

An Ergonomic Evaluation of an One-Touch System for Shoe Lacing

Kwangae Park¹, Jangwoon Park¹, Younggeun Choi¹, Hyewon Lee¹, Jongoh Hwang²,
and Heecheon You¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

²One-Touch System Shoes, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background: Ordinary shoes have an inconvenience that the laces should be retied when they are untied, otherwise the wearer could fall down or have a safety accident. Tying shoe laces is especially uncomfortable for seniors and disabled people with difficulty using hands. **Objective:** Present study validates the ergonomic effects of the one-touch system developed for refining the inconvenience of tying laces and improving prevention of being untied of laces. **Method:** Validation of the one-touch system has been conducted with eleven seniors, ten disabled people, and ten ordinary adults. They evaluated the one-touch system and the ordinary shoe laces in terms of subjective criteria (overall satisfaction, convenience of use, wearing comfort, securing stability, and motion efficiency) and objective criteria (tying time). **Results:** The level of overall satisfaction of the one-touch system was 1.6 times higher than ordinary lace shoes where the one-touch system got 6.3 points each from seniors and disabled people, and 5.1 points from ordinary adults while ordinary lace shoes got 3.9 points from seniors, 3.7 points from disabled people, and 3.2 points from ordinary adults. Especially in the group of disabled people and seniors with difficulty using hands, the result of the one-touch system was 1.5 to 4.6 times higher than those of the ordinary lace shoes in terms of convenience of use, securing stability, and motion efficiency. In terms of tying time, buckling the one-touch system shoes took 2.3 to 3.8 times quicker than tying ordinary shoe laces where it took 8.6 seconds for seniors, 11.8 seconds for disabled people, and 6.9 seconds for ordinary adults to tie ordinary shoe laces, while it took 3.2 seconds for seniors, 5.2 seconds for disabled people, 1.8 seconds for ordinary adults to buckle the one-touch system shoes. **Conclusion:** It was validated that the way of buckling the one-touch system shoes is more satisfactory and efficient than the way of tying the ordinary shoe laces. **Application:** The one-touch system is highly expected to be applicable to shoes with laces. Moreover, it could be used in product design for seniors and disabled people with difficulty using hands, and children group.

Keywords: shoe laces, the one-touch system, overall satisfaction, tying time, seniors, disabled people

1. Introduction

신발끈은 신발의 착용감을 향상시키고 발과 신체를 보호하는 기능적 역할을 하지만 보행시 발에 걸릴 수 있는 위험이 있으며 고령자 또는 장애인들이 사용하는데 불편함이 있다. 일반

신발끈은 신발 착용 후 걷기, 달리기 또는 등산과 같은 활동에서 끈이 풀려 다시 묶어야 하는 불편함이 있을 수 있고, 풀린 신발끈은 착용자의 낙상 및 안전사고의 원인이 되기도 한다(Hidoc, 2005). 또한, 일반 신발끈은 체결 시 양손가락의 적절한 동작과 힘이 필요한데, 이러한 체결 방식은 고령자 또는 손 마비

중세가 있는 장애인에게 불편할 수 있다. 예를 들어, 고령자의 경우 손가락 근력이 부족해서 묶는 신발끈이 쉽게 풀어지는 경우가 있으며, 장애인의 경우 신발끈 체결이 어려워 신발 안쪽에 끈을 넣어두거나 신발끈을 헐렁하게 묶는 경우가 있어 안전사고에 노출되어 있다.

일반 신발끈의 끈 풀림, 체결의 불편함, 안전사고 등의 문제점을 보완하기 위해 다양한 연구들이 수행되고 있다. 신발끈 풀림 방지를 위해 개발된 특허로 Bongard (2007)는 신발끈의 매듭을 고정하는 클립을 개발하였고, Pirkle et al. (2009)은 신발끈을 끼워 묶지 않고 돌려 고정하는 장치, Kim (2006)는 신발끈을 따로 묶지 않고 신발끈 고정구에 신발끈을 끼워 풀어짐을 방지하는 장치를 개발하였으며, Park (2000)는 신발끈 매듭 부분을 덮판으로 덮음으로써 끈이 쉽게 풀리는 것을 방지하는 신발끈 매듭 덮판 장치를 개발하였다. 또한, 신발끈 체결 과정의 불편함을 보완하기 위한 제품으로 Hammerslag (1999)은 신발끈을 와이어로 교체한 후 dial lock 장치를 이용하여 와이어를 조여 주거나 푸는 방식을 개발하였고, Young (2006)은 도르래 방식으로 신발 끈을 체결하는 장치를 개발하여 신발끈 체결의 편리성을 향상시키고자 하였다.

