

## 산림 걷기 운동이 노인의 기능적 체력과 보행형태에 미치는 영향

최종환<sup>1\*</sup> · 신창섭<sup>2</sup> · 연평식<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 체육교육과, <sup>2</sup>충북대학교 산림학과

### Effects of Forest-Walking Exercise on Functional Fitness and Gait Pattern in the Elderly

Jong-Hwan Choi<sup>1\*</sup>, Chang-Seob Shin<sup>2</sup> and Pong-Sik Yeoun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

<sup>2</sup>Department of Forest Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

**요약:** 이 연구는 노인들을 대상으로 산림 걷기 운동이 어떻게 기능적 체력과 보행형태에 영향을 미치는지를 규명하고자 하는데 목적이었다. 본 연구를 위하여 37명의 노인들이 참여하였으며 산림 걷기 운동 집단(n=19, 66.34±4.31세)과 실내 트레드밀 걷기 운동 집단(n=18, 67.18±2.78세)으로 구분되어, 12주간 주에 3회 80분 씩 각각 산림 걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동에 참여하였다. 기능적 체력(근력, 지구력, 유연성, 민첩성/평형성, BMI)과 보행형태(보행박자, 보행속도, 보행안정성) 검사는 12주간 프로그램 전과 후에 측정되었다. 자료 분석을 위하여 평균과 표준편차가 이용되었으며, 독립 t-test와 반복 이원변량분석이 이용되었다. 그 결과, 12주간의 산림 걷기 운동을 실시한 집단이 실내에서 트레드밀 걷기 운동한 집단보다 하지 근력, 허리 유연성, 민첩성/동적 평형성, 그리고 심폐지구력에서 더 크게 향상을 보였다. 그러나 상지 근력, 견관절 유연성, BMI에서는 두 집단 모두 똑같은 향상을 보였다. 둘째, 12주간의 산림 걷기 운동을 실시한 집단이 실내에서 트레드밀 걷기 운동한 집단보다 보행박자, 보행속도, 보행안정성에서 더 유의한 향상을 보였다. 따라서 본 연구는 감각-운동신경의 기능적 통합에 기초한 산림 걷기 운동이 노인들의 기능적 체력과 보행형태를 효율적으로 향상시키고, 나아가서 생활을 더 역동적으로 만들며, 낙상을 예방하는 효과적인 운동방법이 될 수 있음을 제안한다.

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effect of Forest-walking exercise on gait pattern in the elderly. The subjects (n=37) were assigned to 2 groups: Forest-walking exercise (FWE) group (n=19, 66.34±4.31 years old) and In-door treadmill-walking exercise (ITWE) group (n=18, 67.18±2.78 years old). The subjects participated in FWE program or ITWE program (3 times/week, 80 min/day) for 12 weeks. The subjects were tested on functional fitness (strength, endurance, agility/balance, BMI) and gait pattern (cadence, velocity, and stability) at the beginning and the end of the 12-weeks program. For data analysis, mean and standard deviation scores were calculated, and independent t-test and repeated two-way ANOVA were used. The results of this study were as follow: First, FWE group was significantly more improved than ITWE group on functional fitness(lower-body muscular strength, lower-body flexibility, mobility, cardiorespiratory endurance) after 12-weeks exercise program. But both groups showed equally improvements on functional fitness (upper-body muscular strength, upper-body flexibility, BMI). Second, FWE group was significantly more improved than ITWE group on cadence, gait velocity, and gait stability after 12-weeks exercise program. Therefore, this study may suggest that Forest-walking exercise based on sensory-motor functional integration improves efficiently functional fitness and gait pattern in the elderly, and further becomes an effective exercise method that makes more dynamic life, and prevents from falling.

**Key words:** forest-walking exercise, sensory-motor functional integration, gait pattern, cadence, gait velocity, gait stability, the elderly

## 서론

노인의 보행은 기본적으로 감각체계와 운동체계의 기능저하에 의하여 크게 약화된다. 우선 감각체계에서 시각

계의 손상에 의하여 환경이나 동작의 방향 및 속도 등이 적절하게 정보 제공이 어렵고(Patla, 1997), 전정계의 감각 신경세포의 손실로 인하여 적절한 자세나 척추의 평형성을 유지하기가 어렵다(Berthoz and Pozzo, 1994). 그리고 체성감각계의 피부 감각기 둔감함과 자세조절과 관련된 고유감각 수용기(근방추, 골지진, 관절감각 수용기) 손상

\*Corresponding author  
E-mail: choij@cbnu.ac.kr

에 의하여 근육과 관절의 기계적 위치 및 감각이 부정확하게 제공된다(Bergin et al., 1995; Kollegger et al., 1992).

