creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공학 박사학위 논문

사용 맥락 개념을 이용한 군수품의 설계 및 사용성 평가 방법 개발 : 한국형 육군 군장 배낭 및 잠수함 다기능 콘솔에 대한 사례 연구를 중심으로

Development of the Design and Usability Evaluation Method for Military Supplies using the concept of Context of Use
: Case studies on South Korean Military backpack and Submarine Multi-Function Console

2020 년 2 월

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

이 지 환

사용 맥락 개념을 이용한 군수품의 설계 및 사용성 평가 방법 개발 : 한국형 육군 군장 배낭 및 잠수함 다기능 콘솔에 대한 사례 연구를 중심으로

지도교수 윤명환

이 논문을 공학박사학위 논문으로 제출함

2020 년 **2** 월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책 전공
이 지 환

이지환의 공학박사학위 논문을 인준함

2020 년 **2** 월

위 원 장 이 종 수 (인)

부위원장 윤 명 환 (인)

위 원 장 우 진 (인)

위 원 박 우 진 (인)

위 원 유 일 선 (인)

초 록

사용 맥락 개념을 이용한 군수품의 설계 및 사용성 평가 방법 개발 : 한국형 육군 군장 배낭 및 잠수함 다기능 콘솔에 대한 사례 연구를 중심으로

이 지 환

서울대학교

기술경영 경제정책 협동과정

본 연구에서는 대한민국 군의 군수품 개발 및 획득 절차를 ISO 9241-210에 제시된 인간 중심 설계 개념과 군수품의 사용 맥락을 반영하여 개선하였다. 또한, 개선된 군수품 개발 및 획득 절차에 따라, 군수품의 사용성을 평가하고 사용성 정도를 진단할 수 있는 다양한 방법을 제안하였으며, 군수품의 사용성을 향상시킬 수 있는 새로운 측면의 설계

방향을 탐색하였다.

본 연구를 위해 군장 배낭과 장보고급 잠수함의 다기능 콘솔이 사례 연구 대상으로 선정되었으며, 사용자 관찰 및 의견 수렴을 통해 각 군수품의 사용 맥락이 추출되었다. 또한, 추출된 사용 맥락을 기반으로 사용성 평가 도구(사용성 평가 설문, 사용성 검증 실험)를 개발하였으며, 사용성 평가 도구를 통해 사용자 시각에서 보다 현실적인 군수품의 개선 방향을 확인할 수 있었다.

한편, 사용성 평가를 통해 현재 한국군에서 사용하고 있는 군수품의 가장 큰 문제점 중 하나가 사용자의 인체 크기 특성을 제대로 반영하지 못한 채 군수품의 규격을 설정하는 것이라는 것을 알 수 있었다. 그러므로, 본 연구에서는 사용자의 인체 크기와 군수품의 설계 규격 사이의 부적합 문제를 해결하고 군수품의 정상적인 사용을 보장하기 위한 부적합 제약식을 고안하였으며, 부적합률을 최소화 하기 위해 알고리즘 접근법을 적용하여 군수품의 신규 규격 체계를 제안하였다.

본 연구에서 제시한 방법론과 결과는 군수품의 사용성을 평가하는 실질적인 수단으로 활용될 수 있을 것이며, 군수품 개발과정에 사용자의 의견을 보다 적극적으로 반영함으로써, 군수품에 대한 사용자의 만족도를 증진시킬 수 있을 것이다. 또한, 사용자 인체 크기와 군수품 규격 간 부적합률을 최소화 시켜, 사용자의 물리적 피로와 부담 완화를 도모할 수 있음은 물론, 향후 다양한 군수품의 규격 선정을 위한 새로운 지침으로도 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 군수품 개발 절차, 사용 맥락, 사용자 중심 설계, 사용성 평가,
인간공학적 설계

학 번: 2016-31148

목 차

초 록 i
목 차 iii
표 목차 vi
그림 목차 vii
1. 서론 1
1.1 연구배경 1
1.2 연구목적 3
1.3 논문의 구성 5
2. 문헌고찰 8
2.1 사용자 중심 설계 8
2.2 사용성 및 사용 맥락 11
3. 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 절차 정립 15
3.1 연구배경 15
3.2 각국의 군수품 획득 및 개발 절차 16
3.2.1 미국의 군수품 개발 및 획득 절차 16
3.2.2 프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차 17
3.2.3 영국의 군수품 개발 및 획득 절차 17
3.2.4 독일의 군수품 개발 및 획득 절차 18
3.2.5 한국의 군수품 개발 및 획득 절차 19
3.3 사용성 평가 체계 및 절차 사례연구 23
3.3.1 기존 사용성 평가 체계 23
3.3.2 기존 사용성 평가 절차 25
3.4 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 절차 29
4. 군수품의 사용성 평가 방법론 개발 35

4.1 한국형 군장 배낭 평가 35
4.1.1 연구개요 35
4.1.2 연구배경 37
4.1.3 연구방법 42
4.1.4 연구결과 및 결과 분석 48
4.1.5 소결론 74
4.2 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 평가 76
4.2.1 연구개요 76
4.2.2 연구배경 77
4.2.3 연구방법 79
4.2.4 연구결과 및 결과분석 85
4.2.5 소결론 119
5. 한국인 인체 크기와 군수품 규격 간 부적합 문제 해결 121
5.1 한국형 군장 배낭 설계 121
5.1.1 연구개요 121
5.1.2 연구배경 123
5.1.3 연구방법 126
5.1.4 연구결과 138
5.1.5 연구결과 분석 146
5.1.6 소결론 150
5.2 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 설계 152
5.2.1 연구개요 152
5.2.2 연구배경 154
5.2.3 연구방법 156
5.2.4 연구결과 172
5.2.5 연구결과 분석 175
5.2.6 소결론 182

6. 결 론 184
6.1 주요 연구결과 요약 184
6.2 연구의 기여점 및 활용방안 187
6.3 연구 한계 및 향후 연구 계획 189
참 고 문 헌 191
부록 1 : 군장 배낭 설문 206
부록 2 : 잠수함 콘솔 설문 216
Abstract 239

표 목차

[표 1] 기존 연구에서 제시한 사용성의 다양한 속성 12
[표 2] 군장 배낭 사용성 요소들에 대한 요인분석 결과 52
[표 3] 군장 배낭 사용성 요인들에 대한 신뢰도 분석 결과 53
[표 4] 군장 배낭 사용성 요소에 대한 군집 별 일원배치 분산분석 결과..... 55
[표 5] 주요 통증 부위에 대한 사용자 군집 별 일원배치 분산분석 결과..... 60
[표 6] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 남성의 실측 치수..... 130
[표 7] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 여성의 실측 치수..... 131
[표 8] 배낭 설계 관련 기존 제약식 및 제안사항 133
[표 9] 한국형 군장 배낭의 신규 규격 체계..... 148
[표 10] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 남성의 실측 치수 162
[표 11] 작업대 및 의자 설계 관련 기존 제약식..... 163
[표 12] 한국형 잠수함 다기능 콘솔 권고규격 179

그림 목차

[그림 1] 논문의 구조 7
[그림 2] 인간중심설계 절차(ISO9241-210, 2010) 9
[그림 3] 미국의 군수품 개발 및 획득 절차 16
[그림 4] 프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차 17
[그림 5] 영국의 군수품 개발 및 획득 절차 17
[그림 6] 독일의 군수품 개발 및 획득 절차 18
[그림 7] 한국의 무기체계 개발 및 획득 절차 21
[그림 8] 한국의 전력지원체계 개발 및 획득 절차 22
[그림 9] 닐슨의 사용성 측정 모형 (Nielsen, 1994) 23
[그림 10] 윅슨의 사용성 검사 렌즈 (Wixon et al., 1994) 24
[그림 11] 트뤼의 사용성 평가 체계 (Treu, 2012) 25
[그림 12] 닐슨의 사용성 평가 절차 (Nielsen, 1994) 26
[그림 13] 메이휴의 사용성 평가 절차 (Mayhew & Mayhew, 1999) 27
[그림 14] 군수품의 사용성 요소 설계 및 구상 국면 (Phase I) 30
[그림 15] 군수품의 사용성 평가 국면 (Phase II) 31
[그림 16] 군수품 제작 및 획득 국면 (Phase III) 32
[그림 17] 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 및 설계 절차 33
[그림 18] 군장 배낭 개발 절차 43
[그림 19] 현재 사용 중인 군장 배낭 모양 및 주요 규격 44
[그림 20] 군장 배낭 사용 관련 인체 주요 근·골격계 현황 47
[그림 21] 군장 배낭의 사용 맥락 별 가능한 실험 50
[그림 22] 군장 배낭 사용자 신장 기준 K-means 군집분석 결과 54
[그림 23] 사용자 군집 별 근·골격계 통증지도 59
[그림 24] 군장 배낭의 근전도 (EMG) 측정 대상 근육 64
[그림 25] 가변 경사 트레드밀 65

[그림 26] 군장 배낭 사용 중 전투 집중도 측정 66
[그림 27] 군장 배낭 착용 상태에서의 기동 융통성 측정 68
[그림 28] 군장 배낭 착용 중 동작 간섭 측정 69
[그림 29] 군장 배낭의 밀착 정도 측정 70
[그림 30] 군장 배낭 착용 중 사격 능력 측정 72
[그림 31] 군장 배낭 접촉 부위 압력 측정 72
[그림 32] 잠수함 다기능 콘솔 개발 절차 80
[그림 33] 잠수함 다기능 콘솔 주요 부위 명칭 81
[그림 34] 콘솔 사용 관련 주요 근·골격계 현황 84
[그림 35] 운용 순서에 따른 잠수함 다기능 콘솔 사용 맥락 85
[그림 36] 콘솔 운용자 신장 기준 K-means 군집분석 결과 88
[그림 37] 콘솔 의자 사용성 요소 89
[그림 38] 군집별 콘솔 의자 시트팬 크기 평가 결과 90
[그림 39] 군집별 콘솔 의자 시트팬 범위 적절성 평가 결과 91
[그림 40] 콘솔 의자 시트팬의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과 . 92
[그림 41] 군집별 콘솔 의자 등받이 크기 평가 결과 93
[그림 42] 콘솔 의자 등받이의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과 . 94
[그림 43] 콘솔 의자 팔걸이 크기 평가 결과 95
[그림 44] 콘솔 작업대 사용성 요소 97
[그림 45] 콘솔 작업대 상판 크기 평가 결과 98
[그림 46] 키보드 크기 평가 결과 99
[그림 47] 트랙볼 크기 평가 결과 100
[그림 48] 콘솔버튼 조작거리 평가 결과 101
[그림 49] 콘솔 작업대의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과 102
[그림 50] 콘솔 모니터 사용성 요소 103
[그림 51] 콘솔 모니터 규격 평가 결과 103
[그림 52] 콘솔 모니터 경사각 평가 결과 104

[그림 53] 장보고급 잠수함 콘솔 모니터 응시 상황..... 106
[그림 54] 잠수함 다기능 콘솔 모니터 경사각 결정을 위한 설계변수 107
[그림 55] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 모니터 경사각..... 109
[그림 56] 콘솔 모니터 기능성 요소 평가 결과 110
[그림 57] 장보고급 다기능 콘솔 사용 중 주요 근·골격계 통증 평가 결과 112
[그림 58] 잠수함 다기능 콘솔 규격에 따른 운용 피로도 측정 실험 환경. 114
[그림 59] 인간 공학적 요소를 반영한 콘솔 조작 장치 설계 절차 (Han et al., 2015). 115
[그림 60] 기능 및 유형에 따른 콘솔 조작 장치 배열(안) (Han et al., 2015) 116
[그림 61] 시각 경고 유형 별 반응시간 비교 결과 (Crebolder & Beardsall, 2008). 118
[그림 62] 인체측정학적 방법론을 이용한 군장 배낭 설계 절차..... 126
[그림 63] 현재 한국 육군 군장 배낭의 주요 설계변수 127
[그림 64] 군장 배낭 설계를 위한 인체측정 항목..... 129
[그림 65] 현재 군장 배낭 등판 길이에 대한 연령대별 부적합률 139
[그림 66] 현재 군장 배낭 등판 너비에 대한 연령대별 부적합률 141
[그림 67] 현재 군장 배낭 어깨 끈 너비에 대한 연령대별 부적합률..... 143
[그림 68] 모든 설계변수를 고려한 연령대별 부적합률 145
[그림 69] 한국 군장 배낭의 현재 규격 및 신규 규격 간 적합률 비교..... 148
[그림 70] 인체측정학적 방법론을 이용한 잠수함 다기능 콘솔 설계 절차. 156
[그림 71] 잠수함 다기능콘솔 주요 설계변수..... 158
[그림 72] 잠수함 다기능 콘솔 설계를 위한 인체측정 항목..... 162
[그림 73] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 배치 현황..... 167
[그림 74] 현재 잠수함 다기능 콘솔의 각 설계변수 별 부적합률 172
[그림 75] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 현재 규격 및 권고 규격 간 적합률 비교. 181

1. 서론

1.1 연구배경

사용 맥락(Context of use)은 제품과 사용자, 사용자가 수행하는 과업, 제품을 사용하기 위해 사용되는 설비, 그리고 제품이 사용되는 물리적, 사회적 환경을 망라한 포괄적인 개념으로 (ISO13407, 1999), 제품 개발 과정에서 '사용 맥락'을 고려한다는 것은 사용자의 특성과 그들이 제품을 사용하면서 수행하는 과업, 그리고 제품이 사용되는 환경을 구체화하여, 제품에 대한 사용자의 실질적인 요구와 제품이 갖춰야 할 주요 속성을 추출하고, 이를 제품 개발에 반영한다는 것을 의미한다. 바꾸어 말하면, 제품 개발 과정에서 '사용 맥락'이 배제되는 경우, 사용자의 편의성 향상과 만족도 충족을 기대하기 어려울 뿐 만 아니라, 심각한 경우 제품의 사용 목적을 달성하기 어려울 수 있다.

군수품은 연구 개발에 상당히 많은 자원과 시간이 소요되며, 한 번 개발되어 보급되면, 짧게는 수 년에서 길게는 수 십년까지도 사용되기 때문에 오랜 기간 동안 사용자에게 충분한 만족도를 주면서 효과적으로 사용되기 위해서는, 개발 과정 전반에 사용자의 요구사항이 지속적으로 반영되어야 하며, '사용 맥락'의 개념을 기반으로 군수품이 설계되어야 한다.

한편, 우리 나라를 포함한 주변 여러 국가에서는 지금까지 군수품을 사용하는 사용자나 군수품이 사용될 환경에 대한 분석보다는 대상 군수품의 운용 성능 향상과 비용 절감에 보다 많은 노력을 투사해왔다. 그러나, 군수품을 구성하는 소프트웨어와 하드웨어의 성능을 아무리 극단적으로 향상시킨다고 하더라도, 그것을 운용하는 사용자가 사용하기 불편하거나, 아예 사용할 수 없는 방식으로 설계된다면, 원하는 성능을 제대로 발휘할 수 없음은 물론, 막대한 시간과 비용의 손실을 유발하게 될 것이다.

우리나라의 경우 과거부터 선진국의 해외 기술에 의존하여 군수품을

도입하는 사례가 많았기 때문에, 우리 군인들의 특성이나 사용 양상이 군수품 개발에 적용되는 것 자체가 불가 했으며, 최근 정부의 '자주 국방' 기조에 따라 군수품을 국내에서 양산하기 위한 노력에 매진하고 있지만, 역시 해외 선진 군수품의 기능적 성능을 서둘러 쫓아가기 위한 방법을 구상하는 데 몰두할 뿐, 실제로 군수품을 이용할 사용자의 특성과 사용 맥락에 대한 분석은 후순위로 밀려나 있는 것이 사실이다.

이러한 이유로, 국내에서 생산되고 있는 일부 군수품에 대한 최종 사용자(end-users)의 불만은 갈수록 높아지고 있으며, 특히, 사용자들의 인체 크기 특성을 고려하지 않은 군수품의 규격 선정으로 인해 많은 사용자가 큰 불편을 겪고 있다. 하물며, 어떠한 경우에는 애써 개발한 신규 군수품 대신 기존의 군수품을 다시 사용한다거나, 상황에 따라서는, 민간에서 판매되는 상용 제품을 구매하여 이용하는 사례도 있다고 하니, 실로 심각한 문제라고 하지 않을 수 없다.

물론, 군수품을 수입하지 않고 국내에서 양산하려는 노력은 대단히 고무적인 현상이라고 할 수 있다. 하지만, 군에서 요구하는 작전요구성능을 충족시키는 데에만 몰두한 채, 사용자와 그들을 둘러싼 여러가지 환경적 요인을 고려하지 못하는 경우, 자칫 많은 시간과 노력을 투자하여 어렵게 신규 군수품을 개발했음에도 불구하고, 군수품의 국내 개발이라는 가치와 의미 자체가 퇴색될 정도로, 사용자로부터 철저히 외면 받게 될 가능성이 높다.

그러므로, 군수품이 갖추어야 할 본연의 기능과 성능을 갖추면서도 사용자의 만족도를 이끌어 낼 수 있도록, '사용 맥락'의 개념을 기반으로 한 군수품 개발 및 획득 절차가 요구되며, 군수품 개발자들이 각 단계에서 사용자의 요구사항을 충족시키기 위하여 구체적으로 무엇을 어떻게 해야 하는지에 대한 세부적인 지침이나 고려 요소가 제시될 필요가 있다.

1.2 연구목적

본 연구는 아래의 세 가지 연구 목적을 달성하기 위해 수행되었다.

첫 번째 연구 목적은 사용자의 요구사항을 실질적으로 반영할 수 있는 군수품의 개발 및 획득 절차를 정립하는 것이다. 앞 절에서 기술한 것처럼, 현재 군수품의 개발 및 획득 절차는 소요제기에서 폐기에 이르는 전반적인 과정을 군수품의 생애 주기에 따라 명시하고 있으나, 사용자에 대한 특성과 사용 환경을 분석하여 군수품 설계에 반영하고, 사용자의 요구가 군수품의 주요 설계 과정에서 제대로 반영되었는지 평가하거나 검증하는 절차는 누락되어 있다. 이에, 본 연구에서는 군수품의 연구 및 개발에서부터 양산 후 운영 · 유지하는 단계에 이르기까지 군수품의 개발자가 참고할 수 있는 사용 맥락 및 사용성 개념 기반의 새로운 개발 절차를 정립하고자 한다.

두 번째 연구 목적은 군수품의 사용성 요소를 추출하여, 이를 평가하고 측정하는 방법을 구체화하는 것이다. 사용성은 제품의 사용자가 특정 사용 맥락에서 효율성과 효과성, 그리고 만족도를 가지고 제품 사용의 목적을 달성하는 정도를 의미한다 (ISO9241-210, 2010). 본 연구에서는 특정 군수품을 선정하여 사용 맥락을 분석하고, 대상 군수품이 가져야 할 사용성 요소가 무엇인지 추출하는 과정을 상세히 다룰 것이며, 사용 맥락에 기반하여 추출된 사용성 요소를 평가하고 측정할 수 있는 실증적인 방법들을 제시하고자 한다.

세 번째 연구 목적은 군수품이 사용자의 인체 크기 특성에 적합하지 않게 설계되었을 때 발생하는 문제점을 확인하고, 인간공학적인 접근을 통해, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안을 강구하는 것이다. 앞 절에서 현재 우리 군에서 사용되고 있는 군수품의 개발 및 획득 과정에 사용자의 특성이 반영되지 못하는 이유와, 이로 인해 다수의 사용자가 군수품 사용 중 다양한 불편함을 겪고 있음을 언급한 바 있다. 그러므로, 본 연구에서는 특정 군수품을 선정하여, 사용자가 자신의 과업 수행 양상을 기반으로 해당 군수품을 정상적으로 사용하기 위한 조건을 정립하고, 정립된 제약 조건을

충족하지 못할 때 발생하는 다양한 문제점을 검토할 것이다. 더불어, 이러한 문제점을 해결할 수 있는 인간공학적인 방안을 탐색하고, 해당 군수품에 대한 개선 전과 개선 후의 차이를 확인할 수 있는 방법을 제안할 것이다.

1.3 논문의 구성

본 논문은 앞서 제시한 연구 목적의 순서대로 구성되었으며, 전체적인 구조는 서론과 결론을 포함하여 총 여섯 개의 장으로 구성되어 있다.

먼저 1장에서는, 본 연구를 수행하게 된 배경과 본 연구를 통해 달성하고자 하는 목적을 명시하였다.

다음으로 2장에서는, 본 연구의 이론적 근간이 되는 사용자 중심 설계와 사용성, 그리고 사용 맥락의 개념과 정의에 대하여 기존 연구를 기반으로 상세히 기술하였다.

3장에서는, 주요 국가들의 군수품 획득 및 개발 절차에서 사용맥락이나 사용자의 요구사항을 반영하는 구체적인 절차가 있는지 살펴보았으며, 사용성 평가 체계 및 사용성 평가 절차와 관련된 기존의 연구 결과를 기반으로, 군수품의 개발 절차에 적용할 수 있는 주요 요소를 추출하여 군수품의 연구개발 단계에서 운영 유지 단계까지 활용할 수 있는 구체적 절차를 정립하는 과정을 다루었다.

한편, 본 연구에서는 3장에서 제안한 사용 맥락 및 사용자 중심 설계 원리 기반의 군수품 개발 절차가 실질적으로 어떻게 적용될 수 있는지 확인하고자, 군장 배낭과 잠수함 다기능 콘솔이라는 두 가지 군수품을 사례 연구의 대상으로 선정하였다.

4장과 5장은 군수품의 종류에 따라 각각 두 개의 절로 분류된다. 또한, 각 절은 사례 연구 대상 별로 독립적으로 수행된 연구로써, 별도의 연구개요, 연구배경, 연구방법, 연구결과 및 결과 분석, 소결론으로 구성되어 있다.

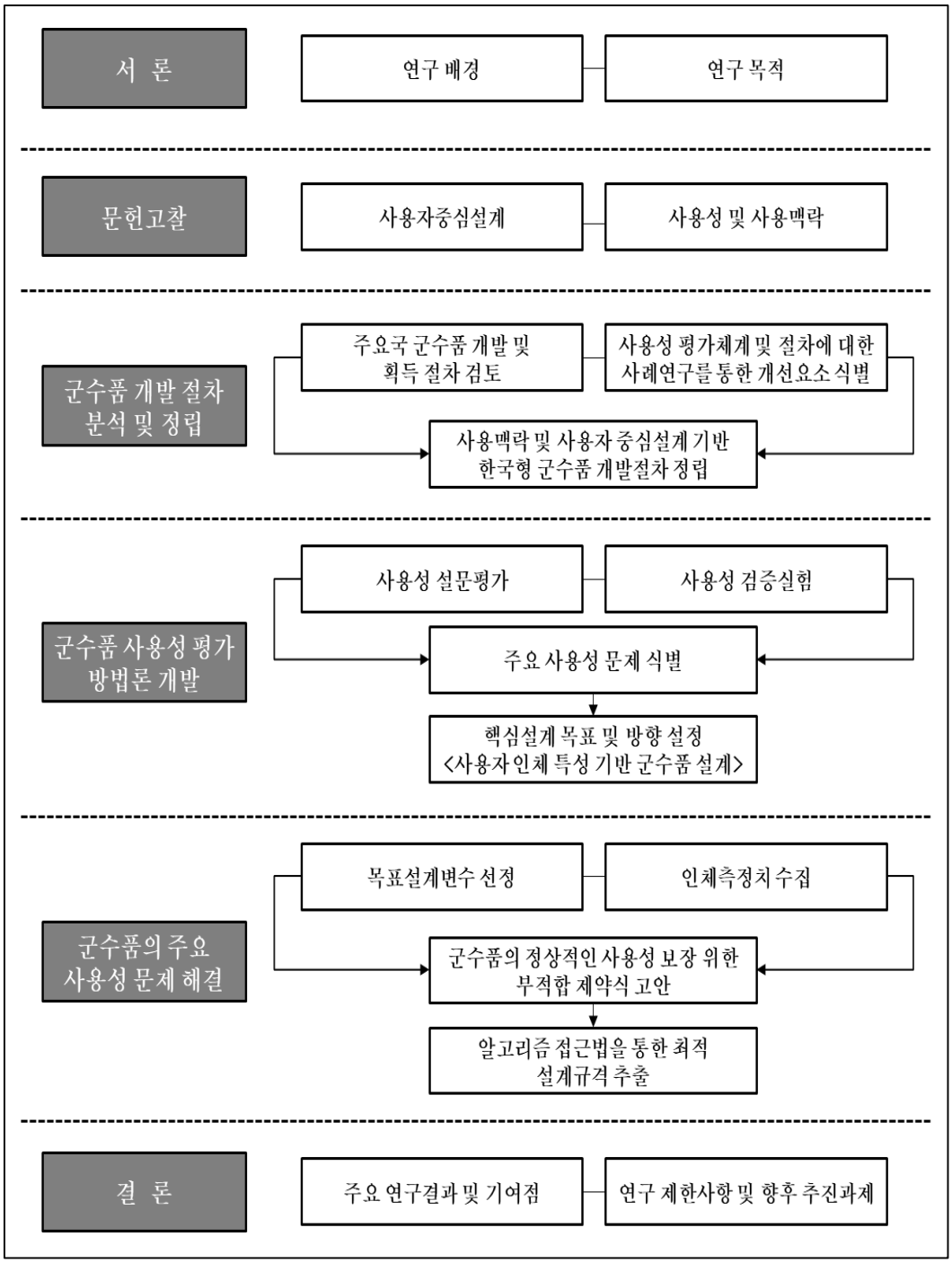
4장에서는, 3장에서 제시된 군수품 개발 절차의 첫 번째 국면인 '군수품의 사용성 설계 구상 국면'과 두 번째 국면인 '사용성 평가 국면'을 두 가지 군수품 사례에 적용한 결과를 다루었다. 이 장에서는 군장 배낭 및 잠수함 다기능 콘솔의 사용 맥락과 과업 특성 등을 분석하여 사용성 요소를 추출하는 과정, 사용 맥락을 기반으로 사용성 평가 설문 도구와 사용성 검증 실험을 고안하는 과정이 구체적으로 제시되어 있다. 특히, 인체 크기 특성이 각

군수품의 사용성에 미치는 영향을 확인하기 위해 인체 크기 별로 사용자 집단을 분류한 후, 각 집단 간 사용성 평가 결과를 비교 · 분석하였으며, 특정 사용성 요소에 대한 집단 간 차이가 확인된 경우, 그 원인과 향후 개선 방향에 대하여 구체적으로 기술하였다.

5장에서는, 군수품 개발 절차의 세 번째 국면인 '군수품 제작 및 획득 국면'의 일부 내용을 다루었다. 이 장에서는 앞선 사용성 평가 국면에서 확인된 주요 결과를 바탕으로 핵심 설계 목표 및 방향을 '사용자의 인체 크기 특성에 부합하는 군수품 설계'로 설정하고, 한국인의 인체 크기 특성을 고려하여 군장 배낭과 잠수함 다기능 콘솔의 최적 규격을 산출하는 방법을 구체적으로 설명하였다. 특히, 각 군수품의 주요 규격이 사용자의 인체 특성에 부적합하게 설계된 경우, 사용 맥락 상 어떠한 문제가 발생할 수 있는지 요소별로 분류하여 상술하였으며, 정상적인 군수품 사용을 보장하기 위한 부적합 제약식의 고안 과정과 최적 군수품 규격의 산출 과정을 명시하였다.

마지막으로, 6장에서는 연구 목적으로 제기한 세 가지 사항이 전체 연구과정에서 어떻게 다루어 졌는지 연구의 주요 결과 및 기여점과 함께 요약하여 정리하였으며, 본 연구의 제한 사항과 향후 연구에서 추진되어야 할 과제를 명시하였다.

지금까지 설명한 내용을 바탕으로 도식화한 전체 논문의 구조는 아래의 [그림 1]과 같다.


서 론
연구 배경
연구 목적
문헌고찰
사용자중심설계
사용성 및 사용맥락
군수품 개발 절차 분석 및 정립
주요국 군수품 개발 및 획득 절차 검토
사용성 평가체계 및 절차에 대한 사례연구를 통한 개선요소 식별
사용맥락 및 사용자 중심설계 기반 한국형 군수품 개발절차 정립
군수품 사용성 평가 방법론 개발
사용성 설문평가
사용성 검증실험
주요 사용성 문제 식별
핵심설계 목표 및 방향 설정 <사용자 인체 특성 기반 군수품 설계>
군수품의 주요 사용성 문제 해결
목표설계변수 선정
인체측정치 수집
군수품의 정상적인 사용성 보장 위한 부적합 제약식 고안
알고리즘 접근법을 통한 최적 설계규격 추출
결 론
주요 연구결과 및 기여점
연구 제한사항 및 향후 추진과제

[그림 1] 논문의 구조

2. 문헌고찰

2.1 사용자 중심 설계

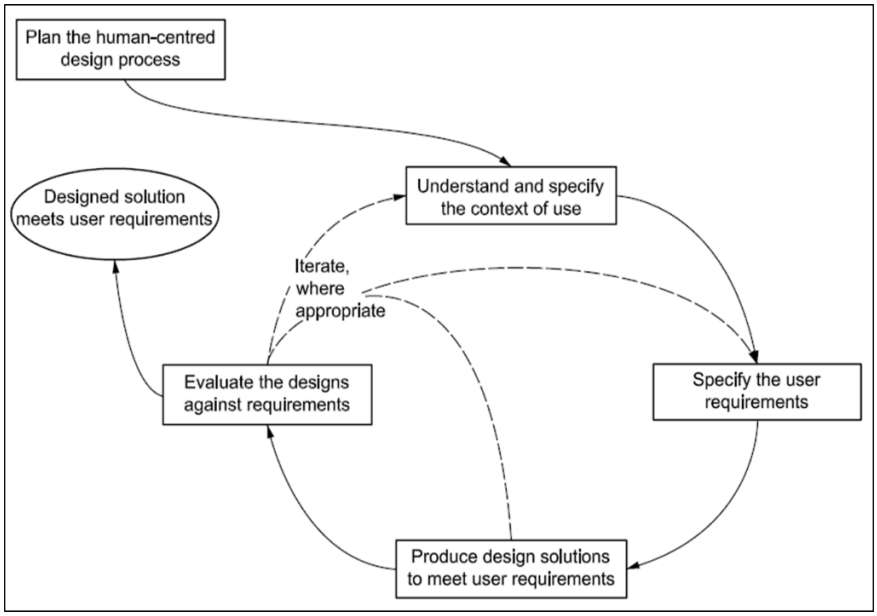
일상에서 사용하는 모든 제품은 그것이 만들어진 특정한 이유가 있으며, 사람들은 특정 제품을 사용하면서 만족을 느끼기도 하고, 때로는 제품의 고유 특질에 기인한 불만 때문에 다시는 그 제품을 사용하지 않기도 한다. 그러므로, 제품을 만드는 설계자는 사용자가 자신이 만드는 제품을 통해 무엇을 얻고자 하는지 이해해야 하고, 자신이 만들 제품을 사용하게 될 사용자의 모습을 그리며 제품을 개발해야 한다. 즉, 모든 제품은 만드는 사람이 만들고 싶은 방식으로 개발되어야 하는 것이 아니라, 사용하게 될 사람이 사용하고 싶은 방식으로 개발되어야 하며, 이것이 바로 사용자가 중심이 되는 제품의 설계 방식, 즉 사용자 중심 설계 (User Centered Design, UCD)의 기본 원리이다.

'사용자 중심 설계'라는 용어는 1980년대 미국 샌디에이고 캘리포니아 대학의 Donald Norman's research laboratory로부터 유래하였으며, 'The Psychology of Everyday Things(Norman, 1988)' 라는 책을 통해 그 개념이 더욱 발전되면서, 다양한 학문 분야에 전파되기 시작했다. Norman은 사용자의 요구사항과 흥미, 그리고 제품의 설계 과정에서 사용성이 주체가 되어야 한다고 주장하면서, 제품 개발 및 설계 과정에 다음의 네 가지 – ① 제품 사용 중 어떤 상황에서라도 어떠한 행동을 해야할지 사용자로 하여금 쉽게 결정하도록 할 것, ② 제품 체계의 기본 모델과, 대체 행동, 그리고 사용자가 제품을 사용할 때 일어날 수 있는 결과를 가시적으로 알 수 있도록 제작할 것, ③ 제품 체계의 현 상태에 대한 평가가 용이할 것, ④ 설계자의 제작 의도와 사용자로부터 기대되는 행동, 사용자의 행동과 그 행동이 초래하는 결과, 사용자가 제품을 통해 가시적으로 확인할 수 있는 정보와 시스템의 상태가 서로 자연스럽게 연결될 것 – 를 준수해야 한다고 하였으며,

특히, 설계자는 사용자가 자신의 의도대로 제품을 사용할 수 있도록 설계하고, 제품의 사용법을 배우는데 최소한의 노력을 기울이게 함으로써, 작업을 용이하게 해야 한다고 강조하였다.

즉, 사용자 중심 설계는 사용자의 정보를 기반으로 제품을 개발하려는 접근 방식으로 (Courage & Baxter, 2005; Norman & Draper, 1986), 실제로 제품을 사용할 최종 사용자(end-users)의 시각을 견지하여, 그들의 실질적인 요구사항을 제품 설계에 반영하고, 필요시 직접 개발에 참여하게 하게 함으로써, 제품 개발 전반과 제품 설계 형태에 사용자가 깊은 영향을 미치는 설계 과정으로 이해할 수 있다(Abras, Maloney-Krichmar, & Preece, 2004).

한편, 사용자 중심 설계 방법을 통해 사용자의 여러가지 요구 사항을 제품의 설계 과정에 반영함으로써, 제품에 대한 사용자의 만족도를 극대화 할 수 있음은 물론, 상황에 따라 제품을 개발하는 비용도 절감할 수 있다 (Don B Chaffin & Nelson, 2001).



[그림 2] 인간중심설계 절차(ISO9241-210, 2010)

[그림 2]는 ISO9241-210 (2010)에 제시된 인간중심설계 절차이다. 첫 번째 단계는 사용 맥락에 대한 이해와 명확화 과정으로, 이 단계에서는 제품 사용 현장 조사나 설문, 또는 사용 행태 및 과정 관측 등의 방법이 사용될 수 있다 (Bruseberg & McDonagh-Philp, 2001; Maguire, 2001b). 다음은 사용자의 요구사항을 명확화 하는 단계로, 여기에서는 제품 사용자나 전문가에 대한 심층 인터뷰나 시나리오 기법, 그리고 FGI(Focus Group Interview) 기법 등이 이용되며, 제품의 기능과 제품 사용시 수행하는 과업들을 연결하여 사용자의 요구사항을 정리해 볼 수도 있다 (Bruseberg & McDonagh-Philp, 2001). 세 번째 단계는 추출된 사용자의 요구사항들을 충족시킬 수 있는 설계 방안을 모색하는 단계이다. Brainstorming이나 TRIZ와 같은 다양한 방법을 통해 제품 설계에 대한 방안을 구상하는 데 도움이 될 수 있으며 (Altshuller, 1984; H. Wang, Chen, Lin, & Wang, 2005), 이 단계에서는 제품에 대한 설계 지침이나 규격을 확인하여 적용하는 과업이 요구된다 (Bevan, 2001; Nielsen & Molich, 1990). 구상된 설계 방안에 따라 제작되는 시제품이 제작되면, 사용자의 요구를 제대로 반영하여 제대로 설계되었는지에 대한 일련의 사용성 평가가 이루어지며, 설계 요소 평가 결과 부족한 부분이 발견되는 경우, 다시 이전의 특정 단계로 회귀하여 이후 과정을 반복적으로 수행하게 된다. ISO9241-210 (2010)에 제시된 절차는 철저히 사용자의 요구를 기반으로 제품을 설계하여 평가하고, 실 사용자의 요구사항을 최대한 충족시키기 위한 개발 체계를 원칙으로 하고 있음을 알 수 있다.

사용자를 제품 설계의 중심에 두고, 철저히 사용자의 만족과 요구사항 충족을 최우선 가치로 삼는 사용자 중심 설계의 원리는 물리적 제품이나 소프트웨어의 개발이나 개선 과정에만 적용되고 있을 뿐 아니라, 서비스 설계나 교수 설계(Instructional design) 분야(Goldstein, Johnston, Duffy, & Rao, 2002; Van Merriënboer, Kirschner, & Kester, 2003; Zomerdijk & Voss, 2010) 등에도 폭넓게 적용되고 있다.

2.2 사용성 및 사용 맥락

‘사용성’이라는 개념은 다양한 시각으로 측정될 수 있는 다차원적인 구조를 갖고 있기 때문에 사용하는 사람이나, 사용되는 상황에 따라 서로 다르게 여러 분야에서 매우 폭넓게 사용되어 왔다.

누군가는 사용성을 ‘사용하기 쉬운 정도’라는 시각에서 사용하고, 누군가는 ‘사용자와 친숙한 정도’라는 의미로 이해하며, 또 다른 누군가는 사용성이 인간과 컴퓨터 간 상호작용(HCI, Human Computer Interaction)에 이론적 기반을 두고 있음을 근거로 하여, ‘인터페이스의 효과성’ 이라는 측면에서 사용하기도 한다 (Jeng, 2005). 또한, 사용성은 ‘유용성(Usefulness)’이나 ‘사용 가능성(Usableness)’이라는 용어와 개념 상의 경계가 모호하기 때문에, ‘특정 제품이나 제품에 구축된 기능을 작동시킬 수 있는지’와 관련된 용어가 ‘사용 가능성’이고, ‘특정 제품이나 그 제품의 기능이 사용자에게 도움이 되고 가치가 있는 것인지’에 관련된 용어가 유용성이라고 정의하며, 사용성과 다른 개념들 간의 의미를 분류하려는 시도도 있었다 (Gluck, 1998).

하지만 이러한 노력에도 불구하고, 제품을 평가한다는 측면에서 볼 때, ‘사용 가능성’이나 ‘유용성’과 같은 개념들과 의미 상 매우 밀접하게 연결되어 있는 ‘사용성’ 이라는 용어를 명확히 떨어뜨려 이해하기는 결코 쉽지 않은 상황이다 (Landauer, 1995).

기존의 연구들에서는 [표 1]과 같이 사용성이라는 용어를 대표할 수 있는 다양한 속성을 제시함으로써, 사용성을 표현하고자 했다.

[표 1] 기존 연구에서 제시한 사용성의 다양한 속성

저자(년도)	사용성 속성
Hix and Hartson (1993)	• Initial performance • Long-term performance • Learnability • Retainability • Advanced feature usage • First impression • Long-term user satisfaction
Nielsen (1994)	• Learnability • Efficiency • Memorability • Low error rate (Easy error recovery) • Satisfaction
Brinck, Gergle, and Wood (2002)	• Functionally correct • Efficient to use • Easy to learn and remember • Error tolerant • Subjectively pleasing
Booth (2014)	• Usefulness • Effectiveness (Ease of use) • Learnability • Attitude (Likeability)

ISO9241-210 (2010)에서는 사용성을 '특정한 사용자가 특정한 사용 맥락에서 효율성, 효과성, 만족도를 겸비하여 정해진 목적을 달성하는 정도'라고 정의하였으며, 이 정의는 제품의 사용성이 제품 자체의 특징뿐만 아니라, 제품이 사용되는 특정 상황에 의해서도 영향을 받는다는 것을 강조하고 있다. 현재는 Nielsen (1994)이 제시한 사용성의 속성과 ISO9241-210 (2010)에서 제시한 사용성의 정의가 여러 분야에서 통용되고 있다. 사용성과 사용 맥락을 고려하여 제품을 제작하는 경우, 제품의 생산성 증대 뿐 만 아니라, 제품 사용을 위해 필요한 사용자의 노력을 감소시킬 수 있고, 사용자의 제품 사용 중 오류 감소와 만족도 향상에도 기여할 수 있으나 (Maguire, 2001b), 사용성이 고려되지 않은 설계 공정의 경우, 아무리 매력적이고 효과적인 제품이 제작되었다고 하더라도, 그 가치를 손상시킬 수 있다 (Karsh, 2004; Littlejohns, Wyatt, & Garvican, 2003).

한편, 특정 제품이 사용자가 원하는 사용성 속성을 갖추었는지 확인하고 검증하기 위한 수단이 바로 '사용성 평가(Usability evaluation)'이다. Rubin and Chisnell (2008)은 제품을 사용하게 될 최종 사용자가 제품을 사용하는 대표적인 과업을 수행하는 동안 발생하는 여러가지 실증적 데이터를 수집할 때 '사용성 평가' 방법이 효과적이라고 하였다. 또한, 제품 개발자는 사용성 평가를 통해 제작이 완료된 완제품이나, 개발 중인 시제품을 사용자에게 직접 사용하게 하여, 사용자의 행태나 반응을 확인함으로써, 기존 제품과 신규 제품과의 차이, 혹은 서로 다른 사용자 집단 간 발생하는 사용성의 차이를 객관적, 정량적인 수단으로 확인하고 비교할 수 있다 (이건표, 1996). 더불어, 제품을 사용하는 동안 사용자가 과업 목적 달성을 위해 취하는 행동 양상을 구체적으로 확인함으로써 제품 개선에 필요한 요소를 확인할 수 있고, 제품이 반응하는 방식이나 구현하는 기능에 기인한 사용자의 태도와 감정의 변화를 추출하여 사용성의 정도를 가늠할 수도 있다 (Rosson, Carroll, & Hill, 2002).

앞서 설명한 바와 같이, 사용성은 제품뿐 아니라 제품을 둘러싼 환경 요인에도 영향을 받기 때문에, 제품을 개발의 사전 단계에서는 제품을

사용하는 사람과 제품을 사용하는 환경에 대한 이해가 필수적이다. 모든 제품은 특정한 특성을 갖는 사용자 모집단으로부터 어떠한 목적을 가지고 기술적, 물리적, 사회적, 또는 조직적 환경이라는 특정 맥락 속에서 사용되기 때문이다 (Maguire, 2001a).

ISO13407 (1999)에서는 사용 맥락(Context of use)이 사용자(Users)와 사용자가 수행하는 과업(Tasks), 하드웨어와 소프트웨어를 포함한 제품 사용에 사용되는 설비(Equipment), 그리고 제품이 사용되는 물리적, 사회적 환경(Physical & social Environments)으로 구성된다고 정의하였다.

사용 맥락을 분석을 통해, 사용자의 특성과 그들이 수행하는 과업, 그리고 사용되는 환경을 체계적인 방법으로 구체화 할 수 있으며, 제품에 대한 사용자의 직접적인 요구와 제품의 주요 속성을 추출할 수 있다. 또한, 분석된 사용 맥락은 향후 제품 평가 결과에 대한 맥락적 근거를 제공할 수 있으며, 시스템 중심의 접근 방식을 제공하여 제품 설계 팀 간의 공감대 형성에도 도움이 될 수 있다 (Maguire, 2001a).

3. 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 절차 정립

3.1 연구배경

군수품은 국방부 직할부대 및 기관, 그리고 각 군에서 사용하고 관리하기 위해 획득하는 물품으로, 무기체계 및 전력 지원체계로 구분된다. 무기체계는 부여된 임무 달성을 위해 필요한 인원, 시설, 소프트웨어, 종합군수지원요소 등으로 성립된 전체 체계를 이르는 것으로, 유도무기, 항공기, 함정 등 전장에서 전투력을 발휘하기 위한 무기와 이를 운영하는 데 필요한 장비, 부품, 시설, 소프트웨어 등 제반 요소를 통합한 것이며, 전력 지원체계는 무기체계 이외의 군수품으로써, 전투력 보호 장비, 물자, 동력장치 등 전투수행 주체인 장병과 무기체계의 지속적인 전투력 발휘를 지원하는 장비, 부품, 시설, 소프트웨어 등 제반 요소를 의미한다 (방위사업청, 2013).

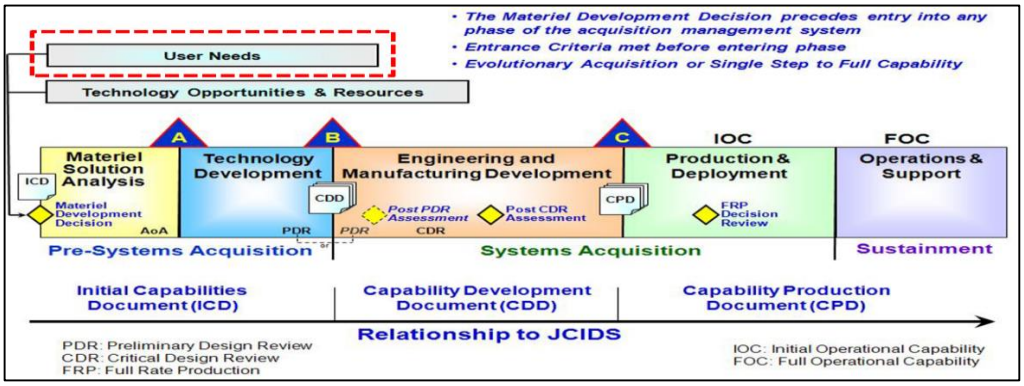
군수품을 운용하는 모든 국가는 자국의 군수품을 개발하고 획득하는 과정에 대한 고유의 지침이 있으며, 우리 군 역시 국방전력발전 업무 훈령에 군수품의 개발 및 획득 과정을 명시하고 있다. 하지만, 실제로 군수품을 사용하는 사용자들의 의견을 설계 과정에 반영하거나, 군수품의 사용 맥락을 기반으로 실질적인 사용성을 평가하는 체계적인 절차가 정립되어 있지 않아서, 많은 사용자들로부터 다양한 불만이 제기되고 있다. 이에, 본 장에서는 각국의 군수품 획득 과정과 기존 연구의 다양한 사용성 평가 체계 및 절차를 검토하여, 우리 군에 적용할 수 있는 부분을 살피고, 사용자 중심 설계와 사용 맥락 개념을 반영한 개선된 군수품 개발 절차를 정립하고자 한다.

3.2 각국의 군수품 획득 및 개발 절차

본 절에서는 각 국의 군수품 획득 및 개발 절차 중 사용자의 요구를 반영하거나 사용성 평가를 수행하는 절차가 있는지 확인하기 위하여, 국방기술품질원 (2011)이 발행한 연구 보고서를 참고하여 작성되었다.

3.2.1 미국의 군수품 개발 및 획득 절차

미국의 국방성 지침에 명시된 군수품의 개발 및 획득 절차는 아래의 [그림 3]과 같다.

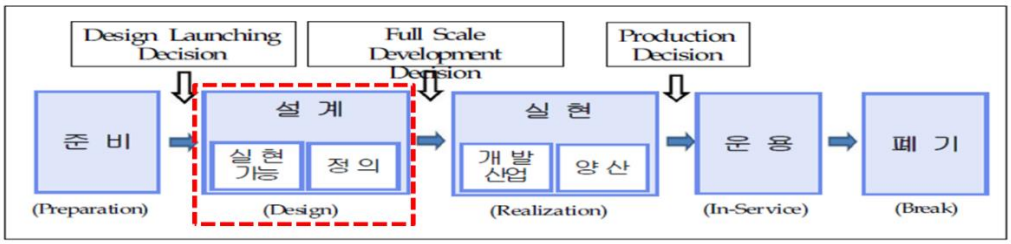


[그림 3] 미국의 군수품 개발 및 획득 절차

미군의 획득 절차는 대안 분석(Material Solution Analysis), 기술 개발(Technology Development), 체계 통합 및 시제품 생산(Engineering and Manufacturing Development), 양산 및 배치(Production and Deployment), 운용 및 지원(Operation and Support) 단계로 분류된다. 사용자의 요구사항은 획득 단계 이전에 기존 기술 및 자원의 역량 분석과 함께 반영하도록 도식화되어 있으나, 이후 군수품이 생산되어 운용되는 과정 전반에 군수품의 사용성을 사용자가 직접 평가하거나 해당 군수품의 시제품에 대하여 사용자의 피드백을 반영하는 과정은 부재함을 알 수 있다.

3.2.2 프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차

프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차는 아래의 [그림 4]와 같이 크게 다섯 단계로 구분된다.

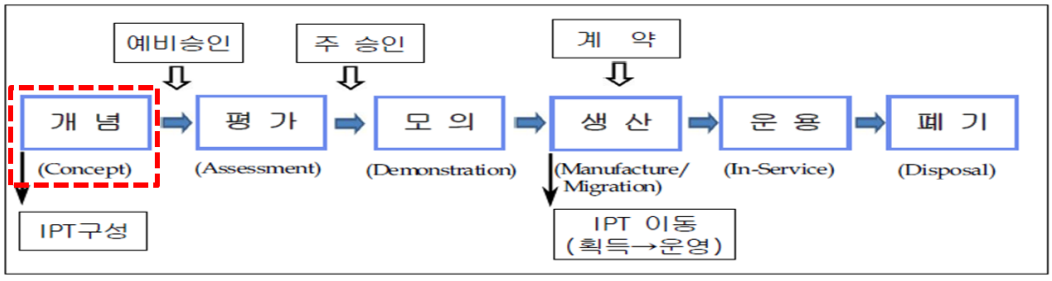


[그림 4] 프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차

프랑스의 군수품 개발 및 획득 절차 중 설계 단계 초기에 해당 군수품의 개발 및 설계에 대한 실현 가능성을 검토하는 과정에서 소요 군의 요구사항을 충족시킬 수 있는지 검토하고, 운용 단계에서 획득 군수품의 품질을 소요 군에서 최종 평가하도록 명시되어 되어있으나, 소요 군의 요구사항을 어떻게 반영하는지, 개발된 시제품을 어떻게 평가하는지는 구체적으로 밝히지 않았다.

3.2.3 영국의 군수품 개발 및 획득 절차

영국군은 아래의 [그림 5]과 같이 여섯 단계의 군수품 개발 및 획득 절차를 따른다.

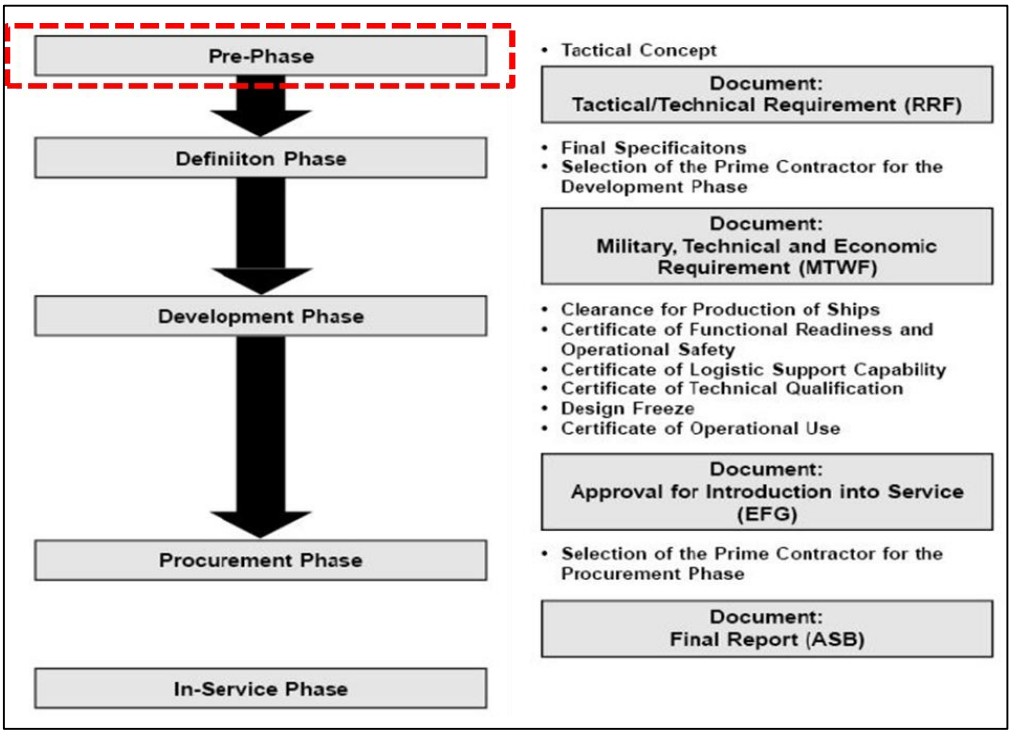


[그림 5] 영국의 군수품 개발 및 획득 절차

영국군은 군수품의 요구 성능에 관하여 개발 중점 단계인 개념 단계에서 사용자 요구성능명세서(User Requirement Document)를 작성함으로써 일부 사용자 의견을 반영한다. 하지만, 체계 요구성능명세서(System Requirement Document)를 작성하는 평가 단계에서는 해당 군수품에 대한 비용, 시간, 성능 분석에 대한 내용만 담고 있을 뿐, 현재 군수품의 운용 상태나 개선 요구를 실제 군수품 운용자로부터 수렴하는 과정은 누락되어 있으며, 모의 단계와 생산 단계에서 역시 실 사용자의 피드백이 반영되는 과정을 찾아보기는 힘들었다.

3.2.4 독일의 군수품 개발 및 획득 절차

독일군의 군수품 개발 및 획득 절차는 [그림 6]와 같이 준비, 정의, 개발, 조달, 운용의 총 다섯 단계로 구성된다.



[그림 6] 독일의 군수품 개발 및 획득 절차

독일의 군수품 개발 및 획득 절차는 철저히 해당 군수품과 관련된 첨단 기술과 장비를 합리적인 가격으로 개발하여 획득하는 것에 초점이 맞추어져 있으며, 영국이나 프랑스의 절차와 같이 군수품을 운용하는 실 사용자의 의견을 수렴하는 과정이 획득 절차 상 명시 되어 있지는 않았다. 물론, 각 단계 별 세부 지침을 살펴보면, 준비 단계에서 소요 군의 요구사항과 해당 군수품의 부족 현황을 포함한 전술적 개념을 작성하고, 개발 단계에서는 각군 지원사령부를 주관으로 해당 군수품에 대한 사용 적합성을 평가한다고 되어 있지만, 사용자 요구를 수렴하고 사용성을 평가하는 방법이 구체적으로 표현되지는 않았다.

3.2.5 한국의 군수품 개발 및 획득 절차

우리 군의 군수품 개발 및 획득 과정은 [그림 7], [그림 8]과 같다. 우리 군의 절차는 무기체계와 전력 체계로 분류하여 작성되어 있으나, 소요 요청 및 제기에서, 사업추진 기본계획 수립, 국방 중기계획작성 및 검토, 연구 개발 혹은 구매, 초도 양산·구매 및 배치, 후속 양산·구매 및 배치, 운영·유지, 폐기에 이르는 주요 단계는 동일하다.

하지만, 현재 우기 군의 군수품 개발 및 획득 절차에는 아래와 같은 세 가지 문제점이 있다.

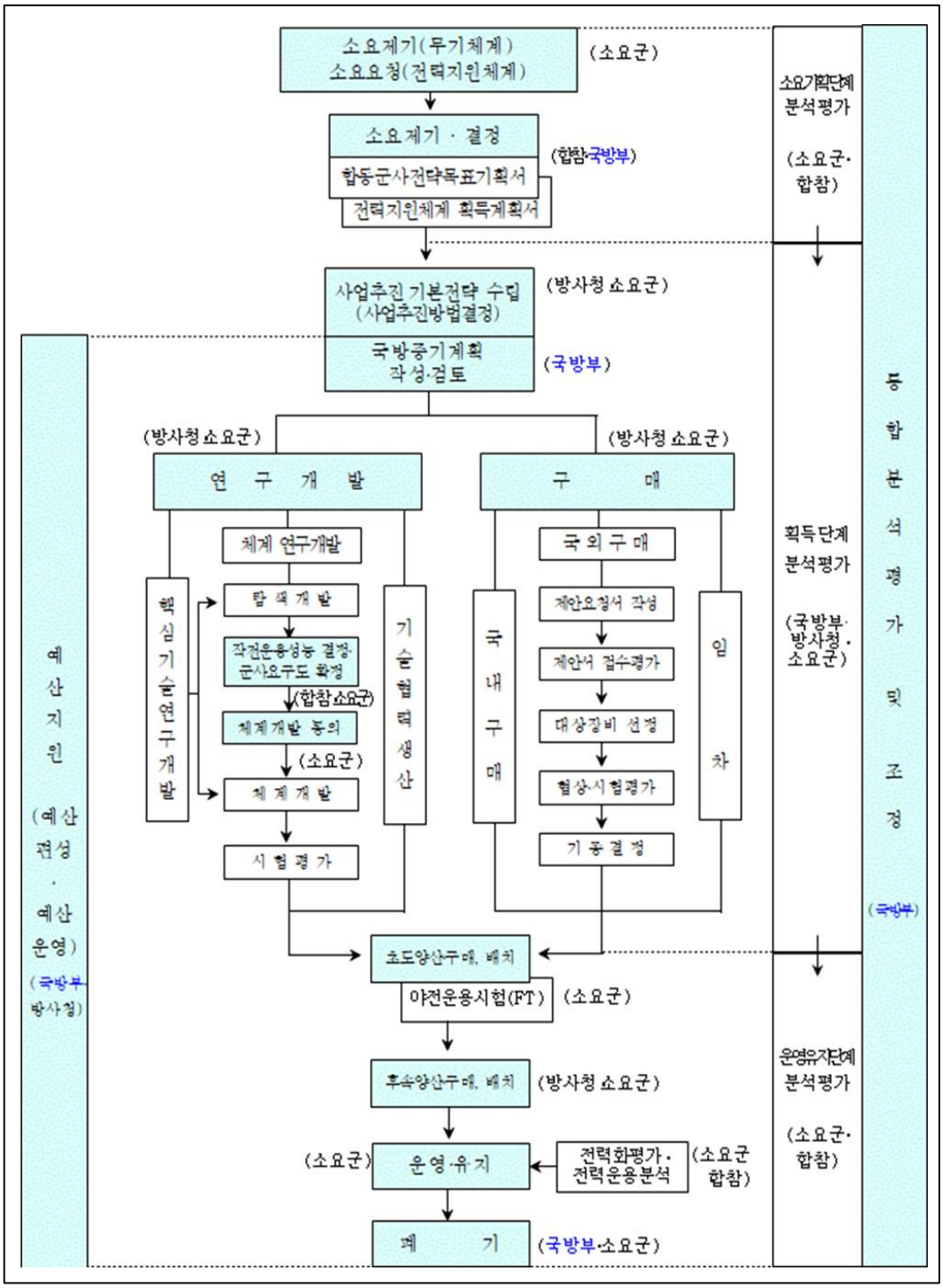
첫째, 방사청과 소요 군을 주관으로 연구 개발을 수행하도록 명시되어 있지만, 소요 군에서는 개발 대상 군수품에 필요한 작전 요구 성능 정도만 요청하는 데 그칠 뿐이며, 실질적인 연구 개발은 방사청에서 위임한 개발 업체 주관으로 수행된다는 점이다. 이와 같은 경우, 개발자는 양산하기 유리하면서도 최소한의 작전 성능만을 충족시키는 방향으로 연구 개발을 수행하게 되며, 사용자가 대상 군수품에 대하여 무엇을 원하는지, 대상 군수품이 사용되는 상황에서 무엇이 필요한지에 대한 검토 과정은 누락 될 가능성이 높다.

둘째, 양산된 군수품에 대한 시험 평가가 소요 군에서 제시한 작전 성능

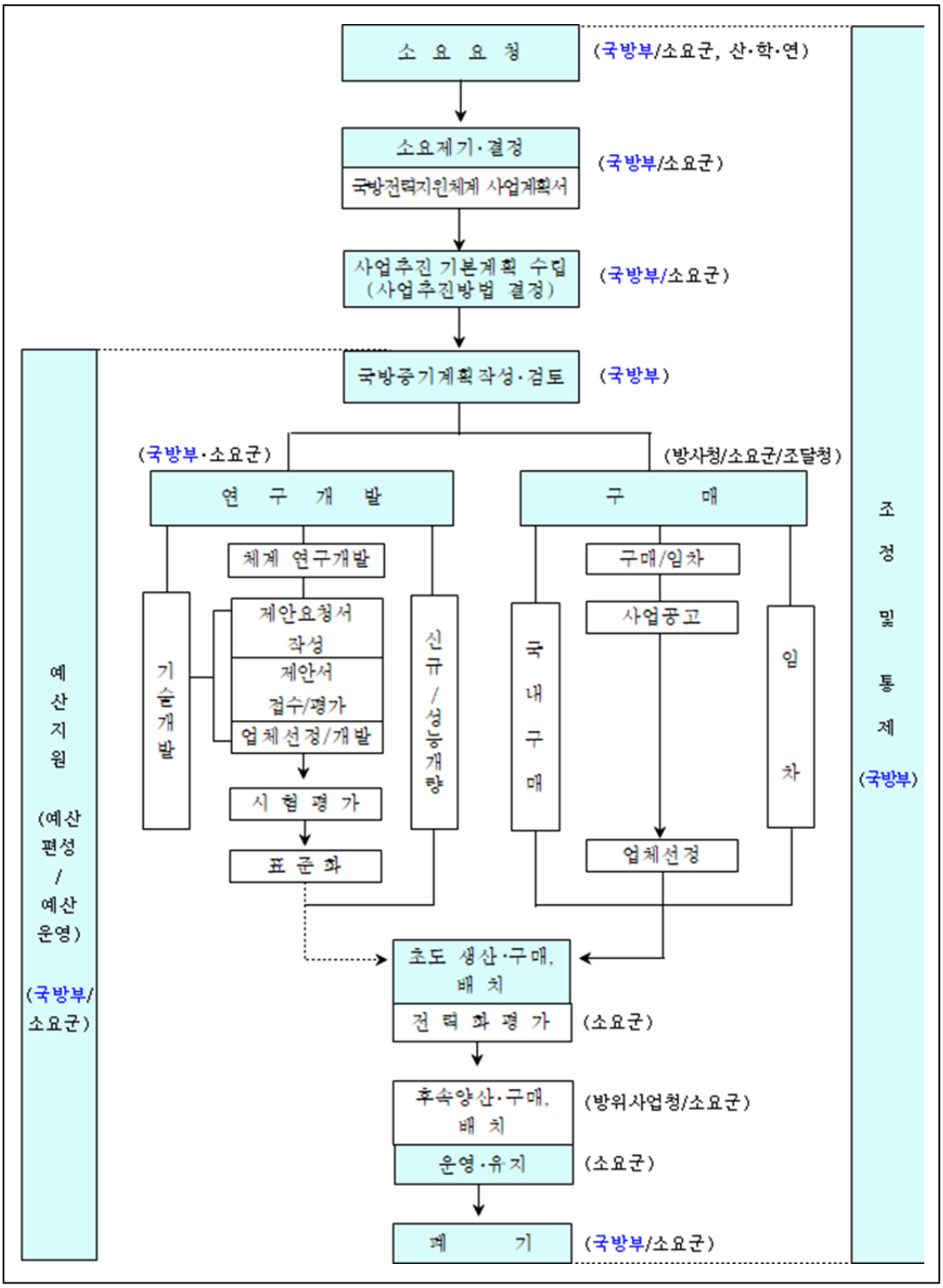
요구 충족 여부를 확인하는 데에만 집중되어 있으며, 시험 평가 전후에 사용자의 의견이 반영될 수 있는 세부 절차가 없다는 점이다. 이와 같은 경우, 사용자와 군수품의 상호작용 과정에서 발현되는 다양한 양상의 문제점을 확인하기 어렵고, 완제품이 양산될 때까지 사용자의 실질적인 요구사항이 개입되지 못함으로써, 결국 요구 성능 만을 충족하는 반쪽자리 군수품을 도입할 가능성이 높으며, 사용자 불만족 해소를 위해 불필요한 개량 작업을 별도로 수행해야 할 수 있다.

