

Title

Design of snow removal tool through ergonomic approach

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to design a snow removal tool using ergonomic approach.

Background: It is necessary to remove snow on the garden of house or side street to prevent a hazard by fall. When a user removes snow using a snow removal tool, he or she experiences lots of physical discomfort. Therefore it is required to design a snow removal tool to reduce user's physical discomfort.

Method: In this study, a new design of snow removal tool was developed considering user's needs and then the design prototype was compared with an existing tool through electromyography and subjective evaluation for physical discomfort.

Results: From the comparison evaluation, the significant difference between the new design and the existing tool was identified in both of muscle fatigue and subjective rating of discomfort.

Conclusion: From the result, it shows that the new design is better in aspect of physical discomfort.

Application: A new snow removal tool can be developed using the design so that it can reduce user's physical discomfort.

Keywords

Snow removal tool, Physical Discomfort, Electromyography

1. Introduction

1-1. Background and Purpose

2000 이후 우리나라 신적설량(특정 기간 동안 새로이 내려 쌓인 눈의 깊이)은 연간 편차가 크지만 추세적으로 증가하는 모습을 보이고 있다. 또한 대설주의보 및 대설경보 발령 횟수도 2003 년 이후 꾸준히 증가하고 있다. 최근 10 년간 우리나라의 대설피해는 총 30 여회에 이르며 그에 따른 인명피해는 14 명, 재산 피해는 1 조 3 천억원에 이른다 (Oh, 2014). 쌓인 눈은 사람들의 활동영역을 제한하고 낙상 사고 발생으로 안전을 위협한다. 소방방재청에 따르면 내 집앞 눈치우기 미흡에 따른 낙상사고가 빈번한 것으로 나타나고 있다. 2012 년 12 월에만 서울지역에서 빙판길에 미끌어져 발생한 낙상사고 건수가 1843 명으로 보고되었고, 이중 148 명이 골절상을 입은 것으로 나타났다. 그리고 연령별로는 50 대이상이 전체의 72.4%를 차지한 것으로 나타났다 (Newswire, 2013).

최근 제설장비의 발달로 인하여 우리나라의 주요 간선도로는 비교적 제설이 잘 되었다는 긍정적인 평가를 받지만, 골목길이나 이면도로는 전문적인 제설장비를 활용한 제설작업이 어렵거나 전문인력의 부족으로 인하여 제설이 잘 되지 않아 빙판길 낙상사고의 주요 원인이 되고 있다. 이러한 사고를 예방하기 위해서는 주민들이 거주지역의 눈을 자발적으로 치우는 행동이 필요하고, 국가에서도 이러한 운동을 적극적으로 장려하고 있다. 실제 지난 2005년 자연재해대책법이 개정되어 건축물관리자의 제설의무가 생겼고 이에 따라 대부분의 지자체들은 '내 집앞, 내 점포 앞 눈치우기' 조례를 제정하여 주민들의 적극적인 눈치우기 운동을 전개하고 있지만, 아직도 많은 국민들의 참여가 부족한 실정이다.

특히, 소방방재청의 제설장비 분류도에 따르면 간선 도로나 공공장소, 넓은 구역의 제설장비는 많이 있으나 개인용 제설장비는 삽, 넝가래, 빗자루 3 가지가 전부이고, 이러한 개인용 제설도구도 사용자의 많은 근력을 필요로 하여 눈치우기 작업이 힘들고 어려운 일이라는 인식을 갖게 하고 있으며, 이는 자발적인 눈치우기 작업에 참여에 부정적인 영향을 주고 있다. 따라서 주민들이 내 집앞, 또는 내 점포 앞의 눈을 치우는 작업에 자발적으로 참여하는 비율을 높일 수 있는 여러가지의 방법이 있겠지만, 디자인적 관점으로 볼 때 사용자의 적은 근력으로 눈치우기 작업을 용이하게 수행할 수 있는 제설도구를 디자인 하는 것도 중요한 해결방안의 하나가 될 것이다.




이러한 필요성에 의하여 본 연구에서는 개인용 눈치우기 도구로 가장 많이 사용되는 넝가래를 대상으로 인간공학적 관점에서 문제를 발견하고 해결함으로써 사용자의 적은 근력으로 제설작업을 효과적으로 수행할 수 있는 디자인을 제안하고, 제설작업을 수행할 때의 신체적 불편도를 분석하여 새롭게 디자인된 넝가래의 디자인 적합성을 알아보려고 하였다.

