

대한기계학회 주선

제9회 전국학생설계경진대회(2019년)

설계 최종 보고서

참가부	대학부 (O)				
참가분야	공모주제 () / 자유주제 (O)				
참가팀명	CC (Complete Communication)				
설계제목	순차적 공기주입을 통한 웨어러블형 소방관 손목 통증관리 기기				
지도교수/교사	(소속) 홍익대학교 (성명) 신승원 (연락처) (이메일) sshin@hongik.ac.kr (소속) 홍익대학교 (성명) 임덕신 (연락처) (이메일) doslim@hongik.ac.kr				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	권경현	홍익대학교 기계시스템디자인공학과		kwon950417 @naver.com	

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	김성철	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	ts5975@naver.com
2	송재은	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	sje9568@naver.com
3	오세윤	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	jade284@naver.com
4	원지원	홍익대학교 기계시스템디자인공학과 / 4학년	wldnjfl912@naver.com

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (O)
참가팀명	CC (Complete Communication)
설계제목	순차적 공기주입을 통한 웨어러블형 소방관 손목 통증관리 기기
대표자명	권경현
요약문	<p>2018년 한해 소방관의 출동 건수는 2,924,899건에 이르며, 이중 환자 이송 건수는 1,843,105건으로 전체 출동 건수의 63%를 차지한다. 환자 이송과정에서 환자를 들거나 CPR을 하는 등 구조 활동 중의 과도한 손목사용으로 인해 손목에 통증이 발생하는 경우가 많다. 이 기기를 설계하게 된 기본적인 목적은 이러한 소방관의 손목 통증을 줄이기 위함이다.</p> <p>본 설계는 손목을 지지해 줌으로써 손목에 큰 힘이 작용하는 것을 막아 통증이 발생하는 것을 예방하며, 발생한 통증에 대해서도 손목의 힘줄과 인대를 횡방향으로 안마하여 이완시킴으로써 통증을 효과적으로 풀어주는 것을 목표로 하였다.</p> <p>1개의 공기펌프와 4개의 솔레노이드 밸브를 이용하여 7개의 작은 공기주머니에 순차적으로 공기를 주입해 손목 윗부분을 횡방향으로 주무르는 마사지를 모사하며, 모든 공기주머니에 공기를 채워 하나의 막대를 형성함으로써 스포린트와 같이 지지의 기능이 가능하도록 했다.</p> <p>이 기기를 통해 소방관의 근무환경이 개선되어 효과적인 구조 활동이 가능해질 것으로 예상되고, 손목에 통증이 있는 일반인들도 안마기로 사용할 수 있을 것이다.</p>

순차적 공기주입을 통한 웨어러블형 소방관 손목 통증 관리기기 개발

권경현*·김성철*·송재은*·오세윤*·원지원*·임덕신*[†]·신승원*[†]

*홍익대학교 기계시스템디자인공학부

Development of wearable Type fireman's wrist pain management device

Kyunghyun Kwon*, Sengcheol Kim*, Jaeun Song*, Seyoun Oh*, Jeewon Won*,
Dokshin Lim*[†] and Seungwon Shin*[†]

* School of Mechanical System Design Engineering, Hongik University

(Received January 9, 2019 ; Revised January 9, 2019 ; Accepted January 9, 2019)

Key Words: Wearable(웨어러블), Sequential Air Injection(순차적 공기주입), Massage(안마), Splint(지지대)

초록: 최근 소방관에 관한 관심이 높아지면서 소방관의 근무환경에 대한 문제가 대두되고 있다. 본 논문에서는 소방관의 고질적인 통증 중 하나인 손목 통증을 효과적으로 관리할 수 있는 기기를 설계한다. 손목 안마의 움직임과 필요한 힘을 정량적으로 측정하였고, 소방관이 환자를 이송하는 상황을 도식화하여 정량화하였다. 이를 통해 7개의 공기주머니와 1개의 공기펌프, 4개의 솔레노이드 밸브를 이용하여 안마의 움직임을 모사하고 지지대의 역할을 할 수 있는 제품을 제안, 개발하였다. 실험을 통하여 안마 움직임을 확인하였고, 지지대로서의 역할 수행 능력을 평가하였다.

