

노인의 신발 디자인을 위한 보행 특성에 관한 연구

A study on gait characteristics for the elderly footwear design

정 석 길 (Jung, Suk-Gill)

중앙대학교 산업디자인학과

김 준 교 (Kim, Jun-Kyo)

중앙대학교 산업디자인학과

김 병 수 (Kim, Byeong-Soo)

중앙대학교 산업디자인학과

본 논문은 2001년도 중앙대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임

1. 서 론

- 1.1 연구배경 및 목적
- 1.2 연구방법 및 범위

2. 노인의 보행 특성 분석 실험

- 2.1 연구대상
- 2.2 실험방법
- 2.3 인체측정
- 2.4 신발의 마모도 검사

3. 노인 보행시 압력 분포 특성

- 3.1 압력분포 분석
- 3.2 영역별 압력분포 특성 분석
- 3.3 고찰

4. 결 론

참고문헌

(要約)

노인의 일반적 보행특성은 대학생들과는 달리 보행속도가 느려지며 보폭의 길이나 보행주기 또한 감소한다. 그럼에도 불구하고, 노인신발제작을 위한 보행특성분석에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 압력분포기를 이용하여 노인의 보행시 발바닥에 걸리는 압력을 대학생과 비교하였고, 그 특성을 고찰하였다. 분석결과 노인은 보행시 지면접촉시간이 길고, 보행시 발 전체면적에 걸리는 최대 힘은 대학생에 비해 남자노인의 경우 1.12배, 여자노인의 경우 1.20배 정도 많이 걸린다. 노인의 지면 접촉시간은 중족골 아치부분에서 접촉시간이 길다. 이러한 분석의 결과를 토대로 노인신발의 디자인시 고려해야할 설계 지침을 제시하였다.

본 연구는 인간공학적 노인신발을 디자인 하는데 기초자료로 활용될 수 있다.

(Abstract)

The general characteristics of the elder gait are to show a tendency that stride length and cycle decrease compared with those of adult, then walk velocity decreases. Despite differences by age in design of elder footwear, the study on characteristics of elderly gait is few.

This study aims to compare pressure distributions of elderly foot with those of young students by using EMED. The ground contact time on foot was longer than that of university students in Result. Elderly males and females have 1.12 times and 1.20 times greater maximum force over the whole areas on the foot during walking than that of younger males and females, respectively. The elderly have long ground contact time at the middle foot. The guidelines which should be considered in designing shoes for the elderly are proposed.

The results can be applied to design of the elder footwear on the basis of ergonomics.

(Keyword)

Footwear, Gait, Pressure Distribution

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

신발은 운동을 지탱해 주고, 걸음을 걸을 때 충격을 흡수하여야 하며, 신는 사람의 보행 이상을 보정해 주는 기능을 갖추어야 한다. 그렇지 못한 신발은 사용자에게 많은 불편을 줄 뿐만 아니라 장해를 줄 수도 있다.

보행이란 전진하는 한쪽 발과 전진할 한쪽 발이 일체가 된 협동 운동으로서 보행 목적은 앞으로 나아가는 데 있으며, 전진하는 운동은 발의 일보 일보만의 전진이 아니라 신체 각부 구조의 완전한 협조 아래 이루어진다. 즉 다리 운동 외에 호흡 작용이나 심장 박동 등의 신체 각부의 협동이 이루어진다.1)2)

따라서 보행 조건이 나쁜 상황하에서는 중심의 불안정성이 증가하므로 신체 각부의 평형 및 자세의 유지, 호흡과 심장활동 등에 영향을 주어 에너지 소비 증가의 원인이 되며, 신체 피로가 높아지게 되는 것이다. 그러므로 신고 다니는 신발의 선택은 대단히 중요하다.

특히, 노인은 근육의 퇴화 및 장기간의 신발 착용으로 인하여 발의 크기나 형태가 대학생에 비해 많이 변화되어 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 신발의 형태나 모양도 노인의 발 특성에 맞게 달라져야 함에도 불구하고 그러한 노력은 아직 크게 미흡한 실정이다. 또한 신발의 제작은 사용자의 발의 크기 및 치수뿐만 아니라 보행특성에 맞춰 설계, 제작되어야 함에도 불구하고 노인 발의 형태와 보행분석에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 노인의 보행에 대한 특성 분석을 위해 걸을 때 발생하는 발바닥의 압력을 측정하고, 압력이 특정부위에 과도하게 걸리는 경우를 분석, 적용함으로써 노인 신발 화형(靴型, last) 개발 및 디자인에 필요한 자료를 제공하는데 목적이 있다.

1.2 연구방법 및 범위

본 연구에서는 피실험자 남녀노인과 남녀대학생의 발 49개 항목에 대해 인체측정을 실시하였고, 간접계측은 발의 외곽선을 그려 자와 각도기를 이용하여 계측하였다. 또한 보행분석 전에 현재 신고있는 신발의 힘이 걸리는 부분에 따라 신발결창의 마모정도를 부위별로 검사하여 조사하였다.

선연구3)와 같이 노인의 발 유형을 분류하기 위해 발너비대 길이지수를 이용하는 방법과 발끝각을 이용하는 방법을 사용하였다. 그리고, 분류된 발의 세장정도는 빈도수 분석을 실시하였고, 성별에 대하여 각 측정항목별 유의성 검증을 하였다. 또한 신체역학적 관점에서 노인의 보행특성을 젊은 대학생과 비교하였다. 이를 위해서 압력분포기를 이용하여 보행시 걸리는 발바닥 압력을 각 부위별로 대학생층과 비교하였고, 그 특성을 고찰하였다.

1) Laforune, M.A., Comparison of treadmill and overground running, In W.Herzog,1984

2) Marin, P.E., step strength and frequency effects on ground reaction forces during walking, J. Biomechanics, Vol.25, No.10, PP.1237~1239, 1992

3) 정석길 외, 노인의 발인체 측정 및 형태분류에 관한 연구, 한국디자인학회, No.2, 2001

2. 노인의 보행특성 분석 실험

2.1 연구대상

본 연구에 선정된 피험자는 부산 지역에 거주하는 질환이 없는 60세이상 남, 녀 노인 26명과 이들과 실험결과를 비교하기 위하여 신체건강한 남, 녀 대학생 12명을 선정하였고, 피실험자들의 수(N)와 나이의 평균과 표준편차는 Table 1과 같다.

