

고령자와 청장년층의 발바닥 압력분포에 따른 보행패턴 비교 분석

이경득¹ · 김대웅¹ · 유중현¹ · 김경훈¹ · 이태용² · 박광석³ · 정기성³ · 박승범¹

¹부산경제진흥원 신발산업진흥센터 성능평가지원팀 · ²싱가폴국립대학교 의용공학부 · ³서울대학교 의과대학 의공학교실

Comparative Analysis on Gait Patterns of the Elderly and the Young Regarding to Foot Pressure

Kyung-Deuk Lee¹ · Dae-Woong Kim¹ · Jung-Hyeon Yoo¹ · Kyung-Hun Kim¹ · Tae-Yong Lee²
Kwang-Suk Park³ · Gih-Sung Chung³ · Seung-Bum Park¹

¹Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency, Busan, Korea

²Division of Bioengineering, National University of Singapore, Singapore

³Department of Biomedical Engineering, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Received 28 November 2010; Received in revised form 6 December 2010; Accepted 18 February 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to find the difference in gait patterns when elderly and young people walk by analyzing COP, Gait Line, Foot pressure pattern, and ensuring the original biomechanics technology of developing high performance footwear for the elderly. The subjects who took part in the test consist of 20 elderly people and 20 young people. The physical features of the elderly people that were recruited for the study are as below: 20 healthy male subjects(elderly people) with an average age of 75.43 yrs(*S.D* 6.46 yrs), weight of 68.10 kg(*S.D* 0.94 kg) and a height of 168.65 cm(*S.D* 1.47 cm). Foot pressure pattern data was collected using a EMED-AT system(Novel GmbH, Germany) operating at the 50 Hz during walking. The results are as follow : COP route of the elderly leans to lateral compared to the young, and Gait Line from heel to toe is not clear and laterally curved. At the same time, a contact are aonth the midfoot is high compared to the young, and maximum force of the forefoot is low. As a result of analysis, in order to develop high performance footwear for the elderly, it is necessary to develop lasts and soles reflecting the elderly's gait patterns.

Keywords : Elderly People, EMED, COP, Gait Line, Foot Pressure

I. 서론

보행은 신체 각부의 복합 적인 운동 현상의 하나로 신체 각부의 운동이 정상 범위 내에서 일어나는 정상 보행과 보행의 구성요소 중 어느 하나 혹은 둘 이상의 요소가 본래의 기능을 발휘하지 못하는 비정상 보행으로 크게 나눌 수 있다(Jeong &

Choi, 2008). 또한 보행은 인간의 신경조직과 근골격 조직 등이 총괄적으로 사용되는 복잡한 과정이며, 한쪽 다리가 입각기의 안정된 상태를 유지하는 동안 동시에 반대 다리가 몸을 앞으로 움직이게 하는 연속적이고 반복적인 동작으로, 일반적으로 노화가 진행됨에 따라 자극에 대한 반응시간의 지연과 뇌손실을 증가, 도파민과 같은 신경전달물질의 생산감소, 청각과 평형각각의 감소, 시각과 체성각각 시스템의 기능이 저하되고 인지력의 감소를 초래하고(Prince, Corriveau, Hebert & Winter, 1997) 보행 능력의 저하와 사고에 대한 심리적인 두려움으로 인해 노인들의 보행 형태는 보폭과 보행속도가 감소하고 안정성이 증가하며 몸을 앞으로 이동하는 능력이 감소한다(Cromwell, Newton & Forrest, 2002; Cromwell, Newton, Grisso, & Edwards, 2001;

본 논문은 2010년도 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음(과제번호 : 10035525)

Corresponding Author : Seung-Bum Park

Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency, 1735-1 Songjeong-Dong, Kangseo-Gu, Busan, Korea
Tel : +82-51-979-1800 / Fax : +82-51-979-1729

E-mail : sbpark@shoenet.org

Han & Hwang, 2009; Menz, Lord & Fitzpatrick, 2007). 이는 노인들의 낙상발생과 상해유발의 원인으로 인지되고 있으며, 노인은 가벼운 낙상만으로도 심각한 상해를 초래 할 수 있으므로 원인 규명 및 예방에 각별한 주의가 필요하다(Chad et al., 2005; Hopkims, 2004; Liebson, Toteston, Gabriel, Ransm & Melton, 2002). 또한 고관절염, 골다공증 등 퇴행성 관절 질환과 같은 근골격계 장애로 인한 균형능력의 상실 및 하지관절의 부담과 통증유발을 통해 자세성 동요가 증가하므로 보행의 변화가 나타나게 된다(Kim, 2010; Li, Armstrong & Cipriani, 2001; Youdas, Kotajarvi, Padgett & Kaufman 2005).

노인들의 일상생활 독립성 저하의 원인으로 노화로 인한 근육 내 지방과 콜라겐증가를 통해 나타나는 근육감소 및 근력약화나 안정성 능력의 저하등과 같은 신체적 기능의 상실은 낙상사고와 보행능력 저하에 직접적으로 영향을 끼치고 있다(Gross, Stevenson, Charette, Pyka & Marcus, 1998; Kang & Dingwell, 2008; Kim & Shin, 2007; Schlicht, Camaione & Owen, 2001; Sung, Kang & Lee, 2007). 일상에서 감소된 활동으로 인해 체력의 약화가 야기되고, 나이가서 약화된 체력은 부적절한 보행형태를 초래하게 된다(Schlicht et al., 2001). 낙상 경험이 있는 노인들의 보행 속도는 건강한 노인들의 보행 시 속도의 50%, 활보장과 보폭은 각각 77%, 60%로 차이가 크게 나타나고 있다(Lee & Kerrigan, 1999). 노인들의 보행능력 저하는 대체로 약화된 하체관절의 기능제약 때문이며 이러한 하체관절의 기능약화는 엉덩이 신전, 무릎 신전, 발목의 굴곡의 제약을 가져온다(Kerrigan et al., 1998). 노인의 보행은 20대와 비교해서 발목관절 저축굴곡근과 배측굴곡근의 약화로 보행 시 발목관절의 가동범위가 감소하고, 부하반응을 하는 동안 대퇴사두근에 주어지는 힘을 감소하기 위해 무릎관절을 완전히 신전하기 보다는 약간의 굴곡을 취하게 됨으로, 젊은 사람에 비해 보장(step length)이 짧고, 운동뉴런과 근섬유의 손실로 인한 근력의 감소로 보행패턴 변화를 가져와 에너지소모가 증가한다(Lee, 2005).