Abstract: The growing interest in firefighters has raised the issue of their working conditions. In this paper, we design a device that can effectively manage wrist pain, one of the chronic pain that firefighters have. The movement and required force of the wrist massage were measured quantitatively, and the situation of the firefighter transporting the patient was schematic and quantified. Using air tubes, pump and solenoid valves, a product that can simulate the movement of the massage and act as a splint was proposed and developed. Through the experiment, the movement was checked and the ability to perform a splint was evaluated.

1. 서 론

2018년 한해 소방관의 출동 건수는 2,924,899건에 이르며, 이중 환자 이송 건수는 1,843,105건(1)으로 전체 출동 건수의 63%를 차지한다. 환자 이송과정에서 환자를 들거나 CPR을 하는 등 구조 활동 중의 과도한 손목사용으로 인해 손목에 통증이 발생하는 경우가 많다. 소방관들은 이러한 손목 통증 해결을 위하여 스프린트, 아대, 압박붕대와 같은 손목을 지지해 줄 수 있는 제품들을 사용해 왔다. 하지만 이러한 제품들은 어느 정도의 통증 악화는 막아줄 수 있으나 이미 생긴 통증을 호전시키지는 못한다. 또, 아대나 압박붕대의 경우 지지의 역할을 잘 하지 못하며, 스프린트의 경우 지지대의 역할은 잘하지만, 손목의 자유로운 움직임을 막아 긴급 상황에서의 대처능력을 떨어뜨린다. 이러한 이유로 소방관의 힘을 보조해주는 로봇 형태의 기기가 개발되고 있지만, 높은 가격과 무게로 인해 소방관들이 실질적으로 사용하기는 불가능하다. 또한, 이러한 보조 기구들 역시 이미 발생한 통증에 대해서는 효과가 없으므로 새로

[†] Corresponding Author, sshin@hongik.ac.kr

운 형태의 손목 통증 관리기기를 설계하게 되었다.

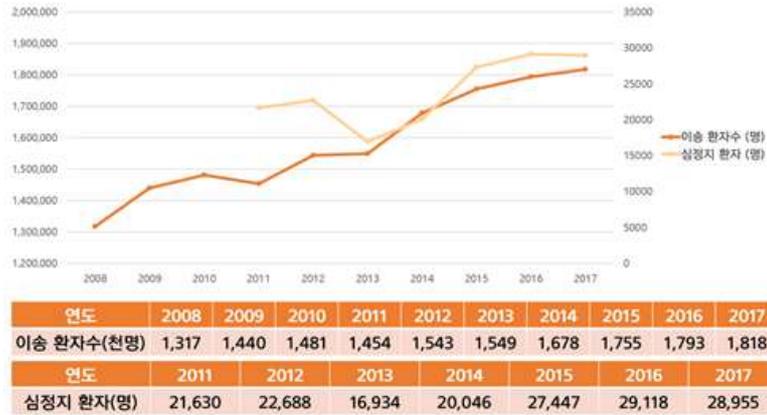


Fig. 1 Number of transfer cases and cardiac arrest cases by year

본 설계는 소방관이 업무 중 착용이 가능하고, 손목을 지지해 줌으로써 손목에 큰 힘이 작용하는 것을 막아 통증이 발생하는 것을 예방하며, 발생한 통증에 대해서도 손목의 힘줄과 인대를 횡방향으로 안마하여 이완시킴으로써 통증을 효과적으로 풀어주는 것을 목표로 하였다.