한편 운동체계에서 근육의 약화, 운동신경 세포, 신경전달물질, 신경전도 속도의 감소와, 반사 및 공동작용적 운동의 기능저하에 의해 자세 조절과 관련된 근육의 반응, 수축근의 선택 및 운동조절에 장애가 된다(Brown et al., 1995; Erim et al., 1999; Lord and Castell, 1994; MacPerson, 1988). 결국 이러한 감각체계와 운동체계의 통합은 기능적으로 작용하기 어렵게 되어 쉽게 자세의 불안정이나 낙상, 그리고 보행이상으로 나타난다(Shumway-Cook and Woollacott, 2007; Spirduso et al., 2005).

이러한 노화에 의한 감각체계와 운동체계의 손상에도 불구하고, 기능적 체력과 보행을 효과적으로 향상시키기 위해서는 감각과 운동 신경을 기능적으로 통합하여 노인의 보행형태를 향상시키는 운동방법이 제시되고 있다. 이것은 Sensory-motor functional training(Boyle, 2010; Gambetta, 2007)과 Perception-action coupling과 dynamic system 이론(Bernstein, 1967; Kelso and Tuller, 1984; Newell, 1986; Shumway-Cook and Woollacott, 2007)에 기초한 운동법이다. 구체적으로 이들의 이론을 간단히 정리하면, 주변 환경의 변화에 대한 다양한 정보와 운동경험을 바탕으로 형성된 개인의 감각적 지각체계는 새롭게 주어진 조건에 대하여 운동신경체계에 의한 동작이나 기술이 적절하게 상호작용하여 원하는 동작을 기능적으로 통합하게 하여 보행형태를 향상시킨다는 것이다. 또한 이러한 훈련은 하나의 근육보다는 여러 개의 관절 및 근육의 동작의 상호작용에 중점을 두고, 1차원적인 동작보다는 다차원적인 동작(시상면, 정중면, 횡단면 포함)이 되며, 중력을 이용하여 몸의 중심부(core)에 운동부하를 많이 주는 운동방법이다. 또한 목적에 부합되는 속도를 다양하게 하여 감각체계와 운동체계의 기능적 통합을 만들며, 정적보다는 동적인 운동의 형태이다(Boyle, 2010; Gambetta, 2007; Shumway-Cook and Woollacott, 2007).

그러나 기존의 연구를 보면 운동장이나 트레드밀 걷기 훈련, 저항 훈련, 유산소성과 저항의 복합훈련의 혼합, 유연성과 근력의 복합 훈련, 스트레칭과 근력 훈련 등이 있다. 대부분은 체육관 기구를 통한 근기능과 트레드밀이나 야외에서 걷기나 뛰기를 통한 평형성과 안정적인 보행형태를 향상시킨 복합운동의 프로그램이었다. 그러나 이러한 훈련들은 감각(지각)체계와 운동신경체계의 기능적 통합보다는 주로 운동신경체계에 중점을 둔 훈련의 형태가 많다.

한편 노인들의 운동에 있어서 최근의 기능적 훈련 이론은 운동이 보다 효율적이고 실용적인 운동내용으로 되어야 한다는 것이다. 특히 전반적인 기능적 체력의 약화와 낙상이 많은 노인에게는 감각체계와 운동체계의 기능적 통합이 잘 이루어지게 하는 운동내용이 필요하다. 따라서 산림 걷

기 운동은 감각-운동신경을 기능적으로 통합시키는 운동방법으로서 적절하다. 즉, 다양한 환경적 변화(지면이 고르지 않고, 경사가 다양하며, 오르막과 내리막이 있는 다차원적인 환경의 운동 장소)는 자연스럽게 다양한 운동부하와 속도를 유발하여 고유감각 수용기(근방추, 골지건, 관절감각 수용기)의 자극과 반응을 유도하여 풍부한 감각-운동체계를 발달시키고, 신체분절간의 생체 역학 및 신경근반응의 synergy작용을 유도하는 중추적 운동양식 발생기(central pattern generators)를 발달시켜 주요 근육군의 주기적이고 잠재의식적인 협응성을 향상시키며(MacPerson, 1988; Nashner, 1990), 나아가서 감각신경과 운동신경의 기능적 통합을 효율적으로 유도하게 만든다(Boyle, 2010; Gambetta, 2007; Kelso and Tuller, 1984; Newell, 1986; Schmidt, 1988). 그리하여 자연환경 내 산림 걷기 운동은 기능적 체력과 보행형태에 효과적인 방법으로 판단된다. 그러나 일반 실내 트레드밀 걷기 운동과 비교하여 산림 걷기 운동이 노인의 기능적 체력이나 보행형태에 어떻게 영향을 미치는지에 관한 연구는 거의 없다. 따라서 본 연구는 노인들을 대상으로 산림 걷기 운동이 어떻게 기능적 체력과 보행형태에 효과적인 영향을 미치는지를 규명하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 연구대상

