSS 12.0을 이용하여 반복측정 일요인 분산분석을 하였으며 최소유의성 차이로 사후검정을 하였다.
결 과	기능적 팔 뻗기는 두 운동군에서 모두 대조군에 비해 유의하게 증가하였으며 ($P<.01$), 발목전락 운동군과 발목강화 운동군 간에는 차이가 없었다. 눈을 뜨거나 감고 서 있을 때 전·후 방향의 압력중심의 이동 속도, 그리고 내측 비복근의 근 수축 개시시간은 발목강화 운동군에 비해 발목전락 운동군에서 유의하게 감소하였다 ($P<.05$).
결 론	이상의 결과로 미루어보면, 균형손상 노인에서 8주 동안의 발목전락 운동 및 발목강화 운동이 자세조절에 효과적이다. 또한, 균형 기능 향상에 발목전락 운동이 발목강화 운동 보다 더 효과적인 치료전략이라고 사료된다. (대한임상건강증진학회지 2008;8(3):158~167)
중심단어	균형, 노인, 운동

서 론

노인에서 넘어짐을 예방하는 것은 매우 중요하다. 노인에서 있어서 넘어짐은 사고관련 손상의 첫 번째 원인이며 사고관련 사망의 두 번째 원인이다.¹⁾ 65세 이상 노인에서는 3분의 일, 80세 이상에서는 절반이 일 년 내에 적어도 한번 이상 넘어진다.²⁾ 일상생활을 하는 동안에 균형을 유지하는 능력이 나 흐트러진 균형을 회복하는 능력은 다양한 감각기능, 운동기능, 인지기능, 정신사회 기능 그리고 환경적 요소와 관련이 있다.^{3,4)}

자세동요에 따르는 균형의 회복에는 발목관절 전락(ankle strategy)이나 고관절 전락(hip strategy), 또는 두 전략을 함께 사용해서 서 있는 균형을 유지한다.⁵⁾ 발목관절 전락은 전

고한 지지면에서 적은 동요가 있을 때 일상적으로 사용되며, 제일 먼저 나타나는 자세조절 전략으로써⁶⁾, 발목관절의 근육 수축을 통해 똑바로 서기 균형을 일차적으로 회복하는 것을 말한다.⁷⁾ 20대 여성과 70대 여성의 발목관절 전락을 사용한 균형 회복 능력을 비교해 보면, 노인에 있어서 균형회복 능력이 감소되고 최대근력과 근력생성 반응시간이 지연된다.⁸⁾

전·후 방향으로의 교대적 흔들림에 대한 균형유지는 전경골근(tibialis anterior)과 내측 비복근(medial gastrocnemius)의 교대적 활성화에 의존되며, 몸이 수직선을 넘어 전방으로 무너지기 전에 내측 비복근의 활성이 시작되고, 다시 후방으로 몸을 세우기 전에 전경골근의 활성이 시작된다.⁹⁾ 넘어진 경험이 없는 사람보다 넘어진 경험이 있는 사람들은 발목관절의 유연성 감소, 발바닥 촉각 민감도 감소, 발바닥쪽 굽힘근의 근력 등이 감소되며, 더 심한 모지 외반 기형을 가지고 있다.¹⁰⁾ 하지 근력의 강화는 균형에 긍정적인 효과를 준다.¹¹⁾ 탄성 고무 띠(Thera Band)는 근력강화 운동을 위한 저항체로서 유용하며, 노인의 하지 근력 강화 운동에 유효하다.¹²⁾ 균

• 교신저자 : 이 정 원 여주대학 작업치료과
 • 주 소 : 경기도 여주군 여주읍 교리 454-4
 • 전 화 : 031-880-5393
 • E-mail : ljw0311@hanmail.net
 • 접수일 : 2008년 2월 21일 • 채택일 : 2008년 8월 6일

형평성을 위하여 근력강화^{13,14)}, 가동범위 증진^{15,16)}, 태극권^{17,18)}, 균형전략 운동^{6,9,19)} 등 여러 가지 방법들이 사용되고 있다.

지금까지 노인에 있어서 균형 능력을 향상시키기 위한 많은 연구가 있었으며 현재도 활발하게 연구되는 주제이다. 노인에서 가동범위와 유연성의 감소, 근력약화, 적절한 힘의 생성 및 균형반응의 지연 등 균형유지 능력을 저하시키는 요인들에 복합적으로 효과적인 운동 방법을 명확히 제시하고 있지 못하는 실정이다. 근력강화 운동이 균형능력을 향상시키지 못한다는 주장도 있으며^{20,22)}, 발목관절 전략 운동이 균형증진에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 미미하다.

따라서 본 연구에서는 균형손상이 있는 노인들을 대상으로 발목전략 운동군, 근력강화 운동군, 대조군으로 나누어, 8주 동안의 발목전략 운동이 균형조절 능력에 어떤 효과가 있는지를 알아보기 위하여 실시하였다.