2. 설계핵심내용

2.1 안마 메커니즘

2.1.1 안마 메커니즘 아이디어



Fig. 2 Massage method for relieving wrist pain

기존 공기압을 이용한 안마기기의 경우 대부분이 통증 부위를 사방에서 압박하여 안마한다. 하지만 손목 안마에 있어서 압박보다 Fig. 2와 같이 손목의 윗부분을 횡방향으로 주무르는 것이 더 효과적이라고 한다. 따라서 Fig. 3과 같이 공기주머니를 겹쳐 배열하고 Fig. 4와 같이 가운데서부터 순차적으로 공기를 주입하여 오른쪽 그림과 같이 두 번째 공기주머니부터 압박의 방향을 아래 방향이 아닌 횡방향으로 하여 손목을 주무르는 것이 기본 아이디어이다.



Fig. 3 Arrangement of air tube

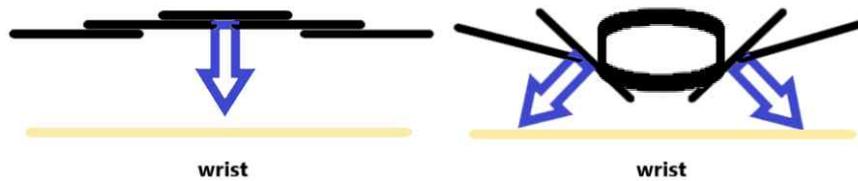


Fig. 4 Lateral massage mechanism idea

2.1.2 안마 메커니즘 확인

정성적인 마사지를 정량적으로 정의하기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다. 성인 남성 10명을 대상으로 Fig. 5와 같이 FRS 센서와 1cm 지름의 작용부로 이루어진 기구로 손목을 눌러 적절하다고 느낄 때의 힘을 Fig. 6과 같이 손목의 안쪽, 중앙, 바깥쪽 지점으로 나누어 측정하였다.

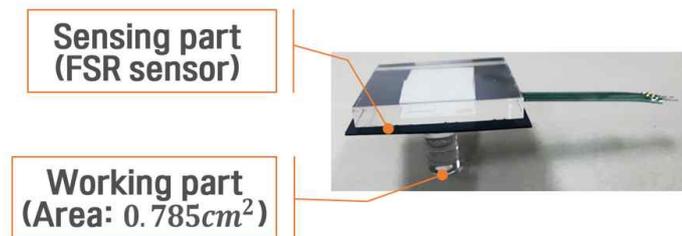


Fig. 5 Instrument for measuring force

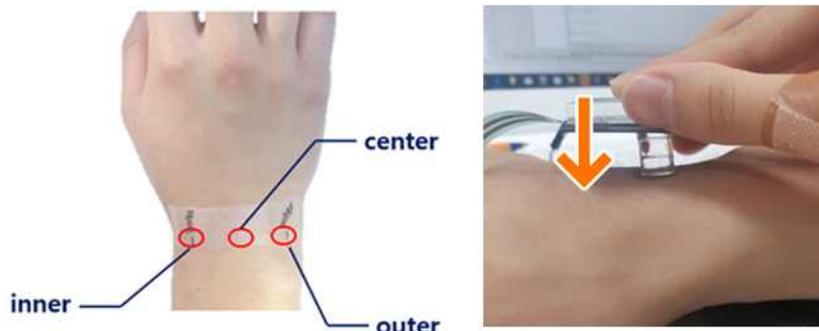


Fig. 6 Experiment for Find Moderate Force

각 지점에서 측정한 힘의 평균값은 Table 1과 같았다. 전체 평균 4.97N이며 이를 압력으로 환산하면,

약 63300Pa(470mmHg)의 압력이 손목을 안마하는 데 필요함을 알 수 있다.

Table 1 Moderate Force at each point.

	inner	center	outer	average
Moderate Force (N)	4.7	5.2	5	4.97

앞선 실험을 통해 충분한 안마 효과를 위해 470mmHg의 압력이 필요함을 구하였다. 따라서 최대압력 520mmHg의 펌프로 공기주머니에 공기를 주입하여 470mmHg 이상의 압력을 전달하는 것이 가능한지 확인하기 위하여 Fig. 6과 같이 슬릿 사이에 FSR 센서를 설치하여 공기주머니가 작용부에 전달하는 압력을 측정하였다.