Table 1. The number and age of subjects participated in gait analysis

Subject Gender	Student		Elderly		Total
	N	Mean ± S.D.	N	Mean ± S.D.	
Male	7	25.2 ± 0.8	12	73.9 ± 6.0	19
Female	5	20.6 ± 1.1	14	64.2 ± 4.2	19
Total	12		26		38

2.2 실험방법

실험은 크게 피실험자에 대한 발측정 실험(experiment of foot measurement), 보행시 압력분포측정 실험(foot plantar pressure), 2단계로 나눌 수 있다.

전체실험 과정 및 구성은 Fig. 1과 같다.

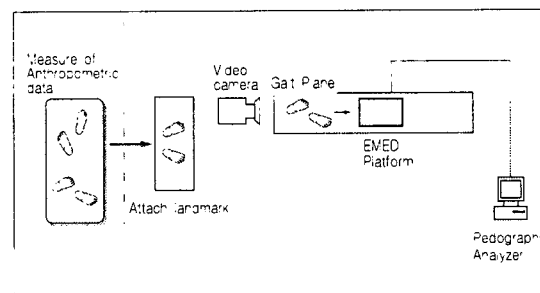


Fig. 1. The structural diagram of gait analysis

피실험자의 보행시 발바닥의 압력분포를 Fig. 2에서 보여지는 EMED사의 Emed System novel gmbh PLATFORM TYPE 2016/2를 사용하여 측정하였고, 측정된 데이터는 EMED사의 해석프로그램인 Pedography Analyzer에 저장되고 분석되었다.

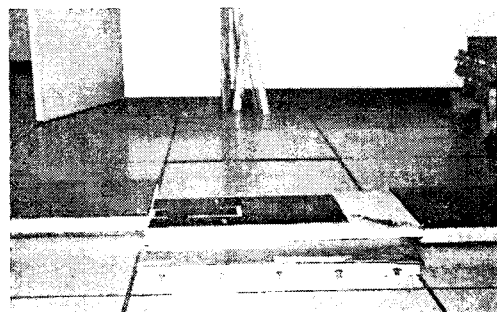


Fig. 2. The EMED system used in experiment

정확한 데이터의 취득을 위해서 압력분포 측정기 전면 5m전방에서 피실험자가 걸어오도록 하였다. 보행의 주기에 따라 압력분포기에 제대로 닿지 않은 경우가 발생할 수 있어 예비

적으로 보행의 주기에 맞추도록 5-6번 예비 보행을 실시하였다. 그리고 데이터의 취득에서도 제대로 된 데이터를 취득하기 위해 본 실험에서 10번 반복하여 데이터를 취득하였다.

2.3. 인체 측정

1) 인체 측정 항목 및 방법

먼저 피실험자에 대해 인체측정을 실시하였다. 발의 측정항목은 선연구⁴⁾에서 선정된 항목 총 49개 항목과, 추가적으로 보폭의 길이를 측정하였다. 직접측정항목에서 계측에 사용된 도구는 마틴식 인체측정기와 특수 목적으로 제작된 foot gauge, height gauge와 줄자를, 간접측정항목은 피실험자의 발에 흑색 잉크를 도포하고 백색 용지에 발을 딛도록 하여 족적(foot print)을 취득하고, 그 상태에서 펜을 수직으로 세워 발의 외곽선을 그린 후에 자와 각도기를 이용하여 측정하였다. 또한 보행 분석 전에 현재 신고 있는 신발에서 힘이 걸리는 부분에 따라 신발 밑창(outsole)의 마모정도를 부위별로 검사하여 조사하였다.

2) 인체 측정 결과 및 유의성 검정

피실험자를 대상으로 인체측정한 결과 피실험자 집단별로 각 측정항목에 대한 평균과 표준편차 및 각 항목에 대한 피실험자 집단의 남녀별 T-검정 결과는 남자 노인과 남자 대학생의 보폭길이를 포함한 총 50개의 측정항목 중에서 13개의 항목이 5% 유의수준에서 유의한 차이를 보였고, 여자 노인과 여자 대학생의 T-검정 결과 보폭길이를 포함한 총 50개의 측정항목 중에서 11개의 항목이 유의한 차이를 보였다.

3) 발너비 대 길이 지수 및 발끝각에 의한 분류

보행특성 분석 실험에 참여한 피실험자의 발의 형태를 분류하기 위하여 발너비 대 길이 지수(FI)에 의한 방법은 발의 세장 정도(proportion level)를 파악하는 방법으로 식 (1)과 같은 방법으로 구해진다. 이렇게 구해진 발너비 대 길이 지수를 전체 피실험자에 대하여 평균을 구한 후 식 (2)와 같은 조건을 적용하여 해당 피실험자의 세장 정도를 細長型(slender type, 좁고 긴형), 標準型(standard type)과 廣短型(broad type, 넓고 짧은형)으로 분류하였다.

$$FI = \frac{\text{발너비}(\text{foot width})}{\text{발길이}(\text{foot length})} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} FI_x < \overline{FI} - S.D. & : \text{세장형} \\ \overline{FI} - S.D. < FI_x < \overline{FI} + S.D. & : \text{표준형} \\ FI_x > \overline{FI} + S.D. & : \text{광단형} \end{aligned} \right\} (2)$$

식 (1)과 식 (2)를 이용한 각 피실험자 집단별 발너비 대 길이 지수에 의한 분류는 Table 2와 같다. 이 결과는 피실험자가 적절하게 선택되었음을 나타내고 있다.

Table 2. The numbers of subjects for each foot index types

Gender \ Type		Slender	Standard	Broad	Total
Male	Young	1	6	0	7
	Elderly	2	9	1	12
Female	Young	1	3	1	5
	Elderly	1	10	3	14
Total	Young	2	9	1	12
	Elderly	3	19	4	26

* criterion :

Male → Young(0.407 ± 0.007), Elderly(0.419 ± 0.019)

Female → Young(0.399 ± 0.009), Elderly(0.420 ± 0.012)

발끝각에 의한 방법은 제 1지골의 굽은 정도를 나타내는 것으로 발 족선의 모양에 대해 크게 엄지발가락이 검지발가락 쪽으로 휘었는가에 따라 산출하여 각 피실험자에 대해 발끝각이 160° 이상이면 정상형, 발끝각이 160° 이하이면 변형형으로 분류하였다.

