

The Scientific Analysis of Aged' Shoe for Health Promotion

Young-Wan Jin¹ and Yi-Sub Kwak^{2*}¹Department of Special Physical Education Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea²Department of Physical Education Dong-Eui University, Busan 614-714, Korea

Received August 8, 2011 / Revised September 6, 2011 / Accepted September 8, 2011

The purpose of this study was to analyze and compare the effects of exercise science of shoes for Aged' health promotion. Kinematic and kinetic data were collected using cinematography and the Zebris system (Zebris Emed Sensor Platform, GR-DVL9800) to analyze pressure of foot and ground reaction force. Subjects recruited were 20 healthy elderly men. They walked at 1.36m/sec velocity wearing type A (domestic), type B (foreign) and walking shoes (A company). One-way ANOVA was used to analyze statistics. The results were as following: no significant differences were observed in gait variables among the three groups ($p < 0.05$). There was a significant difference in max pronation angle of heels examined among the three groups ($p < 0.05$). There were no significant differences in kinetic variables (ground reaction force and max pressure) among the three groups ($p < 0.05$). A physiology study was performed to analyze the effects of walking with shoes with silver added to them on percent body fat, resting metabolic rate and energy expenditure. Sixty adults males were recruited from the public health center. They were divided into four groups. C: control group (n=20), EY: elderly Y group (n=20), and EO: elderly O group (n=20). The results of this study were as follows: percent body fat was decreased following each exercise period, however, not all the groups showed a significant difference. The change of resting metabolic rate was significantly increased in HI (high intensity) and LI (low intensity) periods in the C and EY groups. However, there was no significant difference in the EO group. The mean energy expenditure during and after exercise were significantly lowered in all periods compared to the control group.

Key words : Walking shoe, resting metabolic rate, kinematic and kinetic

서론

건강한 고령자라 하더라도 노년기에 접어들면 기초대사율이 감소하게 되는데 이것은 생리학적으로 활성조직인 근육량의 감소와 밀접한 관계가 있다[13]. 그러나 운동은 체지방량을 감소시키고 근육량을 증가시킴으로써 이러한 체성분의 변화를 인체에 유익한 방향으로 조절하는 효과가 있다[12]. 한편 노화가 진행될수록 활동량 자체도 젊을 때에 비해 감소하고, 만성질환에 자주 노출 되어 신체적으로 불편한 생활을 하게 된다. 한편, 노화과정과 병행하여 일어나는 심혈관계 질환이나 비만, 당뇨, 골다공증 등의 만성퇴행성 질환들은 운동부족에 의하여 가속화된다고 알려져 있다[14]. 그러나 규칙적인 유산소 운동시 노화에 따른 심박출량의 감소, 최대산소 소비능력의 저하 등을 개선하는 효과가 있다[5]. 이러한 고령자의 건강을 지키기 위한 운동으로 걷기와 달리기 등이 사용되고 있는 실정이다. 일반적인 걷기와 달리기 시에 발을 보호하는 중요한 도구는 신발이다. 만일 신발의 설계와 평가가 운동과학을 무시하고 제조되었다면 발이 가지고 있는 고유의 형태와

기능의 결여로 부상을 입게 된다. 이제 국민소득 수준의 향상으로 삶의 질 향상에 대한 욕구가 높아짐에 따라 고가 및 고품질의 기능성 신발에 대한 수요가 증가하고 있어 운동과학이 접목된 기술개발이 시급한 실정이다. 실버화의 가장 중요한 기능은 충격력 흡수와 안정성에 있다고 볼 수 있다. 선진국으로부터 수입된 실버화는 인종, 지역에 따라 신체적 차이로 인해 우리나라 고령자들이 착용하기에는 상당히 문제가 있을 수 있으므로 독자적 연구개발의 필요성이 크다. 현재까지 선보이고 있는 실버화는 노인들의 관절에 무리가 가지 않도록 가벼운 소재를 사용하고 신발을 신고 벗기 편하도록 설계되고 있다. 신발을 연구하는 사람들은 이구동성으로 "노인은 일반 인과는 다르게 신발의 무게 부담, 신발을 신고 벗는 문제, 보행 안정성이 떨어지는 문제를 가지고 있어 이를 해결하는 것이 실버화의 기술 경쟁력이 되고 있다"고 말한다[2]. "지금까지 실버 세대가 신었던 신발은 그들의 특성을 고려한 것이 아니라 젊은 사람 위주의 디자인과 소재가 적용돼 왔다"며 "최근 관절염과 당뇨병 등을 고려한 신발들이 선을 보이고 있다"고 말했다. 이는 지금까지 업체들의 주 타겟이 젊은 사람이어서 실버 신발을 개발하려는 의지를 갖지 않았지만 고령화가 이슈로 부각되면서 관련 업체들도 발 빠르게 대응하고 있음을 보여준다.

