〔연구논문〕

ISSN 1225-1151 (Print)
ISSN 2234-0793 (Online)
Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles
Vol. 44, No. 6 (2020) p.1178~1188
https://doi.org/10.5850/JKSCT.2020.44.6.1178

군인의 작업 실태에 기반한 웨어러블 로봇 개발 방향 탐색

엄란이 · 이예진*†

충남대학교 생활과학연구소, *충남대학교 의류학과

Investigation of Development Direction for Wearable Robot Based on Soldier's Work Status

Ran-i Eom · Yejin Lee*†

Research Institute of Human Ecology, Chungnam National University
*Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University
Received July 1, 2020; Revised July 30, 2020; Accepted July 31, 2020

Abstract

This study obtains preliminary data through a multifaceted examination of work undertaken by soldiers and factors that should be considered in the development of wearable robots; in addition, the study explores the development direction for such robots in this segment. This study conducted a survey on males who had military experience in order to analyze work practices. The results of the survey indicate that there has been an existing need for wearable robots for soldiers and that soldiers prefer robots equipped with functions to support specific physical activities and those that offer comfort while being worn. In addition, it was found that the method to wear robots should be developed according to the body part that considered movements performed by soldiers. It was also found that strengthening functionality over aesthetic factors is extremely important. Soldiers desired wearable robots that could assist their main activities, protect their bodies, and incorporated an excellent system in terms of wearability.

***Key words*:** Soldier uniforms, Wearable robot, Wearability, Functional clothing, Survey; 군복, 웨어러블 로봇, 착용성, 기능성 의류, 설문조사

I. 서　　론

군복은 군인이 단체로 입는 의복으로 정복과 전투복으로 나눌 수 있고, 이 중 전투복은 훈련이나 전투 시 착용의 목적을 갖는다. 초기의 전투복 개발 시에는 화약무기의 출현으로 보병 중심이 되면서 이들의 가동성이 크게 요구됨에 따라 가볍고, 간편함을 전투복의 중요한 요소로 생각하였다(Han, 1997). 이후에는 전투복이 사계절 모두 착용가능하도록 개발되었고(Lee et al., 1999), 점차 착용 환경조건에 따른 설계가 효율적이라는 것이 확인됨에 따라, 다양한 조건의 자연환경에서 최상의 기능을 갖출 수 있도록 디자인적인 측면과 소재 등에서 첨단적인 기술의 복합체인 전투복이 개발되고 있다(Han, 2010). 현재는 전투복 개발 초점이 보다 군인의 전투력을 향상시키고,

† Corresponding author
E-mail: yejin@cnu.ac.kr
본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C1005598).

ⓒ 2020, The Korean Society of Clothing and Textiles. All rights reserved.

이들을 보호할 수 있는 기능성 강화로 바뀌고 있는 추세이다. 예를 들면, 미래 전투 상황에 대응하기 위한 목적으로 디지털 통신 기능이 내장된 군복(Chung et al., 2008), 지뢰 탐지 기능을 갖춘 스마트 웨어러블 전투복(Kim et al., 2015), 전투 중 발생할 수 있는 위협에 대한 대응방안으로 생체환경 센서를 이용한 생체신호 모니터링 결합(Ha et al., 2019) 등의 연구가 수행되고 있어, 군인의 상황을 보고받을 수 있는 기기와의 결합이나, ICT형 스마트 군복으로 군인을 조력하는 기능이 갖춰지고 있다.

최근에는 여기서 더 나아가 군인의 무거운 군장 문제 해결을 위해 외력증강장치에 대한 연구가 진행되면서 전투복의 관심 방향이 변화하고 있다(Choi et al., 2012). 관련 연구로는 보병 병사의 보행 및 짐 운반을 돕기 위한 하지의 외골격 시스템을 설계한 연구(Yu et al., 2014), 군인의 적재 능력(load-carrying)을 향상시키기 위한 외골격(exoskeleton)의 부품강도에 대한 연구(Zhao et al., 2013), 병사 산악보행 시 무릎관절 근력 보조를 위한 로봇 개발(Hong et al., 2019), 장거리 이동 시 고중량물 이송을 위한 근력증강 로봇 기술 개발(Kim, 2019) 등이 있다. 다시 말해, 군복의 역할에서 더 나아가 군인 활동 능력을 강화할 수 있는 웨어러블 로봇이 개발되고 있는 것을 알 수 있었다. 다만, 군인을 위한 근력증폭을 목적으로 하는 외골격 시스템은 높은 성능을 발휘하기 위한 고출력 엑추에이터(actuator)가 장착되기 때문에 이로 인해 시스템의 규모가 커지게 되므로(Kim et al., 2006) 착용감 측면에서 보았을 때 무게감과 동작가동성 등에서 만족감이 매우 낮아질 우려가 크다.

군복을 설계할 때는 보호력 증진과 활동성, 편리성이 고려되어야 하고, 군복과 장비가 모듈화 되어가는 추세에 맞춰 각 요소들 간 호환성을 가지는 것이 중요하다(Kwon & Ha, 2006). 뿐만 아니라, 웨어러블 로봇 개발 동향이 기계 부착의 개념이 아닌 의류처럼 착용한다는 개념으로 바뀌고 있는 것이 확인됨에 따라 군인을 위한 웨어러블 로봇은 특수복이라는 특성을 인지하고 개발해야만 한다. 이에 군인용 웨어러블 로봇 개발을 위해서는 가장 인접 환경인 군복과 군인의 작업 실태를 파악하는 것이 우선되어야 하고, 웨어러블 로봇은 인접 환경에 맞게 결합되어질 수 있는 방향으로 설계되어야 한다. 게다가, 기능성이 강조되는 특수복의 경우 작업환경에 의해서 발생하는 열적 스트레스로 인해 착용자가 받는 피로도는 매우 크고(Kim & Bae, 2013), 작업강도가 증가할수록 신체에 부담을 더욱 가중시키기 때문에(Bang, 2018) 군인을 위한 웨어러블 로봇 개발 시 착용감 측면에서 일상복보다 더 많은 요인이 고려되어야 한다.