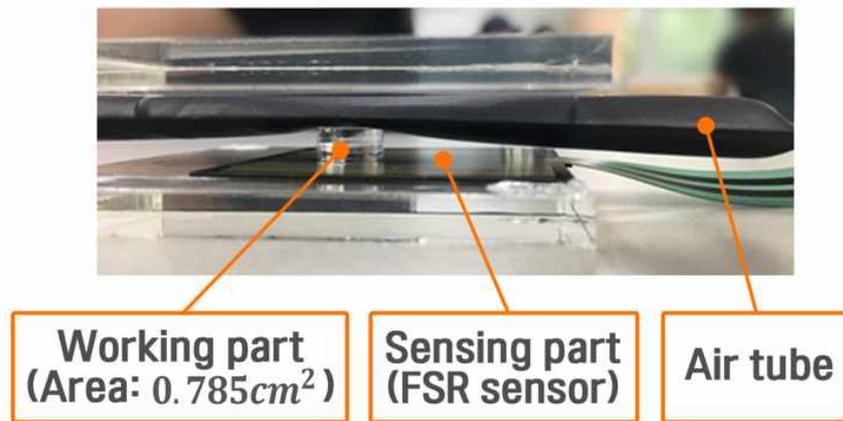


Fig. 7 Pressure Transfer Test Using Air Pump

Fig. 7을 통해 전달되는 압력의 크기가 충분히 목표 압력에 도달함을 확인하였다. 또, 공기주머니와 센서가 완벽히 밀착한 상황에서 470mmHg에 도달하기까지 약 1초의 시간이 걸림을 알 수 있었다.

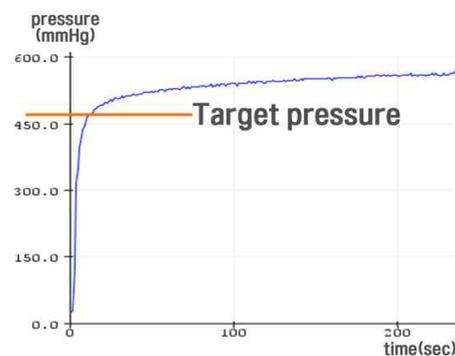


Fig. 8 Pressure Transfer over Time

2.1.3 손과 메커니즘 비교

Fig. 9는 손으로 안마할 때와 공기압을 통한 안마 메커니즘 비교를 위한 실험으로, 신축성이 있는 천을 손으로 문질렀을 때와 공기주머니에 순차적으로 공기를 주입했을 때의 모습을 비교하였다. 손은 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하였으며, 공기주머니 역시 오른쪽 공기주머니부터 공기가 주입되었다. 5cm 범

위를 안마하기 위해 4개의 공기주머니를 이용했을 때는 다소 끊기는 경향이 있었으나, 범위를 더 세분화하여 7개의 공기주머니를 이용하여 공기주입을 하였을 때는 손으로 안마할 때와 유사한 움직임을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

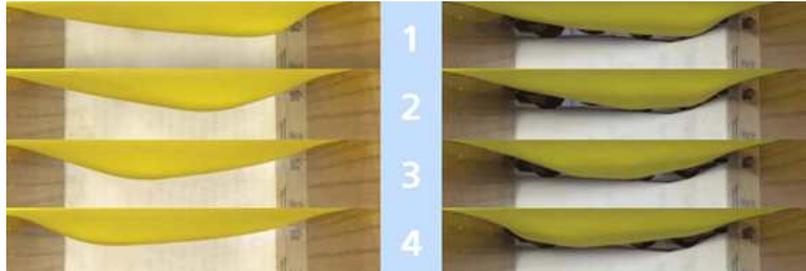


Fig. 9 Hand (Left), Mechanism (Right)

2.2 지지 메커니즘

2.2.1 지지 메커니즘 아이디어

손목 통증은 대부분 손목이 꺾이면서 발생한다. 소방관의 손목에 통증을 일으키는 대표적인 원인인 환자이송상황을 Fig. 10과 같이 도식화하였다. 80kg의 환자를 소방관 4명이 나누어 들었을 때 소방관 한 명이 받게 되는 힘은 200N으로, 이때 소방관의 팔과 지면이 이루는 각도는 약 80도로 가정하였으며, 이를 통해 계산한 손목이 안쪽으로 꺾이는 힘은 34.7N이 된다.