또한 각 피실험자 집단에 대한 식 (3)을 이용한 발끝각에 의한 분류는 Table 3과 같다.

$$MPA = 180 - \text{엄지발가락 측각도} \quad (3)$$

Table 3. The numbers of subjects for each foot angle type

Gender \ Type		Normal	Deformed	Total
Male	Young	0	7	7
	Elderly	1	11	12
Female	Young	0	5	5
	Elderly	3	11	14
Total	Young	0	12	12
	Elderly	4	22	26

2.4. 신발의 마모도 검사

인간의 보행특성에 따라 가장 먼저 나타나는 것이 신발 밑창의 마모도 정도이다. 보행의 회내(pronation), 혹은 회외(supination) 동작에 따라 일반적으로 후족 외측 부위의 밑창이 가장 많이 닳는 것은 일반적인 사항이다.

본 연구에서는 Fig. 3과 같이 신발 밑창을 구분하였고, 피실험자가 현재 신고 있는 신발 밑창의 마모 정도를 검사하였다. 각 피실험자 집단에 대한 마모 수준의 빈도수 결과는 Table 4와 같다.

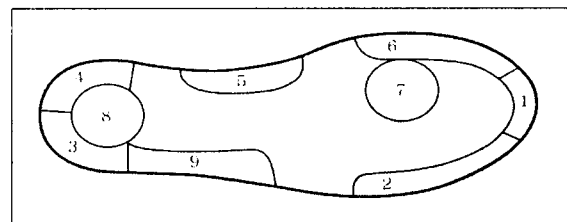


Fig. 3. The classification of outsole for traction inspection

Table 4. The frequency of outsole traction (unit:%)

Area	Young		Elderly	
	Male	Female	Male	Female
1	28.6(2)	40.0(2)	33.3(4)	64.3(9)
2		40.0(2)	58.3(7)	64.3(9)
3	100(7)	80.0(4)	100.0(12)	100.0(14)
4	14.3(1)	20.0(1)	8.3(1)	50.5(7)
5				
6	57.1(4)	20.0(1)		
7				
8				
9	28.6(2)	20.0(1)	66.7(8)	85.7(12)

() : frequency

Table 4에서 신발의 후족 부분인 3, 4, 8번 부위의 마모도를 보면 후족의 외측부분인 3번 부위에 노인 혹은 성별에 관계없이 모두가 마모를 보이고 있는데, 이것은 인간의 보행시 후족의 외측부분이 먼저 지면에 닿는 보행원리로 볼 때 당연한 결과라 하겠다. 그리고 후족의 내측 부위인 4번 부위는 대학생 남녀나 남자노인의 경우에는 마모가 많이 없으나 여자노인의 경우에는 많은 마모를 보인다. 이것은 여자노인의 보행 특성으로 3번 부분이 보행에서 많은 압력이 가해지는 것으로 나타났다.

신발의 중족 부분인 5번과 9번의 경우를 보면 노인의 보행 특성이 뚜렷하게 발생하는데, 특히 중족 외측부분인 9번 부위에서 대학생에 비해 노인 신발의 마모도가 명확하게 나타난다. 이것은 대학생과는 달리 노인이 보행시 중족의 내측보다 외측에 많은 힘이 걸리는 것으로 나타났다.

전족 부분인 1, 2, 6, 7번 부위를 살펴보면, 발가락 부분인 1번 부위는 학생과 노인이 거의 유사하게 마모가 되나, 여자노인의 경우 마모도가 더 심하고, 전족 외측 부위인 2번 부위는 대학생에 비해 노인의 경우가 마모도가 심하다. 그리고 전족의 내측부위인 6번 부위는 노인의 경우 마모가 없는 반면 대학생의 경우 약간의 마모도를 보이고 있다.

이러한 결과를 종합해 볼 때 남자 노인은 보행시 후족의 외측 부분으로 지면과 닿고 중족의 외측부위에 힘이 계속 걸리며 전족의 외측 부분으로 지속적인 힘이 걸리는 것으로 나타났다. 즉 보행시 발의 외측부분으로 힘이 전달 되는 것을 알 수 있다. 여자노인의 경우는 보행시 후족의 내측과 외측이 같이 지면과 맞닿고 힘이 중족의 외측부분을 거쳐 전족의 외측부위로 힘이 전달되는 것으로 나타났다.

3. 노인의 보행시 압력분포 특성

압력분포 실험은 보행 혹은 운동시 발바닥의 국소적인 위치에 걸리는 압력을 측정하는 것으로서 보행 분석의 한 방법뿐만 아니라, 신발을 평가하는데 매우 효과적으로 사용되어 왔다. 특히 당뇨병 등 발과 관련한 질병의 검사방법으로도 유용하다.⁵⁾

본 연구에서는 노인과 대학생의 보행을 분석하기 위하여 압력

분포를 측정하여 그 차이를 규명하고자 한다. 데이터의 취득은 EMED자체의 Pedography Analyzer를 사용하였고, 데이터의 분석은 EMED Select와 EMED Multimask를 사용하였다.

측정된 데이터의 분석은 크게 2가지로 구분된다. 먼저 보행시 발에 걸리는 압력을 분석하는 것으로서 ① 접촉시간(Contact Time), ② 보행시 접촉면(Contact Area)의 크기, ③ 보행전체 시간에 걸친 최대힘(Maximal Force)의 크기, ④ 최대 피크 압력(Maximal Peak Pressure)의 크기 등이 포함된다.

또 다른 분석은 발의 영역을 분리하여 각 부위별 압력 분포의 특성을 분석하는 것으로 보행시 발바닥의 어느 부위에 이상 압력치가 나타나는가를 파악한다.

3.1. 압력분포 분석

실험에서 나온 각 피실험자 그룹의 일반적 압력분포의 등고선과 그에 따른 3차원 그래프의 예는 Fig. 4~7과 같다.