***Corresponding author**

Tel: +82-51-890-1546, Fax: +82-51-890-2643

E-mail: ysk2003@deu.ac.kr

국외의 여러 학자들도 일상생활에서 신발의 중요성을 강조하기 위하여 연구들을 실시하였다. Murray 등[7]은 건강한 노인들의 걷기형태 연구에서 걷기속도는 스트라이드 길이와 빈도에 신발이 많은 영향을 미친다고 발표하였다. Imms & Edholdm [3]은 노인들의 걸음걸이와 움직임을 연구하였는데 보폭은 신체적 컨디션과 노면의 상태에 따라서 신발의 역할이 달라지며 걸음걸이도 달라진다는 연구 결과를 발표하였다. Nigg [8,9]는 건강한 노인들을 대상으로 가벼운 조깅을 실시한 연구에서 신발의 경도에 따라서 발 뒤꿈치의 회내, 회외가 많은 차이를 보였다고 발표하였다. Daniel & Patricia [1]는 건강한 일반인과 비만 노인들의 걷기형태의 연구에서 비만의 정도에 따라서 걷기형태와 속도가 영향을 미친다는 결과를 발표하였다. Winter [16]는 연령에 따라서 걷기와 달리기의 형태가 변한다고 연구하였으며 신발의 종류에 따라서 움직임의 형태가 달라진다는 결과를 발표하였다. Jorgenson [4]은 달리기 연구에서 발뒤꿈치 착지 시에 신체에서 받는 충격은 신발과 지면의 관계가 쿠션역할을 하기 때문에 신발의 기능이 아주 중요하다는 결과를 발표하였다. Williams [15]는 건강한 사람들의 다이나믹한 달리기 연구에서 하지각 관절의 절대각의 움직임은 신발이 많은 영향을 미친다는 결과를 발표하였다. 대부분의 운동기능학적 연구방법은 걷기나 달리기 시에 발의 압력 분포, 하지 근육들의 쓰임새 조사, 운동자세와 운동성능과의 상관관계를 검증하는 방법을 선택하였다. 실버화는 발과 다른 신체를 보호하는 용구이며 수명 연장을 좌우할 수 있을 만큼 중요한 장비이다. 실버화의 여러 요소에 대한 운동기능학적, 운동생리학적 연구가 수행되어야만 진정한 인간의 성능을 높일 수 있는 실버화를 개발할 수 있을 것이다. 이와 같이 국내외 여러 분야에서 많은 연구개발들이 이루어지고 있지만 직접 우리 노인들에게 착용시켜서 국내·외 실버화에 대한 운동기능학적 분석, 운동생리학적 비교분석을 통하여 과학적인 데이터를 제공함으로써 건강증진뿐 만 아니라 부상예방에도 중요한 역할을 할 수 있는 기초자료를 제공하는 연구는 미미한 실정에 있다. 따라서 본 연구는 첫째, 운동기능학적 분석을 통하여 노인에게 적합한 신발을 결정하고 둘째, 운동생리학적 분석을 통하여 대사량관련 변인분석과 동시에 EPOC을 분석하는 것이 연구목적이다.

재료 및 방법

실험대상자의 특징

특별한 질병을 가지고 있지 않은 남자 어른들 20명을 대상으로 하였으며, 평균나이는 62.78±4.32세, 신장은 170.89±3.56 cm 그리고 몸무게는 75.12±8.76 kg이었다. 실험 전 실험에 대한 충분한 설명을 하고 동의서를 받은 후 데이터를 수집하였다.

실험에 사용된 장비 및 신발

실험에 사용된 장비는 Table 1과 같으며 사용된 신발(Fig. 1)은 국내의 유명 실버화와 노인들이 일반적으로 많이 착용하는 운동화를 사용하였다.

운동기능학적 실험절차

본 실험은 영상분석, 족 저압분석 그리고 지면반력분석을 하였으며 6대의 비디오카메라가 설치된 실험실에서 실측치를 위해 좌표 측정대를 먼저 촬영한 후 제거 하였다. 이때 촬영속도는 100 frames/sec로 하였다. 대상자들은 해부학적 경계점에 반사마크를 부착하여 데이터의 수집에 정확성을 꾀 하였다. 약 20분 동안의 충분한 준비운동을 실시 한 후 압력분포 판과 지면반력 분석이 가능한 트레이드밀(Zebris Emed Sensor Platform, GR-DVL9800)에서 실제 노인들의 일반적인 걷기속도(약 1.36 m/sec)로 각각의 신발을 착용하여 각각3회 실시하여 운동학적 자료 및 운동역학적 자료를 선택하였다[1,11].

자료처리

본 연구에서 실험의 결과처리는 SPSS WIN 통계 package를



Fig. 1. Aged's shoes.

Table 1. Instrument of kinesiology

Equipment	Company	Model
6 Video camera	Samsung	SHC-650A
Kwon 3D	Visol	Visol, Korea
Computer	Samsung	Sens R440
Zebris Emed sensor platform	Zebris Medical GmbH	GR-DVL9800
Tripod	Velbon	FDM-T System
Illumination	LPL	Velbon VGB-36
Computer	Samsung	LPL VL302
Video camera	JVC	Magic station mv40JVC

이용하여 일원분산분석법(One-Way ANOVA)으로 통계처리 하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의수준을 검정하였다.

운동생리학적 실험

운동 기능학적 분석을 통하여 노인에게 가장 적합하다고 판정된 실버화를 착용하고, 충분한 워밍업을 실시한 다음, 실제 걷기를 감안한 트레드밀에서 30분간 걷기를 실시한 후 Gas 분석기를 통하여 위의 두 가지 조건에서 다음변인들을 분석하였다.

실험대상자의 특징

운동 생리학적 연구를 수행하기 위해 성인 통제군(Control)과 젊은 노인그룹(Elderly Y) 및 나이든 노인그룹(Elderly O)로 구분하였다.

위의 대상자들로 실버화를 착용하게 한 후 안정시기, 최대운동부하시기, 고강도운동부하시기, 및 저 강도 운동부하시기의 4시기로 나누어 운동을 한 후 노인에게서도 운동의 효과가 나타나는지를 확인하기 위해 대사 값을 비교 분석하였다.

통제군으로 우선 체지방율, 최대산소섭취량 등을 함께 고려한 성인남성 20명(47.25±2.73세, 173.45±4.19 cm, 몸무게 78.52±5.67 kg)을 선정하였다. 그리고 실험군은 젊은 노인그룹(62.78±4.3세, 신장은 170.89±3.56 cm, 몸무게는 75.12±8.76 kg)과 나이든 노인 그룹으로 구분하였다(68.35 ±3.45세, 신장 166.22±1.84 cm, 몸무게 68.47 kg).

실험 장비

본 연구의 목적을 수행하기 위해 다음과 같은 실험도구를 이용하였다(Table 2). 항온·항습 장치가 겸비된 운동생리학 실험실에서 InBody 720을 이용하여 체성분 검사를 실시하여 본 연구에 필요한 체지방율(%)과 신장 및 체중을 측정하였다. 동일 반복 측정 후 평균치를 산정하여 사용하였다. In Body 720을 이용하여 체성분 검사를 실시하여 본 연구에 필요한 체지방율(%)을 조사하였다. MMX3B를 이용하여 가장 중요한 자료인 운동 시 및 운동 후 대사량을 측정하였으며, 최대산소 섭취량은 Bruce protocol을 입력하여 트레드밀이 자동 제어되도록 하여 이용하였다. Meta Lyzer 3B를 이용하여 각 운동 처치 후 안정시 대사량을 측정하는데 사용되었다.