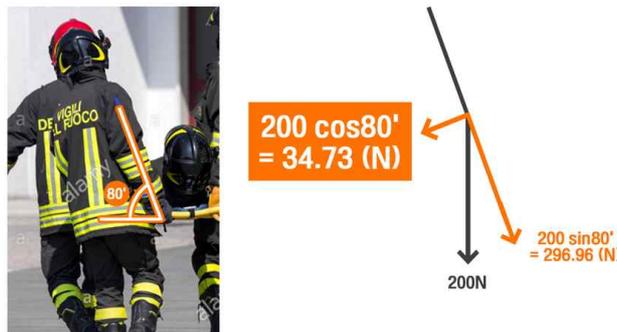


Fig. 10 Schematized Patient transport situation

이러한 손목을 꺾는 힘을 보조해주기 위하여 Fig. 11과 같은 메커니즘을 구상하였다. 공기를 압축해 넣은 주머니를 변형시키기 위해서는 내부압력 이상의 압력을 주어야 하므로, 여러 개의 공기주머니에 공기를 주입 및 압축하여 하나의 막대기를 형성하고 이를 통해 손목이 꺾이는 것을 막아주는 것이 기본 아이디어이다.

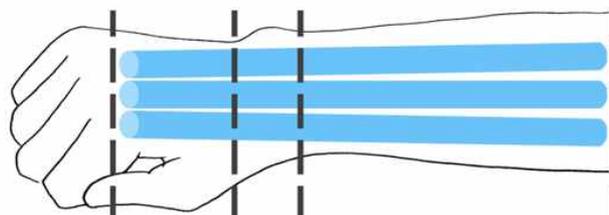


Fig. 11 Splint mechanism idea

공기주머니의 길이를 결정하기 위해 다음과 같은 계산을 진행하였다. 7개의 주머니가 34.7N의 힘을 받

으므로 주머니 하나당 4.96N의 힘을 지지해야 함을 알 수 있다. 이때 공기주머니가 손목과 접촉하는 길이가 1cm, 폭이 1cm라 할 때 주머니 하나가 버틸 수 있는 힘은 6.93N이다. 따라서 Fig. 12와 같이 손등과 접촉하는 주머니의 길이가 4cm라 했을 때 힘과 모멘트 평형을 이용하면 팔과 접촉하는 주머니의 길이가 11.6cm 이상이어야 한다.

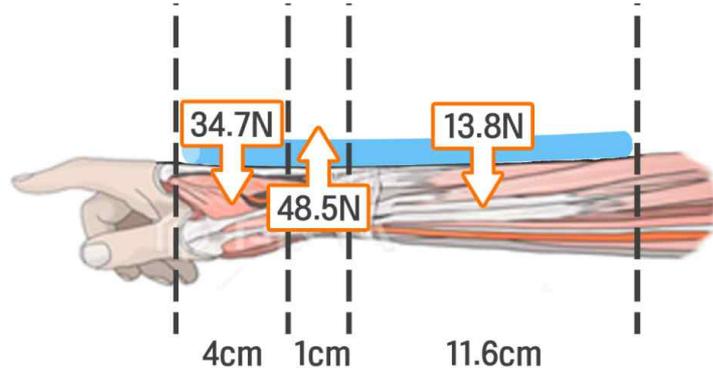


Fig. 12 Air tube for splint

2.2.2 지지 메커니즘 확인

다음과 같은 실험을 통해 구상한 아이디어의 실현 가능성을 확인하였다. 길이 17cm, 지름 1cm인 7개의 밀봉된 공기주머니에 최대압력 520mmHg의 공기펌프를 이용하여 공기를 압축한다. Fig. 12의 손과 팔뚝의 비율에 맞게 공기주머니를 실험대에 고정한 후, 손 부분에 1kg, 2kg, 3kg을 매달아 버티는지 확인하였다. 그 결과, Fig. 13과 같이 3kg까지 지지할 수 있음을 알 수 있었다. 또, 더 높은 무게에서도 힘을 보조해 줄 수 있을 것으로 예상된다.