신발끈 풀림 방지와 체결의 편리성 향상을 위해 다양한 제품들이 개발되어 시판되고 있으나 일부 제품에서는 사용성 측면에서 한계가 있는 것으로 나타났다. 예를 들어, 신발끈 풀림 방지를 위해 고안된 매듭 고정 클립, 고정구, 매듭 덮판 장치 등은 신발끈을 묶는 작업이 불편한 고령자나 장애인들에게는 사용이 용이하지 않은 문제가 있다. 또한, dial lock 장치는 신축성이 없는 와이어로 신발을 조임으로써 장시간 착용 시

와이어로 인한 발등 압박감이 증가하는 문제가 있는 것으로 알려져 있다(Hungryboard, 2011). 이러한 문제점들은 해당 제품들의 인간공학적 효과 검증이 미흡한데 기인된 것으로 추정된다.

본 연구는 일반 신발끈의 풀림을 방지하고 끈 체결과 분리를 용이하게 하기 위해 개발된 원터치시스템의 사용성을 검증하는 것이 목적이다. 원터치시스템(Hwang, 2008)은 기존 신발끈을 그대로 사용하면서 버클, 걸속 고리, 그리고 스톱퍼를 이용하여 신발끈을 체결하는 장치로 구성되어 있다. 본 연구는 개발된 원터치시스템 걸속장치의 사용성에 대해 인간공학적인 측면에서 주관적 평가(전반적 만족도, 사용편의성, 착용안락감, 고정견고성, 동작효율성)와 객관적 평가(체결 시간)를 기반으로 일반 신발끈 대비 효과를 검증하였다. 평가 대상자는 고령자, 장애인, 일반 성인을 포함하도록 하였다.

2. Methods

본 연구는 원터치시스템에 대해 인간공학적 측면에서 주관적 평가(전반적 만족도, 사용편의성, 착용안락감, 고정견고성, 동작효율성)와 객관적 평가(체결 시간)를 실시하였고 일반 신발끈과 비교 분석하였다.

2.1. Participants

실험 대상자는 세 집단(고령자, 장애인, 일반성인)으로 구분하여 원터치시스템 걸속 장치에 대한 사용성 평가를 실시하였다. 신발끈 사용에 불편함이 있을 것으로 예상되는 65~80세 고령자 중 보행이 가능한 고령자 11명, 장애인 복지관 이용자 중 뇌출혈과 뇌졸중으로 인한 편마비 장애인 10명,

마지막으로 끈 있는 신발을 빈번히 착용하는 건강한 일반성인 10 명으로 총 31 명이 모집되었다(Table 1 참조).

2.2. Apparatus

일반 신발끈과 원터치시스템 결속장치의 인간공학적 사용성 평가를 위해 Figure 1 과 같이 일반 신발끈 운동화와 원터치시스템 운동화를 240, 250, 260, 270, 280 mm 사이즈로 각각 5 켄레씩 준비하였다. 실험 신발은 운동화에 원터치시스템을 장착하지 않은 것(일반 신발끈)과 장착한 것을 사용하였다.

2.3. Ergonomic evaluation measures

원터치시스템의 인간공학적 평가를 위해 기존 문헌들을 참조하여 주관적 및 객관적 기준들이 수립되었다. 주관적 평가 기준은 인간공학적 평가 관련 문헌들(Jeon et al., 2011; Lee et al., 2009; Park et al., 2010)을 참고하여 5 가지의 항목들(전반적 만족도, 사용편의성, 착용안락감, 고정견고성, 동작효율성)로 구성되었으며, 각 항목은 7 점 척도(1 점: 매우 불만, 4 점: 보통, 7 점: 매우 만족)로 평가되었다(표 2 참조). 객관적 평가는 신발끈을 묶는 시간과 원터치시스템의 체결 시간으로 분석되었다.