마지막으로, 군수품의 최종 획득 직전에 수행되는 야전운용시험 역시, 성능 위주의 평가에 치중한 채, 사용자의 입장은 배제되어 있다는 점이다. 군수품이 완전 무인화 되어 자발적·독립적으로 운용될 수 있다면 야전에서 운용 성능 기준을 충족하는지 여부만 확인하더라도 전혀 문제가 없겠지만, 사용자가 조금이라도 군수품 운용에 개입되어야 한다면 사용자와 군수품의 상호작용 속에서 발생하는 문제, 즉 사용성 문제를 평가하고 측정하는 기준도 있어야 한다. 하지만, 현재의 군수품 개발 및 획득 절차는 개발된 군수품을 야전에서 시험하여 사용성 측면에서의 불편 요소가 식별되더라도, 성능 기준만 통과하면 일단 도입한 후, 사용자의 훈련과 숙달 만을 강요하도록 되어 있다.

이에, 개발 대상 군수품의 사용 맥락을 기반으로, 사용자의 실질적인 의견을 수렴하고 군수품에 대한 사용성을 검증할 수 있는 구체적인 절차와 체계가 정립되어야 할 필요가 있다.



[그림 7] 한국의 무기체계 개발 및 획득 절차



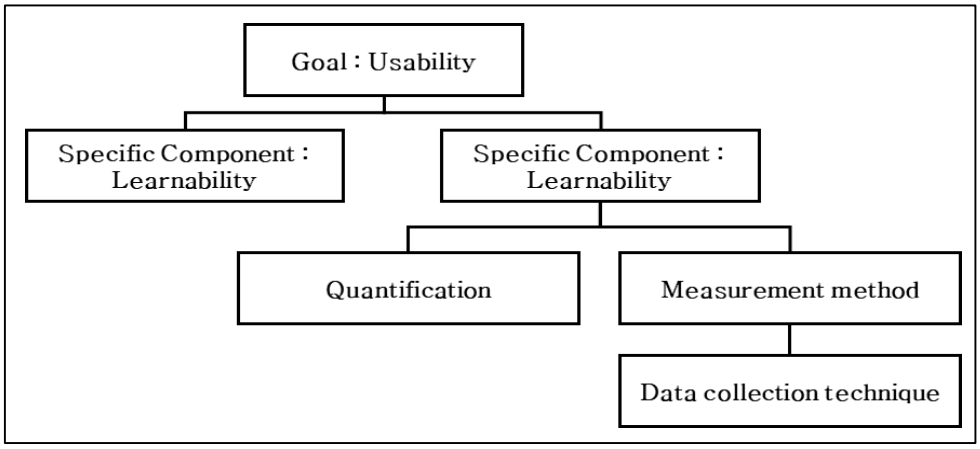
[그림 8] 한국의 전력지원체계 개발 및 획득 절차

3.3 사용성 평가 체계 및 절차 사례연구

기존의 여러 연구에서 제품의 사용성을 측정하고 평가하기 위한 다양한 사용성 평가 체계와 절차를 제안하였다. 본 절에서는 기존 연구에서 제안한 사용성 측정 및 평가 체계의 특성과 제한 사항을 검토함으로써, 사용성 및 사용 맥락의 개념을 반영한 한국군의 군수품 개발 및 획득 절차를 구축하는 데 활용하고자 한다.

3.3.1 기존 사용성 평가 체계

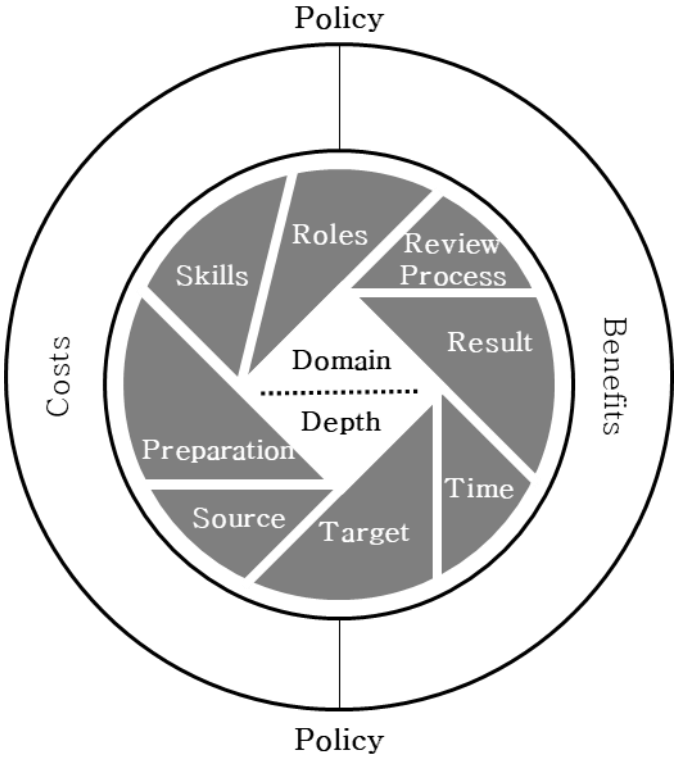
Nielsen (1994)의 'The model of usability measurement'는 제품의 사용성을 측정하기 위해 고안된 체계로, '사용성'이라는 추상적 목표를 최상위에 두고, 목표를 뒷받침하는 특정 구성요소들과, 정량화 수단, 측정방법, 데이터 수집 기술 등을 계층적으로 형성하는 구조를 띈다.



[그림 9] 닐슨의 사용성 측정 모형 (Nielsen, 1994)

이 체계는 제품을 사용하는 사용자가 특정 실험을 수행함에 따른 성과를 측정함으로써 사용성을 확인하고자 제안되었지만, 인터페이스 요소와 같은 제품의 본질적 특성에 대한 측정은 제한된다는 한계를 갖는다.

Wixon, Jones, Tse, and Casaday (1994)의 'Lens of inspection'은 전문가가 주체가 되어 사용성 검사를 수행하기 위해 제안된 체계로써, 렌즈를 통해 피사체를 보듯, 제품의 인터페이스를 여러가지 범주화 된 양상의 척도로 살피는 방법이다.



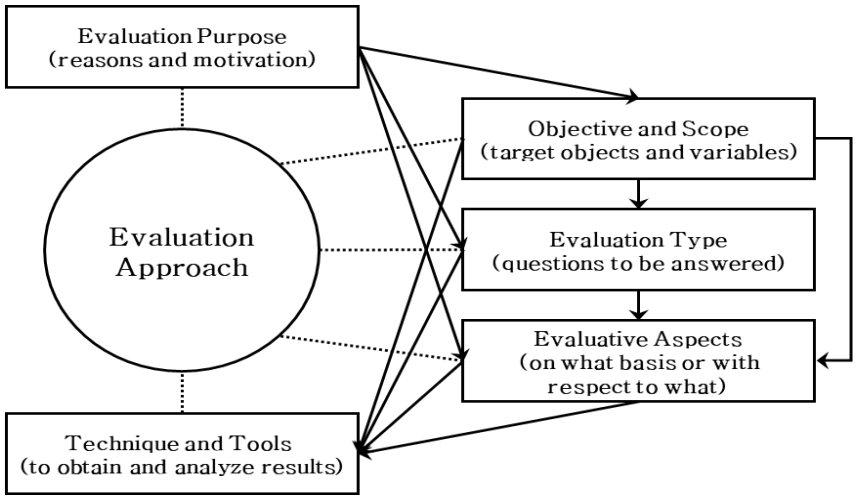
[그림 10] 윅슨의 사용성 검사 렌즈 (Wixon et al., 1994)

[그림 10]와 같이 렌즈의 외곽에는 사용성 검사의 목적에 따라 초점을 조절할 수 있는 조절장치(Policy, Benefits, Costs)가 있으며, 렌즈의 중앙에 검사의 영역이나 수준(Domain and depth)이 위치한다. 이 체계에서는 렌즈를 작동시키는 메커니즘(Skills, Roles, etc.)이 마치 조리개와 같이 대상 제품의 사용성 검사를 위해 초점을 맞추도록 설계되어 있다.

다만, 이 모델은 사용성 검사 방법에 대한 통합적이고 체계적인 관점을

제공하기 보다는 사용성 검사를 위해 필요한 고려 요소를 식별하는데 중점을 두고 있으며, 평가할 대상이 체계 상에 포함되어 있지 않다는 맹점이 있다.

Treu (2012)가 제안한 사용성 평가 체계는 [그림 11]과 같이 평가의 목적이 정립된 이후, 평가의 대상과 평가 범위, 평가 유형, 평가 양상, 평가 기법 및 평가 도구에 이르기까지 체계 전반의 구성요소들이 유기적이고 순차적으로 결정되는 구조를 갖는다.

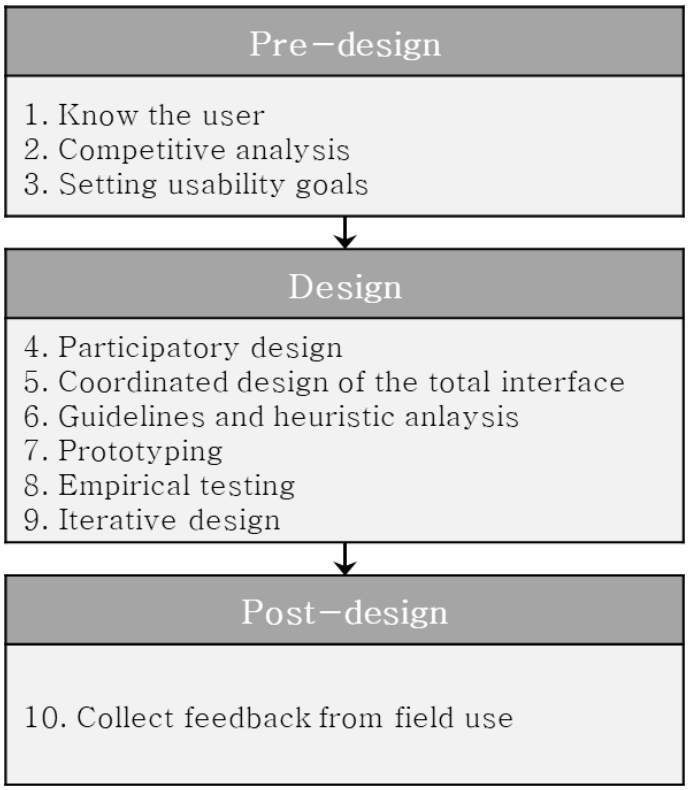


[그림 11] 트뤼의 사용성 평가 체계 (Treu, 2012)

이 모델은 앞서 살펴본 Nielsen (1994)의 모델과 유사하지만, 사용성 평가를 위한 개념 기반을 보다 체계적으로 제시하고 있다. 하지만, 여전히 체계를 내부의 구성 요소가 추상적이고, 사용성 평가를 위한 세부 방법을 제시하지 못했다는 한계를 갖는다.

3.3.2 기존 사용성 평가 절차

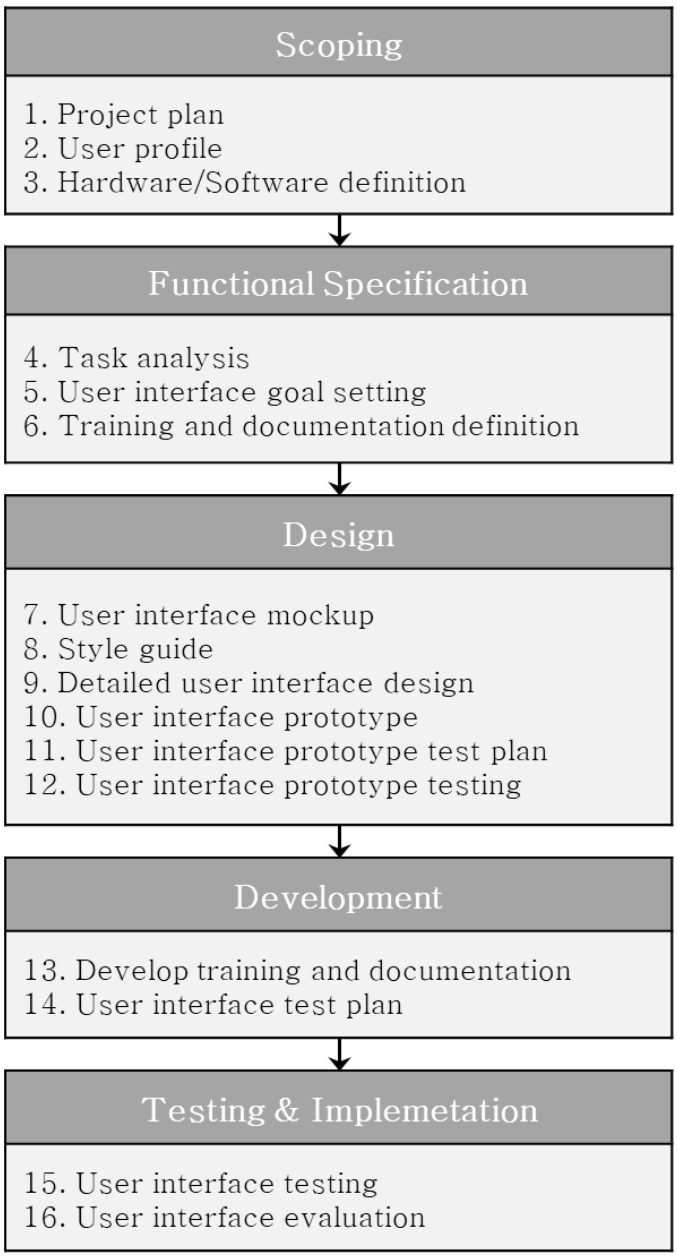
Nielsen (1994)은 사용성에 초점을 맞추어 다음의 [그림 12]과 같이 제품 설계 전(Pre-design), 제품 설계(Design), 제품 설계 후(Post-design) 과정으로 나누어 제품의 개발 절차에 따라 수행해야 할 사항을 명시하였으며,



[그림 12] 닐슨의 사용성 평가 절차 (Nielsen, 1994)

Mayhew and Mayhew (1999)는 [그림 13]과 같이 구상(Scoping), 기능의 구체화(Functional specification), 설계(Design), 개발(Development), 평가 및 실행(Testing & Implementation)의 순서로, 보다 세부적으로 사용성 평가 절차를 나누고, 각 단계별로 수행해야 할 세부 과업을 명시하였다. 또한, 이 절차에서는 시제품에 대한 평가는 제품의 설계 단계에서, 완제품에 대한 평가는 최종 시험 평가 단계에서 각각 따로 수행된다는 특징이 있다.

한편, 기존의 연구들에서 제시하고 있는 사용성 평가 절차는 제품의 주요 설계 단계에서 수행해야 하는 사용성 측정 및 평가 과업을 여전히 추상적으로 제시하고 있으며, 실제로 사용성 평가나 사용성 실험을 수행하는 과정을 구체적으로 설명하지는 않았기 때문에 군수품의 개발에 그대로 적용하기는 어려울 것으로 판단된다.



[그림 13] 메이휴의 사용성 평가 절차 (Mayhew & Mayhew, 1999)

물론, Nielsen (1994)이 제안한 사용성 평가 절차 중 사용자 중심 설계 원리에 기반하여 사용자의 사용 양상을 분석하고, 실증적 실험을 통해 제품의 사용성을 평가하는 과정은 군수품 개발 과정에도 반영될 수 있을 것으로

기대되지만, 제품 사용에 대한 사용자 피드백 수렴 이후의 과정이 누락되어 있으므로, 개선된 군수품 개발 절차 구상을 위해서는 사용자의 피드백을 언제, 어떻게 반영할 것인지에 대한 고민이 필요할 것으로 보인다. 또한, Mayhew and Mayhew (1999)가 제안한 절차 중 시제품에 대한 사전 사용성 평가와 완제품에 대한 사용성 평가를 별도로 수행하는 방안은 군수품 개발 과정에도 분명히 반영되어야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이에, 3.4 절에서는 기존의 사용성 평가 체계 및 절차의 여러가지 제한사항을 보완하여, 사용성과 사용 맥락에 기반한 군수품의 개발 절차를 제안하였다.

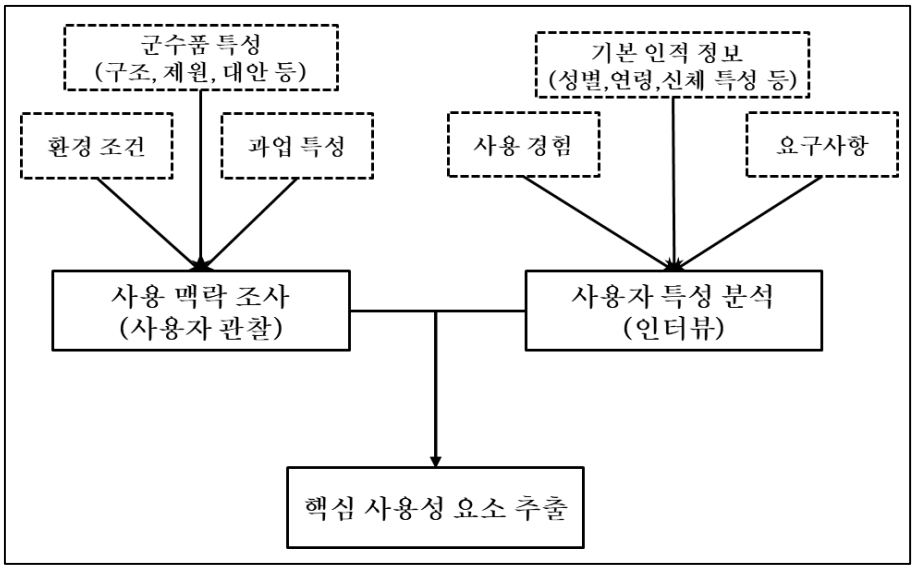
3.4 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 절차

3.2 절에서 살펴본 바와 같이, 우리나라를 포함한 주요 국의 군수품 개발 및 획득 과정에서 사용자의 요구를 수렴하는 과정이 일부 명시되어 있기는 하지만, 구체적인 방법이나 절차가 누락되어 있으며, 군수품의 실제 사용자 특성을 분석하거나, 사용 맥락을 확인하는 과정은 배제되어 있음을 알 수 있었다.

기존 사용성 평가 체계 및 절차 사례에서 개발할 대상 제품을 선정하는 과업은 [그림 7]와 [그림 8]에 명시된 우리 군의 무기체계와 전력지원체계의 개발 및 획득 절차 중 소요 요청에서 국방중기계획 작성·검토 단계에서 수행되기 때문에, 본 연구에서는 연구 개발부터 제품을 양산하여 운영·유지하기 이전 단계까지 참고할 수 있는 별도의 군수품 개발 절차를 사용 맥락과 사용성의 개념을 반영하여 재정립하였다.

본 연구에서 제안하는 군수품 개발 절차는 크게 세 단계의 국면으로 분류되어 있다.

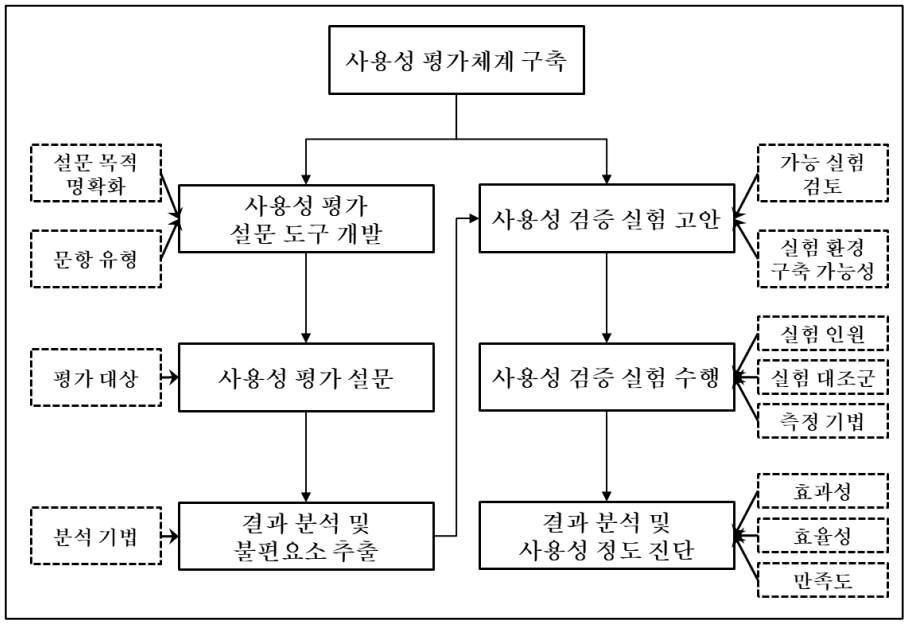
첫 번째는 [그림 14]에 제시된 군수품의 사용성 요소 설계 구상 국면이다. 이 국면에는 군수품에 대한 사용성 측정 및 평가 도구 개발, 그리고 군수품 설계를 위한 선행 조사 단계로써, 대상 군수품의 사용 환경과 군수품을 이용하는 과업의 특성, 군수품의 자체 특성 등을 검토하는 사용 맥락 조사와, 사용자의 신체조건, 사용 경험, 그리고 기존 군수품에 대한 불편 및 개선 요구사항을 확인하는 사용자 특성 분석 단계가 포함된다. 이 국면에서는 사용 맥락 조사와 사용자 특성 분석을 통해 대상 군수품이 어떠한 사용성 요소를 갖추어야 하는지, 혹은 어떠한 사용성 요소로 구성되어 있는지 결정되며, 도출된 핵심 사용성 요소는 다음 국면에서 사용성 평가 체계를 구성하는 기반이 된다.



[그림 14] 군수품의 사용성 요소 설계 및 구상 국면 (Phase Ⅰ)

두 번째는 [그림 15]에 제시된 군수품의 사용성 평가 국면으로, 이 국면은 군수품에 대한 사용성 평가 설문과 사용성 검증 실험이라는 두 개의 축으로 구성된다.

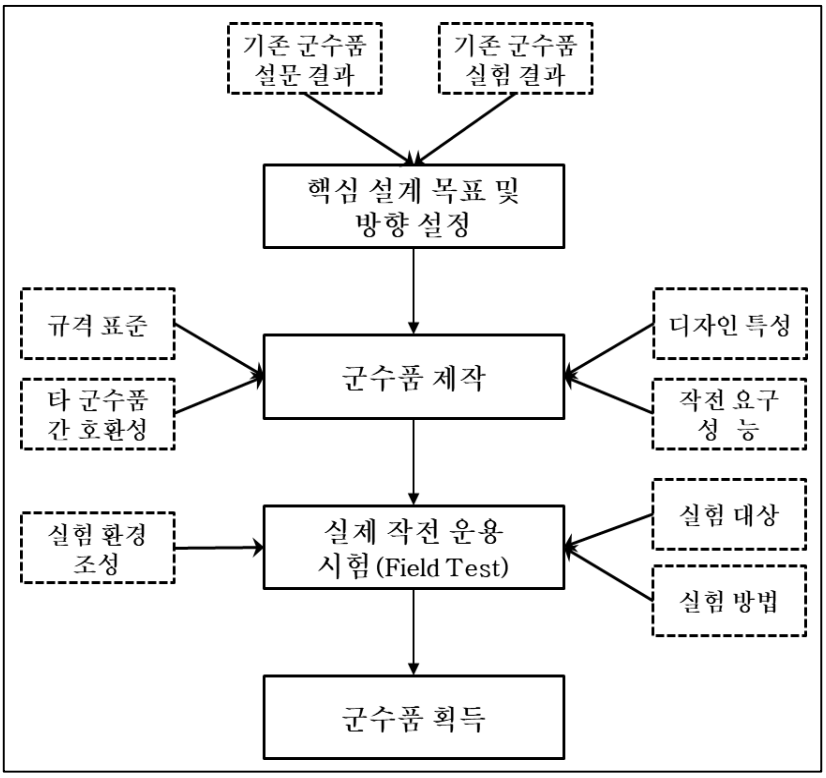
먼저, 첫 번째 국면에서 추출된 대상 군수품의 사용 맥락과 사용자 특성을 근거로 하여 사용성 평가 설문 도구를 개발하는 단계에서는, 설문을 통해 무엇을 얻을 수 있는지, 그리고 어떠한 유형의 문항을 제시하였을 때 사용자에게 내재된 요구 사항과 불편 요소를 효과적으로 추출할 수 있는지 고려해야 한다. 또한, 설문 평가 단계에서는 대상 군수품을 사용하는 사용자 집단을 대표할 수 있는 평가 대상이 선택되어야 하며, 결과 분석을 위해 어떠한 분석 기법을 사용할지 염두에 두어야 한다.



[그림 15] 군수품의 사용성 평가 국면 (Phase Ⅱ)

대상 군수품의 사용성을 검증하기 위한 실험은 사용 맥락과 사용자 특성 분석을 통해 기본 틀이 형성되며, 사용성 평가 설문을 통해 확인된 주요 결과를 반영하여 고안된다. 사용성 검증 실험을 고안하는 단계에서는 사용 맥락과 관련하여 수행 가능한 여러가지 실험 방법들을 열거한 뒤에, 주어진 실험 환경과 조건에 따라 어떠한 실험을 통해 특정 사용성 요소를 측정할 수 있는지 검토되어야 한다. 또한, 실험 수행 이전에는 사용자를 대표할 수 있는 실험 인원과 각기 다른 설계 특성을 지닌 대조군, 그리고 각 실험의 정량적인 측정 기법을 결정해야 하며, 실험 이후에는 군수품 사용에 대한 효율성과 효과성, 그리고 사용자의 만족도를 고려하여, 대상 군수품의 사용성 정도를 최종적으로 진단하여야 한다.

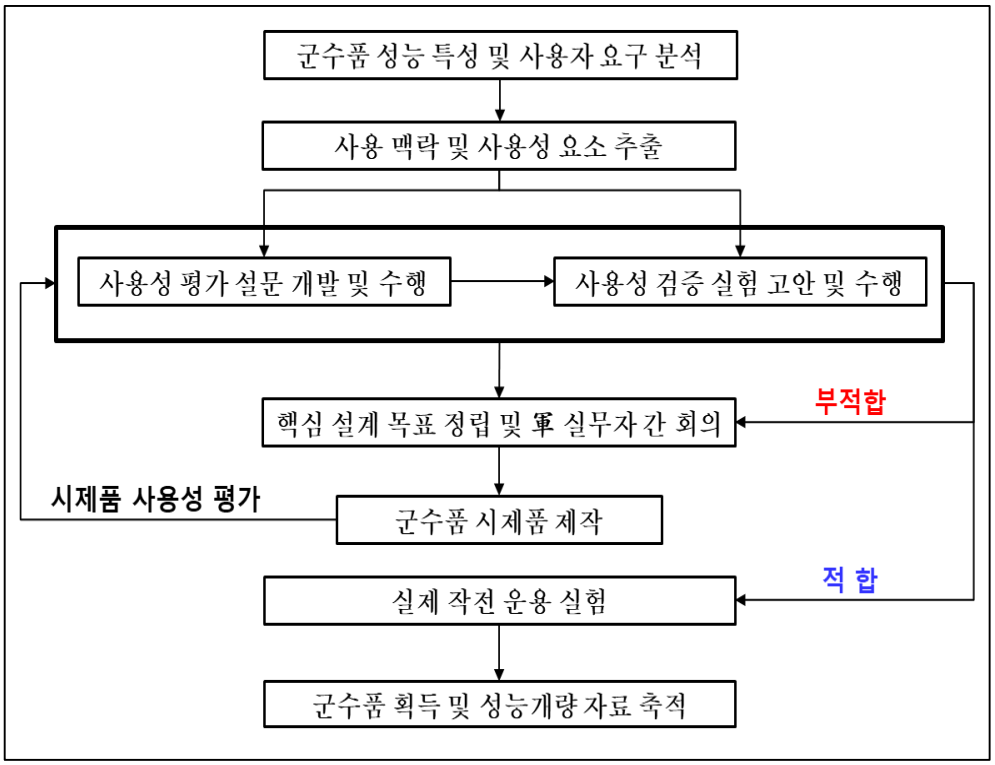
세 번째는 [그림 16]에 제시된 군수품 제작 및 획득 국면이다. 이 국면은 이전 국면에서 수행한 사용성 평가 설문 및 사용성 검증 실험 결과를 토대로, 차기 군수품을 어떻게 설계할 것인지에 대한 목표와 방향을 수립하는 단계로부터 시작된다.



[그림 16] 군수품 제작 및 획득 국면 (Phase Ⅲ)

군수품을 제작하는 단계에서는 사용 맥락과 사용성의 개념에 더하여, 기본적인 규격 표준과 소요 군에서 명시한 작전 요구 성능을 준수했는지 고려되어야 할 것이며, 이외에도 디자인 특성 요소나 함께 사용되는 다른 군수품과의 호환성이 검토되어야 한다. 또한, 군수품을 획득하기 전에는 실제 작전 상황을 모사한 실험 환경에서 해당 군수품을 실제로 운용하는 인원들에 대한 작전 운용 시험을 실시함으로써, 최종적으로 소요 군의 요구에 적합하게 개발되었는지 다각적으로 평가되어야 한다.

앞서 설명한 군수품 개발 및 획득 절차의 세 가지 국면의 상호 연결 관계를 고려하여 전체 체계를 간략하게 도식화하면 [그림 17]과 같다.



[그림 17] 사용 맥락 개념 기반 군수품 개발 및 설계 절차

본 연구에서 제안하는 사용 맥락 개념 기반의 군수품의 개발 및 설계 절차에서는 핵심 설계 목표 및 방향에 따라 제작된 군수품의 시제품이 사용자의 요구에 맞게 제작되었는지, 그리고, 기존 대비 사용성의 정도가 얼마나 개선 되었는지 확인하기 위하여 사용성 평가 설문과 사용성 검증 실험을 다시 수행하는 절차가 포함되어 있으며, 평가 결과가 기대에 미치지 못하는 경우 실무자 간의 심의를 통해 핵심 목표를 다시 정립하고, 시제품을 제작, 평가하는 체계를 반복하게 된다. 또한, 사용성 평가 설문 및 검증 실험 결과, 기존의 군수품 대비 제작된 시제품이 개선되었다고 판단된 경우, 실제 작전 운용 시험을 통해 군수품의 최종 획득 여부를 판단하게 되며, 군수품 획득이 결정된 이후에도 향후 대상 군수품의 성능 개량을 대비하여 주기적인 사용자 관찰과 인터뷰 등을 통해 지속적으로 데이터를 축적하도록 구성되어 있다.

한편, 국방부에서는 국방개혁 2.0을 통해 기존의 병력 집약적 병력 구조로부터 탈피하여, 첨단 과학기술 기반의 효율적인 부대 구조로 재편성할 것임을 공표하였으며, 병력 감소에도 불구하고 최상의 전투력을 발휘할 수 있도록 4차 산업혁명의 핵심기술을 국방 전분야에 적용할 것임을 명확히 하였다. 이에 육군은 개별 전투 병력이 지참하게 될 각종 전투 장비의 개발과 관련된 워리어 플랫폼 도입 사업을 역점적으로 추진하고 있으며, 해군은 과거 해외 기술을 기반으로 적용된 노후화된 장비들에 대한 성능 개량 사업에 박차를 가하고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 육군 워리어 플랫폼 사업의 중추 군수품인 군장 배낭과 해군 성능 개량 사업의 핵심 장비인 장보고급 잠수함 다기능 콘솔을 사례로 하여, 앞서 제안된 사용 맥락 기반의 군수품 개발 절차를 적용해 보고, 그 적용 가능성을 살펴보았다. 또한, 사용자의 시각에서 식별된 다양한 불편사항 및 개선 요소에 대해 분석하고, 이 중 가장 시급하게 해결해야 할 문제점을 찾아, 이를 해결하기 위한 현실적인 방법을 제시하였다.

4. 군수품의 사용성 평가 방법론 개발

4.1 한국형 군장 배낭 평가

4.1.1 연구개요

육군 보병들이 사용하는 군장 배낭은 신체에 막대한 하중을 부과하기 때문에 대다수의 사용자들의 가장 큰 불만 대상이 되고 있다. 본 연구에서는 사용자의 의견을 반영하여 군장 배낭을 체계적으로 개발하는 절차를 소개하고, 사용자의 실질적인 요구사항을 확인할 수 있는 사용성 평가 설문 도구를 제작하였으며, 군장 배낭의 사용성을 정량적으로 측정할 수 있는 다양한 사용성 검증 실험을 제안하였다.

군장 배낭의 개발 절차는 사용자 중심 설계 원리에 기반하여 수립되었으며, 문헌조사와 전문가 및 실제 군장 배낭 사용자들로부터 수렴된 인터뷰 결과를 바탕으로 군장 배낭의 사용 맥락이 추출되었다. 또한, 이렇게 추출된 군장 배낭의 사용 맥락은 사용성 평가 설문 도구와 사용성 검증 실험을 제작하기 위한 기반이 되었다.

100명의 대한민국 육군 보병이 응답한 사용성 평가 설문을 분석한 결과, 군장 배낭 사용시, 사용자의 인체 크기에 따라 각자가 느끼는 통증 부위에 차이가 있음을 알 수 있었으며, 이를 통해 현재 단일 규격으로 제작되고 있는 군장 배낭을 다양한 규격으로 세분화하여 제작할 필요성을 확인하였다.

한편, 본 연구에서 제안한 사용성 검증 실험에 대한 예비 실험에는 불과 4명의 현역 군인만이 참여했기 때문에, 각 실험으로부터 통계적으로 유의미한 결과를 확인하기는 어려웠다. 다만, 예비 실험을 통해 본 연구에서 제안한 실험들에 대한 효과성과 적용가능성을 확인할 수 있었기 때문에, 보다 많은 사용자를 대상으로 실험이 수행되는 경우, 제안된 사용성 검증 실험들을 통해 서로 다른 설계 사양을 가진 군장 배낭 간의 사용성 차이뿐 아니라, 서로 다른 인체 크기를 가진 사용자들 간의 사용성 정도 차이도 확인할 수 있을

것으로 기대된다.

또한, 본 연구에서 제안하는 사용자 중심의 군장 배낭의 개발 절차와 사용성 평가 도구, 그리고 다양한 사용성 검증 실험을 고안하기 위한 방법들이 다른 군사용 장비에도 적용되는 경우, 사용자의 실질적인 만족도 향상은 물론, 군사 작전의 효율성 증진에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것이다.

4.1.2 연구배경

대한민국 육군의 대다수를 차지하는 보병들은 민간인보다 훨씬 먼 거리를 무거운 군장 배낭을 착용한 채 걸어야 하며(Fletcher, 1974; McCaig & Gooderson, 1986), 전장환경의 복잡성 증가와 첨단기술의 급격한 발달로 인해 단위 부대가 작전 수행 중 지참해야 하는 군장 체계의 양적 증대가 가속화되고 있지만 (Dubik & Fullerton, 1987; J. Knapik, Harman, & Reynolds, 1996; Nordeen, 1986), 대한민국의 출산 인구 감소에 따른 군 병력 감축으로 말미암아, 향후 한 사람의 장병이 지참해야 하는 군장 체계의 총 중량은 오히려 더욱 늘어날 것으로 예상되고 있다.

물론, 항공기나 함정과 같은 기계적 수단을 이용하여 각종 군사 용품을 운반할 수도 있지만, 좁고 험한 산길을 이용해야 하거나, 비용적인 제한 등을 이유로, 군인 개개인이 자신의 역량을 충분히 발휘하여 군수품을 운반해야 하는 경우가 불가피 하며 이에, 개인의 군장 체계 운반 능력은 군사 작전에서 매우 중요한 고려 요소라 할 수 있다 (Williams & Rayson, 2006).

유아나 학생들의 경우, 사용자의 신체적 능력을 고려한 최적의 가방 무게를 찾아내는 연구들이 꾸준히 진행되고 있으며, 다수의 연구 결과가 근·골격계 질환 예방을 위한 최적의 가방 무게로 사용자 체중의 10~20%의 무게를 권장하고 있다 (Brackley & Stevenson, 2004; van Gent, Dols, Carolien, Sing, & de Vet, 2003). 하지만, 군인의 경우, 임무의 목적이나 작전 상황에 따라 지참해야 하는 군수품의 목록과 수량이 정해져 있기 때문에 자신 몸무게의 20~ 40% 정도의 군장 무게가 권장되고 있으며(Birrell, Hooper, & Haslam, 2007), 때에 따라 자신의 몸무게의 100%에 육박하는 군장 배낭을 사용해야 하는 경우도 있다 (Dean, 2004; J. J. Knapik & Reynolds, 2015).

자신의 신체적 능력을 초과하는 무게의 군장 체계를 부담하는 경우, 각종 근·골격계 질환을 유발할 수 있음은 물론, 부여된 임무를 완수할 수 없는 상황에 이르게 될 수도 있다. 하지만, 필요한 임무라면 반드시 완수해야 하는 군의 특수성을 고려할 때, 임무 수행을 위해 필요한 군사 물품을 권장되는

무게를 초과한다고 해서 무턱대고 빼 놓을 수는 없다. 그러므로, 임무수행을 위해 필요한 군장 체계 구성품의 수량을 줄이든지, 군인에게 부과되는 하중을 경감시킬 수 있는 장치나 방안을 연구하는 노력이 필요할 것이다.

이러한 상황 속에서 최근 급격히 발전하고 있는 웨어러블 로봇 기술은 매우 현실성 있는 대안으로 부상하고 있다. 실제로 De Looze, Bosch, Krause, Stadler, and O'Sullivan (2016)는 웨어러블 로봇을 신체에 장착하는 경우, 근육에 부과되는 부담이 80% 이상 감소된다는 결과를 도출함으로써, 자신의 근력 한계를 초과하는 하중도 웨어러블 로봇 기술의 도움을 받아 극복할 수 있다는 가능성을 제시한 바 있다.

한편, 현재 대한민국 방위산업 분야에서도 웨어러블 로봇을 응용한 연구를 활발하게 추진 중이나, 군사용 웨어러블 로봇 관련 연구 개발 속력은 상당히 더딘 실정이다. 이는, 과중한 군장체계 구성품이 개별 군인에게 부과하는 하중을 보조하기 위해 웨어러블 로봇기술의 적용한다는 맹목적인 '결과'에만 집중한 채, 군장 체계가 장병들에게 미치는 하중의 '원인'을 탐구하거나, 하중을 측정하는 '방법'에 대한 연구는 간과했기 때문이라고 추정할 수 있다. 군장 체계를 사용하는 특정 상황에서 사용자 신체의 어떠한 부위에 얼마만큼의 하중이 부과되는지 알아야 웨어러블 로봇기술을 어디에, 어떻게 적용할지에 대한 개념 설계를 할 수 있을 것이며, 실제 전장 환경에서 군장 체계를 이용하는 사용자의 입장에서 군장 체계의 사용성을 진단하고, 미비점을 개선할 수 있는 효과적인 체계가 정립되었을 때 비로소 신규 기술을 적용하는 가치와 의미가 극대화 될 수 있을 것이다.

군장 체계를 구성하는 군수품은 작전의 목적과 임무의 성격에 따라 매우 다양하며, 모든 군수품은 각각의 중량을 갖고 있기 때문에 인체에 하중을 부과하는 원인이 된다. 본 연구는 군장 체계의 구성품들이 인체에 어떻게 하중을 미치는지 확인하고, 하중을 완화시킬 수 있는 방법을 찾기 위한 체계를 제안하는 것이 목적이기 때문에, 인체에 하중을 미치는 대표적인 군장 체계 구성품을 사례로 선정하기로 했다. 군장 체계의 여러가지 구성품 중

어떠한 구성품이 가장 큰 하중을 유발하는지 확인하기 위해 100명의 육군 장병을 대상으로 사전 설문을 실시한 결과, 82명이 군장 배낭이 가장 큰 불편함과 하중을 유발한다고 응답하였다. 또한, 부담하는 군장 배낭의 평균 무게는 35kg이었지만, 부대의 특성이나 직책에 따라 최대 54kg의 군장 배낭을 부담하는 사용자가 있었으며, 응답자의 평균 몸무게 70.9kg을 고려할 때, 사전 설문을 통해 확인된 군장 배낭의 무게는 기존 연구에서 권장하는 군장 배낭의 무게보다 훨씬 높은 수준임을 알 수 있었다.

Ramprasad, Alias, and Raghuveer (2010)는 무거운 배낭을 짊어지는 경우, 근·골격계 장애나 자세 불량과 관련된 광범위한 고통을 유발할 수 있다고 하였으며, Rai and Agarawal (2013)은 너무 무겁거나 올바르지 않은 배낭을 사용하는 경우, 근육과 관절의 긴장을 촉진하고, 등 부위의 통증이 발생할 수 있다고 경고하였다. 기존의 연구 결과와 마찬가지로, 사전 설문 결과에서도 73%의 육군 장병들이 현재의 군장 배낭을 착용하고 행군을 할 때, 등, 허리, 무릎 등 주요 근·골격계에 심각한 수준의 통증을 경험했다고 응답하였다.

육군의 군장 배낭은 1972년에 최초 도입된 이후, 현재까지 총 2회(1982년, 2011년)의 개선사업을 거쳐 보급되고 있으나, 군장을 실제로 운용하는 장병들의 불만은 개선이 거듭될수록 오히려 늘어나고 있다. 물론, 지금까지 50년이 다 되어 가도록 단 두 번의 군장 배낭 개선사업만 추진해 온 것도 불만의 원인이라 할 수 있지만, 사용자가 지금의 군장 배낭에 만족하지 못하는 가장 큰 이유는 아래의 세 가지로 유추해 볼 수 있다.

첫째, 군장 배낭 개발과정에서 사용 맥락에 대한 분석이 거의 없었다는 점이다. 제품을 만들기 위해서는 누가, 언제, 어떠한 상황에서, 어떻게 제품을 사용할지에 대한 포괄적인 이해가 선행되어야 하며 (Maguire, 2001a), 사용자의 입장에서 제품을 평가하고, 개선 요소를 식별할 수 있는 일련의 체계가 구축되어 있어야 한다. 군장 배낭은 일반 가방과는 달리, 정해진 중량의 군수품을 넣어, 정해진 시간에 정해진 거리를 이동해야 하는 특수한 사용 조건이 전제되기 때문에, 사용자의 사용 맥락에 대한 이해 없이

제작되는 경우, 작전임무를 수행하는 중 예상하지 못한 불편을 초래할 수 있다. Bevan (1995)은 제품의 사용 품질은 제품 자체 뿐 아니라, 제품이 사용되는 맥락에 의해서도 결정된다고 하면서, 사용 맥락을 이해하는 것에 대한 중요성을 강조하였다. 하지만, 지금까지 대부분의 군용 장비는 제작자의 입장에서 제작이 용이하고, 최소 작전요구성능을 충족시키는 데 중점을 두어 개발되었으며(Rhie, Kim, Ahn, & Yun, 2017), 사용자의 의견이나 사용자의 특성, 그리고 사용 환경 등 사용 맥락이 개입될 여지가 없었다.

둘째, 군장 배낭의 여러가지 설계 치수를 선정할 때 인체 사이즈를 고려하는 과정이 없다는 점이다. 사전 설문 결과, 100명 중 58명의 사용자가 군장 배낭이 몸에 제대로 밀착되지 않는다고 응답하였다. 전투복이나 전투화가 개인의 인체 크기에 맞게 다양한 사이즈로 제작되고 있는 반면, 군장 배낭은 개인의 인체 크기와 상관없이 단일 규격으로 제작되어 보급되고 있으며, 어깨 끈이나 허리 끈 등의 길이 조절을 통해 사용자가 알아서 착용하라는 식으로 제작되어 왔기 때문에 사용자의 불만이 커질 수 밖에 없었다. 실제로, 지금까지 군장 배낭의 개선 사례를 살펴보면 소수 장병들의 단편적인 사용후기를 참고하거나 다른 나라의 군장 배낭 규격을 의미없이 모방하는 수준이었다. 자신의 인체사이즈에 적합하지 않은 군장 배낭을 사용하는 경우, 같은 무게라고 하더라도 평소보다 더 큰 피로감을 느낄 수 있으며, 때로는 의도하지 않은 부상을 겪을 수도 있다. Zakeri, Gheibizadeh, Baraz, Bijan Nejad, and Latifi (2016)은 자신의 연구에서 규격화되지 않은 배낭의 사용이 근·골격계 질환 유발에 유의미한 영향이 있음을 밝힌 바 있다. 그러므로, 지금까지는 '군장 배낭을 멘다'는 관점에서 군장 배낭을 제작해왔다면, 이제부터는 전투복이나 전투화와 같이 사용자의 개별 인체 크기에 맞게 '군장 배낭을 입는다'는 관점으로 제작할 필요가 있다.

셋째, 서로 다른 군장 배낭을 비교할 수 있는 근거 있는 사용성 검증 실험 체계가 부족하다는 것이다. 지금은 새로운 군장 배낭을 개발한다고 하더라도, 기존의 군장 배낭과 비교하여 어떠한 부분이 얼마나 달라졌는지 눈에 보이는

규격이나 각종 부속품들의 모양 차이만을 확인할 수 있었을 뿐이며, 실제 군장 배낭을 운용하는 상황에서 기존보다 얼마나 나아졌는지 확인하기가 어려웠다. 분명, 사용성 평가는 제품을 평가하는데 있어서 사용하기가 쉽고, 유용하다는 특성이 있지만 (Gould & Lewis, 1985), Rubin and Shirk (1996)이 지적했듯이, 기존의 사용성 평가만을 통해서는 해당 제품이 정상적으로 작동하는지 여부까지는 분명하게 증명해 내기 힘들기 때문에, 제품의 신뢰성을 가시적으로 확인할 수 있는 사용성 검증 실험이 뒷받침 되어야 할 것이다. 물론, 해외에서는 이미 오래 전부터, 배낭을 착용했을 때 신체 특정부위의 각도와 걸음걸이가 어떻게 변하는지 살펴 본다거나 (Attwells, Birrell, Hooper, & Mansfield, 2006), 서로 다른 무게를 갖는 배낭을 착용하였을 때 산소 소비량(Oxygen Consumption)과 심박수(Heart rate)에 어떠한 차이가 있는지 확인하는 실험을 수행해 왔다 (Beekley, Alt, Buckley, & Duffey, 2007). 하지만, 기존의 실험들은 배낭을 착용할 때 발생하는 단편적인 생체 변화를 포착하는 데 그칠 뿐이며, 사용자가 실제 작전 상황에서 군장 배낭을 운용할 때 겪는 여러가지 물리적 · 정신적 변화를 확인하는 것은 제한된다.

본 연구에서는 이러한 제한 사항을 극복하기 위해 군장 배낭의 사용 맥락에 기반하여 사용자 중심의 군장 배낭 개발 절차를 수립하였으며, 사용성 평가 설문을 통해 신체조건이 서로 다른 사용자들이 느끼는 군장 배낭의 사용성 차이를 확인함으로써, 군장 배낭의 개선을 위한 현실적인 아이디어를 수렴하였다. 또한, 군장 배낭의 사용 맥락을 기반으로 하여, 다양하고 실증적인 검증 실험 방법을 고안함으로써, 군장 배낭을 사용할 때 발생하는 사용자의 물리적 · 정신적 변화를 다각적으로 관찰할 수 있는 체계를 마련하였다.

4.1.3 연구방법

지금까지의 군장 배낭 개발은 군의 작전 최소요구사항을 충족시키거나 개발자 친화적인 방향으로 이루어졌다. 또한, 짧은 기간 내에 많은 장병들에게 보급하기 위해 체계적인 절차 없이 개발되었으며, 전체 개발 절차에서 군장 배낭을 사용하는 육군 장병들의 의견이 반영될 여지가 거의 없었기 때문에, 많은 사용자들로부터 끊임없는 불만이 제기되고 있다.

본 연구에서는 사용자의 의견이 충분히 반영될 수 있도록 ISO9241-210(2010)에서 제시한 사용자 중심 설계 절차를 토대로, [그림 18]과 같이 군장 배낭 개발 절차를 구축하였다.

본 장은 군장 배낭의 사용 맥락 조사(Phase Ⅰ)와 사용성 평가 설문 및 사용성 검증 실험 고안(Phase Ⅱ)에 대한 내용을 다루고 있으며, 군장 배낭의 최적 설계 범위 도출 과정은 5장에서 다루게 될 것이다. 한편, 실제 군장 배낭 제작 이후의 국면은 본 학위 논문에는 포함되지 않겠지만, 향후 연구에서 지속 수행될 예정이다.

'군장 배낭'은 '대한민국의 육군 장병(specified users)'이 '작전에 필요한 각종 군사물자를 넣고 특정한 작전지역으로 이동'하기 위하여(specified goals) 사용하는 제품이다.

군장 배낭의 사용성 평가도구를 제작하기 위해서는 군장 배낭의 사용 맥락(Context of use)을 먼저 파악해야 하므로, 본 연구에서는 사용성 평가에 앞서, 현재 육군 병사들이 사용하고 있는 군장 배낭을 사용하는 대표적인 과업과 사용 맥락을 분석하였다.

[그림 19]는 2011년 개발된 이후 현재까지 사용되고 있는 군장 배낭으로, 내부가 완전히 팽창된 상태에서 등판을 바닥에 접촉하고 측정했을 시, 가로 31.5cm, 세로 63.5cm, 높이 27.0cm의 크기를 갖고 있다. 또한, 자체 무게는 내장 프레임을 포함하여 4.6kg으로, 주배낭의 뒤쪽과 양 옆에 보조 배낭을 부착할 수 있는 모듈 방식으로 구성되어 있다.

인간중심설계 주기 (ISO 9241-210)	군장배낭 개발 절차	방 법	산출물	
사용 맥락의 이해 및 명확화 (Understand and specify the context of use)	군장배낭의 사용 맥락 조사	· 사용자 관찰 · 사용자 인터뷰 · 사전 설문	· 주요 사용 맥락 추출 – 평지에서의 기동 과업 – 산악지형에서의 기동 과업 – 경계구역 및 접적지역 통과 – 보급품 운반	Phase I
	군장배낭의 사용성 핵심 요인 추출	· 문헌 조사 · 맥락 분석	· 기동성 요인 · 상호작용 요인 · 디자인 특성 요인	
개인 및 조직의 요구사항 구체화 (Specify the user and organizational requirements)	군장배낭에 대한 사용성 평가설문 개발	· 전문가 인터뷰	· 리커트 척도형 문항 14개 항목 · 선택형 문항 11개 항목 · 서술형 문항 9개 항목	Phase II
	현재 군장배낭에 대한 사용성 평가설문 수행	· 사용성 평가 설문 · 통계 분석	· 군장 배낭의 사용성에 각 요인들이 미치는 영향 · 군장 배낭 개선을 위한 사용자들의 실질적 개선 요구사항 · 인체 크기에 따른 사용성 차이	
	군장배낭의 사용성 검증 실험 고안 및 수행	· 문헌조사 · 맥락 분석	· 사용성 검증 실험 7개 항목	
설계 방안 마련 (Produce design solutions)	군장배낭의 디자인 설계요소 및 사용자 인체 특성 분석	· 문헌조사 · 통계 분석 · 알고리즘 접근	· 사용자 인체 크기 별 군집 분류 · 군장배낭 설계 변수별 부적합 공식 산출 · 개선된 군장배낭 규격 시스템 도출	Phase III
	사용자 인체크기 특성을 고려한 최적 설계범위 제안			
사용자 요구에 대한 설계 방안 평가 (Evaluate designs against user requirements)	최적 설계범위를 준수하는 군장 배낭 시제품 제작	· 3D 모델링	· 신규 군장배낭 규격 시스템에 따른 다양한 규격의 군장 배낭 시제품	
	실제 사용자를 대상으로 신규 제작 군장 배낭의 사용성 검증 실험 수행	· 사용성 검증 실험 · 추가 현장 실험	· 인체 크기 특성에 적합한 군장 배낭 착용에 따른 사용성 개선 효과 확인	
	신규 군장 배낭에 대한 사용성 평가 설문 수행	· 사용성 평가 설문 · 통계 분석	· 인체 크기에 적합한 군장 배낭 착용 이후 사용자의 만족도 변화 확인	

[그림 18] 군장 배낭 개발 절차

[그림 19] 현재 사용 중인 군장 배낭 모양 및 주요 규격

본 연구에서는 [그림 19]의 군장 배낭을 포함하여 최소 10년 이상 여러가지 형태의 국내외 군장 배낭을 착용하고 군사 임무에 참여한 경험이 있는 3명의 군사 전문가에 대한 인터뷰를 실시하였으며, 육군 군사 교범 및 타국의 군장 배낭 개발 사례 관련 문헌 연구를 통해 군장 배낭을 이용하는 환경과 상황을 조사하였다.

군장 배낭에 대한 육군 조직의 요구사항을 수렴하기 위해 국방부 및 육군 정책관련 실무자와의 인터뷰를 실시한 결과, 조직적 차원에서는 미래의 육군 작전 개념 및 워리어 플랫폼의 구축 방향과 연계하여 군장 배낭이 갖춰야할 요건으로 기동성, 생존성, 임무지속성, 전투활동성이라는 네 가지를 요구하였다.

기동성은 군장 배낭을 착용하고 이동하기가 쉬워야 한다는 의미이고, 생존성은 군장 배낭을 착용하고 임무를 수행할 때 생명에 위협을 받지 않아야 한다는 의미이다. 또한, 임무지속성은 임무를 완수할 때까지 군장 배낭을 지속적으로 사용할 수 있어야 한다는 의미이고, 전투활동성은 군장 배낭을 착용하고 임무를 수행할 때 움직임에 방해가 없어야 한다는 의미이다.

한편, 실제 사용자로부터의 요구사항을 수렴하기 위해 20세부터 40세까지의 육군 장병 100명에 대한 사전 설문을 실시하였다 (average age 24.4 years; SD: ±4.2, average height 173.9 cm; SD: ±5.8).

100명 중 82명이 군장 배낭과 신체 사이의 밀착감을 높이고, 신체 특정 부위로 하중이 집중되는 현상을 방지하기를 원한다고 응답하였으며, 73명이 군장 배낭을 사용하면서 신체 특정부위에 심각한 통증을 느낀 경험이 있다고 응답하였다. 또한, 군장 배낭과 신체 간의 밀착감 부족 및 군장 배낭 하중의 집중 현상이 이러한 통증의 가장 큰 원인이라고 응답하였는데, 이를 통해 조직에서는 군장 배낭의 작전적 목적 달성에 초점을 두는 반면, 사용자들은 자신의 신체조건을 고려하여 현재 군장 배낭으로 임무를 완수할 수 있는지 없는지 여부에 더 중점을 둔다고 이해할 수 있었다. 한편, 이렇게 확인된 조직과 개인의 군장 배낭에 대한 요구사항은 사용성 평가도구를 제작하기 위한 기반이 되었다.

사전 설문을 통해 확인된 조직과 개별 사용자의 요구사항을 반영하여 리커트형, 선택형, 서술형으로 다양하게 구성된 사용성 평가도구를 개발하였다.

리커트형 문항은 조직에서 제시한 기동성, 생존성, 임무지속성, 전투활동성을 확인하기 위한 세부 문항들로 구성되어 있으며, 용어가 다소 모호하고 포괄적인 개념이기 때문에, 보다 쉽고 직관적인 어휘로 바꾸어 7점 척도의 문항으로 구성하였다.

선택형 문항은 몸의 중심이 치우치는 방향, 신체와 밀착되지 않는 부위를 확인할 수 있도록 구성하였다. 또한, 군장 배낭으로 인해 발생하는 통증과 피로 정도를 신체 부위별로 확인하기 위해 ISO/TS20646 (2004)에서 제시한 Local muscular workloads Chart를 발전시켜, [그림 20]과 같이 인체의 주요 근·골격계를 도식화하여 제공하였으며, 군장 배낭 사용 중 느끼는 통증이나 피로의 부위를 심각한 순서대로 세 가지씩 선택하게 하였다.

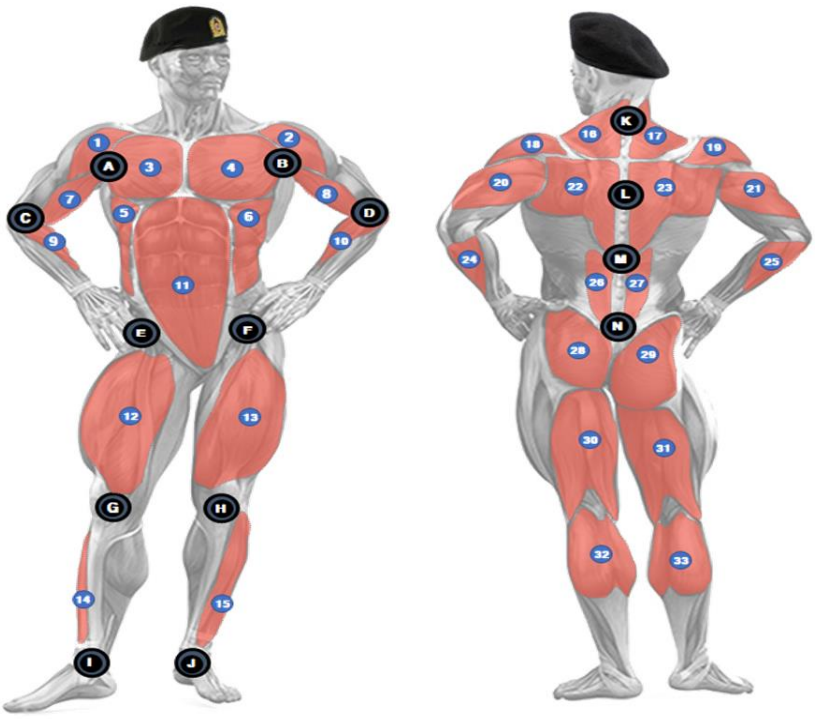
마지막으로, 서술형 문항은 군장 배낭의 크기나 모양의 개선과 관련하여 서로 생각해 왔던 여러 가지 아이디어를 서로 공유하고, 각자의 생각을 발전시킬 수 있도록 집단 인터뷰를 수행한 이후 작성하게 하였다.

사용성 평가 설문의 하위 요소들에 대한 분류와 추출된 요인 별 내적

일관성 검증을 위해 요인 분석과 신뢰도 분석을 실시하였으며, 서로 다른 신체 크기를 갖는 군집 별 사용성 차이를 확인하기 위해 일원배치분산분석을 수행하였다. 또한, 모든 자료에 대한 분석을 위해 SPSS 25.0과 Excel 2016이 사용되었다.

제품을 사용하는 과정에서 느끼는 여러가지 문제점과 개선 요소를 사용자의 관점에서 식별하기 위해 사용 맥락을 반영한 사용성 평가 설문을 실시한다면, 제품을 사용하면서 사용자가 경험하게 되는 다양한 양상의 변화와 제품의 사용 효과를 직접 포착하기 위해서는 사용 맥락에 근거한 사용성 검증 실험이 필요하다.

본 연구에서는 군장 배낭 사용과정에서 발생하는 육군 장병들의 물리적 · 정신적 변화를 정량적으로 측정하기 위해 기존 연구의 여러가지 실험 방법과 다양한 운용 맥락을 서로 연결하여, 군장 배낭의 사용성 실험 고안을 위한 아이디어를 얻을 수 있었다.



1	오른쪽 삼각근	17	오른쪽 승모근	33	오른쪽 비복근
2	왼쪽 삼각근	18	왼쪽 극상근	A	오른쪽 견관절
3	오른쪽 대흉근	19	오른쪽 극상근	B	왼쪽 견관절
4	왼쪽 대흉근	20	왼쪽 상완 삼두근	C	오른쪽 팔꿈치 관절
5	오른쪽 외복사근	21	오른쪽 상완 삼두근	D	왼쪽 팔꿈치 관절
6	왼쪽 상완 외복사근	22	왼쪽 능형근	E	오른쪽 고관절
7	오른쪽 상완 이두근	23	오른쪽 능형근	F	왼쪽 고관절
8	왼쪽 상완 이두근	24	왼쪽 척측 수근굴근	G	오른쪽 무릎 관절
9	오른쪽 요측수근굴근	25	오른쪽 척측 수근굴근	H	왼쪽 무릎 관절
10	왼쪽 요측수근굴근	26	왼쪽 척추 기립근	I	오른쪽 발목 관절
11	복직근	27	오른쪽 척추 기립근	J	왼쪽 발목 관절
12	오른쪽 대퇴직근	28	왼쪽 대둔근	K	경추
13	왼쪽 대퇴직근	29	오른쪽 대둔근	L	흉추
14	오른쪽 전경골근	30	왼쪽 대퇴 이두근	M	요추
15	왼쪽 전경골근	31	오른쪽 대퇴 이두근	N	천골
16	왼쪽 승모근	32	왼쪽 비복근		

[그림 20] 군장 배낭 사용 관련 인체 주요 근·골격계 현황

4.1.4 연구결과 및 결과 분석

군장 배낭의 대표적 사용 맥락은 평지에서의 행군, 산악지형에서의 행군, 전투지역 통과, 보급품 운반으로 구분되며, 사용 맥락 별로 행해지는 주요 과업과 인체 동작은 아래와 같다.

먼저, 평지에서 행군을 하는 맥락에는 시속 약 4km/h로 걷는 과업, 군장의 무게나 이동 거리를 고려하여 시속 7km/h 내외로 가볍게 달리는 과업, 이동 중 군장 배낭에서 우의, 고글, 핫팩 등 필요물품을 꺼내는 과업이 포함되었다. 이 맥락에서는 걷고 뛸 때 발생하는 근육의 피로도 및 심박수 측정 등의 생체계측 실험과 군장 배낭과 신체 사이의 밀착 정도를 측정하는 실험, 그리고 군장 배낭을 착용한 채로 물건을 꺼낼 때 상체 부위를 자유롭게 움직일 수 있는지 판단할 수 있는 동작 간섭 측정 실험이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

산악지형에서 행군을 하는 맥락에는 비탈길이나 계단을 올라가고 내려가는 과업, 징검다리나 통나무를 이용하여 시내를 건너가는 과업, 무성한 수풀과 나무를 손으로 해치는 과업, 절벽이나 좁은 길에서 옆으로 걷는 과업 등이 포함되었다. 이 맥락에서는 생체역학적 실험을 포함하여, 강이나 좁은 길을 건널 때 필요한 균형 능력을 측정하는 실험이 고안되어야 할 필요가 있다. 또한, 수풀을 헤칠 때 커다란 상체 동작이 요구되므로, 동작 간섭 측정 실험이 수행되어야 하며, 경사가 있는 지형에서 군장 배낭의 밀착 정도의 변화를 확인할 수 있는 실험이 포함되어야 한다.