노인들의 보행 박자는 크게 변화가 없지만(Cromwell et al., 2001; Kerrigan, Todd, Croce, Lipsitz & Collins, 1998), 노인들이 같은 수의 걸음걸이로 보다 짧은 거리를 이동하게 되면서 자연 보폭의 길이는 짧아지게 된다. 이러한 보행 형태로 걸음을 걷게 되면 두발로 지면에 있는 시간은 길어지고, 한발로 지면에 있는 시간은 짧아지면서 보다 안정된 보행 형태를 가지게 된다. 하지만 이러한 보행은 앞으로 진행할 때에는 비효율적이라고 할 수 있다. 즉, 보폭의 길이를 변화시킨다는 의미로써 보행속도의 변화는 보행박자와 함께 보행안정성 비율을 설명할 수 있다. 노인의 경우 근력의 약화와 갑작스런 변화에 대처하는 반사 능력이 감소되며, 기립 자세에서 체중부하를 판단하는 능력인 고유감각이 손상되어 비대칭적인 체중부하를 받게 됨으로써 선 자세와 평행기능의 문제가 발생하게 된다(Horlings, Carpenter,

Honegger & Allum, 2009). 75~80세 노인의 보행패턴은 젊은 성인에 비해 보행속도(velocity), 보장(step length), 보행빈도(step frequency) 등이 감소하며, 또한 넓은 활보폭(stride width), 긴 입각기(stance phase), 짧은 유각기(swing phase), 그리고 짧은 분속수(cadence)가 특징적으로 발견되고 있다(Alexander, 1994, 1996; Prince et al., 1997). 보행 장애로 인한 보행속도의 저하는 낙상사고(Wolfson, Judge, Whipple & King, 1995)와 높은 상관이 있으며, 무릎의 펌근, 발등 굽힘근, 그리고 대퇴 굽힘근의 저하가 원인으로 알려져 있다(Nakamura, Watannane, Handa & Morohashi, 1988; Olney, Griffin, Monga & McBride, 1991; Luukinen, Koski, Laippala & Kivela, 1995).

이러한 고령자 보행의 개선방향을 제시하기 위한 연구로는 운동을 통해 보행 불안정을 교정함으로써 낙상위험을 감소시키기 위해 일반적으로 웨이트 훈련과 유산소 훈련, 평행훈련을 주로 이용하고 있으며, 그 효능 또한 입증되고 있다(Lee, Yang, Lee & Park, 2009; Liu-Ambrose, Khan, Eng, Janssen, Lord & McKay, 2004; Rogers, Fernandez & Bohlken, 2001). 운동은 노인들의 당뇨병, 뇌졸중, 고혈압, 골다공증의 위험을 감소시키며 (Asikainen, Kukkonen-Harula & Miilunpalo, 2004; Jones & Rose, 2005), 근 파워 증가, 평형성 향상(Best-Martini & Botenhagen-DiGenova, 2003), 허약함을 감소시킨다(Rockwood et al., 2004).

보행동작에 관한 실질적인 노인 보행 안정성 평가는 수직지면반력측정기를 이용하여 COM(Center of Mass)평가와 COP(Center of Pressure)평가를 통해 수평거리변화를 분석함으로써 보행 안정성 평가가 가능하며, 평형성 장애가 있는 노인들은 정상 노인에 비해 수평거리변화의 차이가 크게 나타난다(Chou, Kaufman, Hahn & Brey, 2003; Krebs, McGibbon & Goldvasser, 2001).

최근 연구들은 동작중심의 균형이나 기동력(mobility) 향상이 노인의 낙상을 최소화시킬 수 있다는데 동의하고 있으며(Jeong et al., 2008), 노인들의 낙상 방지를 위한 평형성 향상에 운동이 효과적이라는 것은 일반화되고 있다(Lord, et al., 2005).

정상적인 보행을 수행하기 위해서는 기립 시 신체의 중심점이 정중선상에 있고, 발바닥에서부터 측정하여 신장의 약 55% 정도, 즉 제 2 천추체 전면에 위치하고 있어야 하며, 이러한 중심점은 보행 시 각 관절에서 속도에 상관없이 보행주기에 맞추어 연속적으로 일정한 패턴의 관절각도 변화를 나타내어 최소 에너지 소모로 보행을 가능하게 한다고 보고한바 있다(Perry, 1992). 노인 인구의 보행 분석은 낙상 위험을 사전에 예방할 수 있는 주요한 정보를 제공해 줄 수 있다고 하였으며(Kwon & Kong, 2003), 노인을 대상으로 한 보행의 정상적인 변화를 객관적으로 평가하는 것은 노인들의 낙상예방과 같은 올바른 보행 교육을 위해 중요하다고 보고한바 있다(Hong & Kim, 2002).