운동생리학적 실험절차

본 연구를 수행하기 위하여 우선 In Body 720으로 매 시기마다 골격근 양, 체지방량, 제지방량, BMI, 체지방률, 복부지방률, 예측 기초 대사량 및 골밀도를 측정하였다. 또한 Meta Max 3B, Meta Lyzer 3B (휴대용가스분석기) 및 트레드밀을 이용하여 안정 시 산소섭취량, 최대산소 섭취량, 운동 후 초과 산소소비량과 안정시대사량을 분석하였다. 그리고 매 시기마다 에너지 기질과 관계되는 생화학 성분을 분석하였다. 모든 연구는 온도, 습도 및 조명이 제어된 운동생리학 실험실에서 실시하였고 본 실험실에서 안정시대사량, 최대산소 섭취량, 운동 후 초과 산소 섭취량 및 관련변인 들을 측정하였다. 안정 시 대사량의 측정은 전문분석 기기인 Meta Lyzer 3B를 실험실에 대어하여 운동부여 다음날 이른 아침에 피험자를 실험실에서 수면하게 한 후 측정하였으며, 측정값이 기초대사량이긴 하나 기초대사량 값에 영향을 주는 요인들이 많아서 안정 시 대사량 값으로 산정하였다. 그리고 모든 대상자에게 연구의 목적과 의도를 충분히 설명하였고, 피험자 모두는 실험기간 동안 특정 식이 요법에 참가하지 않도록 하였으며, 약물의 복용과 다른 신체적 활동은 제한하였다. 특히 실험기간 중에는 다른 특성의 운동을 못하도록 실험 통제하였으며 기간 중에 음주와 흡연도 금지하도록 하였다. 운동 실험 전 실험 기구에 대한 전반적인 적응훈련을 실시하였으며, 본인이 원할 경우 얼마든지 실험을 그만두어도 좋다는 제반사항이 포함된 실험 참가동의서를 받았다.

최대산소 섭취량은 Meta Max 3B를 이용하여 Breath-by-breath 방법으로 측정하였고(Bruce protocol), 다른 관련 자료들이 컴퓨터에 제어되어 있어, 실험 후 입력된 자료를 분석하였다.

운동강도는 최대 산소섭취량을 측정하여 최대산소 섭취량의 75% (HI)와 40% (LI)를 적용하여 경사도 및 속도를 제어한 후 30분간 운동부여하였다.

운동 후 초과산소섭취량(EPOC)은 운동 종료 후 피험자가 바로 의자에 앉은 후 측정하였고, 측정 종료 시기는 이미 측정된 심박수와 산소 소비량을 고려하여 실험하였다. 측정하는 동안 호흡수(RR), 호흡상(RER), 에너지소비량(Energy expenditure) 등의 호흡가스성분 및 EPOC의 양과 지속시간 등을 비교 분석하였다. 아울러 같은 운동량 부여 시 그룹별 대사량 값을 비교 분석하기 위해 각 운동 강도별 통제군의 30분간

Table 2. Instrument of exercise physiology

Instrument	Company, Model	Mode
Treadmill	Track Master(U.S.), TM(500)	Exercise protocol
Gas analyzer	CORTEX(GER), Meta Lyzer 3B MMX3B(GER)	Respiration analysis
Body composition analyzer	InBody 720	Body composition analysis

에너지 소비량 값을 기준으로 본 연구의 대상자에게 같은 에너지 소비량 값이 나오도록 운동을 부여 한 후 시기별 초과산소 섭취량 및 에너지 대사량 값을 비교 분석하였다. 안정 시 대사량의 측정은 매 시기마다(이른 아침) 피험자들이 식후 10-12시간이 경과하면 활동을 최대한으로 자제한 후 실험실에도착하여 충분히 휴식을 취하고 침대에 누워서 안정을 취한 후 Meta Lyzer 3B (실내전용 breath by breath 방식의 호흡가스분석기)를 이용하여 측정을 하였다. 본 컴퓨터에 장착된 기자재는 안정 시 대사량 측정 시 다른 요인 등에 의하여 변동이 있을 경우 자동 측정이 되지 않도록 되어 있어 대체로 정확한 값을 측정할 수 있는 장점이 있다. 위에서 제시한 실험절차에 따라서 안정시대사량을 전체적으로 2번 측정하였고, 두 번의 대사량 측정이 ±5%의 오차범위를 넘을 때는 다시 측정하여 근사치 두 값을 취하였다. Meta Lyzer 3B를 이용하여 안정시대사량을 측정하면, 안정 시 환기량 중 탄수화물, 지방, 단백질의 동원을 비교할 수 있고 평균 산소섭취량과 이산화탄소 배출량 값을 알 수 있으며, 안정시대사량의 예측 값과 실측 값을 알 수 있을 뿐만이 아니라 정확한 값을 얻을 수 있는 장점이 있다. 모든 피험자의 체구성비는 실험 최초 측정하여 그룹을 구분하는 데에 참고하였고, 실험 후 매 시기마다 실시하였으며 체지방률, 기초대사량 및 EPOC을 측정하였다. 피험자는 체구성비를 측정하기 전에 48시간이상 금주를 하게 하였고, 12시간 전부터는 운동을 삼가게 하였다. 그리고 측정 전 음료수나 물의 섭취를 금지 시켰으며, 30분전에 배뇨를 하도록 하여 가능한 한 정상적인 체내 수분 상태를 유지하도록 하였다.

결 과

1차 운동기능학적 분석

운동학적 분석

영상분석은 오른쪽 발을 기준으로 분석하였다. 영상분석결과 모든 변인에서 통계적으로 유의한 차이($p < 0.05$)는 나타나지 않았지만 각각 변인들의 평균에서 약간의 차이를 보였다(Table 3). 걸음걸이의 척도가 되는 한 스텝의 길이는 같은 사람이 단지 신발을 다르게 사용하여 걷는데도 길이가 약간의 차이(91.25±10.55 cm, 92.75±9.73 cm, 92.58±11.46 cm)를 보였다. 스트라이드의 길이는 일반적으로 오른발과 왼발의 한 스텝씩을 더한 값으로 나타내는데 본 연구에서 밝혀진 내용에

따르면 왼발과 오른발의 각각의 스텝의 길이가 항상 같지 않는 것으로 나타났으며 신발의 종류에 따라서 동일한 실험대상자 일지라도 다르게 나타났(175.21±25.92 cm, 179.61±19.33 cm, 178.69±23.06 cm). 발목의 움직임범위(ROM)은 각각 신발을 처음 착용하여 측정하였는데 세가지 종류의 신발 모두 거의 차이가 없는 값으로 나타났으며 신발이 발목의 움직임범위(20.15±4.50°, 20.10±3.32°, 20.12±2.78°)에는 특별한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 실험에 앞서 대상자들에게 일상적인 생활 속에서 걷는 속도로 걸으라고 주문하여 세가지 종류의 신발을 각각 착용하여 실험에 참가한 걷기속도는 거의 비슷하게 나타났으나 스텝의 길이와 스트라이드의 길이에서 나타난 결과와 같이 속도 또한 약간의 차이를 보였다(1.37±1.25 m/sec, 1.35±58 m/sec, 1.36±0.95 m/sec).