연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 여주군 소재 A시설에 거주하고 있는 노인 110명 중에서 최근 6개월 동안 일주일에 3회 이상 정기적으로 근력강화 운동이나 자세조절운동 프로그램에 참여한 경험 없이 신경성이나 근육성 질환이 없는 65세 이상 노인 중 한국판 간이 정신기능 검사(K-MMSE)에서 24점 이상이며, 버그균형척도(Berg Balance Scale) 검사에서 40점 이하 되는 조건을 모두 충족하는 60명(남자 5명, 여자 55명)이었다. 연구대상자는 발목전략 운동군, 근력강화 운동군, 대조군에 무작위로 배정하였다. 실험 전 본 연구의 목적과 방법에 대하여 대상자들에게 충분한 설명을 한 후 동의한 경우에만 실험에 참여하게 하였다. 실험에 참여한 대상자는 60명이었으나 이 중 1명은 실험기간 중 뇌졸중이 발생하여 탈락되었으며, 연구대상자는 총 59명이었다.

2. 연구방법

1) 연구절차

연구 대상자들은 기능적 팔 뻗기 검사, 예기치 않은 동요를 제공하였을 때 내측 비복근의 근 수축 개시시간을 측정하였다. 또한 똑바로 선 자세에서 눈을 뜨고(eyes open), 눈을 감고(eyes closed), 반-일자(semi-tandem)로 서기 자세에서 압력중심(center of pressure)의 전·후 방향 동요, 좌·우 방향 동요의 정적 균형능력 검사를 치료 전에 실시한 후에 대상자

를 무작위로 발목전략 운동군, 근력강화 운동군, 대조군에 배정하였다. 발목전략 운동군에는 맨바닥에 서서 하는 운동, 깔방석에 서서 하는 운동, 불안정 판 위에 서서 하는 운동, 쿠션 볼 위에 서서 하는 운동을 실시하였다. 근력강화 운동군에는 발목관절의 근력 운동을 실시하였으며, 대조군에는 어떠한 치료도 제공하지 않았다. 8주 동안의 치료 과정을 완료한 59명에게 치료 전 평가와 동일하게 치료 후 평가를 하였으며, 5주 후에는 추적평가를 실시하였다. 모든 대상자들은 본 실험이 끝나는 날까지 다른 운동 프로그램에 참여를 허락하지 않았고 일상적인 활동만을 허용하였다. 또한 알코올 섭취와 약물 복용을 제한하였다.

2) 연구도구

(1) 기능적 팔 뻗기 검사

기능적 팔 뻗기 검사는 어깨 높이 벽에 줄자를 붙여놓는다. 대상자를 벽 옆에 5 cm 거리를 두고 벽면과 평행하게 선 다음, 양쪽 팔꿈치를 편 채 팔을 직각으로 들어서 앞으로 최대한 내밀게 하였다. 슬관절과 고관절은 신전 상태를 유지하도록 하였으며 검사 중 발을 움직이면 다시 측정하였다. 거리는 출발 전 중수지관절의 에서부터 중심을 유지하고 최대한 전방으로 내밀고 있는 중수지관절의 길이를 기록하였다. 2번의 연습 후 3번 측정하여 평균값을 대표값으로 정하였다.²³⁾

(2) 근전도 검사

발목관절의 발등쪽 굽힘근과 발바닥쪽 굽힘근의 수축개시 시간 측정을 위해 각각 3개의 EL500(BIOPAC System Inc., CA, USA) 표면근전도 전극을 사용하였다. MP150시스템으로 들어온 근전도의 아날로그 신호와 스위치의 디지털 신호를 Acqknowledge 3.7.3 소프트웨어로 저장한 후 측정된 자료를 MatLab 6.5 프로그램(Math Works Inc., MA, USA)을 사용하여 근 수축 개시시간을 분석하였다. 근전도 신호는 60 Hz의 노치 필터(notch filter)를 하였으며 표본수집률은 1000 Hz이었다. 스위치 신호의 표본수집률은 50 Hz이었다.

전경골근의 전극은 슬개골 하단으로부터 가쪽 복사뼈까지 길이의 근위 1/3 지점에서 1 cm 멀리, 내측 비복근의 전극은 경골 골두에서 발뒤꿈치까지 길이의 근위 1/3 지점에서 근육의 위치를 확인 한 후 근육에 표면전극을 부착하였다.^{24,25)} 검사 중 대상자의 안전을 위해서 흉부를 감은 멜빵(harness)을 현수장치 틀에 고정하였다. 실험적 동요를 유발하기 위해서 가해지는 충격 시점에 대한 디지털 신호를 얻기 위해 패널형 스위치(29×21.5 cm³)를 피험자의 견갑골 하단 높이에 위치하도록 끈을 조정하여 고정대에 매달았다. 동요를 유발하는 충격은 1.8 kg 공 (Medi Ball, Sammons® Preston, USA)을 사

용하였다. 공은 고정대 에 설치된 스위치를 기준으로 20 cm 거리, 위치 표식자는 60 cm 거리에 두었으며, 공의 위치는 고정대로부터 50 cm 거리, 위치 표식자는 30 cm 거리에 위치하도록 끈의 길이를 조절하였다. 충격량은 공을 위치 표식자 높이까지 후진시켜 1~10초 사이에 무작위로 자유낙하 하는 진자운동력으로 일정하게 제공되었다. 대상자에게 2~3분 간격으로 3회를 측정 한 후, 동요 신호 전 안정적인 신호를 이용하여 기준 (baseline) 근 수축으로 사용하였다.