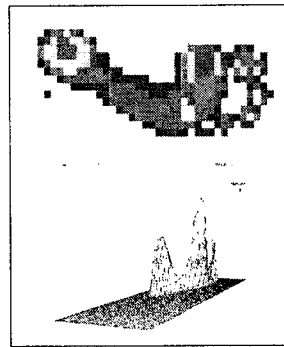


Fig. 4. A pressure distribution and 3D graph for young male

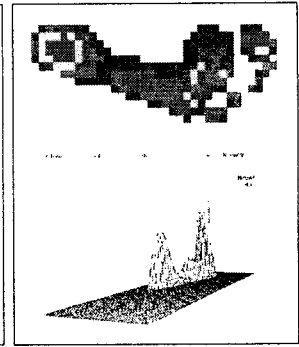


Fig. 5. A pressure distribution and 3D graph for elderly male

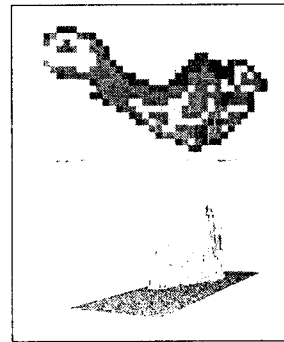


Fig. 6. A pressure distribution and 3D graph for young female

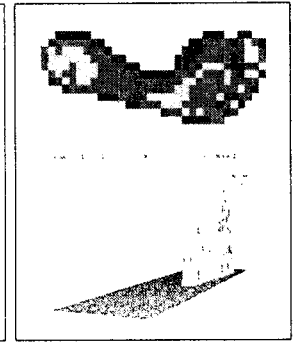


Fig. 7. A pressure distribution and 3D graph for elderly female

1) 접촉시간

정상보행시 각 피실험자 집단의 발뒤축 접지기(heel contact)에서 발가락들림기(toe off)까지 발이 지면과 접촉하는 전체 접촉시간(contact time)에 대한 평균과 표준편차는 Table5와 같고, 그래프는 Fig. 8과 같다.

Table 5. The mean and S.D. for contact time of gait (unit:ms)

	Male		Female	
	Young	Senior	Young	Senior
Mean	723.62	838.04	716.24	814.92
S.D.	67.25	122.87	29.86	56.00

5) Toeh, K., Clinical and gait analysis of 165 ankle fractures, 6th EMED Scientific Meeting, Princess Alerandra hospital, 1998

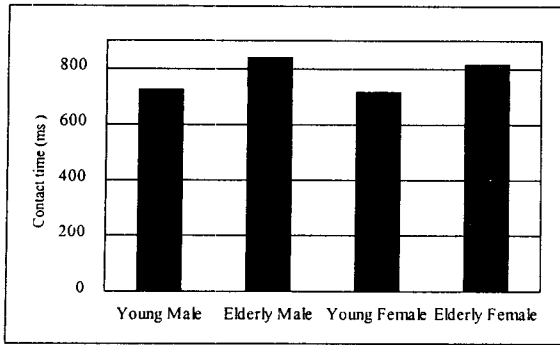


Fig. 8. The mean value for contact time of gait

그리고 남녀별 노인과 대학생간에 접촉시간의 차이를 알아보기 위하여 T-검정한 결과 남자는 남자노인과 남자대학생간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고($F=4.96, P=0.04$), 여자노인과 여자대학생간의 접촉시간 또한 유의한 차이가 있는 것으로 나타났($F=13.76, P=0.00$). 이것은 Fig. 8에서 보는 것처럼 노인이 대학생에 비해 보행시 발이 지면과 접촉하는 시간이 긴 것을 의미하는데, 그 원인으로는 노인의 일반적인 특성인 근력의 약화에서 보행의 안정성이 떨어지기 때문에 그만큼 발이 지면에 접촉하는 시간이 긴 것으로 판단할 수 있다.

2) 보행시 접촉면의 크기

각 피실험자 집단별 발이 지면과 접촉하는 부위의 넓이평균(contact area)에 대한 그래프는 Fig. 9와 같다.

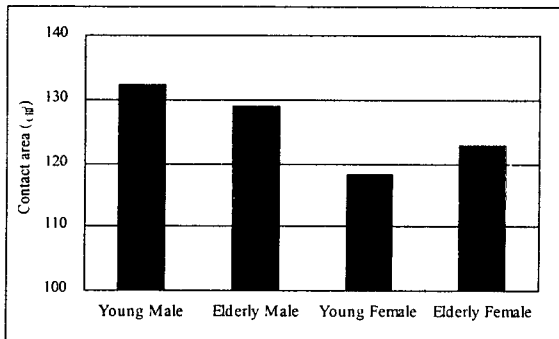


Fig. 9. The mean value for contact area of gait

그리고 남녀별 노인과 대학생간에 접촉면의 넓이에 대한 차이를 알아보기 위하여 T-검정한 결과 남자는 남자노인과 남자대학생간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고($F=0.20, P=0.66$), 여자노인과 여자대학생간의 접촉시간 또한 유의한 차이가 없는 것으로 나타났($F=1.26, P=0.28$).

3) 보행시 최대 힘

각 피실험자 집단별로 시간에 따라 발바닥에 걸리는 힘(N)의 분포의 예가 Fig. 10~Fig. 13과 같다. 이 그래프에서 살펴보면 남자대학생 및 여자대학생 집단은 정상적인 힘의 분포곡선이 나오는 것으로 나타나고, 노인의 경우 특히 여자노인의 힘의 분포 곡선은 초기 발뒤꿈치에서부터 발의 중족골 부위가 접촉할 때까지 거의 동일한 힘의 분포를 보인다. 이 결과는 대학생의

정상적인 보행시 걸리는 힘의 분포와는 다른 양상을 보이고 있다.