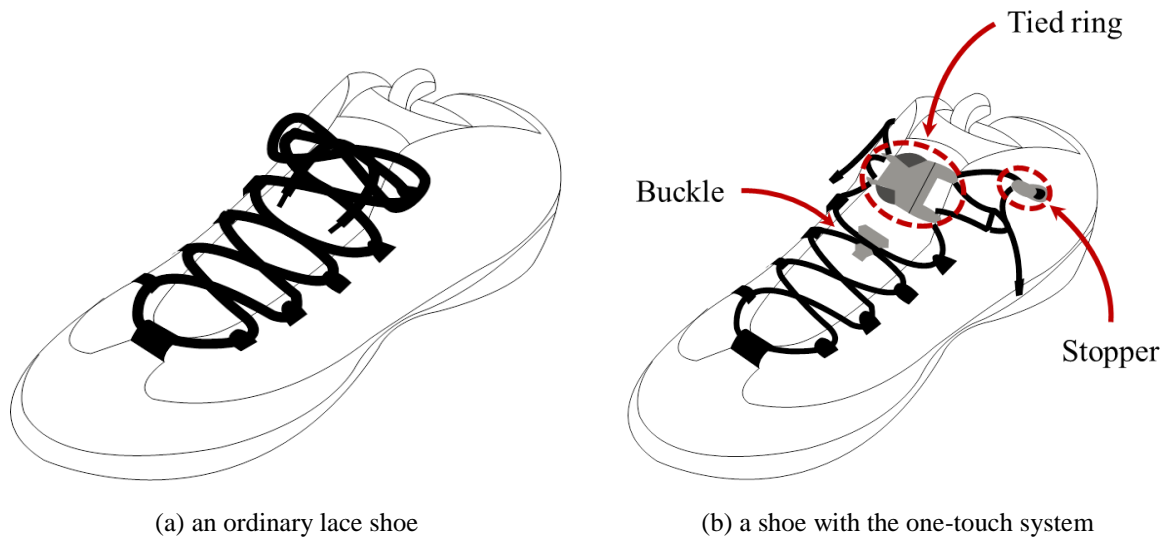


Figure 1. Apparatus for ergonomic usability testing

Table1. Participants

Participant group	Number of participant	Age	
		Mean	Standard deviation
Older adults	11	71	5.3
Disabled persons	10	60	5.5
Healthy adults	10	36	10.5

Table 2. Ergonomic evaluation criteria for ordinary shoe laces and the one-touch system

Measures	Definition		
	Manual shoelace tying method	The one-touch system shoe buckling method	
Subjective measure	Overall satisfaction	Overall level of satisfaction from ordinary shoe	Overall level of satisfaction from the one-touch system shoe
	Convenience of use	Level of convenience when tying and loosening a lace	Level of convenience when buckling and unbuckling
	Wearing comfort	Wearing comfort when moving laced, level of discomfort from a lace	Wearing comfort when moving buckled, level of discomfort from a buckle
	Securing stability	Level of stability when a lace is tied	Level of stability when buckled
	Motion efficiency	Level of effort when tying and loosening a lace	Level of effort when buckling and unbuckling
Objective measure	Tying time	Spent time to tie a lace	Spent time to buckle

2.4. Experimental procedure

실험은 Figure 2 와 같이 6 단계 절차(실험 소개, 예행 연습, 착용, 주관적 평가, 객관적 평가, debriefing)로 진행되었다. 실험소개 단계에서는 실험에 대한 목적 및 방법을 실험 참여자에게 소개 하였고, 예행 연습 단계에서는 일반 신발끈과 원터치시스템의 결속 장치의 체결과 푸는 동작을 반복하여 사용 방법이 익숙해지도록 하였다. 주 실험 단계에서는 일반 신발끈/원터치시스템 결속장치를 체결하여 신발을 착용하고, 약 5분 보행을 하도록 하였다. 주관적 평가 단계에서는 일반 신발끈/원터치시스템에 대한 사용성을 평가하도록 하였다. 이때 일반 신발끈과 원터치시스템의 평가 순서는 랜덤하게 하였다. 객관적 평가 단계에서는 일반 신발끈/원터치시스템의 체결 시간을 2 번 측정한 후 평균값을 산출하였다. 마지막으로

debriefing 단계에서는 일반 신발끈과 원터치시스템에 대한 의견(장점 및 단점)이 수집되었다.