C시에 거주하는 65세~74세의 여성노인 중 연구에 참가하기 전 낙상을 경험하지 않은 노인을 대상으로, 무선 배치하여 산림 걷기 운동 집단(Forest-walking exercise, FWE; 19명)과 실내 트레드밀 걷기 운동 집단(In-door treadmill-walking exercise, ITWE; 18명)의 총 2집단으로 나누었다. 본 연구에 참여한 노인들의 경우 의사가 활동을 금지한 질환자와 신체활동에 장애가 있는 자들은 제외시켰다. 이들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 측정도구

#### 1) 기능적 체력

노인들의 기능적 체력을 알아보기 위하여 Rikli and Jones(2001)의 SFT(senior fitness test)를 이용하여 상지근력(Arm curl test; 30초 동안 5lb의 덤벨운동) 하지근력(Chair stand test; 30초 동안 43 cm의 의자에서 앉았다 일

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

Group	N	Age(years) (M±SD)	Height(cm) (M±SD)	Weight(kg) (M±SD)
FWE	19	66.34±4.31	153.77±4.45	60.27±6.87
ITWE	18	67.18±2.78	155.37±5.71	59.52±5.66

**Table 2. Functional characteristics of Forest-walking exercise and In-door treadmill-walking exercise.**

Characteristics	Forest-walking exercise	In-door treadmill-walking exercise
Systemic	multi-joints and muscles movement: various movement on slope and surface of mountain	simple-joint and isolated muscle movement: simple movement on treadmill
Biomechanics	proprioceptive and neuromuscular synergy: sensory-motor integration on slope and surface of mountain	isolated neuromuscular action: simple-joint and isolated muscle resistance movement on treadmill
Multi-planar	multi-planar movement(sagittal, frontal, transverse) on slope and surface of mountain	single-planar: walk or jog forward on treadmill
Core-stability	core stability and balance: single leg squat, walk and spin, or turn left or right on mountain	extremity stability and balance: leg press on treadmill
Speed-variety	realistic speed control; variety of movement speed (acceleration or deceleration) by slopes	steady speed: steady walk, steady resistance movement on treadmill
Activity-specific	specific action: walking, climbing, balance on uneven mountain	less specific action: muscles resistance actions on treadmill
Dynamic	variety(open) movement: walking on various mountain road	static(closed) movement: walk on treadmill

어서기), 견관절 유연성(Back scratch test; 한손을 어깨위로 하여 등 뒤로하고 반대 손은 허리 뒤로 하여 서로 두 손을 가까이 하기) 허리 유연성(Chair sit-and-reach test; 의자에 앉아 오른다리를 쭉 뻗은 상태에서 오른손을 발가락 끝에 접촉하기), 민첩성/동적 평형성(8-foot up-and-go test; 43 cm의 의자에서 2.4 m 떨어진 목표를 가능한 빨리 갔다가 돌아와 앉기), 심폐지구력(6-minute walk test; 45.7 m의 직사각형 코스에서 6분 동안 이동한 거리), 그리고 체질량 지수(BMI)를 측정하였다.

2) 보행 형태 검사

보행의 형태를 시간적으로 분석하기 위하여, JVC의 GR\_DVL-9800 digital video camera와 Ariel Life System (USA)을 이용하였다. 그리고 filtering 및 display 과정, 자료의 분석 과정을 거쳐 보행의 형태를 측정하였다. 측정내용은 10 m를 보행시킨 후, 1초당 각 걸음걸이의 횟수를 각 1초당 계산하여 보행의 박자를 결정하였다. 보행 속도는 1초에 몇 미터를 이동하는 지로 결정하였다. 한편 계측의 일관성을 위하여 3회 측정하여 평균값을 이용하였다. 그리고 보행 안정성 비율은 보행 박자를 보행 속도로 나누어 계산하였다.

3. 운동 프로그램 작성 및 처치

1) 산림 걷기 운동

산림 걷기 운동은 준비운동(10분), 본 운동(60분)으로 오르막과 내리막이 반복적으로 구성된 산(해발 163 m)의 둘레 길을 따라 걷기운동, 그리고 정리운동(10분)을 실시하였다. 운동 강도는 가슴에 자동심박측정기(Polar, Finland)를 착용하고 처음 3주 동안은 50%HRR와 RPE 12-13단계(약간 힘들)에 해당하는 강도, 4주-6주는 60%HRR와 RPE 13-14단계(조금 더 힘들), 7주-9주는 70%HRR와 RPE 14-15단계(힘들), 9주-12주는 75%HRR와 RPE 15단계(좀 더

힘들)로 하였다.