이에 본 연구에서는 의류학적 관점에서 군인을 위한 웨어러블 로봇 개발 시 고려해야 할 요인을 착용대상자로부터 도출하고자 하였다. 구체적으로 육군에서 군경험이 있는 성인 남성을 대상으로 군인의 작업 실태에 대하여 선행조사를 실시하였으며, 이들을 통해 육군 특성에 따른 웨어러블 로봇의 필요성, 요구도, 중요성에 대해 분석하였다. 본 연구를 통해 얻은 결과는 웨어러블 로봇 개발의 빠른 흐름에 맞춰 다양한 분야에서 차세대 군복을 개발할 때 활용할 수 있을 것이며, 군복과 웨어러블 로봇의 연관성을 고찰하여 착용성 향상을 위한 웨어러블 로봇 디자인 프로세스를 제안하는데도 도움을 줄 수 있을 것이라 기대된다.

II. 연구방법

본 연구는 군인의 작업 실태와 군인을 위한 웨어러블 로봇 개발에서 고려해야 할 요인을 설문조사법으로 자료를 수집하였고, 이에 대하여 분석하였다(IRB 승인번호: 201910-SB-182-01).

설문대상은 육군 경험이 있는 성인 남성 227명을 임의 표집하여 이들을 대상으로 2020년 1월에 조사를 실시하였다. 설문지는 웨어러블 로봇을 착용한 경험이 있는 군필자의 인터뷰를 바탕으로 제작하였고, 예비 설문을 통해 완성하였다. 또한 응답자에게 문항에 대한 이해를 돕기 위해 설문조사 시작 전 다양한 형태의 웨어러블 로봇을 <Fig. 1>–<Fig. 3>과 같이 제시한 뒤에 설문의 목적을 설명하였다. 설문문항은 인구통계학적 문항 6개, 군복 및 군 활동에 관한 문항 4개, 육군 착용형 로봇 개발에 관한 문항 8개, 육군 웨어러블 로봇 개발 시 중요도에 대한 문항 15개였다. 중요도는 5점 척도(1점: 전혀 중요하지 않다~3점: 보통이다~5점: 매우 중요하다)로 평가할 수 있게 하였다.

설문조사 자료의 분석은 SPSS 24.0 통계 프로그램을 사용하여, 각 문항에 대한 빈도와 백분율을 구하였다. 다중응답문항에 대한 결과는 다중응답-교차분석을 실시하였고, 연령별, 동작별, 착용방식별 웨어러블 로봇에 대한 요구도에 대한 차이를 확인하기 위해

Fig. 1. Military exoskeleton robot.
Reprinted from Cho (2014). http://www.irobotnews.com

Fig. 2. Wearable robot for rehabilitation.
Reprinted from Song (2017). https://www.etnews.com

Fig. 3. Wearable robot like clothes.
Reprinted from Ko (2017). http://www.newsworks.co.kr

교차분석-카이제곱 검정(χ^2)을 실시하였다. 중요도에 대한 결과는 각 구체적인 사항별 중요성에 대한 차이를 보기 위해 *t*-test와 반복측도 ANOVA를 수행하였다.

III. 연구결과

1. 인구통계학적 특성 및 육군 관련 특성

1) 인구통계학적 특성

육군 경험이 있는 추출된 표본의 인구통계학적 특성을 연령, 군복무지역, 군대 계급, 군복무기간으로 구분하여 살펴보았으며, 그 결과는 <Table 1>과 같았다. 응답자인 성인 남성의 연령은 20대가 전체의 32.2%, 30대도 32.2%, 40대는 35.7%로 표본의 연령 분포가 유사하게 표집이 되었다. 군복무지역은 경기도가 전체의 46.4%, 강원도가 29.1%를 차지하여, 경기도와 강원도에서 복무했던 응답자의 분포가 많았다. 군대에 있는 동안의 계급은 병사가 전체의 94.3%로 대부분을 차지하였으며, 부사관과 장교도 있었다. 군복무기간은 2년 이내가 전체의 69.6%로 가장 높게 나타났고, 5년 이내가 28.6%를 차지하였다. 이 외에

Table 1. Sample characteristics

Item		*N* (%)
Age	20s	73 (32.2)
	30s	73 (32.2)
	40s	81 (35.7)
Military service area	Seoul	11 (5.0)
	Incheon	7 (3.2)
	Gyeonggi-do	102 (46.4)
	Gangwon-do	64 (29.1)
	Chungcheongbuk-do	3 (1.4)
	Chungcheongnam-do	7 (3.2)
	Sejong city	3 (1.4)
	Daejeon	1 (0.5)
	Daegu	4 (1.8)
	Gyeongsangbuk-do	5 (2.3)
	Gyeongsangnam-do	2 (0.9)
	Jeollabuk-do	3 (1.4)
	Jeollanam-do	6 (2.7)
	Busan	2 (0.9)
Military rank	Soldier	214 (94.3)
	Noncommissioned officer	4 (1.8)
	Officer	9 (4.0)
Military service period	2 year or less	158 (69.6)
	Within 5 years	65 (28.6)
	Within 10 years	1 (0.4)
	Within 20 years	2 (0.9)
	More than 20 years	1 (0.4)

군복무기간이 10년 이내, 20년 이내, 20년 이상인 경우도 있었다.