(3) 정적 균형능력 검사

정적 균형능력의 측정은 Good Balance (Metitur Ltd., Finland)를 사용하였다. 삼각형의 플랫폼 (force platform) 위에서 COP의 이동 길이와 속도 정보를 mm, mm/s 단위로 측정하였다. 플랫폼에 내장된 트랜지스터 변량 게이지의 아날로그 신호는 24비트 2채널 AD변환기를 거쳐 50 Hz 디지털 신호로 전환되어, 10 m 이내에서 자료전송이 무선으로 되는 외장형 USB-Bluetooth를 통해 컴퓨터에 저장하였다. 자료는 소프트웨어 Good Balance 3.06 (Metitur Inc., Finland)으로 분석하였으며 표본수집률은 50 Hz이었다.

균형능력 측정의 세 가지 자세 조건은 ① 눈을 뜨고 30초 동안 정적으로 서 있기, ② 눈을 감고 30초 동안 정적으로 서 있기, ③ 눈을 뜨고 20초 동안 정적으로 반-일자로 서 있는 자세에서 실시하였다. 자료의 수집은 한 번의 연습 후, 두 번을 측정하여 압력 중심의 이동 궤적의 90%를 차지하는 정사각형 길이가 작은 것을 균형능력 측정 자료로 정하였다. 측정된 변수는 압력중심의 좌·우 방향 동요 (mediolateral sway)과 전·후 방향 동요 (anteroposterior sway)에 대한 평균 이동속도를 측정하였다.

3) 운동방법

(1) 근력강화 운동

발목관절의 발등쪽 굽힘근과 발바닥쪽 굽힘근의 근력강화를 위한 원심성 수축 및 구심성 수축 저항 운동을 실시하였다. 저항은 길이 200 cm, 폭 14 cm인 붉은색 탄성 고무 띠 (Thera-Bands®, Sammons® Preston, USA)를 사용하였다.

운동 방법은 주동근 의 구심성 수축 후 내리는 기간 (lowering phase)에 주동근 의 원심성 수축을 하였다. 운동 순서는 양 발에 교대로 발등쪽 굽힘근과 발바닥쪽 굽힘근 순으로 하였다. 운동 시작과 끝에는 각각 5분 동안의 유연 체조 (calisthenics exercise)를 하였다. 운동시간은 총 50분이 소요되었다. 근력강화 운동은 일주일에 3회씩, 8주 동안 연구자의 지시감독 하에 실시하였다. 운동은 혼자 하는 운동과 두 사람이 짝을 이루어 하는 운동으로 구성하여 시행하

였다.

(2) 발목 전락 운동

운동에 사용된 겔 방식 (Pacific Wave Co., Ltd., Japan)은 정사각형 (40×40×5 cm³)의 크기를 사용하였다. 연구자가 고안한 불안정 판은 직사각형의 케이스 안에 지름 4 cm의 속이 스펀지로 차 있는 공 9개를 넣고 발판 (40×30×5 cm³)을 얹었다. 쿠션 볼 (Disc 'O' sit Air Cushion, Sammons® Preston, USA)은 원형으로 높이가 7 cm, 지름이 31 cm 크기를 사용하였다.

운동 방법은 ① 딱딱한 맨바닥에 서서 하는 운동, ② 겔 방식 위에 서서 하는 운동, ③ 불안정 판 위에 서서 하는 운동, ④ 쿠션 볼 위에서 하는 운동이다. 운동 ①과 ②는 5분씩 2세트를 실시하였고, 1세트는 눈을 뜨고, 2세트는 눈을 감고 하였다. 운동 ③과 ④는 4분씩 2세트를 실시하였고, 눈을 뜨고 안전을 위하여 한 손으로 계단 난간을 가볍게 잡고 실시하였다. 각 세트 운동 후에는 의자에 앉아 2분 동안 휴식을 하였다. 운동시간은 총 50분이 소요되었다.

3. 통계분석

연구 대상자의 집단 간 일반적 특성의 동질성을 알아보기 위하여 일요인 분산분석 (one-way ANOVA)을 하였다. 각 반복시점이 되는 치료 전 평가, 치료 후 평가, 추적 평가는 주요 변수인 기능적 팔 뻗기 검사, 발목관절의 동요 시 내측 비복근의 수축개시 시간, 정적 균형능력 (COP의 좌·우 동요, 전·후 동요)에 대한 평가시점과 집단 간 일요인 반복측정 분산분석 (one-way repeated ANOVA)을 하였다. 사후 유의성 검정은 최소 유의 차 (LSD: Least Significant Difference) 검정을 사용하였다. 이 자료의 통계처리를 위해 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) 12.0 프로그램으로 분석하였으며 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다.

결 과

1. 대상자의 일반적 특성

대상자 전체의 평균 나이는 76.5세, 평균 몸무게는 58.5 kg, 평균 키는 148.9 cm, 평균 버그균형척도 점수는 38.1점, 평균 정신기능 검사 점수는 25.4점이었다. 집단 간 동질성에는 유의한 차이가 없었다 (표 1).