이처럼 이전 문헌들에서는 고령자의 보행패턴에 대한 동작 분석에 관한 연구들이 진행되어 왔으며, 관절과 뼈의 부하에

따른 고령자와 청장년층의 비교가 주를 이루고 있다. 이에 본 연구에서는 고령자를 위한 고기능성 신발 개발에 있어 더욱 특징적인 기능성을 부과하기 위해 고령자와 청장년층의 족저압력 분석을 통한 보행패턴 분석을 실시함으로써 고령자 보행 특성을 파악하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 연구대상자는 과거 하지와 발에 질환 경력이 없는 20~40대 청장년층 남성과, 최근 6개월간 하지의 부상 경험이 없으며 보행 동작에 무리가 없는 65세 이상의 남성 각각 20명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같이 고령자의 경우 신장 168.65 cm(*SD* 1.47 cm), 몸무게 68.10 kg(*SD* 0.94 kg), 신발사이즈 261.50 mm(*SD* 2.35 mm) 그리고 평균연령 75.43 yrs(*SD* 6.46 yrs)이며 청장년층의 경우 172.41 cm(*SD* 2.45 cm), 몸무게 69.17 kg(*SD* 3.18 kg), 신발사이즈 265.00 mm(*SD* 2.50 mm) 그리고 평균연령 35.40 yrs(*SD* 7.14 yrs)로 나타났다. 모든 연구대상자는 실험 전 실험의 목적과 내용을 확인하고 참가동의서를 작성 후 실험을 실시하였다.

Table 1. General characteristics of the subjects (*M±SD*)

Subjects	Height (cm)	Weight (kg)	Shoe size (mm)	Age (yrs)
Elderly	168.65±1.47	68.10±0.94	261.50±2.35	75.43±6.46
Young	172.41±2.45	69.17±3.18	265.00±2.50	35.40±7.14

2. 실험도구 및 절차

본 연구는 고령자와 청장년층의 족저압력 분포에 따른 보행 패턴 비교 분석을 위해 독일 Novel GmbH사의 EMED AT 족저압력 분석 시스템을 사용하여 초당 50 Hz로 데이터 수집을 실시하였다(Jason & Uwe, 2008).

연구대상자들은 데이터 수집 시 오차를 줄이기 위해 충분한 보행 연습을 실시하였으며, 맨발(barefoot) 상태에서 약 20 m의 공간을 자연스럽게 보행하는 동안 피험자가 인지하지 못하는 상황 하에서 데이터를 검출하였다(Figure 1). 고령자의 보행속도는 각 피험자 안정성을 확보하기 위해 본인의 일반적인 보행 속도를 유지하도록 하였으며, 청장년층의 경우 한국인의 평균 일반 보행속도 0.66 m/step을 참고하여 약 4.2 km/h의 속도를 유지하도록 하였다(Ryu, Choi, Choi & Chung, 2006).



Figure 1. COP & Foot pressure measurement (left : elderly, right : young)

3. 자료 처리

고령자와 청장년층의 보행패턴 분석을 위해 Novel Multimask 13.3.24 프로그램을 이용하여 데이터를 수집하였으며, 고령자와 청장년층의 발 압력중심 이동(COP), Gait Line, 접촉면적, 최대힘 그리고 최대압력 분석을 실시하였다.

발 압력 중심에 따라 내측과 외측으로 구분하여 면적을 비교분석하였으며, 족저압력 측정은 <Figure 2>와 같이 발바닥을 총 4영역(mask)으로 나누어 분석을 실시하였다. 각 마스크별 영역으로는 Total의 경우 발전체(foot), M1의 경우 후족부(rearfoot), M2의 경우 중족부(midfoot) 그리고 M3의 경우 전족부(forefoot)로 구분하였다.

첫 번째로, 고령자와 청장년층의 보행 시 발생하는 발 압력 중심 이동경로에 따라 발 바닥을 측면과 중앙으로 나누어 그 면적을 *COPI(Center of Pressure Index)방법과 **LaMaI(Lateral-Medial Area Index)방법을 사용하여 비교분석하였다. COPI의 경우 발 바닥 측면과 중앙의 면적비율을 나타내며, LaMaI의 경우 발 바닥 측면과 중앙의 면적차이가 발전체에서 차지하는 비율을 나타낸다. 또한 발 바닥 부위별 COP 비교를 통해 고령자와 청장년층의 발 바닥 영역별 세부적인 보행패턴을 도출하였다.

$$*COPI = \frac{La}{Ma}, **LaMaI = \frac{(La - Ma)}{Fa}$$

La: Lateral area, Ma: Middle area, Fa: Foot area

두 번째로, 고령자와 청장년층의 보행에 있어 Gait Line 패턴 분석을 통해 고령자와 청장년층의 Gait Line의 특성을 파악하고자 하였다.

세 번째로, 고령자의 족저압력분포 패턴 분석을 위해 청장년층과의 압력분포 차이 접촉면적, 최대힘 그리고 최대압력을 통

해 비교분석하였다. 발의 각 영역별(mask) 후족부(M1), 중족부(M2), 전족부(M3) 그리고 발전체(Total)로 나누어 압력분포 패턴을 비교하여 고령자의 압력분포 패턴의 특성을 파악하고자 하였다(Figure 2).

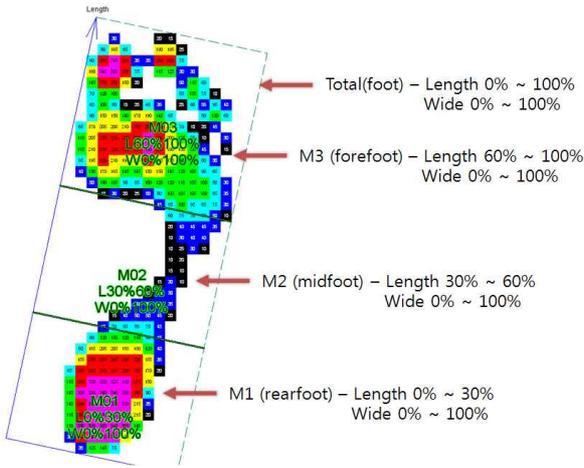


Figure 2. Foot pressure mask

4. 통계처리

고령자와 청장년층의 보행 특성을 파악하기 위해 Minitab 15 프로그램을 이용하여 각 그룹별 유의성에 대한 검증은 $\alpha = .05$ 의 유의수준에서 One-way ANOVA 분석을 이용하여 비교하였다.