2) 육군 관련 특성

추출된 표본의 육군 관련 특성은 <Table 2>와 같았다. 먼저, '부대에서 착용했던 군복이 몸에 맞는 정도'에 대해서 '보통임'으로 응답한 경우가 전체의 59.0%로 가장 많이 차지하였으며, 다음으로는 '헐렁했음'으로 응답한 경우가 22.9%, '맞았음'으로 응답한 경우가 14.1%로 나타났다. 육군에서 착용하는 전투복의 모든 부위가 신체에 맞는다고 느꼈던 인식 정도에 대한 Choi et al.(2003)의 연구결과와 비교하면, 현재 육군이 느끼는 군복의 신체 맞음성은 과거와는 달라진 것을 알 수 있었다.

다음으로 '군대에서 작업 및 활동 중 가장 많이 하는 동작'에 대한 응답은 '허리를 굽히고 펴는 동작'으로 응답한 경우가 전체의 30.4%로 가장 많이 차지하였으며, '팔을 올리고 내리는 동작'이 21.6%, '팔꿈치를 굽히고 펴는 동작'이 19.8%, '쭈그려 앉았다 일어나는 동작'이 17.6%, '무릎을 굽히고 펴는 동작'이 10.6%로 나타났다. 육군에서 체력적으로 요구되는 공통임무는 행군, 무거운 물건 들기 및 운반, 환자후송, 장애물 극복, 약진, 참호파기 등(Kim et al., 2012) 다양하기 때문에 부대 활동에서 다양한 동작을 취할 수밖에 없을 것으로 사료된다. 다만, 본 연구를 통해 육군 생활에서 군인이 가장 많이 움직이는 부위를 허리, 팔, 다리 순이라고 인식하고 있다는 것을 알 수 있었다.

'군대에서 주로 수행했던 작업 및 활동의 강도 정도'에 대한 응답은 '보통임'으로 응답한 경우가 전체의 46.3%를 차지하였으며, '강함'이 39.2%, '매우 강함'이 7.9%로 나타났다. 따라서 육군 생활의 강도를 강한 편이라고 인식하는 비율이 보통보다 약간 더 높다고 해석할 수 있었다.

마지막으로 '군대에서 주로 했던 작업 및 활동의 1회 평균시간'에 대한 응답을 조사한 결과, '1~2시간'이 전체의 28.2%, '3시간 이상'이 26.4%, '2~3시간'이 25.1%, '30분~1시간 이상'이 16.3%, '30분 이내'가 4.0%로 나타나, 최소한 1시간 이상의 작업을 수행하고 있음을 확인하였다.

2. 육군용 웨어러블 로봇의 필요성

육군 생활을 위한 군인용 웨어러블 로봇 개발의 필요성에 대한 인식 분석을 위해 필요 여부, 이유, 역할, 부위, 형태에 대해 살펴본 결과는 다음과 같았다. 먼저, 육군을 위한 군인용 웨어러블 로봇 개발의 필요성에 대한 응답을 분석한 결과<Table 3>, 연령에 따른 웨어러블 로봇의 필요성에 대한 인식 차이가 없었고(p =.110), 필요성이 높은 것으로 나타났다.

육군 생활에서 웨어러블 로봇이 필요한 이유에 대해 복수응답한 것을 연령으로 나누어 분석한 결과 <Table 4>, 20대는 '근력 보조 때문에'라고 응답한 비율이 가장 높았고, 다음으로 '작업의 용이성 때문에'라고 응답하는 비율이 높았다. 30대는 '근력 보조 때문에'와 '작업의 용이성 때문에'라고 응답한 비율이 거의 유사하게 높았다. 40대는 30대와 유사하게 응답

Table 2. Military-related characteristics

Item		*N* (%)
How well did the military uniform fit your body in the military to which you belonged?	Very loose	6 (2.6)
	Loose	52 (22.9)
	Average	134 (59.0)
	Fitting	32 (14.1)
	Very well fitting	3 (1.3)
Which motion was most frequently done among tasks or activities performed in the military to which you belonged?	Raising and lowering arms	49 (21.6)
	Bending and stretching elbows	45 (19.8)
	Bending and stretching waist	69 (30.4)
	Bending and stretching knees	24 (10.6)
	Squatting and standing up	40 (17.6)
How intense were the tasks or activities performed in the military to which you belonged?	Very weak	2 (0.9)
	Weak	13 (5.7)
	Moderate	105 (46.3)
	Intense	89 (39.2)
	Very intense	18 (7.9)
What is the average time you spent each time on performing tasks or activities in the military to which you belonged?	Within 30 mins.	9 (4.0)
	30 mins.-1 hr.	37 (16.3)
	1 hr.-2 hrs.	64 (28.2)
	2 hrs.-3 hrs.	57 (25.1)
	3 hrs. or more	60 (26.4)

Table 3. The necessity of wearable robot for soldiers according to age

Item		Not very necessary	Unnecessary	Normal	Need	Very needed	χ^2
20s	*N* (%)	3 (4.1)	14 (19.2)	21 (28.8)	20 (27.4)	15 (20.5)	13.067
30s	*N* (%)	0 (0.0)	6 (8.2)	20 (27.4)	32 (43.8)	15 (20.5)	
40s	*N* (%)	1 (1.2)	7 (8.6)	21 (25.9)	38 (46.9)	14 (17.3)	