Table 1. General characteristics of the subjects group (N=59)

Variable	Ankle strategy exercise n=20	Ankle strength exercise n=19	Control group n=20	Total N=59	F	P
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD		
Female (n)	18	17	19	54		
Male (n)	2	2	1	5		
Age (yr)	76.4±4.5	77.9±5.2	76.2±6.2	76.5±5.3	1.118	.334
Weight (kg)	58.2±9.1	56.8±7.8	60.4±8.6	58.5±8.3	.213	.809
Height (cm)	148.4±8.6	148.7±8.1	151.7±8.3	148.9±8.3	1.188	.313
K-MMSE	25.0±1.2	25.7±1.2	25.8±1.5	25.4±1.3	1.365	.264
BBS	37.5±1.1	38.1±1.4	38.3±1.3	38.1±1.4	.731	.486

Compare means by One-way ANOVA, the mean difference is significant at the .05 level.

K-MMSE = Korean Vision of Mini-Mental State Examination score.

BBS = Berg balance scale score.

2. 평가시점 및 집단 간 균형능력 비교

기능적 팔 뻗기는 평가시점에 따라 유의한 차이가 있었다 ($P<.001$). 집단 간에도 유의한 차이가 있었으며 ($P<.01$), 평가시

점과 집단 간에 상호작용이 있었다 ($P<.001$). 동요 시 내측 비복근의 수축개시 시간과 눈을 뜨고 30초 동안 정적으로 서 있기 자세에서 압력 중심의 좌·우 방향 및 전·후 방향 평균 이동속도는 평가시점에 따라 유의한 차이가 있었고 ($P<.001$), 집단 간에도 유의한 차이가 있었으며 ($P<.05$), 평가시점과 집단 간에 상호작용 효과가 있었다 ($P<.001$).

눈을 감은 경우에는 압력 중심의 좌·우 방향 평균 이동속도는 평가시점에 따라 유의한 차이가 있었고 ($P<.01$), 집단 간에도 유의한 차이가 있었으며 ($P<.01$), 평가시점과 집단 간에 상호작용 효과가 없었다. 그리고 전·후 방향은 평가시점에 따라 유의한 차이가 있었고 ($P<.001$), 집단 간에도 유의한 차이가 있었으며 ($P<.05$), 평가시점과 집단 간에 상호작용 효과가 있었다 ($P<.001$).

눈을 뜨거나 감고 20초 동안 정적으로 반·일자로 서 있기 자세에서 압력 중심의 좌·우 방향과 전·후 방향 평균 이동속도는 평가시점에 따라 유의한 차이가 있었고 ($P<.001$), 집단 간에는 차이가 없었으며, 평가시점과 집단 간에 상호작용 효과가 있었다 ($P<.05$) (표 2). 또한, 여성 대상자만을 분석한 결

Table 2. Comparison of time and group effects to postural balance in all subjects

(N=59)

Variable	Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	P
Functional reach test (cm)					
Time	201.3	2	100.6	99.381	<.001
Group	242.1	2	121.0	7.153	.002
Time×Group	84.4	4	21.1	20.833	<.001
Onset time of contracting in medial gastrocnemius (ms)					
Time	2030.4	2	1015.2	32.236	<.001
Group	4034.5	2	2017.3	4.774	.012
Time×Group	1737.4	4	434.3	13.792	<.001
Eyes open for 30s stand on mediolateral sway (mm/s)					
Time	12.4	2	6.2	21.442	<.001
Group	43.7	2	21.8	4.007	.029
Time×Group	11.8	4	2.9	10.275	<.001
Eyes open stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)					
Time	16.6	2	8.3	30.013	<.001
Group	65.7	2	32.8	3.782	.002
Time×Group	28.0	4	7.0	25.222	<.001
Eyes closed stand for 30s on mediolateral sway (mm/s)					
Time	14.3	2	7.1	4.898	.009
Group	138.4	2	69.2	7.559	.001
Time×Group	12.1	4	3.0	2.074	.089
Eyes closed stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)					
Time	50.7	2	25.4	23.325	<.001
Group	186.6	2	93.3	3.907	.026
Time×Group	57.8	4	14.4	13.278	<.001
Eyes open semi-tandem for 20s on mediolateral sway (mm/s)					
Time	69.4	2	34.7	10.759	.009
Group	108.2	2	54.1	1.391	.257
Time×Group	41.4	4	10.4	3.209	.016
Eyes open semi-tandem for 20s on anteroposterior sway (mm/s)					
Time	58.7	2	29.4	8.448	<.001
Group	204.5	2	102.3	2.037	.140
Time×Group	76.9	4	19.2	5.529	<.001

One-way analysis of variance with repeated measures.

Time = Data are calculated from before exercise, after exercise, and follow-up.

Group = Data are calculated from ankle strategy exercise group, ankle strength exercise group, and control group.

Table 3. Comparison of time and group effects to postural balance in women

(N=54)