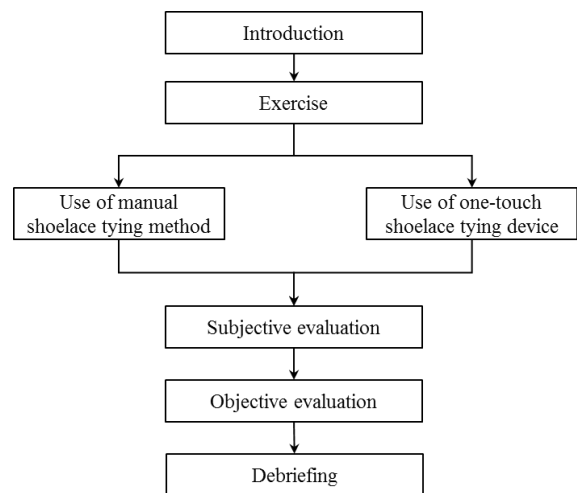


Figure 2. Experiment procedure of the ergonomic evaluation for ordinary shoe laces and the one-touch system

3. Results

3.1. Subjective evaluation

원터치시스템은 일반 신발끈에 비해 주관적 평가(전반적 만족도, 사용 편의성, 착용 안락감, 고정 견고성, 동작 효율성)가 우수한 것으로 나타났다(Table 3 참조).

원터치시스템은 일반 신발끈에 비해 전반적 만족도 측면에서 약 1.6 배 높은 것으로 나타났다. 일반 신발끈에 대한 전반적인 만족도는 고령자 3.9 점, 장애인 3.7 점, 일반성인 3.2 점으로 약간 불만족 수준을 나타냈으나 원터치시스템에서는 고령자와 장애인은 6.3 점으로 만족 수준을 나타냈고, 일반 성인은 5.1 점으로 약간 만족하는 수준으로 분석되었다(all $ps < .01$).

원터치시스템의 사용 편의성은 고령자 6.1 점, 장애인 6.4 점으로 일반 신발끈(고령자: 2.8 점, 장애인: 1.4 점)에 비해 유의하게 높은 것으로 분석되었다(all $ps < .001$). 한편, 장애인의 경우 실험 참여자 일부(10 명 중 1 명)만 일반 신발끈을 묶을 수 있었으나 원터치시스템의 버클 체결은 전원이 수행할 수 있어 원터치시스템의 사용 편의성이 높은 점수를 받은 것으로 추정된다. 반면, 일반 성인 집단은 기존 신발끈이 2.9 점 원터치시스템이 3.7 점으로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 일반 성인 집단에서 신발끈과 원터치시스템의 사용 편의성에서 유의한 차이가 없는 이유는 일반 신발끈 사용은 불편하지만 익숙한데 비해 원터치시스템은 편리한 반면 익숙하지 않아 둘 간의 사용 편의성에 큰 차이가 없는 것으로 추정된다.