Table 4. Reasons for the need for wearable robots

Item		For wearability (comfort)	For ease of task	For muscle assistance	For physical balance in motions	For safety	Others
20s	*N* (%)	2 (5.7)	23 (65.7)	28 (80.0)	4 (11.4)	14 (40.0)	2 (5.7)
30s	*N* (%)	6 (12.8)	34 (72.3)	35 (74.5)	4 (8.5)	16 (34.0)	1 (2.1)
40s	*N* (%)	3 (5.8)	30 (57.7)	28 (53.8)	4 (7.7)	25 (48.1)	0 (0.0)

을 하는 유형을 보였는데, '안전성 때문에'라고 응답한 비율도 높게 나타났다. 20대는 다른 연령보다 근력이 높음에도 불구하고(Shin et al., 2012), 근력 보조에 더 관심이 있었고, 40대의 경우에는 육군 생활에서 발생할 수 있는 위험성까지 고려한 웨어러블 로봇 개발의 필요성을 느끼고 있는 것을 알 수 있었다.

다음으로 육군 생활에서 웨어러블 로봇 착용이 가장 필요하다고 생각하는 동작 및 역할을 조사한 결과

Table 5. The action or role of the wearable robot required by the soldier

Item	*N* (%)
Supporting strength in moving heavy shells or weapons	119 (52.4)
Assistance in long distance walking with heavy soldier's gear	48 (21.1)
Assistance in daily life movements (sitting-standing, walking on stairs, walking on flat ground)	8 (3.5)
Correct posture for correct movement	10 (4.4)
Posture assistance for long-term maintenance	12 (5.3)
Assists in the actions of the main tasks and activities	30 (13.2)

는 <Table 5>와 같았다. '무거운 포탄이나 무기 옮기기에서 근력 보조'라고 응답한 비율이 전체의 52.4%로 가장 많이 차지하였다. 두 번째로는 '무거운 군장을 짊어지고 장거리 행군에서 걷기 보조'라고 응답한 비율이 21.1%로 나타났고, 세 번째로는 '주로 하는 작업과 활동 시에 수행하는 동작 보조'라고 응답한 비율이 13.2%로 나타났다. 이는 군인의 주요 행동 유형이 대표적으로 '무거운 무게(군수물자, 무기, 사상자)를 육체적 힘을 이용하여 들어올리기', '무장한 상태로 완전군장을 착용하고 걷기'라고 한 Kim et al.(2009)의 연구결과를 뒷받침하는 것을 알 수 있다. 그러므로 앞으로는 근력을 보조해 줄 수 있는 웨어러블 로봇에 초점을 두고 개발할 필요가 있고, 착용자의 수요 적합성을 위해 보다 세분화된 작업 동작 실태를 구분하는 것이 중요함을 인식할 수 있었다.

한편, 육군 생활의 경험을 바탕으로 가장 필요한 웨어러블 로봇의 착용 부위를 응답하게 한 결과, 허리(33.0%) 부위에 착용하는 웨어러블 로봇을 가장 필요로 하였다. 다음 순서로는 어깨 또는 척추 및 상체(25.6%), 하체(18.9%), 전신(15.4%)으로 나타났고, 팔(4.8%), 발(1.8%), 손(0.4%) 부위에 착용하는 웨어러블 로봇에 대한 필요성도 나타나긴 했으나 비율은 낮았다. 앞서, 군대에서 가장 많이 하는 동작에 대한 응답 결과에서 허리를 굽히고 펴는 동작이 많다고 응답하였는데, 이것과 웨어러블 로봇을 착용하길 원하는 부위의 비율은 연관성이 있음을 알 수 있었다. 게다가, Kim(2001)의 연구에서 허리 부위가 부대 활동으로 인해 고통을 많이 느끼는 부위라고 발표한 바 있어, 육군 생활에서 허리의 움직임을 보조하면서도 장시간 과도한 움직임으로 인한 통증은 감소시킬 수 있는 허리 착용형 웨어러블 로봇의 개발이 가장 시급하다고 생각된다. 그리고 팔 부위의 동작도 많은 것으로 나타났는데, 어깨 또는 척추 및 상체에 대한 웨어러블 로봇 개발의 필요성이 팔과 손보다는 높게 나타났기 때문에 상체 착의용 웨어러블 로봇을 통해 팔 동작을 돕는 형태가 개발해야 함을 알 수 있었다.

더불어, 육군 생활에서 군인이 군복과 함께 착용하고 활동하기에 적합하다고 생각하는 웨어러블 로봇의 형태를 조사한 결과에서는 <Table 6>과 같이, 소프트 엑소수트(유연한 소재의 수트 형태)라고 응답한 비율이 65.6%, 하드 엑소수트(강화 외골격 형태)는 21.6%, 신경 인터페이스(신경 신호를 주거나 로봇 장치를 제어하는 개념)는 12.8%로 나타나, 소프트 엑소수트에 대한 선호도가 가장 높음을 알 수 있었다.