전투지역 통과 맥락에는 군장 배낭을 착용한 채로 전력 질주하는 과업, 총기를 이용한 사주경계과업, 다양한 자세에서의 사격 과업, 방독면 착용 과업 등을 수행할 수 있다. 이 맥락에서는 사주 경계나 방독면 착용 시 상체 동작 범위 제한 여부를 확인할 수 있도록 동작 간섭 측정 실험이 수행되어야 하며, 군장 배낭을 착용한 상태에서 사격 능력에 차이가 있는지 확인하는 실험도 수행되어야 한다. 또한, 전력 질주와 같이 신체를 급격하게 움직이는 경우 군장 배낭의 밀착 정도에 변화가 있는지도 확인해 볼 필요가 있다.

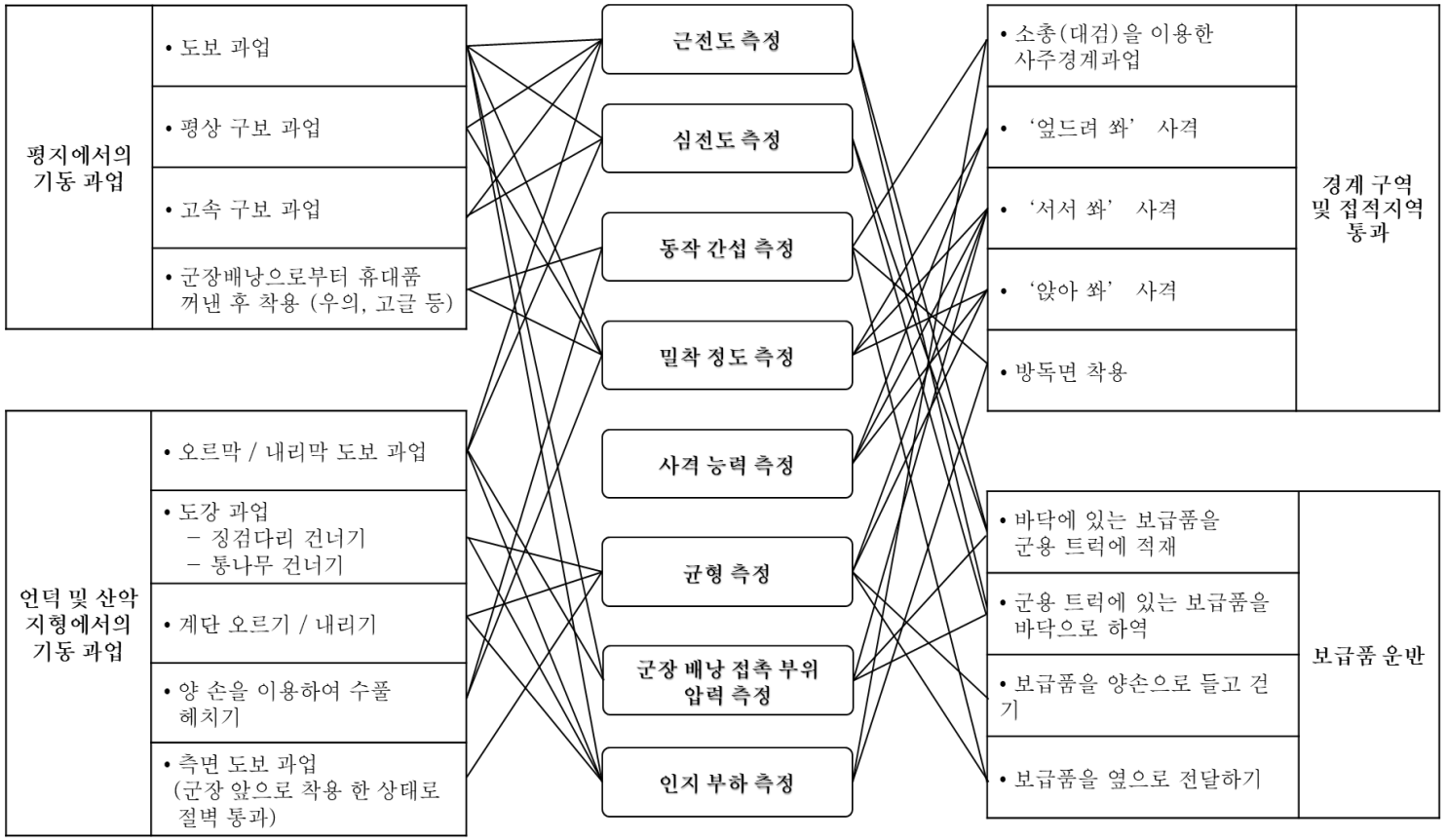
보급품을 운반하는 맥락에는 자신의 허리보다 높은 트럭에서 보급품을 건네

받아 바닥에 내려놓는 과업, 바닥에 있는 보급품을 허리보다 높은 위치로 올려놓는 과업이 있으며, 상황에 따라 보급품을 양팔로 들고 짧은 거리를 걸어서 이동하거나, 옆에 있는 동료에게 릴레이식으로 전달하는 과업이 있다. 이 맥락에서는 보급품을 들어올리고 내릴 때 발생하는 생체역학적인 변화와 군장 배낭의 밀착 정도 및 균형 변화를 확인하는 실험이 포함되어야 한다.

한편, 사용성 평가 대상자들에 대한 인터뷰 결과, 약 40%가 군장 배낭을 착용한 행군 훈련이 지속됨에 따라 정신이 몽롱해지거나, 집중력이 떨어지는 경험이 있다고 응답하였으며, 그 중 일부는 같은 이유로 인해 육체적 부상을 입을 뻔 했다고 응답하였다. Hogervorst, Riedel, Jeukendrup, and Jolles (1996)은 실험을 통해 장시간 운동으로 인해 신체의 피로도가 높아질수록 정보 처리가 필요한 작업에서 성능이 저하될 수 있다고 하였으며, Son, Hyun, Beck, Jung, and Park (2019)은 신체 착용 장비의 무게를 줄이거나 하중을 경감시킬 때 사용자의 근·골격계 장애 위험을 줄일 뿐 아니라, 정신적 업무 수행에도 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 군장 배낭을 착용한 상태에서 발생하는 육체적인 피로는 장병들의 인지 능력에 영향을 줄 수 있으며, 이에 따라, 군장 배낭의 사용에 따라 사용자의 정보처리 능력과 임무 수행 능력에 변화가 있는지 확인해 보는 실험을 고안하는 것은 충분히 의미가 있을 것이다. 또한, 군장 배낭은 신체와 직접적으로 접촉된 어깨와 허리 부위에 집중적으로 하중을 미칠 수 있기 때문에 군장 배낭이 접촉되는 특정 부위에 대한 압력 측정 실험도 필요하다.

본 연구에서는 [그림 21]과 같이 군장 배낭의 운용 맥락에 기반한 세부 과업들과 앞서 살펴본 여러 가지 실험을 연결하여, 육군 장병의 사용성을 측정할 수 있는 사용성 검증 실험 7가지를 고안하였다.

군장 배낭을 착용하고 실제 상황에서 임무를 완수할 수 있겠는지 묻는 사용 만족도 측정 문항과 사용 만족도에 영향을 미칠 수 있는 13개의 하위 변수에 대한 측정 문항은 리커트형으로 제작하였다



[그림 21] 군장 배낭의 사용 맥락 별 가능한 실험

한편, 리커트형 문항에 대한 통계적 분석에 앞서, 사용 만족도에 영향을 미치는 하위 변수들 간 공통 요인이 있는지 여부를 확인하고 제작된 사용성 평가 설문의 타당성을 검증하기 위해 [표 2]와 같이 요인분석을 실시하였다.

요인 추출방법으로는 주축 요인 추출을 실시하였고, 베리멕스 회전을 하였다. KMO 측도가 0.6 이상이고, Bartlett의 구형성 검정 결과가 유의한 경우, 요인분석 모형이 적합하다고 판단될 수 있는데 (Hair, Anderson, Babin, & Black, 2010; Shehu & Mahmood, 2014), 사용성 요소 13개 항목이 모두 타당도를 저해하지 않았으며, 요인분석 결과 KMO 측도는 .746으로 나타났고, Bartlett의 구형성 검정 결과 유의확률이 .05 미만으로 나타나, 도출된 요인분석 모형이 적합한 것으로 판단하였다.

군장 배낭의 사용성 요소는 다음의 3가지 요인으로 분류되었다.

첫 번째 요인에는 하중 정도, 피로 정도, 통증 정도, 불균형 정도, 비밀착 정도, 크기 부적합 정도의 6개 항목이 포함되어 있으며, 모두 사용자가 군장 배낭을 착용하는 과정에서 발생하는 상호작용이라는 공통점을 갖는다. 두 번째 요인에는 색상 및 패턴의 부조화 정도, 긴급 탈착장치 부적합 정도, 내구성 부족 정도, 착용 불편 정도의 4개 항목이 포함되어 있으며, 모두 군장 배낭의 재질이나 부속품의 고유한 특징 때문에 발생하는 디자인 특성 요인이라는 것을 알 수 있다. 세 번째 요인에는 평지 기동 제한 정도, 오르막 기동 제한 정도, 내리막 기동 제한 정도의 3개 항목이 포함되어 있으며, 모두 군장 배낭을 착용하고 기동하는 항목이라는 공통점을 갖는다.

한편, 요인분석을 통해 분류된 상호작용 요인과 기동 가능성 요인, 그리고 군장 배낭 자체 요인에 대한 내적 일관성 검증을 위해 [표 3]와 같이 신뢰도 분석을 실시하였다. 그 결과, Chronbach의 알파 계수는 모두 0.6 이상으로 Hair et al. (2010)에서 제안한는 최소 권고 수준을 충족하는 것으로 나타나, 사용성 문항들의 신뢰도가 수용 가능한 수준임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 신뢰도를 저해하는 사용성 문항이 없다는 것을 의미하므로, 문항 제거 없이 분석을 진행하였다.

[표 2] 군장 배낭 사용성 요소들에 대한 요인분석 결과

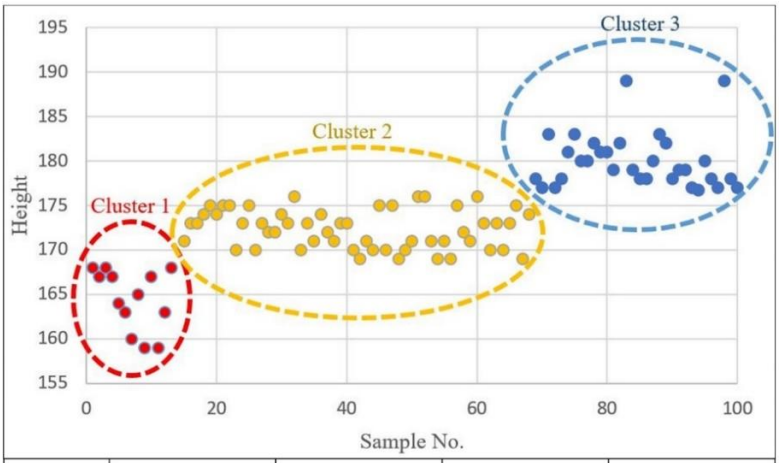
사용성 요소	요 인		
	1	2	3
하중 정도	.812		
피로도 정도	.748		
통증 정도	.736		
불균형 정도	.682		
비밀착 정도	.658		
크기 부적절 정도	.636		
색상 및 패턴 부적합 정도		.728	
긴급 탈착 장치 부적합 정도		.666	
내구성 부적합 정도		.644	
착용 불편 정도		.629	
내리막 기동 제한 정도			.814
평지 기동 제한 정도			.807
오르막 기동 제한 정도			.632
아이겐 값	3.274	1.972	1.875
공통 분산 (%)	25.185	15.172	14.424
누적 분산 (%)	25.185	40.357	54.781
KMO = .746, Bartlett's χ^2 = 374.459($\rho < .001$)			

[표 3] 군장 배낭 사용성 요인들에 대한 신뢰도 분석 결과

요 인	Cronbach의 알파	항목 수
상호작용 요인	.822	6
기동성 요인	.684	3
디자인 특성 요인	.621	4

한편, 표준에 부합되지 않은 배낭을 사용하는 경우 예상치 않은 근·골격계 질환이 발생할 수 있으며 (Zakeri et al., 2016), 사용자의 인체 크기를 고려하지 않은 비(非)인간공학적 배낭을 사용하는 경우 과다 앞굽음(hyperlordosis), 척추 측만(lateral deviation of the spine), 걸음걸이 양상 변화, 심장 혈관 변화, 호흡곤란 문제, 신진대사 문제 등을 포함한 은밀하고 명백한 부작용이 초래될 수 있다 (Daneshmandi, Rahmani-Nia, & Hosseini, 2008; Hong, Li, Wong, & Robinson, 2000; Motmans, Tomlow, & Vissers, 2006). 특히, 현재 한국 육군에서 사용 중인 군장 배낭은 단 하나의 규격으로 제작되어 보급되고 있으며, 사전조사에서 과반수 이상의 사용자들이 현재 군장 배낭 크기가 자신의 신체 크기에 적합하지 않다고 응답하였기 때문에, 사용자가 느끼는 군장 배낭의 사용 만족도가 사용자의 인체 크기에 따라 달라질 수 있다는 가설 하에 사용자의 인체 크기에 따라 군장 배낭의 사용성에 차이가 있는지 통계적으로 분석해 보기로 했다.

물론, 군장 배낭은 상체 부위에 밀착되기 때문에, 사용자의 앉은키나 상체 관련 길이 데이터를 사용하는 것이 더욱 적합하지만, 응답자들 중 자신의 앉은키를 아는 사용자가 거의 없었고, 신장데이터와 상체 부위의 길이 데이터 간 상관관계가 높다는 점을 근거로 하여, 사용자의 신장 데이터를 대신 활용하였다.



Cluster	Number of Samples	Minimum(cm)	Maximum(cm)	Final cluster center(cm)
1	13	159	168	164.5
2	54	169	176	172.4
3	33	177	189	180.2

[그림 22] 군장 배낭 사용자 신장 기준 K-means 군집분석 결과

사용성 평가 설문에 참여한 육군 병사 100명의 신장데이터에 대해 K-means 군집분석을 활용하여, 분류한 결과 [그림 22]와 같이 3개 군집으로 분류되었으며, 신장이 작은 첫 번째 군집은 13명, 신장이 중간 정도인 두 번째 군집은 54명, 신장이 큰 세 번째 군집은 33명이었다.

한편, 군집 별로 사용성 변수의 평균이 유의한 차이를 보이는지 검증하고자에 [표 4]과 같이 일원 배치 분산분석을 실시하였다.

첫번째 요인인 상호작용 요인의 하위 항목 중 하중 정도, 통증 정도, 피로 정도, 불균형 정도, 밀착 정도, 군장 배낭 크기의 부적절성은 모두 신장 별로 유의미한 차이가 있는 것으로 확인되었으며, Scheffe의 사후분석을 실시한 결과 하중 정도, 통증 정도, 피로 정도, 불균형 정도, 비밀착 정도는 첫 번째 군집이 두 번째 군집과 세 번째 군집보다 더 높은 것으로 나타났다.

[표 4] 군장 배낭 사용성 요소에 대한 군집 별 일원배치 분산분석 결과

종속변수		집단	평균	표준편차	F	ρ	Scheffe
상호작용 요인	하중 정도	1(a)	6.08	0.760	14.279***	.000	b,c < a
		2(b)	4.72	0.878			
		3(c)	4.73	0.839			
	통증 정도	1(a)	6.15	0.801	6.581**	.002	b,c < a
		2(b)	5.24	0.751			
		3(c)	5.30	0.951			
	피로도 정도	1(a)	5.69	0.630	8.604***	.000	b,c < a
		2(b)	4.72	0.712			
		3(c)	5.12	0.960			
	불균형 정도	1(a)	5.62	1.044	5.163**	.007	b,c < a
		2(b)	4.69	0.843			
		3(c)	4.82	1.044			
	비밀착 정도	1(a)	5.85	0.689	8.563***	.000	b,c < a
		2(b)	4.69	0.928			
		3(c)	5.09	1.011			
	크기 부적절 정도	1(a)	5.46	0.877	22.698***	.000	b < a, c
		2(b)	3.81	0.913			
		3(c)	4.88	1.023			
기동성 요인	평지 기동 제한 정도	1(a)	4.85	0.689	3.303*	.041	b,c < a
		2(b)	4.28	0.763			
		3(c)	4.24	0.792			

	내리막 기동 제한 정도	1(a)	5.00	0.816	8.227**	.001	a,b < c
		2(b)	4.94	0.811			
		3(c)	5.67	0.854			
	오르막 기동 제한 정도	1(a)	6.23	0.725	10.358***	.000	b,c < a
		2(b)	5.33	0.824			
		3(c)	5.06	0.747			
디자인 특성 요인	내구성 부적합 정도	1(a)	4.08	1.256	1.395	.253	-
		2(b)	4.06	1.753			
		3(c)	4.27	1.701			
	색상 및 패턴 부적합 정도	1(a)	3.00	1.414	0.178	.837	-
		2(b)	3.24	1.359			
		3(c)	3.64	1.245			
	착용 불편 정도	1(a)	4.38	1.121	0.088	.915	-
		2(b)	4.56	1.449			
		3(c)	4.58	1.146			
	긴급 탈착 장치 부적합 정도	1(a)	4.85	1.345	0.106	.899	-
		2(b)	4.63	1.773			
		3(c)	4.70	1.667			

*ρ < .05, **ρ < .01, ***ρ < .001

이는 모든 사용자의 군장 배낭 무게는 동일한 데 반해, 첫 번째 군집 사용자가 대부분 두 번째 군집이나 세 번째 군집 사용자보다 왜소한 체격을 갖고 있으며, 근육의 양이 부족하기 때문인 것으로 추정된다. 한편, 군장 배낭의 크기가 부적절하다고 생각하는 정도는 두 번째 군집이 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 현재 군장 배낭의 크기가 다른 군집 사용자에 비해 두 번째 군집 사용자의 신체 크기 조건에 더욱 적합하게 제작되었음을 의미하며, 첫 번째 군집과 세 번째 군집 사용자의 신체조건에 적합한 크기의 군장 배낭이 별도로 필요하다는 것으로 이해할 수 있다.

두번째 요인인 기동성 요인의 하위 항목 중 평지 기동 제한, 내리막기동 제한, 오르막 기동 제한은 모두 신장 별로 유의미한 차이가 있는 것으로 확인되었으며, Scheffe의 사후 분석을 실시한 결과, 평지 기동 제한과 오르막 기동 제한의 경우, 첫 번째 군집이 두 번째 군집과 세 번째 군집보다 더 높은 것으로 나타난 반면, 내리막 기동 제한의 경우, 세 번째 군집이 첫 번째 군집과 두 번째 군집보다 더 높은 것으로 나타났다. 근육의 양이나 체격 조건 측면에서 가장 우수한 세 번째 군집이 유독 내리막 기동에서 다른 군집의 사용자보다 제한된다고 응답한 이유는 다른 군집 사용자들보다 상대적으로 신체의 무게중심이 높은 곳에 있어서, 내리막 기동을 할 때 몸이 앞으로 쏠리는 현상이 더 심화되기 때문인 것으로 이해할 수 있다. 같은 원리로, 키가 작은 첫 번째 군집의 경우, 신체의 무게 중심이 상대적으로 낮은 곳에 있어서, 오르막 기동이나 평지 기동을 할 때 군장 배낭의 무게가 몸을 뒤로 끌어당기는 현상이 다른 군집보다 심하기 때문에 더욱 힘들어 하는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

마지막 요인인 디자인 특성 요인의 하위 변수는 네 가지 모두 신장 별로 유의미한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 이는, 내구성과 착용감, 긴급탈착장치, 색상 및 패턴에 대한 적절성 판단은 신체 조건 차이보다는 개인의 선호도 차이에 의해 결정되기 때문에 당연한 결과라고 납득할 수 있다.

선택형 문항에 대한 분석 결과, 몸의 중심이 치우치는 방향은 100명중 85명이 ‘뒤쪽’이라고 응답하였으며, 신체와 밀착되지 않는 부위는 100명 중 52명이 등, 34명이 ‘허리’라고 응답하였다. 군집 별 사용자들에 대한 응답 결과를 분석한 결과, 유의미한 차이는 확인되지 않았는데, 이를 통해 군장 배낭으로 인한 하중의 후방 편향 현상과 등·허리 부위의 비밀착 현상이 신체조건과 상관없이 사용자들에게 불편함을 주는 매우 심각한 문제라는 점을 인식할 수 있게 해 주었다.

근·골격계의 부위별 통증 발생 부위와 피로 발생 부위를 분석해 본 결과, 두 문항의 응답이 거의 일치하였는데, 이는 사용자가 군장 배낭을 사용할 때,

피로하다고 느끼는 부위가 시간이 지남에 따라 통증으로 바뀐다는 것으로 이해할 수 있었다.

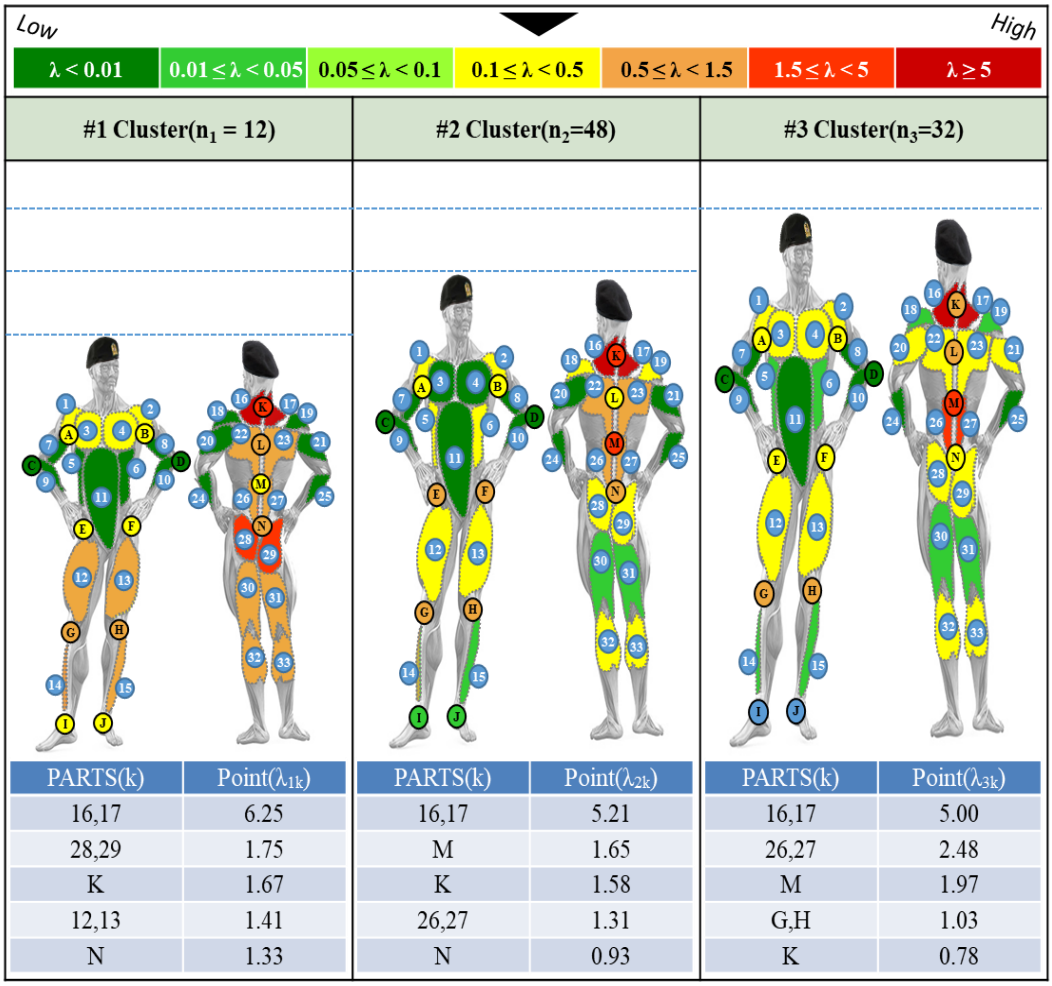
군장 배낭에 대한 사용성 평가 설문에서는 100명의 보병들에게 군장 배낭을 사용하는 과정에서 가장 통증이 심한 세 가지 부위를 통증의 순서대로 나열하고, 각 부위에 대해 10점 척도로 통증 점수를 입력하도록 요구하였다. 그 결과, 100명 중 8명이 통증의 우선순위만을 부여한 채 통증 점수를 기록하지 않았으며, 이에 따라 통증 점수를 응답하지 않은 8명의 평가 결과를 제외하고 92명의 평가 결과만을 분석에 활용하였다.

아래의 Equation (1)은 각 군집에 속한 사용자들이 부여한 통증 점수를 기반으로 특정 근·골격계 부위에 부과되는 통증의 정도를 나타내기 위해 고안한 등식이다.

$$\lambda_{ik} = \frac{1}{n_i}\sum_{j=1}^{n} x_{jk} \quad (1)$$

Equation (1)에서 λ_{ik} 는 i 군집의 사용자들이 k 근·골격계 부위에 대하여 느끼는 통증의 점수를 의미하며, n_i 는 i 군집에 속한 사용자의 인원 수를 나타낸다. 또한, χ_{jk} 는 i군집에 속한 j번째 사용자가 k 근·골격계 부위에 대하여 평가한 통증 점수이다.

[그림 23] 는 Equation (1)을 기반으로 제작된 33개 근육 부위와 14개 관절 부위에 대한 '사용자 군집별 근·골격계 통증 지도'이며, 통증 지도 아래의 표에는 각 군집의 사용자들이 가장 통증이 심하다고 응답한 다섯 부위와 각 부위의 통증 점수를 순서대로 나타냈다.



PARTS(k)	Point(λ_{1k})
16,17	6.25
28,29	1.75
K	1.67
12,13	1.41
N	1.33

PARTS(k)	Point(λ_{2k})
16,17	5.21
M	1.65
K	1.58
26,27	1.31
N	0.93

PARTS(k)	Point(λ_{3k})
16,17	5.00
26,27	2.48
M	1.97
G,H	1.03
K	0.78

[그림 23] 사용자 군집 별 근 · 골격계 통증지도

한편, 각 군집의 사용자들이 응답한 근·골격계 부위별 통증 점수에 대하여 군집 별 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위하여 일원분산분석을 수행하였으며, 주요 부위에 대한 분석 결과는 아래의 [표 5]와 같다.

일원분산분석 결과, 모든 군집에 속한 사용자들이 공통적으로 여러 근·골격계 부위 중 좌우 승모근 (16, 17)의 통증이 가장 심하다고 응답하였다.

[표 5] 주요 통증 부위에 대한 사용자 군집 별 일원배치 분산분석 결과

통증 부위	군집	평균	표준편차	F	ρ	Duncan
오른쪽 / 왼쪽 대퇴직근 (12,13)	1(a)	1.42	3.315	3.658*	.030	b, c < a
	2(b)	0.15	0.772			
	3(c)	0.41	1.132			
오른쪽 / 왼쪽 전경골근 (14,15)	1(a)	1.33	3.114	6.305**	.003	b, c < a
	2(b)	0.04	0.289			
	3(c)	0.09	0.530			
왼쪽 / 오른쪽 승모근 (16,17)	1(a)	6.25	3.251	0.599	.551	–
	2(b)	5.21	3.389			
	3(c)	5.00	3.529			
왼쪽 / 오른쪽 척추 기립근 (26,27)	1(a)	0.92	2.151	3.124*	.049	a, b < c
	2(b)	1.31	2.064			
	3(c)	2.47	2.688			
왼쪽 / 오른쪽 대둔근 (28,29)	1(a)	1.75	3.251	5.494**	.006	b, c < a
	2(b)	0.31	1.095			
	3(c)	0.19	0.738			
오른쪽 / 왼쪽 무릎 관절 (G,H)	1(a)	0.58	2.021	0.272	.762	–
	2(b)	0.79	1.738			
	3(c)	1.03	2.207			
경 추 (K)	1(a)	1.67	3.085	0.945	.392	–
	2(b)	1.58	3.024			
	3(c)	0.78	2.028			
요 추 (M)	1(a)	0.33	1.155	1.558	.216	–
	2(b)	1.65	2.740			
	3(c)	1.97	3.157			
천 골 (N)	1(a)	1.25	2.989	0.923	.401	–
	2(b)	0.94	1.951			
	3(c)	0.47	1.295			

* ρ < .05, ** ρ < .01, *** ρ < .001

비록 각 군집별 사용자의 응답에 유의미한 차이가 발견되지는 않았지만, 이 결과로 하여금 사용자들의 인체 크기와 상관없이 현재 군장 배낭의 하중이 어깨 끈을 경유하여 그들의 좌우 승모근에 과도하게 집중되고 있다고 해석할 수 있다. 이와 같이 좌우 승모근에 수직적으로 부과되는 과도한 군장 배낭의 하중을 분산시키기 위해서는 현재보다 어깨 끈의 너비를 좀 더 넓혀야 하며, 군장 배낭의 하중이 어깨뿐 만 아니라, 등과 허리 부위로 더욱 분산될 수 있도록 군장 배낭의 등판 부위를 사용자의 인체 크기에 맞추어 제작할 필요가 있다 (Harman, Frykman, Pandorf, Tharion, & Mello, 1999).

첫 번째 군집의 사용자들은 왼쪽 / 오른쪽 대둔근 (28, 29) 부위에 심각한 통증이 발생한다고 응답하였으며, 세 번째 군집의 사용자들은 왼쪽 / 오른쪽 척추 기립근 (26, 27) 부위에 대한 통증이 극심하다고 응답하였다. 첫 번째 군집의 사용자들과 세 번째 군집의 사용자들이 통증이 심하다고 응답한 부위는 각 군집 사용자들이 군장 배낭을 착용했을 때 군장 배낭의 허리 패드가 접촉되는 부위로써, Duncan 의 사후 분석 결과, 좌우 대둔근의 통증 점수는 두 번째 군집과 세 번째 군집에 비하여 첫 번째 군집 사용자들이 높은 것으로 확인된 반면, 척추 기립근의 통증 점수는 첫 번째 군집과 두 번째 군집에 비하여 세 번째 군집 사용자들이 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 비정상적인 허리 패드의 접촉 위치가 의도하지 않은 통증을 유발할 수 있다는 인간공학 전문가들의 의견에 부합하며, 이에 따라 군장 배낭은 바닥 부분이 사용자 등의 하부에 밀착되도록 설계하여, 인체의 적절한 부위로 하중이 분산될 수 있도록 해야 함을 인식하게 되었다 (Lucas, 2011).

오른쪽 / 왼쪽 대퇴직근 (12, 13)과 오른쪽 / 왼쪽 전경골근 (14, 15)에 부과되는 통증의 정도는 두 번째 군집과 세 번째 군집에 비해 첫 번째 군집의 사용자들이 더욱 심각한 것으로 확인되었으며, 해당 부위들에 대한 통증 점수는 각 군집 별로 유의미한 차이가 있는 것으로 확인되었다. Duncan 의 사후 분석 결과, 오른쪽 / 왼쪽 대퇴직근 (12, 13)과 왼쪽 전경골근 (14, 15)에 대한 통증 점수는 두 번째 군집과 세 번째 군집의 사용자들에 비해 첫

번째 군집의 사용자들이 더 높은 것으로 확인되었다. 이러한 이유는 첫 번째 군집에 속한 사용자들의 인체 무게 중심이 다른 군집에 속한 사용자들의 인체 무게 중심보다 낮기 때문이라고 유추할 수 있다. Liu (2007)는 군장 배낭의 무게 중심이 위쪽으로 올라갈수록 평균 호흡 빈도와 평균 산소 소비량이 많아진다는 것을 실험을 통해 확인함으로써, 무게중심의 위치가 사용자의 육체적 활동 능력에 유의미한 영향을 미칠 수 있다는 점을 증명하였다.

한편, 비록 각 군집 사용자들이 평가한 통증 점수 간에 유의미한 차이는 없었지만, 모든 군집의 사용자들이 현재의 군장 배낭을 사용할 때 다른 부위들에 비해 경추 (K), 요추 (M), 천골 (N), 그리고 오른쪽 / 왼쪽 무릎 관절 (G, H)에 대한 통증을 더 심하게 느끼는 것으로 확인되었다.

사용자 인터뷰 및 브레인스토밍 결과, 전투 조끼와 전투화, 전투복 등 군장 체계의 여러가지 구성품의 개선 및 불편사항에 대한 의견이 총 230건 수렴되었으며, 이 중 30% 이상이 군장 배낭의 개선과 관련된 내용이었다. 군장 배낭과 관련된 불편사항과 개선 요구사항은 군장 배낭의 규격 부적합에 대한 내용이 대부분이었으며, 크게 두 가지로 정리해 보면 아래와 같다.

첫 번째는, 군장 배낭의 등판 길이와 관련된 사항으로, 첫 번째 군집의 경우, 자신의 등 길이보다 군장 배낭 등판의 길이가 길기 때문에 허리패드가 허리보다 아래쪽에 위치하게 되며, 걸을 때 허벅지 윗부분과 허리패드의 버클 부분이 접촉되어 간섭을 일으킨다는 불편사항이 있었다. 반면, 세 번째 군집의 경우 등판 길이가 등 길이보다 짧기 때문에 허리패드가 허리보다 위쪽에 위치하게 되어, 전투조끼를 입은 상태로 군장 배낭을 착용할 때 전투조끼 내부의 소지품과 허리패드 버클 간 간섭을 일으킨다는 의견이 많았다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는, 군장 배낭의 등판 길이를 다양하게 제작하거나, 허리패드의 위치를 자신의 등 길이에 맞추어 조절할 수 있도록 설계하는 방안이 강구되어야 한다. 물론, 이를 위해서는 등판 길이를 몇 가지 단계로 제작할지, 그리고, 각 단계의 사이즈를 얼마로 정해야 할지에 대한 연구가 별도로 필요하다. 이에, 5.1절에서는 군장 배낭의 주요 설계

변수와 한국인의 인체측정학적 특성을 고려하여 군장 배낭의 최적 설계 규격을 제안하였다.

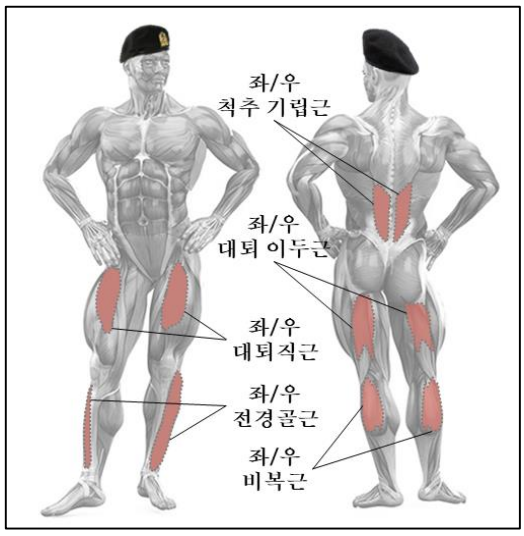
두 번째는, 군장 배낭의 어깨 끈 간격과 관련된 사항으로, 신장의 차이가 아닌 어깨 너비의 차이에서 발생하는 요구사항이었다. 체구가 다소 왜소한 장병들의 경우, 어깨 끈 사이의 간격이 너무 멀어서 어깨 바깥쪽으로 어깨 끈이 쉽게 흘러내린다고 응답한 반면, 어깨 너비가 넓은 건장한 장병들은 어깨 끈이 어깨 뼈 부위에 밀착되지 않고, 승모근 쪽에 가깝게 밀착되어, 승모근의 과도한 통증은 물론, 호흡곤란까지 유발한다고 응답하였다. 물론, 가슴 끈을 조절하여, 어깨 끈 사이의 간격을 어느정도 조절할 수 있겠지만, 가슴 끈을 조이는 경우 호흡 곤란 현상이 심화될 수 있으므로, 어깨 끈 사이의 간격을 자신의 어깨 너비에 맞춰서 조절할 수 있는 장치가 고안되거나, 어깨 끈이 흘러내리거나 목을 조이지 않도록 어깨 끈 너비를 조정할 필요가 있다.

위의 두 가지 외에 장병들이 군장 배낭의 개선과 관련하여 강력하게 요구하였던 공통된 의견은, 군장 배낭과 인체 사이의 강력한 밀착감이 형성되도록 제작해야 한다는 것이다. 사용자가 현재의 군장 배낭을 착용하고 걸을 때에는 자신의 움직임과 군장 배낭의 움직임 간 일체감이 생기지 않기 때문에, 사용 중 더 큰 에너지를 소모하게 되고, 더 큰 피로와 통증이 발생한다는 것이다. 특히, 현재의 군장 배낭은 프레임이 배낭의 내부에 장착되어 있어서 몸과 프레임 사이의 밀착감을 형성시키기 어렵기 때문에, 프레임을 외부로 꺼내어 몸과 더욱 가깝게 설계함으로써, 보다 큰 밀착감을 형성할 수 있을 것으로 예상된다.

사용성 검증 실험은 군장 배낭의 사용 맥락과 사용성 평가 설문 결과를 토대로 고안되었다. 본 절은 각 실험에 대한 개념적 차원의 이해를 도모하고자, 4명의 육군 장병에 대해 수행한 파일럿 실험 과정과 결과를 근거로 작성되었으며, 제안된 사용성 검증 실험에 대한 세부 결과는 향후 신체 크기 조건이 다른 더 많은 장병들을 대상으로 본 실험을 수행한 뒤 더욱

상세하게 분석될 것이다.

군장 배낭의 사용 맥락과 사용자 인터뷰 분석 결과, 군장 배낭을 착용하고 수행하는 다양한 과업 중 대부분은 걷거나 뛰는 기동 과업이라는 것을 알 수 있었다. 기동 피로도 측정 실험은 과거의 여러 연구들과 같이 (De Looze et al., 2016; J. Knapik et al., 1996; Quesada, Mengelkoch, Hale, & Simon, 2000), 군장 배낭을 착용한 상태로 기동할 때 근전도와 심박수 변화를 측정하도록 고안된 실험으로, 사용자의 피로 정도를 가시적으로 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 근전도 측정은 군장 배낭을 사용할 때 신체의 다양한 부위에서 발생하는 변화를 확인할 수 있는 매우 좋은 방법이지만, 측정대상 부위의 근육 양이 충분히 많아서 피로 전후의 상태를 비교하기 용이해야 하며, 군장 배낭의 끈이나 각종 부속품에 의해 센서의 작동에 부정적인 영향을 미치면 안되기 때문에, 측정 대상 근육을 신중하게 선정해야 한다. 본 연구에서는 군장 배낭 운용 맥락 분석 결과와 사용성 평가 설문 결과, 그리고 인터뷰를 통해 통증 정도가 높다고 확인된 근육 부위 중 기동하는 동작에서 사용량이 많고, 근육 양이 많으면서도, 근전도 센서 작동에 영향을 미치지 않는 근육 부위를 [그림 24]과 같이 선정하였다.



[그림 24] 군장 배낭의 근전도 (EMG) 측정 대상 근육

사용성 평가결과, 가장 통증이 심한 것으로 밝혀진 좌우 승모근의 경우, 센서를 부착해 보았지만 어깨 끈과의 간섭이 심하고, 근육의 양이 작아 30분 정도의 짧은 시간 동안 근육의 피로도 변화를 확인하는데 제한이 있었기 때문에 근전도 측정 부위에서 제외할 수 밖에 없었다.

[그림 25] 가변 경사 트레드밀

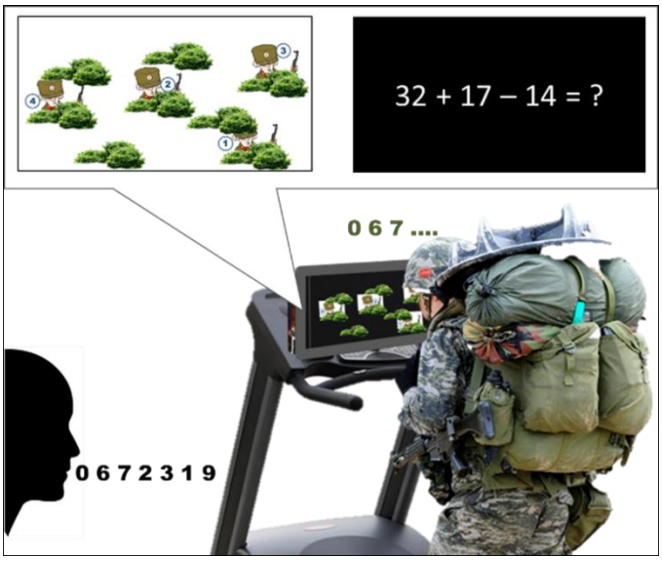
한편, 군장 배낭 사용 맥락에서 확인된 것처럼 평지뿐 만 아니라 산악 지형이 많은 한국의 전장환경 특성을 고려하여, [그림 25]과 같이 보행 중 경사를 조절할 수 있는 트레드밀이 필요할 것으로 판단된다. 경사 조절이 가능한 트레드밀을 이용하여 평지, 오르막, 내리막 기동 시, 사용자의 인체 부위 별 근육 활동 정도를 비교하여 분석할 수 있을 것이며, 사용자의 신체 크기 특성에 따른 활성화 근육 부위 차이도 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

군장 배낭을 착용하고 임무를 수행하는 경우, 시간의 흐름에 따라 물리적인 부하가 높아진다는 것은 누구나 예측할 수 있는 사실이다. 하지만, 물리적인 부하가 높아지면, 정신적인 부하도 함께 높아질 수 있으며, 정신적인 부하가

일정 수준 이상으로 높아지면 발을 헛디디거나, 신체의 일부를 자신의 의도대로 움직이지 못하게 되어, 심각한 부상을 초래하게 될 수도 있다 (Son et al., 2019). 같은 시각에서 볼 때, 군장 배낭의 무게나 형태, 그리고 크기의 차이는 사용자가 느끼는 물리적 부담 정도뿐 만 아니라, 정신적 부담 정도의 차이에도 영향을 미칠 수 있다.

전투 집중도 측정 실험은 이처럼 서로 다른 특성을 갖는 군장 배낭을 착용하였을 때, 또는 같은 군장 배낭이라도 서로 다른 인체 크기 특성을 갖는 사용자들이 사용하였을 때, 정신적 부하 정도에 얼마만큼의 차이가 있는지 확인하기 위해 고안되었다. 군장 배낭의 운용 맥락 분석 결과, 임무를 수행할 때에는 주변의 지형과 적의 유무를 잘 살펴야 하고, 동료들과의 의사소통을 명확하게 할 수 있어야 하며, 직면한 문제를 신속하게 해결할 수 있는 능력을 갖추어야 함을 알 수 있었다.

그러므로, 이 실험은 [그림 26]과 같이 군장 배낭을 착용하고 30분간 걷게 한 이후 시공간적 기억 능력, 음운적 기억 능력, 그리고 연산 능력이라는 서로 다른 유형의 인지 부하를 측정할 수 있도록 설계하였다.



[그림 26] 군장 배낭 사용 중 전투 집중도 측정

먼저, 시공간적 기억 능력은 Corsi-Block Task (Corsi, 1973)에 착안하여 설계하였다. 이 실험에서는 사용자의 전방 화면에 전시된 12개의 Block에서 무작위로 7회의 자극을 순서대로 부여하였으며, 자극이 종료되면, 자극이 발생한 순서와 위치를 응답하도록 하였다. 두번째로, 음운적 기억 능력은 Digit Span Task (Wechsler, 1939)를 변형한 것으로, 10개의 숫자(0~9) 또는 7개의 알파벳(A-Z)이 무작위로 배치된 문항을 음성으로 제시하고, 사용자가 복창하도록 하였다. 마지막으로, 연산 능력은 Jurden (1995)의 연구에서 착안한 실험으로, 세 가지 숫자로 사칙연산 문항을 구성하여, 전방 화면에 제시하고, 사용자가 트레드밀에서 기동 중 암산으로 정답을 응답하도록 설계하였다. 시공간적 기억 능력과 음운적 기억 능력 실험은 단기 기억을 측정하는 것이므로, 시간을 측정하지 않아도 되나, 연산 능력은 사용자 별로 문제 해결을 완료하는 시간을 측정하여 평가에 반영해야 할 것이다.

위의 세 가지 유형의 전투 집중도 측정 결과를 종합적으로 평가함으로써 군장 배낭 사용 중 사용자의 인지 부하 정도를 보다 다각적으로 관찰할 수 있을 것으로 기대된다.

군장 배낭을 운용하는 맥락은 매우 다양하기 때문에 어떠한 상황에 대한 균형을 측정하는지 결정하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 여러가지 군장 배낭 사용 맥락 중 가장 많은 균형 감각을 요구하는 도강 과업을 근거로 하여, 기동 융통성 측정 실험을 설계하였다.

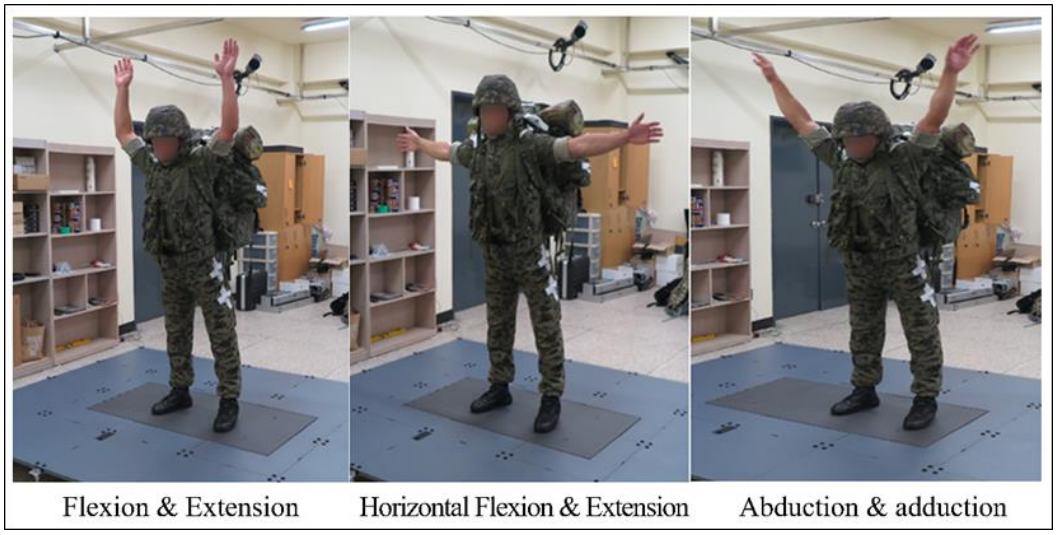
기동 융통성 측정 실험은 [그림 27]과 같이 사용자가 군장 배낭을 착용하고, 한 발로 FORCE PLATE 위에 일정시간 동안 서있을 때, 압력 중심이 얼마만큼 변화하는 지 측정하는 실험으로, 압력 중심의 변화 량이 많으면 균형 잡기가 힘든 상태, 적으면 균형 잡기가 상대적으로 쉬운 상태로 해석할 수 있다.

[그림 27] 군장 배낭 착용 상태에서의 기동 융통성 측정

군장 배낭을 착용한 상태에서 한 발로 서서 약 30 초간 측정한 뒤, 압력 중심 변화 량의 95%를 포함하는 타원을 도식화하면 사용자의 균형 변화를 가시적으로 확인할 수 있다. 즉, 타원의 면적이 클수록 균형 잡기가 어려운 상태이며, 면적이 작을수록 균형 잡기가 쉬운 상태임을 의미한다.

이 실험은, 특히 외형적 특성이 서로 다른 군장 배낭을 착용했을 때의 차이를 비교할 때 유용할 것으로 예상된다.

전투 활동성 측정 실험은 군장 배낭을 착용한 채로 사격을 하거나, 방독면을 착용하는 등 활동적인 동작을 하는 사용 맥락을 고려하여 고안되었다. 군장 배낭은 어깨 끈과 가슴끈, 허리끈 등으로 몸에 조여서 고정시키기 때문에 군장 배낭을 착용하지 않을 때에 비해 상체 부위의 동작이 제한될 수 밖에 없으며, 사람의 인체 크기 특성 차이나 군장 배낭의 설계 특성 차이에 따라 제한되는 동작의 범위가 달라질 것이다.



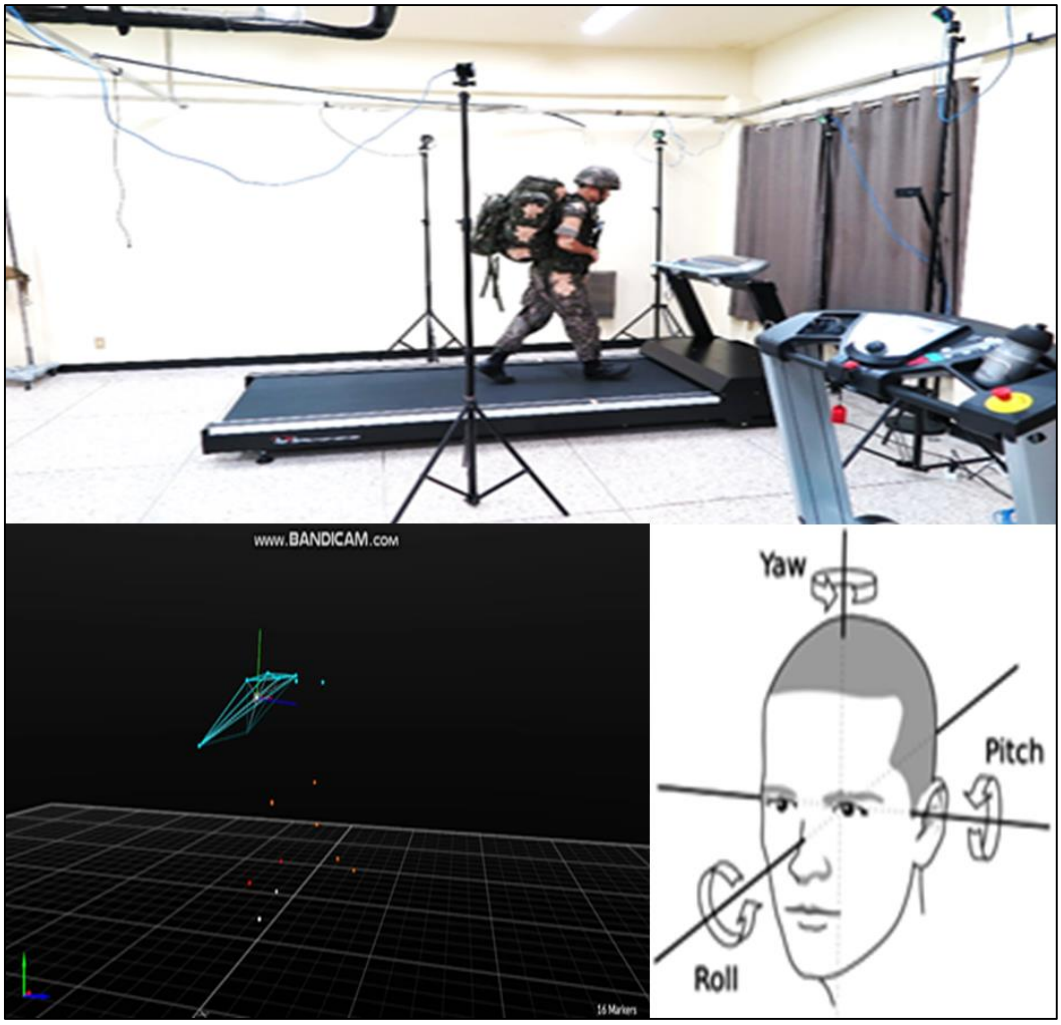
[그림 28] 군장 배낭 착용 중 전투 활동성 측정

전투 활동성 측정 실험의 방법은 다음과 같다. 먼저, 사용자가 군장 배낭을 착용하지 않은 상태에서 팔꿈치와 어깨, 그리고 대퇴부(Trochanter)에 마커를 부착한다. 다음으로, [그림 28]과 같이 여섯 가지 상체 동작(Flexion, Extension, Horizontal flexion, Horizontal extension, Abduction, Adduction)에 대하여 각각 최대로 움직일 수 있는 각도를 측정한다. 마지막으로, 군장 배낭을 착용한 상태에서 같은 동작들을 반복하게 하여 최대로 움직일 수 있는 각도를 다시 측정한다.

실험 결과, 군장 배낭을 착용한 전과 후의 동작 범위 차이가 적은 군장 배낭일수록 사용자의 더 나은 활동성을 보장한다고 해석 할 수 있으며, 특정 동작에서 착용 전후 간의 차이가 크다면, 그 원인이 군장 배낭의 어떤 부속품(어깨 끈, 등판 너비 등) 때문인지 쉽게 찾아낼 수 있을 것으로 기대된다.

사용자 인터뷰 결과, 각종 결속 끈을 강하게 고정하여 군장 배낭이 신체와 밀착될수록 일체감이 형성되어 피로도가 감소한다는 의견이 다수 수집되었다. 기동 항상성 측정 실험은 군장 배낭과 신체 사이의 특정한 거리를 측정하는 개념이 아니라, 군장 배낭을 착용했을 때 사용자의 신체와 얼마나 일체감을

형성하는지 확인하기 위해 고안된 실험으로, 운용 맥락 중 신체와 군장 배낭의 일체감이 가장 부족해지는 달리는 상황에서 측정하였으며, [그림 29]과 같이 사용자의 신체와 군장 배낭의 주요 부위에 마커를 부착한 뒤 신체와 군장 배낭 간 3개 축 방향으로의 위치 변동 편차(각도)와 시간 차이를 측정하도록 설계하였다.



[그림 29] 군장 배낭의 기동 항상성 측정

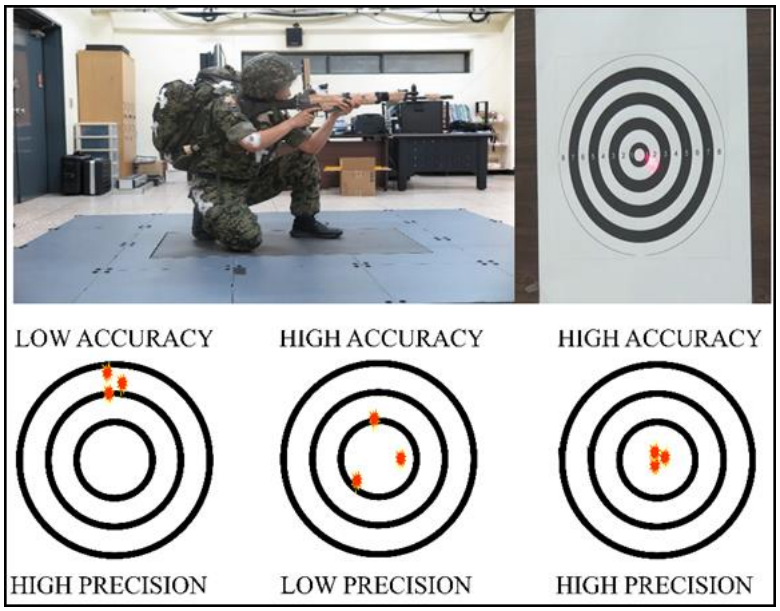
군장 배낭과 신체 간 위치 변동 및 시간 차이가 크다는 것은 군장 배낭이 신체에서 많이 이탈된다는 의미로, 그만큼 많이 흔들린다는 것이며, 작다는 것은 신체와의 잘 밀착되어 일체감이 잘 형성된다는 것으로 해석할 수 있다.

군장 배낭을 운용하는 대부분의 과업은 걷거나 뛰는 기동 과업이지만, 육체적으로 피로한 상태라고 하더라도 언제든 전투상황이 발생할 수 있다.

전투 수행도 측정 실험은 이러한 맥락에 기반하여 고안되었으며, 장교를 제외한 대부분의 병사들에게 지급되는 Rifle 소총을 사용하였다. 실험 목적 상 과녁을 정확하게 조준하는지 여부만 확인하면 되기 때문에, 실제 사격을 실시하는 대신, 가늠쇠에 레이저 포인터를 설치하여, 조준 상태를 실시간으로 관측하였다.

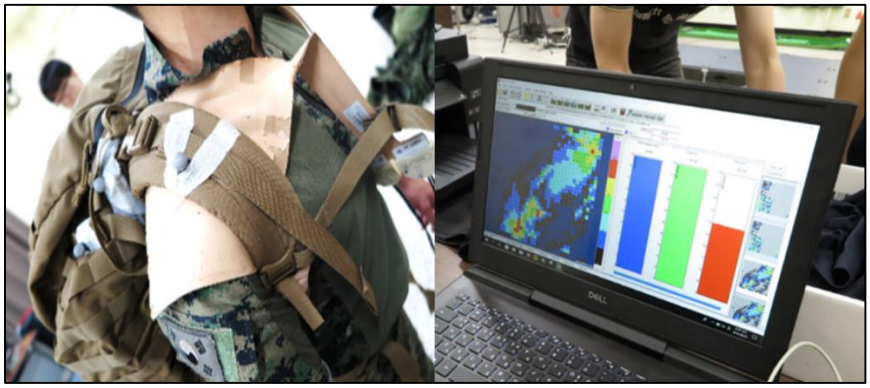
실험 방법은 다음과 같다. 먼저, 피로하거나 숨이 차는 상황을 모사하기 위해 전투 수행도 측정 실험 전에, 군장 배낭을 착용한 채로 30분 동안 걷도록 하였다. 이후, [그림 30]과 같이 5m 거리의 Force Plate 위에서 가장 일반적인 사격 자세 중 하나인 무릎 쏴 자세를 취하게 하여 신체의 압력 중심 변화를 확인하였으며, 신체와 군장 배낭, 소총의 주요 부위에 부착한 반사 마커를 통해 사격자세를 취하는 동안의 안정성을 관찰하였다. 다음으로, 수신호에 따라 2초 동안 과녁의 중심을 조준하게 하였으며, 동일한 과업을 5회 반복하였다. 이후 사용자가 과녁을 조준하는 동안, 과녁 상태를 녹화하여 레이저포인터가 움직이는 범위를 기준으로, 사격의 정확도와 정밀도를 측정하였다. [그림 30] 의 아래 첫 번째 과녁과 같이 레이저 포인터가 움직이는 범위가 작지만 과녁의 중심에서 멀리 떨어져 있으면 정밀도는 높지만 정확도가 낮다고 해석하였고, 두 번째 과녁과 같이 레이저 포인터가 움직이는 범위는 크지만 과녁의 중심에 가깝게 분포하고 있으면 정밀도는 낮고, 정확도가 높은 것으로 해석하였다.

이 실험을 통해 서로 다른 군장 배낭을 착용하였을 때, 균형 유지 정도에 어떠한 차이가 있는지 확인할 수 있고, 균형 유지 정도의 차이가 사격 능력에 어떠한 영향을 미치는 지 확인할 수 있을 것으로 기대된다.



[그림 30] 군장 배낭 착용 중 사격 능력 측정

사용성 평가 설문 결과, 군장 배낭을 착용할 때, 가장 통증이 심한 부위는 어깨와 허리 부위로 확인되었다. 이 부위들에 대한 피로 정도를 가장 명확하게 확인할 수 있는 검증된 실험 방법은 EMG 측정 실험이겠지만, 어깨와 허리 부위는 군장 배낭과 신체가 직접 맞닿는 부분이기 때문에 EMG 측정이 제한된다.



[그림 31] 군장 배낭 접촉 부위 압력 측정

그러므로, 어깨와 허리 부위의 피로도를 확인하기 위해 군장 배낭과 신체의 접촉 부위인 어깨, 허리 부위에 대한 압력을 측정하는 기동 지속성 측정 실험을 고안하였다.

[그림 31]의 좌측 사진과 같이 군장 배낭과 접촉되는 부위에 압력 패드를 통하여 압력을 측정하면, 우측 사진과 같이 접촉되는 부위 전체에 대한 압력을 확인할 수 있다. 이 실험을 통해 어깨와 허리 접촉 부위에 대한 압력 분포와 압력 크기를 확인할 수 있으며, 압력 분포가 넓게 퍼져 있을수록 특정 부위로의 압력 과다 현상이 줄어든다는 것으로 이해할 수 있을 것이다.

이 실험은 서로 다른 특성을 지닌 군장 배낭 간의 압력 분포 차이를 비교함으로써, 군장 배낭 개선에 대한 현실적 아이디어를 확보하고, 신체 특성이 다른 사용자들이 느끼는 군장 배낭의 사용성 차이를 실질적으로 이해하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

4.1.5 소결론

본 연구는 과거 군수품 개발 과정에서는 제대로 고려되지 못했던 '사용 맥락'에 기반하여 군장 배낭에 대한 체계적인 개발 절차를 제안하였다. 특히, 새롭게 개선된 군장 배낭 개발 절차에 따라 군장 배낭을 사용하고 있는 보병들의 의견을 보다 실질적으로 수렴할 수 있는 사용성 평가 설문 도구를 개발하였으며, 군장 배낭에 대한 사용성을 정량적으로 측정하기 위하여 7가지의 사용성 검증 실험을 고안하였다.

사용성 평가 설문 분석 결과, 군장 배낭의 사용성 요인 중 기동성 관련 요인과 상호작용 관련 요인에 대한 평가 결과는 사용자의 인체 크기 특성에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었으며, Equation (1)을 이용하여 제작된 군집 별 사용자들의 근·골격계 통증 지도를 통해 인체 크기를 고려하지 않은 부적절한 허리 패드의 위치로 인하여 군집 별로 서로 다른 부위에 통증이 발생할 수 있다는 점을 알 수 있었다.

한편, 현재의 군장 배낭은 인체 크기 특성과 무관하게 대다수 사용자의 좌우 승모근 부위에 가장 많은 통증을 유발하고 있음을 확인할 수 있었는데, 이는 신체 부위와 직접 접촉되는 군장 배낭의 등판 부위가 사용자의 인체 크기 특성은 고려하지 않은 채 단 하나의 규격으로만 설계됨으로써, 좌우 어깨 끈을 경유하여 과도하게 집중되는 군장 배낭의 하중을 등판이나 허리 패드 쪽으로 분산시키지 못하기 때문으로 유추할 수 있었다.