Fig. 13 Experiment to Prove Splint Idea

3. 결과 및 토의

3.1 작동원리 및 구성

제품의 주요부품은 Fig. 14와 같이 3.7V 리튬폴리머 배터리 3개와 솔레노이드 밸브 4개, 공기펌프 1개,

아두이노 보드로 구성된다. 하나의 공기펌프에 4개의 밸브를 연결하고, 가운데 공기주머니를 기준으로 대칭되는 공기주머니를 같은 밸브에 연결한다. 안마 스위치를 누르면 밸브에 차례대로 신호를 주어 가운데서부터 양쪽의 공기주머니에 순차적으로 공기가 주입되며 손목 위를 안마할 수 있도록 하였고, 지지 스위치를 누를 때는 모든 밸브에 동시에 신호를 주어 7개의 공기주머니에 모두 공기가 주입되어 지지대의 역할을 수행할 수 있도록 하였다.

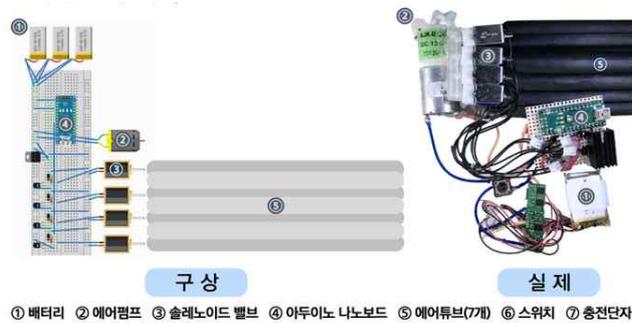


Fig. 14 Device Components

3.2 Working Prototype 및 시연

첫 번째 Working Prototype은 Fig. 15와 같이 시중에 판매되는 아대와 기기부를 결합하여 제작하였다. 안마 효과를 확인하기 위하여 성인 18명에게 착용 후 시연해보았다. 강, 중, 약으로 안마 강도를 묻는 물음에는 강 5.6%(1명), 중 72.2%(13명), 약 22.2%(4명)로 나타났다. 이 강도가 본인에게 적절한지를 묻는 질문에서는 매우 적절 5.6%(1명), 적절 44.4%(8명), 보통 44.4%(8명), 부적절 5.6%(1명)으로 나타났다. 이 중 더 강한 강도를 원하는 인원은 전체 중 50%(9명)이었다. 또한, 본인에게 느껴지는 안마 방식이 어떤 느낌인지 묻는 질문에 두드림 0%(0명), 주무름 50%(9명), 문지름 22%(4), 압박28%(5)명으로 나타났다. 따라서 구상한 아이디어가 처음 목표로 했던 느낌을 잘 만들어내고 있으며, 추후 전체적인 강도를 세계 만들면 목표했던 메커니즘과 더 가까워질 수 있으리라고 예상된다.