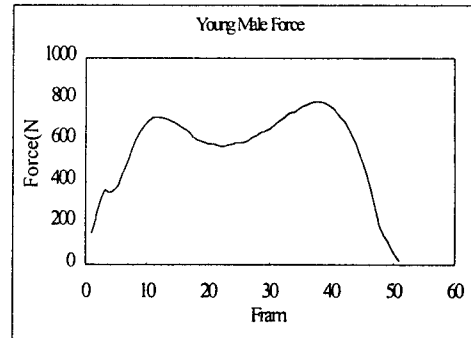


Fig. 10. A distribution of maximal force for young male

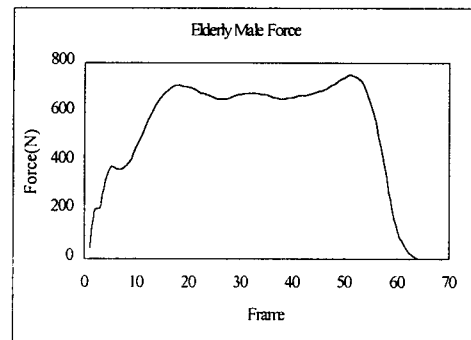


Fig. 11. A distribution of maximal force for elderly male

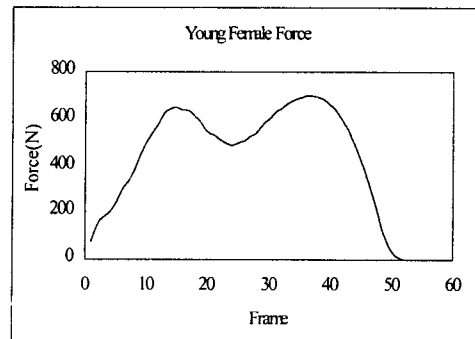


Fig. 12. A distribution of maximal force for young female

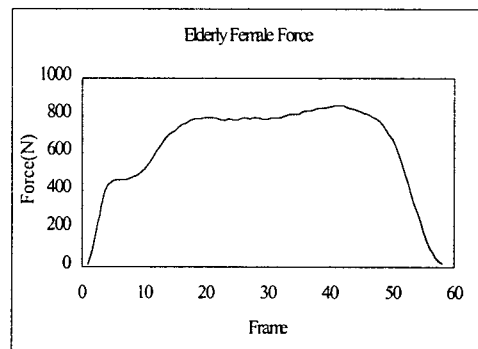


Fig. 13. A distribution of maximal force for elderly female

그리고 각 피실험자 집단의 발 전·후 부위에 걸리는 최대 힘에 대한 평균, 표준편차와 발뒤축 접지기에서 최대 힘이 걸리는 시기까지의 시간과 전체 지면 접촉시간에 대한 비율은 Table 6과 같다.

Table 6. The maximal force and rate of total contact time

Gender	Male		Female	
	Young	Elderly	Young	Elderly
Mean (S.D.)	818.25 N (93.08)	761.86 N (114.90)	615.60 N (38.48)	756.23 N (64.67)
Time of Peak Force (%)	532.55ms (74.38%)	620.50ms (73.86%)	505.40ms (76.61%)	636.75ms (78.13%)

그 결과를 T-검정한 결과 남자 노인과 남자 대학생간의 발바닥에 걸리는 최대 힘은 유의한 차이가 없고($F=1.15, P=0.30$), 여자노인과 여자대학생간에는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=30.54, P=0.00$). 또한 전체 지면접촉시간에 대해 대학생과 노인의 보행에서 최대 힘에 이르는 시간은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

또한 각 피실험자 집단별로 보행시 발바닥 전체 면적에 대하여 걸리는 최대 힘에 대한 평균과 표준편차는 Table 7과 같다.

Table 7. The maximal force for plantar foot (unit:N)

Gender	Male		Female	
	Young	Elderly	Young	Elderly
Mean	1629.3	1441.5	1227.2	1417.3
S.D.	158.4	247.5	138.7	138.9

그리고 그 결과를 T-검정한 결과 남자 노인과 남자 대학생간의 발 전체 면적에 걸리는 최대 힘은 유의한 차이를 보이고($F=15.95, P=0.00$), 여자노인과 여자대학생간에도 또한 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=31.29, P=0.00$). 발바닥에 걸리는 최대 힘이 몸무게와 관련이 있기 때문에 각 피실험자 집단의 평균 몸무게와 관련하여 조사한 결과 남자대학생의 최대 힘에 비해 남자노인의 1.12배정도 많이 걸리는 것으로 나타났다. 또한 여자노인은 여자대학생에 비해 1.20배정도 많이 걸리는 것으로 나타났다.

4) 최대 피크 압력

각 피실험자 집단별로 시간에 따른 발바닥에 걸리는 압력(N/cm²) 분포의 한 예가 Fig. 14~Fig. 17과 같고, 보행시 압력의 중심이동(gait line)을 나타낸 그래프가 Fig. 18~Fig. 21이다. 이 그래프에서 살펴보면, 남자대학생 및 여자대학생 집단은 발뒤꿈치 접지기 때와 중족골 선단의 골두부분이 지면에 닿을 때 많은 압력이 걸리는 정상적인 압력분포곡선이 나온 반면 남자노인의 경우는 중족골이 닿을 때는 동일한 분포를 잠시 유지하고 여자노인의 경우는 발뒤꿈치 접지기에서부터 중족골 부분까지 거의 동일한 압력 분포를 보이는 이상 곡선으로 나타나고 있다.