각 관절의 절대 각 연구에서는 통계적으로 모든 변인에서 유의한 차이(유의수준 $p < 0.05$)를 나타내지 않았지만 Williams [15]한 각 관절의 절대 각을 가지고 연구한 결과(Fig. 2, Table 4)는 먼저 발목관절의 움직임 중 배측굴곡의 값(14.23±2.7°, 13.08±3.1°, 13.51±2.5°)과 저측굴곡의 값(10.71±3.2°, 11.38±4.1°, 10.54±3.9°)은 세가지 종류에서 거의 비슷하게 나타났으며 배측굴곡값과 저측굴곡값의 차이를 보면 발목의 움직임범위(ROM)의 값과 연관해서 보면 걷기의 속도에 발목의 활발한 움직임이 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이들의 최대값 타이밍 역시 속도의 빠르기 순서와 같이 나타났다. 무릎관절 각의 첫 번째 피크각도 값과 최대 피크각도 값은 발목관절의 움직임과 같은 순서대로 피크값을 보여주고 있다.

Nigg [10]은 달리기에 영향을 미치는 운동학적 및 운동역학적 연구에서 사용한 후속각 연구의 정의를 사용하였으며 신발의 연구에서 중요한 부분을 차지하는 후속각 연구는 발뒷꿈치의 최대회내동작에서 세집단간에 유의한 차이($p < 0.05$, $F=2.658$)를 보였다(Table 4). 무릎관절각도의 피크값의 타이밍 또한 발목관절각도의 피크 타이밍과 같은 순서대로 나타났다(Fig. 3, Table 5). 엉덩관절의 굴곡최대각도와 굴곡각 최대값 타이밍은 발목관절의 값, 무릎관절의 값들과 같은 순서대로 나타난 결과를 보여주고 있다.

운동역학적 분석

걷기동작시에 족저압변인과 지면충격력의 변인은 통계적으로 유의한 차이($p < 0.05$)는 나타나지 않았지만 충격력과 관련된 최초 오른발의 수직지면 반력(impact force) 크기는 일반

Table 3. Gait characteristics of subject

Variable	A shoe	B shoe	Walking shoe	F
Step length (cm)	91.25±10.55	92.75±9.73	92.58±11.46	1.531
Stride length (cm)	175.21±25.92	179.61±19.33	178.69±23.06	1.527
Ankle range of motion (°)	20.15±4.50	20.10±3.32	20.12±2.78	1.502
Velocity (m/sec)	1.37±1.25	1.35±58	1.36±0.95	1.565

$p < 0.05$, sig.=0.272

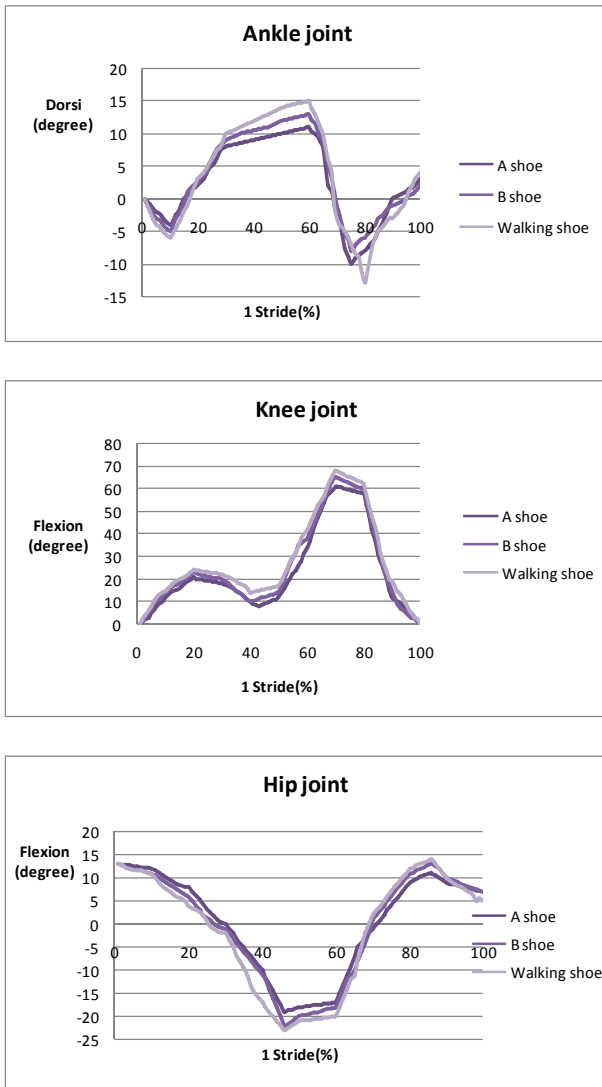


Fig. 2. Joint angle of Stride.