Variable		Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F	P
Functional reach test (cm)	Time	165.9	2	82.9	95.350	<.001
	Group	219.8	2	109.9	6.503	.003
	Time×Group	74.5	4	18.6	21.413	<.001
Onset time of contracting in medial gastrocnemius (ms)	Time	1859.7	2	929.8	29.746	<.001
	Group	3372.4	2	1686.2	3.879	.027
	Time×Group	1648.8	4	412.2	13.186	<.001
Eyes open for 30s stand on mediolateral sway (mm/s)	Time	9.7	2	4.8	16.357	<.001
	Group	44.5	2	23.3	4.206	.020
	Time×Group	11.1	4	2.8	9.383	<.001
Eyes open stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Time	17.3	2	8.6	32.649	<.001
	Group	63.8	2	31.9	3.374	.042
	Time×Group	25.0	4	6.2	23.591	<.001
Eyes closed stand for 30s on mediolateral sway (mm/s)	Time	9.9	2	4.9	4.012	.021
	Group	166.3	2	83.2	10.480	<.001
	Time×Group	10.5	4	2.6	2.137	.082
Eyes closed stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Time	50.6	2	25.3	22.811	<.001
	Group	204.7	2	102.3	4.267	.019
	Time×Group	61.1	4	15.3	13.763	<.001
Eyes open semi-tandem for 20s on mediolateral sway (mm/s)	Time	71.4	2	35.7	10.227	<.001
	Group	80.7	2	40.4	1.005	.373
	Time×Group	43.7	4	10.9	3.134	.018
Eyes open semi-tandem for 20s on anteroposterior sway (mm/s)	Time	56.6	2	28.3	7.621	<.001
	Group	180.3	2	90.2	1.893	.161
	Time×Group	77.4	4	19.4	5.212	.001

One-way analysis of variance with repeated measures.

Time = Data are calculated from before exercise, after exercise, and follow-up.

Group = Data are calculated from ankle strategy exercise group, ankle strength exercise group, and control group.

과에서도 같은 경향을 보였다(표 3).

3. 대응 집단별 균형능력 비교

기능적 팔 뻗기에 대한 집단 간 사후검정 결과는 발목전락 운동군과 근력강화 운동군이 대조군보다 유의하게 증가하였으며($P<.01$), 발목전락 운동군과 근력강화 운동군 간에는 유의한 차이가 없었다. 집단 간 내측 비복근의 수축개시 시간은 발목전락 운동군이 근력강화 운동군보다 유의하게 감소하였고($P<.05$), 발목전락 운동군이 대조군보다 유의하게 감소하였다($P<.01$).

눈을 뜨고 30초 동안 정적으로 서 있기 자세에서 압력 중심의 좌·우 방향 평균 이동속도는 발목전락 운동군과 근력강화 운동군 간에는 유의한 차이가 없었고, 발목전락 운동군과 근력강화 운동군이 대조군보다 모두 유의하게 감소하였다($P<.05$). 그리고, 전·후 방향은 발목전락 운동군이 근력강화 운동군보다 유의하게 감소하였고($P<.05$), 발목전락 운동군이

대조군보다 유의하게 감소하였으나($P<.05$) 근력강화 운동군은 대조군보다 유의한 차이가 없었다. 눈을 감은 경우에는 압력 중심의 좌·우 방향의 평균 이동속도는 발목전락 운동군과 근력강화 운동군 간에 유의한 차이가 없었으나, 전·후 방향 평균 이동속도는 발목전락 운동군과 근력강화 운동군 간에는 유의한 차이를 보였으며($p<.05$), 발목전락 운동군과 대조군 간에는 모두 유의한 차이가 있었다($P<.001$)(표 4). 또한, 여성 대상자만을 분석한 결과에서도 같은 경향을 보였으며, 좌·우 방향 평균 이동속도에서도 발목전락 운동군과 근력강화 운동군 간에 유의한 차이를 보였다(표 5).

고 찰

노인에게 규칙적인 운동으로 균회복 능력을 향상시켜 넘어짐을 예방하는 것은 매우 중요하다. 자세조절은 공간에서 신체의 조절능력을 말하며, 자세조절을 위해 흔히 사용되는 것이 발목관

Table 4. Comparison of pairwise group in enhancement of the balance function in all subjects (N=59)

Source	Pairwise group	Mean difference	Standard error	P
Functional reach test (cm)	Strength Ex. - Strategy Ex.	.43	.76	.566
	Control - Strategy Ex.	-2.22	.75	.004
	Control - Strength Ex.	-2.66	.76	.001
Onset time of contracting in medial gastrocnemius (ms)	Strength Ex. - Strategy Ex.	8.60	3.80	.027
	Control - Strategy Ex.	11.10	3.70	.005
	Control - Strength Ex.	2.40	3.80	.526
Eyes open for 30s stand on mediolateral sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	.06	.43	.895
	Control - Strategy Ex.	1.07	.42	.014
	Control - Strength Ex.	1.02	.43	.022
Eyes open stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.36	.54	.015
	Control - Strategy Ex.	1.19	.54	.031
	Control - Strength Ex.	.17	.54	.746
Eyes closed stand for 30s on mediolateral sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.05	.56	.066
	Control - Strategy Ex.	2.15	.55	<.001
	Control - Strength Ex.	1.09	.56	.055
Eyes closed stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.82	.90	.049
	Control - Strategy Ex.	2.39	.89	.010
	Control - Strength Ex.	.58	.90	.526

The Post Hoc test of multiple comparisons by the least significant difference.