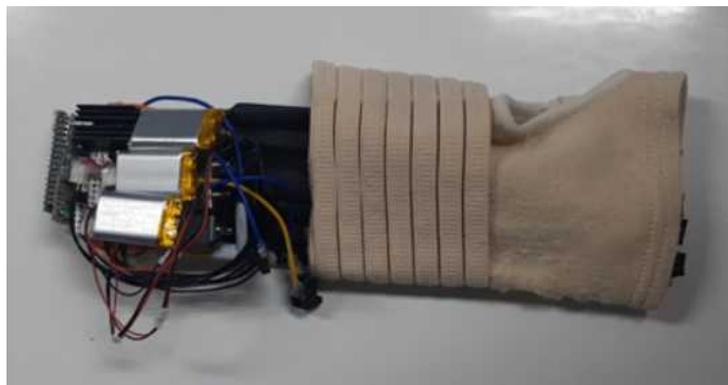


Fig. 15 1st Working Prototype

두 번째 Working Prototype은 Fig.16과 같다. 안마 강도를 보완하기 위하여 공기주머니와 손목이 더 밀착할 수 있도록 손목 부위를 추가로 고정하였다. 내피는 신축성이 있는 소재로 하여 손에 맞게 착용할 수 있도록 하고, 외피는 신축성이 없는 소재로 하여 공기주머니에 공기를 압축하여 넣을 시 위로 부풀지 않고 피부를 누를 수 있도록 하였다. 또한, 좀 더 작은 펌프를 사용하고 펌프와 밸브, 아두이노 나노를 효율적으로 배치하여 소형화를 한다면 기기부의 크기가 폭이 5cm 이내 높이가 2cm 이내로 작아지고 무게 또한 150g 이하로 줄어들 것으로 예상된다. 많은 소방관들이 손목 통증을 느끼고 있지만 마땅

한 대책이 없는 것이 현실이다. 단순 힘 보조 기구들과 달리 안마를 통해 추가적으로 통증을 관리해줌으로써 차별성이 있으며, 요새 개발되는 소방관용 로봇팔 등에 비해 작고, 가볍고, 저렴하여 소방관들이 쉽게 접근이 가능할 것으로 기대된다.



Fig. 16 2nd Working Prototype

3.3 제품의 활용방안 및 기대 효과

본 제품은 Fig. 17의 시스템 구성도와 같이 활용할 수 있다. 환자이송 등 손목에 무리가 가는 활동을 할 때는 지지 기능을 켜서 구조 활동을 돕고 손목에 무리가 덜 가게 할 수 있다. 또한, 복귀하는 도중에 안마 기능을 사용하여 손목의 피로를 풀어 줄 수 있다. 이외에도 사무 활동이나 간단한 일상생활을 할 때에도 안마 기능을 사용할 수 있다. 두 가지 기능을 상황에 맞게 사용하여 더 효과적인 구조 활동이 가능할 것으로 기대된다. 또한, 소방관 이외에 사무직, 전업주부, 운송직 등 손목 통증을 느끼는 다른 직종에서도 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