Table 4. Joint absolute angle

Variable	A shoe	B shoe	Walking shoe	F
Ankle				
dorsi max angle (°)	14.23±2.7	13.08±3.1	13.51±2.5	1.621
plantar max angle (°)	10.71±3.2	10.38±4.1	10.54±3.9	1.548
dorsi angle max timing (%)	58±7	58±4	58±5	1.506
plantar angle max timing (%)	75±8	73±5	74±2	1.603
Knee				
flex first peak angle (°)	24.42±3.5	23.59±2.6	24.75±4.2	1.535
flex max peak angle (°)	61.19±2.8	65.17±5.8	68.31±9.3	1.738
flex angle first peak timing (%)	20±1	20±2	20±1	1.502
flex angle max peak timing (%)	70±2	70±1	68±1	1.547
Hip				
exten max angle (°)	-19.23±2.1	-21.15±5.4	-23.72±7.2	1.834
exten angle max timing (%)	47±2	47±1	46±1	1.536

p<0.05, sig.=0.263

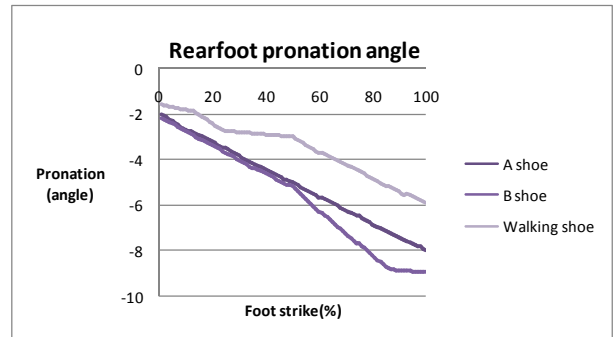


Fig. 3. Rearfoot pronation angle.

걷기용 신발(611.05±29.39 N), A형 신발(585.81±31.27 N) 그리고 B형 신발(582.33±22.54 N) 순서로 나타났다. 걷기속도에 관계되는 미는 힘(active force)은 B형 신발(571.91±18.52 N)에서 가장 크게 나타났으며 다음으로 일반 걷기용 신발(565.43±15.10N) 그리고 A형 신발(558.63±19.39N)순으로 나타났다 (Fig. 4, Table 6).

걷기 동작 시에 신발바닥에 가해지는 압력의 연구에서는 아웃솔의 경도가 약하고 쿠션이 좋은 B형 신발에서 압력이 가장 높은 것(15.51±3.10 N/cm²)으로 나타났으며 다음으로는 일반걷기용 신발(14.91±2.59 N/cm²) 그리고 A형(14.52±1.25 N/cm²)신발의 순서로 나타났다(Fig. 5, Table 6).

족저압 중심압력의 변화(Fig. 6, Table 6)는 신체무게중심 이동의 변화에 영향을 받는 것으로 나타났으며 중심선에서 이탈한 범위(1.2±0.51 cm, 1.5±0.71 cm, 1.4±0.23 cm)는 B형의 신발에서 큰 값으로 나타났다.

운동생리학적 분석

운동 강도에 따른 체지방률의 변화

3그룹에서의 운동 강도별 피험자의 체지방률의 변화는

Table 5. Rearfoot pronation angle (heel angle (Θ)-tibia angle (Θ))

Variable	A shoe	B shoe	Walking shoe	F
Heel contact angle ($^{\circ}$)	-2.1 \pm 0.73	-2.3 \pm 1.05	-1.5 \pm 0.49	2.154
Max pronation angle ($^{\circ}$)	-7.2 \pm 2.45	-9.3 \pm 2.18	-5.7 \pm 1.82	2.658*

$p < 0.05$, sig.=0.261

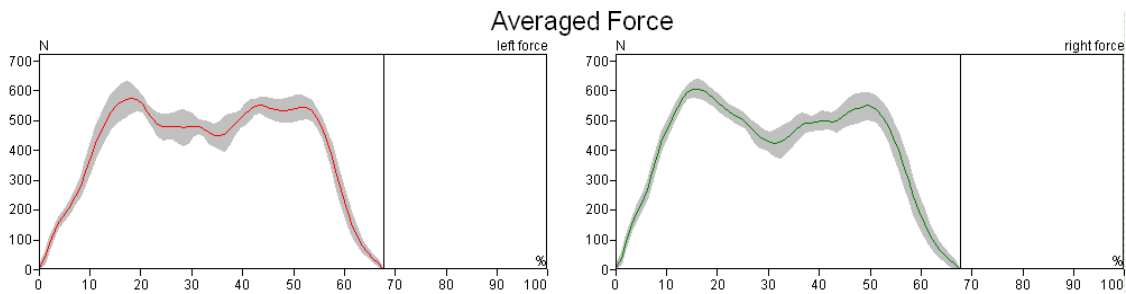


Fig. 4. Vertical reaction force.

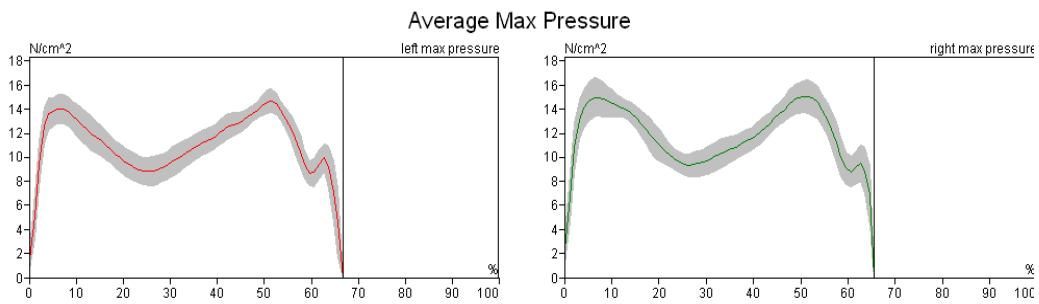


Fig. 5. Average Max Pressure.

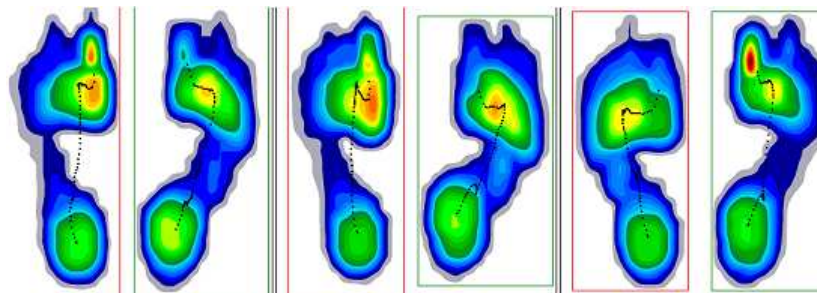


Fig. 6. Center of pressure

Table 7에 나타나 있다. 우선 체지방율의 변화는 C, EY 및 EO 그룹에서 실험처치별 감소가 나타났으며, C그룹에서 가장 크게 나타났고, 시기별로는 LI시기가 가장 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