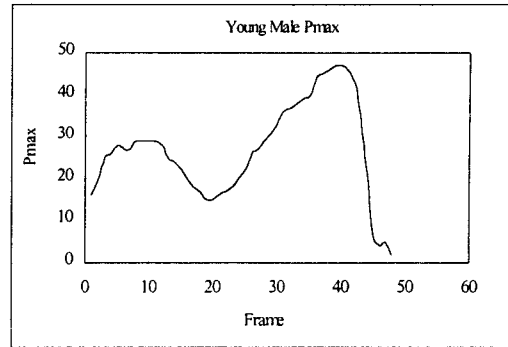


Fig. 14. A distribution of pressure for young male

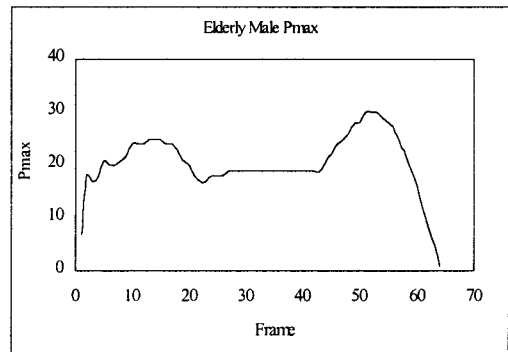


Fig. 15. A distribution of pressure for elderly male

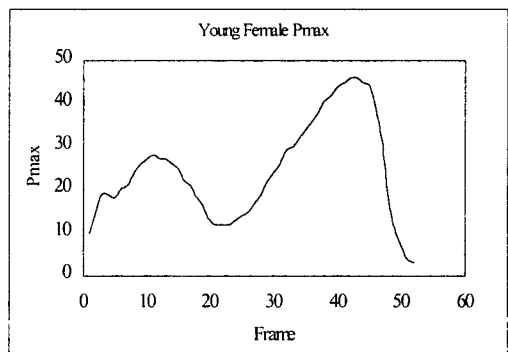


Fig. 16. A distribution of pressure for young female

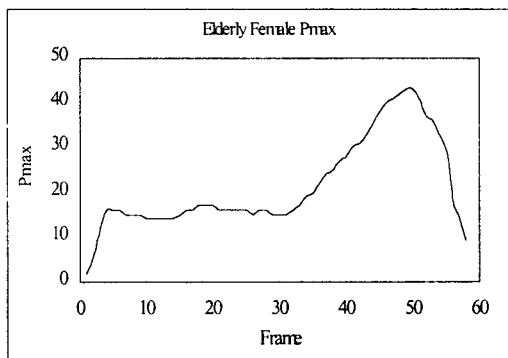


Fig. 17. A distribution of pressure for elderly female

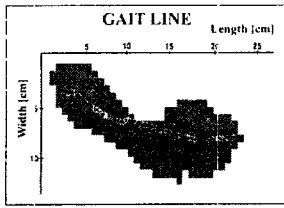


Fig. 18. A gait line for young male

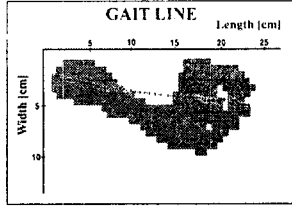


Fig. 19. A gait line for elderly male

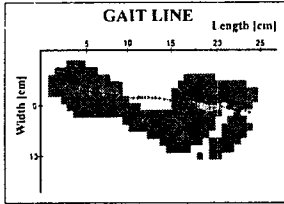


Fig. 20. A gait line for young female

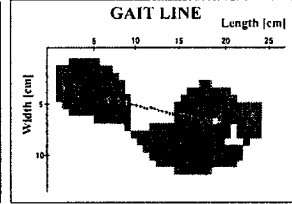


Fig. 21. A gait line for elderly female

각 피실험자 집단의 발에 걸리는 최대 압력에 대한 평균, 표준편차와 발뒤꿈치 접지기에서 최대 압력이 걸리는 시기까지의 시간과 전체 지면 접촉시간에 대한 비율은 Table 8과 같다.

T-검정한 결과 남자노인과 남자대학생 간의 발바닥에 걸리는 최대 압력은 유의한 차이가 있고($F=10.72$, $P=0.00$), 여자노인과 여자대학생 간에는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($F=0.05$, $P=0.82$). 또한 전체 지면접촉시간에 대해서는 대학생에 비해 노인의 보행에서 최대 압력에 이르는 시간이 더 긴 것으로 나타났다.

Table 8. The maximal peak pressure and rate of total contact time (unit:N/cm²)

Value	Male		Female	
	Young	Elderly	Young	Elderly
Mean (S.D.)	43.51 (4.26)	37.49 (7.85)	37.40 (3.90)	37.04 (4.80)
Time of Max. Peak(%)	425.55ms (58.63%)	552.55ms (65.76%)	396.76ms (55.01%)	517.17ms (63.19%)

3.2 영역별 압력분포 특성 분석

발바닥의 각 영역은 발의 기본 구조 및 질병에 따라 서로 다른 압력을 가진다. 따라서 보행에서 이상을 찾는다는 것은 발의 영역에 따라 걸리는 최대 힘 및 압력을 찾아 신발을 설계할 때 그에 따른 보정을 하여야 할 필요가 있다. 따라서 본 절에서는 발바닥을 Fig. 22에서 보는 것과 같이 12개의 영역으로 나누어 각 영역에 걸리는 힘, 압력을 산출하여 분석하였다.

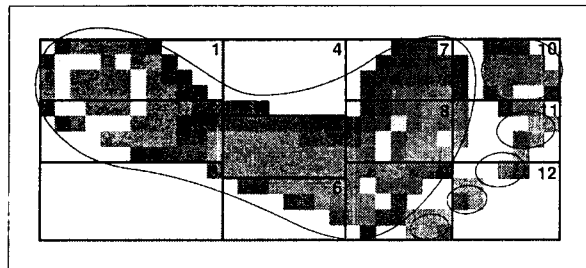


Fig. 22. The division areas for regional analysis of gait

1) 영역별 지면 접촉 시간

—. 남자에 대한 지면접촉시간

남자노인과 남자대학생에 대한 보행시 각 영역별 지면 접촉시간의 평균과 표준편차는 Table 9와 같고, 그래프는 Fig. 23과 같다.

노인과 대학생간에 영역별 접촉시간의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M1, M2, M8, M9, M11, M12 영역에서 남자노인과 남자대학생간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그 외 영역에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 전반적으로 남자노인은 근력의 저하와 안정성의 결여로 인해 남자 대학생에 비해 접촉시간이 길며, 특히 발뒤꿈치 부분과 중족 골두 부분에서 그 시간이 긴 것으로 나타났다.

Table 9. The mean value of regional contact time for male (unit:ms)

Area	Young		Elderly		T-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	F	P
M1	344.76	110.33	537.30	148.90	8.399	0.011*
M2	395.47	49.90	552.74	143.94	7.585	0.015*
M3	277.80	114.81	322.79	174.33	0.355	0.560
M4	255.27	36.94	373.57	136.89	4.179	0.062
M5	437.21	78.89	587.53	179.06	4.283	0.056
M6	490.42	57.20	602.75	158.73	3.163	0.096
M7	586.38	40.88	645.68	126.47	1.411	0.253
M8	624.78	33.10	762.42	113.42	9.564	0.007*
M9	632.03	30.26	764.42	110.17	9.436	0.008*
M10	575.62	46.79	642.51	88.60	3.298	0.089
M11	545.28	71.92	658.02	95.45	6.947	0.019*
M12	514.69	83.69	663.72	150.72	5.566	0.032*

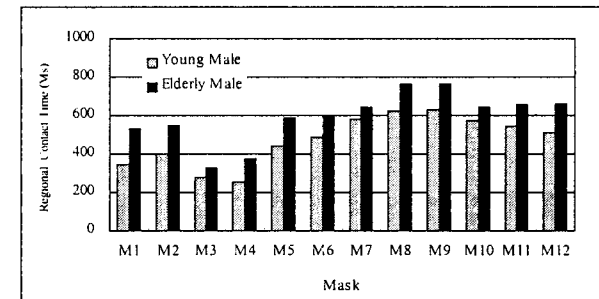


Fig. 23. The comparison of regional contact time between young and elderly male

—. 여자에 대한 지면접촉시간

여자노인과 여자대학생에 대한 보행시 각 영역별로 지면과 접촉하는 시간에 대한 평균 그래프는 Fig. 24와 같다.