2) 실내 트레드밀 걷기 운동

실내 트레드밀 걷기 운동은 준비운동(10분), 본 운동(40분)으로 트레드밀 걷기, 그리고 정리운동(10분)을 실시하였다. 운동 강도는 가슴에 자동심박측정기(Polar, Finland)를 착용하고 처음 3주 동안은 50%HRR와 RPE 12-13단계(약간 힘들)에 해당하는 강도, 4주-6주는 60%HRR와 RPE 13-14단계(조금 더 힘들), 7주-9주는 70%HRR와 RPE 14-15단계(힘들), 9주-12주는 75%HRR와 RPE 15단계(좀 더 힘들)로 하였다.

보행형태의 향상을 위한 산림 걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동 프로그램은 Table 2와 같이 각각 다른 특성을 가졌다(Boyle, 2010; Gambetta, 2007).

4. 자료처리

본 연구에서 수집된 자료는 SPSSWIN 10.0 program을 이용하여 각 변인의 평균과 표준편차를 구하였고, 집단간의 사전검사 평균치 차이를 알아보기 위하여 독립 t-test를 실시하였다. 또한 집단(산림 걷기와 실내 트레드밀 걷기 운동)과 측정시기(운동 전, 후)에 따른 기능적 체력과 보행형태의 차이를 알아보기 위해 반복 이원변량분석(repeated two-way ANOVA)을 적용하였으며, 사후 검증을 위하여 Scheffé Post-hoc test를 실시하였다. 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

결 과

본 연구는 산림걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동이 노인의 기능적 체력과 보행형태에 어떠한 변화를 가져오는지를 알아보기 위하여, 실험대상자들을 각각 다른 운동 집단으로 구분하여 12주간 산림 걷기 운동 프로그램과 실

내 트레드밀 걷기 운동 프로그램을 각각 실시하였다.

1. 기능적 체력의 변화

Table 3과 같이 12주간 산림 걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동을 실시하기 전, 상하지근력, 허리 및 견관절 유연성, 민첩성/동적 평형성, 심폐지구력, BMI의 사전검사의 평균치는 차이가 없었다(p<.05).

그러나 12주간의 각각의 운동 프로그램을 적용한 후, 기능적 체력 요인 중 하지근력, 허리 유연성, 민첩성/동적 평형성에서 운동집단과 측정시기에 상호작용이 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 12주간의 운동 프로그램 전후를

통하여 산림 걷기 운동 집단이 실내 트레드밀 걷기 운동 집단보다 하지근력과 허리 유연성, 민첩성/동적 평형성, 심폐지구력을 유의하게 더 향상시킨 것으로 나타났다 (Table 3).

그러나 상지근력, 견관절 유연성, BMI는 상호작용이 없었지만 측정시기에 따른 주효과가 나타남으로써, 2가지 운동방법이 모두 12주의 운동 프로그램을 통하여 상지근력, 견관절 유연성 향상과 체지방을 감소에 효과적이었다.

2. 보행형태의 변화

12주간의 산림 걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동이

Table 3. Changes of functional fitness with different programs.

Items	Time	Group		Source	F
		FWE (M±SD)	ITWE (M±SD)		
Muscular Strength (times)	Lower-body	pre 32.18±5.88	31.87±7.33	Time Group Time×Group	62.45*** 1.38 12.94**
	post	39.49±7.12	33.73±6.63		
	Upper-body	pre 21.57±4.11	20.73±4.47	Time Group Time×Group	65.37*** 0.35 2.64
	post	26.20±5.77	25.49±6.18		
Flexibility (cm)	Lower-body	pre 13.90±2.21	14.26±5.61	Time Group Time×Group	71.63*** 2.64 7.08*
	post	20.27±5.43	16.33±7.35		
	Upper-body	pre -3.47±4.78	-3.56±4.71	Time Group Time×Group	6.29* 0.49 2.69
	post	-1.75±3.66	-1.84±3.23		
Agility/dynamic balance(sec)	pre 5.71±0.33	5.63±0.43	Time Group Time×Group	60.57*** 3.51 10.17*	
Cardiorespiratory endurance(m)	pre 590.83±82.91	595.01±47.33	Time Group Time×Group	8.89* 0.15 7.08*	
post	610.81±34.85	603.52±37.32			
Body Mass Index	pre 26.17±2.24	25.91±2.13	Time Group Time×Group	5.39* 0.27 0.64	
post	24.29±1.67	24.14±1.77			

Note: pre=pre test, post=post test; \*<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001; FWE=Forest-walking exercise, ITWE=In-door treadmill-walking exercise

Table 4. Changes of gait pattern with different programs.