III. 결과

1. 발 압력 중심 이동(COP) 분석

고령자와 청장년층의 발 바닥 측면과 중앙에 발생하는 발의 압력 패턴에 따른 면적을 비교하여 고령자의 보행 시 발생하는 특징을 알아보려 COPI와 LaMaI 분석을 실시하였으며, 고령자와 청장년층의 맨발 보행에 따른 발 바닥 압력 패턴을 더욱 세부적으로 비교하기 위하여 발을 후족부(heel), 중족부(midfoot), 전족부(foot) 그리고 발가락(toe) 4개 영역으로 구분하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1) COPI

고령자와 청장년층의 보행 시 나타나는 발바닥 압력의 측면과 중앙의 면적비율을 분석한 결과 다음의 <Table 2>, <Figure 3, 4>와 같이 고령자가 110.90 %(*SD* 3.39 %)로 청장년층의 128.95 %(*SD* 10.54 %)보다 측면 면적이 약 18.05 % 작게 나타남을 알 수 있었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

Table 2. Result for the COPI & LaMaI

Subjects	COPI	LaMaI	<i>p</i> -value
Elderly	110.90±3.39	5.15±1.48	0.007*
Young	128.95±10.54	12.55±4.03	0.002*

* *M*±*SD*, * $p < .05$

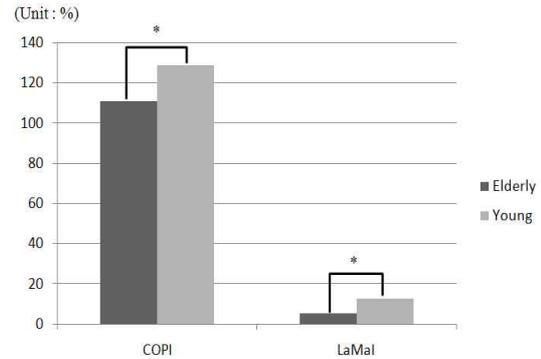


Figure 3. Result for the COPI & LaMaI(Graph)

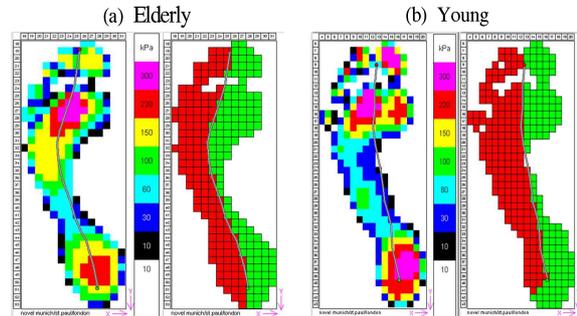


Figure 4. Result for the COPI & LaMaI(Data Graph)

2) LaMaI

LaMaI는 고령자와 청장년층의 보행에 따른 측면과 중앙의 면적차이가 발전체에서 차지하는 비율을 나타낸 것으로 다음의 <Table 2>, <Figure 3, 4>와 같이 고령자의 경우 5.15 %(*SD* 1.48 %), 청장년층의 경우 12.55 %(*SD* 4.03 %)로 나타나 고령자의 측면 면적이 7.4 % 작게 나타남을 알 수 있었으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

3) 발 바닥 부위별 COP 분석

고령자와 청장년층의 발 바닥 부위별 COP 분석 결과를 살펴보면 <Table 3>, <Figure 5>와 같이 고령자의 경우 발가락(toe) 부분에 데이터가 나타나지 않아, COP가 발가락까지 연결되지 않음을 알 수 있었다. 또한, 발전체의 COP 이동 속도에서 고령자는 0.27 m/s(*SD* 0.01 m/s)로 나타나 청장년층의 0.36 m/s(*SD* 0.01 m/s)보다 약 0.09 m/s 낮은 보행속도를 나타내었으며 유의한 차이를 보이고 있다($p < .05$).

각 영역별 지속시간을 살펴보면, 고령자는 중족부에서 45.33 %(*SD* 0.07 %)로 가장 많은 지속시간을 보였고, 청장년층은 전족에서 38.89 %(*SD* 8.84 %)로 가장 많은 지속시간을 보였다.

Table 3. Result for the Vave & Duration (unit: m/s, %)

Factor	Subjects	Foot	Heel	Midfoot	Forefoot	Toes
Vave (m/s)	Elderly	0.27±0.01	0.43±0.07	0.19±0.02	0.31±0.01	-
	Young	0.36±0.01	0.57±0.08	0.30±0.03	0.29±0.02	0.56±0.04
	<i>p</i> -value	0.001*	0.001*	0.008*	0.007*	-
Duration (%)	Elderly	100.00	20.14±3.17	45.33±8.41	34.53±7.81	-
	Young	100.00	16.67±2.47	33.33±9.12	38.89±8.84	11.11±2.34
	<i>p</i> -value	-	0.033*	0.017*	0.021*	-

※ *M*±*SD*, * *p*<0.05

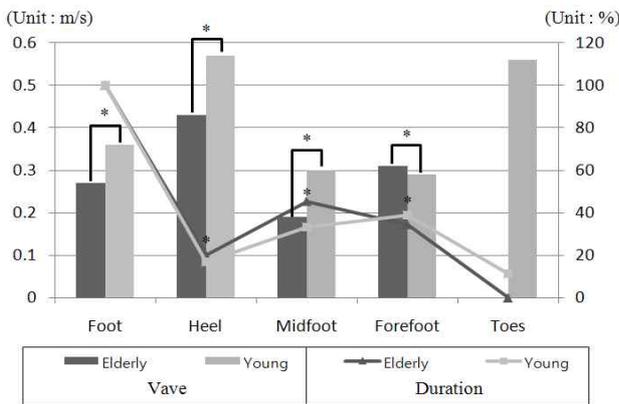


Figure 5. Result for the vave & duration(graph)

2. Gait Line 분석

고령자와 청장년층의 맨발 보행에 따른 Gait Line의 변화 분석을 통해 고령자와 청장년층의 Gait Line의 특성을 알아보고자 하였다.