최근 발표된 논문 중에서 Li et al.(2018)의 연구에 따르면 외골격의 도움은 하중(load)의 부담은 줄이지만, 사용자는 스트레스를 받는 것으로 나타났고, Yoon(2018)의 연구에서는 병사를 위한 허리 보조 외골격 로봇의 군적용 가능성에 대해 검토한 결과, 군에서 필요로 하는 조건을 만족시키는 외골격 로봇을 찾을 수 없다고 하였다. 즉, 아직까지 군인용 웨어러블 로봇에 대해서는 부정적인 착용성에 대해서 주로 언급되고 있는데, 이는 외골격 형태이기 때문으로 사료된다. 다만, Gibson(2017)에 의해 군인의 걷는 동작과 무거운 짐 들기를 돕는 웨어러블 로봇이 소프트(soft) 형태로 시도되고 있음이 발표되었고, Jang et al.(2020)도 소프트 로봇에 사용할 수 있는 폴리우레탄 기반 복합 섬유에 대해 소개한 바 있다. 본 연구에서도 소프트한 형태의 웨어러블 로봇을 선호하고 있음이 확인되었으므로, 군인의 작업 수행을 돕는 웨어러블 로봇 개발 시 외골격 형태 개발 또는 외골격 로봇의 동작성, 착용성 등에 대한 문제점과 개선점을 도출하는 것보다는 소프트한 형태의 로봇 개발과 관련한 연구가 매우 효율적일 것으로 판단된다.

Table 6. Types of wearable robots required by the soldier

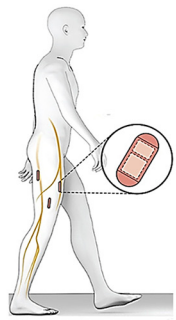
Item			
	Hard exosuits	Soft exosuits	Neural interface activation
Image			
N (%)	49 (21.6)	149 (65.6)	29 (12.8)

Fig. 4. Types of wearable robots.
Reprinted from Koo (2009). http://www.hani.co.kr

3. 육군 특성에 따른 웨어러블 로봇의 요구도

육군 생활에서 필요한 군인용 웨어러블 로봇을 개발할 경우에 원하는 요구 사항에 대하여 몇 가지 측면에서 조사하였다.

먼저, 군복과 웨어러블 로봇을 함께 착용할 경우에 요구하는 착용방식을 조사한 결과<Table 7>, 주요 동작에 따라 다른 착용방식을 원하였다(p=.006). 구체적으로 팔을 올리고 내리는 동작에서는 '옷처럼 입는 형태'를 주로 선호하였다. 이 외에 팔, 허리, 무릎을 굽히고 펴는 동작에서는 '보호대와 같은 탈부착의 형태'로 착용하길 원하는 것으로 나타났다. 그러나 쭈그려 앉았다 일어나는 동작에서는 원하는 착용방식에 따른 큰 차이가 없었다.

다음으로 웨어러블 로봇 개발 시 어떤 신체 부위를 감싸도록 제작하는 것이 적합한지에 대해 조사한 결과에서는 착용방식에 따라 차이가 있는 것으로 나타났고<Table 8>, 유의한 차이가 있었다(p=.000). '옷처럼 입는 형태'로 웨어러블 로봇을 제작 시에는 '신체 전체를 감싸는 구조'와 '관절을 감싸는 구조(무릎, 팔꿈치 등)'로 만들어지는 것을 각각 47.8%, 44.6%로 비슷하게 선호하였다. '보호대와 같은 탈부착의 형태'로 제작할 경우에는 '관절을 감싸는 구조'를 원한다고 가장 많이 응답(67.4%)하였다.

웨어러블 로봇 개발 시 어떤 소재로 제작하는 것이 적합한지 조사한 결과에서도<Table 9>, 착용방식에 따라 다른 소재를 원하는 것으로 나타났다(p=.003). '옷처럼 입는 형태'일 경우 '잘 구부러지거나 유연한 재질'로 제작되는 것이 적합하다고(62.0%) 생각하였다. '보호대와 같은 탈부착 형태'일 경우에는 '잘 구

Table 7. How to soldiers want to wear the wearable robot

Item		Type of clothes	Type of detachable (like guard)	χ^2
Raising and lowering arms	*N* (%)	30 (61.2)	19 (38.8)	14.350**
Bending and stretching elbows	*N* (%)	11 (24.4)	34 (75.6)	
Bending and stretching waist	*N* (%)	26 (37.7)	43 (62.3)	
Bending and stretching knees	*N* (%)	8 (33.3)	16 (66.7)	
Squatting and standing up	*N* (%)	17 (42.5)	23 (57.5)	

**p<.01

Table 8. Body parts for wearable robot desired by soldiers

Item		Whole body	Joints (knees, elbows, etc.)	Parts other than joints (thighs, calves, etc.)	χ^2
Type of clothes	*N* (%)	44 (47.8)	41 (44.6)	7 (7.6)	23.789***
Type of detachable (like guard)	*N* (%)	24 (17.8)	91 (67.4)	20 (14.8)	

***p<.001

Table 9. Material of wearable robot desired by soldiers

Item		Solid materials (metal, etc.)	Solid yet lightweight materials (plastic, etc.)	Bendable or flexible materials (rubbery material, etc.)	Textiles (fabric, woven, knit, etc.)	χ^2
Type of clothes	*N* (%)	4 (4.3)	22 (23.9)	57 (62.0)	9 (9.8)	13.723**
Type of detachable (like guard)	*N* (%)	14 (10.4)	52 (38.5)	66 (48.9)	3 (2.2)	

**p<.01

부러지거나 유연한 재질' 뿐만 아니라, '견고하면서도 가벼운 재질(플라스틱 등)'도 적합하다고 하였다.