Item	Time	Group		Source	F
		FWE (M±SD)	ITWE (M±SD)		
Cadence(time)	pre	2.11±1.32	2.09±0.88	Time Group G×T	1.99 5.67* 7.89**
	post	2.22±1.12	2.12±.39		
Gait velocity(m)	pre	2.08±0.53	2.06±1.94	Time Group G×T	12.35*** 11.22** 9.46**
	post	2.37±1.21	2.13±1.79		
Gait stability(%)	pre	1.01±0.93	1.01±0.66	Time Group G×T	12.39*** 5.65* 7.95**
	post	0.93±0.67	0.99±1.96		

Note: pre=pre test, post=post test; \*<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001; FWE=Forest-walking exercise, ITWE=In-door treadmill-walking exercise

노인들의 보행형태에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위해 보행박자, 보행속도, 보행안정성을 분석하였다 (Table 4).

보행박자에 있어 집단과 측정시기간의 상호작용이 나타났다, 측정시기간의 주효과도 나타났다. 따라서 12주간의 산림 걷기 운동 집단이 실내 트레드밀 걷기 운동 집단보다 보행박자에 있어서 유의한 변화를 보였다.

또한 보행속도에 있어서는 집단과 측정시기 간에 상호작용이 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 산림 걷기 운동 집단과 실내 트레드밀 걷기 운동 집단 모두 운동을 시작한 지 12주 후에 유의한 차이를 보이며 보행속도가 증가하였지만 산림 걷기 운동 집단이 더 크게 증가를 보였다.

끝으로 보행 안정성도 집단과 측정시기 간에 상호작용도 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 산림 걷기 운동 집단은 운동을 시작한 지 12주 후에 유의한 차이를 보이며 보행안정성이 향상되었지만, 실내 트레드밀 걷기 운동 집단은 유의한 차이를 보이지 않았다.

## 논 의

12주간의 산림 걷기 운동이 기능적 체력과 보행형태에 미치는 영향을 분석한 결과, 우선 산림 걷기 운동 집단이 실내 트레드밀 걷기 운동 집단에 비해 하지근력, 허리 유연성, 민첩성/동적 평형성, 심폐지구력에서 높게 향상된 것으로 나타났다. 그러나 두 집단 모두 건관절 유연성, BMI가 운동프로그램 실시 후 향상되었으나 집단간에는 차이가 없었다.

노인들의 근력과 근지구력은 60세 이후에는 급격한 감소를 보이는데, 여러 연구에서 지속적인 훈련은 근력과 근지구력의 향상과 유지에 효과적이라고 보고하였다(Frontera et al., 1998; Lord et al., 1995). 이와 같은 보고는 본 연구결과와 일치되었다. 그러나 본 연구에서는 근육에 더 중력적 부하를 줄 수 있는 산림걷기 운동이 실내걷기 운동보다 더 효과적인 것으로 나타났다. 산림의 경사에 따른 오르내림은 하지근육에 더 큰 자극을 주어 운동단위의 수와 impulse의 빈도 증가(Willmore and Costill, 1994), 근형단면적 증가(Frontera et al., 1988)를 유도하여 가능한 것이라 사료된다.

노인들의 유연성도 전체 관절의 가동 범위가 점점 적어지고, 특히 고관절의 가동범위는 더 빠른 속도로 감소하는데, 여러 연구에서 스트레칭과 같은 훈련후 유연성이 향상되었다는 보고가 있었다(Bell and Hoshizaki, 1981; Holland et al., 2002; Rider and Daly, 1991). 본 연구에서 산림걷기 운동의 노인들이 허리 유연성에서 효과적이었다. 이와 같은 결과는 트레드밀을 걷는 것보다는 경사진 산길을 오르내릴 때 고관절의 운동범위가 더 많이 신장되

고, 대퇴근과 비복근이 자연스럽게 수축과 이완 작용되어 효과적이었다고 생각된다.

노인의 민첩성과 평형성은 60세 이후 더더욱 기능이 저하되는데 여러 체력요인(근력, 평형성, 유연성)들이 상호작용하기 때문인데, 일부 연구에서 근력훈련과 평형성(Fiatatone et al., 1990)과 보행속도(Rubenstein et al., 2000)가 관련성이 높다고 하였고, 근력과 유연성 훈련이 평형성과 밀접한 관계가 있다(James, 1993; Mills, 1994)고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구결과와 일치되는데, 특히 산림걷기 운동은 평평한 트레드밀 걷기보다 다양한 경사와 중력작용으로 인한 근저항 운동과 또한 다차원의 위치적 국면의 변화(자극)와 반응을 통한 감각-운동신경의 기능적 통합에 의한 평형성 및 민첩성의 향상을 가져오게 된 것(Boyle, 2010; Gambetta, 2007)이라 사료된다.