본 연구에서 제안된 사용성 검증 실험은 기존의 여러 연구에서 수행해 온 근전도 측정이나 심박수 측정 실험뿐 만 아니라, 인지 작업 부하 측정, 균형 측정, 동작 간섭 측정, 밀착 정도 측정, 사격 능력 측정, 접촉 부위 압력 측정과 같이 군장 배낭 사용자의 사용 맥락을 고려한 맞춤형 실험으로 고안되었다. 각 실험의 효과는 4명의 현역 보병들이 참여한 파일럿 실험을 통해 확인할 수 있었으며, 이 실험들을 통해 설계 특성이 상이한 군장 배낭 사이의 차이와 상호 간의 장·단점을 파악할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어, 향후 사용자의 인체 크기 특성을 반영하여 새로운 군장 배낭이

개발되는 경우, 본 연구에서 제시한 실험을 통해 기존 군장 배낭과의 사용성 차이를 확인함으로써, 개선 효과를 정량적으로 검증할 수 있을 것이다.

하지만, 본 연구는 다음과 같은 한계를 갖고 있다. 먼저, 사용자의 인체 크기 특성에 따라 세 개의 군집으로 분류할 때, 신장 자료를 사용했다는 점이다. 물론, 본 연구의 사용성 평가 설문에 참여한 현역 장병들이 자신의 상체 관련 인체 치수를 모르기 때문에 어쩔 수 없는 선택이었지만, 군장 배낭은 분명 상체에 착용하는 제품이기 때문에 사용자의 인체와 직접 상호작용하는 부위의 인체 크기 특성이 군집 분류에 사용되어야 보다 정확한 결과를 추출할 수 있을 것이다. 그러므로, 다음 연구에서는 인체 크기 별 군장 배낭 사용성을 보다 정확히 비교할 수 있도록 군장 배낭과 사용자의 인체가 접촉되는 인체 부위를 군집 분류의 대상으로 사용할 것이다. 또한, 본 연구에서는 사용 맥락에 기반하여 고안한 여러 가지 사용성 검증 실험에 대한 효과성과 적용 가능성을 확인하기 위해 파일럿 실험을 수행하였으나, 파일럿 실험의 참가자 수가 너무 적었기 때문에 통계적으로 유의미한 결과를 얻기는 힘들었다. 이에 따라, 후속 연구에서는 사용자의 인체 크기 간 사용성 차이를 통계적으로 확인할 수 있도록 본 연구에서 고안한 다양한 사용성 검증 실험을 다양한 인체 크기를 갖는 더 많은 사용자들이 수행하도록 할 것이다.

한편, 5.1절에서는 본 연구의 결과를 근거로 하여 한국인의 인체 크기 특성을 반영한 최적의 군장 배낭 규격 체계를 개발하는 과정을 다루었다.

4.2 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 평가

4.2.1 연구개요

잠수함 다기능 콘솔은 함 외부의 각종 정보를 사용자가 인식할 수 있는 형태로 전환하여 전시하고, 사용자의 조작 행위를 함정의 각종 장비로 전달하는 매개체적인 역할을 한다. 본 연구에서는 실제 콘솔 운용자들의 의견을 반영하여 잠수함 다기능 콘솔을 설계하는 절차를 정립하였으며, 콘솔의 사용 맥락에 기반하여 사용성 평가 설문을 작성하여 분석하고, 사용성을 검증할 수 있는 실험들을 제안하였다.

장보고급 잠수함 콘솔 운용자 21명에 대한 사용성 평가 설문 결과, 현재 콘솔의 규격이 사용자의 인체 크기에 부적합하게 설치되어 많은 불편함이 발생한다는 점을 확인할 수 있었으며, 이에, 콘솔의 각 구성품 별로 불편함을 야기하는 원인을 구체적으로 살펴보고, 그 해결 방안을 제시하였다.

또한, 콘솔의 사용 맥락과 사용성 평가 설문 결과, 그리고 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 내용을 바탕으로 콘솔의 물리적, 기능적 사용성을 확인할 수 있도록 제안된 세 가지의 사용성 검증 실험을 통해, 서로 다른 인체 크기 조건을 가진 사용자들 사이의 사용성 차이는 물론, 서로 다른 기능적 요소로 조합된 콘솔 인터페이스 간 사용성 차이를 비교할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제시하는 방법론과 결과를 통해 콘솔 설계 과정에 사용자의 의견을 보다 적극적으로 반영할 수 있음은 물론, 콘솔의 사용성 정도를 정량적으로 확인할 수 있게 될 것으로 기대된다.

4.2.2 연구배경

최근에 발생하는 항해 사고 사건·사례를 검토해 보면, 국내·외를 막론하고 인적 오류(Human error)로 인한 해상 사고가 끊임없이 발생하고 있다. 일례로, 2017년 미 해군 7함대사령부 담당 해역에서는 미 해군 함정에 의한 해상 사고가 네 차례나 발생하였으며 이러한 해상 사고들로 인해 17명의 안타까운 인명이 목숨을 잃었다. 특히, 이 사고들의 주원인은 해군 항해당직자들의 시맨십(Seamanship) 부재와 장비 운용 능력 부족으로 밝혀졌는데 (박태용 & 윤익현, 2018), 이는 해군 함정 운용자가 운용하는 각종 항해 시스템 설계 과정에 인간공학적 접근법을 고려해야 할 당위성을 제기하기에 충분한 근거가 될 수 있다.

인간 공학적 접근법에 기인한 인터페이스 설계는 인간과 인간이 이용하는 시스템 사이의 이질감을 감소시킴으로써 장비 운용 효과를 극대화하는데 도움이 될 수 있음은 물론, 사용자의 조작 오류와 정보 인지 오류 감소에도 기여할 수 있다. 실제로, 많은 연구들에서 인간과 기계 간의 상호작용을 증진시키기 위하여 사용자의 생리적 특성을 고려한 인터페이스 설계에 엄청난 노력을 기울이고 있으며, 이러한 견해는 함정 설계 분야에서도 꾸준히 강조되고 있다 (Brigham, 1972; Mann & Schnetzler, 1986; Tzannatos, 2010).

한편, 수상함은 항해 중 함 외부의 접촉물 정보를 육안으로 직접 보거나, 항해 기적 신호 등을 통해 항해사의 귀로 직접 수집할 수 있다. 이에 반해, 잠수함은 수중에서 항해하는 동안 거의 모든 정보를 음향 탐지 장비로부터 수집되는 청각 정보에 의존할 수 밖에 없는데, 외부의 여러가지 음향 정보를 시각 또는 청각적 정보로 변환하여 사용자에게 전달해 주는 장비가 바로 다기능 콘솔이다. 즉, 다기능 콘솔은 잠수함 운용자와 함 외부의 상황을 직접적으로 연결해 주는 매개체 역할을 한다고 할 수 있다 (Miller, 1994).

수상함은 항해 임무 시, 대부분 당직사관의 시각을 항해의 제1수단으로 사용하기 때문에 음향 장비나 다기능 콘솔이 고장 나더라도 항해 임무를

수행하는 데 큰 문제가 없지만, 잠수함은 잠망경 항해를 제외한 수중 항해 시에는 그 어떤 외부 정보도 시각을 통해 획득할 수 없기 때문에, 다기능 콘솔이 제대로 작동되지 않는 경우, 수중 작전 자체가 불가해 질 수 있다. 또한, 잠수함 콘솔 운용자는 하루의 대부분을 콘솔 앞에서 보내기 때문에, 인간공학적 설계 개념과 사용 맥락이 배제된 채로 다기능 콘솔이 설계되는 경우, 콘솔 운용자의 근·골격계 부담 증대로 인하여 예상하지 못한 인적 오류가 발생할 수 있음은 물론, 콘솔 운용의 효율성마저도 크게 저하될 수 있다 (Rhie et al., 2017).

이와 같은 이유로, 국외의 많은 연구에서는 이미 오래 전부터 콘솔 설계에 대하여 인간공학적 설계 요소의 중요성을 강조해 왔지만 (ABS, 2013; MIL-HDBK-759C, 1995; MIL-STD-1472G, 2012; NUREG-0700, 2002b, 2003), 지금까지 우리 해군에서는 다기능 콘솔의 작전요구성능 충족 여부와 장비 자체의 운용 성능 개량에만 초점을 두어, 사용자의 인체 특성과 콘솔 사용 맥락을 고려하여 다기능 콘솔의 최적 설계 요소를 추출하거나, 물리적 인터페이스를 개선하려는 노력은 다소 부족했던 것이 사실이다.

그러므로, 본 연구에서는 장보고급 잠수함 다기능 콘솔을 사례로 하여, 실제 운용자들의 사용 맥락을 확인하고, 이에 기반하여 다기능 콘솔의 설계 절차를 수립하였다. 또한, 콘솔 설계에 반영되어야 할 사용자 중심의 현실적인 개선 아이디어를 확보하기 위해 장보고급 잠수함 승조원을 대상으로 사용성 평가 설문을 수행하였으며, 추출된 사용 맥락과, 사용성 평가 설문 결과, 그리고 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 내용을 종합하여 잠수함 다기능 콘솔의 사용성을 검증할 수 있는 사용성 검증 실험을 제안하였다.

4.2.3 연구방법

본 연구에서는 잠수함 콘솔 운용자가 콘솔 운용 중 느끼는 실질적인 개선 요구사항을 수렴하기 위하여 ISO9241-210 (2010)에서 제시한 사용자 중심 설계 절차를 기반으로, [그림 32]과 같이 잠수함 다기능 콘솔의 개발 과정을 작성하였으며, 본 장에는 잠수함 다기능 콘솔의 사용 맥락 조사, 사용성 평가도구 개발 및 평가, 사용성 검증 실험 고안(Phase Ⅰ)에 대한 내용이 포함되어 있다.

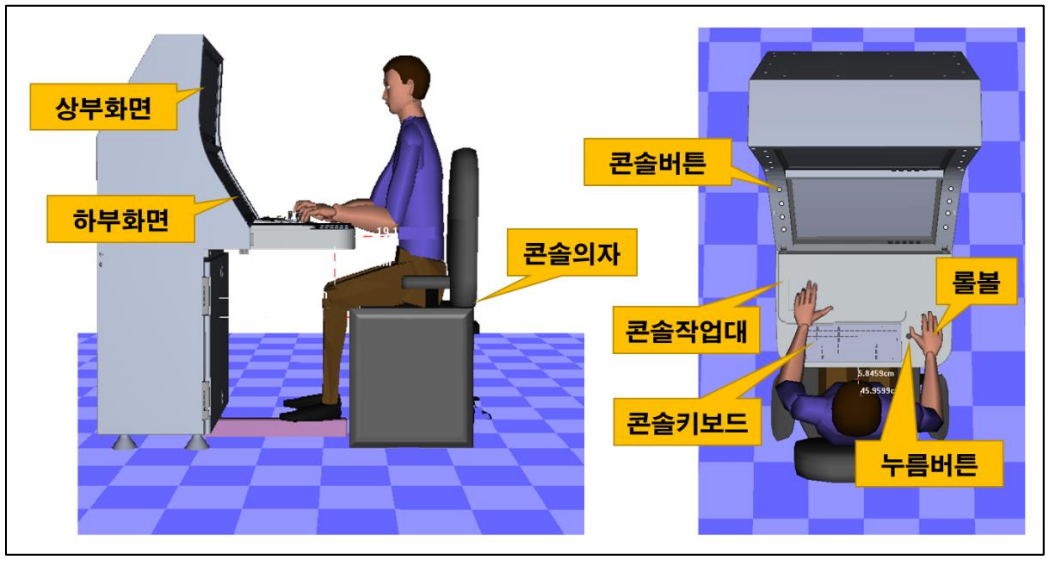
한편, 잠수함 다기능 콘솔의 주요 설계 규격에 대한 최적 범위 도출 과정(Phase Ⅱ)은 5장에서 다루게 될 것이며, 개선된 잠수함 다기능 콘솔 제작 이후의 국면(Phase Ⅲ)은 본 논문에는 포함되지 않겠지만, 향후 연구에서 수행될 예정이다.

'잠수함 다기능 콘솔'은 잠수함 콘솔 운용자 (Specified users)가 '잠수함 외부로부터 수집되는 정보를 지속 감시하고, 함 운용에 필요한 여러 가지 조작 정보를 입력하기 위하여 (Specified goals)' 사용하는 군사용 장비이다.

4.1절에서 살펴본 바와 같이 군장 배낭을 착용한 상태에서는 상황에 따라 다양한 과업을 수행하므로, 과업의 종류에 따라 사용 맥락을 분류할 수 있었다. 하지만, 잠수함 다기능 콘솔의 경우, 잠수함이라는 제한된 사용 환경 안에서 거의 움직이지 않은 채 콘솔 전시 화면을 장시간 감시하고, 필요에 따라 콘솔에 부착된 조작 장치를 선택적으로 작동하는 매우 단순하고 반복적인 과업을 수행하므로, 군장 배낭과 같이 과업의 종류로 사용 맥락을 분석하고 사용성 요소를 추출하는 것이 제한된다. 그러므로, 잠수함 콘솔의 사용성 평가 요소 추출을 위한 사용 맥락은 군장 배낭의 사용 맥락 분석과 같이 임무 중 수행하는 다양한 세부 과업의 종류를 발췌하여, 해당 제품이 갖추어야 할 기능적인 사용성 요소들을 찾아내기 보다는, 일상적이고 단순한 콘솔 사용 과업을 위해 콘솔 운용자가 수행하는 세부 과업을 순서대로 정렬하고, 과업 수행 중 발생할 수 있는 사용성 제한 요소를 콘솔의 주요 부위별로 나누어 분석하였다.

인간중심설계 주기 (ISO 9241-210)	잠수함 다기능 콘솔 개발 절차	방 법	산출물	
사용 맥락의 이해 및 명확화 (Understand and specify the context of use)	콘솔의 사용 맥락 조사	· 사용자 관찰 · 사용자 인터뷰 · 사전 설문	· 운용 환경 조성을 위해 수행하는 과업 순서에 따라 콘솔 주요 사용 맥락 추출 – 음향 조절 과업 – 화면 조절 과업 – 착좌 자세 조절 과업 – 당직운용 서류 탐독 과업	Phase I
개인 및 조직의 요구사항 구체화 (Specify the user and organizational requirements)	콘솔의 사용성 핵심 요인 추출	· 문헌 조사 · 맥락 분석	· 콘솔의 물리적 설계 요소 분류 · 콘솔의 기능적 설계 요소 분류	
	콘솔의 사용성 평가 설문 개발	· 전문가 인터뷰	· 리커트 척도형 문항 50개 항목 · 선택형 문항 12개 항목 · 기술형 문항 34개 항목	Phase II
	현재 콘솔에 대한 사용성 평가설문 수행	· 사용성 평가 설문 · 통계 분석	· 콘솔의 사용성에 각 요인들이 미치는 영향 · 콘솔 개선을 위한 사용자들의 실질적인 개선 요구사항 · 인체 크기에 따른 사용성 차이	
	콘솔의 사용성 검증 실험 제안	· 문헌조사 · 맥락 분석	· 사용성 검증 실험 3개 항목	
설계 방안 마련 (Produce design solutions)	콘솔의 디자인 설계요소 및 사용자 인체 특성 분석	· 문헌조사 · 통계 분석 · 알고리즘 접근	· 사용자 인체 크기 별 군집 분류 · 콘솔 설계 변수별 부적합 공식 산출 · 개선된 콘솔 규격 시스템 도출	Phase III
	사용자 인체크기 특성을 고려한 최적 설계범위 제안			
사용자 요구에 대한 설계 방안 평가 (Evaluate designs against user requirements)	최적 설계범위를 준수하는 콘솔 시제품 제작	· 3D 모델링	· 신규 콘솔 규격 시스템에 따른 콘솔 시제품	
	실제 사용자를 대상으로 신규 제작 콘솔의 사용성 검증 실험 수행	· 사용성 검증 실험 · 추가 현장 실험	· 인체 크기 특성에 적합한 콘솔 사용에 따른 사용성 개선 효과 확인	
	신규 콘솔에 대한 사용성 평가 설문 수행	· 사용성 평가 설문 · 통계 분석	· 인체 크기에 적합한 콘솔 사용 이후 사용자의 만족도 변화 확인	

[그림 32] 잠수함 다기능 콘솔 개발 절차



[그림 33] 잠수함 다기능 콘솔 주요 부위 명칭

한편, [그림 33]는 잠수함 다기능 콘솔의 주요 부위를 도식화한 그림이며, 본 연구에서는 잠수함 다기능 콘솔을 5년 이상 사용한 경험이 있는 콘솔 운용 전문가(장교 5명, 부사관 5명)에 대한 인터뷰와 잠수함 전투체계 운용 교범 등을 토대로 콘솔의 사용 맥락을 조사하였다.

잠수함 다기능 콘솔에 대한 조직의 요구사항을 수렴하기 위해 잠수함 사령부 전력 업무 담당자와의 인터뷰 결과, 최근 장보고급 잠수함 다기능 콘솔과 관련한 가장 큰 조직적 요구와 관심사항은 콘솔의 성능 개량과 관련된 부분이었다. 장보고급 잠수함의 경우, 1990년대 초반 독일로부터 209급 잠수함 건조에 대한 원천 기술이 이전된 이래, 30년 가까이 거의 동일한 전투체계를 운용해왔기 때문에 변화하는 전장 환경에 대응하기 어려움이 있음은 물론, 장비 노후화로 인한 성능 저하가 우려된다는 지적이 많았다. 특히, 콘솔에서 제공하는 시각 및 청각 정보에 대한 입출력 양상이 현대의 첨단기기에서 제공하는 인터페이스에 부합하지 않아 콘솔 운용자의 혼란을 야기하는 경우가 있으며, 다수의 복잡한 시각 정보 중 함 운용에 필수적이거나 치명적인 경고 메시지를 제대로 식별하기 어려울 정도로, 중요

정보에 대한 가시성이 부족하다는 의견이 많았다.

잠수함 콘솔 개선과 관련된 조직의 요구사항이 콘솔의 기능적인 개선이나 성능 개량에 치우친 반면, 콘솔 운용 경험이 많은 잠수함 승조원들로부터 수집한 개별 사용자의 주요 요구사항은 콘솔 주요 구성품의 크기와 조작 방식 등 콘솔의 물리적 환경 개선에 대한 의견이 주를 이루었다. 특히, 현재의 콘솔 의자와 콘솔 작업대의 규격이 자신의 신체 크기에 적합하지 않다는 불만이 다수(10명 중 8명) 수집되었으며, 장기간 콘솔 이용 중 목과 허리 통증이 심하다는 의견이 많았다.

잠수함 다기능 콘솔의 사용성 평가 설문은 콘솔의 주요 구성품인 콘솔 의자, 콘솔 작업대, 콘솔 모니터로 나누어 설문 문항을 제작하였으며, 리커트형, 선택형, 기술형, 점수 평가형으로 다양하게 구성하였다.

리커트형 문항은 각 구성품의 크기 및 조작과 관련한 사용성 요소를 측정하기 위해 5점 척도로 구성하였으며, 선택형 문항은 콘솔의 각 구성품의 개선 방향을 개괄적으로 수집하고, 콘솔 의자에 앉았을 때 통증을 느끼는 근·골격계 부위를 확인하기 위해 제작되었다. 설문 평가자들에게는 [그림 34]와 같이 콘솔 운용 시 사용되는 인체의 주요 근·골격계 부위를 도식화하여 제공하였으며, 통증이 심한 근육 및 관절 부위를 각각 최대 3곳씩 선택하도록 요구하였다. 한편, 기술형 문항에서는 콘솔의 개선과 관련된 실제 운용자들의 구체적인 요구 사항을 확보하기 위해 리커트형 문항에 대한 답변을 선택한 이유와 각 콘솔 운용자들이 생각하는 실질적인 개선 방향을 제시하도록 하였으며, 점수 평가형 문항은 콘솔의 주요 구성품인 콘솔 의자, 콘솔 작업대, 콘솔 모니터 각각에 대한 사용만족도와 콘솔 전체의 종합적인 만족도를 확인할 수 있도록 100점을 만점으로 하여 기입하도록 하였다.

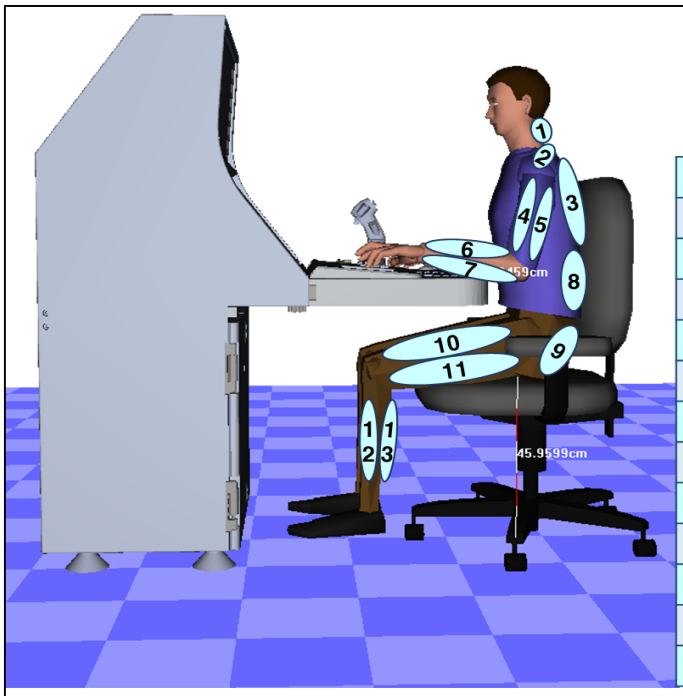
우리나라 잠수함 승조원은 모두 남성으로 구성되어 있으며, 본 연구를 위한 장보고급 잠수함 콘솔에 대한 사용성 평가 설문에는 장교와 부사관으로 구성된 총 21명의 남군이 참여하였다. 설문 참가자들의 평균 나이는 만 29.8세, 평균 신장은 173.9cm이고, 평균 체중은 78.3kg이다. 또한, 장보고급

잠수함 다기능 콘솔을 운용한 기간은 최소 6개월부터 156개월까지로 다양하게 분포되어 있었으며, 하루 평균 7.6시간 이상 콘솔을 운용하는 것으로 확인되었다.

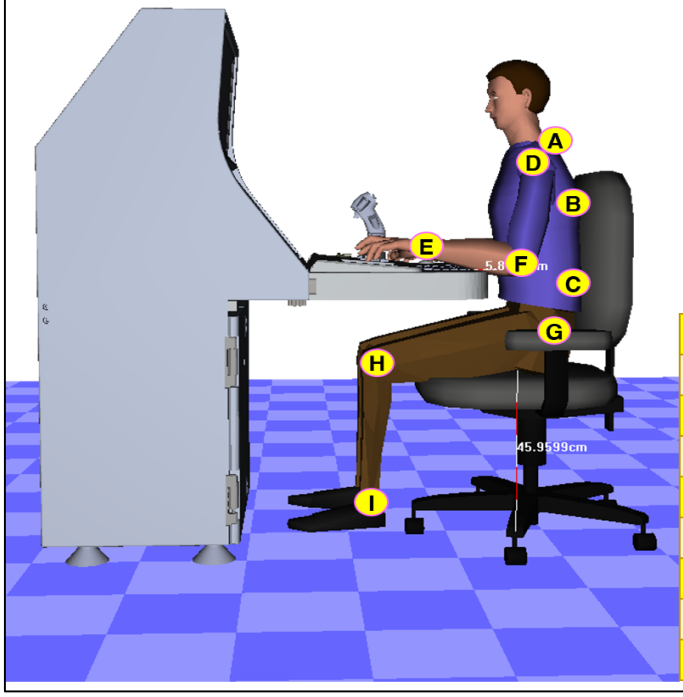
한편, 콘솔의 사용성 평가 설문 응답에 대한 세부 분석은 SPSS 25.0과 Excel 2016을 이용하여 수행하였다.

잠수함 콘솔 운용 과업은 장시간 동안 고정된 자세로 수행해야하므로, 신체 특정부위에 과도한 부담을 줄 수 있음은 물론, 특정 화면을 지속적으로 주시해야하기 때문에 집중력 분산과 비의도적 작업 오류가 발생할 수도 있다. 즉, 콘솔 운용자는 콘솔 운용 중 콘솔의 규격에 근거하여, 물리적인 사용성 제한에 노출될 수도 있고, 콘솔과의 상호작용, 즉 기능성 측면에서 사용성 제한을 경험할 수도 있다.

그러므로, 잠수함 다기능 콘솔에 대한 사용성 검증 실험은 콘솔의 사용 맥락과 사용성 평가 설문 결과, 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 내용 및 기존 연구들로부터 수집된 콘솔 사용 관련 실험들을 기반으로 물리적인 사용성과 기능적인 사용성을 검증할 수 있는 실험들로 제안되었다.



1	상부 등세모근
2	하부 등세모근
3	능형근
4	상완 이두근
5	상완 삼두근
6	요측 수근굴근
7	척측 수근굴근
8	척추 기립근
9	대둔근
10	대퇴직근
11	대퇴 이두근
12	전경골근
13	비복근

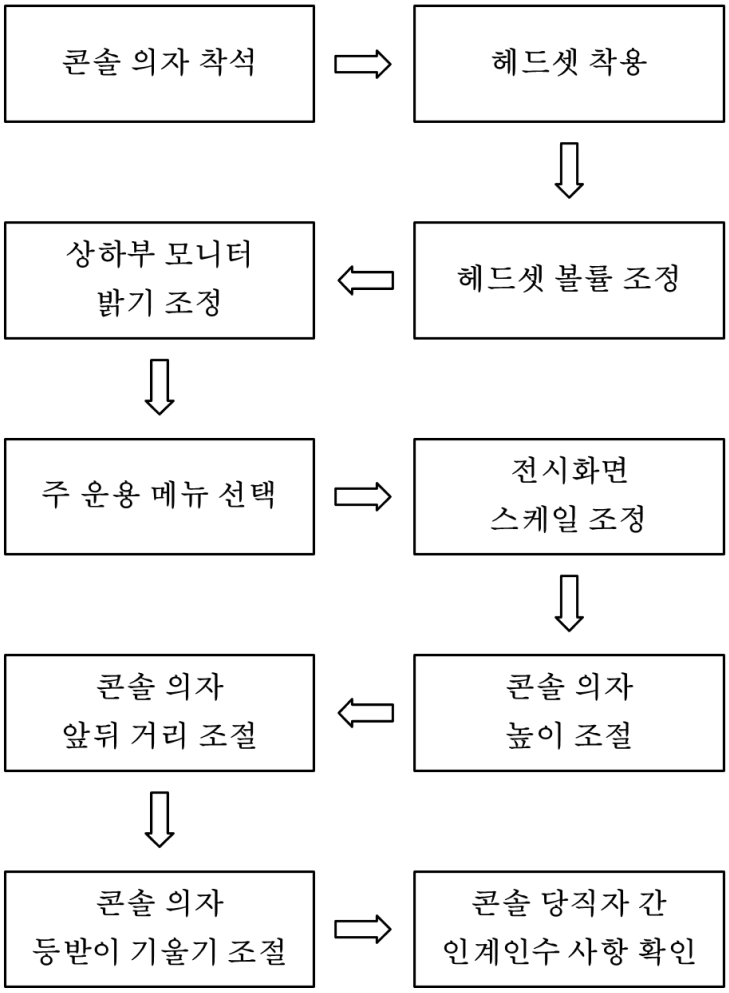


A	경 추
B	흉 추
C	요 추
D	견관절
E	손목 관절
F	팔꿈치 관절
G	천 골
H	무릎관절
I	발목관절

[그림 34] 콘솔 사용 관련 주요 근·골격계 현황

4.2.4 연구결과 및 결과분석

콘솔 운용자의 콘솔 사용 맥락을 확인하기 위해 잠수함 항해 중 콘솔 운용자의 콘솔 사용 과정을 관찰하였으며, 콘솔 운용을 위해 수행하는 과업의 순서대로 아래 [그림 35]과 같이 도식화 하였다.



[그림 35] 운용 순서에 따른 잠수함 다기능 콘솔 사용 맥락

잠수함 외부의 정보는 다기능 콘솔을 매개로 하여 시각 정보와 청각 정보로 분리되어 사용자에게 전달되며, 콘솔 운용자는 시각적 수단보다는 청각적

수단을 통해 수상과 수중의 접촉물 정보를 획득하기 때문에 콘솔 의자에 앉은 즉시 헤드셋을 가장 먼저 착용하였다. 헤드셋 착용 이후에는 콘솔 모니터의 좌측 측면에 위치한 노브(Knob)를 이용하여 헤드셋 볼륨 버튼을 조절하였으며, 상하부 모니터 측면에 위치한 노브를 이용하여 각 모니터의 밝기를 조절하였다. 모니터 밝기 조절 이후에는 상부와 하부의 여러가지 기능 메뉴 정보를 확인한 후, 함 운용에 주로 필요한 운용 메뉴를 선택하였다. 주 운용 메뉴를 선택할 때에는 콘솔 작업대 오른쪽에 설치된 롤볼을 이용하여 원하는 기능 메뉴까지 커서를 이동시켰으며, 롤볼 왼쪽에 설치된 누름 버튼(Push button)을 엄지손가락으로 눌러 해당 메뉴를 선택하였다.

한편, 콘솔 운용 과업 중 상부 모니터에는 각 기능 메뉴별 정보가 그래프나 표의 형식으로 전시되며, 하부 모니터에는 자함의 위치를 기준으로 주변의 접촉물이 해도와 같이 표현된다. 하부 모니터는 자함 위치, 혹은 지정된 지점을 중심으로 여러 단계로 배율 조정이 가능하며, 자함 기준 접촉물의 상대적인 위치는 시간에 따라 지속적으로 변화하기 때문에 콘솔 운용자는 주 운용 메뉴 선택 이후, 주변 접촉물을 지속적으로 감시하기 위해서 모니터 측면에 위치한 누름 버튼 방식의 배율 상향 조정 버튼과 배율 하향 조정 버튼을 빈번하게 조작하였다.

콘솔에서 수집되는 시각 및 청각 정보에 대한 사전 설정이 끝난 후에는 콘솔 의자의 높이 조절을 실시하였다. 물론, 콘솔 운용자에 따라 콘솔 의자 높이를 조절하는 순서에 다소 차이가 있기는 했지만, 안전한 함 운용을 위하여 현재의 함 운용 정보를 확인하고, 각종 정보에 대한 사전 설정을 마친 이후, 콘솔 운용 자세를 조절하는 것이 권장되었다. 콘솔 의자 높이 조절 장치는 콘솔 의자 왼쪽 측면에 설치되어 있다. 콘솔 의자 높이 조절 장치는 두 개의 레버(Lever)로 분리되는데, 전부 레버는 시트의 앞부분 (등받이와 먼 쪽)을, 후부 레버는 시트의 뒷부분 (등받이와 가까운 쪽)의 높이를 조절하며, 시트팬의 앞과 뒤의 높이를 한 번에 조절하는 장치는 없었다.

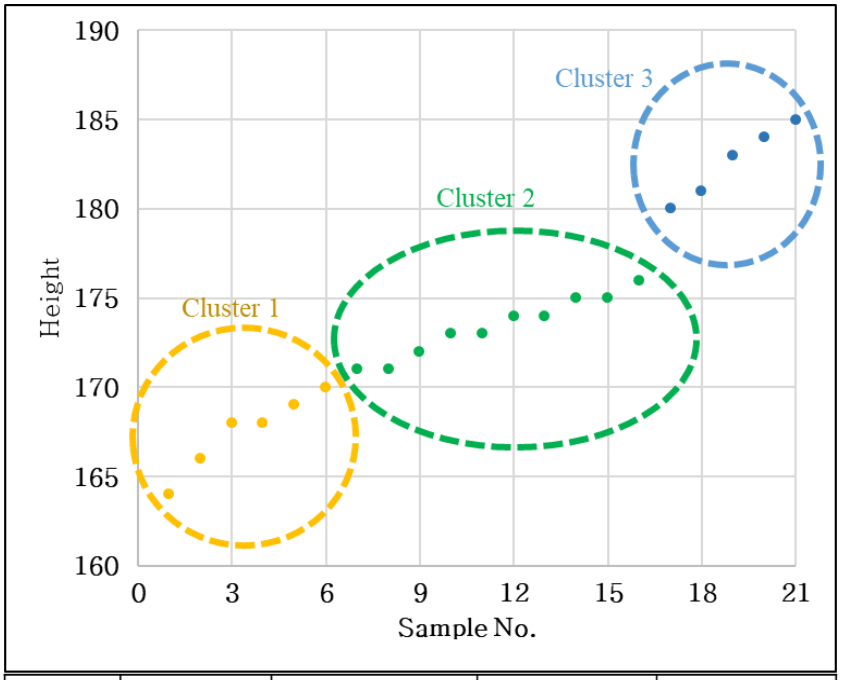
콘솔 의자 높이 조절 이후에는 콘솔 작업대와의 적당한 거리 유지를 위해

콘솔 의자 측면에 위치한 조절 레버를 이용하여 콘솔 의자를 앞뒤로 조절할 수 있으며, 콘솔 의자 등받이의 기울기도 콘솔 의자 측면의 조절 레버를 이용하여 조절 가능하였다. 특히, 유사한 위치에 동일한 조작 방식을 갖는 조절 레버가 여러 개 장착되어 있기 때문에 각 조절 레버의 원활한 조작을 위해 세부 위치를 숙달할 필요가 있었으며, 조작 레버의 위치가 익숙하지 않은 사용자의 경우, 콘솔 의자 측면에 부착된 각종 조절 레버를 보면서 조작해야 했기 때문에 콘솔 화면으로부터 시야가 이탈되기도 했다.

마지막으로, 콘솔의 시·청각 정보 획득을 위한 사전 설정과 콘솔 운용을 위한 작업 자세 조절이 완료된 이후에는 표적 정보 및 함 운용 상태에 대한 인수·인계 사항을 기록하기 위하여 콘솔 작업대 위에서 간단한 서류 작업을 수행하였다. 다만, 콘솔 작업대의 깊이가 서류철의 세로 길이에 비해 다소 짧은 편이었기 때문에, 콘솔 작업대 위에 서류철을 제대로 올려 두지 못하는 불편함을 겪는 것으로 확인되었다.

콘솔의 사용성 평가 요소는 콘솔의 구성품 별로 분류하여 추출하였으며, 규격, 조작성, 기능성, 그리고 디자인 특성과 관련한 다양한 사용성 요소들이 수집되었다.

사용성 평가 설문 참가자 중 81%가 현재 콘솔의 규격이 한국인의 인체 크기를 제대로 반영하지 못한다고 응답한 결과를 근거로, '인체 크기에 따라 콘솔의 사용성에 차이가 있을 것이다'는 가설을 정립하였으며, 이에 따라 규격과 관련된 사용성 평가 문항은 콘솔 운용자의 신장을 기준으로 여러 군집으로 나누어 분석하였다. 콘솔 운용자 21명에 대한 K-means 군집 분석 결과, [그림 36]와 같이 3개의 군집으로 분류되었으며, 신장이 작은 첫 번째 군집은 6명, 신장이 중간 정도인 두 번째 군집은 10명, 신장이 큰 세 번째 군집은 5명으로 구성되었다. 각 군집의 표본 수 제한에 따라 일원배치분산 분석을 수행할 시, 유의한 차이를 확인하기 힘들기 때문에 각 군집의 평가점수 평균과 오차 막대를 이용하여 상호 간의 차이를 비교해 보았다.

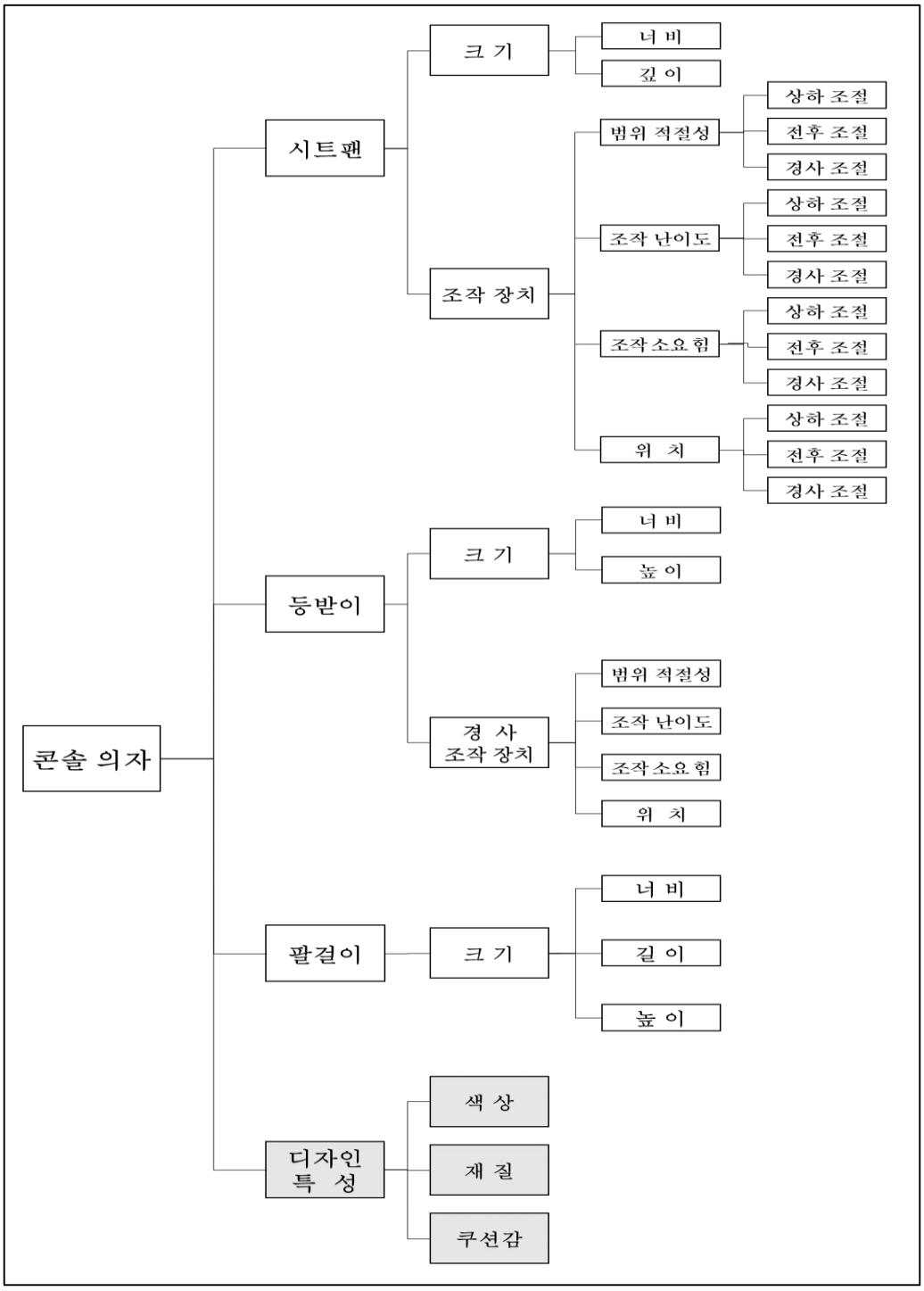


Cluster	Number of Samples	Minimum(cm)	Maximum(cm)	Final cluster center(cm)
1	6	164	170	168
2	10	171	176	173
3	5	180	185	183

[그림 36] 콘솔 운용자 신장 기준 K-means 군집분석 결과

한편, 전문가 인터뷰 결과, 콘솔 의자의 색상이나 재질, 쿠션감 등의 설계 요인이 사용 만족도에 중요한 역할을 한다는 응답이 수집되었기 때문에 상기 디자인 특성 요소들도 콘솔의 사용성 평가 설계 문항으로 포함하였다. 다만, 본 연구의 사용성 평가에 참여한 콘솔 운용자들은 서로 다른 함정에서 색상이나 재질 등 디자인 특성이 상이한 콘솔을 운용하고 있었기 때문에 본 연구에서는 디자인 특성 관련 요소에 대한 결과 분석은 제외하였다.

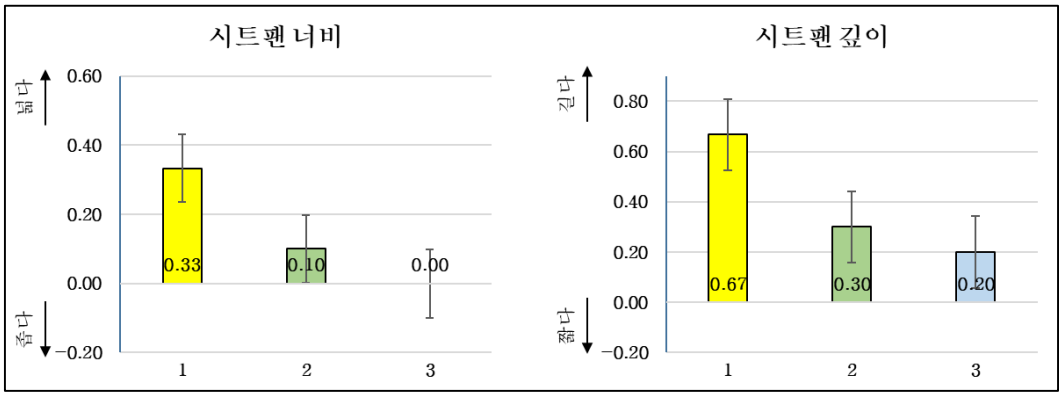
콘솔 의자의 사용성 요소는 콘솔 의자의 구성품인 시트팬(Seat Pan), 등받이(Backrest), 팔걸이(Armrest)로 나누어 추출하였으며, 콘솔 의자의 각 사용성 요소를 도식화 하면 아래의 [그림 37]과 같다.



[그림 37] 콘솔 의자 사용성 요소

아래의 그림 [그림 38]은 콘솔 의자의 시트팬 크기 관련 요소들에 대한 평가 결과로써, 평가 값이 양수이면 규격이 크다고 평가한 것이고, 음수이면 규격이 작다고 평가한 것이다. 즉, 평가 점수의 절대 값이 0에 가까울수록 해당 규격에 대해 적절하다고 평가했다는 의미이다.

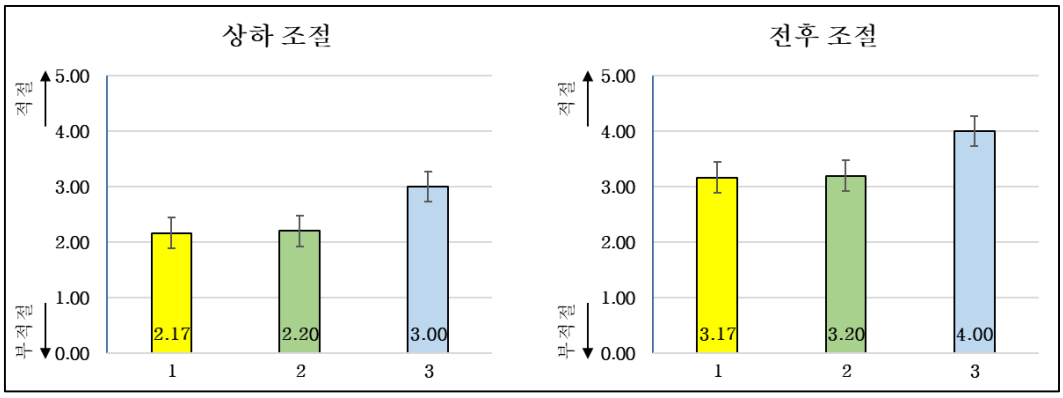
먼저, 콘솔 의자의 시트팬 너비와 깊이에 대한 평가 결과 시트팬의 크기가 자신의 신체 크기를 고려하여 적절하게 제작되었다고 응답한 콘솔 운용자는 전체의 절반에 미치지 못했다.



[그림 38] 군집별 콘솔 의자 시트팬 크기 평가 결과

또한, 군집별로 응답 결과를 살펴보면, 시트팬의 너비의 경우 세 번째 군집 사용자들은 적절하다고 평가한 반면, 첫 번째와 두 번째 군집의 사용자들은 다소 넓다고 생각하는 경향이 있으며, 시트팬의 깊이는 첫 번째 군집의 사용자들이 다른 군집의 사용자들에 비해 다소 길다고 생각하는 경향이 있으나, 모든 군집의 사용자가 대체로 길다고 느끼는 것으로 확인되었다.

콘솔 의자의 시트팬 상하 조절 및 전후 조절 범위에 대한 적절성 평가 결과는 [그림 39]과 같으며, 평가 점수가 5점에 가까울수록 현재의 수준에 만족한다는 것을 의미한다.



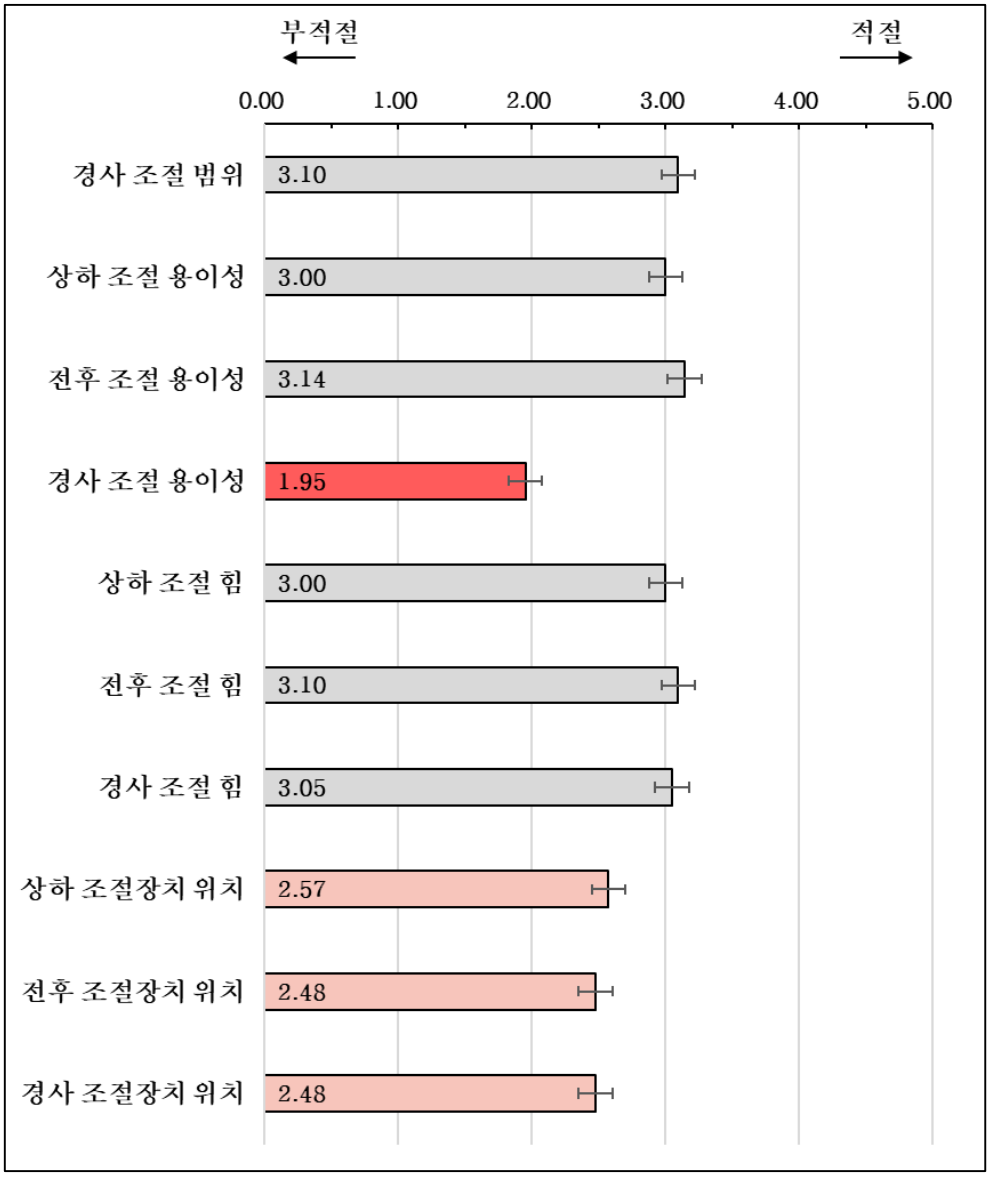
[그림 39] 군집별 콘솔 의자 시트팬 범위 적절성 평가 결과

군집별 평가 결과를 비교해 본 결과, 첫 번째 군집과 두 번째 군집의 사용자들은 세 번째 군집의 사용자들에 비해 현재 콘솔 의자의 시트팬 상하 조절 범위와 전후 조절 범위의 적절성에 대하여 다소 낮은 평가 점수를 부여했음을 알 수 있었다. 또한, 모든 군집의 사용자들이 전후 조절 범위에 비해 상하 조절 범위에 대하여 대체적으로 부적합하다고 느꼈으며, 이를 통해, 현재 콘솔의 콘솔 작업대와 콘솔 의자 사이의 거리보다는 양자 간의 높이로 인하여 콘솔 운용 상 불편함이 더 크게 발생함을 유추할 수 있었다.

시트팬의 상하 높이 조절에 대한 불만족 정도는 세 번째 군집에 비해 첫 번째 군집과 두 번째 군집의 사용자들이 확연히 높았으며, 인터뷰 결과 이들은 콘솔 의자가 지금보다 더 낮게 조절되기를 요구하였다.

콘솔 의자 시트팬에 대한 사용성 요소 중 콘솔 운용자의 인체 크기 특성과 무관한 요소들에 대한 평가 결과는 아래의 [그림 40]과 같다.

먼저, 콘솔 운용자들은 현재의 시트팬 경사를 조절할 때 상당한 어려움을 겪는 것으로 확인되었다. 기술형 문항에 기록된 답변을 분석한 결과, 콘솔 운용 중 시트팬의 경사까지 조절해야 하는 상황이 많지는 않지만, 시트팬의 경사 조절은 전후 조절과 달리 시트팬의 앞과 뒤의 높이를 별도로 조작하여 수동으로 조절해야 하기 때문에 시간이 많이 소모되며, 유압이 아닌 사용자의 몸무게를 이용하여 조절해야 하므로, 미세한 조정이 어렵다는 의견이 있었다.



[그림 40] 콘솔 의자 시트팬의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과

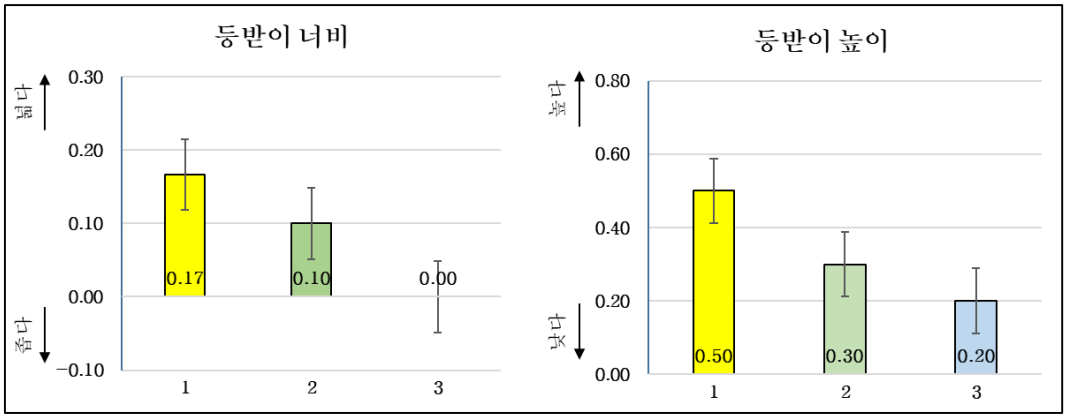
특히, 황천 시와 같이 함의 요동이 심한 상황에서 시트팬의 경사를 조절하는 경우, 의도하지 않은 급격한 경사 변화로 안전 위해 상황이 발생할 수 있다는 의견도 확인되었다.

한편, 시트팬의 상하, 전후, 경사 조절 장치의 위치에 대한 불만도 상당히

높았다. 현재 시트팬의 각종 조절 장치는 시트팬의 왼쪽 측면에 부착되어 있는데, 각 조절 장치 간의 모양이 막대 형태로 유사하고, 서로 근접한 곳에 설치되어 있기 때문에, 콘솔 운용에 익숙한 사용자라고 할 지라도 직접 조작해보거나, 눈으로 보지 않고서는 각 조절 장치를 구분하기가 쉽지 않다는 응답이 많았다.

이에 따라, 단기적으로는 각 조작 장치의 모양을 다르게 하거나, 조작 장치 간의 위치 이격, 혹은 행동 유도성에 따라 조작되도록 조작 방식을 변경할 필요가 있다. 또한, 실제 콘솔 운용자들의 콘솔 사용 맥락을 관찰한 결과, 콘솔 의자의 각종 조작 장치를 조작할 때 콘솔 전시화면에서 시야가 이탈하는 경우가 빈번하므로, 향후 성능 개량 시에는 콘솔 화면에서 직접 콘솔 의자 시트팬의 높이와 거리 등을 미세하게 조절할 수 있게 함으로써, 작업 중 집중 분산이 일어나지 않도록 해야 할 것이다. 더불어, 해군 함정 당직 운용 특성상 여러 명의 콘솔 운용자가 동일한 콘솔을 운용하게 되므로, 콘솔 의자 작업 상태를 기억할 수 있는 메모리 시트 기능의 설비도 고려해 볼 필요가 있을 것이다. 한편, 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 결과, 시트팬의 경사까지 조절하는 경우는 거의 없기 때문에 하나의 조작 장치로 시트팬의 높이만 조절할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

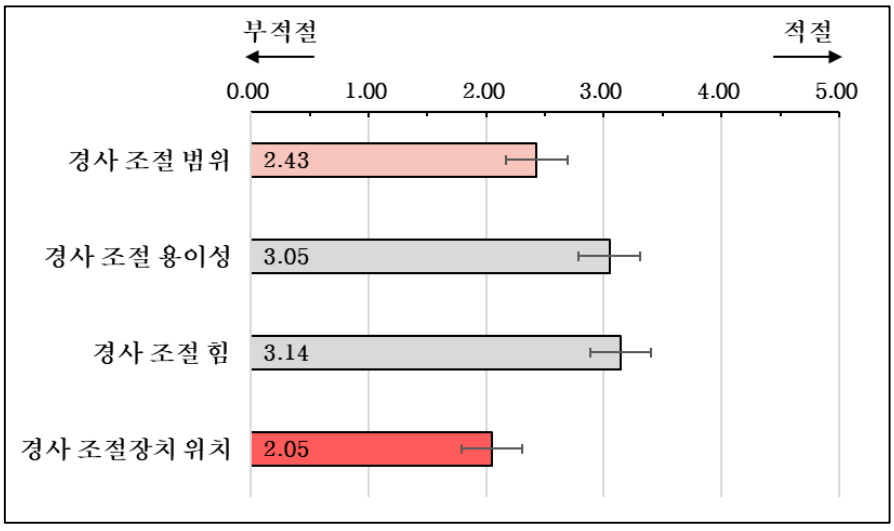
콘솔 의자 등받이 크기 관련 요소들에 대한 평가 결과는 [그림 41]과 같다.



[그림 41] 군집별 콘솔 의자 등받이 크기 평가 결과

등받이 너비는 군집에 상관없이 전반적으로 적절하다고 응답하였지만, 현재 콘솔 의자의 등받이 높이에 대해서는 모든 군집에서 다소 부적절하다고 응답하였으며, 특히 첫 번째 군집의 사용자들이 두 번째 군집과 세 번째 군집 사용자들에 비해 등받이 높이에 대한 불만족 정도가 다소 높은 것으로 확인되었다.

[그림 42]는 콘솔 의자 등받이에 대한 사용성 요소 중 콘솔 운용자의 인체 크기와 무관한 요소들에 대한 평가 결과이다. 콘솔 운용자들은 경사 조절장치의 위치에 대하여 가장 불만족스럽다고 응답하였으며, 이는 콘솔 등받이의 경사 조절 장치 역시, 시트팬의 여러가지 조절 장치와 유사한 위치에 설치되어 있어서 각 조작 장치 간 조작 혼란을 유발하기 때문인 것으로 확인되었다.

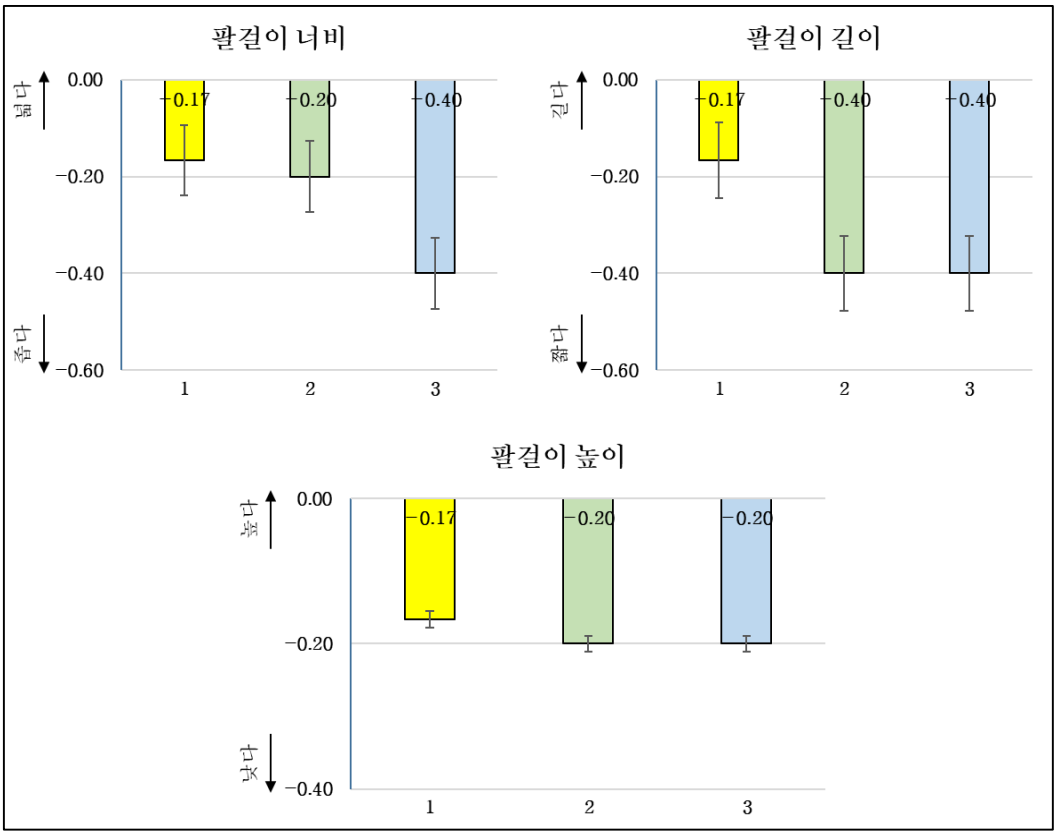


[그림 42] 콘솔 의자 등받이의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과

한편, 콘솔 의자 등받이의 경사 조절 범위에 대한 불만족 정도 역시, 다른 사용성 요소들에 비해 상대적으로 높은 것으로 확인되었는데, 현재의 경사 조절 범위가 부적합하다고 응답한 콘솔 운용자들은 모두 등받이의 기울기를 현재보다 더 뒤로 기울일 수 있기를 희망하였다.

등 부위를 편안하게 지탱하기 위한 등받이의 권장 기울기는 시트팬으로부터 100 ~ 115° 가 권장되나(MIL-STD-1472G, 2012), 현재 콘솔의 등받이 기울기는 최대 100° 까지만 조절이 가능했다. 다만, 장보고급 잠수함의 협소한 내부 구조를 고려할 때, 등받이를 현재보다 뒤쪽으로 더 기울일 ㅅ 있게 개선하는 경우, 잠망경 운용자의 활동 반경을 침범할 가능성이 있고 통행 상 불편함을 유발할 수 있기 때문에 장보고급 잠수함에서는 현재의 등받이 경사 조절 범위를 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

[그림 43]는 팔걸이 크기에 대한 평가 결과를 나타내며, 모든 군집의 사용자들이 팔걸이의 규격 자체가 전반적으로 작다고 느끼는 경향이 있었다.

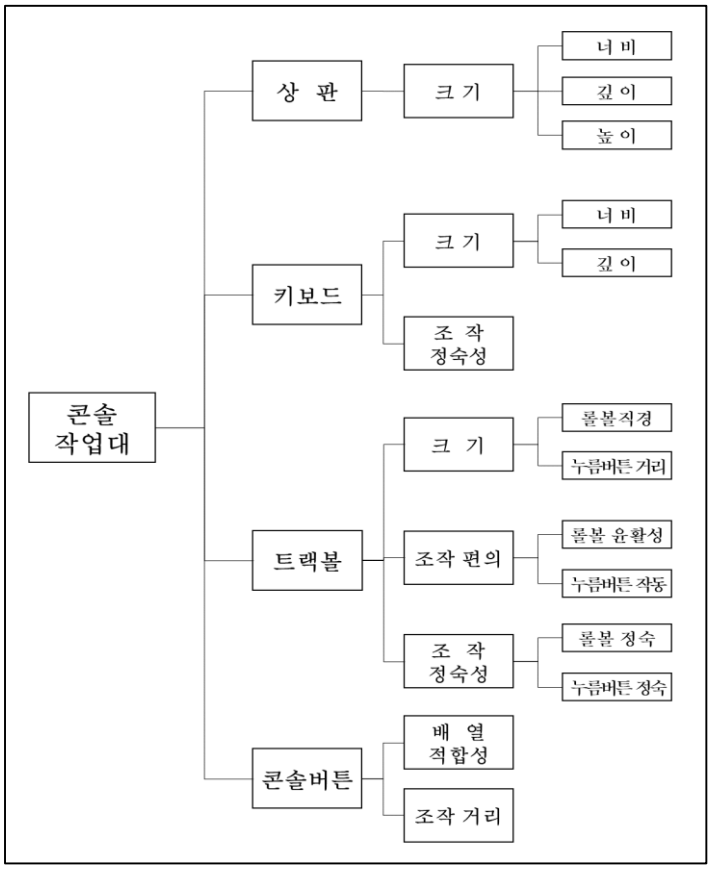


[그림 43] 콘솔 의자 팔걸이 크기 평가 결과

특히, 두 번째 군집과 세 번째 군집의 사용자들은 첫 번째 군집의 사용자들에 비해 현재의 팔걸이 길이가 훨씬 짧다고 느끼는 것으로 확인되었으나, 그 외 팔걸이 규격에 대해서는 군집 별 평가 결과 간 차이를 명확하게 확인하기는 어려웠다.