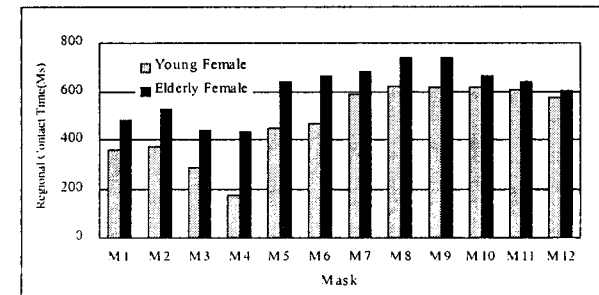


Fig. 24. The comparison of regional contact time between young and elderly female

노인과 대학생간에 영역별 접촉시간의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M10, M11, M12 영역을 제외하고는 모든 영역에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 발뒤꿈치 접지기부터 중족골의 두 영역까지 여자노인의 접촉시간이 길며, 특히 중족골 즉 아치 부분에서 여자 대학생에 비해 여자노인이 큰 접촉시간을 나타냈다.

2) 영역별 최대 힘

보행시 영역별 최대 힘을 산출하여 비교하는 것은 보행시 힘이 가장 많이 걸리는 부위를 파악하여, 신발을 설계할 때 충격흡수제 등을 사용하여 힘을 분산시키기 위한 것이다.

1. 남자에 대한 영역별 최대 힘

남자노인과 남자대학생에 대한 보행시 각 영역별로 최대 힘의 평균과 표준편차와 T-검정 결과는 Table 10과 같고 그래프는 Fig. 25와 같다.

노인과 대학생 간에 영역별 최대 힘 크기의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M6, M9 영역에서 남자노인과 남자대학생간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그 외 영역에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. M6 영역과 M9 영역은 중족골 외측부분과 중족골두 외측부분으로 남자대학생에 비해 남자노인의 최대 힘이 약한 것으로 나타났다.

Table 10. The regional maximal force for male (unit:N)

Area	Young		Elderly		T-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	F	P
M1	113.36	61.78	101.64	47.37	0.197	0.664
M2	298.42	51.78	264.50	44.81	2.080	0.170
M3	19.96	19.20	7.31	6.91	3.744	0.072
M4	4.63	3.99	9.16	8.08	1.598	0.228
M5	65.09	28.93	76.89	56.28	0.257	0.620
M6	71.32	43.03	31.54	19.10	6.790	0.020*
M7	108.21	36.09	115.98	44.93	0.144	0.710
M8	311.91	30.19	283.43	63.87	1.187	0.293
M9	212.76	59.52	149.68	51.85	5.407	0.034*
M10	110.08	29.55	104.68	36.79	0.103	0.753
M11	89.73	29.76	99.55	31.27	0.422	0.526
M12	30.79	11.01	35.43	38.33	0.095	0.762

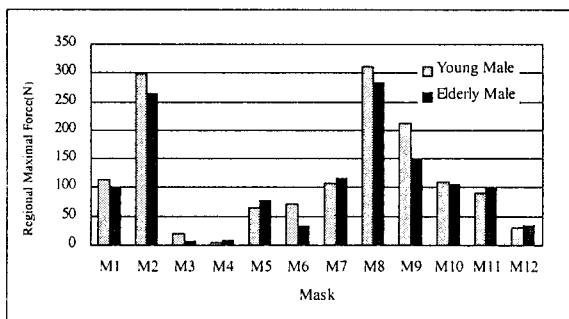


Fig. 25. The comparison of regional maximal force between young and elderly male

1. 여자에 대한 영역별 최대 힘

여자노인과 여자대학생에 대한 보행시 각 영역별 최대 힘의 평균 그래프는 Fig. 26과 같다.

여자노인과 여자대학생 간에 영역별 최대 힘 크기의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M5, M6 영역에서 여자노인과 여자대학생간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그 외 영역에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적으로 여자대학생에 비해 여자노인의 영역별 최대 힘이 큰 것으로 보이며, 특히 M5 영역의 중족골 중앙부분과 M6 영역의 중족골 외측부분에서 여자대학생에 비해 여자노인의 최대 힘이 큰 것으로 나타났다.

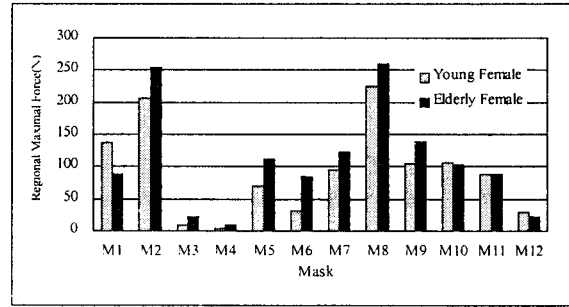


Fig. 26. The comparison of regional maximal force between young and elderly female

3) 영역별 최대 피크 압력

1. 남자에 대한 영역별 최대 피크 압력

남자노인과 남자대학생에 대한 보행시 각 영역별 최대피크압력(Regional Maximal Peak Pressure)의 평균과 표준편차와 T-검정 결과는 Table 11과 같고, 그래프는 Fig. 27과 같다.

노인과 대학생 간에 영역별 최대 압력의 크기 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M2, M8, M9 영역에서 남자노인에 비해 남자대학생의 최대압력이 큰 것으로 나타났고, 그 외 영역에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 발가락 부분을 제외하고는 전체적으로 남자대학생의 최대 압력이 큰 것으로 나타났다.