Table 5. Comparison of pairwise group in enhancement of the balance function in women (N=54)

Source	Pairwise group	Mean difference	Standard error	P
Functional reach test (cm)	Strength Ex. - Strategy Ex.	.41	.80	.613
	Control - Strategy Ex.	-2.22	.78	.006
	Control - Strength Ex.	-2.63	.79	.002
Onset time of contracting in medial gastrocnemius (ms)	Strength Ex. - Strategy Ex.	7.64	4.07	.046
	Control - Strategy Ex.	10.81	3.95	.009
	Control - Strength Ex.	3.33	4.02	.411
Eyes open for 30s stand on mediolateral sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	.04	.45	.929
	Control - Strategy Ex.	1.11	.44	.015
	Control - Strength Ex.	1.08	.44	.017
Eyes open stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.38	.60	.025
	Control - Strategy Ex.	1.28	.58	.033
	Control - Strength Ex.	.10	.59	.863
Eyes closed stand for 30s on mediolateral sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.38	.55	.015
	Control - Strategy Ex.	2.45	.54	<.000
	Control - Strength Ex.	1.06	.54	.056
Eyes closed stand for 30s on anteroposterior sway (mm/s)	Strength Ex. - Strategy Ex.	1.86	.95	.048
	Control - Strategy Ex.	2.67	.93	.006
	Control - Strength Ex.	.82	.94	.387

The Post Hoc test of multiple comparisons by the least significant difference.

절 전략이다.⁶⁾ 이 연구는 균형손상이 있는 노인에게 8주 동안의 발목관절 전략 운동이 근력강화 운동군과 대조군에 비해 어떤 균형증진 효과가 있는지를 알아보고자 정적 균형능력검사와 예기치 않은 동요(unexpected perturbation)를 주었을 때 발목관절 전략을 이용한 균형회복 능력을 측정하였다.

본 연구방법에 있어서, 표면근전도 신호는 전경골근과 내측 비복근에서 수집하였다. 피부 저항을 감소시키기 위해 부착부위를 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고, 소독용 알코올로 피부 기름기를 제거한 후에 소량의 전해질 겔(electrolyte gel)이 도포된 두 개의 활성전극(active electrode)을

수직방향으로 피부에 부착하였다.²⁵⁾ 접지전극(ground electrode)은 활성전극과 삼각형이 되도록 부착하였다. 근 수축 개시 시간차를 결정하는 방법으로 주로 DiFabio²⁶⁾ 방법이 사용된다. 근전도 신호를 전파정류(full-wave rectify) 과정을 거친 후 안정된 0.5 초 동안의 신호에서 평균과 표준편차를 구한 다음, 평균에 2배의 표준편차를 더하여 역치로 설정하는 방법²⁷⁾과 Matlab 연산에 의해 계산된 값에 의해 자동으로 근 수축 시간을 구하는 방법²⁸⁾ 등이 있다. 본 연구에서는 Matlab 프로그램으로 역치선(threshold line)을 구한 다음 시각적인 검사를 더해서 역치값을 결정하였다. 역치선 이상의 신호 중 2 ms 이상 지속되는 첫 번째 신호를 역치값으로 기록하였다.

균형능력은 길이 800 mm, 높이는 100 mm의 정삼각형의 플랫폼 위에 15 cm 간격으로 부착된 발 모양에 똑바로 서서 측정하였다. 측정하는 동안에는 말을 하거나 고개를 움직이지 않도록 지시를 하였다. 저항 운동은 DeLorme 방법을 적용하여 8주 동안 실시하였다.^{29,30)} 고무 띠를 4겹(50 cm)으로 접어 10회 반복할 수 있는 최대 탄성 저항을 10 RM으로 설정하였으며 2주 간격으로 재설정하였다. 1세트는 10 RM의 1/2 부하에 해당하는 2겹(100 cm)으로 접어 10회 반복하였으며, 2세트는 10 RM의 3/4 부하에 해당하는 3겹으로 접어 10회를 반복하였으며, 3세트는 10 RM의 부하인 4겹으로 접어서 10회를 연속으로 시행하였다. 각 세트 사이에는 2분의 휴식 시간을 두었으며, 바닥에 앉은 자세에서 시행했다. 발목관절 전락 촉진을 위한 운동은 딱딱한 맨바닥에 서서 하는 운동, 겔 방석 위에 서서 하는 운동, 불안정 판 위에 서서 하는 운동, 쿠션 볼 위에 서서 하는 운동 등 네 가지로 구성되었으며, 모든 운동 시에는 고관절과 슬관절의 움직임을 의식적으로 제한하고 균형을 유지하면서 발목관절 전락 운동을 시행하였다.

연구결과에 대한 고찰을 해보면, Duncan 등²³⁾은 기능적 팔 뻗기 검사에서 15.0 cm~17.5 cm 이하이면 기능적 균형에 제한이 생긴다고 주장하였으며, 본 연구 대상자의 치료 전 기능적 팔 뻗기는 평균 14.3 cm를 균형손상이 있음을 보여주었다. 발목전락 운동군은 평균 2.2 cm, 근력강화 운동군은 2.6 cm 대조군 보다 각각 증가하였으며, Li 등³¹⁾의 연구와 비교하면 태극권 운동 3개월 후에 평균 0.58 cm 증가하였으며, 6개월 후에는 평균 1.28 cm 증가를 보고하여 본 연구에서 더 많이 증가하였다. 운동 후 기능적 팔 뻗기의 향상은 발목관절 전락에서 우세하게 작용하는 전·후 방향의 조절 능력의 향상을 반영한다.³²⁾

정적으로 서 있는(quiet stance) 동안 몸의 흔들림은 젊은이에 비해 노인에서 많으며, 넘어진 경험이 있는 노인에서 더 많이 증가하는 경향을 보인다.³³⁾ Shumway-Cook과 Olmscheid³⁴⁾는 건강인에서 전방으로 상실된 균형을 회복하기 위한 발목전