한편, 장보고급 잠수함의 팔걸이는 등받이의 양쪽 측면에 상하 방향으로 회전할 수 있도록 일체형으로 부착되어 있는데, 콘솔 운용자의 사용 맥락을 관찰한 결과, 팔걸이 사용 시에는 등받이와 수직이 되도록 아래쪽으로 90° 회전시켜 팔걸이를 고정하였고, 팔걸이 미사용 시에는 등받이와 일치되도록 위쪽으로 90° 회전시켜 고정하였다. 사용자 인터뷰 결과, 콘솔 운용자는 대부분 팔을 콘솔 작업대 위에 위치한 채로 근무하며, 팔걸이를 사용하기 위해 아래쪽으로 고정시키는 경우, 콘솔 의자에 신속하게 앉고 일어서기가 힘들기 때문에 콘솔 운용 중 팔걸이의 사용 빈도는 상당히 낮다는 의견이 많았다. 이에, 콘솔 의자 간 협소한 거리와 추출된 콘솔 운용자 의견을 반영하여, 활용도가 떨어지는 팔걸이의 탈착을 고려해 볼 필요가 있다.

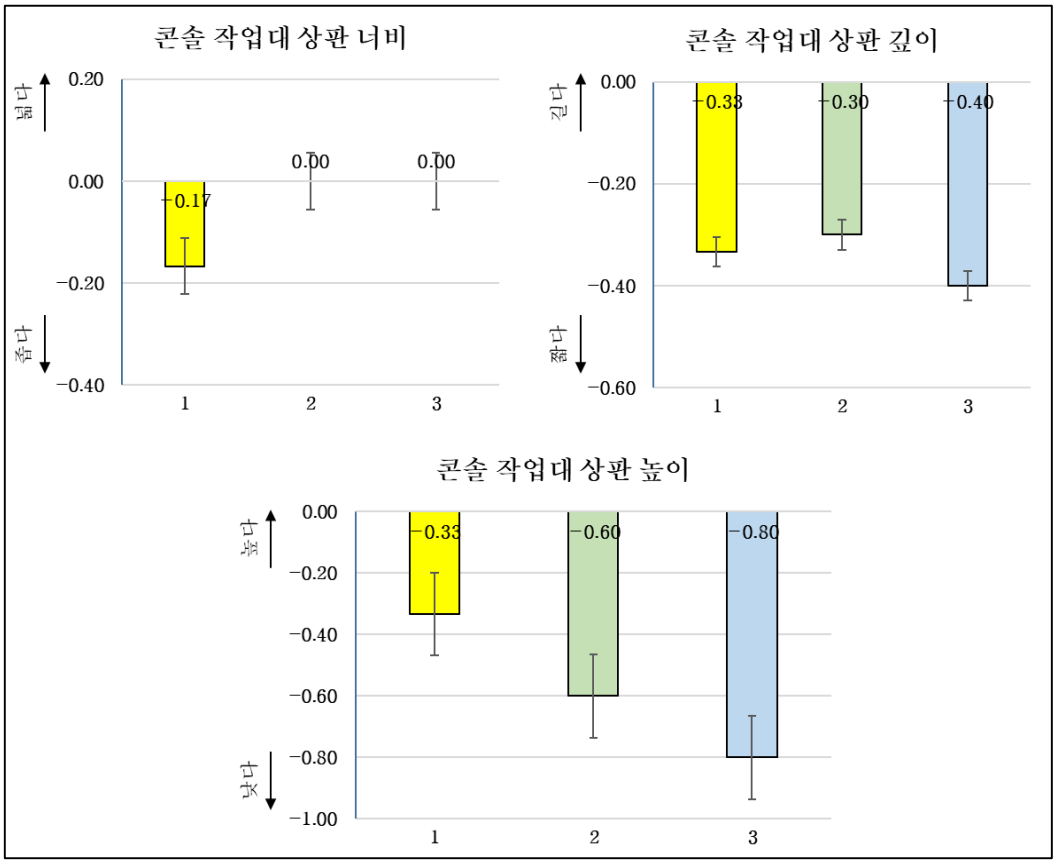
콘솔 작업대의 사용성 요소는 콘솔 작업대의 구성품인 상판, 키보드, 트랙볼, 콘솔 버튼으로 나누어 추출하였으며, 각 사용성 요소를 도식화 하면 아래의 [그림 44]와 같다.



[그림 44] 콘솔 작업대 사용성 요소

현재 사용하고 있는 콘솔 작업대 크기에 대한 평가 결과는 아래의 [그림 45]과 같다. 콘솔 작업대의 너비는 전반적으로 적절하다고 평가하였으나, 콘솔 작업대의 깊이는 다소 짧다고 느끼는 평가가 주를 이루었다. 콘솔 작업대 깊이에 대한 평가 결과는 군집 간 뚜렷한 차이는 없었지만, 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 결과, 콘솔 작업대 위에서 임무 수행 관련 서류를 작성하거나 검토하는 경우가 빈번하지만, 콘솔 작업대의 깊이가 너무 짧아서 서류철을 올려두는 데 제한된다는 의견이 많았다.

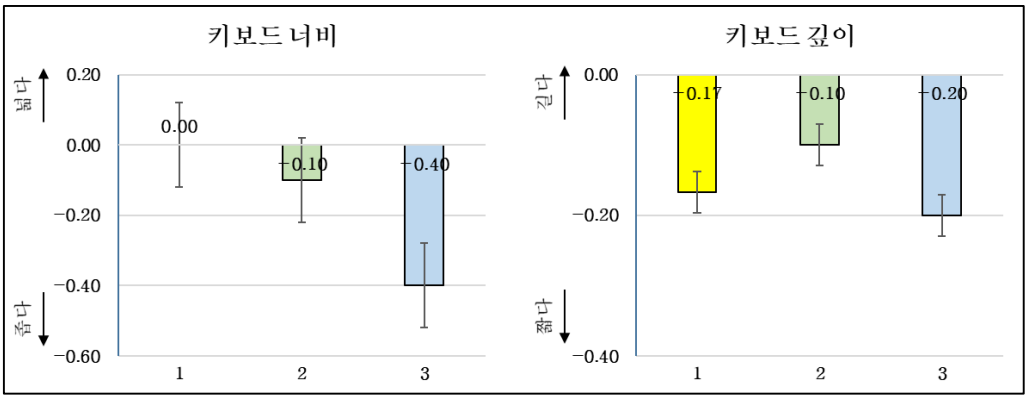
한편, 콘솔 작업대의 높이는 모든 군집의 사용자가 대부분 낮다고 평가하였으며, 특히 세 번째 군집의 사용자는 첫 번째 군집의 사용자들에 비해 콘솔 작업대의 높이가 현저히 낮다고 응답하였다.



[그림 45] 콘솔 작업대 상판 크기 평가 결과

콘솔 작업대 높이에 대한 평가는 콘솔 의자의 높이와 밀접한 관련이 있는데, 콘솔의 사용 맥락 분석 결과, 다수의 사용자가 콘솔 의자의 높이를 최대한 낮게 조절하더라도 자신의 신체 크기에 비해 의자 높이가 높아서 불편함을 느꼈으며, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 하단까지의 여유 공간이 좁다고 느낀다는 것을 알 수 있었다. 그러므로, 콘솔 작업대의 높이를 결정하기 전에 콘솔 의자 높이와의 상대적인 관계와 콘솔 작업대 위에서 상하부 모니터를 응시하는 작업 자세를 두루 고려해야 할 필요가 있다.

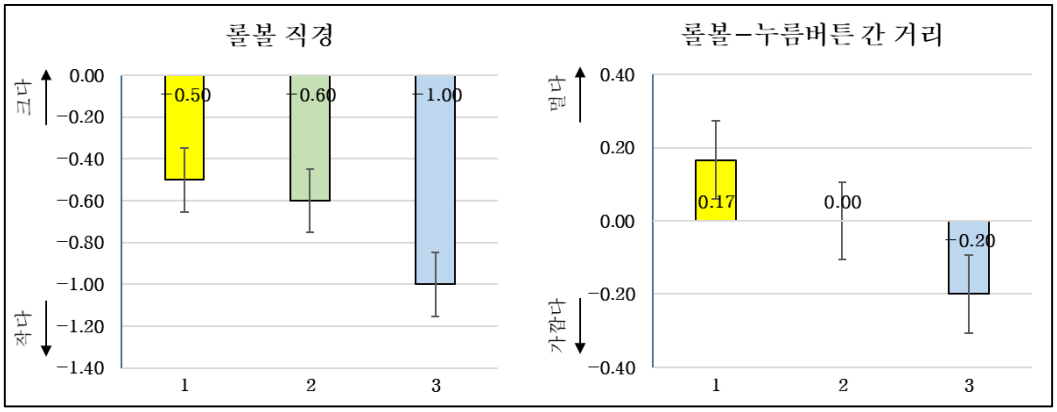
[그림 46]는 콘솔 작업대 위에 설치된 키보드 크기에 대한 평가 결과이다. 모든 군집의 사용자들이 키보드의 너비와 깊이를 다소 작다고 평가하였지만, 전반적인 불만족 정도는 높지 않았다.



[그림 46] 키보드 크기 평가 결과

다만, 키보드의 사용 양상을 관찰한 결과, 키보드 운용 간 잦은 오타가 발생하였는데, 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 결과, 이는 단위 키패드의 크기와 각 키패드 간 거리가 부적절하기 때문인 것으로 확인 되었다. 현재 설치된 키보드 내 키패드의 크기는 가로, 세로 각 17 mm로 MIL-STD-1472G (2012)에서 권고하는 최소 키패드 크기인 19 mm에 부합하지 못했으며, 키패드 간 거리 역시 거의 0mm에 가까워, 권고 규격인 3mm에 크게 미치지 못했다. 그러므로, 키보드의 자체의 규격보다는 단위 키패드의 크기와 키패드 간 거리 개선에 더욱 집중할 필요가 있다.

잠수함 콘솔 운용자는 함 외부의 특정 방향으로부터 음향 정보를 수집하기 위해 신속하고 지속적으로 방위를 변경해야 하며, 콘솔 작업대 상판의 협소한 공간을 고려할 때, 롤볼과 누름 버튼으로 구성된 트랙볼은 이러한 과업을 수행하는데 있어서 매우 유용하게 활용될 수 있다. [그림 47]은 현재 콘솔의 트랙볼 크기에 대한 평가 결과를 나타낸 것으로, 모든 군집의 사용자들이 롤볼과 누름 버튼 간 거리는 대체적으로 적절하다고 평가 한 반면, 롤볼의 직경은 다소 작다고 평가하였다. 롤볼의 직경이 지나치게 큰 경우, 미세한 방위 조절이나 커서 이동이 제한될 수 있지만, 과도하게 작은 경우에도 커서 이동이나 방위 선택에 많은 시간과 노력이 필요할 수 있다.

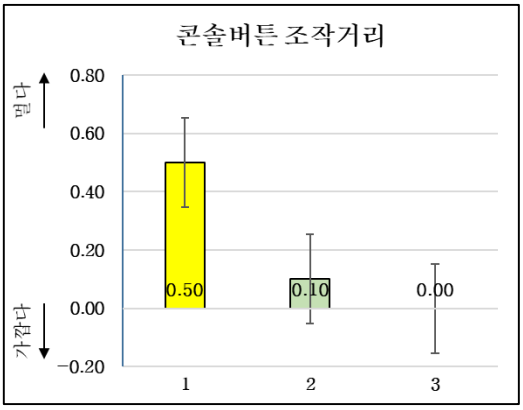


[그림 47] 트랙볼 크기 평가 결과

MIL-STD-1472G (2012)에서 권고하는 롤볼 직경의 규격은 최소 50 mm에서 최대 150mm까지로 조작성을 고려할 때 100 mm의 직경이 가장 선호된다. 물론, 현재 콘솔에 설치된 롤볼 직경인 75 mm 는 권고 규격에 포함되지만, 다수의 콘솔 운용자들이 현재 롤볼의 직경이 다소 작다고 응답하였으며, 롤볼의 직경이 지금보다 더 커질 경우 작은 움직임으로도 넓은 범위를 빠르게 통제할 수 있을 것으로 기대됨에 따라 롤볼의 직경을 100mm 내외로 확대 제작할 필요가 있다.

콘솔버튼은 콘솔 작업대에 설치된 상·하부 모니터 양쪽 측면에 위치하고 있기 때문에 콘솔버튼 조작거리의 적절성 여부는 콘솔 의자와 콘솔 작업대 사이의 거리에 의해 크게 영향을 받는다.

[그림 48]은 현재 콘솔에서 콘솔버튼을 조작하는 거리에 대한 적절성을 평가한 결과로, 두 번째 군집과 세 번째 군집의 사용자들에 비해 첫 번째 군집의 사용자들이 현재의 콘솔버튼의 거리가 멀어서 조작하기가 어렵다고 응답하였다. 콘솔버튼이 먼 경우, 등받이에 등을 기댄 상태에서 편안하게 콘솔 운용을 하기가 힘들기 때문에, 콘솔 의자 시트팬이 보다 앞쪽으로 가까워질 수 있도록 전후 조절 범위를 개선할 필요가 있다.

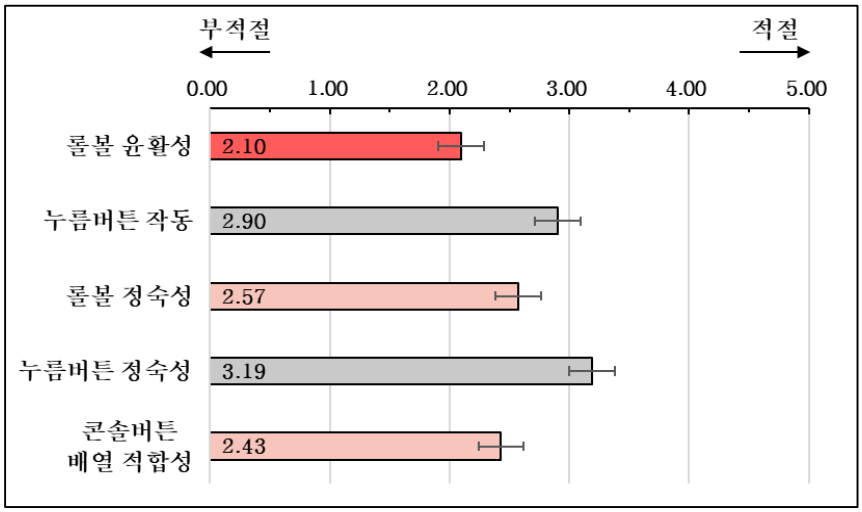


[그림 48] 콘솔버튼 조작거리 평가 결과

콘솔버튼 조작 거리 적절성에 대한 군집 별 평가 결과는 앞서, 콘솔 의자 시트팬의 전후 조절 범위에 대하여 첫 번째 군집의 불만족도가 세 번째 군집에 비해 훨씬 높았다는 결과와 일맥상통한다.

[그림 49]는 콘솔 작업대의 사용성 요소 중 인체 크기와 무관한 요소들에 대한 평가 결과이다. 롤볼의 윤활성은 롤볼이 사용자의 조작 행위에 따라 원활하게 회전하는지를 의미하는 항목이며, 누름버튼 작동은 사용자가 버튼을 눌렀을 때 시스템이 즉각 반응하는지를 묻는 항목이다. 또한, 콘솔버튼의 배열 적합성은 콘솔 운용 중 과업의 순서와 해당 콘솔버튼의 사용 빈도를 고려하여 각 콘솔버튼이 적합하게 배열되었는지 확인하기 위한 항목이다.

각 사용성 요소에 대한 평가 결과, 현재 콘솔은 롤볼의 윤활성에 가장 심각한 문제가 있는 것으로 확인되었다. 콘솔 운용자에 대한 인터뷰 결과, 콘솔 운용 중 롤볼의 사용빈도가 굉장히 높기 때문에 롤볼 윤활액이 빠르게 소모되는 경우가 많고, 사용자가 신속한 롤볼의 조작을 요할 때 롤볼이 원활하게 회전하지 않는 경우, 다소 간의 소음이 발생하는 것으로 식별되었다. 그러므로, 콘솔 작업대의 공간적 여유가 보장되는 경우, 롤볼을 대체할 수 있는 조이스틱으로 조작 장치를 변경한다면 조작 장치의 정숙성 보장과 내구성 향상, 그리고 신속한 조작에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

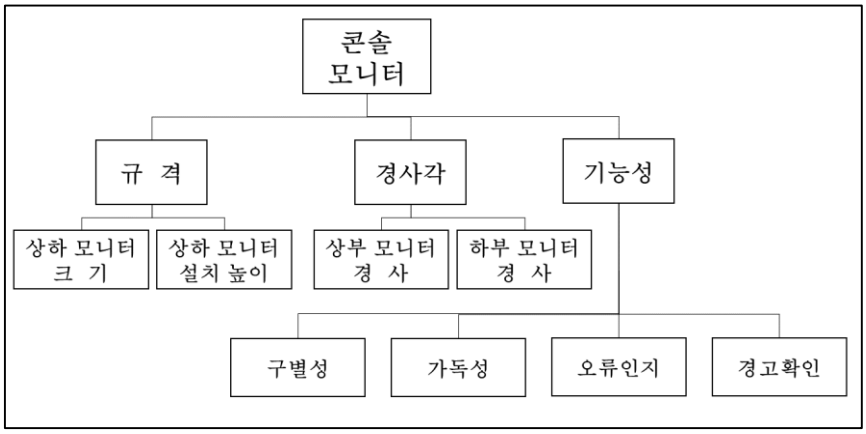


[그림 49] 콘솔 작업대의 인체 크기 비 관련 사용성 요소 평가 결과

한편, 콘솔 버튼의 배열 적합성 역시 다른 사용성 요소들에 비해 상대적으로 낮은 평가를 받았는데, 사용자 인터뷰 결과, 콘솔 운용 중 사용 빈도를 제대로 고려하지 못하였음이 저평가의 원인이었으며, 특히 상부 모니터 측면에 배치된 콘솔 버튼을 운용하는데 높은 불편함이 있다고 응답하였다. 그러므로, 콘솔 버튼의 사용 빈도와 과업 순서를 고려한 콘솔 버튼의 재배열이 필요하며, 가능한 경우, 상부 모니터 측면에 배치된 콘솔 버튼을 콘솔 운용자의 작업 반경을 고려하여 하부 모니터와 근접한 쪽으로 이동시킬 필요가 있다.

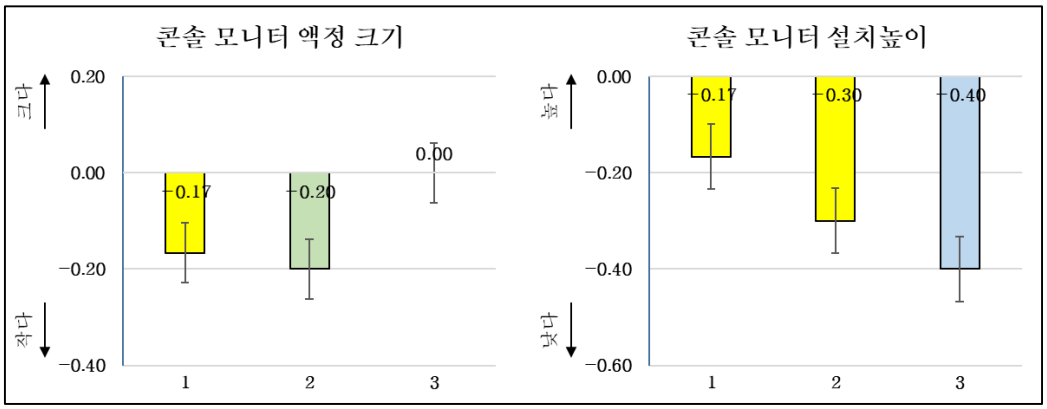
콘솔 모니터의 사용성 요소는 [그림 50]와 같이 크기, 경사각, 기능성 요소로 나누어 추출하였다. 콘솔 모니터의 사용성 요소에는 조직의 요구사항을 반영하여 기능성 요소를 추가하였는데, 구별성은 모니터 상에서 선택된 메뉴와 선택되지 않은 메뉴 사이의 차이가 명확한 지를 묻는 항목이고, 가독성은 콘솔 모니터에 전시된 문자와 숫자 등을 제대로 읽을 수 있는지 묻는 항목이다. 또한, 오류인지는 콘솔 입력 장치를 이용하여 입력한 명령 값에 오류가 있거나, 시스템 상 권고되지 않은 비상식적인 명령 값이 입력될 때 사용자에게 적절한 오류 정보가 제공되어 사용자가 인지할 수 있는지 묻는

항목이고, 경고 확인은 함 운용 중 위험하거나 주의가 필요한 상황에 대하여 사용자가 즉시 인식하고 반응할 수 있도록 도와주는지 묻는 항목이다.



[그림 50] 콘솔 모니터 사용성 요소

[그림 51]는 콘솔 모니터의 규격 관련 평가 결과이다. 사용자 인터뷰 결과, 콘솔 운용자들의 대부분은 잠수함의 공간적 제약을 고려할 때, 현재의 콘솔 모니터 화면 크기(15인치)에 대해 대체적으로 만족한다고 응답하였으나, 일부 사용자들은 화면의 크기가 작아서 접촉물의 소음에 따라 실시간으로 변화하는 원형 그래프의 반응을 감지하는 과업이 다소 제한된다고 응답하였다.

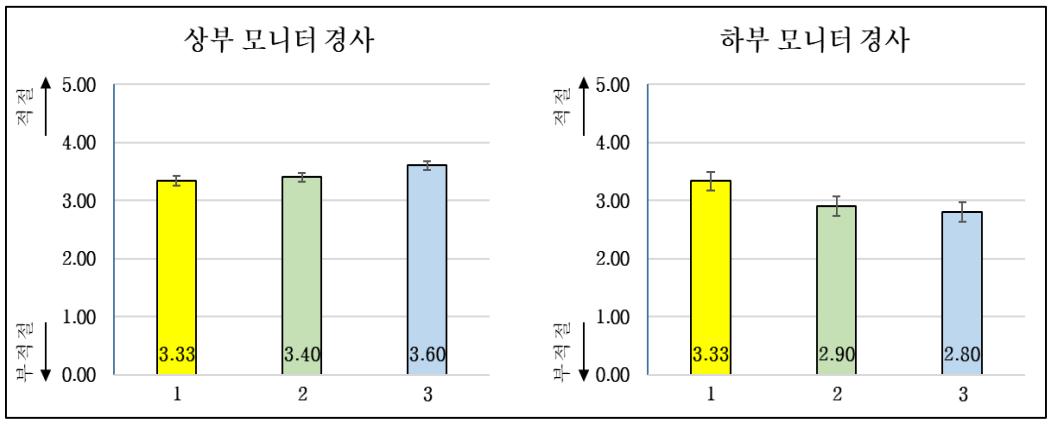


[그림 51] 콘솔 모니터 규격 평가 결과

콘솔 모니터 설치 높이는 다소 낮다는 응답이 우세하였는데, 사용자 인터뷰 결과 하부 화면을 응시할 때 불편함을 느낀다는 의견이 많았다. 장보고급 잠수함의 콘솔 사용 맥락 상, 특정 정보 확인을 위하여 일시적으로 응시하는 상부 화면보다는 매 순간 자함의 상태 변화와 주변 소음을 확인하기 위해 하부 화면을 응시하는 비율이 훨씬 높은데, 현재 하부 화면은 다소 낮게 설치되어 있어서 지속적 응시 과업 시 목과 어깨에 상당한 피로가 누적된다고 응답하였다. 또한, 다중 모니터의 높이는 의자 면으로부터 360 mm에서 890 mm 까지의 범위에 위치하도록 권고되고 있으나 (MIL-STD-1472G, 2012), 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 경우, 하부 모니터의 최하단 높이가 817mm로, 콘솔 의자 시트팬의 조절 가능 최저 높이인 475mm를 고려하더라도 권고 높이에 미치지 못한다는 것을 알 수 있었다 (현재 콘솔 의자 최저 높이 기준, 하부화면 권고높이 835mm).

한편, 수직 방향으로 설치된 다중 모니터의 사용 과업에서 모니터의 설치 높이와 함께 상부 및 하부 모니터가 이루는 경사각은 콘솔의 사용성에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

[그림 52]는 현재 콘솔 모니터의 경사각을 평가한 결과이며, 각 모니터 경사에 대한 군집 간 평가에 명확한 차이를 확인하기는 어려웠다.



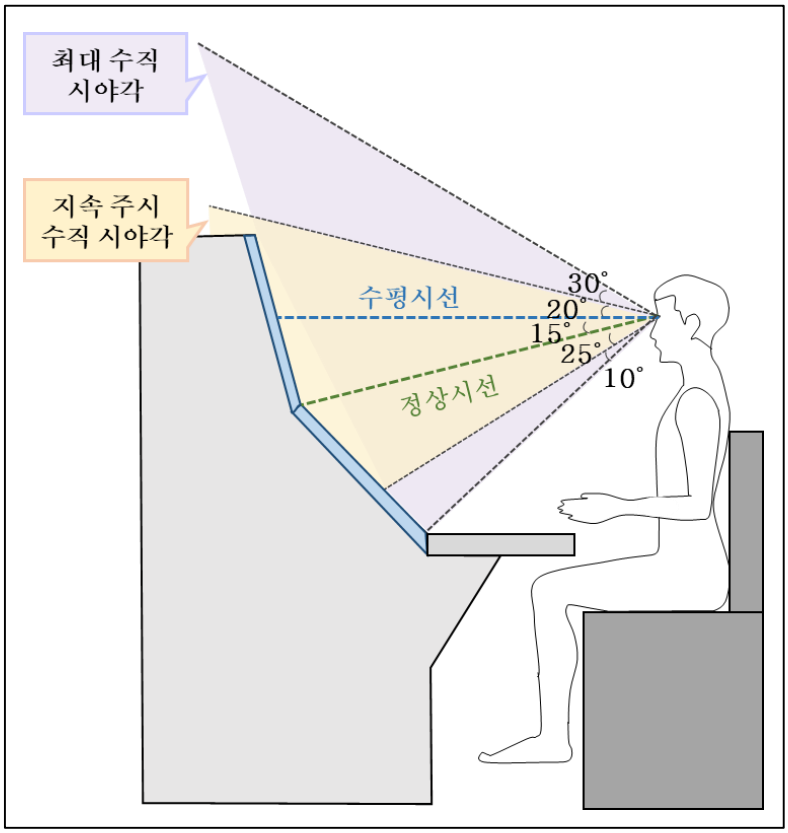
[그림 52] 콘솔 모니터 경사각 평가 결과

다만, 첫 번째 군집과 달리, 두 번째 군집과 세 번째 군집의 사용자들은 상부 모니터에 비해 하부 모니터의 경사각에 대한 불만족 상대적으로 높았다. 콘솔 사용 과업 관찰 결과, 하부 모니터를 볼 때 많은 사용자들이 과도하게 고개를 아래쪽으로 숙이는 경향이 있었으며, 상부 모니터를 볼 때에는 몸을 다소 앞쪽으로 구부리는 동작을 취하였다. 이와 같은 행동 양상의 원인은 다음의

모니터의 설치 높이와 경사각에 대한 평가는 콘솔 의자의 높이와 깊은 관계가 있다. 콘솔 의자의 높이가 높은 경우, 상부 모니터에 비해 하부 모니터를 응시하기가 힘들고, 반대로 콘솔 의자 높이가 낮은 경우에는 상부 모니터를 응시하기가 어려울 수 있기 때문이다. 이와 관련하여, 기존의 연구들은 눈의 움직임과 시야 범위에 기반하여 모니터의 적정 위치를 제안해 왔다. 인간의 눈은 수평 시선(Horizontal line of sight)을 기준으로 하방 15° 를 자연스럽게 보게 되는데 (Sanders & McCormick, 1998), 이를 정상 시선(Normal line of sight)이라고 한다. 눈동자의 움직임 범위를 고려할 때, 특정 피사체를 지속적으로 주시하기 위해서는 수평 시선(Horizontal line of sight) 기준 위아래로 −40° ~ 20° , 좌우로는 각 35° 이내에 피사체가 위치하여야 하며 (Kodak, 2003; NUREG−0700, 2002a, 2003), 머리의 회전 운동을 고려하는 경우에도 수평 시선으로부터 상하 −50° ~ 50° , 좌우 각 60° 외곽에 피사체가 위치해서는 안된다 (NASA−STD−3000, 1994).

아래의 [그림 53]는 사용성 평가 결과와 사용자 인터뷰를 근거로, 현재 장보고급 콘솔 의자가 높다는 것을 가정한 상태에서 콘솔 운용자가 콘솔 모니터를 바라보는 상황을 도식화 한 것이다.

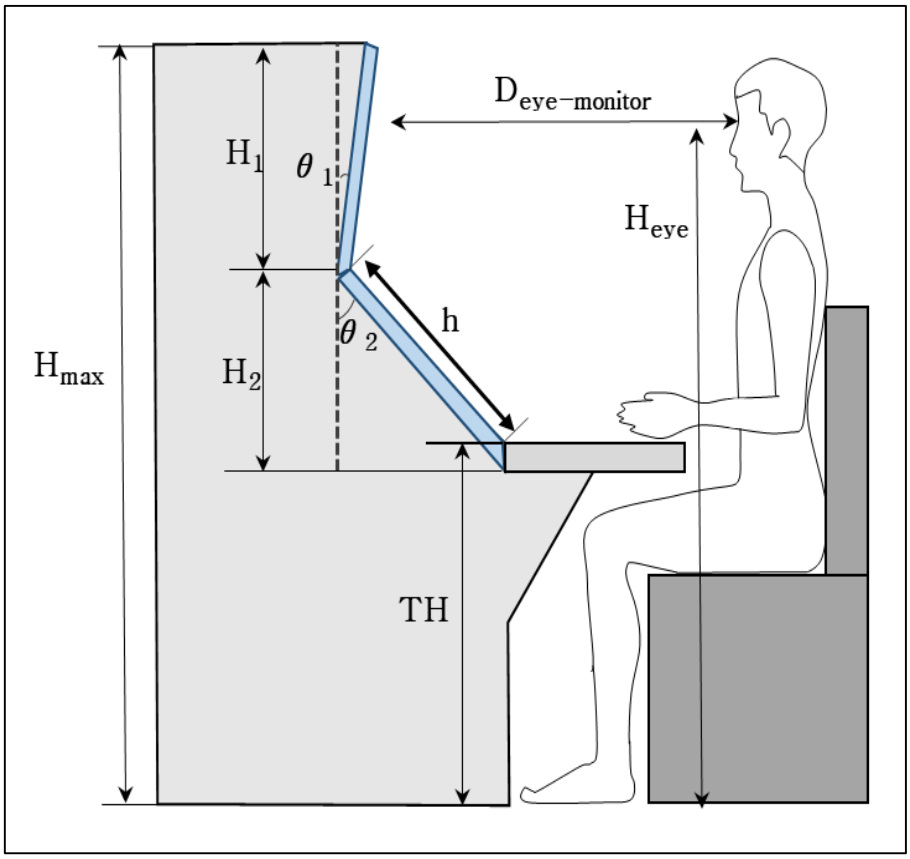
콘솔 모니터의 사용 맥락을 고려할 때, 상부 모니터는 선택 정보를 확인하기 위해 간헐적으로 운용되므로 지속 주시 수직 시야각에 위치할 필요는 없으나, 최대 수직 시야각 내에는 위치해야 하고, 하부 모니터는 표적 탐색과 자함 정보 확인 과업을 실시간으로 수행해야 하기 때문에 지속 주시 수직 시야각에서 이탈된 채로 설치되면 안된다



[그림 53] 장보고급 잠수함 콘솔 모니터 응시 상황

. 하지만, 현재와 같이 콘솔 의자의 높이가 높은 경우, 하부 화면에 대한 지속 주시 수직 시야각을 벗어날 뿐 아니라, 하부 화면을 바라보기 위해 과도하게 목을 굽혀야 한다. 이와 같은 현상은 앉은 키가 큰 사용자들에게는 더욱 심화될 수 있으며, [그림 52]의 군집 별 평가 결과 차이 역시, 이와 같은 맥락에서 이해 할 수 있다.

또한, MIL-STD-1472G (2012)에서는 다중 모니터를 수직으로 설치할 때, 정상 시선을 기준으로 각 모니터의 경사각을 후방 45° 이상 기울이지 말 것을 권고하고 있으며, Rhie et al. (2017) 은 잠수함 실내 높이와 사용자의 안정적인 시야 범위를 고려하여 잠수함 콘솔 모니터의 최적 경사각을 제안하기도 했다.



[그림 54] 잠수함 다기능 콘솔 모니터 경사각 결정을 위한 설계변수

[그림 54]에서 H_{max} 는 잠수함 높이 제한을 고려한 콘솔의 최대 높이, TH는 콘솔 작업대의 높이를 의미하고, H_1, H_2 는 각각 상부모니터와 하부모니터의 수직 높이를 나타낸다. 또한, θ_1, θ_2 는 각각 상하부 모니터의 경사각을, h는 동일 규격인 상하부 모니터 각각의 세로 길이를 나타낸다. 그러므로, H_1과 H_2는 각각 $h\cos\theta_1$, $h\cos\theta_2$ 로 표현할 수 있다. 마지막으로 $D_{eye-monitor}$ 는 사용자의 눈과 모니터 사이의 거리, H_{eye}는 사용자의 눈높이를 의미한다.

사용자의 최대 수직 시야각을 고려한 상부 모니터의 최상단 높이는 아래의 Equation (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$TH + h(\mathrm{Cos}\ \theta_1 + \mathrm{Cos}\,\theta_2) \leq H_{eye} + D_{eye-monitor} * \tan(50^\circ) \quad (1)$$

Eqution (1)는 콘솔 운용자가 편안하게 고개를 위로 들었을 때 상부 모니터의 가장 높은 곳까지 확인할 수 있어야 함을 의미한다.

하부 모니터는 사용자의 지속 주시 시야각 내에 위치해야 하므로, 각각 Equation (2)와 Equation (3)으로 표현할 수 있다.

$$TH + h\,\mathrm{Cos}\,\theta_2 \leq H_{eye} + D_{eye-monitor} * \tan(20^\circ) \quad (2)$$

Equation (2)는 하부모니터의 최상단 높이에 대한 제약식으로, 사용자의 수평 시선으로부터 상방 20°를 벗어나면 안된다는 의미이다.

$$H_{eye} - D_{eye-monitor} * \tan(40^\circ) \leq TH \quad (3)$$

또한, Equation (3)는 하부모니터의 최하단 높이에 대한 제약식이며, 콘솔 작업대의 높이는 적어도 사용자의 수평 시선으로부터 하방 40°가 되는 지점의 높이를 뺀 높이보다는 높아야 함을 의미한다.

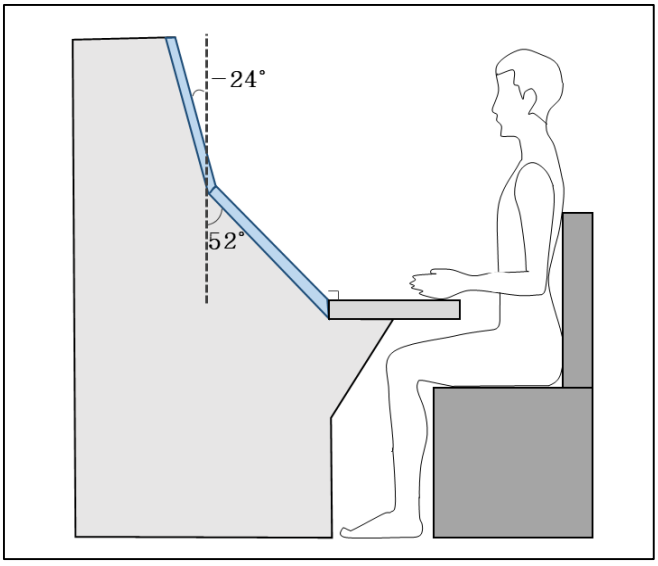
$$H_{eye} - D_{eye-monitor} * \tan(40^\circ) \leq H_{max} - h(\mathrm{Cos}\ \theta_1 + \mathrm{Cos}\,\theta_2) \quad (4)$$

콘솔 작업대의 높이는 전체 콘솔 높이에서 상부 모니터와 하부 모니터의 각 수직 높이를 뺀 값을 의미하므로, Equation (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$0 \leq h(\mathrm{Cos}\ \theta_1 + \mathrm{Cos}\,\theta_2) \leq H_{max} - TH \quad (5)$$

상부 모니터와 하부 모니터의 수직 높이의 합은 전체 콘솔 높이에서 콘솔 작업대의 높이를 뺀 값보다 커야 하므로, Equation (5)를 도출할 수 있으며, MIL-STD-1472G (2012)에서 권고하는 모니터의 경사각 한계와 사용자의 수평시선 및 정상시선과의 교각을 고려하여, θ_1은 0°보다 커야 하고, θ_2는 0°보다 크고, 60°보다는 작아야 한다.

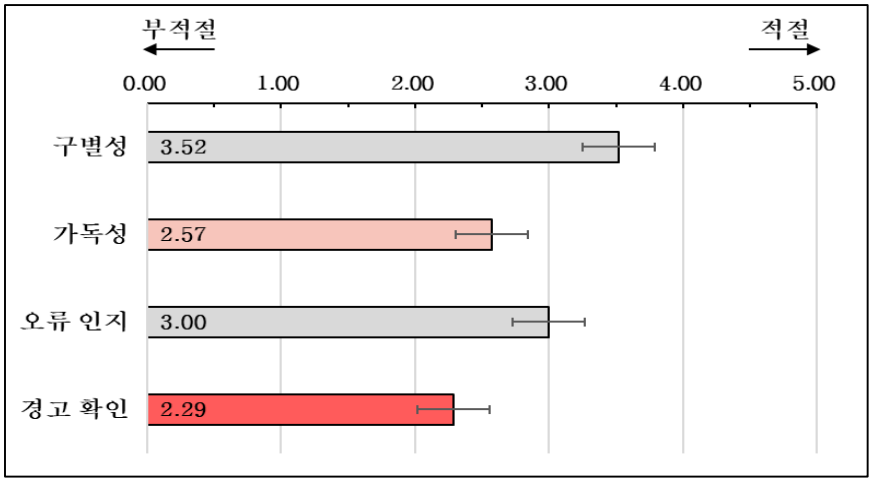
한편, 상부와 하부모니터가 위아래로 배열되는 경우, 콘솔 운용자의 수평시선은 일반적으로 콘솔의 상부모니터 최상단보다는 낮다. 이와 같은 경우, 콘솔의 상부모니터는 사용자가 앉아 있는 쪽으로 기울어지도록 설계되어야 사용자가 안정적으로 상부모니터를 응시할 수 있다. 현재 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 하부모니터 경사각은 52°로, MIL-STD-1472G (2012)에서 제안하는 기울기 범위를 준수하고 있지만, 상부모니터는 아래의 [그림 55]과 같이 오히려 후방으로 -24° 기울어져 있기 때문에 콘솔 운용자가 상부 모니터를 응시할 때 불편함을 느낄 수 있음은 물론, 상부모니터의 윗부분은 제대로 보이지 않을 가능성이 높다.



[그림 55] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 모니터 경사각

그러므로, 현재 장보고급 잠수함에 설치된 다기능 콘솔 모니터는 앞서 제시한 제약식과 설계 지침을 준수하여 개선되어야 할 필요가 있다.

현재 콘솔 모니터의 기능성 요소들에 대한 평가 결과는 아래의 [그림 56]와 같다.



[그림 56] 콘솔 모니터 기능성 요소 평가 결과

다수의 콘솔 운용자들이 경고 확인 기능에 대하여 높은 불만을 갖고 있었다. 사용자 인터뷰 결과, 이러한 불만의 원인은 주변의 위험 표적이나 어뢰 등이 접근하는 경우, 화면 상단에 붉은색의 문자 형태로 경고가 전시되기 때문에 가시성이 현저히 떨어지고, 이에 따라 상하부 콘솔을 번갈아 운용해야 하는 복잡한 상황에서는 경고메시지가 전시되고 있다는 것을 한참 뒤에 인지하기 때문이라는 의견이 있었다. 콘솔 운용 중 경고메시지가 전시되는 상황은 함 운용 및 승조원 안전에 치명적인 상황일 가능성이 높기 때문에, 보다 신속하고 정확하게 경고메시지를 확인할 수 있는 대안이 필요하다.

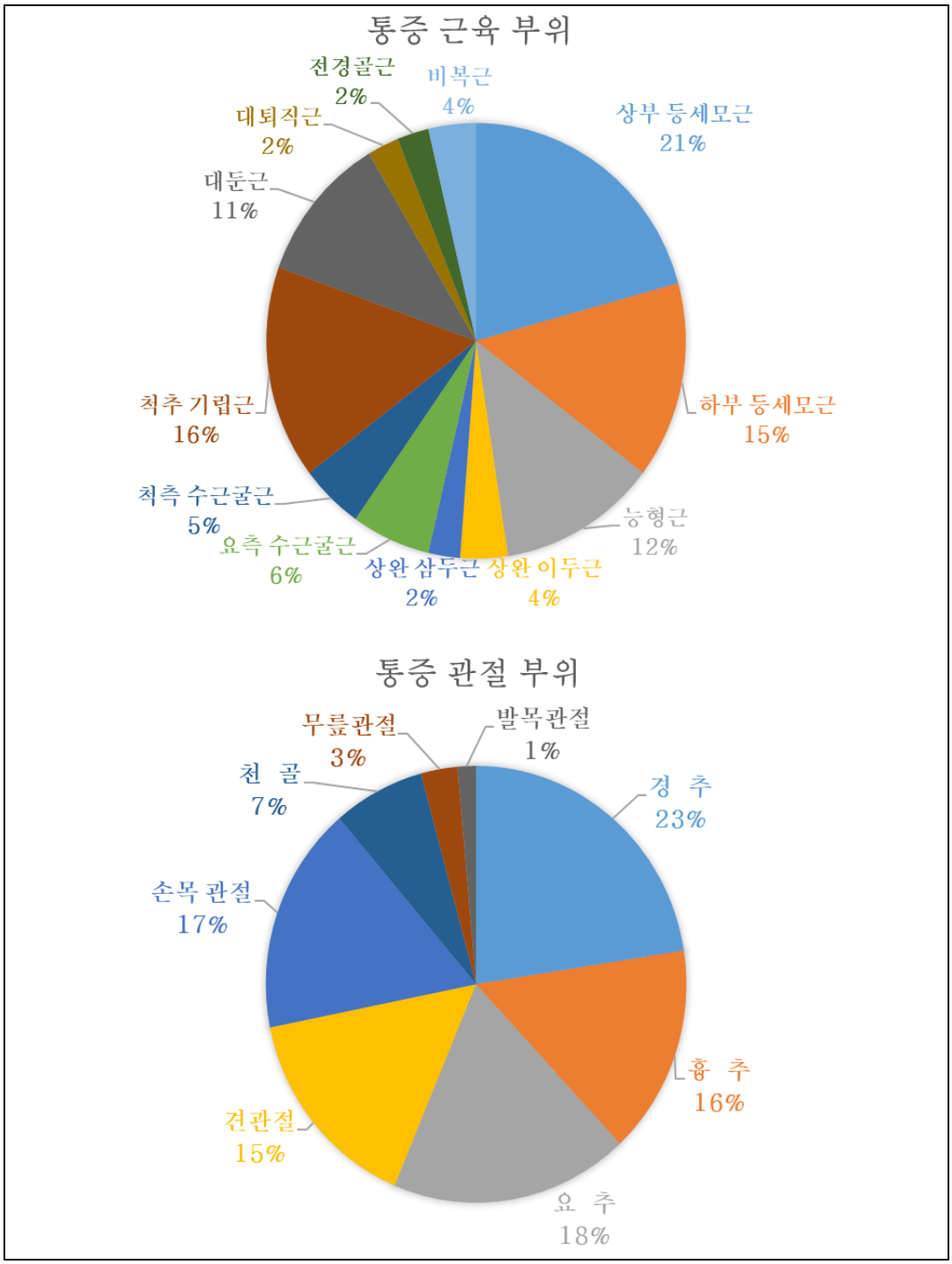
한편, 현재 콘솔 모니터의 가독성에 대한 불만도 다소 높은 편이었다. 콘솔 운용자들의 콘솔 사용 맥락 관찰 결과, 특히 숫자 0과 알파벳 O를 구별하는 것을 가장 어려워했으며, 그 외의 알파벳과 숫자도 상호 간을 신속하게

구분하는 데 어려움을 겪는 것으로 확인되었다. 현재 콘솔 모니터의 가독성이 부족한 이유를 묻는 응답에서는 작은 글자 크기(47.6%), 서로 다른 글자 간 구별 불가(38.1%) 등이 가장 큰 원인이었으며, 향후 모니터 성능 개량 시, 글자 크기 확대, 해상도 및 글씨체 개선, 글자 색 변경 등을 통하여 글자 간 차이를 분명히 할 필요가 있다.

현재의 장보고급 다기능 콘솔 운용 중 느끼는 통증 부위에 대하여 통증 심도 순서대로 근육과 관절 부위로 나누어 각각 최대 3곳을 나열하라고 요구하였으며, 그에 대한 응답결과는 [그림 57]과 같다. 응답 결과를 분석한 결과, 각 군집 별 사용자들이 응답한 통증 부위에 대한 명확한 차이를 확인하기는 어려웠지만, 근육 부위의 경우, 상하부 등세모근(승모근)과 척추기립근의 통증 비율이 높았으며, 관절 부위의 경우, 경추, 요추, 손목 관절, 흉추의 순으로 통증 비율이 높은 것으로 확인되었다.

이와 같은 결과를 통해 콘솔 운용 과업 중 하체보다는 상체에 피로가 집중된다는 것을 알 수 있었으며, 특히 사용자의 인체 크기를 고려하지 않은 콘솔 의자의 높이와 최적 시야각에 부합하지 않는 모니터의 높이 및 경사각이 목과 척추의 심각한 굴곡을 유발한다는 것을 알 수 있었다.

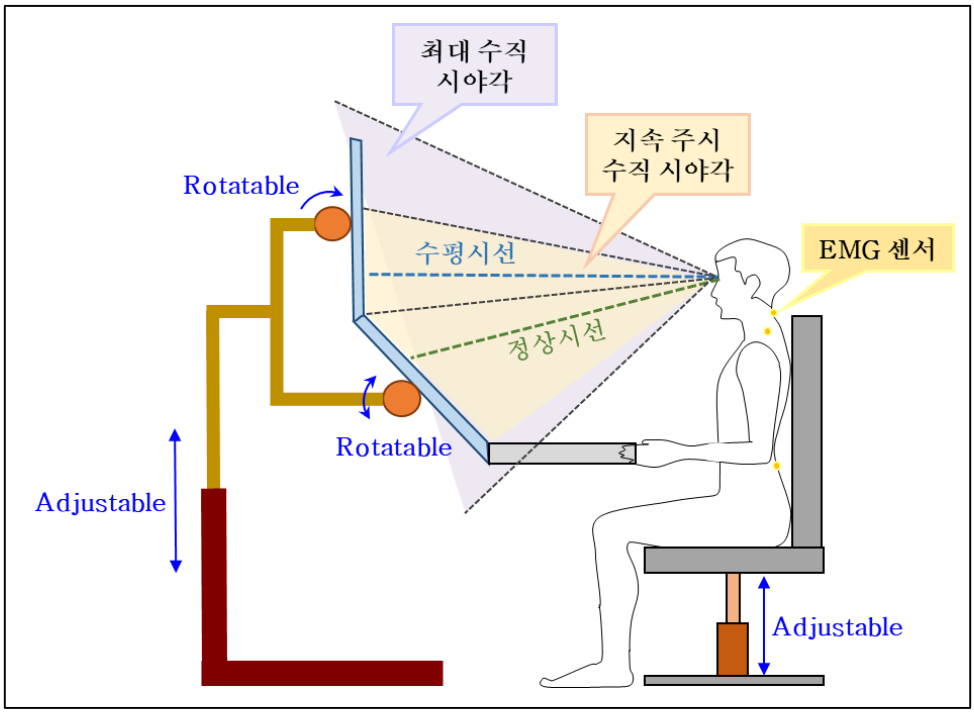
하루에도 8시간 이상 콘솔 근무를 수행해야 하는 콘솔 운용자들의 과업 양상을 고려할 때, 이와 같은 상황이 계속 될 시, 만성적인 근·골격계 질환으로 발전할 수 있기 때문에, 콘솔 규격 개선을 위한 시급한 조치가 필요하다.



[그림 57] 장보고급 다기능 콘솔 사용 중 주요 근·골격계 통증 평가 결과

잠수함 다기능 콘솔의 사용성 검증 실험은 앞서 추출한 콘솔의 사용 맥락과 사용성 평가 설문 결과, 그리고 사용자들에 대한 심층적인 인터뷰를 바탕으로 고안되었다.

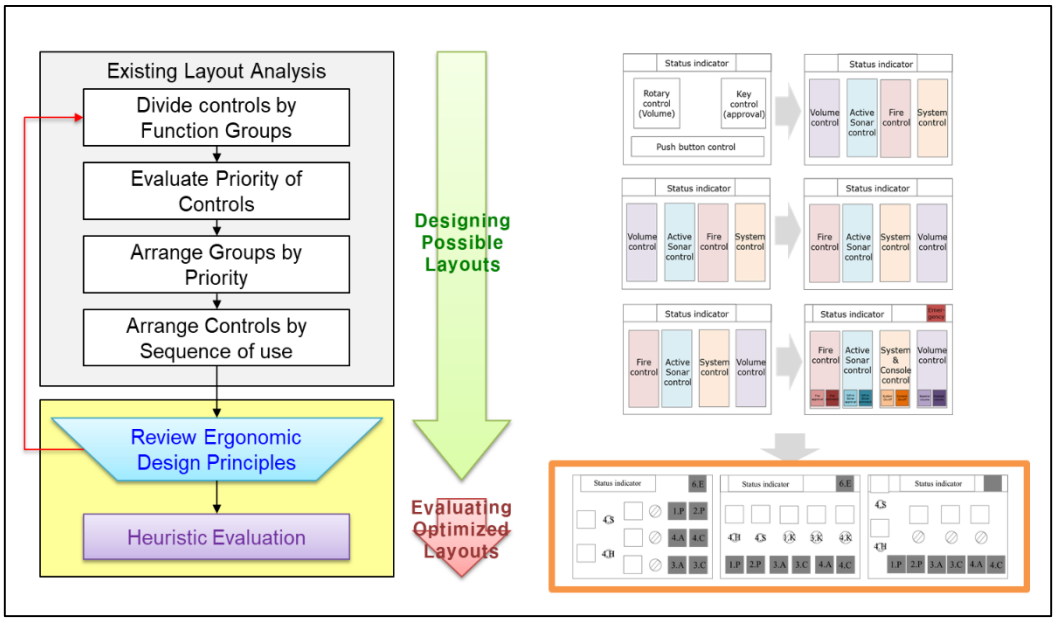
첫 번째는 감시 과업 운용 피로도 측정 실험이다. 장보고급 잠수함 뿐만 아니라, 다른 유형의 잠수함 역시 제한된 공간에서 다량의 정보를 일시에 확인할 수 있도록 상하 수직 배열 방식의 다기능 콘솔을 사용하고 있으며, 많은 콘솔 운용자들이 수직으로 배열된 상하부 콘솔 모니터 앞에서 장시간 동안 정적인 응시 과업을 수행함에 따라 목과 허리 부위의 근·골격계에 심각한 통증을 겪고 있다는 것이 사용성 평가 설문을 통해 확인되었다. 그러므로, [그림 58] 과 같이 상하부 콘솔 모니터의 높이와 경사각, 콘솔 의자의 높이를 조절할 수 있는 실험 장비를 제작하여, 콘솔 모니터의 높이와 경사각에 따라 주요 부위의 근육 피로도가 어떻게 변화하는지 확인할 수 있는 실험이 필요하다. 이와 같은 실험 환경 속에서는 비단 콘솔의 설계 규격 조건이 다른 콘솔 사이의 근육 피로도 차이를 확인할 수 있을 뿐 아니라, 같은 콘솔 규격 조건이라도 할지라도, 서로 다른 인체 크기 특성을 갖는 사용자들 사이에 발생하는 근육 피로도 차이를 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 콘솔 운용 중 주요 근·골격계에 발생하는 피로는 장시간 동안 동일한 자세로 과업을 수행함에 따라 발생하는 것으로, 단시간 동안의 콘솔모니터 응시 과업을 통해 특정 근육의 피로 전후 차이를 명확하게 확인하기는 어려울 수 있다. 또한, 근전도 센서를 부착한 상태로, 상부모니터와 하부모니터를 응시하기 위해 지속적으로 몸을 움직이거나, 등을 등받이에 접촉하는 경우, 센서의 오작동을 유발할 수 있다. 그러므로, 콘솔 모니터 응시 과업은 최소 2시간 이상 지속적으로 수행해야 하며, 모니터 응시 과업 전과 후로 나누어 해당 근육 부위의 근전도 변화를 각 5분간 측정함으로써, 각 근육의 피로도 차이를 비교해 보아야 한다. 또한, 근전도 측정 실험의 대상 근육은 사용성 평가 설문 및 인터뷰를 통해 가장 피로한 부위로 식별된 상하부 등세모근과 척추기립근으로 선정할 것을 권고한다.



[그림 58] 잠수함 다기능 콘솔 규격에 따른 운용 피로도 측정 실험 환경

두 번째는 조작 과업 운용 효율성 측정 실험이다. 콘솔 작업대에 배치된 각 조작 장치의 배열이 부적합하다는 사용성 평가 설문 결과와, 다수 사용자들의 인터뷰 내용을 통해, 과업 순서와 사용 빈도를 고려한 조작 장치의 배열이 효과적인 과업 수행과 조작 오류 방지를 위해 매우 중요한 요소라는 점을 알 수 있었다.

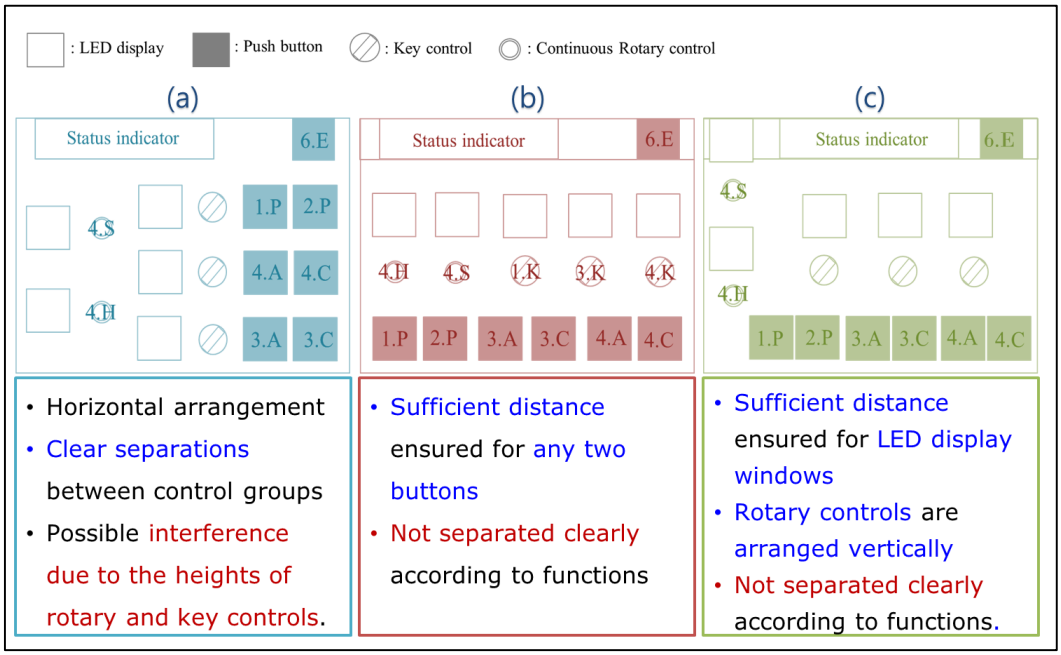
문헌조사 결과, 조작 장치의 배열과 관련한 다양한 연구들이 있었지만, 서로 다른 형태를 갖는 조작 장치의 특성과 상호 간의 차이점을 배제한 채, 단순히 특정 과업 수행에 대한 반응 시간과 조작 장치 간의 거리 차이가 수행 과업에 미치는 영향을 확인하기 위한 실험이 많았으며 (Francis, 2000; Hoffmann, 1994; Holman, Carnahan, & Bulfin, 2003; Jung, Park, & Chang, 1995; M. Wang, Liu, & Pan, 1991), 특히, 잠수함 콘솔의 사용 맥락을 기반으로 조작 장치의 최적 배열 방안을 검토한 연구는 거의 없었다.



[그림 59] 인간 공학적 요소를 반영한 콘솔 조작 장치 설계 절차 (Han et al., 2015)

그럼에도 불구하고, Han et al. (2015)은 실제 콘솔 운용자의 의견을 수렴하여 인간공학적 설계 원칙이 반영될 수 있도록 [그림 59]와 같이 잠수함 콘솔 조작 장치의 설계 절차를 정립하여, [그림 60]와 같이 조작 장치의 기능과 유형, 조작의 빈도와 과업의 순서를 고려한 세 가지의 콘솔 조작 장치 프로토타입을 제작하였으며, 인간공학자들을 대상으로 휴리스틱 평가를 수행하였다. 하지만, 이 연구 역시, 3D 프린터를 이용하여 각 조작 장치의 모형만 본떠 제작하였기 때문에, 실제로 콘솔을 조작하는 상황에서 발생하는 문제점을 식별하는 것은 불가능했으며, 잠수함 콘솔 운용 경험이 없는 10명의 인간공학자만을 대상으로 평가를 수행하였다는 한계가 있다.

그러므로, 향후에는 상기 제안한 조작 장치 배열(안)에 따라 실제로 조작 가능한 콘솔 모형을 제작하여, 표적의 탐색이나 어뢰 발사 등 특정 과업을 실제 콘솔 운용자들에게 수행하게 하고, 각 조작 장치 배열(안) 간 과업 수행 시간 차이, 과업 수행 중 조작 장치 간 간섭 여부, 콘솔 운용 간 오작동 빈도 등을 확인해 볼 수 있는 실험이 필요할 것이다.



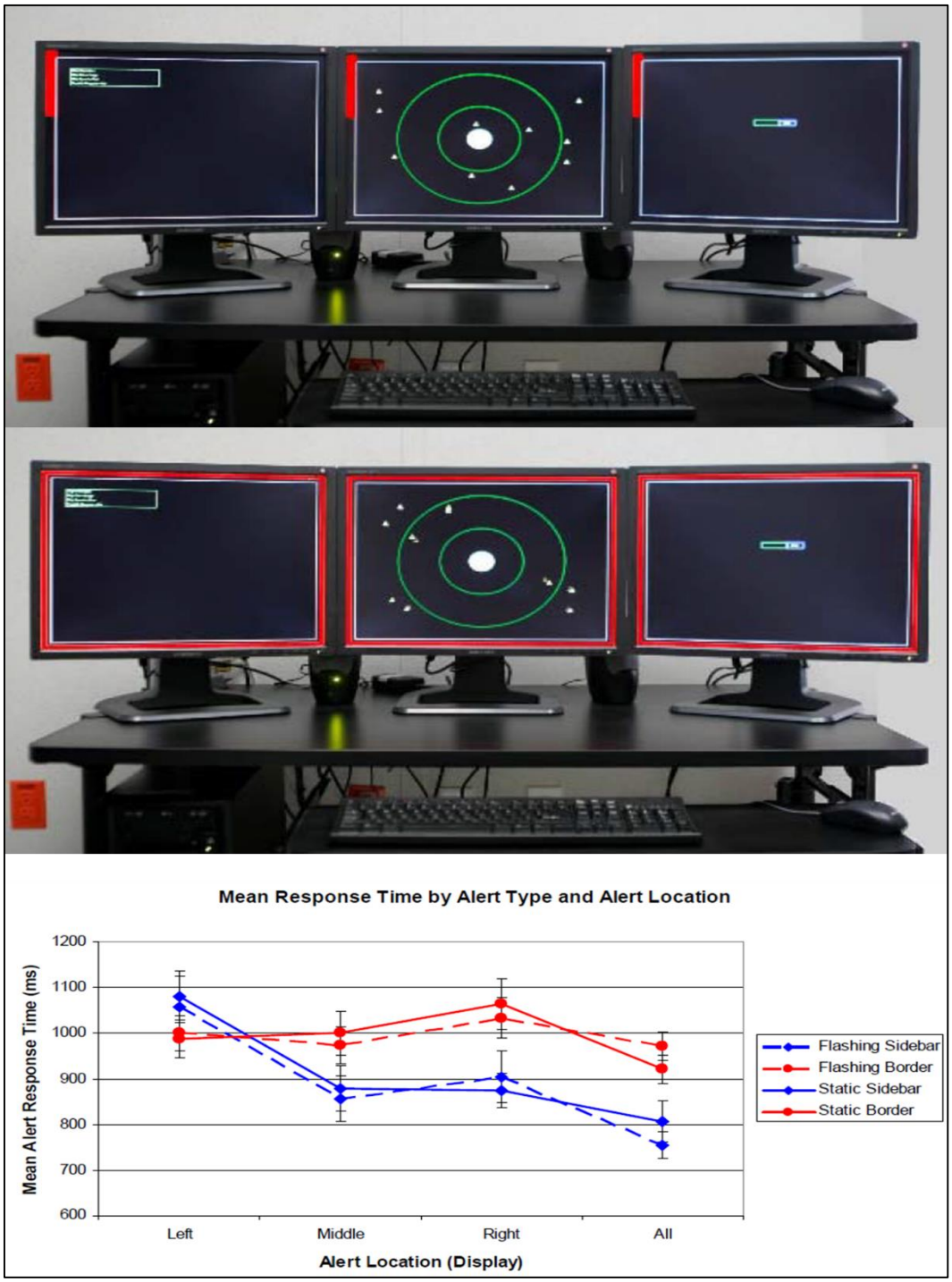
[그림 60] 기능 및 유형에 따른 콘솔 조작 장치 배열(안) (Han et al., 2015)

세 번째는 경고 자극 반응 민첩성 측정 실험이다. 사용성 평가 설문 결과를 통해 콘솔 운용자들은 현재 콘솔에서 제공하는 주의 및 경고 메시지에 대하여 높은 불만을 갖고 있으며, 잠수함 다기능 콘솔의 사용성 개선에 대한 조직의 요구사항에서도 함 운용에 반드시 필요한 주요 정보가 콘솔 운용자들에게 분명히 인식되기를 희망한다는 것을 알 수 있었다. 그러므로, 이와 같은 중요한 정보를 보다 신속하고 명확하게 인지하게 할 수 있는 방법이 고안되어야 하며, 새롭게 고안된 방법들이 기존에 비해 어느 정도의 효과가 있는지 검증해 볼 필요가 있다. 특히, 잠수함 다기능 콘솔 운용자는 청각 신호를 통해 주변의 접촉물 정보 실시간으로 확인하기 때문에, 청각 신호를 통한 경고 정보 제공은 제한되며, 이에 따라 경고 정보를 가장 효과적으로 제공할 수 있는 시각 신호 방법을 강구해야 한다.