Table 11. The regional maximal peak pressure for male (unit:N/cm2)

Area	Young		Elderly		T-test	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	F	P
M1	23.99	8.56	20.09	3.06	1.797	0.200
M2	29.23	3.68	22.45	3.73	13.747	0.002*
M3	9.67	5.58	5.43	2.96	4.165	0.059
M4	5.60	2.50	5.15	3.24	0.073	0.791
M5	12.90	3.34	9.73	3.52	3.479	0.082
M6	12.73	4.36	10.44	3.52	1.434	0.250
M7	23.51	5.31	21.04	10.03	0.351	0.562
M8	36.08	3.36	29.13	5.89	7.842	0.013*
M9	32.16	7.95	20.84	5.10	12.899	0.003*
M10	34.40	9.47	29.51	10.91	0.916	0.354
M11	23.81	4.29	25.37	9.61	0.159	0.696
M12	13.90	5.17	18.18	9.88	1.086	0.314

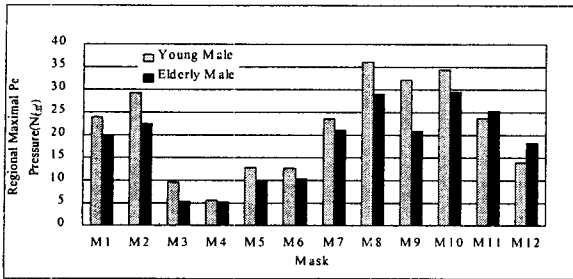


Fig. 27. The comparison of regional maximal peak pressure between young and elderly male

1. 여자에 대한 영역별 최대 피크 압력

여자노인과 여자대학생에 대한 보행시 각 영역별 최대 압력 (Regional Maximal Peak Pressure)의 평균과 그래프는 Fig. 28 과 같다.

여자 노인과 여자 대학생 간에 영역별 최대 압력 크기의 차이를 알아보기 위하여 T-검정을 실시한 결과 M1, M2, M3, M5, M6 영역에서 여자노인과 여자대학생간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그 외 영역에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적으로 발뒤꿈치 접지기에서는 여자대학생이 여자노인의 최대압력보다 큰 경향을 보이며, 중족골 접지기 부터는 오히려 노인의 최대압력이 크게 되었다가 발가락의 들림기에서는 다시 여자대학생의 최대압력이 높아지고 있다.

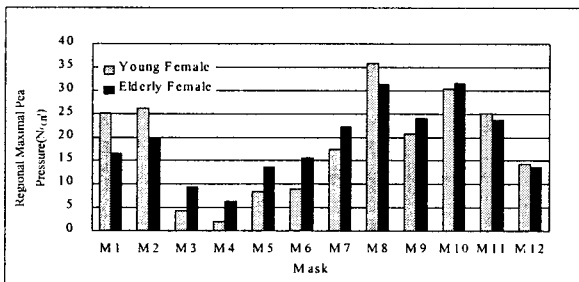


Fig. 28. The comparison of regional maximal peak pressure between young and elderly female

3.3 고찰

노인과 대학생의 보행을 분석하기 위하여 보행시 발에 걸리는 압력과, 발의 영역을 분리하여 각 부위별 압력분포의 특성이 보행시 발바닥의 어느 부위에 이상 압력치가 나타나는가를 T 검정을 통해 분석하였다.

노인은 보행시 발이 지면과 접촉하는 시간이 길다. 특히 남자 노인은 발뒤축과 중족골두에서 접촉시간이 길며, 여자 노인은 발뒤꿈치 접지기부터 중족골두까지의 접촉시간이 길다. 이는 근력약화로 보행안정성이 떨어지기 때문인 것으로 나타났다. 또한 발바닥 전체면적에 걸리는 힘이 남자 노인의 경우 대학생에 비하여 1.12배, 여자의 경우 1.20배 정도이다.

한편, 발바닥에 걸리는 최대압력에 있어서 남자의 경우는 발가락을 제외한 전체면에서 노인의 압력분포가 작으나, 여자의 경우 전체적으로 발뒤꿈치 접지기에서는 여자대학생이 여자노인의 최대압력보다 큰 경향을 보이다가 중족골 접지기부터 노인의 최대압력이 크게 되었다가 발가락의 들림기에서는 다시

여자대학생의 최대압력이 높아지는 현상을 보이고 있다. 이러한 보행특성은 노인의 근력 쇠퇴 등에 원인이 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

노인의 보행특성을 요약하면 다음과 같다.

- 노인은 보행시 지면접촉시간이 길다.
- 보행시 발 전체면적에 걸리는 최대 힘은 대학생에 비해 남자노인의 경우 1.12배, 여자노인은 1.20배정도 많이 걸린다.
- 여자노인은 후족과 중족에서 동일한 압력특성을 보인다.
- 노인의 지면 접촉시간은 중족골 아치부분에서 접촉시간이 길다.

이러한 인체측정 및 보행특성 분석의 결과를 토대로 노인 신발의 디자인시 고려해야 할 설계지침을 제시하면 다음과 같다.

- 지면 접촉시 발뒤꿈치 부위에 충격흡수 및 회내동작을 줄이기 위한 창(sole)의 설계가 이루어져야 한다.
- 중족부위 외측에 충격흡수가 가능한 구조 및 연결성 소재를 사용해야 한다.
- 전족부위에는 다음 보행을 위한 탄력적인 구조 및 소재를 사용해야 한다.
- 겹창(outsole)의 외측부분에 내마모도가 높은 소재를 사용해야 한다.
- 보행의 안전성을 위하여 겹창은 대학생의 신발보다 넓게 설계하고, 높이는 약간 낮추어야 하며, 미끄럼 방지를 위한 겹창의 패턴을 고려해야 한다.

본 연구는 노인 신발 화형 개발 및 디자인에 필요한 기초자료가 되리라 생각된다.

참고문헌

- Laforune, M.A., Comparison of treadmill and overground running, In W.Herzog,1984
- Marin, P.E., step strength and frequency effects on ground reaction forces during walking, J. Biomechanics, Vol.25, No.10, PP.1237~1239, 1992
- Toeh, K., Clinical and gait analysis of 165 ankle fractures, 6th EMED Scientific Meeting, Princess Alexandra hospital, 1998
- 정석길 외, 노인의 발인체 측정 및 형태분류에 관한 연구, 한국디자인학회, No.2, 2001