Table 3. The result of motion efficiency evaluation

Subjective measures	Participant group	Subjective evaluation result				<i>t</i>
		Manual shoelace tying method		One-touch shoelace tying device		
		Mean	SD	Mean	SD	
Overall satisfaction	Older adults	3.9	1.6	6.3	0.5	$t(10) = -5.22^{***}$
	Disabled persons	3.7	1.8	6.3	0.9	$t(9) = -4.33^{**}$
	Healthy adults	3.2	0.9	5.1	1.1	$t(9) = -5.46^{***}$
Convenience of use	Older adults	2.8	1.0	6.1	0.8	$t(10) = -10.76^{***}$
	Disabled persons	1.4	1.3	6.4	0.7	$t(9) = -10.11^{***}$
	Healthy adults	2.9	0.9	3.7	1.9	$t(9) = -1.31$
Wearing comfort	Older adults	4.8	1.1	5.9	0.7	$t(10) = -2.39^*$
	Disabled persons	5.7	1.3	6.6	0.7	$t(9) = -2.21$
	Healthy adults	4.2	1.5	5.1	1.5	$t(9) = -1.34$
Securing stability	Older adults	3.2	1.5	6.1	0.3	$t(10) = -7.02^{***}$
	Disabled persons	4.0	2.2	6.0	1.2	$t(9) = -3.00^*$
	Healthy adults	3.8	1.5	5.7	1.2	$t(9) = -3.48^{**}$
Motion efficiency	Older adults	3.2	0.5	6.1	0.5	$t(10) = -7.90^{***}$
	Disabled persons	1.4	1.3	6.0	0.9	$t(9) = -9.20^{***}$
	Healthy adults	3.0	1.1	5.0	1.3	$t(9) = -5.07^{***}$

Note: 통계량은 paired *t*-test 분석결과임; * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table. 4. The result of tying time of ordinary shoe laces and the one-touch system

Participant group	Shoelace tying time (unit: sec)				t
	Manual shoelace tying method		One-touch shoelace tying device		
	Mean	SD	Mean	SD	
Older adults	8.6	3.1	3.2	2.6	$t(10) = 5.71^{***}$
Disabled persons	11.8	N/A	5.2	5.2	N/A
Healthy adults	6.9	2.0	1.8	0.4	$t(9) = 7.55^{***}$

Note: N/A = not available; * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

원터치시스템은 일반 신발끈에 비해 착용 안락감 측면에서는 고령자 집단에서만 유의한 것으로 나타났는데 고령자 집단의 원터치시스템 착용 안락감(5.9 점)은 일반 신발끈(4.8 점)에 비해 유의하게 높았다($p < .05$). 고령자 집단은 신발끈의 풀림을 예방하기 위해 끈을 과도하게 조이고 묶음으로써 일반 신발끈은 발등이 압박되는 불편함이 있었는데, 원터치시스템은 결속장치를 통해 신발끈의 조임 정도를 적절히 조절할 수 있어서 일반 신발끈에 비해 선호되는 것으로 추정된다. 반면, 장애인과 일반 성인의 경우 일반 신발끈의 착용 안락감은 각각 5.7 점, 4.2 점, 원터치시스템은 각각 6.6 점, 5.1 점으로 일반 신발끈에 비해 우수한 것으로 나타났으나 유의한 차이는 없는 것으로 분석되었다.

원터치시스템의 고정 견고성은 고령자 6.1 점, 장애인 6 점, 일반성인 5.7 점으로 나타났으며, 일반 신발끈은 고령자 3.2 점, 장애인 4.0 점, 일반 성인 3.8 점으로 모두 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(all $ps < .05$). 고령자의 경우 손 힘이 부족해서 신발끈의 견고한 고정이 어려운 반면, 원터치시스템은 버클 체결을 통해 견고한 고정이 가능하여 상대적으로 높은 만족도를 가진 것으로 추정된다.

마지막으로 원터치시스템은 일반 신발끈에 비해 동작효율성 측면에서 높은 만족도를 나타냈다. 일반 신발끈에 대한 동작효율성에서 장애인 1.4 점(매우 불만), 고령자 3.2 점(약간 불만), 일반 성인 3 점(약간 불만)을 나타낸 반면, 원터치시스템에서는 장애인 6.0 점(만족), 고령자 6.1 점(만족), 일반 성인 5 점(약간 만족)으로 나타나 일반 신발끈과는 유의한 차이가 있었다(all $ps < .001$). 장애인의 대부분은 상지 편마비 증상이 있어 일반 신발끈을 묶지 못하거나 묶는 시간이 오래 걸렸으나 원터치시스템은 한 손으로 신속하게 체결할 수 있어 상대적으로 동작 효율성이 높은 것으로 추정된다.