Crebolder and Beardsall (2008)은 [그림 61]과 같이 횡렬로 배열된 3개의 다중 모니터 운용 상황에서 시각 경고 신호를 다양한 방법으로 제공하고,

사용자의 경고 정보 인지 시간을 측정하였다. 이 실험에서는 왼쪽, 가운데, 오른쪽, 그리고 모든 모니터 화면에 막대 형태의 경고 표시와 엣지 스크린 형태의 경고 표시를 각각 상시 전시와 점멸 전시로 나누어 반응 시간을 측정하였으며, 그 결과, 모든 모니터에 시각 경고 표시를 제공하는 경우 반응시간이 가장 짧았고, 대부분의 경우 막대 형태의 경고 표시가 엣지 스크린 형태의 경고 표시에 비해 반응시간이 짧았다.

현재 장보고급 잠수함의 경우, 주요 경고 메시지가 붉은색의 문자 형태로 화면 상단에 점멸되기 때문에, 복잡한 콘솔 운용 과업 중 해당 정보를 인지하는 데 어려움을 겪는다는 것을 콘솔 운용자 인터뷰를 통해 확인하였다. 그러므로, 위 연구에서 수행한 실험을 참고하여, 실험 환경을 조성하고 다양한 경고 유형에 따른 콘솔 운용자의 반응 시간 차이를 비교하는 실험을 수행해 볼 필요가 있다.



[그림 61] 시각 경고 유형 별 반응시간 비교 결과 (Crebolder & Beardsall, 2008)

4.2.5 소결론

본 연구에서는 잠수함 다기능 콘솔 운용자의 콘솔 사용 맥락에 기반하여 사용성 평가 설문 도구를 제작하였으며, 설문 결과 및 사용자 인터뷰 내용을 기반으로 다양한 사용성 검증 실험을 제안하였다.

현재 장보고급 잠수함의 다기능 콘솔을 운용하고 있는 콘솔 운용자 21명에 대한 사용성 평가 설문 결과, 콘솔의 규격 관련 사용성 요소에 대한 인체 크기 별 평가 결과에서 통계적으로 유의미한 차이를 확인하기는 어려웠지만, 신장이 작거나 평균적인 콘솔 운용자 집단이 대체적으로 현재의 콘솔 의자와 콘솔 작업대의 높이에 대해 높다고 인식하고 있음을 알 수 있었다. 특히, 인체 크기로 분류한 군집과 상관없이 다수의 콘솔 운용자들이 현재 콘솔 의자의 높이가 더 낮게 조절되지 않는다는 불만을 강하게 제기하였으며, 콘솔 운용자의 인체 크기에 비해 높게 설계된 콘솔 의자가 결국, 콘솔 작업대 높이에 대한 불만과 상하부 모니터의 적정 시야각 이탈, 그리고 목과 등 부위 근·골격계 피로감 증가에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 이에, 본 연구에서는 콘솔 운용자가 콘솔의 사용 맥락에 따라 상·하부 콘솔 모니터를 적절하게 응시할 수 있도록 콘솔 모니터의 최적 경사각을 산출하는 방법을 다양한 제약식을 통해 제시하였으며, 콘솔 의자의 높이와 콘솔 작업대의 최적 높이를 산출하는 과정은 5.2절에서 구체적으로 다루게 될 것이다.

한편, 본 연구에서는 사용성 평가 설문과 콘솔 운용자 인터뷰 결과를 바탕으로 콘솔의 물리적, 기능적 사용성을 검증할 수 있는 대표적인 실험 세 가지 –감시과업 운용피로도 측정실험, 조작과업 운용효율성 측정실험, 경고자극 반응민첩성 측정실험– 를 제안하였다. 물론, 본 연구에서 제안하는 실험을 통해 잠수함 다기능 콘솔에 필요한 모든 사용성 요소를 검증하기는 어렵겠지만, 사용성 평가 설문 결과와 조직 및 개인이 요구하는 콘솔 운용의 대표적 사용성 제한 요소를 기반으로 사용성 검증 실험을 고안하였기 때문에, 콘솔 운용자에게 반드시 필요한 사용성 요소를 실질적으로 확인하는데 도움이 될 수 있을 것이며, 서로 다른 인체 크기 조건을 가진 사용자들에 대한

사용성 정도를 비교하고, 서로 다른 기능적 요소를 지닌 인터페이스 간 사용성 정도를 검증하는데 충분히 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 콘솔 운용자의 인체 조건에 따라 콘솔의 사용성 정도에 차이가 있다는 가설을 기반으로 현재 콘솔을 운용하고 있는 잠수함 승조원을 섭외하여 설문을 수행하였으나, 인체 크기 조건이 서로 다른 충분한 수의 콘솔 운용자를 모집하는 것이 제한되었기 때문에, 인체 크기에 따른 군집별 사용자들에 대한 사용성 차이를 통계적으로 밝히지 못했다는 한계가 있다. 또한, 기존 연구들을 토대로 콘솔 사용성을 검증할 수 있는 다양한 양상의 실험들을 제안하기는 했지만, 서로 다른 기능과 구조를 갖는 콘솔 Mock-up을 실제로 제작하여 사용성 검증 실험을 직접 수행해 보지는 못했다.

이에, 향후에는 해군으로부터 인적·물적 자원을 지원받아, 보다 다양한 인체 크기 조건을 갖는 콘솔 운용자들을 모집하여 콘솔 운용과 관련한 인체 크기를 세부적으로 측정하고, 본 연구에서 제시한 사용성 평가 설문과 사용성 검증 실험을 수행하게 함으로써, 보다 실증적인 결과를 도출하는 데 집중할 것이다.

5. 한국인 인체 크기와 군수품 규격 간 부적합 문제 해결

5.1 한국형 군장 배낭 설계

5.1.1 연구개요

개인용 군수품의 운반 능력은 군사 작전에서 매우 중요한 고려 요소이며, 대한민국의 육군 보병들은 개인에게 필요한 군수품을 지참하고 작전 목표지역까지 이동하기 위해 '군장 배낭'을 사용한다. 군장 배낭과 관련된 기존 연구의 대부분은 인간의 물리적 능력을 고려하여 얼마만큼의 무게까지 짊어지게 하는 것이 적절한지 연구하는 데 초점이 맞추어져 있었지만, 같은 무게의 군장 배낭을 짊어지더라도 특정 군장 배낭이 사용자의 인체 크기 특성을 반영하지 못한 채 설계되었다면, 상대적으로 유독 더 큰 피로감과 통증을 느끼게 될지도 모른다.

본 연구는 현재 대한민국 육군에서 사용 중인 군장 배낭이 우리 육군 보병들의 인체 크기에 적합하도록 설계되었는지 여부를 판별하고, 한국인의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 군장 배낭의 최적 규격을 도출하기 위해 수행되었다.

본 연구에서는 군장 배낭 착용 중 사용자의 신체와 가장 빈번하게 상호작용하는 부위인 군장 배낭 등판의 세로 길이와 가로 너비, 그리고 어깨끈 너비를 목표 설계변수로 선정하였으며, 일곱 가지의 인체측정항목을 이용하여 세 가지 목표 설계변수에 대한 부적합 제약식(Mismatch Equation)을 고안하였다. 또한, 한국 성인 남녀 4,051명의 인체 측정치와 고안된 부적합 제약식을 이용하여 현재 사용 중인 대한민국의 육군 군장 배낭의 설계 규격이 한국인의 인체 크기에 대하여 적합한지 여부를 검토하였으며, 적합률을 최대화할 수 있는 각 목표 설계변수의 최적 규격을 알고리즘 접근법(Algorithmic Approach)을 통해 제안하였다.

부적합 제약식을 이용하여 현재 군장 배낭의 각 목표 설계변수 규격에 대한 적합성 여부를 확인한 결과, 모든 설계변수의 현재 규격에 대하여 적합한 인체 크기를 갖는 전체 성인의 비율은 11.80%에 불과한 것으로 확인되었다. 반면, 알고리즘 기법을 이용하여 제안하는 새로운 군장 배낭 규격 시스템을 적용하는 경우, Medium 사이즈 군장 배낭 하나만으로, 적합률을 80.41%까지 향상시킬 수 있으며, Small 사이즈와 Large 사이즈까지 총 세 가지의 규격을 도입하는 경우, 적합률을 최대 98.62%까지 높일 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 사용된 방법론과 새로운 군장 배낭 크기 시스템은 향후 한국 육군의 군장 배낭 크기 결정을 위한 지침이 될 수 있으며, 군장 배낭의 부적합한 크기 때문에 발생하는 다양한 근·골격계 질환을 예방하는 데에도 도움이 될 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 사용된 부적합 공식과 알고리즘 접근법은 등산용 배낭이나 배낭형 소방 장비 등과 같이 무거운 물건을 운반하기 위해 제작되는 성인용 배낭의 규격을 결정하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5.1.2 연구배경

개인용 군수품의 운반 능력은 육군의 군사 작전에서 매우 중요한 고려 요소이다 (Williams & Rayson, 2006). 가방의 종류는 착용 방식이나 크기에 따라 매우 다양하게 분류되지만, 일반인에 비해 무겁고 부피가 큰 군수품을 짊어지고, 지대가 고르지 못한 산악지대를 장시간 이동하는 육군 보병들에게는 (Attwells et al., 2006; McCaig & Gooderson, 1986), 휴대성과 이동 편의성을 고려했을 때, 배낭 형태의 가방이 매우 유용하게 사용된다. 하지만, 육군 보병들이 사용하는 군장 배낭이 그들의 신체 크기에 부적합하게 설계된 경우, 개인의 물리적 피로도 증가로 인한 개별 전투력 감소는 물론, 부대 전체의 군사 작전 수행에도 치명적인 영향을 미칠 수 있다.

배낭과 관련된 대부분의 기존 연구들은 인체 특성을 고려한 디자인을 연구하기보다는 무거운 군장 배낭을 착용했을 때 발생하는 생리적 변화와 특정 근육의 피로 정도를 확인하거나 (Armstrong, Ward, Lomax, Tipton, & House, 2019; Li & Chow, 2018; Rodrigues et al., 2018), 인간의 물리적 능력을 고려하여 얼마만큼의 무게까지 짊어지게 했을 때, 근·골격계 부상을 방지할 수 있는지를 연구하는 데 초점이 맞추어져 있었다 (Attwells et al., 2006; Beekley et al., 2007; Birrell et al., 2007; Brackley & Stevenson, 2004; Zakeri et al., 2016). 하지만, 똑같은 무게의 군장 배낭을 짊어진다고 하더라도 자신의 인체 크기에 부합하지 않은 군장 배낭을 사용하는 경우, 평소보다 더 큰 피로감을 느낄 수 있음을 고려할 때, 군장 배낭은 최대한의 편안함을 줄 수 있도록 사용자 친화적으로 설계(Design)되어야 한다. 사용자의 인체 크기에 부적합하고, 규격화 되지 않은 군장 배낭을 사용하는 경우에는 배낭의 무게가 가볍다고 하더라도 예상하지 못한 부상과 근·골격계 질환이 발생할 수 있으며(Zakeri et al., 2016), 인간공학적이지 않은 배낭을 사용하는 경우, 과다 앞굽음(hyperlordosis), 척추 측만(lateral deviation of the spine), 걸음걸이 양상 변화, 심장 혈관 변화, 호흡곤란 문제, 신진대사 문제 등을 포함한 은밀하고 명백한 부작용이 동반될 수도 있다(Daneshmandi

et al., 2008; Hong et al., 2000; Motmans et al., 2006).

그러므로, 기존의 연구들과 같이 배낭 사용에 대한 주관적인 관찰 결과를 기반으로 배낭의 적정 무게 만을 찾으려는 양상에서 벗어나, 배낭의 여러가지 설계 요소를 조절하여 인체 특성에 맞게 최적화하는 시도를 해 볼 필요가 있다(Mououdi, Akbari, & Mousavinasab, 2018). 이와 관련하여, 기존의 여러 연구들에서는 물건을 이동하는 과업을 수행할 때, 사용자의 자세 대칭을 강화하고 가방의 무게를 고르게 분산시킬 수 있도록, 양 쪽 어깨에 매는 배낭을 등에 밀착하여 착용할 것을 권고하고 있으며, 군장 배낭과 사용자의 신체 특정부위가 직접 접촉되는 설계 요소들은 사용자의 인체 크기 특성을 반영하여 여러가지 규격으로 제작해야 한다고 강조하고 있다 (ANDERSSON, 1985; Cook & Neumann, 1987; LaBar, 1997; Pascoe, Pascoe, Wang, Shim, & Kim, 1997; Waters, Putz-Anderson, Garg, & Fine, 1993). 군장 배낭이 다양한 규격으로 설계되는 경우, 서로 다른 인체 크기를 갖는 더 많은 사용자들이 배낭에 대한 밀착감을 더욱 강하게 느낄 수 있으며, 신체 특정 부위에 비정상적으로 하중이 집중되는 현상도 방지되어, 더욱 편안함을 느낄 수 있다 (Jones & Hooper, 2005).

현재 육군에서 사용하고 있는 군장 배낭은 장병들의 신체 크기나 육체적인 능력보다는, 군수품을 얼마나 많이 담을 수 있는지에 초점을 두어 제작되어 왔다. 특히, 현재의 군장 배낭은 사용자 신체가 직접 접촉되는 등판과 어깨 끈이 모두 단 하나의 규격으로만 제작되어 있기 때문에, 우리 장병들에게 인체 측정학적으로 적합하게 설계된 것인지 의문이 생길 수 밖에 없다. 더불어, 앞선 4장 1절의 연구에서는 현재와 같이 동일한 규격의 군장 배낭을 사용할 때, 상호작용 요인 및 기동성 요인의 하위 사용성 요소들과 군장 배낭으로 인한 통증 발생 부위가 사용자의 인체 크기에 따라 유의미한 차이가 있음을 확인한 바 있으며, 이를 통해 실제 사용자의 인체 크기를 기반으로 군장 배낭의 주요 규격을 선정해야 함을 더욱 강하게 인식할 수 있었다.

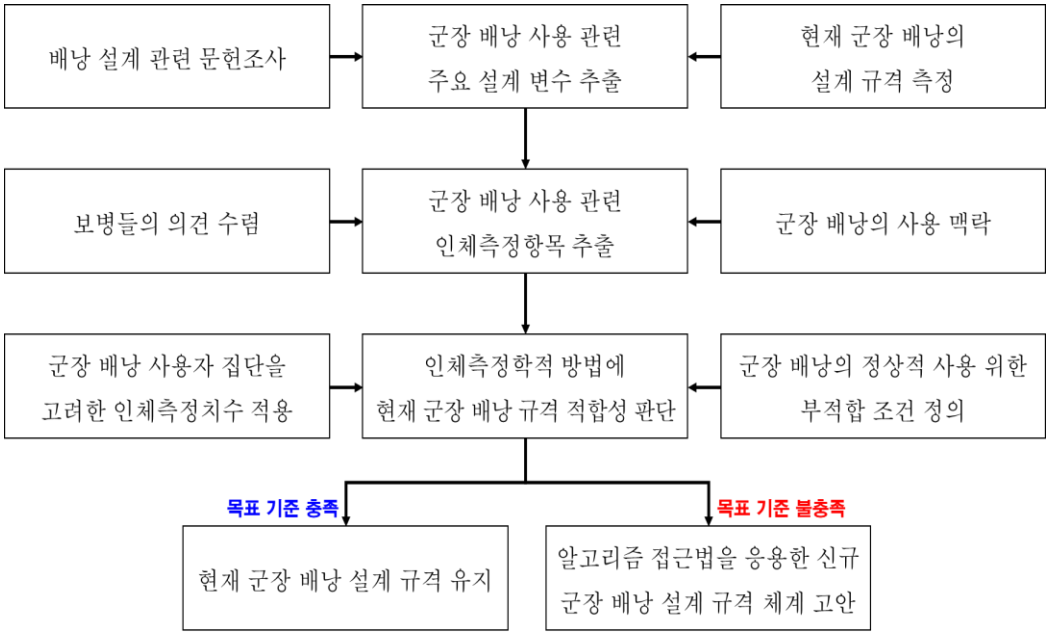
군장 배낭이 육군의 군사작전에 미치는 압도적인 영향력을 고려할 때, 군장

배낭의 각종 설계변수 치수 결정을 위해 더 많은 시간을 인간공학적 연구에 할애해야 함에도 불구하고(Mackie, Legg, Beadle, & Hedderley, 2003), 어린이나 18세 이하의 청소년들이 사용하는 학생용 배낭(School bag)의 설계 규격을 제안하는 연구들만 활발히 진행되고 있을 뿐(Mahammad A., 2018; Adams, 2017; Fonfeder, 2005), 성인들이 사용하는 커다란 배낭이나 군인들이 사용하는 군장 배낭의 설계 치수에 대한 인간공학적인 연구는 부족했던 것이 사실이다. 물론, 최근 발표된 몇몇 연구에서는 일반 배낭의 프레임 구조와 각종 보조 끈을 인간공학적으로 개선하거나, 배낭을 앞뒤로 동시에 착용하는 방식을 제안함으로써 일반 배낭을 착용했을 때와의 물리적 차이를 비교하기도 했다 (Li et al., 2019; Shojaei, Suri, & Bazrgari, 2018). 하지만, 이러한 연구들 역시, 개선 전후의 차이를 단순히 비교하는데 그칠 뿐, 사용자의 인체 크기를 고려하여 배낭의 크기를 어떻게 제작해야 한다는 명확한 설계 지침은 제시하지 못했다. 또한, 본 연구의 사전 단계 연구에서도 사용자의 상체 크기를 반영하여 다양한 군장 배낭의 설계 규격을 제안하였지만, 규격 선정에 대한 논리적인 근거가 부족하였으며, 기존의 규격과 비교하여 어느 정도의 개선 효과가 있는지 정량적으로 제시하지는 못했다(J. H. Lee et al., 2019).

그러므로, 본 연구에서는 인체 크기 특성과 제품의 치수 간의 부적합 문제를 다루었던 기존 연구들을 참고로 (Afzan et al., 2012; Bendak, Al-Saleh, & Al-Khalidi, 2013; H. Castellucci, P. Arezes, & J. Molenbroek, 2015a; Y. Lee, Kim, Lee, & Yun, 2018; Lu & Lu, 2017), 군장 배낭 사용 중 사용자의 신체와 직접 맞닿는 군장 배낭의 등판과 어깨 끈의 규격에 대해 중점적으로 검토하였다. 또한, 대한민국 성인 남녀의 인체 측정자료를 기반으로, 군장 배낭 등판의 세로 길이와 가로 너비, 그리고 어깨 끈 너비에 대한 적정 규격을 산출할 수 있는 부적합 제약식을 고안함으로써, 현재 사용 중인 육군 군장 배낭의 설계 규격이 한국인의 인체 크기에 적합한지 여부를 확인하였으며, 적합률을 최대화 할 수 있는 최적 규격을 산출하여 제안하였다.

5.1.3 연구방법

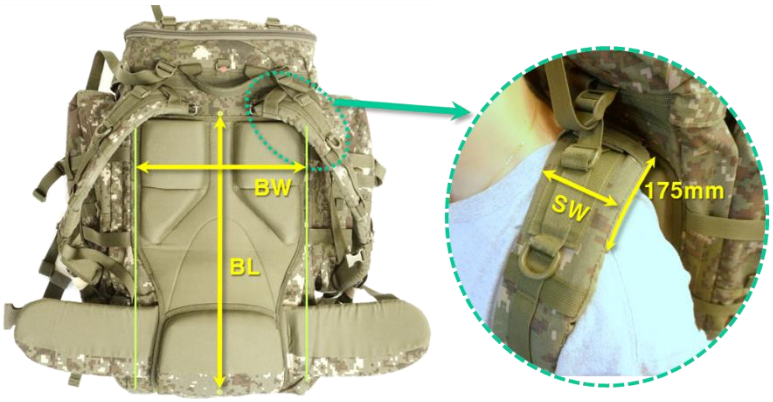
[그림 62]는 군장 배낭의 규격을 평가하고 개선하기 위한 절차를 나타낸다.



[그림 62] 인체측정학적 방법론을 이용한 군장 배낭 설계 절차

첫 번째로, 군장 배낭의 사용과 관련하여 가장 중요한 설계 요소를 추출하기 위해 배낭의 설계에 대한 기존 문헌을 검토하고, 현재 군장 배낭의 세부 규격을 측정하였다. 두 번째로, 군장 배낭 사용과 관련된 인체 측정 항목을 추출하기 위해 군장 배낭의 실제 사용자인 육군 보병들의 의견을 수렴하고 사용 맥락을 조사하였으며, 그 결과 군장 배낭을 착용하고 기동 중 군장 배낭이 몸에 제대로 밀착되지 않고, 어깨와 등, 그리고 허리 부위에 배낭의 하중이 집중되어, 심각한 통증이 발생한다는 것을 알 수 있었다. 세 번째로, 인체측정학적 방법을 통해 현재 군장 배낭 규격의 적절성 여부를 판단하기 위하여 군장 배낭 착용과 관련된 부위의 인체측정치수를 수집하였으며, 군장 배낭의 정상적인 사용을 보장할 수 있는 규격 조건을

검토하였다. 마지막으로, 군장 배낭 규격의 한국인 인체 크기 특성에 대한 최소 적합률을 70%로 선정하고, 부적합 제약식을 이용하여 최소 적합률 충족 여부를 검토하였다. 본 연구에서는 현재 군장 배낭의 주요 규격에 대한 적합률이 대부분 최소 적합률 기준에 미치지 못했기 때문에, 알고리즘 접근법을 이용하여 새로운 군장 배낭 설계 규격 체계를 제안하였다.



[그림 63] 현재 한국 육군 군장 배낭의 주요 설계변수. 등판 길이[Back panel Length(BL)]: 어깨 끈 시작점으로부터 허리패드 하단까지의 수직 거리; 등판 너비[Back panel Width(BW)]: 어깨점 하단 가장 넓은 등판부위의 수평 거리; 어깨 끈 너비[Shoulder strap Width(SW)]: 사용자의 어깨 접촉부위에서의 어깨 끈 너비.

2011년 이후 사용되고 있는 현재 대한민국 육군의 군장 배낭 주요 설계변수는 [그림 63]과 같다. 본 연구에서는 군장 배낭과 사용자의 인체가 직접 상호작용하는 부위인 군장 배낭 등판의 세로 길이와 가로 너비, 그리고, 어깨 끈의 너비를 목표 설계변수로 선정하였다. 단, 본 연구에서 제안하고자 하는 군장 배낭 등판의 세로 길이와 가로 너비는 군장 배낭 전체의 세로 길이와 가로 너비가 아니라, 사용자의 인체와 직접 닿는 군장 배낭 등판의 크기를 의미하므로, 군장 배낭의 전체 크기보다는 더 작을 수도 있다.

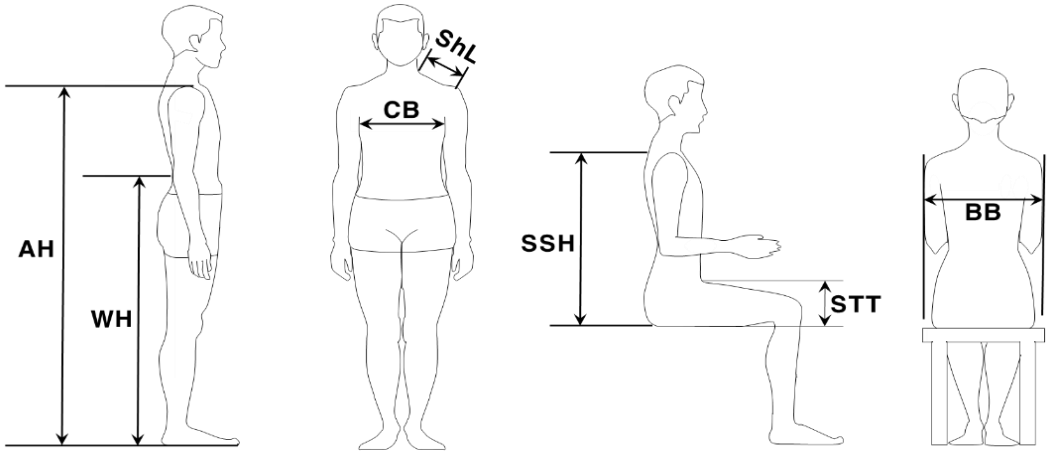
첫 번째 목표 설계변수인 등판 길이(BL)는 어깨 끈이 시작되는 지점부터 허리패드 하단까지의 수직 거리를 의미하며, 현재 군장 배낭의 등판 길이는

463mm로 측정되었다. 등판 길이가 너무 길면 결국 군장 배낭 전체의 길이가 길어져 목을 뒤로 젖힐 수 없거나, 허리패드가 엉덩이 부위에 닿아 보행이 제한될 수 있으며, 너무 짧으면 사용자의 신체와 밀착감을 형성하기 곤란할 것이다. 두 번째 목표 설계변수인 등판 너비(BW)는 어깨 끈 하단의 가장 폭이 넓은 등판 부위의 수평 거리를 의미하며, 현재 군장 배낭의 등판 너비는 307mm로 측정되었다. 등판 너비가 너무 넓은 경우 상체의 움직임이 제한될 수 있으며 너무 좁은 경우 몸의 균형을 유지하기가 어려울 수 있다. 세 번째 목표 설계변수인 어깨 끈 너비(SW)는 사용자의 어깨에 닿는 지점에서의 측정한 어깨 끈의 너비를 의미하며, 현재 군장 배낭의 어깨 끈 너비는 80mm로 측정되었다. 물론, 사용자의 인체 크기에 따라 어깨 끈이 접촉되는 지점이 조금씩 다를 수도 있지만, 현재의 군장 배낭은 어깨 끈 시작점부터 175mm까지 동일한 너비를 갖고 있기 때문에 어깨 끈 너비는 모두 80mm인 것으로 가정하였다. 군장 배낭의 어깨 끈은 등판에 못지않게 사용자의 인체와 활발한 상호작용을 하는 부위이다. 인체와 배낭의 어깨 끈 사이의 접점에서 발생하는 압력은 'Interface pressure'라고 하며(Golriz, Hebert, Bo Foreman, & Walker, 2017), 어깨 끈 아래의 Interface pressures는 배낭을 운반하는 과업을 제한하는 매우 중요한 요인이기 때문에(Holewijn, 1990), 인체공학적인 고려 없이 어깨 끈이 설계되는 경우, 사용자의 상체 부위에 심각한 부상이 발생할 수 있다(Fergenbaum & Stevenson, 2007).

본 연구에서는 위의 세 가지 군장 배낭 설계 규격이 한국인의 인체 크기 특성을 반영하여 적합하게 설계되어 있는지에 대해 검토해 보았다.

대한민국은 아직까지 징병제를 채택하고 있으며, 군인의 복무 연령은 계급에 다르지만 20대에서 50대까지의 다양하게 분포되어 있다. 그러므로, 본 연구에서는 육군 장병의 복무 연령을 고려하여 2015년에 한국 사이즈코리아 주관으로 조사된 제7차 인체측정 자료 중 성별 별로 20대, 30대, 40대, 50대의 자료를 수집하였으며, 133개의 인체측정 항목 중 [그림 64]과 같이 군장 배낭의 목표 설계 변수와 관련된 일곱 가지의

인체측정항목을 채택하였다: 어깨높이(Acromion Height), 허리높이(Waist Height), 가슴너비(Chest breath), 어깨 길이(Shoulder length), 앉은 어깨높이(Sitting shoulder height), 앉은 넙다리 두께(Sitting thigh thickness), 위팔사이너비(Bi-deltoid breath).



[그림 64] 군장 배낭 설계를 위한 인체측정 항목. 어깨높이[Acromion height(AH)]: 바닥 면으로부터 어깨점까지의 수직 거리; 허리높이[Waist height(WH)]: 바닥 면으로부터 허리뒤점까지의 수직 거리; 가슴너비[Chest breadth(CB)]: 복장뼈가운데점 수준에서의 수평거리; 어깨길이[Shoulder length(ShL)]: 목옆점에서 어깨점까지의 길이; 앉은 어깨 높이[Sitting shoulder height(SSH)]: 앉은 면으로부터 어깨점까지의 수직 거리; 앉은 넙다리 두께[Sitting thigh thickness(STT)]: 앉은 면으로부터 앉은 넙다리 위점까지의 수직 거리; 위팔사이너비[Bi-deltoid breadth(BB)]: 양쪽 어깨세모근점 사이의 수평거리.

대한민국의 성인 남성(n=1995)과 여성(n=2056)에 대한 일곱가지 인체측정 항목의 연령대별 기술통계 자료는 [표 6]과 [표 7]에 제시하였으며, 7개의 인체측정항목(AH, WH, CB, ShL, SSH, STT, BB)은 군장 배낭의 세 가지 목표설계변수(BL, BW, SW)에 대한 치수를 결정하는 부적합 제약식의 변수로 사용되었다.

[표 6] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 남성의 실측 치수

인체측정 항목	연령대*	평균	표준 편차	최소값	최대값	분위		
						5	50	95
어깨높이 (mm)	20s	1,406.86	53.0	1265	1581	1324	1406	1499
	30s	1,405.84	49.3	1280	1553	1332	1401	1490
	40s	1,383.19	49.3	1214	1551	1311	1383	1459
	50s	1,365.57	51.6	1238	1506	1276	1367	1441
허리높이 (mm)	20s	1,056.08	42.0	939	1177	984	1055	1126
	30s	1,048.43	40.7	951	1172	985	1046	1119
	40s	1,026.61	41.5	914	1175	962	1026	1091
	50s	1,010.19	42.0	910	1133	940	1010	1077
가슴너비 (mm)	20s	316.08	22.6	259	418	284	314	356
	30s	325.05	21.0	269	405	295	324	363
	40s	321.18	21.7	260	386	285	320	355
	50s	313.09	18.4	266	383	284	312	342
어깨길이 (mm)	20s	136.77	13.6	100	188	117	135	162
	30s	137.61	12.4	109	190	120	136	160
	40s	134.46	10.7	104	170	118	135	152
	50s	131.45	11.5	105	175	115	130	151
앉은 어깨높이 (mm)	20s	606.13	26.5	533	702	565	606	652
	30s	612.19	24.4	542	691	573	613	653
	40s	606.15	25.5	527	680	563	607	647
	50s	599.65	26.0	522	698	554	601	641

앉은 넙다리 두께 (mm)	20s	151.48	14.2	111	210	130	151	176
	30s	153.58	13.9	110	195	131	153	177
	40s	149.64	15.7	108	280	128	149	171
	50s	144.49	12.3	108	178	125	145	164
위팔 사이 너비 (mm)	20s	467.53	28.4	383	587	426	465	518
	30s	475.51	25.8	388	570	435	475	518
	40s	470.38	26.9	403	577	426	470	513
	50s	458.50	24.8	386	530	420	458	498

* 20s(n=824), 30s(n=648), 40s(n=304), 50s(n=219)

[표 7] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 여성의 실측 치수

인체측정 항목	연령대*	평균	표준 편차	최소값	최대값	분위		
						5	50	95
어깨높이 (mm)	20s	1,297.98	46.7	1157	1447	1220	1300	1375
	30s	1,294.90	48.0	1136	1464	1223	1295	1376
	40s	1,269.81	47.0	1147	1410	1202	1269	1351
	50s	1,248.55	47.4	1122	1425	1175	1247	1327
허리높이 (mm)	20s	971.18	39.7	846	1081	908	971	1034
	30s	963.00	44.0	837	1117	892	963	1038
	40s	937.89	42.5	831	1074	868	936	1013
	50s	921.02	42.1	830	1077	855	919	989

가슴너비 (mm)	20s	276.64	15.5	234	368	254	275	305
	30s	280.67	15.8	238	356	257	279	309
	40s	282.47	15.8	245	334	257	282	311
	50s	283.52	14.6	242	335	261	283	307
어깨길이 (mm)	20s	115.23	9.1	90	144	100	115	130
	30s	116.14	10.0	82	156	101	115	134
	40s	114.48	8.8	85	138	100	115	127
	50s	114.16	10.0	90	155	99	115	130
앉은 어깨높이 (mm)	20s	568.67	24.1	504	667	530	568	610
	30s	574.21	22.9	503	669	539	574	610
	40s	567.18	23.5	502	641	534	565	610
	50s	557.08	24.8	490	641	518	556	598
앉은 넙다리 두께 (mm)	20s	133.68	13.5	103	202	113	133	156
	30s	134.48	13.6	99	202	115	133	158
	40s	135.80	13.0	99	178	117	134	158
	50s	132.13	11.7	98	166	113	132	151
위팔 사이 너비 (mm)	20s	408.71	27.8	333	602	370	406	452
	30s	414.23	27.1	346	535	375	411	462
	40s	421.90	26.6	350	512	380	421	467
	50s	424.38	23.8	363	529	390	422	465

* 20s(n=667), 30s(n=675), 40s(n=358), 50s(n=356)

배낭의 규격 결정을 위한 기존 연구의 제약식과 제안사항은 [표 8]과 같다.

[표 8] 배낭 설계 관련 기존 제약식 및 제안사항

설계규격	저자(연도)	제약식 및 제안사항
등판 길이 (BL)	Liu(2007), Lucas(2011)	하중 경감을 위해 등의 윗부분에 군장 배낭의 무게 중심 위치하도록 설계 필요
	Lindstrom-Hazel(2009)	배낭 등판 길이는 사용자 몸통 길이를 기반으로 설계 필요
	Adams(2018)	BL = AH(어깨높이) - WH(허리높이) + 2인치
	Mououdi et al. (2018)	BL = 5^{th} %ile SSH(앉은어깨높이) - 2.5^{th} %ile STT(앉은허벅지두께)
등판 너비 (BW)	Bauer and Freivalds(2009)	BW ≤ BB(위팔사이너비)
	국가기술표준원(2017)	3/4 * CB(가슴너비) ≤ BW ≤ CB(가슴너비)
	Adams(2018)	BW = 양쪽 견봉 사이의 너비
	Mououdi et al. (2018)	BW = 2/3 * 2.5^{th} %ile BB
어깨 끈 길이 (SW)	Harman et al. (1999)	어깨 끈 너비가 넓을수록 어깨에 부과되는 압력 감소
	Goodgold(2003), Lucas(2011)	어깨 끈 너비가 과도하게 좁은 경우, 혈액 순환 장애 및 심각한 어깨 부위 통증 발생
	Kim & Yoo (2013)	어깨 끈 너비가 너무 넓은 경우, 중간 척추 주변 근력 감소 및 견봉 각 증가에 따른 견갑골, 상부 승모근 통증 유발
	국가기술표준원(2017)	SW ≤ 3/4 * ShL(어깨길이)

기존 연구에서는 배낭 설계 규격의 상한이나 하한 만을 제안하여, 치수 결정을 위한 구체적인 산출 방법을 제시하지 못했거나, 특정 백분위수 사용자의 인체 치수를 이용하여 단 하나의 규격 만을 제안함으로써, 제시한 제약식을 통해 산출된 규격이 대상 사용자 집단의 인체 크기에 어느 정도나 부합하며, 기존과 대비하여 얼마만큼의 개선 효과가 있는지 정량적으로 확인하기 어려웠다.

그러므로, 본 연구에서는 기존 연구의 제약식과 대상 사용자 집단의 인체 측정 자료를 기반으로 군장 배낭에 대한 부적합 제약식을 고안하였으며, 군장 배낭의 정상적인 사용을 위하여 각 목표 설계 변수의 치수의 상한과 하한을 규정하였다.

먼저, 군장 배낭 등판의 세로 길이(BL)를 결정하기 위한 인체특성변수는 군장 배낭이 접촉되는 신체 부위를 고려하여 Equation (1)과 같이 어깨높이(AH)와 허리높이(WH), 앉은 어깨높이(SSH)와 앉은 넙다리 두께(STT)로 채택하였다.

$$AH - WH \leq BL \leq SSH - STT \quad (1)$$

물론, Lindstrom-Hazel (2009)은 일반적인 배낭의 세로 길이를 '몸통의 수직길이'를 근거로 하여 결정해야 한다고 제안했지만, 무거운 배낭의 하중을 경감시키려면 어깨 끈을 당겨서 군장 배낭의 무게 중심이 등의 윗부분에 위치하도록 착용하는 것이 유리하므로(Liu, 2007; Lucas, 2011), 본 연구에서는 군장 배낭 등판의 위쪽 경계선이 사용자의 어깨선과 일치할 수 있도록 '어깨높이'를 기준 변수 중 하나로 선정하였다. 또한, 등판의 허리패드 부분이 허리보다 높은 곳에 위치하는 경우에는 군장 배낭의 하중이 허리에 직접 작용하여 허리를 앞으로 휘게 할 수 있으며, 등판의 허리패드 부분이 천골(Sacrum)보다 지나치게 낮은 곳에 위치하는 경우에는 보행 시, 하체의 움직임을 방해할 수 있으므로, 허리높이와 넙다리 두께가 또 다른

변수들로 선정되었다(Lucas, 2011; Mououdi et al., 2018). 다만, 사이즈코리아에서 제공하는 인체측정항목 중에는 서 있는 상태로 넙다리의 두께를 측정한 데이터가 없었기 때문에, 등판 세로 길이의 최대 한계는 앉은 어깨 높이와 앉은 넙다리 두께를 이용할 수 밖에 없었다.

다음으로, 군장 배낭 등판의 가로 너비(BW)를 결정하기 위한 인체특성변수는 Equation (2)와 같이 가슴너비(CB)와 위팔사이 너비(BB)로 채택하였다.

$$3/4 \times CB \leq BW \leq 2/3 \times BB \quad (2)$$

Bauer and Freivalds (2009)는 배낭의 가로 너비가 사용자의 어깨너비보다 같거나 작기만 해도 문제없다고 제안하였지만, 군장 배낭의 가로 너비가 너무 좁은 경우 사용자의 등에 제대로 밀착되지 않을 수 있으며, 가로 너비가 너무 넓은 경우에는 좌우 방향으로 등판의 일부가 돌출되어 양팔의 자유로운 움직임을 제한할 수 있으므로, 양팔의 활동성을 보장하고 배낭이 사용자의 등에 보다 밀착되도록 착용되기 위해서는 가슴너비와 위팔사이 너비와 같은 몸통 부위의 너비를 변수로 선정하는 것이 더욱 적합하다(Mououdi et al., 2018; Standards, 2017).

마지막으로, 군장 배낭의 어깨 끈 너비(SW)를 결정하기 위한 인체특성변수는 Equation (3)와 같이 어깨 길이로 채택하였다.

$$1/2 \times ShL \leq SW \leq 3/4 \times ShL \quad (3)$$

Harman et al. (1999)는 Interface pressure를 줄이고 편안함을 높이기 위해 넓은 어깨 끈을 사용할 것을 권고하였으며, Golriz et al. (2017)은 같은 모양과 무게를 갖는 배낭에 대하여 서로 다른 너비의 어깨 끈을 부착하고(5cm, 6cm, 7cm, 8cm), 사용자의 어깨에 부과되는 압력을 측정하는

실험을 함으로써, 어깨 끈의 너비가 넓을수록 사용자의 어깨에 가해지는 압력이 감소한다는 것을 밝힌바 있다. 특히, 너무 좁은 어깨 끈을 사용하는 경우, 어깨의 통증 유발은 물론, 정상적인 혈액 순환을 방해하여 팔과 손의 마비와 얼얼함을 유발할 수 있다 (Goodgold, 2003; Lucas, 2011). 하지만, 어깨 끈이 너무 넓은 경우에도, MPS 활동력(midcervical paraspinal activity)을 현저하게 감소시키고, 견봉각(Acromion Angle)을 크게 증가시켜서 견갑골과 상부 승모근의 통증을 유발할 수 있다(Kim & Yoo, 2013). 즉, 어깨 끈의 너비는 어깨에 비해 너무 좁거나, 너무 넓은 경우 모두 치명적인 통증을 유발할 수 있기 때문에 본 연구에서는 기존 연구를 참고하여(Standards, 2017), Equation(3)과 같이 상한과 하한을 모두 정의하였다.

Equation (1)과 (2), 그리고 (3)은 기존의 연구에서 제안한 부적합 제약식을 기반으로 고안되었지만 (Admas, 2018; Lucas, 2011; Mououdi et al., 2018; Standards, 2017), 기존의 연구들이 등판 세로 길이(BL)와 등판 가로 너비(BW)를 정의하기 위해 특정한 백분위 사용자의 인체측정치를 이용하여 범용적인 하나의 규격을 대안으로 제시했던 반면, 본 연구는 사용자를 대표할 수 있는 집단에서 추출된 다량의 인체측정치와 부적합 제약식을 이용하여, 현재 군장 배낭의 적절성을 확인한 뒤, 가능한 많은 사용자의 인체 크기를 수용할 수 있는 최적 규격을 도출하였다는 데 차이가 있다.

대한민국 육군 군장 배낭의 목표 설계변수 별 부적합 제약식에 사이즈코리아로부터 추출한 20대부터 50대까지의 한국 성인 남녀 4,051명의 인체측정치와 현재의 군장 배낭 규격을 대입하여, 현재의 군장 배낭 규격이 한국인의 인체 크기 특성을 얼마만큼 수용하고 있는지 확인해 보았다.

또한, 현재의 군장 배낭 규격에 대한 부적합 정도가 연령별, 성별별로 차이가 있는지 확인하기 위하여, 수집된 인체측정치를 20/30/40/50대의 남녀로 구분하여 분석하였으며, 개별 인체측정치에 대하여 현재 군장 배낭

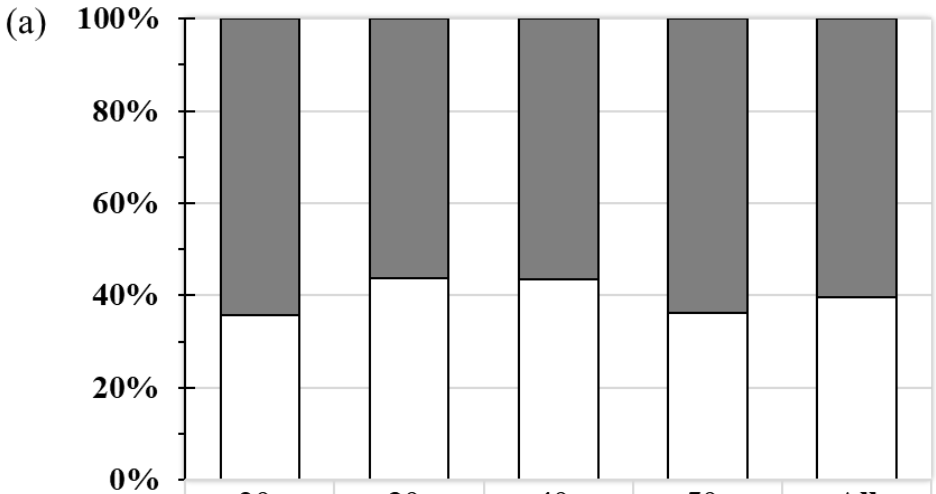
규격이 부적합한 것으로 판별된 경우, 인체크기 특성에 비하여 해당 설계 규격이 너무 작아서 부적합한 것인지, 너무 커서 부적합한 것인지 분류하였다. 더불어, 세 가지 목표 설계변수를 모두 고려했을 때의 부적합 정도를 최종적으로 확인함으로써, 현재 군장 배낭의 적합성 여부를 최종 판단하였다.

한편, 본 연구에서 활용된 데이터에 대한 모든 분석은 Excel 2016과 SPSS 25.0을 이용하여 수행되었다.

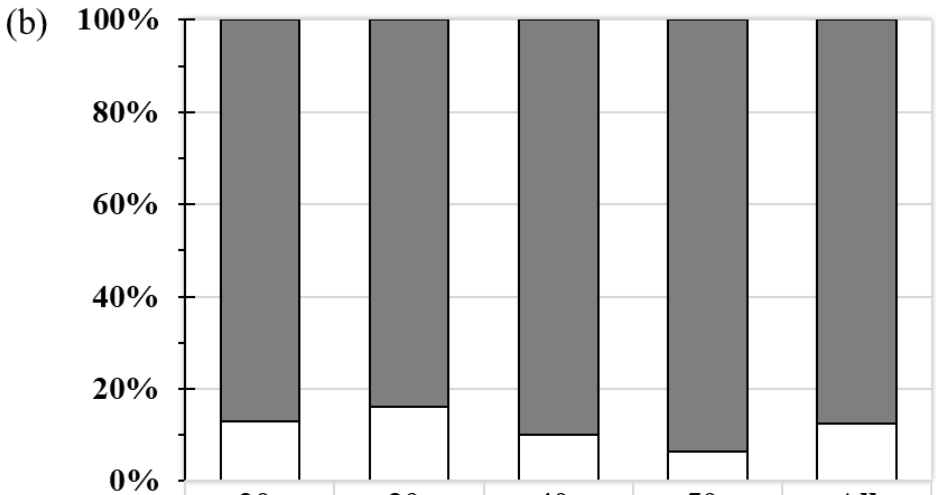
5.1.4 연구결과

[그림 65] (a)는 현재 육군 군장 배낭 등판 길이에 대한 세대별 남성의 부적합률을 나타내고 있다. 20대와 50대 남성의 경우, 각각 35.68%, 36.07%만이 현재의 군장 배낭 등판 길이에 적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 30대와 40대 남성의 경우 각각 43.67%, 43.42%의 적합률을 갖고 있다. 20대, 50대에 비해 30대, 40대 남성의 인체 크기가 다소 높은 적합률을 가지고 있지만, 연령대별로 명백한 차이를 보이지는 않았다. 또한, 현재 군장 배낭의 등판 길이는 전체 남성의 60.50%의 인체 크기에 대하여 부적합한 것으로 판별되었으며, 부적합한 인체 크기를 갖는 남성들은 모두 자신의 체형에 비해 현재 군장 배낭 등판의 길이가 다소 긴 것으로 확인되었다.

[그림 65] (b)는 세대별 여성의 부적합률을 나타내고 있다. 20대와 30대 여성의 경우, 각각 13.04%, 16.15%만이 현재의 군장 배낭 등판 길이에 적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 40대와 50대 여성들은 각각 10.06%, 6.46%가 현재 군장 배낭 등판 길이에 적합한 인체 크기를 갖고 있었다. 장년층(40s, 50s)에 비해 청년층(20s, 30s) 여성의 인체 크기가 현재 군장 배낭 등판 길이에 대하여 다소 나은 적합률을 가지고 있지만, 남성과 마찬가지로 연령대별 적합률에 명확한 차이를 확인하기는 힘들었다. 또한, 전체 여성의 현재 군장 배낭 등판 길이에 대한 부적합률은 87.60%에 달했으며, 모두 자신의 인체 크기에 비해 현재 군장 배낭 등판 길이가 긴 것으로 확인되었다.



	20s	30s	40s	50s	All
Too short	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Too long	64.32	56.33	56.58	63.93	60.50
Match	35.68	43.67	43.42	36.07	39.50



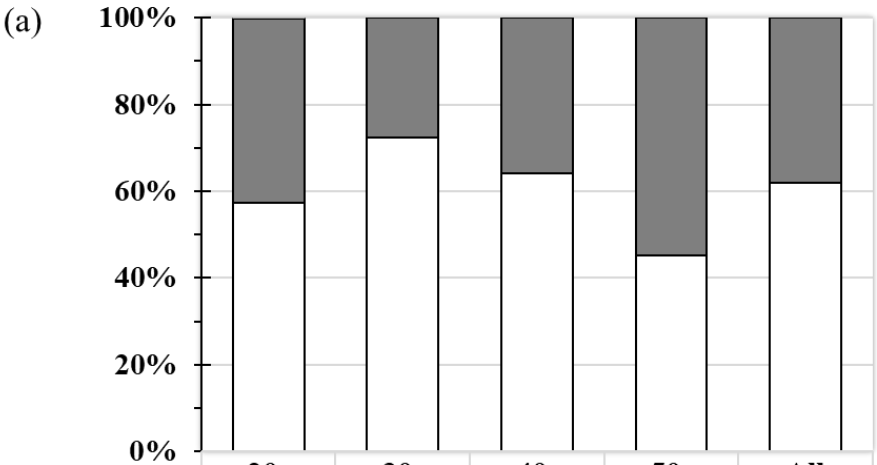
	20s	30s	40s	50s	All
Too short	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Too long	86.96	83.85	89.94	93.54	87.60
Match	13.04	16.15	10.06	6.46	12.40

[그림 65] 현재 군장 배낭 등판 길이에 대한 연령대별 부적합률: (a) 남성; (b) 여성

[그림 66] (a)는 현재 육군 군장 배낭 등판 너비에 대한 세대별 남성의 부적합률을 나타낸다. 20대와 50대 남성의 경우, 각각 57.40%, 45.21%만이 현재의 군장 배낭 등판 너비에 적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 30대와 40대 남성의 경우 각각 72.38%, 64.14%가 현재 군장 배낭 등판 너비에 적합한 인체 크기를 갖는 것으로 확인되었다. 현재 군장 배낭의 등판 너비에 대한 전체 남성의 적합률은 61.95%로, 등판 길이에 비해서는 다소 높은 수준이었으며, 역시 연령대별 적합률 수준 간 유의한 차이가 있다고 판단하기는 힘들었다. 군장 배낭 등판 너비가 인체 크기와 부적합한 것으로 확인된 남성들 중 37.99%는 현재 군장 배낭 등판의 너비가 자신의 인체 크기에 비해 다소 넓은 것으로 확인되었고, 0.06%는 다소 좁은 것으로 확인되었다.

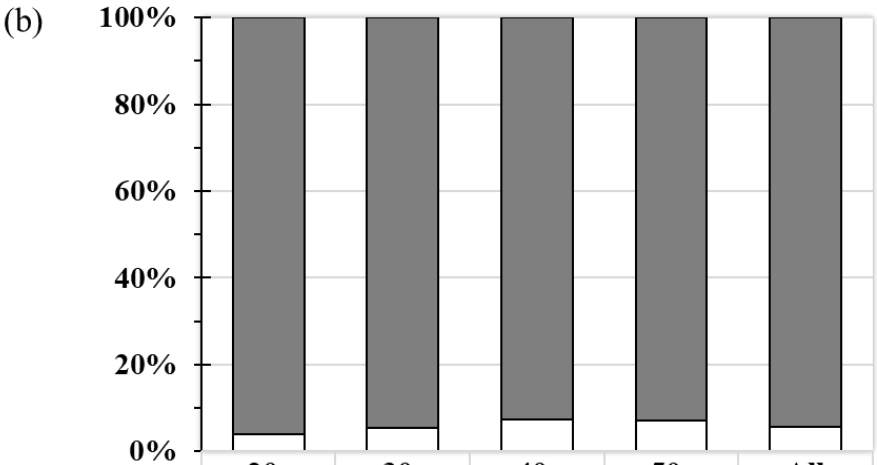
[그림 66] (b)는 등판 너비에 대한 세대별 여성의 부적합률을 나타내고 있다. 청년층(20s, 30s)이 장년층(40s, 50s)에 비해 상대적으로 낮은 적합률을 갖고 있지만, 세대 간 적합률의 차이가 대단히 작은 수준이었기 때문에 유의미한 차이를 확인하기는 어려웠다. 또한, 전체 여성에 대한 부적합률은 94.46%로, 현재 군장 배낭 등판 너비가 대부분의 여성 인체 크기에 적합하지 않다는 것을 확인할 수 있었다.

(a)



	20s	30s	40s	50s	All
Too narrow	0.12	0.00	0.00	0.00	0.06
Too wide	42.48	27.62	35.86	54.79	37.99
Match	57.40	72.38	64.14	45.21	61.95

(b)



	20s	30s	40s	50s	All
Too narrow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Too wide	96.10	94.52	92.74	92.98	94.46
Match	3.90	5.48	7.26	7.02	5.54

[그림 66] 현재 군장 배낭 등판 너비에 대한 연령대별 부적합률: (a) 남성; (b) 여성

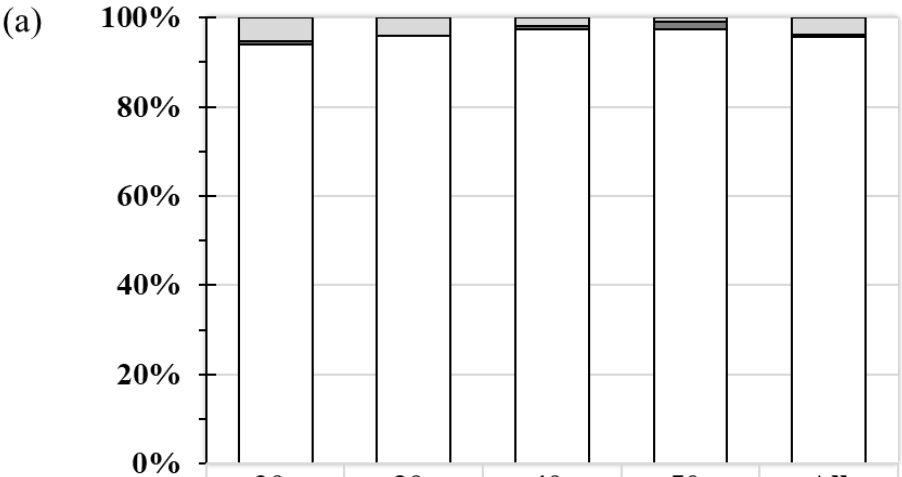
[그림 67] (a)는 현재 육군 군장 배낭 어깨 끈 너비에 대한 세대별 남성의 부적합률을 나타내고 있다. 20대와 30대 남성의 경우, 각각 94.05%, 95.99%가 현재의 군장 배낭 등판 길이에 적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 40대와 50대 남성의 경우 각각 97.37%, 97.26%가 현재 군장 배낭 어깨 끈 너비에 적합한 인체 크기를 갖는 것으로 확인되었다. 청년층(20s, 30s)에 비해 장년층(40s, 50s)의 적합률이 다소 높은 수준이었지만, 세대 간 명확한 차이는 확인하기 어려웠다.

한편, 어깨 끈의 너비가 자신의 어깨 길이에 비해 다소 넓은 남성들은 전체의 0.60%에 불과했으나, 어깨 끈 너비가 상대적으로 좁은 남성은 전체의 3.86%로 확인되었으며, 현재 어깨 끈 너비의 전체 남성에 대한 부적합률은 5% 미만으로 매우 낮았다.

[그림 67] (b)는 세대별 여성의 부적합률을 나타낸다. 20대와 30대 여성의 경우, 각각 82.76%, 84.15%가 현재의 군장 배낭 어깨 끈 너비에 적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 40대와 50대 여성의 경우 각각 82.40%, 80.06%가 현재의 군장 배낭 어깨 끈 너비에 적합한 인체 크기를 갖는 것으로 확인되었다. 청년층(20s, 30s)이 장년층(40s, 50s)에 비해 다소 높은 적합률을 갖고 있지만, 두 집단 간의 차이는 미미했다.

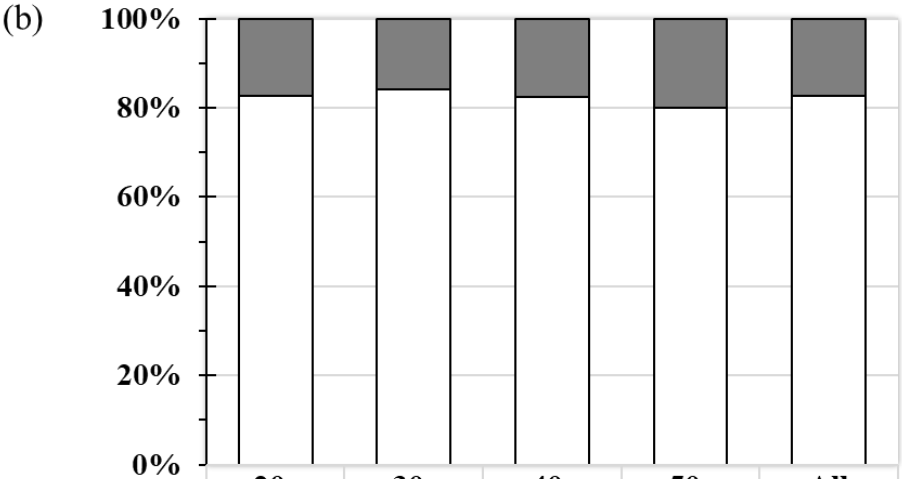
한편, 어깨 끈 너비가 부적합한 여성들은 모두 자신의 인체 크기에 비해 현재의 어깨 끈 너비가 넓은 것으로 확인되었으며, 전체 여성에 대한 부적합률은 17.32%로 남성의 부적합률보다 훨씬 높은 수준이었다.

(a)



	20s	30s	40s	50s	All
Too narrow	5.22	4.01	1.97	0.91	3.86
Too wide	0.73	0.00	0.66	1.83	0.60
Match	94.05	95.99	97.37	97.26	95.54

(b)



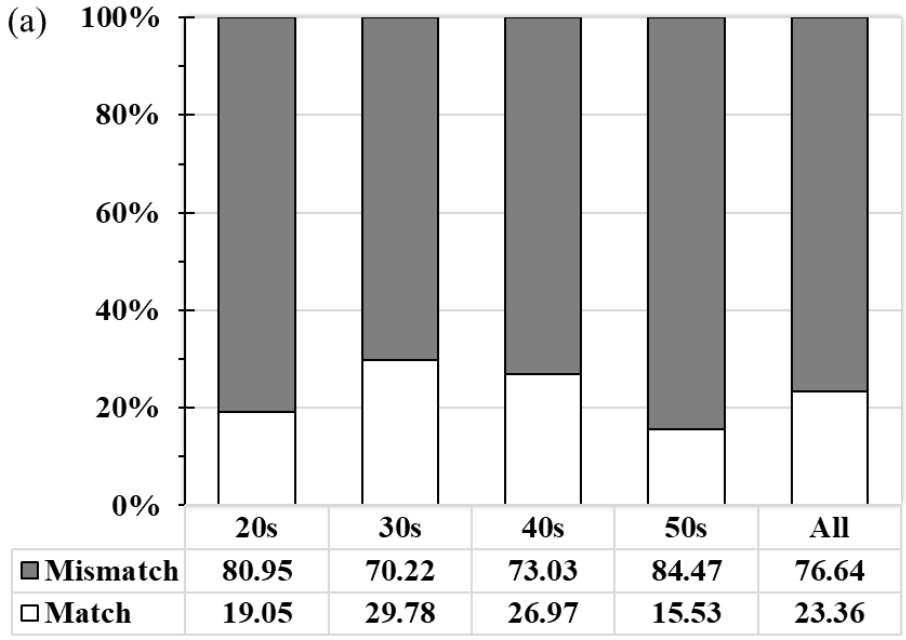
	20s	30s	40s	50s	All
Too narrow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Too wide	17.24	15.85	17.60	19.94	17.32
Match	82.76	84.15	82.40	80.06	82.68

[그림 67] 현재 군장 배낭 어깨 끈 너비에 대한 연령대별 부적합률: (a) 남성; (b) 여성

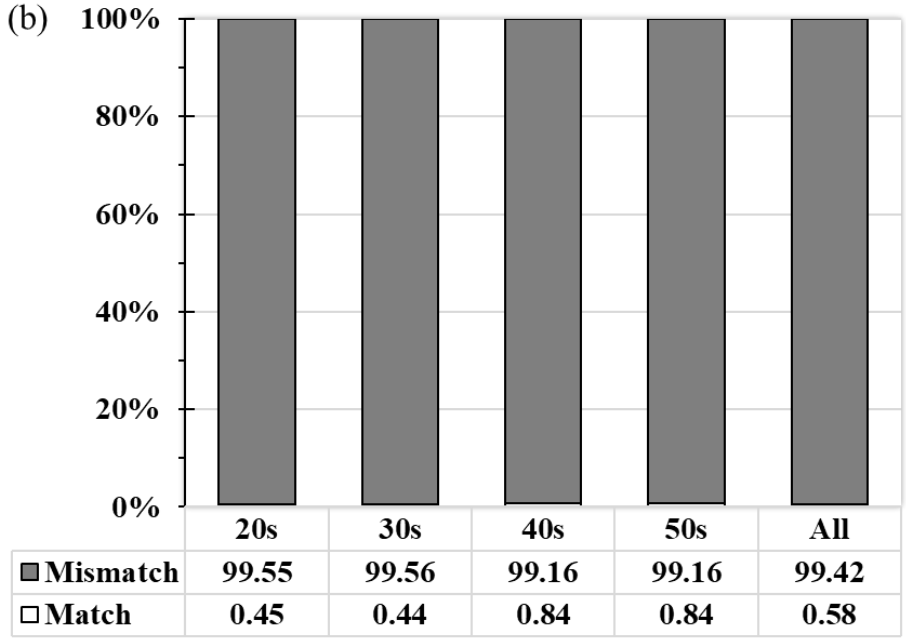
앞서 산출된 세 가지 목표 설계변수들에 대한 부적합률은 군장 배낭 크기의 적절성을 판단하는데 유용하지만, 각 변수들을 따로따로 고려했을 때를 가정하여 계산되었다는 함정이 있다. 즉, 어떤 사용자의 인체 크기에 대하여 현재 군장 배낭의 등판 길이가 적합하다고 하더라도, 등판 너비나 어깨 끈 너비 중 하나가 적합하지 않다면, 결론적으로 이 사용자는 현재 군장 배낭을 사용할 수 없기 때문에 개별 설계 변수에 대한 부적합률 산출 결과보다는 모든 설계변수를 통합적으로 고려하여 산출된 부적합률에 집중하는 것이 더욱 타당하다는 것이다.

[그림 68] (a)는 본 연구의 목표 설계변수 세 가지를 모두 고려했을 경우, 세대별 남성의 부적합률을 나타낸다. 20대와 50대 남성의 경우, 각각 80.95%, 84.47%가 현재 군장 배낭에 부적합한 인체 크기를 갖고 있으며, 30대와 40대 남성은 각각 70.22%, 73.03%가 현재 군장 배낭에 부적합한 인체 크기를 갖는 것으로 산출되었다. 30대, 40대에 비해 20대, 50대 남성들의 인체 크기가 조금 높은 부적합률을 보였지만, 명확한 차이를 확인할 수는 없었다.

[그림 68] (b)는 세대별 여성의 부적합률을 나타낸다. 전 연령대에서 99% 이상의 부적합률을 갖고 있으며, 남성에 비해서 부적합률이 매우 높은 수준임을 알 수 있었다.



	20s	30s	40s	50s	All
Mismatch	80.95	70.22	73.03	84.47	76.64
Match	19.05	29.78	26.97	15.53	23.36



	20s	30s	40s	50s	All
Mismatch	99.55	99.56	99.16	99.16	99.42
Match	0.45	0.44	0.84	0.84	0.58

[그림 68] 모든 설계변수를 고려한 연령대별 부적합률: (a) 남성; (b) 여성

5.1.5 연구결과 분석

본 절에서는 현재 대한민국 육군 군장 배낭의 각 목표 설계변수에 대한 현재 규격이 한국 성인 남녀의 인체 크기에 대하여 부적합한 원인과 배경을 면밀히 분석하여 정리하였다.