노화와 함께 최대 심박수와 심박출량의 감소, 나이와 관련된 근육크기의 감소, 인체조직들로부터 운동하는 근육으로 혈액의 흐름을 바꾸는 능력의 저하, 그리고 산소를 사용할 수 있는 능력의 저하에 의하여 심폐지구력이 크게 저하되는데(Spirduso et al., 2005), 많은 연구에서 규칙적인 운동이 심혈관 기능 및 심폐 지구력을 향상시킨다(Blumenthal et al., 1991; McArdle et al., 2001; Shephard, 1987)고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구와 일치되지만 산림 걷기 운동이 보다 효과적이었다는 점이 차이가 있다. 산림 걷기 운동은 단순히 트레드밀의 걷기보다는 산의 지형을 따라 오르내리기를 반복하면서 유·무산소성 능력, 하지근의 지구력, BMI를 개선시키는 원인이 되어 심폐지구력을 향상시켰을 것이다.

그러나 상지 근력, 건관절 유연성, BMI는 산림걷기 운동과 실내걷기 운동에서 모두 똑같이 변화를 보였는데, 이것은 두 운동집단이 특별히 상지에 자극을 주지 않고 같은 시간과 같은 운동강도를 실시하였기 때문에 전체적으로 이들 체력이 효과가 같게 나타난 것으로 사료된다(Spirduso et al., 2005).

한편, 보행박자에 있어서 12주간의 운동처치후 산림 걷기 운동 집단이 실내 트레드밀 걷기 운동 집단보다 더 유의한 향상을 가져왔다. 이는 산림에서의 운동이 근력과 근지구력의 향상과 관계가 있는 것이며(Fiatatone et al., 1990), 또한 시각계, 전정계, 체성감각계를 포함한 감각 처리과정과 동작을 위해 다양한 감각정보의 종합능력인 감각체계와 중추적 운동양식 발생기의 운동프로그램과 관련된 고유의 보행박자 및 리듬 향상과 근육군의 협응성 발달을 유도한 운동체계의 지속적 상호작용(Cromwell et al., 2001; Spirduso et al., 2005)에 의한 것이라 사료된다. 이것은 동적 평형 모형(Nashner, 1990)의 perception-action cycle 이론과도 밀접한 관련성이 있는 것으로 감각계와 운동계가 기능적으로 통합되어 공동작용적인 근육

활동이 향상을 이루었다고 사료된다(MacPerson, 1988; Shumway-Cook and Woollacott, 2007).

보행속도에 있어서 산림 걷기 운동과 실내 트레드밀 걷기 운동 집단 모두 12주간 운동으로 향상을 보였지만, 산림 걷기 운동 집단이 더 크게 향상되었다. 비록 노인들의 감각체계의 전정기관, 시각, 체성감각(고유감각 수용기)도 약화되고(Bergin et al., 1995; Berthoz and Pozzo, 1994), 감각에 대한 지각능력이 감소되며(Kollegger et al., 1992). 운동체계의 각력 약화, 근신경의 반응 지연, 반사 및 공동작용적 운동의 기능이 저하된다고 하지만(Brown et al., 1995; Lord and Castell, 1994; Rose, 2003), 다양한 환경적 산림 걷기 조건은 체성감각체계의 근방추, 골지건, 관절감각수용기의 활성화와 운동체계의 각력, 근신경 반응, 공동작용적 운동 기능 등의 향상을 만들었고, 나아가서 연속적인 이들 체계간의 상호작용이 동작시간의 감소와 적절한 운동 프로그램을 구축하여 효율적으로 보행속도를 향상시켰다고 판단된다.

또한 보행속도는 근력, 순발력, 민첩성, 평형성과 밀접한 관련이 있는데(Rubenstein et al., 2000), 이러한 체력요인은 안정된 트레드밀이나 보통 평평한 길보다 고르지 못하고 경사의 산길에서 더 큰 중력부하, 속도 변화, 등의 환경적 제한과 평형성 유지와 자세조절의 과제 제한의 상황에서 상호작용하여 더욱 향상된 것으로 사료된다(Brill et al., 1998; Chandler et al., 1998; Davids et al., 2008; Kerrigan et al., 1998; Rose, 2002).