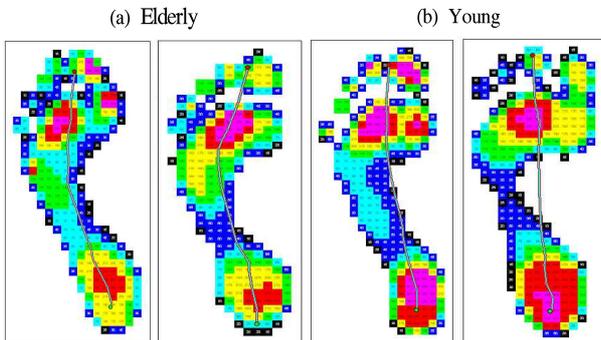


Figure 6. Result for the Gait Line

분석결과 <Figure 6>과 같이 고령자 Gait Line의 형태는 청장년층에 비해 외측으로 굽는 형태를 보이며 청장년층의 경우 일직선 형태가 관찰되었다. 또한 고령자의 경우 Gait Line이 발가락 끝까지 나타나지 않고 있으며, 청장년층의 경우 뒤꿈치부터 발가락 끝까지 일직선의 형태를 보이고 있음을 알 수 있다.

3. 족저압력분포 패턴 분석

고령자의 보행 시 발생하는 족저압력분포 패턴 분석을 위해 청장년층과의 압력분포 차이를 접촉면적, 최대힘 그리고 최대압력을 통해 분석하였다. 발의 각 영역(전족부, 중족부, 후족부)별 고령자와 청장년층의 족저압력분포 패턴의 특성은 다음과 같다.

1) 접촉면적(contact areas)

고령자와 청장년층의 발 바닥 접촉면적을 살펴본 결과 <Table 4>, <Figure 7, 8>과 같이 일반적으로 청장년층이 오른발 138.17 cm²(*SD* 3.24 cm²), 왼발 148.08 cm²(*SD* 4.07 cm²)로 고령자 오른발 128.25 cm²(*SD* 5.15 cm²), 왼발 130.50 cm²(*SD* 6.26 cm²)보다 넓은 접촉면적을 보였다. 반면, 고령자는 청장년층에 비해 중족부(M2)에서만 오른발 3.08 cm², 왼발 2.04 cm² 넓게 관찰되었다. 고령자와 청장년층간의 접촉면적에서는 전족부만 유의한 차이를 보이고 있다(*p*<0.05).

Table 4. Result for the contact areas (unit: cm²)

Factor	Subjects	Total	M1	M2	M3
Right	Elderly	128.25±5.15	35.25±1.04	28.25±5.75	64.75±3.91
	Young	138.17±3.24	39.17±7.53	25.17±5.01	73.83±5.09
	<i>p</i> -value	0.741	0.248	0.147	0.041*
Left	Elderly	130.5±6.26	35.58±7.36	28.58±3.17	66.33±3.08
	Young	148.08±4.07	39.75±1.64	26.54±5.55	78.33±1.84
	<i>p</i> -value	0.517	0.201	0.284	0.023*

※ *M*±*SD*, * *p*<0.05

※ Total : foot, M1 : rearfoot, M2 : midfoot, M3 : forefoot

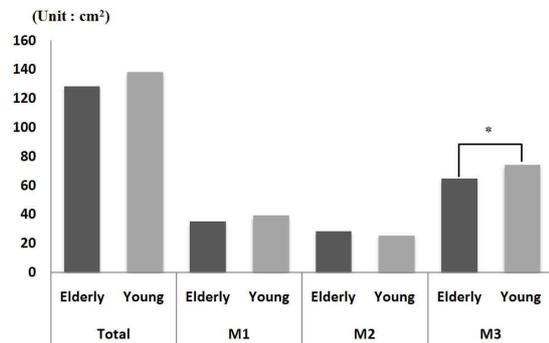


Figure 7. Result for the contact areas(right foot)

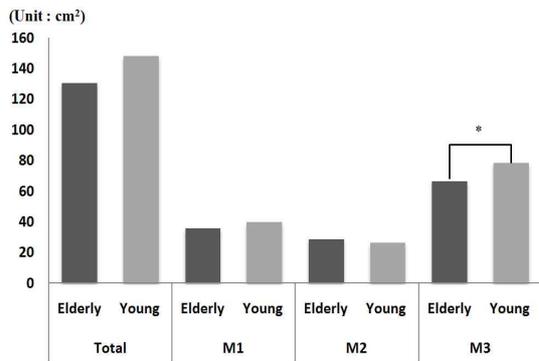


Figure 8. Result for the contact areas(left foot)

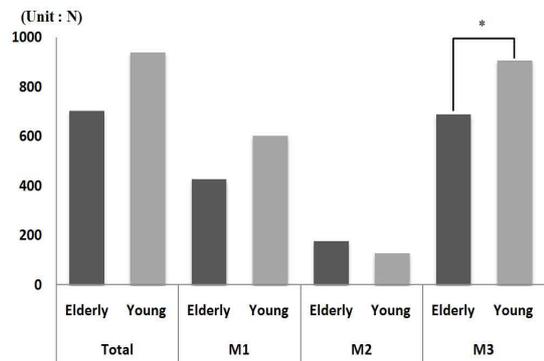


Figure 10. Result for the maximum force(left foot)

2) 최대힘(maximum force)

고령자와 청장년층의 발 바닥 최대힘을 살펴본 결과 <Table 5>, <Figure 9, 10>과 같이 일반적으로 청장년층이 오른발 927.83 N(SD 52.43 N), 왼발 939.71 N(SD 51.52 N)으로 고령자 오른발 709.42 N(SD 30.09 N), 왼발 702.38 N(SD 18.64 N)보다 높은 최대힘을 보였다. 반면, 고령자는 청장년층에 비해 중족부(M2)에서만 오른발 33.83 N, 왼발 49.45 N 높게 관찰되었다. 고령자와 청장년층간의 최대힘에서는 전족부만 유의한 차이를 보이고 있다($p<.05$).