1-2. Category for snow removing tools

제설작업을 위하여 사용되는 제설장비의 종류를 보면, 공공장소를 포함한 넓은 공간에서 사용되는 전문 제설장비는 많지만, 비전동식으로 가정에서 사용할 수 있는 개인용 제설장비는 삽, 넝가래, 빗자루 정도가 전부이다(Figure 1). 본 연구의 초점은 개인용 제설도구이기 때문에, 개인용 제설장비로 가장 많이 쓰이는 삽, 넝가래, 빗자루를 대상으로 각각의 활용방법과 장, 단점을 분석하였다. 제설작업은 보통 많은 양의 눈을 대강 치우는 1차 제설과 바닥에 붙은 눈을 꼼꼼하게 제거하는 2차 제설작업, 그리고 모은 눈은 한 쪽으로 치우는 운반 작업으로 이루어지며 각각의 작업에서 주로 사용되는 도구가 다르다.

Table 1. Snow removing tools.

Snow removing tools	Product case	Usage environment	Strength	Weakness
넝가래		주로 일차 작업시에 사용	한번에 많은 양을 제설함	힘이 많이 든다 옆으로 샌다 2차 제설작업이 필요하다 바닥에 걸리면 쉽게 깨진다 부피가 커서 보관이 어렵다

삽		얼음을 깨거나 눈을 포낼때 사용 염화칼슘을 뿌릴 때 사용	단단한 얼음을 쉽게 깰 수 있다.	바닥이 손상되기 쉽다 그립감이 매우 떨어진다.
빗자루		눈을 쓸 때 사용	연령에 상관없이 쉽게 사용	단단한 눈을 치우기 어렵다 그립감이 떨어진다. 솔이 잘 분리된다.
차량용도구		앞면과 뒷면의 용도가 달라 다양하게 사용 가능	크기가 작아 보관이 간편하다. 작은 면적이 효율적이다.	면적이 넓어지면 시간이 오래 걸린다.

2. Surveying User Experience

주택이나 점포 앞의 눈을 치우는 작업을 수행할 때 주로 사용하는 전문적인 눈치우기 도구는 넉가래이다. 본 연구에서는 기존의 넉가래 사용에서의 디자인 개선방안을 찾기 위하여 우선적으로 어떠한 사용상의 문제점이 있는지를 기존의 넉가래 사용자들을 대상으로 사용 경험을 조사 및 분석하였다. 이를 위하여 우선적으로 단독주택이나 점포를 운영하는 주민들을 대상으로 인터뷰를 수행하였고, 눈이 왔을 때 눈을 치우는 작업을 수행할 때의 넉가래를 사용하는 과정을 관찰하였다.

2-1. 사용 환경 조사

눈을 치우는 전문적 제설장비가 사용되지 않고, 작업자의 근력에 의존한 제설도구가 주로 사용될 수밖에 없는 장소는 개인 소유의 주택이나 점포 앞 등이 대표적이다. 즉 보행자의 보행이 이루어지거나 작업이 이루어지는 공간에서 주로 사용하는 것을 알 수 있다. 특히 단독주택 거주자의 경우는 주택 주변의 공간과 집 앞의 인도 등의 눈을 모두 치워야 하기 때문에, 눈을 치우는 작업이 많은 시간과 노동을 필요로 한다. Figure 1은 넉가래를 사용하여 눈 치우기 작업을 수행하는 장면을 보여주고 있는데, 작업의 대부분을 사용자의 근력에 의존하는 것을 알 수 있다.



Figure 1. Removing snow using snow removal tool

2-2. User Interview

주택 주변의 제설작업을 위해 사용되는 도구의 불편한 점이나 개선방안을 찾기 위하여 단독주택 거주자 10 명을 대상으로 한 인터뷰를 수행하였다. 인터뷰가 이루어진 시기는 2014 년 12 월이었고, 인터뷰에 참여한 사람들의 평균연령은 57 세였으며, 남성 6 명, 여성 4 명이 참여하였다. 인터뷰의 항목으로 다음의 항목들이 조사되었다

Table 2. Interview for using snow removal tool

Question	Answer
눈 때문에 위험했던 경우는?	미끌어져 넘어짐(6명)
집 주변의 눈을 주로 치우는 사람은?	남편(4명), 부인(2명), 잘 안치움(4명)
주로 사용하는 제설 도구는?	넙가래>빗자루>삽
눈을 안치우는 경우, 그 이유는?	힘들고 귀찮아서
눈을 치울 때 힘들거나 어려운 점?	허리가 너무 아프다 손과 팔이 아프고 힘들다 온몸이 아프다 손목이 아프다
제설도구의 개선 방향은?	힘들지 않았으면 좋겠다 튼튼했으면 좋겠다.