운동 강도에 따른 안정 시 대사량의 변화

서로 다른 훈련 상태를 나타내는 3그룹에서의 운동 강도별 피험자의 안정시대사량의 변화는 Table 8에 나타나 있다. Table 8에 나타나 있듯이, 안정시대사량의 변화는 그룹별 용이

한 비교를 위하여 체표면적으로 나눈 값으로 표기하였다. C 그룹에서는 운동 강도의 변화에 따라 안정 시 대사량이 증가하였는데 특히, 고강도 운동과 저 강도 운동 후에는 대사값이 크게 증가하여 통계적으로도 의미 있는 값을 보였다($p < 0.05$). 그리고 EY 그룹에서는 HI 시기, 및 LI 시기에서 안정 시 대사량의 증가가 나타났으며, 특히 저 강도 운동시기인 LI 시기에 통계적으로 유의하게 증가하였으며($p < 0.05$), 저 강도 운동에서 가장 높은 값을 나타내었다. EO그룹에서도 약간의 증가는

Table 6. Peak ground reaction force and Max pressure

Mean (SD)	A shoe	B shoe	Walking shoe	F
Vertical peak force (N)				
Right foot				
impact force	585.81±31.27	582.33±22.54	611.05±29.39	1.649
active force	558.63±19.39	571.91±18.52	565.43±15.10	1.835
Max pressure (N/cm ²)				
Right foot				
impact pressure	14.52±1.25	15.51±3.10	14.91±2.59	1.521
active pressure	15.21±2.05	15.80±3.41	14.71±2.05	1.517
Lateral center of gravity				
Excursion (cm)	1.2±0.51	1.5±0.71	1.4±0.23	1.593

p<0.05, sig.=0.265

나타났으나 통계적인 차이를 나타내지 못했다(p>0.05).

운동 강도에 따른 평균 에너지 소비량의 변화

서로 다른 훈련 상태를 나타내는 3그룹에서의 운동 강도별 피험자의 평균에너지 지출량의 변화는 Table 9에 나타나 있으며, 운동중과 운동 후 30분간의 에너지 지출량의 평균값을 나타낸 것으로 시기별 C그룹에 대하여 다른 그룹을 비교 하였다.

우선 고강도 운동 시 C 그룹에 비해 EY, EO 그룹에서 낮은 에너지 소비량 값을 보였고, 모든 그룹에서 통계적으로 낮은 값을 보였다(p<0.05). 그리고 이러한 결과는 저 강도 운동에서도 같은 경향을 보이며 나타났는데, 저 강도 운동 시 평균 에너지 지출량은 C 그룹에서 8,962.4 kcal/d 의 값을 보인 반면 EY, EO 그룹에서는 각각 8,968 kcal/d, 6,417 kcal/d 값을 나타내어 모든 그룹에서 통계적으로 낮은 값을 보였다(p<0.05). 한편, 운동 후 에너지를 나타내는 EPOC시기에서는 고강도 운동 후 C 그룹이 8,266.2 kcal/d의 값을 보인 반면, EY, EO 그룹에서 각각 6,421 kcal/d, 5,264kcal/d 값을 보여 통계적으로도 유의한 차이를 나타내었다. 그리고 저 강도 운동 후 EPOC에서도 같은 경향을 보여 C 그룹에 비해 모든 그룹에서 낮은 값을 보였다(p<0.05).

고 찰

본 연구는 노인들의 일상생활에서 착용하는 건강증진용 신발을 대상으로 운동기능학적 연구와 운동생리학적 연구를 실시하여 신발들을 비교 분석하였으며 한 스텝의 길이는 신발의

Table 7. The percent body fat (%)

Group	RE	MA	HI	LI
C	23.4±3.23	22.1±2.21	21.8±3.11	21.1±1.28
EY	31.1±2.27	28.8±1.64	27.1±2.24	28.2±3.13
EO	32.5±3.32	32.4±2.45	32.2±1.25	32.0±2.16

C: Control young, EY: Elderly young, EO: Elderly old.
 RE: Resting, MA: Maximal, HI: High intensity, LI: Low intensity.
 * p<0.05, compare to RE.

Table 8. Resting metabolic rate (Kcal/day/m²)

Group	RE	MA	HI	LI
C	919.3±32.3	939.1±33.1	1056.4±36.5*	1113.5±52.3*
EY	894.1±31.3	912.2±29.1	976.5±31.1*	981.8±21.5*
EO	879.7±36.4	885.6±30.8	894.7±35.4	921.2±36.1

C: Control young, EY: Elderly young, EO: Elderly old.
 RE: Resting, MA: Maximal, HI: High intensity, LI: Low intensity.
 * p<0.05, compare to RE.

Table 9. Mean energy expenditure during and after exercise (Kcal/day)

Group	HIEE	LIEE	HIEEPE	LIEEPE
C	11,744.9±1175.2	8,962.4±1168.1	8,266.2±983.4	6,217.7±235.4
EY	9,764±722.3*	8,968±969.4*	6,421±869.2*	5,831±342.6*
EO	7,545±588.2*	6,417±631.8*	5,264±551.2*	5,117±335.8*

C: Control young, EY: Elderly young, EO: Elderly old.
 * p<0.05, compare to C.
 HIEE: high intensity exercise energy expenditure, LIEE: low intensity exercise energy expenditure, HIEEPE: high intensity exercise energy expenditure post exercise, LIEEPE: low intensity exercise energy expenditure post exercise.