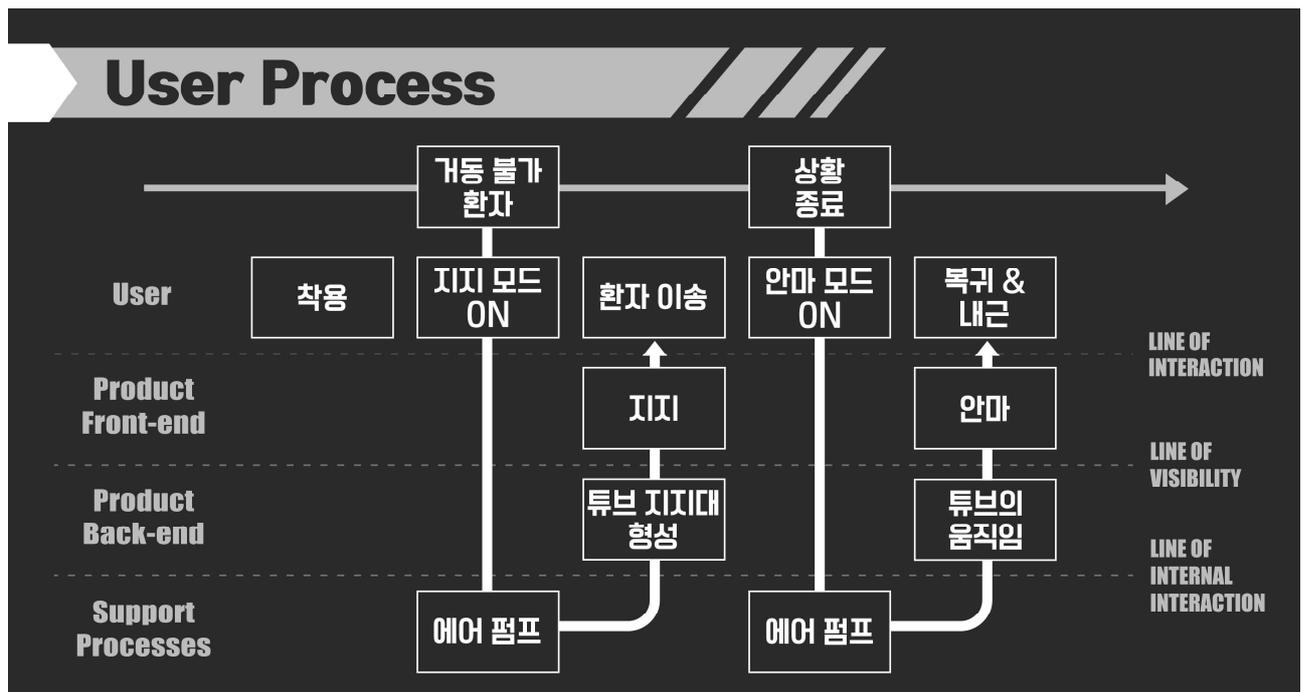


Fig. 17 System map

4. 결 론

소방관의 전체 출동 건수의 63%를 차지하는 환자이송 상황 등 다양한 구조 활동으로 인해 손목에 통증이 발생하는 경우가 많다. 하지만 소방관들이 손목 통증 해결을 위해 사용하고 있는 제품들은 통증을 호전시키지 못하거나 여러 가지 이유로 사용이 어려운 경우가 많다. 따라서 소방관들을 위한 새로운 형태의 손목 통증 관리기기의 필요성을 느껴 이 제품을 설계하게 되었다. 공기를 이용하여 평소에는 손목을 자유로이 움직이다가도 필요시에는 지지와 안마가 가능하도록 설계했다. 4개의 밸브를 통해 공기펌프에서 주입되는 압축공기를 각 주머니에 분배하고, 아두이노 나노를 이용하여 지지 기능과 안마 기능을 선택적으로 사용할 수 있도록 했다. 지지 기능을 사용 시 모든 밸브를 열어 모든 주머니에 공기를 채우게 하고, 안마 기능을 사용할 때는 각 밸브를 순차적으로 여닫기를 반복하여 손목을 주무르도록 프로그래밍 했다. 기존 기구학적인 방법이 아닌 공기압을 이용했기 때문에 최근 개발되고 있는 소방관용 로봇팔 등에 비해 가볍고 작으며 가격도 저렴하여 소방관들의 실사용이 가능할 것으로 예상된다. 또한, 소방관뿐만 아니라 사무직, 전업주부, 학생 등 손목에 통증을 느끼는 다른 여러 직종에서도 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

1. César Fernández-de-las-Peñas, Cristina Alonso-Blanco, Josué Fernández-Carnero, and Juan Carlos Miangolarra-Page, 2006, "The immediate effect of ischemic compression technique and transverse friction massage on tenderness of active and latent myofascial trigger points: a pilot study", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Volume 10, Issue 1, pp. 3~9.
2. Kim Dong-hwi, 2019, "Results of analysis of first aid activities in 2018", National Fire Agency, Republic of Korea.
3. Koo Hye-eun, 2015, "The Study of Musculoskeletal Symptoms by The Work Field in The Firefighters", Master's Degree, Graduate School of Public Health of Jeonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea.
4. R. C. Hibbeler, 2013, "Mechanics of materials, SI Edition", Pearson Education, London, England, United Kingdom.
5. Park Jeong-kyu, Kim Yoon-tae, 2008, "Design and control of air pressure system", Myung-jin, Seoul, Republic of Korea.