락에 의한 비복근의 반사적 수축활동은 90 ms뒤에 시작되었다고 하였으며, Mackey와 Robinovitch³⁵⁾는 25명의 젊은 여성(19세~36세) 과 25명의 건강한 할머니(66세~90세)를 대상으로 한 연구에서 근 수축개시는 젊은 여성이 평균 73 ms이었으며, 건강한 할머니가 평균 98 ms라고 보고 하였다. 본 연구에서 등 뒤에서 전방으로 동요(posteroanterior perturbation)를 제공하였을 때, 내측 비복근의 수축개시 시간은 치료 전에는 평균 109.6 ms이었으며, 치료 후에는 평균 101.6 ms, 추적평가 시 평균 103.9 ms로 감소하였으나 건강한 노인에 비해 근 수축개시 시간이 늦었다. 발목전락 운동군이 근력강화 운동군보다 평균 8.6 ms 더 근 수축개시 시간이 빨라졌다. 이러한 결과는 발목전락 운동이 근력강화 운동보다 균형회복 능력 향상에 보다 효과적임을 보여준다.

자세에 따른 정적 균형능력은 눈을 뜬 자세와 눈을 감은 자세에서는 좌·우 방향 동요보다 전·후 방향 동요가 더 증가하였으며, 반-일자로 서있는 자세에서는 좌·우 방향 동요가 전·후 방향 동요가 더 증가하는 경향을 보였으며, Pajala 등³⁶⁾의 연구에서도 같은 경향을 보였다. 집단 간에 정적 균형능력은 발목전락 운동군과 근력강화 운동군에서 대조군보다 좌·우 방향 동요와 전·후 방향 동요에서 압력중심(center of pressure)의 평균 이동속도가 감소하였으며, 발목전락 운동군이 근력강화 운동군보다 더 많이 감소하였다. 이것은 동요 시 흐트러진 균형을 회복하려는 내측 비복근의 근 수축개시 시간의 단축에 기인한 결과로 생각되며, 발목전락 운동이 근력강화 운동보다 균형증진 효과가 더 양호하였다. 또한 눈을 뜬 자세 보다 눈을 감은 자세에서 좌·우 방향 및 전·후 방향의 동요가 더 증가하였으며, Era 등³⁷⁾의 75세의 덴마크 노인(391명), 스웨덴 노인(145명), 핀란드 노인(221명)을 대상으로 한 연구 결과와 같은 결과를 보였으며, 남자보다 여자에서 모든 동요가 더 감소하였다. 본 연구에서는 59명 중 남자가 단지 5명이었기 때문에 성별에 따른 차이를 비교할 수는 없었으나, 여성 대상자만을 분석한 결과와 전체 대상자에서 분석한 결과를 보면 성별에 따른 차이에 관계없이 균형손상 노인에서 8주 동안의 발목전락 운동이 균형능력을 증진하는데 효과적이었다. 그리고 발목전락 운동이 발목 근력강화 운동보다 균형증진에 더 효과적이었다. 따라서 균형능력 증진 운동에는 발목관절 전락운동을 병행할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구의 제한점은 균형 증진효과를 실험적 동요에 의하여 평가한 결과이므로 실제적인 생활 환경에서 넘어짐이나 동적 균형능력의 평가가 부족하기 때문에 일반적인 치료방법으로 적용하는데 제한이 있으며, 추적평가의 기간이 짧았기 때문에 치료 효과의 지속 여부를 단정하는데 제한점이 있다.