보행안정성에 있어서 12주간 프로그램 후 산림 걷기 운동 집단은 유의한 향상을 보였지만, 실내 트레드밀 걷기 운동 집단은 유의한 변화를 보이지 않았다. 산림 걷기 운동 집단은 보행 박자와 보행 속도의 유의한 향상과 함께 보행의 안정성이 향상되는 관련 높은 현상을 보였다. 즉, 산림 걷기 운동을 통하여 리듬있는 발걸음과 빠른 보행속도는 보행의 안정성을 만드는 것과 관련성이 높은 것으로 평가된다.

단순하게 걷기 보다는 저항성 운동이나 평형성 운동은 보행의 형태와 밀접한 동적 평형성에 효과가 큰 것으로 보고하였다. 저항성 운동과 평형성 운동은 근육과 관절의 고유감각 수용기를 자극하여 적절한 감각정보를 제공받고, 중추에서 이에 따른 운동명령을 신경에게 전달하여 해당 근육을 발달시키는 과정을 반복함으로써 동적 평형성이 향상되었다(James, 1993; Mills, 1994; Meuleman et al., 2000; Sullivan et al., 2001). 한편 산림 걷기 운동도 다양한 환경적 조건과 함께 울퉁불퉁하고, 오르내림의 경사도가 다양하고, 다양한 신체적 자세변화로 인하여 균형과 중력부하를 견뎌야 하는 산길이 자연스럽게 근육과 건, 관절의 고유감각 수용기를 발달시켰고(Choi, 2011; Lord et al., 1995; Shumway-Cook and Woollacott, 2007), 신체분절간의 생체 역학적인 평형성과 신경근과 사지간의

공동작용을 포함한 운동 처리과정을 원활하게 하여 동적 평형성을 향상시켰다(Kelso and Tuller, 1984; Newell, 1986).

이와 같은 결과는 산림 걷기 운동을 통하여 말초신경계와 관련된 감각과 중추신경계와 관련된 운동능력의 연속적 상호작용이 만들어져 더 나은 보행의 안정성을 가져온 것으로 판단된다(Kelso and Tuller, 1984; Riccio and Stoffregen, 1988; Turvey, 1990). 또한 산림에서의 다양한 환경적 제한 조건과 과제 제한 조건이 상호작용하여 노인의 동적 평형성, 반사 작용, 그리고 감각계와 운동계의 기능적 공동작용을 향상시켜 보행의 안정성을 크게 향상시킨 것으로 사료된다(Boyle, 2010; Gambetta, 2007; MacPerson, 1988; Shumway-Cook and Woollacott, 2007).

## 결론

이상에서 결과를 분석한 바와 같이, 12주간의 산림걷기 운동이 실내 트레드밀걷기 운동보다 하지 근력, 심폐지구력, 하지 유연성, 민첩성/평형성, 그리고 보행의 박자, 보행의 속도, 보행의 안정성에서 더 크게 향상을 보였다.

따라서 본 연구는 노인들의 기능적 체력과 보행형태를 향상시키기 위하여 감각신경과 운동신경을 기능적으로 통합시킬 수 있는 산림걷기 운동이 실내 트레드밀걷기 운동보다 더 효과적인 것으로 평가되고, 산림 걷기 운동이 보행형태를 향상시켜 역동적인 생활과 낙상 예방을 할 수 있는 효과적인 운동방안이라고 제안한다.

## 감사의 글

이 논문은 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## References

- Bergin, P.S., Bronstein, A.M., Sancovic, S., and Zeppenfeld, D.K. 1995. Body sway and vibration perception thresholds in normal aging and in patients with polyneuropathy. *Journal of Neurology, Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, March 58(3): 335-400.
- Bernstein, N. 1967. *The coordination and regulation of movements*. London Pergamon press.
- Berthoz, A. and Pozzo, T. 1994. Head and body coordination during locomotion and complex movements. In S.P. Swinnen, H. Heuer, J. Massion, and P. Casaer(Eds), *Interlimb coordination: Neural, dynamical, and cognitive constraints*. pp. 147-165. San Diego, Academic Press.
- Boyle, M. 2010. *Advances in functional training: Training technique for coaches, personal trainers and athletes*. On