앞선 연구 결과를 통해, 현재 군장 배낭의 등판 길이는 부적합으로 분류된 대다수 성인의 인체 크기에 비해 긴 것으로 확인되었으며, 등판 너비는 한국 성인 남녀의 몸통 부위 너비를 고려했을 때 대체적으로 넓다는 것을 알 수 있었다. 물론, 어깨 끈 너비의 부적합률은 등판 길이와 등판 너비의 부적합률에 비해 낮은 수준이었지만, 남성의 부적합률이 4.46%에 그친 반면 여성의 부적합률은 17.32%로 성별 간 차이가 명확하게 확인되었다.

현재 군장 배낭 규격이 한국 성인 남녀의 인체 크기 특성에 대하여 부적합한 이유와 배경으로, 아래의 두 가지를 생각해 볼 수 있다.

첫째, 대한민국 군이 사용하고 있는 상당 수의 군수품 제작과정이 미군을 포함한 서양 군의 영향을 많이 받아왔다는 것이다. 대한민국 육군은 한국전쟁 이후 최초의 한국형 군장 배낭을 개발했던 1972년부터 지금에 이르기까지 한국인의 인체 크기 특성에 대한 심층적인 분석없이 미국인의 인체 크기 특성이 반영된 미군 군장 배낭의 규격을 모방해 왔으며, 한국인과 미국인의 인체 크기 특성 차이가 결국 한국인 인체 크기 특성에 대한 현재 군장 배낭의 높은 부적합률을 초래했을 가능성이 크다.

둘째, 대한민국 군 조직이 남성 위주로 구성되어 있다는 것이다. 비단, 군인뿐 만 아니라, 소방관, 경찰관 등 남성이 월등하게 많은 구성원을 차지하고 있는 조직에서는 대부분 각종 보호 장구나 유니폼이 남성의 인체 크기에만 적합하도록 설계되어 있으며, 여성들은 자신의 인체 크기에 적합하지 않은 장구들을 사용함에 따라 큰 불편함을 겪고 있다 (Schmidt, Paul, Classen, Morlock, & Beringer, 2016). 2019년 현재 대한민국 여군의 수는 1만명에 육박하는 수준으로 급격히 증가하고 있지만(J. H. Lee et al., 2019), 군장 배낭을 포함하여 여군들에게 보급되는 대부분의 전투용 군수품이 여성의

인체크기 특성과 상관없이 남군과 동일한 규격으로 제작되어 있기 때문에 군장 배낭의 부적합률 역시, 남성에 비해 여성이 훨씬 높게 산출된 것으로 추정할 수 있다.

다양한 인체 크기를 갖는 사용자들에게 크기를 조절할 수 없는 단일 규격의 제품을 사용하게 하는 경우, 인간공학적 부적합 상황이 발생할 수 있으며 (J. Brewer, K. Davis, K. Dunning, & P. Succop, 2009), 이러한 부적합 상황이 계속되는 경우, 사용자의 치명적인 근·골격계 질환을 유발할 수 있다. 하지만, 다양한 인체 크기 특성을 반영하여 제품의 규격을 너무 세분화하여 제작하는 경우에도, 심각한 경제적 비효율 문제가 발생할 수 있다.

그러므로, 5.1.4.2절에서는 한국인의 다양한 인체 크기를 반영할 수 있으면서도 경제적 효율성을 달성할 수 있도록 한국형 군장 배낭의 신규 규격시스템을 제안하였다.

대한민국 성인 남녀의 인체 크기 특성을 고려한 최적의 군장 배낭 규격을 결정하기 위해 Y. Lee et al. (2018)이 제안한 알고리즘 접근법(Algorithmic Approach)를 활용하였다. Y. Lee et al. (2018)는 최대한 많은 표본을 수용할 수 있는 규격을 산출하는 문제를 전형적인 정수 선형 프로그램(최대 수용 문제: Maximum coverage problem)으로 규정하고, 사용자 집단을 대표할 수 있는 표본 집단으로부터 추출된 인체측정치와 대상 제품의 사용 특성을 고려하여 고안된 부적합 제약식을 이용하여, 그리디 알고리즘(Greedy Algorithm)을 통해 해당 문제를 해결하였다.

최대 수용 문제는 부분 집합들 중에서 정해진 개수의 집합을 골라 그 집합들의 합집합의 원소 수를 최대화 하는 부분 집합을 구하는 문제이며, 이것을 본 연구에 적용해 보면, 각 원소는 개별 사용자로, 부분 집합은 특정 군장 배낭 규격 조합(eq., present size: BL=463, BW=307, SW=80 mm)으로 대응시킬 수 있다.

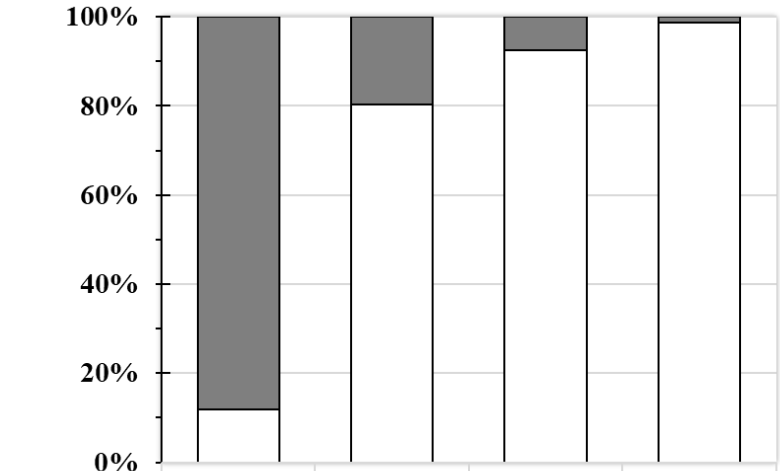
그리디 알고리즘 접근법은 개별 사용자의 인체 측정치를 가능한 많이 수용할 수 있는 특정 군장 배낭 규격의 조합을 순차적으로 찾아가면서 최적

규격 체계를 형성한다. 다만, 예를 들어, 목표 수용률을 70%로 설정하였을 때, 하나의 특정 군장 배낭 규격 조합을 적용한 결과, 70% 미만의 표본 인체 측정치가 해당 규격 조합에 적합한 것으로 확인되었다면, 목표 수용률 달성을 위해 추가적인 규격 조합을 고려해야 할 것이다.

한편, 본 연구에서는 최적 군장 배낭 규격 조합을 산출하기 위한 알고리즘을 구현하기 위해 R 프로그래밍을 사용하였으며, 알고리즘을 통해 [표 9]의 세 가지 규격 조합을 추출하였다.

[표 9] 한국형 군장 배낭의 신규 규격 체계

규격 / 설계변수	Small	Medium	Large
등판 길이(BL)	362	391	411
등판 너비(BW)	233	253	292
어깨 끈 너비(SW)	66	75	90



	Present	M	M+L	M+L+S
Mismatch	88.20	19.59	7.48	1.38
Match	11.80	80.41	92.52	98.62

[그림 69] 한국 군장 배낭의 현재 규격 및 신규 규격 간 적합률 비교

[그림 69]은 현재 군장 배낭 규격과 [표 9]의 신규 규격 시스템을 적용했을 때 산출된 적합률을 비교한 결과이다.

현재의 군장 배낭 규격에 적합한 인체 특성을 갖는 한국 성인 남녀는 전체의 11.80%에 불과하지만, 한국형 군장 배낭의 신규 규격 시스템에 따라 군장 배낭이 제작되는 경우, Medium 규격의 군장 배낭 하나만으로도, 목표 수용률을 크게 상회하는 80.41%의 사용자들을 수용할 수 있는 것으로 확인되었다. 또한, Medium 사이즈에 더해 Large 사이즈가 추가로 제작되는 경우, 전체의 92.52%를 수용할 수 있으며, Small 사이즈가 추가되어 세 가지의 사이즈가 제작된다면 최대 98.62%를 수용할 수 있는 것으로 분석되었다.

5.1.6 소결론

본 연구에서는 한국 성인 남녀의 인체측정치와 군장 배낭의 사용 맥락을 고려하여 고안된 부적합 제약식을 이용하여, 현재 대한민국 육군에서 사용하고 있는 군장 배낭의 주요 규격에 대한 적합성을 확인하였으며, 알고리즘 접근법을 이용하여 한국 성인 남녀의 인체 크기 특성을 가장 많이 수용할 수 있는 한국형 군장배낭 신규 규격 시스템을 제안하였다.

본 연구에서는 군장 배낭 착용 중 육군 보병들의 신체와 가장 빈번하게 상호작용하는 부위를 고려하여, 군장 배낭 등판의 세로 길이와, 가로 너비, 그리고 어깨 끈 너비를 목표 설계변수로 선정하였으며, 군장 배낭 착용과 관련된 일곱 가지의 인체측정항목을 선별하였다.

각 목표 설계변수의 상한치와 하한치를 규정하는 부적합 제약식에 사이즈코리아로부터 수집한 한국 성인 남녀 4,051명의 인체측정치를 대입하여 현재 구장 배낭의 적합률을 확인해 본 결과, 전체 성인의 88.20%가 현재의 군장 배낭에 대하여 부적합한 인체 크기를 갖는 것으로 확인되었다.

한편, 현재 군장 배낭의 규격 부적합 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 알고리즘 접근법을 이용하여 한국인의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 한국형 군장 배낭의 신규 규격 시스템을 고안하였으며, 기존에는 단일 규격으로 제작되던 군장 배낭의 등판 길이, 등판 너비, 그리고 어깨 끈 너비를 사용자의 인체 크기에 따라 세 가지 규격(Small, Medium, Large)으로 다양하게 제작할 것을 제안하였다. 새로운 군장 배낭 규격 시스템에 따라 군장 배낭을 제작하는 경우, Medium 규격의 군장 배낭만으로도 한국 성인 남녀 80.41%의 인체측정치를 수용함으로써, 부적합률을 19.59%까지 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 더불어, Small 사이즈와 Large 사이즈까지 제작하여 보급하는 경우, 적합률은 최대 98.62%까지 향상 될 것으로 예상된다.

물론, 본 연구를 위해 사용된 인체측정치는 현재 군장 배낭을 사용하고 있는 육군 보병들의 인체측정치는 아니기 때문에, 실제 사용자들의 측정치를

이용하여 계산하는 경우, 적합률은 다소 달라질 수 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구에서 사용된 인체측정치는 한국인의 인체 크기 특성을 대표하는 성인 남녀들을 대상으로 실제 측정된 검증된 자료이기 때문에, 산출된 군장 배낭 신규 시스템은 향후 한국 육군의 군장 배낭 크기를 결정하는데 상당한 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

실제로, 대한민국 국방부와 국방기술품질원, 그리고 육군에서는 워리어플랫폼 구축 사업의 일환으로, 본 연구에서 제안하는 군장 배낭 규격 시스템에 근거하여 다양한 사양의 군장 배낭들을 시범 제작할 예정이며, 개선된 군장 배낭 시제품들에 대하여 4.1절에서 제안한 사용성 평가 설문과 다양한 사용성 검증 실험, 그리고 야전 실험을 통해 개선 효과를 확인해 볼 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 사용된 부적합 공식과 알고리즘 접근법은 등산용 배낭이나 배낭형 소방 장비 등과 같이 무거운 물건을 운반하기 위해 제작되는 성인용 배낭의 규격을 결정하는 데에도 두루 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5.2 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 설계

5.2.1 연구개요

함정용 다기능 콘솔은 함정의 다양한 센서에 연동되어 콘솔 운용자에게 여러 가지 정보를 다양한 형태로 제공하는 군사 장비로, 잠수함은 외부로부터 수집되는 거의 모든 정보를 콘솔을 경유하여 획득하기 때문에, 콘솔은 잠수함 운용의 핵심 장비라고 할 수 있다.

한편, 잠수함 콘솔 운용자들은 하루에 최소 8시간 이상 같은 자세로 앉아서 근무하기 때문에 자신의 인체 크기에 적합하지 않은 콘솔을 사용하는 경우, 물리적인 신체 피로가 가중될 뿐만 아니라, 심각한 집중력 저하를 유발하여 작전 수행 중 치명적인 인적 오류가 발생할 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 잠수함 콘솔 운용 중 신체 피로 급증과 작업 중 집중력 저하를 방지하기 위하여, 장보고급 잠수함 콘솔 운용 환경을 사례로 하여, 한국인의 인체 크기에 적합한 콘솔 규격 도출 방안을 제안하였다.

본 연구에서는 콘솔 의자 시트팬의 높이(SH), 너비(SW), 깊이(SD), 등받이 상단의 높이(UEB), 그리고 콘솔 작업대의 높이(TH)를 목표설계변수로 선정하였으며, 여섯 가지의 인체측정항목을 이용하여 각 목표 설계변수에 대한 부적합 제약식(Mismatch Equation)을 고안하였다. 또한, 사이즈 코리아에서 제공하는 20대부터 50대까지의 한국 남성 2,027명에 대한 인체측정치와 기존 연구 및 잠수함 다기능 콘솔 운용 맥락을 기반으로 고안된 부적합 제약식을 이용하여 현재 콘솔 규격의 적합성을 확인하였으며, 적합률을 최대화 할 수 있는 콘솔의 최적 규격을 알고리즘 접근법(Algorithmic approach)을 통해 산출하였다.

현재 장보고급 잠수함에 설치된 다기능 콘솔의 상기 5가지 목표 설계변수들에 대한 규격이 한국 남성의 인체 크기를 얼마나 잘 수용하는지 부적합 제약식을 통해 계산해 본 결과, 모든 설계변수의 현재 규격에 적합한 인체 크기를 갖는 사용자는 단 2.57%인 것으로 확인되었다. 반면, 알고리즘 접근법을 이용하여 새롭게 산출된 콘솔 규격을 적용하는 경우, 적합률이 최대

76.96%까지 향상되는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 사용된 방법론과 도출된 결과는 콘솔 운용자의 물리적 부담 완화와 함께, 콘솔 운용 중 불필요한 집중 분산을 막아 작전 운용 능력 향상에도 기여할 수 있을 것으로 예상되며, 향후 한국에서 사용되는 다양한 군사용 콘솔의 규격 선정을 위한 지침으로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 본 연구에서 고안된 부적합 제약식과 알고리즘 접근법을 통한 최적 규격 산출 방법은 원자력 발전소나 재난상황실처럼 다중 모니터와 다기능 콘솔을 사용하는 다른 분야의 작업환경 설계에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

5.2.2 연구배경

콘솔은 컴퓨터 시스템의 일부분으로, 사용자와 컴퓨터 사이의 의사소통을 위해 제작된 장치이며, 함정용 다기능 콘솔(Multi-function Console)은 함정의 다양한 센서에 연동되어 운용자에게 필요한 다양한 정보를 전시·통제하는 기능을 갖춘 장비로써, 사용자의 요구와 운용 목적에 따라 지휘 통제용 콘솔, 무장 통제용 콘솔, 전시 제어용 콘솔 등으로 분류된다 (국방기술품질원, 2013).

대한민국 해군 함정에서 근무하는 승조원들은 직책에 따라 다양한 직무를 수행하지만, 전투 정보실, 기관 조종실 등에 근무하는 승조원들은 대부분 주야를 가리지 않고 하루에 8시간 이상 콘솔 앞에서 근무하게 된다. 장시간 집중한 상태로 콘솔에 전시된 여러 가지 정보를 처리하고, 콘솔 조작 장치를 제어하는 콘솔 운용자의 근무 특성을 고려해 볼 때, 콘솔 작업대나 콘솔 의자의 높이가 사용자의 인체 크기에 대하여 부적합한 경우, 거북목 증후군(Turtle neck syndrome), 수근관 증후군(Carpel tunnel syndrome) 등 각종 근·골격계 질환을 포함하여 (Kim, Lee, & Cho, 2015), 요통(Low back pain), 경추통(Neck pain)과 같은 만성질환이 발생할 수 있다 (H. Castellucci, P. Arezes, & J. Molenbroek, 2015b). 더불어, 콘솔 운용자에게 가해지는 지속적인 물리적 부담은 임무 효율성 저하는 물론, 콘솔 운용에 대한 집중력을 분산시킴으로써 (Agha, 2010), 의도하지 않은 인적 오류와 작전 판단 실수를 유발할 가능성도 있다.

한편, 콘솔 운용자의 부적절한 콘솔 운용 자세와, 이를 통해 발생하는 과업 집중력 저하가 군의 작전 수행 능력에 치명적인 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려할 때, 콘솔 운용자의 인체 크기에 적합한 콘솔 운용 환경을 조성하기 위한 지속적인 노력이 필요하지만, 지금까지 군에서는 콘솔의 운용 성능 개량과 같은 소프트웨어 개선에만 집중한 채, 사용자의 편안하고 안전한 콘솔 운용 여건 조성을 위한 하드웨어 개선에는 큰 관심을 두지 않았다. 또한, 지금까지 국내에서 사용자의 인체 특성을 반영한 군사용 제품 개발 연구는

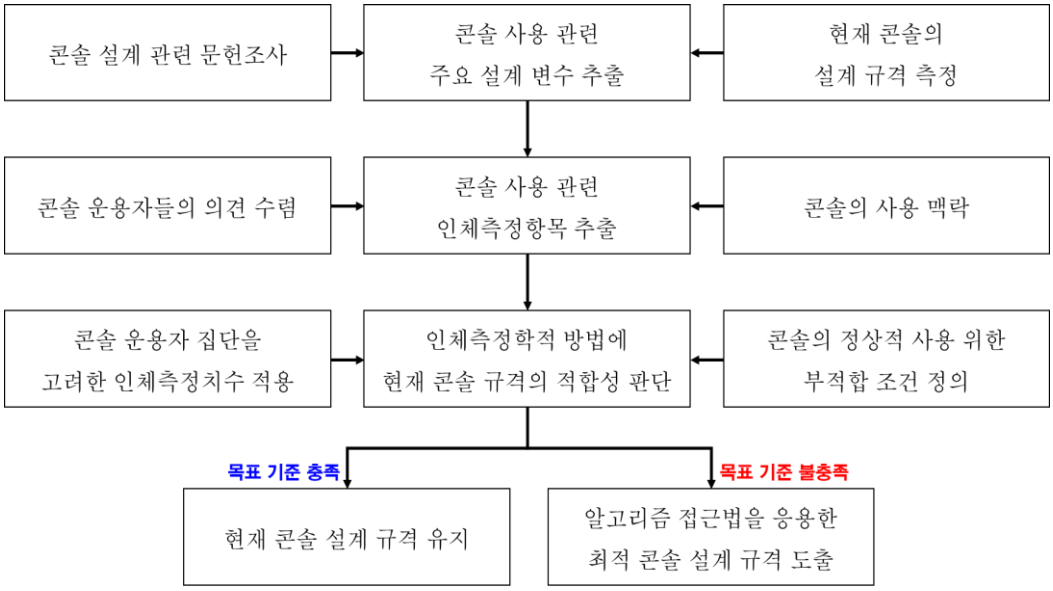
군용 방한복, 전투복, 군화 등 전력지원체계에만 집중되어 왔으며 (정미애, 2014; 최지숙, 2002; 한현숙 & 한현정, 2018), 함정용 다기능 콘솔과 같은 무기체계를 인간 공학적으로 설계하기 위한 연구는 상대적으로 부족했던 것이 사실이다. 전력지원체계의 경우, 군에 도입되어 사용하다가 불편한 점이 식별되면 단기간 내에 제품의 일부를 개선하거나, 제품 자체를 변경할 수도 있지만, 무기체계는 개발 및 획득 기간이 장기간 소요되고, 한 번 도입된 이후 최소 20년 이상 사용되어야 하기 때문에, 전력지원체계에 비해 훨씬 더 신중하고, 사용자의 사용 환경을 고려한 설계 방법이 적용되어야 한다.

한편, 앞선 4장 2절의 연구에서는, 현재 장보고급 잠수함의 다기능 콘솔에 대한 사용성 평가를 통해 현재의 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 운용 중, 인체 크기가 다른 승조원들이 느끼는 규격 관련 사용성 요소들에 가시적인 차이가 있음을 확인하였으며, 콘솔 사용과 관련된 사용자 집단의 인체 크기를 기반으로 콘솔의 주요 규격을 선정해야 함을 인식하게 되었다.

이에, 본 연구에서는 장보고급 잠수함의 콘솔 운용 환경을 사례로 하여, 콘솔의 규격이 사용자의 인체 크기에 대하여 부적합한 경우, 인간공학적 측면에서 어떠한 문제가 발생할 수 있는지 제시하였다. 또한, 현재 장보고급 잠수함에 설치된 콘솔의 규격이 한국 승조원의 인체 크기에 대하여 적절한지 여부를 기존 연구 및 잠수함 다기능 콘솔 운용 맥락을 기반으로 고안된 부적합 제약식을 이용하여 판별하였으며, 한국인의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 최적의 콘솔 규격을 제안하였다.

5.2.3 연구방법

[그림 70]는 잠수함 다기능 콘솔의 규격을 평가하고 개선하기 위한 절차를 나타낸다.



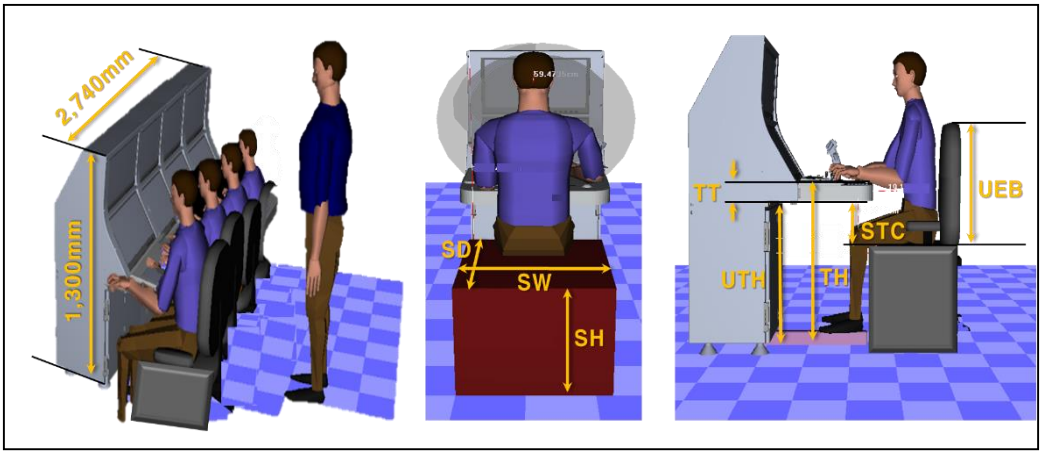
[그림 70] 인체측정학적 방법론을 이용한 잠수함 다기능 콘솔 설계 절차

먼저, 잠수함 다기능 콘솔 사용과 관련된 주요 설계 요소를 추출하기 위해 콘솔 작업환경 설계와 관련된 기존 문헌을 조사하였으며, 현재 운용 중인 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 세부 규격을 측정하였다. 다음으로, 콘솔 사용과 관련된 인체 측정 항목을 확인하기 위해 장보고급 잠수함 콘솔 운용자들의 의견을 수렴하고 콘솔 사용과 관련된 맥락을 조사하였다. 한편, 콘솔 운용자들에 대한 인터뷰 결과, 현재 콘솔 의자 및 콘솔 작업대의 높이와 관련된 불편사항이 가장 많았으며, 장시간 콘솔 사용 중 목과 허리 부위에 피로감을 크게 느끼는 것으로 확인되었다. 이후, 현재 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 주요 설계 규격이 한국의 콘솔 운용자들의 인체 크기에 적절한지 여부를 판단하기 위하여 콘솔 설계와 관련된 인체측정치수를

수집하였으며, 콘솔에서의 정상적인 착좌 과업을 보장할 수 있는 규격 조건을 검토하였다. 마지막으로, 콘솔 규격의 한국인 인체 크기에 대한 최소 적합률 기준을 70%로 선정한 뒤, 부적합 제약식을 이용하여 최소 적합률 충족 여부를 판단하였다. 더불어, 본 연구에서는 현재 콘솔 규격의 적합률이 최소 기준에 크게 미치지 못했기 때문에, 알고리즘 접근법을 이용하여 새로운 콘솔 설계 규격을 산출하였으며, 자세한 내용은 5.2.4.2 절에 기술하였다.

장보고급 잠수함 다기능 콘솔은 [그림 71]의 첫 번째 그림과 동일한 규격의 콘솔 4대가 서로 횡렬로 배치되어 있으며, 4개 콘솔 전체의 가로 길이는 2,740mm, 높이는 1,300mm이다. [그림 71]의 두 번째 그림은 콘솔 의자와 관련된 여러 가지 설계변수들에 대한 이해를 도모하고자, 등판 부를 없앤 채로 도식화 한 것이며, [그림 71]의 세 번째 그림은 콘솔 의자 및 콘솔 작업대의 높이와 관련된 여러 가지 규격과 각 규격 간의 상대적 관계를 식별할 수 있도록 콘솔 운용자의 측면에서 도식화 한 것이다.

먼저, 콘솔 의자의 높이(SH)는 바닥으로부터 시트팬(Seat Pan)의 가장 높은 부위까지의 수직 길이를 의미한다. 앉은 자세에서의 작업환경이나 학생용 가구의 인간공학적 설계와 관련된 기존의 연구들을 검토해 본 결과, 대다수의 연구에서 의자의 높이를 설계하는 문제를 가장 중요하게 다루고 있음을 알 수 있었는데, 이는, 의자의 높이를 결정하는 것이 부적합 문제의 해결을 위한 가장 중요한 척도라는 것을 의미한다 (Castellucci, Arezes, & Viviani, 2010; YMT, 2003). 의자의 높이가 너무 높은 경우, 양 발이 지면으로부터 떨어져, 무릎 뒷면의 피부조직에 높은 압력이 부과될 수 있으며 (de Biomecánica Ocupacional, Page, & Molina, 1992; Gutiérrez & Morgado, 2001; Milanese & Grimmer, 2004), 의자의 높이가 너무 낮은 경우에는 시트팬이 허벅지를 지지하지 못하므로, 엉덩이 부위에 커다란 부담이 발생하고, 앉을 때 허리 부위에 비정상적인 굴곡이 발생할 수 있다 (Cox, 1985; Knight & Noyes, 1999).



[그림 71] 잠수함 다기능콘솔 주요 설계변수. 콘솔 의자 높이[Seat Height(SH)]: 바닥으로부터 시트팬까지의 수직 거리; 콘솔 의자 너비[Seat Width(SW)]: 시트팬의 가장 넓은 좌우 수평거리; 콘솔 의자 깊이[Seat Depth(SD)]: 시트팬의 가장 긴 앞뒤 수평거리; 콘솔 의자 등받이 상단 높이[Upper Edge of Backrest(UEB)]: 시트팬으로부터 등받이 상단까지의 수직 거리; 콘솔 작업대 높이[Worktable Height(TH)]: 바닥으로부터 콘솔 작업대 표면까지의 수직 거리; 콘솔 작업대 하부높이[Underneath worktable Thickness(UTH)]: 바닥으로부터 콘솔 작업대 하부 최저점까지의 수직 거리; 콘솔 작업대 두께(Worktable Thickness(TT)): 콘솔 작업대 판의 두께; 콘솔 의자 및 콘솔 작업대 간 여유공간[Seat to Table Clearance(STC)]: 시트팬 표면으로부터 콘솔 작업대 하단까지의 수직 거리.

물론, 현재 장보고급 잠수함 콘솔 의자는 위아래로 높이 조절이 가능하도록 설계되어 있지만, 사용자 인터뷰를 통해 콘솔 의자를 최저 높이로 낮추더라도 사용하기가 여전히 불편하다는 의견이 다수 수렴되었으며, 하루에도 세 명 이상의 콘솔 운용자들이 교대하면서 콘솔을 운용해야 하는 상황, 비상 훈련 및 긴급한 상황에서 신속하게 주무 콘솔 운용자로 교체 운용되어야 하는 상황 등을 고려할 때, 콘솔 의자의 최적 높이를 산출하여 기본 높이로 사전 설정해 둔다면 사용 맥락 측면에서 더욱 효과적으로 콘솔 의자를 운용할 수 있을 것으로 예상된다.

콘솔 의자의 너비(SW)는 시트팬에서 가장 넓은 부분의 좌우 폭을 의미한다. 의자의 너비가 너무 좁은 경우, 엉덩이의 좌우가 의자의 양 옆으로 이탈할 수 있으므로, 의자의 폭은 사용자의 엉덩이 너비보다 넓게 설계되어야 하나 (Evans, Courtney, & Fok, 1988; Helander, 1997; Occhipinti, Colombini, Molteni, & Grieco, 1993; Orborne, 1996; Oyewole, Haight, & Freivalds, 2010), 콘솔 의자가 설계되는 위치가 잠수함과 같은 제한된 공간이라는 점과 4명의 콘솔 운용자가 횡렬로 앉아서 함께 근무한다는 점을 고려할 때, 콘솔 의자 너비의 상한 역시 고려되어야 할 필요가 있다. 이와 같은 맥락에서, Gouvali and Boudolos (2006)는 의자의 너비를 선정하기 위해, 내부 공간의 경제적 활용 측면을 고려해야 할 필요가 있다고 주장하였다.

콘솔 의자의 깊이(SD)는 시트팬에서 가장 긴 부분의 앞뒤 길이를 의미한다. 의자의 깊이가 너무 긴 경우 등받이에 등과 허리를 제대로 지탱할 수 없으며, 의자 면의 앞부분과 오금 사이의 압력이 가중되어 심각한 통증이 발생할 수 있다 (Milanese & Grimmer, 2004). 반면, 콘솔 의자의 깊이가 너무 짧은 경우, 사용자의 체중으로 인해 유발되는 압력이 사용자의 엉덩이와 허벅지를 통해 골고루 분산되지 못하기 때문에 신체 특정 부위에 압력이 집중될 수 있다.

등받이 상단 높이(UEB)는 시트팬으로부터 등받이 상단까지의 수직 거리를 의미한다. 등받이 상단 높이가 견갑골보다 높은 경우, 팔과 몸통의 자유로운 움직임을 방해할 수 있으며 (García-Acosta & Lange-Morales, 2007; Oyewole et al., 2010), 특히 8시간 이상 근무하는 콘솔 운용자들이 앉은 상태로 스트레칭을 하는 것과 같은 아주 기본적인 활동도 불가능하게 할 수 있다. 반면, 등받이 상단 높이가 너무 낮은 경우, 등과 허리 부위의 과도한 신전(Extension)을 유발하여, 등받이가 등을 제대로 지지하지 못함은 물론, 심각한 부상을 초래할 수 있다.

콘솔 작업대 높이(TH)는 바닥 면에서 콘솔 작업대 표면까지의 수직 거리를 의미한다. 콘솔 작업대 위에 설치된 키보드와 트랙볼(Track ball)을 빈번하게

조작하는 콘솔 운용자의 과업 양상을 고려할 때, 콘솔 작업대가 너무 높은 경우, 어깨 및 상완의 과도한 굴곡(Flexion)과 외전(Abduction)을 유도함으로써, 심각한 경우, 비대칭성 척추 장애에까지 이르게 할 수 있다. 반면, 콘솔 작업대 높이가 너무 낮은 경우, 상체를 앞으로 구부리게 하여 척추 후굴증(kyphotic spinal posture)을 유발 할 수 있다 (Zacharkow, 1988).

콘솔 작업대 하단 높이(UTH)는 바닥으로부터 콘솔 작업대 가장 낮은 지점까지의 수직 높이를 나타내며, 콘솔 작업대의 두께는(TT) 콘솔 작업대의 상단에서 하단까지의 수직 거리를 의미한다. 한편, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 간 여유공간(STC)은 시트팬 표면의 연장선으로부터 콘솔 작업대 하단까지의 수직 거리를 의미한다. 이 설계변수는 콘솔 의자와 콘솔 작업대 높이 사이의 상호 관계에 의해 결정되는 변수로, 이 공간이 너무 크다는 것은 콘솔 의자가 너무 낮거나, 콘솔 작업대의 높이가 너무 높다는 의미를 내포한다. 이러한 경우, 앞서 기술했던 것처럼 콘솔 운용자의 어깨와 상완에 불편함을 초래하여, 정상적인 어깨 움직임을 방해할 수 있다. 반면, 여유 공간이 너무 좁은 경우, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 사이로 허벅지가 들어갈 수 없기 때문에 콘솔 의자에 앉는 것 자체가 불가할 수 있다.

현재, 장보고급 잠수함에 설치된 콘솔 의자 시트팬의 높이, 너비, 깊이는 각각 575mm, 490mm, 482mm로 측정되었다. 물론, 콘솔 의자의 높이는 위아래로 조절이 가능하나, 장보고급 잠수함 콘솔 운용자에 대한 사전 인터뷰 결과, 콘솔 의자의 높이를 낮게 조절하더라도 자신의 인체 크기에 비해 의자의 높이가 높다고 응답한 사용자가 많았으며, 유압 조절 장치에 의해 사용자가 의자에 앉더라도 가장 낮게 조절할 수 있는 콘솔 의자의 높이는 475mm인 것으로 확인되었다. 그러므로, 본 연구에서는 콘솔 의자 시트팬의 높이를 475mm로 가정하고, 적합성 여부를 확인하였다. 한편, 콘솔 의자 등받이의 상단 높이는 510mm, 콘솔 작업대의 높이는 817mm, 콘솔 작업대 하단 높이는 717mm, 콘솔 작업대 두께는 100mm, 콘솔 의자와 콘솔 작업대

사이의 여유 공간은 142mm로 측정되었다.

콘솔 작업대의 두께는 100mm로 고정되어 있으며, 콘솔 작업대 하단 높이는 콘솔 작업대 높이와 콘솔 작업대 두께 간의 차이기 때문에, 콘솔 작업대의 두께와 콘솔 작업대 하단 높이는 별도로 산출할 필요가 없다. 또한, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 간 여유 공간(STC) 역시, 콘솔 의자와 콘솔 작업대의 높이를 산출하면 자연스럽게 산출되므로, 별도의 목표 설계 변수로 선정하지는 않았다.

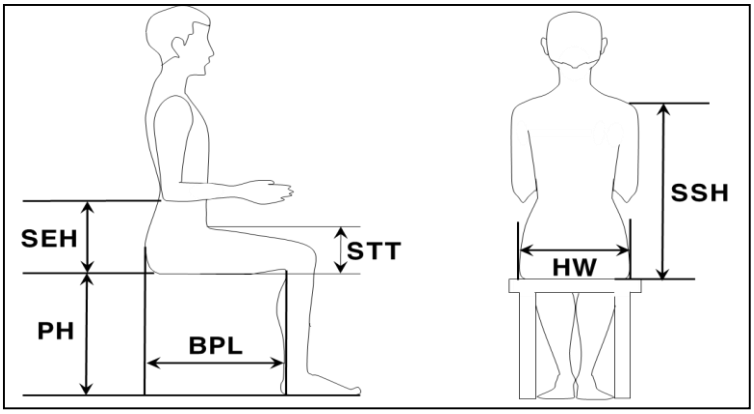
이에, 본 연구에서는 콘솔 의자 시트팬의 높이, 너비, 깊이, 등받이 상단의 높이, 그리고 콘솔 작업대의 높이가 최종 목표 설계 변수로 선정되었다.

잠수함에서 근무하는 승조원의 연령은 대한민국의 현역 복무규정에 따라, 20대부터 50대까지 다양하게 분포되어 있으며, 계급이나 연령에 상관없이 자신에게 부여된 직책에 따라 콘솔을 운용하게 된다.

본 연구에서는 잠수함 승조원의 연령을 고려하여, 2015년 사이즈코리아 주관으로 조사된 7차 한국인 인체측정자료 중 20대부터 50대까지의 남성에 대한 인체측정치를 추출하였으며, 133개의 인체측정항목 중 [그림 72]와 같이 콘솔의 운용과 관련된 여섯 가지 인체측정항목을 채택하였다: 오금높이(PH), 엉덩이 너비(HW), 엉덩이 및 오금 간 수평 길이(BPL), 앉은 넙다리 두께(STT), 앉은 어깨높이(SSH), 앉은 팔꿈치 높이(SEH).

한편, 대한민국 성인 남성 2,027명에 대한 여섯가지 인체측정항목의 기술통계 자료는 [표 10]에 제시하였으며, 상기 항목들은 콘솔의 목표 설계변수(SH, SW, SD, UEB, TH)의 규격 결정을 위한 부적합 제약식의 주요 변수로 사용되었다.

잠수함 다기능 콘솔의 규격 결정을 위해 작업대 및 의자 설계와 관련된 기존 연구의 제약식을 [표 11]과 같이 정리하였다.



[그림 72] 잠수함 다기능 콘솔 설계를 위한 인체측정 항목. 오금높이[Popliteal height(PH)]: 바닥 면으로부터 앉은 오금점까지의 수직 거리; 엉덩이 너비[Hip width(HW)]: 엉덩이 혹은 양쪽 넙다리 사이의 최대 수평거리; 앉은 엉덩이-오금 수평길이[Buttock to popliteal length(BPL)]: 엉덩이 뒷부분을 수직판 표면에 접촉시킨 상태의 수직판에서 앉은오금점까지의 수평거리; 앉은 넙다리 두께[Sitting thigh thickness(STT)]: 앉은 면으로부터 앉은 넙다리 위점까지의 수직 거리; 앉은 어깨 높이[Sitting shoulder height(SSH)]: 앉은 면으로부터 어깨점까지의 수직 거리; 앉은 팔꿈치 높이[Sitting elbow height(SEH)]: 앉은 면으로부터 팔꿈치 아래점까지의 수직 거리.

[표 10] 주요 인체측정항목에 대한 20~50대 한국 남성의 실측 치수

인체측정항목	평균 (n=2,027)	표준 편차	최소값	최대값	분위		
					5	50	95
오금높이 (mm)	428.01	20.5	353	523	395	428	463
엉덩이너비 (mm)	355.26	23.5	287	475	320	354	394
엉덩이오금수평길이(mm)	490.46	22.9	420	592	454	490	530
앉은 넙다리 두께 (mm)	151.20	14.3	108	280	130	151	175
앉은 어깨높이 (mm)	607.39	25.9	522	702	565	607	650
앉은 팔꿈치높이 (mm)	268.79	25.1	195	364	227	270	309

[표 11] 작업대 및 의자 설계 관련 기존 제약식

설계 규격	저자(연도)	제약식
의자 높이 (SH)	Afzan et al.(2012), Agha(2010), Bendak et al.(2013), Castellucci et al.(2010), Dianat et al.(2013), Gouvali & Boudolos(2006)	[PH(오금높이) + ST(깔창높이)] * cos 30° ≤ SH ≤ (PH + ST) * cos 5°
	Bastistao et al.(2012), Brewer et al.(2009), Chung and Wong(2007), Cotton et al.(2002), Jayaratne and Fernando(2009), Mohamed(2013), Panagiotopoulou et al.(2004)	0.88PH ≤ SH ≤ 0.95PH
	Parcells et al.(1999), Ramadan(2011), Van Niekerk et al.(2013)	0.80PH ≤ SH ≤ 0.99PH
의자 너비 (SW)	Dianat et al.(2013), Gouvali & Boudolos(2006), Van Niekerk et al.(2013)	1.1 * HW(엉덩이너비) ≤ SW ≤ 1.3 * HW
	Afzan et al.(2012), Bendak et al.(2013), Castellucci et al.(2010)	HW < SW
의자 깊이 (SD)	Parcells et al.(1999), Van Niekerk et al.(2013), Gouvali & Boudolos(2006)	0.80 * BPL(엉덩이 및 오금 간 길이) ≤ SW ≤ 0.99 * BPL
	Afzan et al.(2012), Agha(2010), Bastistao et al.(2012), Bendak et al.(2013), Brewer et al.(2009), Castellucci et al.(2010), Chung and Wong(2007), Cotton et al.(2002), Dianat et al.(2013), Jayaratne and Fernando(2009), Mohamed(2013), Panagiotopoulou et al.(2004)	0.80 * BPL ≤ SW ≤ 0.95 * BPL
의자 등받이 높이(UEB)	Bendak et al.(2013), Castellucci et al.(2010)	UEB ≤ SUH(견갑골 높이)
	Afzan et al.(2012), Agha(2010), Dianat et al.(2013)	0.6 * SSH(앉은어깨높이) ≤ UEB ≤ 0.85 *

		SSH
작업대 높이(TH)	Afzan et al.(2012), Agha(2010), Gouvali & Boudolos(2006)	SEH(앉은팔꿈치높이) + [(PH + ST) * cos 30°] ≤ TH ≤ (0.8517 * SEH) + (0.1483 * SSH) + [(PH + SC)* cos 5°]
	Panagiotopoulou et al.(2004)	SH + SEH ≤ TH ≤ SH + (0.8517 * SEH) + (0.1483 * SSH)
	Parcells et al., 1999; Ramadan,(2011)	SH - (sin 5° * SD) + SEH ≤ TH ≤ SH - (sin 5° * SD) + (0.8517 * SEH) + (0.1483 * SSH)

본 연구에서는 잠수함 다기능 콘솔의 목표 설계변수의 규격을 결정하기 위해 기존 연구의 제약식 중 과학적 논리에 근거하거나, 실험을 토대로 산출된 제약식을 선별하였으며, 잠수함 내부 공간 크기와 콘솔의 사용 맥락 및 운용 환경을 제약식에 반영하여, 콘솔의 정상적인 사용을 위한 각 목표 설계 변수 치수의 상한과 하한을 규정하였다. 또한, 잠수함 다기능 콘솔의 부적합 제약식에 사용된 모든 변수는 mm 단위로 계산되었다.

먼저, 콘솔 의자의 높이(SH)를 결정하기 위한 인체특성변수는 콘솔 운용자의 앉은 자세를 고려하여, Equation (1)과 같이 오금높이(PH)로 채택하였으며, 환경변수로는 잠수함 단화의 밑창 두께(ST: Shoe sole thickness)를 선정하였다.

$$(PH + ST) \times \cos 30^\circ \leq SH \leq (PH + ST) \times \cos 5^\circ \quad (1)$$

Equation (1)은 Afzan et al. (2012) 등이 제시한 제약식을 근거로 하여 고안되었으며 (Afzan et al., 2012; Agha, 2010; Bendak et al., 2013; Castellucci et al., 2010; Dianat, Karimi, Hashemi, & Bahrampour, 2013; Gouvali & Boudolos, 2006), 콘솔 당직자가 콘솔 의자에 앉았을 때 편안함을 느끼기 위해서는 적어도 무릎 아래 부위를 적어도 5°에서 30°까지는 앞으로 뻗을 수 있어야 한다는 의미를 내포하고 있다. 콘솔 운용자가 자신의 무릎 아래 부위를 앉은 면과 직각 혹은 직각보다 낮은 각도로 앉게 되는 경우 전경골근(Tibial anterior muscle)의 수축으로 인한 피로가 발생할 수 있으며, 30°이상으로 무릎을 펴게 되는 경우, 허벅지 아래에 과도한 압박이 가해져서 통증을 유발할 수 있다. 한편, 장보고급 잠수함 승조원들이 소음 방지와 함상 충격 방지를 위해 착용하는 잠수함 단화의 밑창 두께는 40mm로 측정되었으며, 이에 따라 Equation (1)의 ST는 40mm로 고정하여 계산하였다.

콘솔 의자의 너비(SW)를 결정하기 위한 인체특성변수는 착좌 부위와

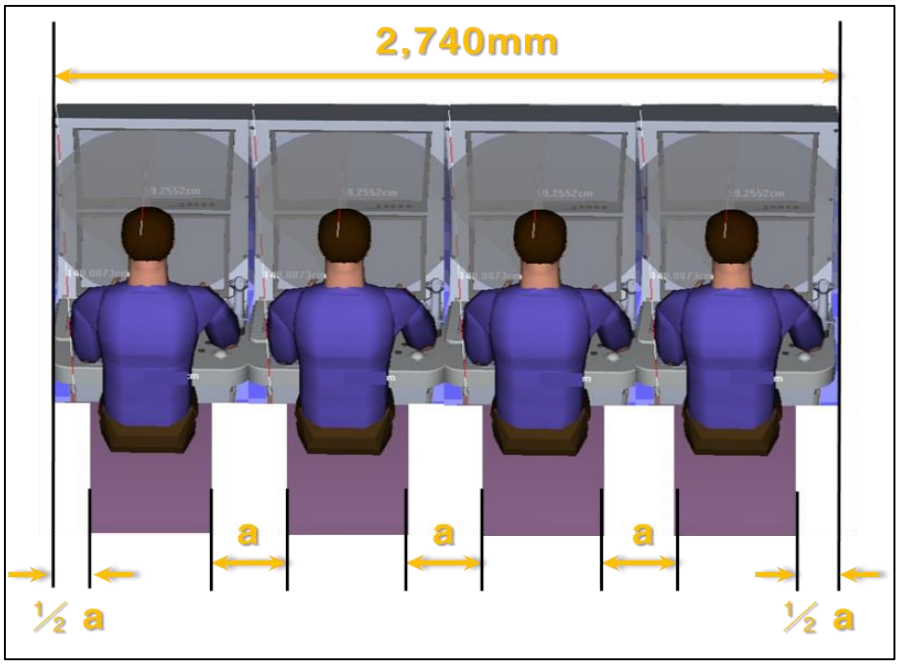
4개의 콘솔이 횡렬로 배치된 잠수함 내부의 운용 환경을 고려하여, Equation (2)와 같이 엉덩이 너비(HW)와 앉은 넙다리 두께(STT)를 채택하였으며, 환경변수로는 콘솔 의자 시트팬 측면에 부착된 각종 조작 장치의 두께(MT: Manipulator thickness)와 콘솔 운용자가 함 외부에서 근무할 때 착용하는 방한복의 두께(WT: Winter clothes thickness)를 선정하였다.

$$HW < SW \leq 685 - [STT + MT + (WT \times 2)] \quad (2)$$

Equation (2)는 Castellucci et al. (2010) 등의 연구에서 제시된 제약식을 기반으로 고안되었으나(Afzan et al., 2012; Bendak et al., 2013; Castellucci et al., 2010), 이들의 연구에서는 의자 너비의 상한치를 제안하지는 않은 반면 본 연구에서는 콘솔의 배치 환경을 고려하여 상한치를 별도로 제안하였다. 여유 공간이 많은 사무실이나 학교 같은 장소에서는 의자의 너비가 넓어도 큰 불편함이 발생하지 않기 때문에 기존 연구에서는 의자 너비의 상한치를 굳이 제안할 필요가 없었겠지만, 잠수함과 같이 공간적 제약이 명확한 장소에서는 경제적인 공간 활용을 위하여 의자 너비의 상한을 고려하지 않을 수가 없다. 이와 같은 맥락으로, van Niekerk, Louw, Grimmer-Somers, Harvey, and Hendry (2013) 등의 연구에서는 사용자의 착좌 편안함과 의자 사용 공간의 경제적인 활용을 위해 의자의 너비를 사용자 엉덩이의 너비의 1.1배에서 1.3배까지로 설계할 것을 제안하기도 했다 (Dianat et al., 2013; Gouvali & Boudolos, 2006; van Niekerk et al., 2013).

[그림 73]은 장보고급 잠수함의 다기능 콘솔 4대가 배치된 현황을 도식화한 것이다.

잠수함에서는 4명의 콘솔 운용자 간 원활한 정보 공유를 위해, 각 콘솔이 횡렬로 배치되어 있으며, 장보고급 잠수함의 경우, 모든 콘솔이 설계될 수 있는 횡적 공간이 2,740mm에 불과하다.



[그림 73] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔 배치 현황

각 콘솔의 중앙에 의자가 배치되는 경우, 의자 사이의 간격을 알파벳 'a'로 표현한다면, 'a'는 적어도 콘솔 운용자가 드나들 수 있는 정도의 간격으로 설계되어야 하므로, 콘솔 의자의 높이를 고려했을 때 'a'의 너비는 적어도 사용자의 허벅지 두께보다는 넓어야 한다.

한편, 콘솔 의자 시트팬 측면에 각종 조작 장치가 설치되어 있다는 점과 잠수함 외부에서 두꺼운 방한복을 착용하고 근무하다가 신속하게 콘솔에 앉아서 임무를 수행해야 하는 사용 맥락도 고려되어야 한다.

그러므로, 본 연구에서는 조작 장치의 두께를 20mm, 방한복의 두께 10mm를 고려하여 MT+(WT×2)는 40mm로 고정하였다.

콘솔 의자의 깊이(SD)를 결정하기 위한 변수는 등받이에 등을 완전히 기댄 상태로 앉았을 때, 콘솔 의자의 시트팬과 맞닿는 인체 부위를 고려하여, 아래의 Equation (3)과 같이 엉덩이 및 오금 간 수평 길이(BPL)를 선정하였다.

$$0.80 \times BPL \leq SD \leq 0.95 \times BPL \quad (3)$$

Equation (3)은 Cotton, O'Connell, Palmer, and Rutland (2002) 의 연구 등에 사용된 제약식을 참고하여 결정되었다 (Afzan et al., 2012; Agha, 2010; Batistão et al., 2012; Bendak et al., 2013; J. M. Brewer, K. G. Davis, K. K. Dunning, & P. A. Succop, 2009; Castellucci et al., 2010; Chung & Wong, 2007; Cotton et al., 2002; I. L. K. Jayaratne & Fernando, 2009; K. Jayaratne, 2012; Mohamed, 2013; Panagiotopoulou, Christoulas, Papanckolaou, & Mandroukas, 2004; Parcells, Stommel, & Hubbard, 1999). 특히, Equation (3)에 제시된 계수는 기존 연구에서 다양한 임상 실험을 통해 산출된 값으로, 등받이에 엉덩이와 허리를 밀착시켜 앉았을 때 편안하게 무릎을 펴고 굽힐 수 있는 적정 수준을 고려하여 도출되었다.

콘솔 의자 등받이의 상단 높이(UEB)를 결정하기 위한 변수는 등받이와 직접 접촉되는 인체 부위를 고려하여, 아래의 Equation (4)과 같이 앉은 어깨높이(SSH)가 선정되었다.

$$0.60 \times SSH \leq UEB \leq 0.85 \times SSH \quad (4)$$

Equation (4)는 Agha (2010) 등의 연구결과를 기반으로 도출되었으며 (Afzan et al., 2012; Agha, 2010; Dianat et al., 2013), Equation (3)과 같이 다수의 임상 실험을 통해 각 계수가 결정되었다. NUREG-0700 (2003)에서는 의자의 등받이가 최소한 허리 곡률(Back curvature) 부분인 요추골 부위(Lumbosacral region)를 지지할 수 있어야 한다고 권고하고 있으며, Bendak et al. (2013)과 Castellucci et al. (2010)는 사용자가 등받이에 등을 기대고 편안함을 느끼기 위해 등받이 상단의 높이가 견갑골 하부(Subscapular)의 높이보다 낮기만 하더라도 상체 움직임에 제한을 주지 않는다고 밝히며, 등받이 높이의 상한치만을 제안하기도 했다. 하지만,

NUREG-0700 (2003)에서 강조된 바와 같이, 요추골 부위를 지지하지 못할 정도로 등받이의 상단 높이가 낮은 경우, 등과 허리 부위의 과도한 신전을 유발하여, 등받이가 등과 허리를 제대로 지탱하지 못하게 되므로, 등받이 상단 높이의 하한치도 반드시 고려되어야 한다.

콘솔 의자와 콘솔 작업대 사이의 여유 공간(STC)은 콘솔 운용자가 앉은 자세에서 최소한 자신의 허벅지를 콘솔 작업대 밑으로 진입시킬 수 있어야 한다는 개념을 바탕으로, 아래의 Equation (5)와 같이 고안되었다.

$$STT + 20 + (2 \times WT) \leq STC \quad (5)$$

다만, 기존 연구에서 작업대와 의자 사이의 여유 공간을 앉은 넙다리 두께에 20mm를 더한 값을 권고한 데 반해(García-Acosta & Lange-Morales, 2007; Gouvali & Boudolos, 2006; Parcells et al., 1999), 본 연구에서는 방한복의 두께(WT) 10mm를 추가로 고려하였다.

한편, 콘솔 작업대의 높이(TH)는 콘솔 의자의 높이와 콘솔 작업대의 두께, 그리고 콘솔 의자와 콘솔 작업대 사이의 여유공간에 의해 결정되므로, 아래의 Equation (6)과 같이 표현할 수 있으며, Equation (1), (5), (6)을 조합하면,

$$TH = SH + TT + STC \quad (6)$$

콘솔 작업대 높이에 대한 하한치와 상한치를 Equation (7)과 같이 표현할 수 있다. Equation (7)에서는 콘솔 운용자의 작업 자세 및 작업 환경을 고려하여 앉은 넙다리 두께(STT), 앉은 팔꿈치 높이(SEH), 오금높이(PH), 앉은 어깨높이(SSH)를 인체 특성변수로 선정하였으며, 콘솔 작업대 두께(TT)와 방한복 두께(WT), 그리고 잠수함 단화의 밑창 두께(ST)를 환경 변수로 선정하였다.

$$\mathrm{Max}[STT + 20 + (2 \times WT) + TT, SEH] + [(PH + ST) \times \mathrm{Cos}30^{\circ}] \leq TH \leq (0.8517 \times SEH) + (0.1483 \times SSH) + [(PH + ST) \times \mathrm{Cos}5^{\circ}] \quad (7)$$

Equation (7)에서 콘솔 작업대 높이의 하한치는 콘솔 의자 높이의 하한치에 앉은 팔꿈치 높이와 콘솔 의자 및 콘솔 작업대 간 여유 공간 중 큰 값을 더한 값으로 선정하였다. 이는 콘솔 의자에 앉은 상태에서 콘솔 운용자의 허벅지가 적어도 콘솔 작업대 밑으로 진입할 수 있으면서도, 팔꿈치를 편안하게 아래로 늘어뜨렸을 때 콘솔 작업대가 닿을 수 있는 정도여야 함을 의미한다. 콘솔 작업대의 높이가 앉은 팔꿈치 높이보다 낮은 경우, 허리를 굽히지 않고서는 팔꿈치를 콘솔 작업대에 편안히 올려둘 수 없을 것이며, 키보드와 트랙볼을 조작하기 위해 팔꿈치를 콘솔 작업대에 올려 두려면 허리를 굽힐 수 밖에 없을 것이다. 키보드와 롤볼 사용 과업이 많은 콘솔 운용자의 사용 맥락을 고려하였을 때, 팔꿈치를 콘솔 작업대에 올려 두지 못할 시, 어깨와 허리 근육의 긴장감이 높아질 수 밖에 없다. 한편, 콘솔 작업대 높이의 상한치는 앉은 팔꿈치 높이와 앉은 어깨높이에 특정 계수를 각각 곱한 값에 콘솔 의자 높이의 상한치를 더한 값으로 선정하였다. 앉은 팔꿈치 높이와 앉은 어깨높이에 곱해지는 각 계수들은 Parcells et al. (1999)와 Don B. Chaffin (1999)의 연구에서 작업대 위에 팔을 올려 두고 작업을 할 때, 허용 가능한 어깨의 굴곡(Flexion)과 외전(Abduction) 운동 범위를 고려하여 수학적으로 계산된 값이다. 콘솔 작업대의 높이가 Equation (7)에서 제안하는 상한치보다 높은 경우, 팔꿈치를 콘솔 작업대에 올릴 때, 어깨가 위쪽으로 과도하게 올라가거나, 양 옆으로 팔이 벌어지게 되어 작업 피로도가 높아질 수 있고, 장시간 같은 작업을 반복하는 경우, 어깨 및 팔 부위에 대한 근·골격계 질환으로 이어질 수 있다.

잠수함 다기능 콘솔의 목표 설계변수 별 부적합 제약식에 사이즈코리아로부터 추출한 20대부터 50대까지의 한국 남성 2,027명의 인체측정치와 현재의 콘솔 규격을 대입하여, 현재의 콘솔 규격이 한국인

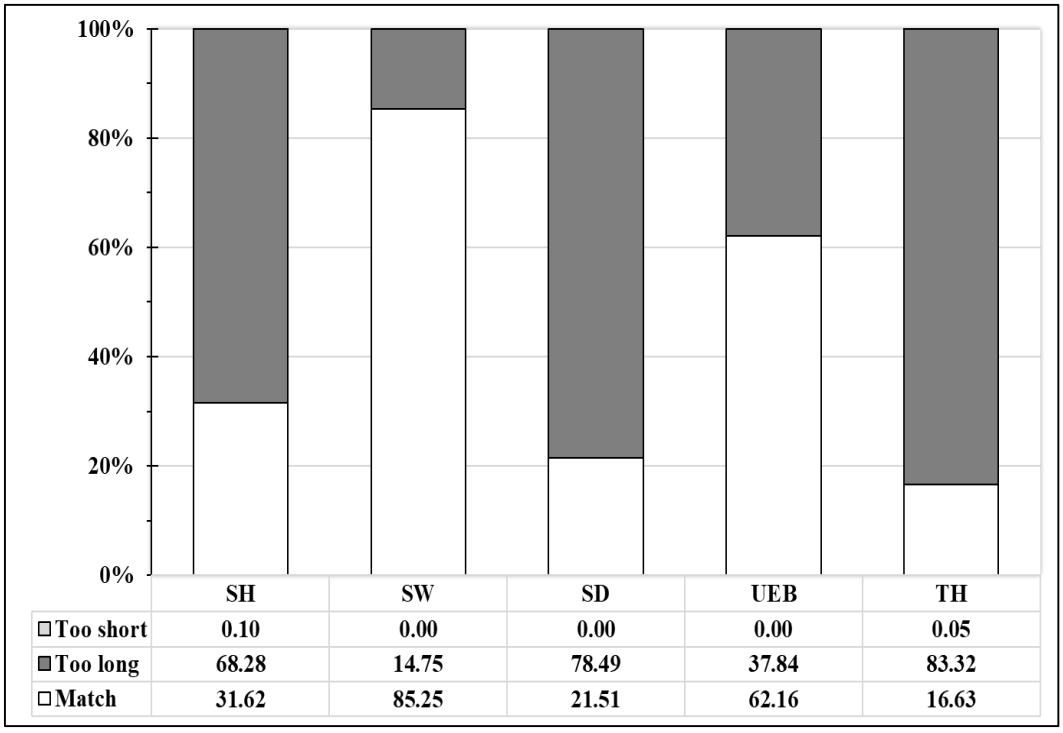
남성의 인체 크기 특성을 얼마만큼 수용하고 있는지 확인해 보았다.

또한, 현재 콘솔의 각 설계 규격이 특정인의 인체 크기 특성에 부적합한 것으로 판별된 경우, 콘솔의 설계 규격이 커서 부적절한 것인지, 작아서 부적절한 것인지 분류하여 정리하였다.

한편, 본 연구에 사용된 모든 데이터는 Excel 2016과 SPSS 25.0을 이용하여 분석되었다.

5.2.4 연구결과

부적합 제약식을 이용하여 산출된 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 각 설계변수 별 부적합률은 아래의 [그림 74]과 같다.



	SH	SW	SD	UEB	TH
Too short	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05
Too long	68.28	14.75	78.49	37.84	83.32
Match	31.62	85.25	21.51	62.16	16.63

[그림 74] 현재 잠수함 다기능 콘솔의 각 설계변수 별 부적합률

먼저, 한국 남성의 인체 크기에 대한 현재 콘솔 의자 높이의 적합률은 31.62%로 확인되었다. 특히, 부적합한 것으로 판별된 대부분의 남성들(전체의 68.28%)의 인체 크기에 비해 현재의 의자 높이가 높은 것으로 확인되었으며, 이는 사용자들의 오금 높이를 고려할 때, 콘솔 의자의 높이가 과도하게 높다는 것을 의미한다. 이러한 경우, 부적합으로 판별된 남성들의 대부분은 현재의 콘솔 의자 높이에서는 등받이에 등을 기댄 채로 발바닥을 편안하게 바닥에 접촉할 수 없을 것이다.

다음으로, 한국 남성의 인체 크기에 대한 현재 콘솔 의자 너비의 적합률은

85.25%로 확인되었으며, 모든 남성들의 엉덩이 너비보다 콘솔 의자의 너비가 더 넓었다. 한편, 14.75%의 남성들은 자신의 인체측정치를 Equation (2)에 대입했을 때 산출된 상한치보다 현재의 콘솔 의자 너비가 더 넓었기 때문에 부적합한 것으로 판별되었다. 하지만, Equation (2)에서 제안된 콘솔 의자 너비의 상한치는 잠수함이라는 제한된 공간을 경제적으로 활용하기 위해 설정했을 뿐이며, 부적합하다고 판별된 14.75%의 남성들의 인체 크기를 고려할 때, 현재의 콘솔 의자 너비는 앉는 데 전혀 문제가 없다.

세 번째로, 한국 남성의 인체 크기에 대한 현재 콘솔 의자 깊이의 적합률은 21.51%에 불과했다. 특히 부적합으로 판별된 78.49%의 남성들은 모두 현재의 콘솔 의자 깊이가 자신의 인체 크기에 비해 지나치게 길기 때문인 것으로 확인되었는데, 이는 현재 콘솔 의자의 깊이가 그들의 엉덩이 및 오금 간 수평거리보다 상대적으로 길다는 것을 의미한다. 그러므로, 이 남성들은 콘솔 의자 등받이에 등을 접촉한 상태로 앉아서 무릎을 굽히는 동작이 불가할 수 있으며, 엉덩이를 등받이에 붙이지 않고 시트 끝부분에 걸터앉는 등, 상당히 부자연스럽거나 불편한 자세로 콘솔을 운용 할 가능성이 매우 높다.

네 번째로, 한국 남성의 인체 크기에 대한 현재 콘솔 의자 등받이 상단 높이의 적합률은 62.16%로 다섯 가지의 목표 설계변수 중 가장 높았다. 다만, 부적합한 것으로 판별된 37.84%의 남성들은 모두 현재의 등받이 높이가 그들의 견갑골 높이보다 위쪽에 위치하는 것으로 확인되었으며, 이들은 현재의 등받이가 등과 허리 부위를 잘 지지해 줄 수는 있지만, 앉은 상태에서 상체의 회전 운동과 등의 신전을 다소 제한하여 장시간 콘솔 운용 중 사용자를 경직되게 할 수 있다.

마지막으로, 한국 남성의 인체 크기에 대한 현재 콘솔 작업대 높이의 적합률은 16.63%로, 본 연구의 모든 목표 설계변수 중 가장 낮았다. 한편, 부적합한 것으로 판별된 남성들 중 현재 콘솔 작업대의 높이가 자신의 인체 크기에 비해 높은 것으로 판별된 남성은 83.32%, 낮은 것으로 판별된 남성은 0.05%로, 대다수 남성들의 인체 크기 특성을 고려 할 때, 현재 콘솔

작업대의 높이는 다소 높다는 것을 알 수 있었다. 콘솔 작업대가 높아서 부적합으로 판별된 83.32%의 남성들은 팔을 콘솔 작업대에 올린 상태로 키보드 작업 및 트랙볼 조작을 하는 경우, 어깨와 상완의 근육 긴장도가 다른 사용자들에 비해 상대적으로 높을 것으로 예상되며, 콘솔 작업대가 낮아서 부적합으로 판별된 0.05%의 남성들은 팔을 편안하게 콘솔 작업대에 올려 두기가 어려울 것이다.