Table 5. Result for the maximum force (unit: N)

Factor	Subjects	Total	M1	M2	M3
Right	Elderly	709.42±30.09	363.33±54.43	129.12±60.30	684.79±50.17
	Young	927.83±52.43	631.42±36.81	95.29±41.74	913.12±50.06
	<i>p</i> -value	0.412	0.184	0.241	0.009*
Left	Elderly	702.38±18.64	427.08±29.41	176.12±52.48	688.00±20.97
	Young	939.71±51.52	602.25±60.71	126.67±38.14	907.42±76.94
	<i>p</i> -value	0.332	0.155	0.141	0.017*

※ *M*±*SD*, * $p<.05$
 ※ Total : foot, M1 : rearfoot, M2 : midfoot, M3 : forefoot

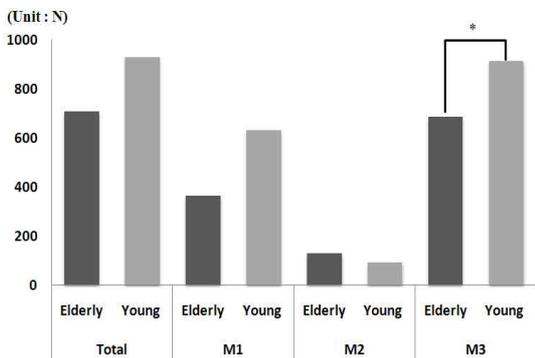


Figure 9. Result for the maximum force(right foot)

3) 최대압력(peak pressure)

고령자와 청장년층의 발 바닥 최대압력을 살펴본 결과 <Table 6>, <Figure 11, 12>와 같이 왼발의 경우 최대힘과 유사하게 청장년층보다 고령자의 최대압력이 낮게 나타나는 경향을 보이나, 오른발의 경우 후족부(M1)를 제외한 모든 영역에서 청장년층보다 높게 나타나고 있다. 고령자와 청장년층간의 최대압력에서는 후족부만 유의한 차이를 보이고 있다($p<.05$).

Table 6. Result for the peak pressure (unit: kPa)

Factor	Subjects	Total	M1	M2	M3
Right	Elderly	663.33±341.21	190.00±18.42	109.17±30.98	663.33±341.21
	Young	638.33±309.18	380.83±49.05	89.17±16.66	638.33±309.18
	<i>p</i> -value	0.841	0.033*	0.418	0.188
Left	Elderly	422.50±46.71	237.50±30.87	143.33±37.14	422.50±46.71
	Young	524.17±211.18	331.67±41.74	105.00±22.11	524.17±211.18
	<i>p</i> -value	0.475	0.045*	0.648	0.184

※ *M*±*SD*, * $p<.05$
 ※ Total : foot, M1 : rearfoot, M2 : midfoot, M3 : forefoot

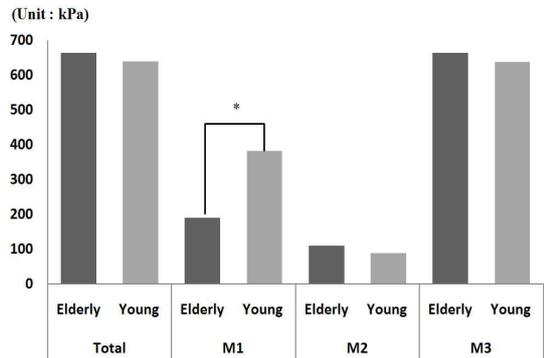


Figure 11. Result for the peak pressure(right foot)

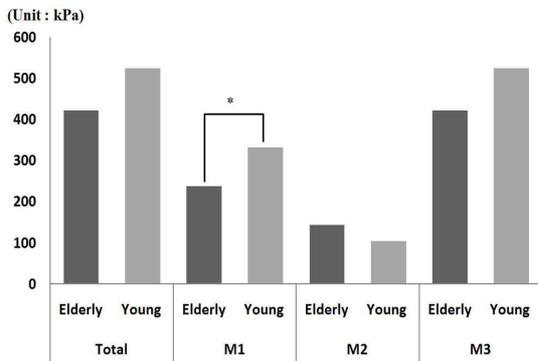


Figure 12. Result for the peak pressure(left foot)

IV. 논 의

고령자의 보행패턴에 대한 청장년층과의 족저압력 비교분석을 통해 고령자 신발 개발에 있어 더욱 특징적인 기능성을 부과하기 위한 분석 결과 고령자의 COPI는 발 바닥 측면과 중앙의 면적비율을 나타낸 것으로 고령자보다 청장년층의 측면 면적이 크게 나타남을 알 수 있었다. LaMaI는 측면과 중앙의 면적차이가 발전체에서 차지하는 비율을 나타낸 것으로 고령자의 경우 측면과 중앙의 면적차이가 발전체의 약 5%를 차지하며, 청장년층의 경우 13%로 청장년층의 측면 면적이 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 청장년층의 경우 일자보행으로 COP 이동경로가 일직선 형태로 나타나지만 고령자의 경우 노화가 진행됨에 따라 하지의 근력이 약화되어 나타난 결과로 해석될 수 있다(Sung et al., 2007).

발을 후족부, 중족부, 전족부 그리고 발가락 4개의 영역으로 구분하여 COP를 비교한 결과 고령자의 경우 발가락 부분에 데이터가 나타나지 않아 COP가 발가락까지 연결되지 않음을 알 수 있다. 발전체의 속도에서 고령자는 청장년층보다 낮은 보행 속도를 가짐을 알 수 있었으며 특히 중족부에서의 이동속도가 가장 낮게 나타났다. 이러한 이유는 고령자 보행 시 안정적인 보행을 위해 지지시간이 청장년층보다 길게 나타나기 때문인 것으로 사료된다. 이는 Lee(2005), Alexander(1994, 1996) 그리고 Prince et al.(1997)의 연구결과와 유사하게 나타났으며 일상에서 감소된 활동으로 인한 고령자의 부적절한 보행형태의 결과로 판단할 수 있다(Schlicht et al., 2001).