이상의 인터뷰 결과를 토대로, 제설도구의 주 문제점은 제설과정에서 사용자의 근력에 의존하기 때문에 신체적 피로감을 유발하고, 허리와 같은 관절 부분에도 통증을 유발하는 것을 알 수 있다. 따라서 사용자의 신체적 편안함과 사용상의 편의성을 제공할 수 있도록 디자인해야 할 것이다 특히, 고령자들만의 거주자들이 늘어나는 추세에 비추어 볼 때, 상대적으로 근력, 체력이 약한 노인계층의 경우에는 이 문제가 더욱 중요하게 개선되어야 할 것이다.

3. Design

본 연구에서는 기존의 넝가래 사용에서 사용자들의 신체적 불편을 초래하는 문제점을 개선하고자 하였다. 눈을 제설하는 작업은 눈을 치우고 운반하는 과정이 요구되는데, 기존의 넝가래를 사용해서는 두가지의 작업을 수행하기에 어려운 점이 많았다. 눈을 미는 작업의 용이성을 제공하기 위하여 일부 바퀴달린 넝가래가 있지만, 이는 눈을 진행방향으로 밀어 방치하는 데만 효과적일 뿐, 눈을 일정한 장소로 옮기는 작업의 용이성은 제공하지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 사용자의 신체적 부담을 줄여주면서 눈치우는 작업과 운반하는 작업을 용이하게 수행할 수 있는 일체형 디자인을 디자인 컨셉으로 설정하였다. 이를 통하여 청장년층은 물론 노년층도 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 본 연구의 디자인 컨셉을 충족하기 위하여 제설작업에서는 손목, 팔꿈치, 무릎, 허리 등에 미치는 신체적 부담을 완화하는 넝가래로 사용되고 운반 시에는 무거운 눈을 손쉽게 처리할 수 있는 카트형으로 사용할 수 있도록 하였다.

구체적인 디자인 방향은 다음과 같다. 쌓인 눈을 제거하는 제설과정에서 손목, 팔꿈치, 무릎, 허리 등에 미치는 신체적 부담을 최소화하기 위하여 바퀴달린 형태로 디자인하였고, 손잡이를 아래로 내리면 지렛대의 원리가 적용되어 매우 적은 힘으로 무거운 눈이 든 컨테이너 부분이 들려져 눈을 쉽게 운반할 수 있도록 하였다. Figure 2는 일차적으로 디자인된 결과이다.



Figure 2. Design model of snow removal tool

4. Design Evaluation

4.1 Experiment Method

본 연구에서는 새롭게 디자인된 넝가래가 기존의 도구와 비교하여 사용자에게 신체적 불편함이 적게 유발되는지를 평가하기 위하여 근전도 평가와 설문평가를 병행하였다. 평가 실험을 위하여 새롭게 디자인된 넝가래의 프로토타입을 제작하였고, 두 모형을 사용하여 눈치우기 작업 시뮬레이션을 수행하도록 하였다.

본 실험에는 신체장애가 없는 8명(남:4명, 여:4명)의 대학생 피실험자가 참여하였다. 이들의 평균연령은 26세이다. 근전도 평가 실험에서의 독립변수는 넝가래 디자인(기존 제품 vs 새로운 디자인 모형)이고 측정변수는 눈치우는 작업에서 사용되는 근육으로부터 측정되는 EMG 신호이다. 실험 후에는 실험 도구의 사용에 대한 신체적 불편도를 5점 리커트 척도로 평가하도록 하였다. 실험작업은 일정 범위내

의 눈을 치우는 작업(Task1)과 일정량의 눈을 다른 공간으로 이동하는 작업(Task2) 으로 나누었으며, 실험실에서 작업을 수행하여야 하는 관계로 실험재료로는 눈 대신 흙을 사용하였다.