본 연구에서는 BBS점수, MMSE점수, 성별에 따른 집단 간에 균형증진 효과를 알아보지 못하였기 때문에 향후 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Bonnie RJ, Fulco CE, Liverman CT. Reducing the burden of injury: Advancing prevention and treatment. Committee on injury prevention and control. Division of health promotion and disease prevention, institute of medicine. 1st ed. Washington, D.C.: National Academy Press. 1999.
2. Campbell AJ, Reinken J, Allan BC, Martinez GS. Falls in old age: a study of frequency and related clinical factors. *Age Ageing* 1981;10(4):264-70.
3. Gehlsen GM, Whaley MH. Falls on the elderly: part II, balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71:739-41.
4. Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls: a prospective study. *J Am Med Assoc* 1989;261:2663-8.
5. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986;55(6):1369-81.
6. Shumway-Cook A, Wollacott MH. Motor control: theory and practical applications. 1st ed. Baltimore: Williams & Wilkins. 1995.
7. Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly: A review. *Neurobiol Aging* 1989;10: 727-38.
8. Mackey DC, Robinovitch SN. Postural steadiness during quiet stance does not associate with ability to recover balance in older women. *Clin Biomech* 2005;20:776-83.
9. Almeida GL, Carvalho RL, Talis VL. Postural strategy to keep balance on the seesaw. *Gait Posture* 2006;23: 17-21.
10. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle risk factors for falls in older people: a prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2006;61(8):866-70.
11. Lord SR, Ward JA, Williams P, Strudwick M. The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 1995;43 (11):1198-206.
12. Gras LZ, Levangie PK, Goodwin-Segal M, Lawrence DA. A comparison of hip versus ankle exercises in elders and the influence on balance and gait. *J Geriatr Phys Ther* 2004;27(2): 39-46.
13. Amiridis I, Arabatzi F, Violaris P, Stavropoulos E, Hatzitaki V. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electro-stimulation training. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(4):424-33.
14. Robinovitch SN, Heller B, Lui A, Cortez J. Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. *J Neurophysiol* 2002;88(2): 613-20.
15. 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.
16. Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, Sakai T, Nakagaichi M, Nho H, et al. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Aging* 2002;31(4):261-6.
17. Fong S-M, NG GY. The effects on sensorymotor performance and balance with Tai Chi training. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(1):82-7.
18. Lin MR, Hwang HF, Wang YW, Chang SH, Wolf SL. Community-Based Tai Chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther* 2006;86(9):1189-201.
19. Horak FB. Effects of neurological disorders on postural movement strategies in the elderly. In *Falls, balance and gait disorders in the elderly*, by Vellas B, Toupet M, Rubenstein L, Albaredo JL, Christen Y. 1st ed. Paris: Elsevier. 1992.
20. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, Esselman PC, Margherita AJ, Price R, 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.
21. McMurdo ME, Johnston R. A randomized controlled trial of a home exercise programme for elderly people with poor mobility. *Age Ageing* 1995;24(5):425-8.
22. Rubenstein LZ, Josephson KR, Trueblood PR, Loy S, Harker JO, Pietruszka FM, et al. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55(6):317-21.
23. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990;45(6): 192-7.
24. Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, Dumas F. Mechanisms of disturbed motor control in ankle weakness during gait after stroke. *Gait Posture* 2002;15(3):244-55.
25. Zipp P. Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. *Eur J Appl Physiol* 1982; 50:40-54.
26. DiFabio RP. Reliability of computerized surface electromyography for determining the on set of muscle activity. *Phys Ther*

- 1987;67(1):43-8.
27. 권오윤, 고은경. 고관절 신전시 요통환자와 정상인의 슬괵근, 대둔근, 요추기립근의 근 수축 개시시간 비교. 한국전문물리치료학회지 2002;9(2):33-42.
28. 정이정, 조상현, 이정훈, 이상현. 최대등척성 수축시 표면근전도에 서 근 수축 개시점 결정을 위한 기법들의 신뢰도. 한국전문물리치 료학회지 2003;10(1):51-62.
29. DeLorme TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercise. J Bone Joint Surg Am 1945;27:645-67.
30. DeLorme TL, Watkins AL. Technics of progressive resistance exercise. Arch Phys Med 1948;29:263-73.
31. Li F, Harmer P, Fisher KJ, McAuley E. Tai Chi: improving functional balance and predicting subsequent falls in older persons. Med Sci Sports Exerc 2004;36(12): 2046-52.
32. Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Giclo-Perezak K. Stiffness control of balance in quiet standing. J Neurophysiol 1998;80(3):1211-21.
33. Woollacott MH, Shumway-Cook A, Nashner LM. Aging and postural control: change in sensory organization and muscular coordination. Int J Aging Hum Dev 1986;23(2): 97-114.
34. Shumway-Cook A, Olmscheid R. A systems analysis of postural dyscontrol in traumatically brain-injured patients. J Head Trauma Rehabil 1990;5(4):51-62.
35. Mackey DC, Robinovitch SN. Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with the ankle strategy. Gait Posture 2006;23(1):59-68.
36. Pajala S, Era P, Koskenvno M, Kaprio J, Tolvanen A, Heikkinen E, et al. Contribution of genetic and environmental effects to postural balance in older female twins. J Appl Physiol 2004;96 (1):308-15.
37. Era P, Avlund K, Jokela J, Gause-Nilsson, Heikkinen E, Steen B, et al. Postural balance and self-reported functional ability in 75-year-old men and women: A cross-national comparative study. J Am Geriatr Soc 1997;45(1):21-9.

[Abstract]

Effect of Ankle Strategy Exercise on Improvement of Balance in Elderly with Impaired Balance

Jeong Weon Lee¹, Oh Yun Kwon², Chung Hwi Yi², Sang Hyun Cho², Hye Seon Jeon², Sung Hyun You²

Department of Occupational Therapy, Yeosu Institute of Technology¹

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University²

Background	The purpose of this study was to investigate the effect of ankle strategy facilitating exercise on postural control in a static and perturbed stance.
Methods	Fifty-nine subjects were randomly assigned into ankle strategy exercise group (ASE), ankle strengthening exercise group (SE), or control group (CON). Two exercise groups participated in 50 minutes 3 days a week for 8 weeks. One-way analysis of variance with repeated measures was used to determine the statistical difference.
Results	Reach test scores increased significantly both exercise groups compared to the CON group after exercise ($P<.01$). Postural test showed sway velocity in anteroposterior direction, and onset time in medial gastrocnemius decreased significantly in the ASE compared to SE ($P<.05$).
Conclusions	These findings suggest that both exercise groups were effective in improving the postural control in the elderly, and ASE was more effective than SE in enhancement of balance function. (Korean J Health Promot Dis Prev 2008;8(3):158-167)
Key words	Balance, Elderly, Exercise

• Address for correspondence : Jeong Weon Lee
Department of Occupational Therapy, Yeosu Institute of Technology
• Tel : 031-880-5393
• E-mail : ljw0311@hanmail.net