3.2. Objective evaluation

원터치시스템은 일반 신발끈에 비해 체결시간 측면에서 효율적인 것으로 나타났다. 고령자 집단의 경우 표 4 와 같이 일반 신발끈의 체결은 평균 8.6 초, 버클의 체결은 평균 3.2 초가 소요되었다($p < .001$). 장애인 집단의 경우 상지 편마비 증상으로 인해 대부분(10 명 중 9 명)이 신발끈 체결을 못했고, 일부 가능한 장애인(10 명 중 1 명)의 경우 일반 신발끈 체결에 11.8 초 걸렸지만 원터치시스템은 체결이 모두 가능하였고 평균 5.2 초 소요되는 것으로 나타났다. 일반 성인의

경우 신발끈을 묶는데 평균 6.9 초가 걸리는데 반해, 윈터치시스템의 버클 체결은 평균 1.8 초가 소요되었다($p < .001$). 이러한 결과를 바탕으로 윈터치시스템이 일반 신발끈에 비해 체결과정이 효율적인 것으로 추정할 수 있다.

3.3. Debriefing

일반 신발끈과 윈터치시스템에 대한 추가 의견을 분석해 각각의 장단점 및 개선사항들이 파악되었다. 일반 신발끈은 사용 방법이 익숙하다는 장점이 있으나 발등 압박, 빈번한 풀림 등의 단점이 있는 것으로 조사되었다. 예를 들어, 고령자 집단의 경우 일반 신발끈은 체결 방법이 익숙하여 사용이 편리하나 신발끈 풀림 방지를 위해 끈을 강하게 조이는 특성이 있어 끈에 의해 발등이 압박되는 불편함이 있는 것으로 나타났다. 장애인 집단의 경우 신발끈 체결 과정이 용이하지 않아 신발끈 체결을 기피한다고 응답하였고, 일반 성인의 경우에도 신발끈은 잘 풀리고 견고하게 고정하는데 어려움이 있다고 응답하였다. 윈터치시스템은 버클 체결이 편리하고 깔끔하며 고정력이 좋은 장점이 있으나 버클 고장에 대한 우려와 버클의 낮은 그립감, 결속고리에서 신발끈 조절이 어렵다는 단점이 있는 것으로 조사되었다. 예를 들어, 고령자 집단의 경우 윈터치시스템의 버클은 발등 압박이 적고 체결이 편리하다고 응답하였으나 고장에 대한 우려와 체결이 뻑뻑하다고 응답하였다. 장애인 집단의 경우 윈터치시스템은 신발끈 처리가 깔끔하고 고정력이 좋다고 응답한 반면 버클의 체결 과정이 보다 용이해지도록 개선이 필요하다고 응답하였다. 일반 성인의 경우 윈터치시스템은 체결 및 분리가 편리하고 버클이 분리되어

있는 상태에서도 끈 풀림이 발생하는 않는 장점이 있다고 하였다. 그러나 결속고리에서 끈 조절이 어렵고 버클의 그립감이 낮으며 버클 체결 시 손가락에 통증이 있다고 응답하였다.

4. Conclusion

본 연구는 신발끈 풀림 방지와 체결의 편리성 향상을 위해 개발된 윈터치시스템의 사용성에 대해 인간공학적 효과를 검증하였다. 신발끈 풀림 방지를 위한 다양한 연구들(Bongard, 2007; Hammerslag, 1999; Kim, 2006; Park, 2000; Pirkle et al., 2009)이 수행되었으나 기존 연구들은 개발된 장치에 대한 인간공학적 효과 검증이 미흡하여 착용시 발등 압박, 사용의 불편함 등의 문제점이 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 신발끈 풀림 방지 및 체결 편리성 향상을 위해 개발된 윈터치시스템을 인간공학적인 측면에서 검증하고 개선점들을 파악하였다.