먼저 Task1에서 Figure 3과 같이 바닥에 600* 2000 (mm²)의 면적에 10mm의 높이로 흙을 고르게 편 다음 각각의 제설도구로 바닥의 흙을 제거하는 작업을 수행하도록 하였고 Task2에서는 1kg의 양의 흙을 2m 떨어진 지점에 모두 옮기도록 하는 작업을 수행하도록 하였다.



Figure 3. 실험장면 (상: 눈치우기, 하: 눈운반하기, 좌: 기존 도구, 우: 새로운 디자인 도구)

각 Task에 대한 실험도구의 선정은 무작위로 이루어졌고, 하나의 도구에 대하여 실험을 수행한 후에는 1시간 이상 휴식을 취한 후 다른 도구에 대한 실험작업을 수행하도록 하였다.

근전도 측정을 위해 Task1에서는 완요골근(근육1), 삼각근(근육2)을, Task2에서는 삼각근(근육1), 척추기립근(근육2)으로 부터의 근전도를 측정하였는데(Figure 4), 각 작업을 5회 반복한 후, 10초간 측정된 근전도 신호를 활용하였다.

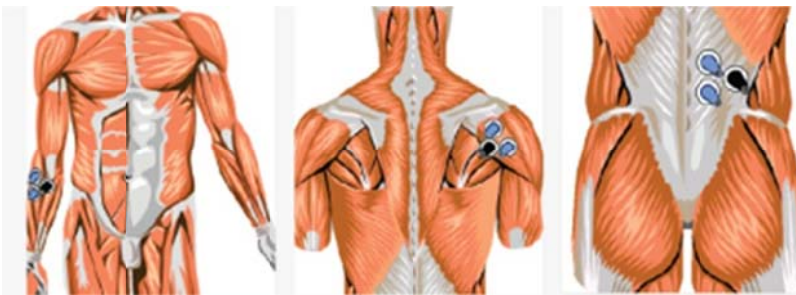


Figure 4. EMG 측정 근육 (완요골근, 삼각근, 척추기립근)

피실험자는 실험 전날부터 근육 피로에 영향을 줄 수 있는 과격한 운동은 피하도록 하였으며, 가능한 평상시의 신체상태를 유지하여 실험에 집중할 수 있도록 하였다. 또한 실험 전에 실험 목적에 대한 충분한 내용을 전달 받은 후 실험방법 및 절차에 대해 충분히 숙지한 후 작업을 수행하였다.

4.2 결과분석

근육이 피로해지면 수축할 때의 힘이 감소할 뿐만 아니라 평균 근전도 주파수가 고주파에서 저주파로 이동하게 된다. 따라서 근육이 수축할 때에 생기는 전위의 폭 변화에 의하여 EMG 스펙트럼도 변화하게 되고 이를 토대로 주파수 분석을 실시하면 근 피로에 대한 분석이 가능하다. 근육 피로의 정도에 따라 MPF(Mean Power Frequency)와 MF(Median Frequency)가 감소하는 게 대표적인 특징이다(Bartuzi and Roman, 2014). 본 실험에서는 EMG 시스템을 통해 획득된 원 자료를 우선 정류화 시킨 후 MF를 매개변수로 하여 기존 제설도구와 개선된 제설도구와의 근전도 값을 비교분석 하여 개선된 제설도구의 우수성을 알아보고자 하였다. 유의성 분석을 위하여 SPSS 18.0을 이용하여 Paired T-test 분석을 수행하였다.

Table 3. Paired t-test

Task	Muscle	Paired Difference					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
1	brachioradialis	-12.125	4.912	1.737	-16.231	-8.019	-6.982	7	0.000
	Deltoid	-4.125	2.357	0.833	-6.095	-2.155	-4.951	7	0.002
2	Deltoid	-29.000	38.326	13.550	-61.-41	3.041	-2.140	7	0.070
	Backbone erector	-4.500	2.673	0.945	-6.734	-2.266	-4.762	7	0.002

위의 분석 결과를 보면, 눈치우기 작업에 대해서는 완요골근과 삼각근으로부터 측정된 근전도의 MF에 대해 유의수준 0.05에서 모두 유의한 차이를 보였고(완요골근: $p=0.000 < 0.05$, 삼각근: $p=0.002 < 0.05$), 눈 운반하기 작업에 대해서는 삼각근으로부터 측정된 근전도의 MF에 대해서는 유의수준 0.05에서 유의한 차이를 보이지 않았지만($p=0.07 > 0.05$), 척추 기립근에 대해서는 유의한 차이를 보였다($p=0.002 < 0.05$).