육군 특성에 따른 웨어러블 로봇의 요구도를 종합해보면 팔을 올리고 내리는 동작을 제외하고는 웨어러블 로봇이 보호대와 같은 형태로 개발되기를 원하고 있었고, 관절부를 감싸는 형태를 많이 요구하는 것으로 나타났다. 그리고 웨어러블 로봇의 착용방식을 결정할 때는 육군의 주요 동작을 고려하는 것이 중요함을 알 수 있었다. 팔을 올리고 내리는 동작에서는 옷처럼 입는 형태면서 신체 전체 또는 팔꿈치에 착용할 수 있도록 하고, 관절을 굽히고 펴는 동작에서는 보호대와 같은 탈부착 형태로 관절 부위에 착용할 수 있도록 하며, 소재는 유연함을 가지면서도 견고하고, 가벼운 재질로 선택하여 제작하는 방향을 제안할 수 있었다. 웨어러블 로봇은 하나의 소재가 아니라 사용용도와 인체 부위별 적합성을 고려하여 부위별 차별화된 최적 소재를 선택하는 것이 중요하다고 사료되므로, 이는 지속적으로 관심을 가지고 연구해야 하는 주제로 사료된다.

4. 육군 특성에 따른 웨어러블 로봇 개발 시 중요도

육군 생활을 위한 웨어러블 로봇 개발 시 중요하다고 생각하는 정도에 대해 크게 착용감 측면, 소재 측면, 관리 측면, 미관 측면으로 구분하고, 그 분류에 따라 구체적인 선호도를 살펴본 결과는 <Table 10>과 같았다. 착용감, 소재, 관리 측면의 평균값은 4점대(중요하다)로 나타났고, 미관측면의 평균값은 3점대(보통이다)였다. 이러한 결과는 미관보다는 착용성과 기능성 측면에서 웨어러블 로봇의 효과를 기대하고 있다는 것을 의미한다.

구체적인 사항을 살펴보면, 착용감 측면에서 '압박감', '환복편의성', '쾌적성'보다는 '활동성/동작성'과 '보호성/안전성'이 더 중요하다고 생각하였다(p=.000). 이는 착용감 측면을 고려하여 군인용 웨어러블 로봇을 개발한다면, 육군 생활 시의 동작과 신체를 보호하는 것에 중점을 두어야함을 의미한다. 소재 측면에서 '촉감'은 3점대로 나타난 반면, '내구성', '통기성', '땀흡수성/투과성', '무게감'은 4점 이상으로 나타나(p=.000), 기능적인 소재 선택이 중요하고 구조적으로 이를 반영하여 설계해야 함을 알 수 있었다. 특히, 군복은 기능적 측면을 고려해야하기 때문에 소재 관련 연구가 활성화 되어야 하는데(Kim, 2015), 웨어러블 로봇과 군복 사이의 의복내기후에 쾌적성을 높일 수 있는 첨단 소재를 적용하여 웨어러블 로봇을 개발하면 매우 의미 있는 연구가 될 것으로 판단된다. 관리 측면에서는 '관리/보관의 용이성', '오염', '세탁성' 모두 4점 이상으로 나타나(p=.172), 웨어러블 로봇을 부대에서 관리해야 하는 방안도 고려하는 것이 필요하다고 사료된다. 미관 측면에서는 '군복과의 조화'와 '디자인(색상, 형

Table 10. Important points in soldier wearable robot development

Item		Mean (S.D.)	*F*/*t*
Wearability	Convenience of changing	4.1 (.7)	60.421***
	Activity/motion	4.4 (.7)	
	Pressure	3.7 (.8)	
	Protection/safety	4.4 (.7)	
	Comfort	4.0 (.8)	
Material	Texture	3.5 (.8)	63.770***
	Durability	4.4 (.7)	
	Air permeability	4.3 (.7)	
	Sweat absorption/permeability	4.3 (.7)	
	Weight	4.3 (.7)	
Maintenance	Ease of maintenance/storage	4.1 (.7)	1.768
	Contamination	4.1 (.7)	
	Washability	4.1 (.8)	
Aesthetics	Harmony with military uniform	3.3 (1.0)	1.694
	Design (color, shape, etc.)	3.2 (1.0)	

***p<.001

태)'이 모두 3점대로 나타났는데(p=.092), 주관적인 의견을 통해 이유를 조사하면, 웨어러블 로봇이 기능적인 측면에서 우수하게 개발된다면 미적인 측면은 중요하지 않다고 생각하기 때문이었다.

IV. 결 론

최근 보다 적극적으로 군인의 임무수행 능력을 향상시키는 기술 개발에 역점을 두고 있어 군인을 위한 웨어러블 로봇 개발이 활발하고, 웨어러블 로봇의 역할 또한 점차 증대되고 있다. 이에 본 연구에서는 의류학적 관점에서 육군을 위한 웨어러블 로봇 개발 시 고려해야 할 착용성 측면의 요인을 다양하게 도출하였다. 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같았다.

설문지를 통해 얻은 성인 남성의 연령 분포는 유사하게 표집이 되었고, 계급은 대체로 병사였다. 군복무기간은 2년 미만 또는 5년 이상이 많았다. 즉, 웨어러블 로봇 개발 시 고려해야 할 요소를 도출하는 데에 있어서 육군에서의 경험이 풍부한 남성을 통해 데이터를 확보할 수 있었다.

군 관련 특성에 따르면, 군복에서 느끼는 신체 맞음성은 다양하게 느끼는 것으로 나타났고, 육군 생활시 허리, 팔, 다리 순으로 많이 움직인다고 인식하고 있었다. 또한 육군 생활의 강도를 강한 편이라고 인식하였고, 군대에서 1회 작업 및 활동 시 평균시간은 다양하였지만, 최소 1시간 이상은 작업하는 것을 알 수 있었다.