Gait Line 분석에서는 고령자의 경우 청장년층에 비해 외측으로 굽은 형태를 보이고 있으며 Gait Line 자체가 발가락 끝까지 나타나고 있지 않음을 알 수 있었다. 이러한 차이는 Menz et al.(2007)의 연구결과와 같이 고령자의 감소된 근육과 조절능력에 대한 고령자의 적응형태로 비교적 안정한 보행을 수행하도록 돕기 위한 자연스러운 결과로도 해석되어 지고 있으며

Kerstin, Arne, Lars와 Dieter(2008)의 연구결과와 같이 연령에 따른 Gait Line의 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다.

발의 각 영역(전족부, 중족부, 후족부)별로 족저압력분포 패턴을 분석한 결과 접촉면적은 청장년층이 고령자에 비해 중족부를 제외한 모든 영역에서 넓은 면적을 나타냄을 알 수 있었다. 이는 고령자의 보행패턴 특성상 중족부의 접지시간이 청장년층보다 길고, 아치가 무너짐으로 인해 중족부의 접촉면적이 다소 높게 나타난 결과로 보인다. 최대힘에서도 중족부를 제외한 모든 영역에서 청장년층이 고령자 보다 높은 힘을 나타내었다. 고령자들이 보행 시 청장년층 보다 지면으로부터 받는 수직힘이 적다는 것을 알 수 있으며, 이로 인해 발가락(toe)이 땅에서 떨어지는 Toe off 시 추진력이 낮을 수 있다.

최대압력의 경우 왼발에서는 Scoot, Menz와 Newcombe(2007)의 연구결과와 유사하게 청장년층이 고령자 보다 높은 압력치를 나타내었으나, 오른발의 경우 후족부를 제외한 모든 영역에서 청장년층보다 고령자가 높게 나타나고 있다.

이와 같은 결과들을 살펴보면 Menz et al.(2007)과 Schlicht et al.(2001)의 연구결과와 같이 고령자의 안정적인 보행을 위한 자연스러운 결과로써의 해석과 보행 능력 감소로 인한 부적절한 결과로써의 해석 등으로 양반된 결과로 나누어 볼 수 있다. 하지만 두 연구 모두 고령자와 청장년층의 보행에는 차별화되는 특징이 나타나며 본 연구에서도 고령자와 청장년층의 보행패턴 역시 다른 결과를 보여주고 있음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 발 압력 중심 이동(COP), Gait Line 그리고 족저압력분포 패턴을 분석하여 고령자와 청장년층의 보행 시 발생하는 보행 패턴의 차이를 알아보고 고령자용 고기능성 신발 개발을 위한 생체역학적 원천기술을 확보하고자 하였다.

고령자의 보행 시 발생하는 보행 패턴을 청장년층과 비교분석한 결과 고령자는 청장년층에 비해 COP의 이동경로가 측면으로 치우쳐 발생하고 있으며, Gait Line은 발뒤꿈치에서 발끝까지 명확히 나타나지 않고 외측으로 굽은 형태를 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한 중족부의 접촉면적이 청장년층에 비해 높게 나타나며, 전족부의 최대힘이 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이에 고령자용 고기능성 신발 개발 시 기존 청장년층용 라스트를 적용한 고령자용 신발 개발이 아닌 고령자 대상 생체역학적 데이터 확보를 통한 고령자용 라스트 제작이 필요할 것으로 판단되며, 솔 구조물 설계 시 적절한 COP 유지와 안정적인 보행을 돕기 위한 sole 구조물 설계가 뒷받침 되어야 할 것이라고 판단된다.

본 연구에서는 남성 피험자들을 대상으로 실험을 실시함에 따른 청장년층과 고령자의 보행패턴을 분석하였다. 추후 연구에서는 고령자용 신발 개발 시 노화에 따른 보행패턴의 변화를 성별 그리고 연령별 분석을 실시함으로써 고령자용 고기능성 신발 개발에 있어 다양한 카테고리 제품 개발에 필요한 생체역학적 데이터 수집이 필요할 것으로 판단되어 진다.