윈터치시스템은 일반 신발끈에 비해 전반적 만족도, 사용편의성, 착용안락감, 고정견고성, 그리고 동작효율성에서 높은 만족도를 가지는 것으로 나타났다. 윈터치시스템에 대한 전반적 만족도에서 일반 신발끈에 비해 유의하게 높게 나타났다. 특히 동작효율성과, 사용편의성, 고정견고성의 평가에서는 일반 신발끈 사용이 불편한 고령자와 장애인 집단이 일반신발 끈에 비해 1.5 ~ 4.6 배 유의하게 높은 만족을 나타냈다(all $ps < .05$). 객관적 평가에서 윈터치시스템의 버클 체결시간은 일반 신발끈에 비해 빠르게 나타나 체결방식이 일반 신발끈에 비해 효율적임을 추정할 수 있다. 특히 한 손이 편마비인 장애인은 양손이 모두 필요한 일반 신발끈

사용이 불가능했지만, 윈터치시스템은 한 손으로 버클을 체결할 수 있어 일반 신발끈에 비해 사용성이 높은 것으로 추정된다.

윈터치시스템은 일반 신발끈에 비해 체결방법이 용이하고 버클의 고정력이 좋아 사용성이 높게 나타났으나 일부 개선 사항들이 파악되었다. 윈터치시스템에서 버클은 그립감이 낮고, 체결 시 뻑뻑한 점이 있는 것으로 조사되었고, 끈 조절 기능을 하고 있는 결속고리는 신발끈을 깔끔하게 처리하는 장점은 있지만 끈 조절이 어려운 것으로 파악되었다. 한 손 마비 장애인은 버클의 암수를 체결하는 것이 용이하지 않음을 지적하였고 고령자는 버클 체결의 뻑뻑함과 고장의 우려가 있음을 지적하였다. 일반 성인의 경우 버클 체결과 분리 과정에서 손가락의 통증과 버클 고장에 우려가 있다고 하였다. 윈터치시스템은 일반 신발 끈에 비해 사용의 편리함이 있지만 사용자의 특성에 따라 낮은 만족도가 있는 버클의 재질, 모양, 체결방법, 결속고리의 끈 조절의 용이성 등 다양한 측면에 대한 추가적인 보완이 요구된다.

윈터치시스템은 일반 신발끈에 비해 체결 과정에서 사용성과 효율성이 높은 것으로 평가되어 끈을 사용하는 다양한 신발류 제품에 적용될 수 있을 것으로 여겨진다. 기존의 신발끈 풀림 방지를 위한 연구들(Bongard, 2007; Kim, 2006; Pirkle et al., 2010)은 대부분 신발끈의 매듭을 고정하는 장치를 이용하여 신발끈 풀림을 방지하려고 하였다. 이러한 방식이 일반 성인에게는 유용하게 활용될 수 있지만, 손 사용이 어려운 고령자와 장애인에게는 여전히 사용의 불편함이 될 것으로 추정된다. 반면, 윈터치시스템은 고령자, 장애인, 일반

성인 모두를 위한 신발 설계 시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- Bongard, P. (2006). *US Patent No. 2007/0169382 A1*.
- Hammerslag, G. R. (1999). *US Patent No. 08917056*.
- Hidoc (2005). 나이 들어 힘든 걸음 신발로 만회한다. Retrieved July 16, 2012 from <http://www.hidoc.co.kr>.
- Hungryboard (2011). Boa boots. Retrieved July 14, 2012 from <http://hungryboarder.com>.
- Hwang, J. (2008). *Korea Patent No. 100965674*.
- Jeon, E., Lee, B., Kim, H., Park, S., and You, H. (2011). An Ergonomic Design of Flight Suit Pattern According to Wearing Characteristics. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting*. Las Vegas, CA: The Human Factors and Ergonomics Society.
- Kim, H. (2006). *Korea Patent No. 200440423*.
- Lee, W., Jung, K., Park, J., and You, H. (2009). Development of a quantitative and comprehensive usability evaluation system based on user needs. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 53rd Annual Meeting*. Santa Monica, CA: The Human Factors and Ergonomics Society. (San Antonio, Texas, U.S.A., Oct. 19-23, 2009)
- Park, J., Kim, S., Jung, K., and You, H. (2010). An analysis of natural motion for product design: Refrigerator half-guard installation part design. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting*. San Francisco, CA: The Human Factors and Ergonomics Society.
- Park, S. (2000). *Korea Patent No. 200188558*.

Pirkle, F.L., & Owens, T.L. (2010). *US Patent No.*
2010/0269373 A1.

Young, T.A. (2006). *US Patent No. 2006/0021204 A1.*