육군을 위한 웨어러블 로봇의 필요성은 매우 높게 나타났다. 육군은 무거운 중량물을 취급하는 경우가 많기 때문에 근력 사용이 많을 수밖에 없는데, 이에 근력을 보조할 수 있는 기능 및 작업의 수월성과 동시에 부상 및 상해의 위험을 줄일 수 있는 점까지를 고려한 웨어러블 로봇의 개발이 필요한 것으로 나타났다. 그동안 군인을 위한 웨어러블 로봇은 대체로 전신에 착용하는 하드 엑소수트 형태였으나, 이제는 작업 목적에 따라 특정 신체 부위에 유연한 소재를 갖는 수트 착용을 원하는 것으로 나타났다.

웨어러블 로봇의 착용방식은 팔을 올리고 내리는 동작에서는 옷처럼 입는 형태를 선호하였고, 이 외의 동작에서는 보호대와 같은 탈부착 형태를 선호하였으나, 두 가지 방식에서 모두 관절부를 감싸는 방식을 많이 선호하였다. 즉, 관절부를 보호하는 기능까지 겸비한 멀티 기능성이 중요함을 알 수 있었다. 뿐만 아니라, 군인의 주요 동작에 따라 착용방식을 다르

게 하여, 옷처럼 입는 형태는 유연한 소재로, 보호대와 같은 탈부착 형태는 유연함과 견고성, 가벼움을 갖춘 소재로 제작되길 요구하였다. 또한 작업 동작에 따른 착용 부위별 요구하는 소재가 다르기 때문에 웨어러블 로봇 디자인에 따라 차별화된 소재 선택과 형태 설계에 있어서 유의하는 것이 필요하다.

마지막으로 육군을 위한 웨어러블 로봇을 개발할 때는 미관 측면보다는 착용감, 소재, 관리 측면에서 개발되는 것이 중요하다고 판단된다. 즉, 육군용 웨어러블 로봇은 군인의 주요 동작을 방해하지 않고, 안전한 형태의 구조 설계가 중요할 뿐만 아니라, 쾌적성 측면의 구조 또는 소재 선택이 필요하고, 이를 오래 착용하기 위한 관리 측면의 우려를 해소할 수 있는 설계가 요구된다.

결론적으로 기존의 우수한 웨어러블 로봇 기술을 군인이 착용하기 위해서는 군인의 주요 활동을 바탕으로 동작을 방해하지 않고, 동시에 신체를 강화하며 보호하는 개념을 갖춘 방향으로 설계함으로써 기존의 비대한 외관, 복잡한 착용방법을 해소하고, 1시간 이상의 착용 동안 쾌적할 수 있는 소재를 선정하는 연구가 이루어져야 하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 세분화된 작업 동작 분류 하에 각 목적에 맞는 근력 보조형의 웨어러블 로봇을 우선적으로 개발하되, 신체와 군복, 신체와 웨어러블 로봇 간의 물리적인 접촉에서 발생하는 착용감이 불쾌하지 않도록 소프트한 의복 형태의 기능적 요소로 해결하는 방안도 중요함을 알 수 있었다. 위와 같은 착용성 측면을 반영하여 육군 생활에서 군인의 작업 수행을 돕는 웨어러블 로봇을 개발한다면, 우수한 웨어러블 로봇의 신기술을 더욱 빠르게 군에 도입할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 의의는 육군 생활 경험이 있는 성인 남성을 대상으로 웨어러블 로봇 개발의 필요성 및 요구도, 중요성을 다양하게 도출하였다는 것이다. 그동안 단순히 기계적 측면에서 군인 능력 향상에 중점을 둔 연구가 수행되어 왔다면, 이제는 더 나아가 의류학적 측면에서 착용성에도 중점을 두고 개발해야함을 알 수 있었다.

다만, 본 연구는 육군 생활에서의 주요 훈련 또는 작업 동작을 바탕으로 작성된 설문지로 도출한 결과이므로, 앞으로의 연구에서는 군인이 맡는 다양한 역할과 책임에 따른 작업을 세분화하여 지속적으로 구체적인 웨어러블 로봇의 요구도를 도출하고, 더 나아가 모의실험에 기반한 조사가 뒷받침된다면 더 우수한 군인용 웨어러블 로봇의 개발 방향을 설정할 수 있을 것으로 기대된다. 후속연구에서는 실제 프로토타입을 제작하여 평가를 통한 요구 조사를 더욱 심층적으로 시도하고자 한다.

References

Bang, C. (2018). Effects of repetitive work and workload for body while wearing firefighting protective clothing in hot conditions. *Fire Science and Engineering*, *32*(4), 35-41. doi: 10.7731/KIFSE.2018.32.4.035

Cho, G. (2014, October 20). [월간로봇]착용형 로봇의 용도에 따른 기술적 특징[[Monthly robot]Technical characteristics according to the use of wearable robot]. *Robot Newspater*. Retrieved from http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=3589

Choi, H.-S., Lee, D.-J., & Jo, J.-R. (2012). Structure analysis of an exoskeleton with a torsion bar gravity compensator. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, *36*(4), 467-475. doi:10.5916/jkosme.2012.36.4.467

Choi, J.-S., Choi, H.-S., & Lee, K.-M. (2003). A study on the functional development of army's combat uniforms. *Journal of the Korean Society of Costume*, *53*(5), 141-153.

Chung, G.-S., Lee, D.-H., Kim, Y.-S., & Park, J.-H. (2008). Digital garment for future soldier's uniform. *The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing*, *4*(3), 42-47.