참고문헌

- Alexander, N. B.(1994). Postural control in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 42(1), 93.
- Alexander, N. B.(1996). Gait disorders in order adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 44(4), 434-451.
- Asikainen, T. M., Kukkonen-Harula, K., & Miilunpalo, S.(2004). Exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 34(11), 753-778.
- Best-Martini, E., & Botenhagen-DiGenova, K.(2003). *Exercise for Frail Elders*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chad, K. E., Reeder, B. A., Harrison, E. L., Ashworth, N. L., Sheppard, S. M., Schultz, S. L., Bruner, B. G., Fisher, K. L., & Lawson, J. A.(2005). Profile of physical activity levels in community-dwelling older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 1774-1784.
- Chou L. S., Kaufman, K. R., Hahn, M. E., & Brey, R. H.(2003). Medio-lateral motion of the center of mass during obstacle crossing distinguishes elderly individuals with imbalance. *Gait & Posture*, 18, 125-33.
- Cromwell, R L., Newton, R. A., & Forrest, G.(2002). Influence of vision on head stabilization strategies in older adults during walking. *Journal of Gerontology*, 442-448.
- Cromwell, R. L., Newton, R. A., Grisso, J. A., & Edwards, W. F.(2001). *Relationship between select balance measure and a gait stability ratio in individuals who are known fallers*. Paper presented at the Control of Posture and Gait. Maastricht, The Netherlands.
- Gross, M., Stevenson P., Charette S., Pyka, G., & Marcus R. (1998). Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait & Posture*, 8, 175- 185.
- Han, J. T., & Hwang B. G.(2009). Kinematic Analysis of Lower Extremities during Stairs and Ramp Climbing with Older Adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 435-448.
- Hong, W. S., & Kim, G. W.(2002). Gait analysis of the healthy elderly over 65years of age. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, 14(4), 59-65.
- Hopkins, T.J.(2004). Walking protects elderly people from dementia, studies show. *British Medical Journal*, 329, 761.
- Horlings, C. G., Carpenter, M. G., Honegger, F., & Allum, J. H.(2009). Vestibular and proprioceptive contributions to human balance corrections: aiding these with prosthetic feedback. *Annals of the NewYork Academy of Sciences*, 1164, 1-12.
- Jason, K. G., & Uwe, G. K.(2008). *Asymmetry between left and right plantar loading during gait in non-diabetic and neuropathic-diabetic populations*. 2008 Emed Scientific Meeting, 76.
- Jeong, S. H., & Choi, D. W.(2008) The Effects of 16 Weeks' Dance Sports Program on the Balance and Gait Ability in Elderly Women. *The Korean Journal of Growth and Development*, 16(3), 225-231.
- Jones, C. J., & Rose, D.(2005). *Physical Activity Instructions of Older Adults*. Champaign, Hlinois Human Kinetics.
- Kang, H. G., & Dingwell, J. B.(2008). Effects of walking speed, strength and range of motion on gait stability in healthy older adults. *Journal of Biomechanics*, 41(1), 2899-2905.
- Kerrigan, D. C., Todd, M. K., Croce, U. D., Lipsitz, L. A., & 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.
- Kerstin, B., Arne, N., Lars, W., & Dieter, R.(2008). *From "First" to "Last" steps in life-pressure patterns of three generations*. 2008 Emed Scientific Meeting, 30.
- Kim, C. B., & Shin, J. Y.(2007).Effects of 12-week Aquatic Exercise on Gait in the Falls Experienced Elderly Women. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(4), 9-16.
- Kim, S. H.(2010). Effects of 12Weeks Core Exercise to Functional Fitness and Temporo-spatial Gait Parameters of Elderly Women. *Korean. The Korean Journal of Physical Education*, 49(3), 353-362.
- Krebs, D. E., McGibbon, C. A., & Goldvasser, D.(2001). *Analysis of Postural Perturbation Responses*. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 9,

- 76-80.
- Kwon, H. C., & Kong, J. Y.(2003). Comparison of the Functional ambulation Performance Scores of Senior Adults With of Without a History of Falls. *Physical Therapy Korea*, 10(1), 1-11.
- Lee, L. W., & Kerrigan, C.(1999). Identification of kinetic difference between fallers and nonfallers in the elderly. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(3), 242-246.
- Lee, J. S., Yang, J. O., Lee, B. J., & Park S. M.(2009). Effects of 12-Week Somplex Training Program on Foot-Pressure Patterns of the Elderly Women. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(1), 117-126.
- Lee, K. S.(2005). *Analysis of Gait Pattern in Normal Women 20s and 60s*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Pusan National University.
- Leibson, C. L., Totoson, A., Gabriel, S. E., Ransom, J. E., & Melton, J. L.(2002). Mortality, disability, and nursing home use for persons with and without hip fracture: a population-based study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 1644-1650.
- Li, S., Armstrong, C. W., & Cipriani, D.(2001). Three-point gait crutch walking: variability in ground reaction force during weight bearing. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation*, 82, 86-92.
- Liu-Ambrose, T., Khan, K. M., Eng, J. J., Janssen, P. A., Lord, S. R., & McKay, H. A.(2004). Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(5), 657-665.
- Lord, S. R., Tiedemann, A., Chapman, K., Munro, B., Murray, S.M., & *Gerontology*, M.(2005). The effect of an individualized fall prevention program on fall risk and falls in older people: a randomized, controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(8), 1296-1304.
- Luukinen, H., Koski, K., Laippala, P., & Kivela, S. L.(1995). Risk factors for recurrent falls in the elderly in long-term institutional care. *Public Health*, 109, 57-65.
- Menz, H. B., Lord, S. R., & Fitzpatrick, R. C.(2007). A structural equation model relating impaired sensorimotor function, fear of falling and gait patterns in older people. *Gait & Posture*, 25(2), 243-249.
- Nakamura, R., Watannane, S., Handa T., & Morohashi, I.(1988). The Relationship between walking speed and muscle strength for knee extension in hemiparetic stroke patients: a follow-up study. *Tohoku Journal Experiment Medicine*, 154, 111-113.
- Olney, S. J., Griffin, M. P., Monga, T. N., & McBride, I. D.(1991). Work and power in gait of stroke patients. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 72, 309-14.
- Perry, J.(1992). *Gait analysis: Normal and Pathological function*. Thorofara, New Jersey : Slack, Inc.
- Prince, F., Coriveau, H., Hebert, R., & Winter, D. A.(1997). Gait in the elderly. *Gait & Posture*, 5, 128-135.
- Rockwood, K., Howlett, S. E., MacKnight, C., Beattie, B. L., Bergman, H., Hebert, R., Hogan, D. B., Wolfson, C., & McDowell, I.(2004). Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging. *Journal of Gerontol Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(12), 1310-1317.
- Rogers, M. E., Fernandez, J. E., & Bohlken, R. M.(2001). Training to reduce postural sway and increase functional reach in the elderly. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 11, 291-298.
- Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V.(2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *Journal of Gerontology*, 56, 282-286.
- Scot, G., Menz, H. B., & Newcombe, L.(2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*, 26(1), 68-75.
- Sung, S. C., Kang, C. G., & Lee, M. G.(2007). Effects of falling experience on physical fitness, isokinetic Leg strength, and balance in the elderly women. *The Korean Journal of Physical Education*, 46(3), 503-515.
- Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., & King, M.(1995). Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 50, 64-67.
- Youdas, J. W., Kotajarvi, B. J., Padgett, D. J., & Kaufman, K. R.(2005). Partial weight-bearing gait using conventional assistive devices. *Archives of Physical Medicine And Rehabilitation*, 86, 394-398.