종류와 상태에 따라서 걸음걸이를 다르게 한다는 증거로 설명할 수 있다. 즉 신발의 인솔, 미드솔, 아웃솔의 성질과 형태에 따라서 걸음걸이가 약간의 변화를 나타내고 있다고 생각된다. Winter [17]는 대체적으로 사람들 연령의 변화에 따라서 걷기와 달리기 형태가 변화한다고 발표하였으며, 이것은 노인들의 걷기 형태가 연령에 따라서 변한다는 사실과 같이 신발의 종류에 따라서 일상생활에서 움직임의 스텝이 달라진다는 좋은 증거 자료로 제시된다. 스트라이드의 길이는 건강증진용 신발의 아웃솔과 인솔의 종류에 따라서 걸음걸이가 다르게 나타나는 것으로 판단되며 일반걷기용 운동화의 경우에 오히려 보폭이 약간 감소하는 것으로 나타났다. 이것 또한 건강증진용 신발들은 아웃솔이 부드러우면서 약간의 토우컷(toe-cut)이 대부분 있어서 자신 있게 걸음걸이를 하여 보폭이 커지는 것으로 생각되며 일반걷기용 신발의 운동화는 심리적으로 운동화라는 생각으로 약간의 걷기형태가 다르게 나타나는 것을 볼 수 있었다. Imms & Edholdm [3]은 노인들의 걸음걸이와 움직임에 관한 연구에서 보폭은 신체적인 컨디션에 따라서도 움직임이 달라지지만 길 노면의 상태와 신발들의 상태에 따라서도 걸음걸이가 달라진다고 발표하였다. 이와 같은 결론은 본 연구와 일치하는 자료로 차후 신발의 설계에 관심을 가지고 접근해야 할 것으로 생각된다. 걷기속도는 Murray et al[7] 등이 연구한 건강한 노인들을 대상으로 한 걷기유형의 연구에서 걷기의 속도는 스트라이드 길이와 스트라이드빈도 등에 영향을 많이 받는다고 발표한 내용과 일치하는 결과로 나타났다. Daniel & Patricia [1]는 젊은 남자와 노인들의 걷기형태 비교연구에서 비만의 정도가 걷기형태와 속도에 영향을 미친다는 결과를 발표하였다. Winter [16]는 정상인과 하체장애인의 걷기동작을 대상으로 한 연구에서 걸음걸이는 일반적으로 걷기동작 시 발목관절의 움직임, 무릎관절의 움직임 그리고 엉덩관절의 움직임이 걸음걸이의 빠르기에 많은 영향을 미친다고 발표하였다. 발목관절, 무릎관절 그리고 엉덩관절의 움직임은 관절의 각도와 관절의 토크(torque) 값을 계산해서 서로 비교해 보면 더욱더 좋은 자료로서 뒷받침되고 생각된다. 또한 Winter et al [17]은 걷기 동작 시에 걷기속도와 관절의 움직임에서 하체관절의 각도변화와 관절의 토크값과의 연관성을 중심으로 결국에 걷기속도가 달라지고 있다는 형태를 구체적으로 설명하고 있다. 후족각의 차이는 신발의 경도 차이에 따른 결과로 생각된다. 걷기나 달리기 시 최초 발 뒤꿈치 접촉 시 발이 회내(pronation)되는 정도와 최대 회내가 되는 정도를 알아 본 결과 걷기속도가 가장 빠르게 나온 B형의 신발이 회내값($-2.3 \pm 1.05^\circ$)이 가장 크게 나타났으며 일반걷기용 신발에서 가장 작은 값($-1.5 \pm 0.49^\circ$)을 보여주고 있다. 이것은 Nigg [8]가 연구한 뒤꿈치에서부터 발가락 쪽으로 달리기(heel-toe running)시 신발의 미드솔과 아웃솔의 경도에 관한 연구에서와 같이 본 연구에서 사용된 신발의 미드솔과 아웃솔의 차이로서 B형 신발은 상당한 쿠션이 있었고 일반

걷기용 신발은 이들 보다는 미드솔과 아웃솔이 딱딱한 것으로 나타났다. 그렇지만 Nigg [9]의 연구결과와 같이 본 연구의 결과의 최대회내동작($-7.2 \pm 2.45^\circ$, $-9.3 \pm 2.18^\circ$, $-5.7 \pm 1.82^\circ$)의 결과는 발뒤꿈치 회내동작에 영향을 미치는 값을 보여주고 있다. 최초 오른발의 수직지면 반력은 신발의 경도의 차이에 따른 것으로 일상생활 속에서 걷기 동작 시에 노인들의 몸에 전달되는 충격을 완화해 준다는 큰 사실을 확인 할 수 있었다. 걷기속도에 관계되는 미는 힘은 충격력을 나타내는 수직 지면 반력과는 상반되는 결과로서 쿠션이 좋은 신발에서 자신 있게 지면을 미는 것으로 판단된다. 이것은 Nigg [10]가 부상과 스포츠신발과의 관계 연구에서 적당한 쿠션을 가진 신발을 착용하면 걷기속도와 편안함을 함께 가져 온다는 결과와 일치하는 것으로 차후 더욱더 자세한 충격과 걷기속도와의 관계를 연구하여 신발 개발연구에 활용하면 좋은 자료가 될 것으로 생각된다. 걷기 동작 시에 신발바닥에 가해지는 압력의 연구 결과는 지면반력의 연구에서와 같이 쿠션이 좋은 신발은 오래도록 지면을 꼭 누르면서 걷는 것을 알 수 있으며 아웃솔이 딱딱한 신발 일수록 족 저압이 작게 나타나는 경향을 보여주고 있다. 이것은 Jorgensen [4]의 달리기 동안 발뒤꿈치 착지 시 신체에서 받는 충격의 연구에서 신발과 지면의 쿠션역할은 아주 중요하다고 발표한 연구의 족 저압 데이터와 비슷한 결과로 나타났다. 족 저압중심의 움직임 범위는 걷기동작 시에 미드솔과 아웃솔의 영향을 받는 다른 변인들의 결과와 일치하며, Daniel & Patricia [1]가 발표한 젊은 사람과 노인들의 걷기 동작 비교연구에서 신체무게중심의 변화 그리고 족 저압의 변화는 노인들의 걸음걸이에서 움직임곡선이 중심에서 많이 이탈하는 것으로 발표하였다.

노인들의 일상생활에서 착용하는 건강증진용 신발을 대상으로 운동 생리학적 부분을 살펴보면 체지방율의 변화는 모든 그룹에서 감소는 하였으나, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 체지방율의 변화를 가져오기 위해서 일시적인 운동이 아닌 규칙적이고 장기적인 운동이 필요할 것으로 사료되어지며[6], 노인들이 건강증진용 기능화를 장기적으로 착용하여 운동할 경우 체지방율에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료되어진다.

피험자에 따른 안정 시 대사량을 살펴보면 C 그룹, EY그룹, EO그룹 순으로 나타났는데, 이는 나이가 들어 감에 따라 근육량이 줄어들기 때문이라고 사료되며, 운동 강도에 따른 안정 시 대사량의 변화를 살펴보면 C 그룹과 EY그룹은 운동강도의 변화에 따라 안정 시 대사량이 증가하였고, 고강도 운동과 저강도 운동 후에 대사 값이 유의하게 증가 하였는데, 이는 최대 운동부하보다 고강도와 저 강도의 운동이 안정 시 대사량의 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 반면 EO그룹에서는 안정 시 대사량이 운동 강도에 따라 증가는 하였으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 EO 그룹은 다른 그룹에 비해 근육량이 작고 체중과 체표면적이

줄었기 때문으로 사료된다.