Gibson, T. (2017). Power suit: Soldiers carry more equipment than ever. A new type of flexible support system may help them shoulder that load. *Mechanical Engineering*, *139*(07), 38-41. doi:10.1115/1.2017-Jul-2

Ha, S., Park, S., Lim, H., Baek, S. H., Kim, D.-K., & Yoon, S.-H. (2019). Analysis of the optimal location of wearable biosensor arrays for individual combat system considering both monitoring accuracy and operational robustness. *Journal of the KIMST*, *22*(2), 287-297. doi:10.9766/KIMST.2019.22.2.287

Han, S.-J. (1997). A study on the military uniforms - Based on strategical changes and innovations of military firearms -. *Journal of the Korean Society of Costume*, *32*, 243-259.

Han, S.-J. (2010). A study on camouflage military uniforms. *The Journal of the Korean Society of Knit Design*, *8*(1), 46-54. doi:10.35226/kskd.2010.8.1.46

Hong, M. B., Kim, G. T., & Yoon, Y. H. (2019). ACE-Knee, a novel modularized knee exoskeleton: Concept design and analysis of design requirements by knee motion analysis.

Journal of the Korean Society for Precision Engineering, *36*(4), 373-381. doi:10.7736/KSPE.2019.36.4.373

Jang, H., Lee, H.-J., & Suk, J. W. (2020). Mechanical and electrical characteristics of polyurethane-based composite fibers. *Composites Research*, *33*(2), 50-54. doi:10.7234/composres.2020.33.2.050

Kim, C.-W., Koo, K.-W., & Cha, J.-S. (2015). A study on apparatus of smart wearable for mine detection. *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, *15*(2), 263-267. doi:10.7236/JIIBC.2015.15.2.263

Kim, D. (2019). An overview of technology development on military unmanned ground vehicle. *Korea Institute of Information Technology Magazine*, *17*(1), 21-27.

Kim, H.-H., Jung, J.-W., Jang, H., Kim, J.-O., & Bien, Z. (2006). Classification of wearable walking-assistive robots for task-oriented design. *The Journal of Korea Robotics Society*, *1*(1), 1-8.

Kim, J.-H., Suh, S.-H., & Yoo, B.-W. (2012). The association between physical fitness level and military relevant task in cadets - Focusing on individual combat training -. *The Korea Journal of Sports Science*, *21*(4), 1265-1274.

Kim, K., Mun, J., & Kim, G. (2009). A preliminary study of military physical fitness factors. *Korean Journal of Military Art and Science*, *65*(2), 61-81. doi:10.31066/kjmas.2009.65.2.003

Kim, M. Y., & Bae, H. S. (2013). Performance evaluation of protective clothing materials for welding in a hazardous shipbuilding industry work environment. *Fashion & Textile Research Journal*, *15*(3), 452-460. doi:10.5805/SFTI.2013.15.3.452

Kim, S.-Y. (2001). *A study on the safety of manual ammunition handling* (Unpublished master's thesis). Kyonggi University, Suwon.

Kim, S. Y. (2015). An analysis of research trends in uniform -Focused on research reported in Korean journals-. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, *21*(2), 31-43.

Ko, J. K. (2017, August 2). 웨어러블 로봇 입으면 노인도 수퍼맨? [If you wear a wearable robot, is the elderly a superman?]. *NewsWorks*. Retrieved from http://www.newsworks.co.kr/news/articleView.html?idxno=132348

Koo, B. (2019, August 20). 경량형 외골격 개발, 트랜스휴먼 시대 예고 [Development of lightweight exoskeleton, notice of transhuman era]. *The Hankyoreh*. Retrieved from http://www.hani.co.kr/arti/science/future/906352.html

Kwon, S., & Ha, J. (2006). A study on modern military uniform design. *Journal of the Korean Society of Costume*, *56*(9), 143-156.

Lee, K.-J., Cho, C., & Lee, S.-J. (1999). A study on the actual conditions of ROK army BDU. *Journal of the Korean Society of Costume*, *45*, 121-131.

Li, H., Cheng, W., Liu, F., Zhang, M., & Wang, K. (2018). The effects on muscle activity and discomfort of varying load carriage with and without an augmentation exoskeleton. *Applied Sciences*, *8*(12):2638. doi:10.3390/app8122638

Shin, Y.-A., Park, W.-Y., Kim, K.-H., Song, S.-H., Park, J.-S., No, M.-H., ... Kim, W.-W. (2012). Effects of changes of lower muscle function on balance ability of men according age. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, *14*(3), 25-35. doi:10.15759/jkak.2012.14.3.25

Song, J. Y. (2017, May 7). [과학 핫이슈]과학을 입다...웨어러블 로봇 [[Science hot issue]Wearing science...wearable robot]. *Etnews*. Retrieved from https://www.etnews.com/20170504000119?m=1#

Yoon, Y. H. (2018). Back support exoskeleton robot for soldiers: Military applicability analysis. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, *35*(10), 925-931. doi:10.7736/KSPE.2018.35.10.925

Yu, S., Han, C., & Cho, I. (2014). Design considerations of a lower limb exoskeleton system to assist walking and load-carrying of infantry soldiers. *Applied Bionics and Biomechanics*, *11*(3), 119-134. doi:10.3233/ABB-140099

Zhao, Y., Zhang, W., Ge, W., & Li, S. (2013). Finite element simulation of soldier lower extremity exoskeleton. *Journal of Multimedia*, *8*(6), 705-711. doi:10.4304/jmm.8.6.705-711

엄 란 이

충남대학교 생활과학연구소 연구원

이 예 진

충남대학교 의류학과 교수