MF차이 (New design - Existing tool)의 평균을 보면 모두 음수를 갖는 것을 알 수 있고, 이는 기존의 도구를 사용할 때 MF값이 새로운 디자인의 도구를 사용할 때보다 더 작기 때문에 근육의 피로를 더 유발하는 것으로 해석할 수 있다.

또한 두 모델을 사용할 때의 신체적 불편도(discomfort)에 대한 설문평가의 결과를 보면, 유의수준 0.05에서 유의한 차이를 보였고($p=0.001 < 0.05$), 신체적 불편도의 평균을 보면 새롭게 디자인된 모델에 대하여 더 편안함을 보이는 것을 알 수 있다.

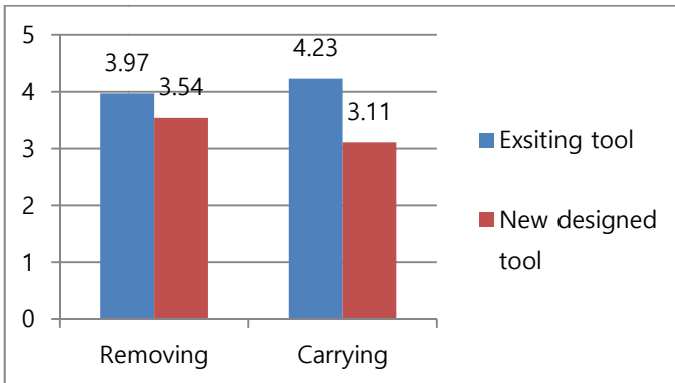


Figure 5. Subjective Evaluation

근전도 분석과 신체적 불편도에 대한 주관적 평가 결과로 부터 종합적으로 판단할 때 개선된 제설도구의 형태가 기존의 제설도구 형태보다 신체적 불편을 더 적게 유발하는 것을 알 수 있다.

5. Conclusion

본 연구는 사용자의 신체적 불편을 줄이기 위한 제설도구 디자인 연구로써 제설과 운반이 용이하게 형태를 변화하여 신체적 불편을 줄일 수 있는 하나의 방향을 제시하였고 그로 인해 조금 더 남녀노소 손 쉽게 제설작업을 할 수 있게 하였다.

실험과정을 통하여 피실험자들이 프로토타입 도구를 사용하는 과정에서 너가래의 봉이 한개로 만들어진 것보다는 도구 사용의 안정성과 견고성을 높이기 위하여 두개의 봉으로 만들어지는 것이 바람직하다는 의견이 제시되어 최종적으로 Figure 6과 같은 디자인 결과를 도출하였다.



Figure 6. Final Design and Use Process

Reference

Bartuzi, P. and Roman, D., Assessment of muscle load and fatigue with the usage of frequency and time-frequency analysis of the EMG signal, Acta of Bioengineering and Biomechanics, 16(2), 31-39, 2014

Jang, J., Shim, J., Woo, D., and Lee, S., The Analysis of Terminal Clipping Tool by the Characteristics of

Pressure & EMG related by Upper Limb, The Fall Conference of the Ergonomics Society of Korea, 2006.

Jung, K., Ergonomic Design of Magic Saw Handle, Journal of the Ergonomics Society of Korea, 31(3), 469-474, 2012.

Kim, J., Kim, K., Yu, C., Oh, S., Lee, C., Kim, D., Hwang, B., Moon, Y., Jeong, G., and Kwon, T., The Fatigue Analysis of Urban Bus Driver with Electromyography (EMG) Analysis, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 29(10), 1149-1156, 2012.

Kim, M., Lee, J., Jung, D., and Jung, M., Effects of Back-belt on Electromyographic Activities and Angle of Lower Back and Extremity during Lifting, Korean J Occup Environ Med, 17(4):259- 266, 2005.

MAPC(Metropolitan Area Planning Council), Snow Removal Policy Toolkit, 2012.

Newswire, <http://www.newswire.co.kr/newsRead.php?no=678083>, 2013.

Oh, B., VIP Report: Snow and Economy, Hyundai Research Institute, 2014.

OSHA, Falls and Other Hazards to Workers Removing Snow from Rooftops and Other Elevated Surfaces, 2015.