서로 다른 운동강도를 나타내는 3 그룹에서의 운동 강도별 피험자의 평균에너지 지출량의 변화는 고강도 운동과 저 강도 운동 시 C 그룹에 비해 EY, EO 그룹에서 낮은 에너지 소비량 값을 보였는데, 이는 EY, EO 그룹은 C 그룹보다 나이가 들어 감에 따라 근육량과 체표면적이 줄어들고 신체 모든 기관의 활동력이 떨어져서 낮게 나타난 것으로 사료되어 진다.

본 연구에서는 건강증진용 신발의 착용 후 그룹별로 운동생리학적 측면을 살펴 보았는데, 건강 증진용 신발의 효과를 분석하기 위해서는 각 그룹별로 건강증진용 신발을 착용하지 않은 그룹을 두어 비교 한다면 연령대별의 건강증진용 신발의 효과를 관찰할 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2009학년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2009-32A-G00052)

References

1. Daniel, J. B and A. H. Patricia. 1989. Comparison of gait of young men and elderly men. *Physical Therapy* **2**, 144-148.
2. Hessert, M. J., M. Vyas, J. Leach, K. Hu, L. A. Lipsitz, and V. Novak. 2005. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatr.* **19**, 5-8.
3. Imms, F. J. and O. G. Edholm. 1981. Studies of gait and mobility in the elderly. *Age Ageing* **10**, 147-157.
4. Jorgensen, U. 1990. Body load in heel strike running: the effect of firm heel counter. *American J. Sports Medicine* **18**, 177-180.
5. Karavidas, A., G. Lazaros., D. Tsiachris, and V. Pyrgakis 2010. Aging and the cardiovascular system. *Hellenic J. Cardiol.* **51**, 421-427.
6. Maksimović, M., G. Ristić, J. Maksimović, D. Backović, S. Vuković, T. Ille, and V. Milović. 2009. Relationship between physical activity and some parameters of nutritional state in adolescence. *Srp. Arh. Celok. Lek* **137**, 58-62.
7. Murray, M. P., R. C. Kory, and B. H. Clarkson. 1969. Walking patterns in healthy old men. *J. Gerontol.* **24**, 169-178.
8. Nigg, B. M., S. M. Luethi, A. Stacoff, and B. Segesser. 1984. Biomechanical effects of pain and sport shoe corrections. *Australian J. Sci. Med. Sports* **16**, 10-16.
9. Nigg, B. M., A. H. Bahlsten, J. Denoth, S. M. Luethi, and A. Stacoff. 1986. Factors influencing kinetic and kinematic variables in running. *Biomechanics of running shoes. Human kinetics publishers, Champaign, IL.* 139-165.
10. Nigg, B. M., A. H. Bahlsten, J., S. M. Luethi, and S. Stokes. 1987. The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running. *J. Biomechanics* **20**, 951-959.
11. Schwarzkopf, R., D. J. Perretta, T. A. Russell, and S. C. Sheskie. 2011. Foot and shoe size mismatch in three different New York City populations. *J. Foot. Ankle Surg.* **50**, 391-394.
12. Stasiulis, A., A. Mockiene, D. Vizbaraite, and P. Mockus 2010. Aerobic exercise-induced changes in body composition and blood lipids in young women. *Medicina (Kaunas).* **46**, 129-134.
13. St-Onge, M. P. and D. Gallagher. 2010. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition* **26**, 152-155.
14. Tremblay, M. S., R. C. Colley., T. J. Saunders., G. N. Healy, and N. Owen. 2010. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **35**, 725-740.
15. Williams, K. R. 2000. The dynamics of running. *Sports Biomechanics in Sport* **1**, 161-167.
16. Winter, D. A. 1989. Biomechanical of normal and pathological gait: implications for understanding human motor control. *J. Motor Behavior* **21**, 337-356.
17. Winter, D. A., A. E. Patia, J. S. Frank, and S. E. Walt. 1990. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Physical Therapy* **70**, 340-347.

초록 : 노인 건강증진용 신발의 운동과학적 효과분석

진영완¹ · 궤이섭^{2*}

(¹동의대학교 특수체육학과, ²동의대학교 체육학과)

본 연구에서는 국내외 실버화와 일반적인 운동화에 대한 1차 운동기능학적 분석을 통하여 노인에게 가장 적합한 신발을 정하고 2차 운동생리학적 실험을 통해 체지방률변화, 운동강도에 따른 대사량의 변화 그리고 에너지 소비량의 변화를 분석하였다. 본 연구의 대상으로는 특별한 질병을 가지고 있지 않은 남자 어른들 20명을 대상으로 하였으며, 평균나이는 62.78 ± 4.32 세, 신장은 170.89 ± 3.56 cm 그리고 몸무게는 75.12 ± 8.76 kg이었다. 실험 전 실험에 대한 충분한 설명을 하고 동의서를 받은 후 데이터를 수집하였다. 본 연구를 위하여 운동 기능학적 실험과 운동 생리학적 실험을 수행하였으며, 본 연구결과 걷기나 달리기 시 최초 발 뒤꿈치 접촉 시 발이 회내(pronation)되는 정도와 최대 회내가 되는 정도를 알아 본 결과 걷기속도가 가장 빠르게 나온 B형의 신발이 회내($-2.3 \pm 1.05^\circ$)이 가장 크게 나타났으며 일반건강용 신발에서 가장 작은 값($-1.5 \pm 0.49^\circ$)을 보여주고 있다. 또한 노인들의 일상생활에서 착용하는 건강증진용 신발을 대상으로 운동 생리학적 부분을 살펴보면 체지방율의 변화는 모든 그룹에서 감소는 하였으나, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 체지방율의 변화를 가져오기 위해서 일시적인 운동이 아닌 규칙적이고 장기적인 운동이 필요할 것으로 사료되어지며, 노인들이 건강증진용 기능화를 장기적으로 착용하여 운동할 경우 체 지방율에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료되어진다.