- Target Publications.
- Brill, P.A., Probst, J.C., Greenhouse, D.L., Schell, B., and Macera, C.A. 1998. Clinical feasibility of a free-weight strength-training program for older adults. *Journal of American Board of Family Practice* 11(6): 445-51.
- Brown, M., Sinacore, D.R., and Host, H.H. 1995. The relationship of strength to function in the older adult. *Journal of Gerontology* 50: 55-59.
- Chandler, J.M., Duncan, P.W., Kochersberger, G., and Studenski, S. 1998. Is lower extremity strength gain associated with improvement in physical performance and disability in frail, community dwelling elders? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 79(1): 24-30.
- Choi, J. 2011. Effects of Forest Exercise on the Daily Activity-related Physical Function and Balance in the elderly. *The Korean Journal of Physical Education* 50(6): 465-473.
- Cromwell, R.L., Newton, R.A., and Forrest, G. 2001. Head stability in older adults during walking with and without visual input. *Journal of Vestibular Research* 11(2): 105-14.
- Davids, K., Button, C., and Bennett, S. 2008. Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach. Champaign IL: Human Kinetics.
- Erim, Z., Beg, M.F., Burke, D.T., and De Luca, C.J. 1999. Effects of aging on motor-unit control properties. *Journal of Neurophysiology* 82: 2081-2091.
- Fiatatone, M.A., Marks, E.G., Ryan, N.D., Meredith, C., Lipsitz, L.A., and Evans, W.J. 1990. High intensity strength training in nonagenarians. *Journal of the American Medical Association* 263: 3029-3034.
- Gambetta, V. 2007. Athletic development. Champaign IL: Human Kinetics.
- James, O.J. 1993. Balance improvements in older women: Effects of exercise training. *Physical Therapy* 73(4): 254-262.
- Kelso, J.A.S. and Tuller, B.A. 1984. A dynamical basis for action systems. In Gazanniga, M.S. (Eds.), *Handbook of cognitive neuroscience*. NY, Plenum Press: 321-356.
- Kerrigan, D.C., Todd, M.K., Croce, U.D., Lipsitz, L.A., and Collins, J.J. 1998. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 79: 317-322.
- Kollegger, H., Baumgartner, C., Wober, C. Oder, W., and Deecke, L. 1992. Spontaneous body sway as a function of sex, age, and vision: posturographic study in 30 healthy adults. *European Neurology* 32(5): 253-259.
- Lord, S.R. and Castell, S. 1994. Physical activity program for older persons: Effect on balance, strength, neuromuscular control, and reaction time. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 75: 648-652.
- Lord, S.R., Ward, J.A., Williams, P., and Strudwick, M. 1995. The effect of a 12 month exercise trial on balance, strength and falls in older women: A randomized controlled trial. *Journal of The American Geriatrics Society* 43: 1198-1206.
- McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L. 2001. Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance. Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins.
- MacPerson, J. 1988. The neural organization of postural control: do muscle synergies exist? In: Amblard B., Berthoz A., Clarac F.(Eds) *Posture and gait: development, adaptation and modulation*. Amsterdam, Elsevier: 381-390.
- Meuleman, J.R., Brechue, W.M., Kubilis, P.S., and Lowenthal, D.T. 2000. Exercise training in the debilitated aged: Strength and functional outcomes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 81: 312-318.
- Mills, E.M. 1994. The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength. Flexibility. and balance among sedentary elderly persons. *Nursing Research* 43(4): 207-211.
- Nashner, I.M. 1990. Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurologic Clinics* 8(2): 331-349.
- Newell, K.M. 1986. Constraints on the development of coordination. pp. 341-360. In M. G. Wade & H, T. A. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Boston, Martinus Nijhoff.
- Patla, A.E. 1997. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait and Posture* 5: 54-69.
- Riccio, G.E. and Stoffregen, T.A. 1988. Affordances as constraints on the control of stance. *Human Movement Science* 7: 265-300.
- Rose, D.J. 2003. Fall proof. A comprehensive balance and mobility program. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Rubenstein, L.Z., Josephson, K.R., Trueblood, P.R., Loy, S., Harker, J.O., Pietruszka, F.M., and Robbins, A.S. 2000. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *Journal of Gerontology and Biological Sciences and Medicine Science* 55(6): 17-21.
- Schmidt, R.A. 1988. Motor and action perspectives on motor behavior. pp. 3-44. In Meijer & Roth (Eds.), *Complex movement behavior: The motor-action Controversy*. Elsevier Science Pub.
- Shumway-Cook, A. and Woollacott, M.H. 2007. *Motor control: Translating research into clinical practice(3rd)*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Spiriduso, W.W., Francis, K.L., and MacRae, P.G. 2005. *Physical dimensions of aging(2nd)*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Sullivan, D.H., Wall, P.T., Bariola, J.R., Bopp, M.M., and Frost, Y.M. 2001. Progressive resistance muscle strength training of hospitalized frail elderly. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 80: 503-509.
- Turvey, M.T. 1990. Coordination. *American Psychologist* 45: 938-953.