5.2.5 연구결과 분석

본 절에서는 현재 장보고급 잠수함에 설치된 다기능 콘솔의 규격이 한국인의 인체 크기를 고려하여 기존의 연구나 표준에서 제시한 권고 규격을 충족하고 있는지 살펴보고, 각 목표 설계변수의 부적합 제약식을 통해 산출된 결과에 대한 원인을 면밀히 분석하여 정리하였다.

먼저, 현재 콘솔 의자의 높이는 한국 남성 과반수의 인체 크기에 비해 높은 것으로 확인되었다. ABS (2013)와 MIL-STD-1472G (2012)는 사용자의 오금 높이를 고려하여 콘솔 의자의 높이를 380 ~ 540mm로 설치할 것을 권고하고 있으며, NUREG-0700 (2003)에서도 406.4 ~ 520.7mm로 콘솔 의자 높이를 제작하도록 명시하고 있다. 물론, 현재의 콘솔 의자 높이는 상기 표준에서 제안하는 범위를 준수하고 있지만, 잠수함 단화의 밑창 높이(40mm)를 감안하더라도 한국 남성의 평균 오금 높이는 428.01mm에 불과하여, 현재와 같은 475mm 높이의 콘솔 의자에 앉는 경우, 다수의 콘솔 운용자들이 바닥에 발을 완전히 접촉하지 못할 것으로 예상된다. 그러므로, 현재의 콘솔 의자 높이는 지금보다 더욱 낮아질 필요가 있다.

다음으로, 현재 콘솔 의자 너비의 적합률은 85.25%로 다른 목표 설계변수들의 적합률에 비하여 상당히 높은 수준이었다. ISO9241-5 (1998)와 NUREG-0700 (2003)에서는 가장 큰 엉덩이 너비를 가진 사람이 앉을 수 있도록 콘솔 의자의 너비를 각각 460 mm, 457.2 mm이상으로 제작할 것을 권고하고 있으며, MIL-STD-1472G (2012)에서는 콘솔 의자의 너비를 406.4mm로 제작할 것을 권고하고 있다. 다른 표준에 비해 MIL-STD-1472G (2012)에서 더 좁은 의자 너비를 권고하는 이유는 van Niekerk et al. (2013)이 제시한 설치 공간의 경제적 활용과 관련이 있는 것으로 추정된다. 한편, 현재 장보고급 잠수함에서 사용 중인 콘솔 의자 너비는 490mm로, 민간 권고 규격을 충족하는 것으로 확인되었다. 특히, 본 연구에 활용된 한국 남성의 인체 측정치 중 엉덩이 너비가 가장 넓은 남성의 치수가 475mm임을 고려할 때, 현재 콘솔 의자의 너비는 한국인 남성

사용자의 착좌 과업에 전혀 어려움을 주지 않을 것으로 예상된다. 다만, 14.75%의 남성들에게는 현재 콘솔 의자 너비가 다소 넓은 것으로 산출되었다는 점과 잠수함 내의 제한된 공간을 경제적으로 활용할 수 있도록, 지금보다 콘솔 의자 너비를 더 좁게 제작할 필요가 있다.

세 번째로, 현재 콘솔 의자 깊이는 한국 남성 인체 크기에 대한 적합률이 21.51%의 수준에 그쳐, 대다수 남성들에게 부적합한 것으로 확인되었다. NUREG-0700 (2003)와 MIL-STD-1472G (2012)에서는 엉덩이 및 오금 간 수평거리가 가장 짧은 사람의 인체 크기를 고려하여 의자의 깊이를 381 ~ 431.8mm로 제작할 것을 권고하고 있으나, 현재 장보고급 잠수함에 설치된 콘솔 의자의 깊이는 482mm로 이들이 권고하는 수준보다 훨씬 길었다. 본 연구에 사용된 한국인 남성 인체측정치 중 엉덩이 및 오금 간 수평거리가 가장 짧은 사용자의 치수는 420mm, 5분위의 사용자들의 치수는 454mm에 불과하기 때문에, 이들이 등받이에 등을 기대고 바른 자세로 콘솔 의자에 앉아서 무릎을 편안하게 구부리는 동작은 매우 힘들 것이다. 그러므로, 현재보다 콘솔 의자의 깊이를 더욱 짧게 개선할 필요가 있다.

네 번째로, 현재 콘솔 의자 등받이 상단 높이의 적합률은 62.16%로, 다른 설계변수들의 적합률에 비해 높은 수준이었다. MIL-STD-1472G (2012)에서는 사용자가 앉은 자세에서 몸통 부위를 잘 지지할 수 있도록 등받이 상단 높이를 480 ~ 580mm로 설계할 것을 권장하고 있으며, 현재 장보고급 잠수함 콘솔 의자의 등받이 상단 높이는 510mm로, 권장 범위에 포함되는 것으로 확인되었다. 하지만, 여전히 37.84%의 사용자들에게는 등받이 높이가 높아서 상체의 움직임이 저해될 수 있다는 점과 콘솔 의자 뒤에서 콘솔 정보를 함께 감시하는 관리자가 있다는 잠수함 콘솔만의 고유한 사용 맥락을 고려할 때, 현재 콘솔 의자의 등받이 높이를 다소 낮출 필요가 있다.

마지막으로, 한국인 남성의 인체 크기 특성에 대한 현재 콘솔 작업대 높이의 적합률은 16.63%에 그쳤다. 콘솔 작업대의 높이는 콘솔 의자의

높이와 사용자의 넙다리 두께, 그리고 오금의 높이와 깊이 연관되어 있으며 (ISO9241-5, 1998), MIL-STD-1472G (2012)와 ABS (2013)에서는 콘솔 작업대의 높이를 각각 735 ~ 760mm와 710 ~ 760mm로 제작할 것을 권고하고 있다. 하지만, 현재 장보고급 잠수함 콘솔 작업대의 높이는 817mm로, 상기 표준에서 권고하는 높이보다 더 높은 수준으로 확인되었다. 사용자가 자신의 인체 크기에 비해 높은 콘솔 작업대에서 작업하는 경우, 어깨 관절 및 상완의 편안한 활동을 보장할 수 없기 때문에, 장시간 동안 키보드 작업 및 트랙볼 조작 과업이 제한될 수 있다. 특히, 현재 콘솔 작업대의 높이가 권고 규격보다 높게 설계되어 있음에도, 앞 장의 사용성 평가에서 콘솔 작업대와 콘솔 모니터의 높이가 사용자들로부터 낮다고 평가된 이유는 과도하게 높은 콘솔 의자의 높이 때문이라고 유추할 수 있다.

한편, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 사이의 여유공간은 콘솔 의자 높이와 콘솔 작업대 높이에 따라 자연스럽게 결정된다. ISO9241-5 (1998)에서는 넙다리 두께가 가장 두꺼운 사람의 인체 치수를 고려하여 여유 공간을 설계해야 한다고 제시하고 있으며, NUREG-0700 (2003)에서는 최소 190.5mm의 여유공간이 필요하다고 권고하고 있다. 현재 장보고급 잠수함의 콘솔 의자와 콘솔 작업대 간 최대 여유 공간은 242mm로, NUREG-0700 (2003)에서 제시한 권고 규격은 충족하고 있지만, 본 연구에서 사용된 한국 남성 인체측정치 중 앉은 넙다리 두께가 가장 두꺼운 남성의 치수가 280mm임을 고려할 때, 콘솔 의자의 조절 범위가 지금보다 더욱 아래로 조절되도록 개선할 필요가 있다.

한편, 장보고급 잠수함 콘솔의 설계 규격이 한국인 남성 대부분의 인체 크기에 대하여 부적합한 것으로 확인된 가장 큰 이유는 콘솔의 기본 설계 사양이 독일인의 체형을 기준으로 결정되었기 때문인 것으로 유추할 수 있다. 1992년 독일로부터 인수된 장보고급 잠수함의 ISUS 83 전투지휘체계와 다기능 콘솔은, 1980년대 초반 독일 해군의 206급 잠수함에 대한 성능 강화를 위해 개발된 것으로써 (황재연, 2015), 당시의 독일인 인체 크기

특성을 반영하여 제작되었을 가능성이 높기 때문이다. 1980년 기준, 독일 남성의 평균 신장이 180.5cm 였음에 반해 (Max Roser, 2013), 2015년 기준 한국 남성의 평균 신장이 172.9cm 에 불과함을 고려할 때, 당시 독일인 인체 크기를 고려하여 설계된 콘솔의 규격이 한국인 남성의 인체 크기에 부적합한 것은 상당히 자연스러운 일이다.

그러므로, 5.2.4.2절에서는 앞서 분석한 결과를 기반으로, 한국 남성의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 콘솔의 설계 규격을 각 목표 설계변수 별로 제안하였다.

기존의 연구에서 학생용 가구 등의 규격 체계를 개발할 때 가장 일반적으로 사용된 방법 중 하나는 타원 방법론(Ellipse methodology)이다 (Carneiro, Gomes, & Rangel, 2017; H. I. Castellucci, P. M. Arezes, & J. F. M. Molenbroek, 2015; YMT, 2003). 이 방법은 수집한 전체 인체측정치의 5분위부터 95분위까지의 치수를 근거로 하여, 적절한 설계범위를 권고한다. 예를 들어 모자의 치수를 정할 때 머리 둘레가 5분위인 사용자와 95분위인 사용자의 머리 둘레를 측정한 후, 양 자간의 범위 안에 모자의 치수가 결정되도록 해야 한다고 권고하는 방식이다.

하지만 콘솔과 같이 각 목표 설계변수의 규격을 결정하기 위해 다양한 인체측정항목을 고려해야 하고, 가능한 많은 사용자의 인체 크기에 적합한 단 하나의 규격을 산출하는 것을 목표로 하는 문제에서는 타원 방법론보다는 최대 수용 문제(Maximum coverage problem)로 최적 규격을 탐색하는 것이 더욱 적합할 수 있다.

최대 수용 문제는 어떠한 전체 집합과 그 집합의 부분 집합들이 주어졌을 때, 정해진 개수의 부분 집합들을 골라 그 집합들의 합집합에 포함된 원소의 수를 최대화하는 해를 찾는 것을 목표로 한다. 최적의 콘솔 규격을 산출하는 문제에서, 부분 집합은 각 목표 설계변수 별로 특정한 규격 단 하나로 정해져 있으므로, 최대한 많은 한국인 남성의 인체 크기 특성을 포함할 수 있는 특정 규격이 무엇인지 찾아내는 것이 핵심이다.

본 연구에서는 Y. Lee et al. (2018)이 한국 학생들의 인체 크기를 고려한 최적의 책상 높이와 의자 높이를 산출하기 위해 사용했던, 그리디 알고리즘(Greedy algorithm) 접근법을 활용하여 콘솔의 각 목표 설계변수에 대한 최적 규격을 산출하였다.

그리디 알고리즘 접근법은 각 사용자의 인체측정치와 특정 설계변수의 가능한 모든 규격을 1mm 단위로 해당 부적합 공식에 순차적으로 대입하여, 적합률이 최대가 되는 규격을 찾아내는 방법으로, 매우 단순하고 원시적이지만, 최대 수용 문제를 해결할 수 있는 가장 효과적인 방법 중 하나이다 (Feige, 1996).

본 연구에서는 콘솔의 최적 규격을 산출할 수 있는 그리디 알고리즘을 구현하기 위해 R 프로그래밍을 사용하였으며, 구현된 알고리즘을 통해 문제를 해결한 결과, 본 연구에서 활용된 한국 남성 인체측정치에 대하여 모든 목표 설계변수들의 규격이 최소 80% 이상의 적합률을 갖기 위해서는 [표 12]에 제시된 규격이 가장 적합한 것으로 확인되었다.

[표 12] 한국형 잠수함 다기능 콘솔 권고규격

설계변수	콘솔 의자 높 이	콘솔 의자 너 비	콘솔 의자 깊 이	등받이 상단높이	콘솔 작업대 높 이
권고규격	431mm	442mm	429mm	422mm	738mm

[표 12]에 제시된 권고 규격 중 콘솔 의자의 높이와 너비, 깊이, 그리고 콘솔 작업대의 높이는 기존 문헌에서 권고하는 규격 범위를 충족하는 수준이었으며, 콘솔 등받이 상단 높이는 기존 표준의 권고 규격 하한치보다 약 5.8cm가 낮았다. 하지만, 기존의 표준들이 권고하는 규격이 미국인의 인체 크기 특성을 반영하여 설정되었음을 고려할 때, 등받이 상단 높이가 기존 표준에서 제시한 권고 규격보다 다소 낮아졌다는 점, 그리고 기존 권고 규격

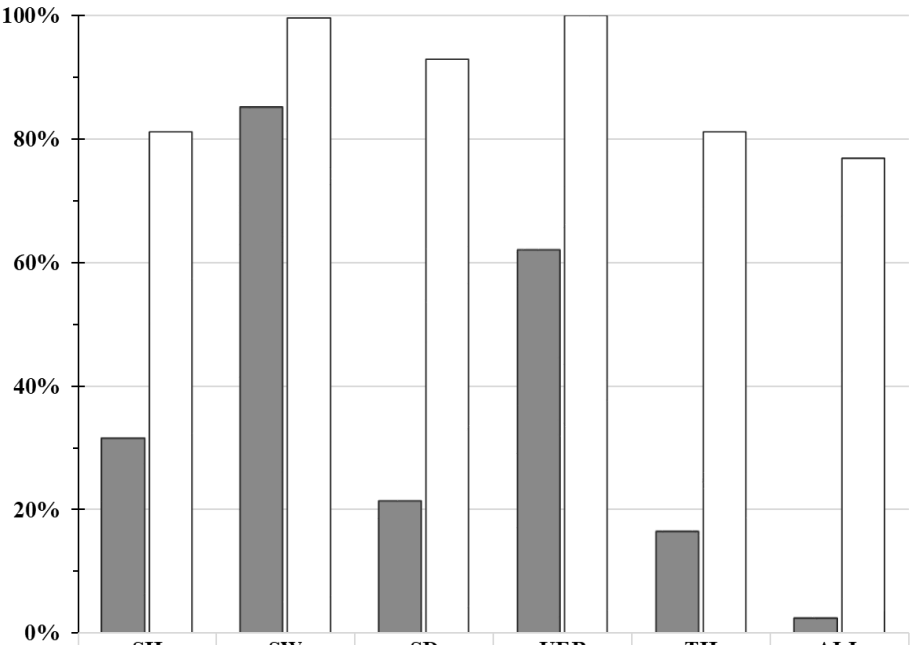
범위를 충족하는 다른 설계변수들의 규격이 기존 권고 규격의 하한치에 가깝다는 점을 통해 [표 12]에 제시된 규격이 한국인의 인체 크기 특성을 보다 실질적으로 반영하였다고 유추할 수 있다.

한편, ISO9241-5 (1998)에서 가장 넓은 엉덩이 너비를 갖는 사용자를 고려하여, 콘솔 의자의 너비를 460mm 이상으로 권고하고 있음에 반해, 알고리즘 접근법을 통해 산출된 권고 규격은 이보다 1.8cm가 좁았다. 물론, 한국인 성인 남성 중 엉덩이 너비가 가장 넓은 사용자(475mm)는 앉을 수 없는 너비이지만, 95분위 사용자들(394mm)까지는 충분히 앉을 수 있는 수준이며, MIL-STD-1472G (2012)에서 권고하는 규격에는 충족하므로, 잠수함 내부의 제한된 공간 활용을 고려할 때, 상기 콘솔 의자 권고 규격은 적합한 것으로 판단된다. 또한, [표 12]에 제시된 권고규격에 따르면, 콘솔 의자와 콘솔 작업대 간 여유 공간은 207mm로(콘솔 작업대 두께 100mm), NUREG-0700 (2003)에서 제시한 최소 권고 규격을 충족하며, 콘솔 의자는 위아래로 조절할 수 있기 때문에 의자 높이를 더 낮게 조절하면 넙다리가 두꺼운 사용자도 콘솔 사용이 가능할 것으로 예상된다.

아래의 [그림 75]는 현재의 콘솔 규격과 알고리즘 접근법을 이용하여 산출된 한국형 잠수함 다기능 콘솔 권고규격에 대한 적합률을 비교한 결과이다.

콘솔 의자와 콘솔 작업대의 높이에 대한 적합률은 81.15%로, 기존에 비해 훨씬 많은 사용자를 수용할 수 있는 것으로 확인되었으며, 콘솔 의자의 너비, 깊이, 등받이 상단의 높이는 권고 규격으로 제작되는 경우, 각각 99.70%, 92.95%, 100%의 한국인 남성 인체 크기에 적합할 것으로 예상된다.

한편, 현재 콘솔의 다섯 가지 목표 설계변수 규격 모두에 대하여 적합한 인체 크기를 갖는 한국 남성의 비율은 2.57%에 불과하지만, 권고 규격으로 콘솔을 설계하는 경우, 해당 규격에 적합한 인체 크기를 갖는 한국 남성의 비율은 76.96%까지 높아는 것으로 확인되었다.



	SH	SW	SD	UEB	TH	ALL
Present	31.62	85.25	21.51	62.16	16.63	2.57
Recommended	81.15	99.70	92.95	100.00	81.15	76.96

[그림 75] 장보고급 잠수함 다기능 콘솔의 현재 규격 및 권고 규격 간 적합률 비교

5.2.6 소결론

본 연구에서는 한국 남성의 인체측정치와 콘솔의 사용 맥락을 고려하여 고안된 부적합 제약식을 이용하여, 현재 장보고급 잠수함에 설치된 콘솔의 주요 설계 규격에 대한 적합성을 확인하였으며, 알고리즘 접근법을 이용하여 한국 남성의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 콘솔의 설계 규격을 제안하였다.

본 연구의 목표 설계변수인 콘솔 의자의 높이/너비/깊이, 등받이 상단 높이, 그리고 콘솔 작업대 높이에 대한 적정 범위를 산출하기 위해, 콘솔 운용자의 작업 자세와 잠수함 내부의 근무 환경, 그리고 다른 작전 요원과의 협업 상황 등을 고려하여 각 설계변수의 상한치와 하한치를 규정하는 부적합 제약식을 고안하였다. 각 설계변수의 부적합 제약식에 사이즈코리아로부터 수집한 한국 남성 2,027명의 인체측정치를 대입하여, 한국 남성 인체 크기에 대한 현재 콘솔 규격의 적합성을 확인한 결과, 콘솔 의자의 너비를 제외한 모든 설계변수들의 규격이 과반수의 한국 남성들에게 부적합한 것으로 판별되었다.

한편, 현재 콘솔 규격의 부적합 문제를 해결하고자 알고리즘 접근법을 이용하여 한국 남성의 인체 크기 특성을 최대로 수용할 수 있는 콘솔 규격을 산출하였으며, 부적합 제약식을 이용하여 현재의 규격과 산출된 권고 규격의 적합률을 비교해 본 결과, 현재 콘솔의 다섯 가지 목표 설계변수 규격에 대하여 모두 적합한 인체 크기를 갖는 한국 남성의 비율은 2.57%에 불과했다. 하지만, 본 연구에서 제안한 규격으로 콘솔을 설계하는 경우, 76.96%까지 적합률을 향상시킬 수 있는 것으로 확인되었다.

물론, 본 연구에서 사용된 인체측정치는 실제로 콘솔을 운용하는 잠수함 승조원들의 인체측정치를 이용한 것이 아니기 때문에, 잠수함 승조원의 인체측정치를 적용하는 경우, 적합률은 다소 달라질 지도 모른다. 하지만, 본 연구에서 사용된 2,027명의 인체측정치는 한국 성인 남성의 인체 크기 특성을 대표하는 검증된 실측 자료라는 것을 고려할 때, 산출된 콘솔의 권고 규격은 충분히 의미가 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 부적합 제약식과 알고리즘 접근법은 잠수함뿐 아니라, 한국의 다양한 군사용 콘솔의 규격 선정을 위한 지침으로 활용될 수 있을 것이며, 원자력 발전소나 재난상황실과 같이 다기능 콘솔을 운용하는 여러 분야의 작업 환경 설계에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

한편, 본 연구에서는 잠수함 콘솔의 높이 관련 설계변수의 최적 규격에 대해서만 탐색해 보았다는 한계가 있다. 이에, 향후 연구에서는 한국인의 팔길이나 상체 운동 가용 범위 등을 고려하여, 콘솔 작업대의 깊이나 콘솔 작업대와 콘솔 의자 간 수평거리, 그리고 콘솔의 각종 조작 버튼의 배치 반경 등 거리 관련 설계변수들에 대한 최적 규격을 탐색해 볼 것이다.

6. 결 론

6.1 주요 연구결과 요약

1.2절에서 본 연구는 세 가지의 목적을 달성하기 위해 수행되었다고 밝힌 바 있다. 이에, 본 절에서는 3장부터 5장까지 기술된 연구의 결과를 요약하여 제시함으로써, 최초 수립한 연구 목적이 어떻게 다루어 졌는지 기술하였다.

먼저, 첫 번째 연구 목적은 사용자의 요구사항을 실질적으로 반영할 수 있는 군수품의 개발 및 획득 절차를 정립하는 것이었으며, 이에 대한 내용은 본 논문의 3장에서 다루어졌다. 첫 번째 연구 목적을 달성하기 위해 미국과 우리나라를 포함한 5개국의 군수품 획득 및 개발 절차를 검토하였으며, 모든 검토 대상 국가의 군수품 개발 절차에 해당 군수품을 사용하는 사용자의 특성과 사용 맥락을 분석하는 과정이 구체적으로 명시되어 있지 않음을 알 수 있었다. 이에, 기존 연구에 제시된 여러가지 사용성 평가 체계 및 절차를 기반으로 군수품 개발 및 획득 절차에 적용할 수 있는 주요 요소를 추출하였으며, [그림 17]과 같이 사용 맥락 및 사용자 중심 설계 원리 기반의 군수품 개발 및 설계 절차를 정립하였다.

본 연구의 두 번째 연구 목적은 군수품의 사용성 요소를 추출하여, 이를 평가하고 측정하는 방법을 구체화하는 것이었으며, 세 번째 연구 목적은 군수품이 사용자의 인체 크기 특성에 적합하지 않게 설계되었을 때의 문제점과 그에 대한 해결 방안을 제시하는 것이었다.

본 연구에서는 새롭게 고안된 군수품 개발 및 설계 절차가 특정 군수품을 개발하는 과정에서 실제로 어떻게 적용될 수 있는지 확인하고, 두 번째 연구 목적과 세번째 연구 목적을 달성하는 과정을 구체적으로 제시하기 위하여 한국 육군 군장 배낭과 장보고급 잠수함 다기능 콘솔을 대상으로, 사례연구를 수행하였다.

두 번째 연구 목적에 대한 내용은 4장에서 다루어졌다.

먼저, 육군 군장 배낭의 경우, 수행하는 과업의 종류에 따라 확인된 다양한 양상의 사용 맥락과 문헌조사 및 인터뷰를 통해 확인된 사용자의 실질적 요구사항을 반영하여, 총 13가지의 사용성 요소를 추출하였으며, 요인 분석 결과 각 사용성 요소는 상호작용 요인, 기동성 요인, 디자인 특성 요인으로 분류됨을 알 수 있었다. 또한, 추출된 사용 맥락과 사용성 요소를 기반으로, 사용자의 의견을 실질적으로 수렴할 수 있는 사용성 평가 설문 도구와 군장 배낭의 사용성을 정량적으로 측정할 수 있는 사용성 검증 실험을 고안하였다. 사용성 평가 설문 분석 결과, 상호작용 요인과 기동성 요인에 속한 모든 사용성 요소들에 대한 평가 결과는 사용자의 인체 크기 특성에 따라 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며, 각 군집 별 사용자들이 단일 규격으로 제작된 현재의 군장 배낭을 사용하면서 느끼는 통증 발생 부위에도 가시적인 차이가 있음을 알 수 있었다. 더불어, 새롭게 고안된 군장 배낭의 사용성 검증 실험은 네 명의 현역 보병에 대한 예비 실험을 수행함으로써, 그 효과와 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

한편, 잠수함 다기능 콘솔의 경우, 매우 단순하고 반복적인 사용 맥락 특성을 고려하여, 콘솔 사용 중 수행하는 세부 과업을 순서대로 정렬하고, 과업 수행과 관련된 사용성 요소를 콘솔의 주요 부위인 콘솔 의자, 콘솔 작업대, 콘솔 모니터로 분류하여 추출하였다. 또한, 콘솔의 사용 맥락과 콘솔 운용자의 실질적 요구사항을 반영하여 사용성 평가 설문 도구와 사용성 검증 실험을 고안하였다. 먼저, 21명의 장보고급 잠수함 콘솔 운용자들에 대한 사용성 평가 설문 결과, 콘솔의 규격과 관련된 사용성 요소는 인체 크기 별 사용자 간 통계적으로 유의미한 차이를 확인하기는 어려웠지만, 대체적으로 신장이 작거나 중간 수준인 콘솔 운용자들이 현재의 콘솔 의자와 콘솔 작업대 높이를 다소 높다고 인식하고 있음을 알 수 있었다. 또한, 콘솔의 사용 맥락과 사용자의 시야 범위를 고려했을 때, 현재 설치된 상·하부 모니터의 경사각에 오류가 있음을 밝혀냈으며, 각 모니터를 안정적으로 응시하기 위한 최적 경사각 산출 방법을 제시하였다. 더불어, 사용성 평가 설문과 콘솔

운용자의 인터뷰 결과를 기반으로 콘솔의 물리적, 기능적 사용성을 측정할 수 있는 세 가지 실험을 제안하였다.

세 번째 연구 목적에 대한 내용은 5장에서 다루어졌으며, 연구 목적을 달성하기 위한 방법과 절차는 군장 배낭과 잠수함 다기능 콘솔에 모두 동일하게 적용되었다.

먼저, 육군 군장 배낭의 경우, 사용자의 신체와 가장 빈번하게 상호작용하는 부위인 등판의 세로 길이와 가로 너비, 그리고 어깨 끈 너비를 목표 설계 변수로 선정하였으며, 군장 배낭 착용과 관련된 일곱 가지의 인체측정항목을 추출하였다. 군장 배낭을 정상적으로 사용할 수 있는 조건을 고려하여 고안된 각 목표 설계변수의 부적합 제약식에 한국 성인남녀 4,051명의 인체측정치를 대입하여 현재 군장 배낭 규격의 적합성을 검토해 본 결과, 부적합률이 88.20%에 달해 규격 개선이 강하게 요구되었다. 이에, 알고리즘 접근법을 이용하여 총 세 가지의 규격을 산출하였으며, 제안된 규격으로 군장 배낭을 설계하는 경우, 부적합률을 1.38%까지 줄일 수 있는 것으로 확인되었다.

다음으로, 잠수함 다기능 콘솔의 경우, 사용성 평가 결과, 사용자의 불만족도가 가장 높았던 콘솔 의자의 높이/너비/깊이, 등받이 상단 높이, 그리고 콘솔 작업대 높이를 목표 설계 변수로 선정 하였으며, 콘솔 사용과 관련된 여섯 가지의 인체측정항목을 추출하였다. 콘솔 운용자의 작업 자세와 잠수함 내부의 근무환경, 다른 작전 요원과의 협업 등 다양한 사용 맥락을 고려하여 고안된 각 목표 설계변수의 부적합 제약식에 한국 성인남성 2,027명의 인체측정치를 대입하여 현재 콘솔 규격의 적합성을 검토해 본 결과, 다섯 가지 목표 설계변수의 현재 규격에 적합한 인체 크기를 갖는 한국 남성의 비율은 2.57%에 불과했다. 이에, 알고리즘 접근법을 이용하여 한국 남성의 인체 크기 특성을 최대한 수용할 수 있는 최적 규격을 제안하였으며, 제안된 규격으로 콘솔을 설계하는 경우, 최대 76.96%까지 적합률을 높일 수 있는 것으로 확인되었다.

6.2 연구의 기여점 및 활용방안

본 논문에 제시된 주요 연구결과에 대한 기여점 및 활용방안은 아래와 같다.

먼저, 기존에는 제대로 반영되지 못했던 사용 맥락의 개념과 사용자 중심 설계 원리에 기반하여 정립된 새로운 군수품 개발 및 획득 절차는 우리 군의 무기체계와 전력지원체계의 연구 개발에서부터 운영·유지에 이르는 각 단계에서 수행되어야 할 세부 지침과 고려 요소를 제시함으로써, 군수품 개발 실무자의 체계적인 업무 추진에 도움이 될 수 있을 것이며, 사용자의 요구사항이 각 단계마다 지속적으로 반영되고 수정되는 구조이기 때문에 군수품 실 사용자의 만족도도 크게 증가할 것으로 기대된다.

또한, 사용 맥락과 사용자 특성 분석을 기반으로 본 연구에서 제시한 군수품의 사용성 평가체계 구축 과정은 다른 군수품의 개발 과정에도 충분히 적용될 수 있을 것으로 기대되며, 과업 특성과 관련된 사용자의 실질적인 불편 요소와 요구사항을 수집하고, 군수품 성능 개선에 대한 현실적인 방안을 확보하는데 도움이 될 수 있을 것이다. 또한, 군장 배낭과 잠수함 다기능 콘솔의 사용성을 측정하기 위해 고안된 다양한 양상의 검증 실험은 서로 다른 규격을 갖는 동일 군수품 간의 사용성 차이나, 서로 다른 인체 크기를 갖는 사용자가 동일 규격의 군수품을 사용할 때 느끼는 사용성의 차이를 정량적으로 확인함으로써, 대상 군수품의 핵심 설계 목표 및 방향을 설정하는 근거가 될 수 있으며, 핵심 설계 목표에 따라 새로운 군수품이 개발되는 경우, 기존 군수품 대비 어떠한 측면에서 얼마만큼의 개선효과가 있는지 확인하는데 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

마지막으로, 본 연구에서 군수품의 최적 규격 산출을 위해 사용된 방법과 절차는 대상 군수품이 사용자의 인체 크기 특성을 제대로 반영하여 설계되었는지, 그 적합성 여부를 판별하는 수단으로 활용될 수 있을 뿐 아니라, 부적합 제약식을 통해 사용자의 편안하고 정상적인 사용을 보장하는 설계 조건을 규정함으로써 군수품 사용에 대한 사용자의 물리적·인지적 피로도 완화에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 더불어, 인체측정학적

수단에 기반하여 제안된 각 군수품의 최적 규격은 유사 장비나 동종 분야에서 인간공학적 제품 설계 및 작업환경 구축에 유용하게 활용될 수 있을 것이며, 지금까지 한국의 군수품 개발 산업 분야에서 사용자의 인체 크기 특성을 반영하여 군수품을 설계해야 한다는 인식이 부족했음을 고려할 때, 본 연구의 방법과 결과는 한국형 군수품 설계 규격 체계를 구축하기 위한 기반을 형성하는 데에도 기여할 수 있을 것이다.

물론, 본 연구는 사용 맥락과 사용자 중심 설계 원리에 기반한 기존의 고전적인 방법론을 군수품의 개발 절차에 단순히 적용하였기 때문에 방법론 자체에 대한 고유성이 부족할 수는 있지만, 기존 한국군의 군수품 개발 과정에서 식별된 여러가지 한계 –성능 충족 지향적 개발, 성능 충족 여부만을 확인하기 위한 목적의 시험평가, 실제 사용자가 배제된 운용 시험 등– 를 극복할 수 있는 실질적인 군수품 개발 절차를 제안하고, 군수품 개발 과정에서 견지해야 할 또 다른 차원의 접근법을 시사하였다는 데 그 의의가 있다고 할 수 있다.

6.3 연구 한계 및 향후 연구 계획

본 연구는 사용자의 요구사항을 군수품의 개발 및 획득 과정에 실질적으로 반영하기 위하여, 사용 맥락과 사용자 중심 설계 원리를 적용하였지만, 아래와 같은 제한사항이 있다.

먼저, 군수품의 사용성 정도가 사용자의 인체 크기 특성에 따라 다를 것이라는 가설을 세우고, 사용성 평가 대상자들을 인체 크기 별로 분류할 때, 그들의 신장 자료를 척도로 사용했다는 점이다. 물론, 사용성 평가 참여자들이 해당 군수품의 사용과 관련된 자신의 인체 부위의 정확한 치수를 몰랐기 때문에 신장 자료를 이용할 수 밖에 없었지만, 향후 연구에서는 대상 군수품과 직접 관련된 인체 부위의 정확한 치수를 기반으로 사용자 군집을 나누어, 사용성 차이를 비교해 보아야 할 것이다.

한편, 사용 맥락 분석과 사용자 인터뷰 등을 통해 수렴된 현재 군수품에 대한 가장 큰 불만 사항이 군수품의 부적절한 규격이었기 때문에, 본 연구에서는 핵심 설계 목표를 군수품의 최적 설계 규격 산출로 설정하여, 5장에서 이에 대한 추가 연구를 수행하였다. 하지만, 향후에는 사용 맥락과 인터뷰를 통해 추출된 다양한 사용성 요소 중 규격 최적화 이외에도 군수품의 실질적인 개선을 위해 반영 될 수 있는 구체적인 설계 요소를 식별하여, 사용성 기반의 명료하고 압축적인 군수품 설계 지침과 고려 요소를 제안할 필요가 있다.

다음으로, 대상 군수품의 사용 맥락과 사용성 평가 설문 결과 등을 기반으로 고안된 다양한 양상의 사용성 검증 실험은 실제로 수행되지 못했거나, 참여자의 수가 매우 적었기 때문에, 각 실험의 유효성을 통계적으로 입증하지 못했다는 한계가 있다. 본 연구는 향후에 수행될 대상 군수품들의 성능 개선 사업을 위한 사전 연구의 개념으로 수행되었으며, 이에, 사용자의 실질적인 요구를 군수품의 개발 절차 전반에 반영하고, 각 사용성 요소를 추출하여 평가하는 방법을 제시하는 데에 더욱 집중하였다. 다만, 개별 연구자가 본 연구에서 제안된 다양한 사용성 검증 실험을 수행할 수

있는 전체 실험 환경을 구축하고, 실험 대상 시제품을 제작하여, 다수의 군수품 사용자를 장시간 실험에 참가하도록 하는 데에는 현실적으로 제한이 있었던 것이 사실이다. 그러므로, 후속 연구에서는 각 군과 국방기술품질원의 지원 하에 군수품에 대한 여러 가지 사용성 검증 실험을 추가로 수행해야 하며, 각 실험의 결과를 통해 개선 군수품 제작 및 실제 작전 운용 실험 환경 설계를 위한 실증적 아이디어를 획득할 예정이다.

마지막으로, 본 연구에서 사용된 부적합 제약식 기반의 방법론은 제약식을 고안하는 과정에서 연구자의 주관적 의견이 개입될 가능성이 높고, 실험 대상이나 실험 환경에 따라 제약식 자체가 달라질 수 있다는 맹점이 있다. 하지만, 군수품의 개발 특성 상 막대한 예산과 시간, 인력이 소모됨을 고려할 때, 부적합 제약식을 이용한 군수품 적정 규격 탐색 과정은 작전 운용 시험 단계에서 활용될 시제품의 설계 규격 선정에 반영될 수 있을 뿐 만 아니라, 군수품의 획득 및 대량 양산 이전에 규격 적합성을 재검토하게 함으로써, 불필요한 자원 소모를 미연에 방지하는 데 도움이 될 수 있다. 더불어, 부적합 제약식을 이용하여 사용자 집단의 인체 크기에 대한 대상 군수품의 적합률을 산출할 수 있기 때문에 개선 전후의 적합률을 비교할 수 있고, 새롭게 산출된 규격에 대한 정당성을 확보하기에 용이하다. 다만, 향후 연구에서는 부적합 제약식의 정당성을 확보하기 위하여, 다양한 사용성 검증 실험과 실제 작전 운용 시험을 통해 제안된 부적합 제약식을 지속적으로 개선·보완해야 할 것이며, 부적합 제약식을 통해 산출된 최적 규격과 이를 기반으로 제작된 신규 군수품이 사용성 증대 효과뿐만 아니라, 작전적·물리적 측면에서도 실질적인 개선효과가 있는지 확인해 보아야 할 필요가 있다.

참 고 문 헌

Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications, 37*(4), 445-456.

ABS. (2013). Guidance Notes on the Application of Ergonomics to Marine Systems. In. Houston, USA: American Bureau of Shipping.

Admas, C. (2018, 11 December 2018). Sizing Guide for children's backpacks. Retrieved from https://www.thoughtco.com/fitting-guide-for-a-childs-backpack-1206463

Afzan, Z. Z., Hadi, S. A., Shamsul, B., Zailina, H., Nada, I., & Rahmah, A. S. (2012). *Mismatch between school furniture and anthropometric measures among primary school children in Mersing, Johor, Malaysia.* Paper presented at the 2012 Southeast Asian Network of Ergonomics Societies Conference (SEANES).

Agha, S. R. (2010). School furniture match to students' anthropometry in the Gaza Strip. *Ergonomics, 53*(3), 344-354.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems*: Gordon and Breach.

Armstrong, N. C., Ward, A., Lomax, M., Tipton, M. J., & House, J. R. (2019). Wearing body armour and backpack loads increase the likelihood of expiratory flow limitation and respiratory muscle fatigue during marching. *Ergonomics, 62*(9), 1181-1192.

Attwells, R. L., Birrell, S. A., Hooper, R. H., & Mansfield, N. J. (2006). Influence of carrying heavy loads on soldiers' posture, movements and gait. *Ergonomics, 49*(14), 1527-1537.

Batistão, M. V., Sentanin, A. C., Moriguchi, C. S., Hansson, G. Å., Coury, H. J. C. G., & De Oliveira Sato, T. (2012). Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. *Work, 41*(1), 4817-4824. doi:10.3233/WOR-2012-0770-4817

Bauer, D. H., & Freivalds, A. (2009). Backpack load limit recommendation for middle school students based on physiological and psychophysical measurements. *Work, 32*(3), 339-350.

Beekley, M. D., Alt, J., Buckley, C. M., & Duffey, M. (2007). Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. *Military medicine, 172*(6), 592-595.

Bendak, S., Al-Saleh, K., & Al-Khalidi, A. (2013). Ergonomic assessment of primary school furniture in United Arab Emirates. *Occupational Ergonomics, 11*(2, 3), 85-95.

Bevan, N. (1995). Usability is quality of use. In *Advances in Human Factors/Ergonomics* (Vol. 20, pp. 349-354): Elsevier.

Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 533-552.

Birrell, S. A., Hooper, R. H., & Haslam, R. A. (2007). The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait & posture, 26*(4), 611-614.

Booth, P. (2014). *An Introduction to Human-Computer Interaction (Psychology Revivals)*: Psychology Press.

Brackley, H. M., & Stevenson, J. M. (2004). Are children's backpack weight limits enough?: A critical review of the relevant literature. *Spine, 29*(19), 2184-2190.

Brewer, J., Davis, K., Dunning, K., & Succop, P. (2009). Does ergonomic mismatch at school impact pain in school children? *Work, 34*(4), 455-464.

Brewer, J. M., Davis, K. G., Dunning, K. K., & Succop, P. A. (2009). Does ergonomic mismatch at school impact pain in school children? *Work (Reading, Mass.), 34*(4), 455-464. doi:10.3233/WOR-2009-0946

Brigham, F. (1972). Ergonomic problems in ship control. *Applied ergonomics, 3*(1), 14-19.

Brinck, T., Gergle, D., & Wood, S. D. (2002). *Designing Web Sites that Work [recurso Electrónico]: Usability for the Web*: Morgan Kaufmann Publishers.

Bruseberg, A., & McDonagh-Philp, D. (2001). New product development by eliciting user experience and aspirations. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 435-452.

Carneiro, V., Gomes, Â., & Rangel, B. (2017). Proposal for a universal measurement system for school chairs and desks for children from 6 to 10 years old. *Applied ergonomics, 58*, 372-385. doi:10.1016/j.apergo.2016.06.020

Castellucci, H., Arezes, P., & Molenbroek, J. (2015a). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. *Applied ergonomics, 46*, 201-211.

Castellucci, H., Arezes, P., & Molenbroek, J. (2015b). Equations for defining the mismatch between students and school furniture: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics, 48*, 117-126.

Castellucci, H., Arezes, P., & Viviani, C. (2010). Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools. *Applied ergonomics, 41*(4), 563-568.

Castellucci, H. I., Arezes, P. M., & Molenbroek, J. F. M. (2015). Analysis of the most relevant anthropometric dimensions for school furniture selection based on a study with students from one Chilean region. *Applied ergonomics, 46*, 201-211. doi:10.1016/j.apergo.2014.08.005

Chaffin, D. B. (1999). *Occupational biomechanics* (3rd ed.. ed.). New York: New York : Wiley-Interscience Publication.

Chaffin, D. B., & Nelson, C. (2001). *Digital human modeling for vehicle and workplace design*: Society of Automotive Engineers Warrendale, PA.

Chung, J., & Wong, T. (2007). Anthropometric evaluation for primary school furniture design. *Ergonomics, 50*(3), 323-334. doi:10.1080/00140130600842328

Corsi, P. M. (1973). *Human memory and the medial temporal region of the brain.* ProQuest Information & Learning,

Cotton, L. M., O'Connell, D. G., Palmer, P. P., & Rutland, M. D. (2002). Mismatch of school desks and chairs by ethnicity and grade level in middle school. *Work, 18*(3), 269-280. Retrieved from http://snu-primo.hosted.exlibrisgroup.com/82SNU:TN_scopus2-s2.0-0035986381

Courage, C., & Baxter, K. (2005). *Understanding your users: A practical guide to user requirements methods, tools, and techniques*: Gulf Professional Publishing.

Cox, L. (1985). Anthropometrics: An Introduction for Schools and Colleges. By ST Pheasant.(London: British Standards Institution, 1984.)[Pp. 27+ two wall charts.]£ 5.00 paper. In.

Crebolder, J. M., & Beardsall, J. (2008). *Investigating visual alerting in maritime command and control*. Retrieved from

Daneshmandi, H., Rahmani-Nia, F., & Hosseini, S. (2008). Effect of carrying school backpacks on cardio-respiratory changes in adolescent students. *Sport Sciences for Health, 4*(1-2), 7-14.

de Biomecánica Ocupacional, G., Page, Á., & Molina, C. G. (1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*: Instituto de Biomédica de Valencia.

De Looze, M. P., Bosch, T., Krause, F., Stadler, K. S., & O'Sullivan, L. W. (2016). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics, 59*(5), 671-681.

Dean, C. (2004). The Modern Warrior's Combat Load. Dismounted Operations in Afghanistan, April-May 2003. *Ft. Leavenworth, KS, 119*.

Dianat, I., Karimi, M. A., Hashemi, A. A., & Bahrampour, S. (2013). Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: proposed dimensions based on anthropometric data. *Applied ergonomics, 44*(1), 101-108.

Dubik, J. M., & Fullerton, T. D. (1987). Soldier overloading in Grenada. *Mil Rev, 67*, 38-47.

Evans, W., Courtney, A., & Fok, K. (1988). The design of school furniture for Hong Kong schoolchildren: An anthropometric case study. *Applied ergonomics, 19*(2), 122-134.

Feige, U. (1996). A Threshold of ln n for Approximating Set Cover. *ANNUAL ACM SYMPOSIUM ON THEORY OF COMPUTING, 28*(-), 314-318. Retrieved from http://www.riss.kr/link?id=O7776494

Fergenbaum, M. A., & Stevenson, J. M. (2007). Development of safety limits for load carriage in adults.

Fletcher, C. (1974). *The new complete walker: the joys and techniques of hiking and backpacking*: Knopf Books for Young Readers.

Francis, G. (2000). Designing multifunction displays: An optimization approach. *International Journal of Cognitive Ergonomics, 4*(2), 107-124.

García-Acosta, G., & Lange-Morales, K. (2007). Definition of sizes for the design of school furniture for Bogotá schools based on anthropometric criteria. *Ergonomics, 50*(10), 1626-1642.

Gluck, M. (1998). *A descriptive study of the usability of geospatial metadata*: OCLC.

Goldstein, S. M., Johnston, R., Duffy, J., & Rao, J. (2002). The service concept: the missing link in service design research? *Journal of Operations management, 20*(2), 121-134.

Golriz, S., Hebert, J. J., Bo Foreman, K., & Walker, B. F. (2017). The effect of shoulder strap width and load placement on shoulder-backpack interface pressure. *Work, 58*(4), 455-461.

Goodgold, S. A. (2003). Backpack Intelligence: implementation of a backpack safety program with fifth grade students. *change, 28*, 31.

Gould, J. D., & Lewis, C. (1985). Designing for usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM, 28*(3), 300-311.

Gouvali, M. K., & Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied ergonomics, 37*(6), 765-773.

Gutiérrez, M., & Morgado, P. (2001). Guía de recomendaciones para el diseño del mobiliario escolar Chile. *Ministerio de Educación and UNESCO, Santiago de Chile*.

Hair, J. F., Anderson, R. E., Babin, B. J., & Black, W. C. (2010). Multivariate data analysis: A global perspective (Vol. 7). In: Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Han, J. Y., Kim, Y. M., Rhie, Y. L., Ahn, S. H., Choi, H., & Yun, M. H. (2015). *Design Optimization Of Control Layout For Naval Mfc (Multi-Function Console) Using A Modified Layout Analysis Method.* Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.

Harman, E., Frykman, P., Pandorf, C., Tharion, W., & Mello, R. (1999). *Physiological, biomechanical, and maximal performance comparisons of female soldiers carrying loads using prototype US Marine Corps Modular Lightweight Load-Carrying Equipment (MOLLE) with Interceptor body armor and US Army All-Purpose Lightweight Individual Carrying Equipment (ALICE) with PASGT body armor*. Retrieved from

Helander, M. (1997). Anthropometry in workstation design. *A Guide to the Ergonomics of Manufacturing. Taylor & Francis, London*, 17-28.

Hix, D., & Hartson, H. R. (1993). *Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*: John Wiley & Sons, Inc.

Hoffmann, E. R. (1994). Optimum layout of an array of controls. *International Journal of Industrial Ergonomics, 14*(3), 251-261.

Hogervorst, E., Riedel, W., Jeukendrup, A., & Jolles, J. (1996). Cognitive performance after strenuous physical exercise. *Perceptual and motor skills, 83*(2), 479-488.

Holewijn, M. (1990). Physiological strain due to load carrying. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 61*(3-4), 237-245.

Holman, G. T., Carnahan, B. J., & Bulfin, R. L. (2003). *Using linear programming to optimize control panel design from an Ergonomics perspective.* Paper presented at the Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting.

Hong, Y., Li, J. X., Wong, A. S. K., & Robinson, P. D. (2000). Effects of load carriage on heart rate, blood pressure and energy expenditure in children. *Ergonomics, 43*(6), 717-727.

ISO9241-5. (1998). Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs). In *Part 5 : Workstation Layout and Postural Requirements*: International Orgarnization for Standardization.

ISO9241-210. (2010). Ergonomics of human-system interaction. In *Human centred design for interactive systems*: International Orgarnization for Standardization.

ISO13407. (1999). Human-centered design processes for interactive systems. In: Ineternational Orgarnization for Standardization.

ISO/TS20646. (2004). Ergonomic procedures for the improvement of local muscular workloads. In. Geneva: Ineternational Orgarnization for Standardization.

Jayaratne, I. L. K., & Fernando, D. N. (2009). Ergonomics related to seating arrangements in the classroom: worst in South East Asia? The situation in Sri Lankan school children. *Work (Reading, Mass.), 34*(4), 409. doi:10.3233/WOR-2009-0941

Jayaratne, K. (2012). Inculcating the Ergonomic Culture in Developing Countries: National Healthy Schoolbag Initiative in Sri Lanka. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society, 54*(6), 908-924. doi:10.1177/0018720812456870

Jeng, J. (2005). What is usability in the context of the digital library and how can it be measured? *Information technology and libraries, 24*(2), 3.

Jones, G. R., & Hooper, R. H. (2005). The effect of single-or multiple-layered garments on interface pressure measured at the backpack-shoulder interface. *Applied ergonomics, 36*(1), 79-83.

Jung, E. S., Park, S., & Chang, S. (1995). A CSP technique-based interactive control panel layout. *Ergonomics, 38*(9), 1884-1893.

Jurden, F. H. (1995). Individual differences in working memory and complex cognition. *Journal of Educational Psychology, 87*(1), 93.

Karsh, B. (2004). Beyond usability: designing effective technology implementation systems to promote patient safety. *BMJ Quality & Safety, 13*(5), 388-394.

Kim, D., Lee, D.-K., & Cho, H. K. (2015). A Study on the VDT Workstations Usage for Office Workers. *Journal of the Ergonomics Society of Korea, 34*(2).

Knapik, J., Harman, E., & Reynolds, K. (1996). Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Applied ergonomics, 27*(3), 207-216.

Knapik, J. J., & Reynolds, K. (2015). Load carriage-related injury mechanisms, risk factors, and prevention. In *The Mechanobiology and Mechanophysiology of Military-Related Injuries* (pp. 107-137): Springer.

Knight, G., & Noyes, J. (1999). Children's behaviour and the design of school furniture. *Ergonomics, 42*(5), 747-760.

Kodak, E. (2003). Kodak's ergonomic design for people at work. In: John Wiley & Sons.

Landauer, T. K. (1995). *The trouble with computers: Usefulness, usability, and productivity*: MIT press.

Lee, J. H., Park, J. H., Kim, S. H., Lee, J. Y., Kang, Y. H., Liang, X., . . . Yun, M. H. (2019). 1H1-5 A study on the optimal dimension design of a Military Backpack considering body size characteristics. *人間工学, 55*(Supplement), 1H1-5-1H1-5.

Lee, Y., Kim, Y. M., Lee, J. H., & Yun, M. H. (2018). Anthropometric mismatch between furniture height and anthropometric measurement: A case study of Korean primary schools. *International Journal of Industrial Ergonomics, 68*, 260-269.

Li, S. S., Chan, O. H., Ng, T., Kam, L., Ng, C., Chung, W., & Chow, D. H. (2019). Effects of backpack and double pack loads on postural stability. *Ergonomics, 62*(4), 537-547.

Li, S. S., & Chow, D. H. (2018). Effects of backpack load on critical changes of trunk muscle activation and lumbar spine loading during walking. *Ergonomics, 61*(4), 553-565.

Littlejohns, P., Wyatt, J. C., & Garvican, L. (2003). Evaluating computerised health information systems: hard lessons still to be learnt. *Bmj, 326*(7394), 860-863.

Liu, B.-S. (2007). Backpack load positioning and walking surface slope effects on physiological responses in infantry soldiers. *International Journal of Industrial Ergonomics, 37*(9-10), 754-760.

Lu, C.-W., & Lu, J.-M. (2017). Evaluation of the Indonesian National Standard for elementary school furniture based on children's anthropometry. *Applied ergonomics, 62*, 168-181.

Lucas, G. (2011). Backpacks in children. *Sri Lanka Journal of Child Health, 40*(1).

Mackie, H., Legg, S., Beadle, J., & Hedderley, D. (2003). Comparison of four different backpacks intended for school use. *Applied ergonomics, 34*(3), 257-264.

Maguire, M. (2001a). Context of use within usability activities. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 453-483.

Maguire, M. (2001b). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 587-634.

Mann, T. L., & Schnetzler, L. (1986). Evaluation of formats for aircraft control/display units. *Applied ergonomics, 17*(4), 265-270.

Max Roser, C. A., Hannah Ritchie. (2013). Human Height. Retrieved from https://ourworldindata.org/human-height

Mayhew, D. J., & Mayhew, D. (1999). *The usability engineering lifecycle: a practitioner's handbook for user interface design*: Morgan Kaufmann.

McCaig, R., & Gooderson, C. (1986). Ergonomic and physiological aspects of military operations in a cold wet climate. *Ergonomics, 29*(7), 849-857.

MIL-HDBK-759C. (1995). Handbook for Human Engineering Design Guidelines. In.

MIL-STD-1472G. (2012). Department of Defense Design Criteria Standard Human Engineering. In. Washington, DC.

Milanese, S., & Grimmer, K. (2004). School furniture and the user population: an anthropometric perspective. *Ergonomics, 47*(4), 416-426.

Miller, S. (1994). *Distributed Operating Systems for Combat Systems*. Retrieved from

Mohamed, S. A. A. R. (2013). Incompatibility between Students' Body Measurements and School Chairs. *World Applied Sciences Journal, 21*(5), 689-695.

Motmans, R., Tomlow, S., & Vissers, D. (2006). Trunk muscle activity in different modes of carrying schoolbags. *Ergonomics, 49*(2), 127-138.

Mououdi, M. A., Akbari, J., & Mousavinasab, S. N. (2018). Ergonomic design of school backpack by using anthropometric measurements for primary school students (6–12 years). *International Journal of Industrial Ergonomics, 67*, 98-103.

NASA-STD-3000. (1994). Man-systems Integration Manual. In. Washington D.C.: NASA.

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*: Elsevier.

Nielsen, J., & Molich, R. (1990). *Heuristic evaluation of user interfaces.* Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.

Nordeen, L. (1986). Today's infantryman'. *National Defense, 70*, 35-40.

Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*: Basic books.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*: CRC Press.

NUREG-0700. (2002). Human-system Interface Design Review Guidelines (Rev.2). In. Washington, DC: Nuclear Regulatory Commission.

Occhipinti, E., Colombini, D., Molteni, G., & Grieco, A. (1993). Criteria for the ergonomic evaluation of work chairs. *La Medicina del lavoro, 84*(4), 274-285.

Orborne, D. (1996). Ergonomics at work: Human factors in design and development. *Chihester, England: John Wiley and Sons*.

Oyewole, S. A., Haight, J. M., & Freivalds, A. (2010). The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. *International Journal of Industrial Ergonomics, 40*(4), 437-447.

Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanckolaou, A., & Mandroukas, K. (2004). Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. *Applied ergonomics, 35*(2), 121-128. doi:10.1016/j.apergo.2003.11.002

Parcells, C., Stommel, M., & Hubbard, R. P. (1999). Mismatch of classroom furniture and student body dimensions: Empirical findings and health implications. *Journal of Adolescent Health, 24*(4), 265-273. doi:10.1016/S1054-139X(98)00113-X

Quesada, P. M., Mengelkoch, L. J., Hale, R. C., & Simon, S. R. (2000). Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics, 43*(3), 293-309.

Rai, A., & Agarawal, S. (2013). Back problems due to heavy backpacks in school children. *IOSR J Hum Soc Sci, 10*, 1-5.

Ramprasad, M., Alias, J., & Raghuveer, A. (2010). Effect of backpack weight on postural angles in preadolescent children. *Indian pediatrics, 47*(7), 575-580.

Rhie, Y. L., Kim, Y. M., Ahn, M., & Yun, M. H. (2017). Design specifications for Multi-Function Consoles for use in submarines using anthropometric data of South Koreans. *International Journal of Industrial Ergonomics, 59*, 8-19.

Rodrigues, F. B., Magnani, R. M., Lehnen, G. C., Souza, G. S. d. S. e., Andrade, A. O., & Vieira, M. F. (2018). Effects of backpack load and positioning on nonlinear gait features in young adults. *Ergonomics, 61*(5), 720-728.

Rosson, M. B., Carroll, J. M., & Hill, N. (2002). *Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction*: Morgan Kaufmann.

Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing: how to plan, design and conduct effective tests*: John Wiley & Sons.

Rubin, J., & Shirk, H. N. (1996). Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests. *Journal of Technical Writing and Communication, 26*(1), 97-106.

Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1998). Human factors in engineering and design. *Industrial Robot: An International Journal*.

Schmidt, A., Paul, R., Classen, E., Morlock, S., & Beringer, J. (2016). Comfort testing and fit analysis of military textiles. In *Performance Testing of Textiles* (pp. 25-37): Elsevier.

Shehu, A. M., & Mahmood, R. (2014). The relationship between market orientation and business performance of Nigerian SMEs: The role of organizational culture. *International Journal of Business and Social Science, 9*(1), 159-168.

Shojaei, I., Suri, C., & Bazrgari, B. (2018). The effects of backpack type on lumbo-pelvic coordination during trunk bending and return tasks. *Ergonomics, 61*(10), 1355-1363.

Son, M., Hyun, S., Beck, D., Jung, J., & Park, W. (2019). Effects of backpack weight on the performance of basic short-term/working memory tasks during flat-surface standing. *Ergonomics*, 1-17.

Standards, K. A. f. T. a. (2017). *Design guidelines for torso parts related products using 'Size Korea'(사이즈코리아를 활용한 몸통부위 제품 디자인 가이드라인)*

Retrieved from https://sizekorea.kr/app/filesvr/view/board_4_2018-03-21_1DiJHnfd_wWdE_aRPO_lB/%EC%82%AC%EC%9D%B4%EC%A6%88%EC%BD%94%EB%A6%AC%EC%95%84%EB%A5%BC%20%ED%99%9C%EC%9A%A9%ED%95%9C%20%EB%AA%B8%ED%86%B5%EB%B6%80%EC%9C%84%20%EC%A0%9C%ED%92%88%20%EB%94%94%EC%9E%90%EC%9D%B8%20%EA%B0%80%EC%9D%B4%EB%93%9C%EB%9D%BC%EC%9D%B8(2017).pdf

Treu, S. (2012). *User interface evaluation: A structured approach*: Springer Science & Business Media.

Tzannatos, E. (2010). Human element and accidents in Greek shipping. *The Journal of Navigation, 63*(1), 119-127.

van Gent, C., Dols, J. J., Carolien, M., Sing, R. A. H., & de Vet, H. C. (2003). The weight of schoolbags and the occurrence of neck, shoulder, and back pain in young adolescents. *Spine, 28*(9), 916-921.

Van Merriënboer, J. J., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational psychologist, 38*(1), 5-13.

van Niekerk, S.-M., Louw, Q. A., Grimmer-Somers, K., Harvey, J., & Hendry, K. J. (2013). The anthropometric match between high school learners of the Cape Metropole area, Western Cape, South Africa and their computer workstation at school. *Applied ergonomics, 44*(3), 366-371. doi:10.1016/j.apergo.2012.09.008

Wang, H., Chen, G., Lin, Z., & Wang, H. (2005). Algorithm of integrating QFD and TRIZ for the innovative design process. *International Journal of Computer Applications in Technology, 23*(1), 41-52.

Wang, M., Liu, C., & Pan, Y. (1991). Computer-aided panel layout using a multi-criteria heuristic algorithm. *The International Journal of Production Research, 29*(6), 1215-1233.

Wechsler, D. (1939). The measurement of adult intelligence, 1944. *Baltimore: William and Williams Co*.

Williams, A. G., & Rayson, M. P. (2006). Can simple anthropometric and physical performance tests track training-induced changes in load-carriage ability? *Military medicine, 171*(8), 742-748.

Wixon, D., Jones, S., Tse, L., & Casaday, G. (1994). *Inspections and design reviews: framework, history and reflection.* Paper presented at the Usability inspection methods.

YMT, K.-R. (2003). Revision of the design of a standard for the dimensions of school furniture. *Ergonomics, 46*(7), 681-694.

Zacharkow, D. (1988). *Posture: sitting, standing, chair design, and exercise*: Charles C Thomas Pub Limited.

Zakeri, Y., Gheibizadeh, M., Baraz, S., Bijan Nejad, D., & Latifi, S. M. (2016). Relationship between Features of Desks and Chairs and Prevalence of Skeletal Disorders in Primary School Students in Abadan. *International Journal of pediatrics, 4*(11), 3949-3956.

Zomerdijk, L. G., & Voss, C. A. (2010). Service design for experience-centric services. *Journal of Service Research, 13*(1), 67-82.

국방기술품질원. (2011). *국방 비무기체계 종합발전방안 연구*. 서울: 국방기술품질원

국방기술품질원. (2013). *국방과학기술용어사전*. 서울: 국방기술품질원

박태용, & 윤익현. (2018). 미 해군 구축함 (USS John S McCain) 의 해양사고 원인과 교훈. *한국해양경찰학회보, 8*(3), 151-170.

방위사업청. (2013). *방위사업 용어사전*. 서울: 방위사업청

이건표. (1996). 제품 디자인에 있어서의 사용성 평가에 관한 연구. *Archives of Design Research*, 137-150.

정미애. (2014). *치수적합성과 동작적합성을 고려한 군용 방한복 상의패턴 개발.* 서울대학교 대학원,

최지숙. (2002). 육군 전투복의 기능성 향상을 위한 연구.

한현숙, & 한현정. (2018). 한국 남자 군인 방한복의 인간공학적 패턴 개발. *한국의류학회지, 42*(6), 943-961.

황재연. (2015). 한국 해군 수중전력 증강과 수출전략. *국방과 기술*(435), 58-75. Retrieved from http://snu-primo.hosted.exlibrisgroup.com/82SNU:TN_nurimedia_s2655581

부록 1: 군장 배낭 설문

군장배낭 사용성 평가 설문

기본 인적 사항

1. **귀하의 성별을 선택하세요.** ① 남성 ② 여성
2. **귀하의 만 나이를 기입하세요.** _____
3. **귀하의 키를 기입하세요.** _____ cm
4. **귀하의 몸무게를 기입하세요.** _____ kg
5. **귀하가 사용하는 군장배낭 무게를 기입하세요.** _____ kg
6. **귀하의 부대명을 기입하세요.** _____
7. **귀하의 직책을 기입하세요.** _____
8. **귀하의 직책 특성에 따라 추가로 보유해야 하는 장비를 기입하세요.**

   _____

9. **귀하가 추가로 보유하는 장비의 지참 방법을 기술하세요.**

   예) 군장 배낭에 넣는다, 탄띠에 결속한다, 군장배낭 외부에 부착한다, 하의주머니에 넣는다 등

   _____

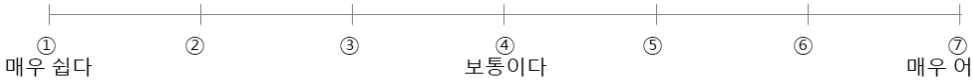
   _____

   _____

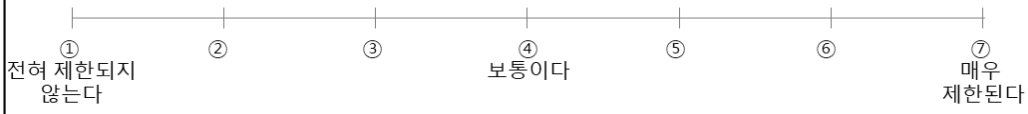
군장배낭 사용성 평가 설문

Part I. Usability Questionnaire for Military Backpack

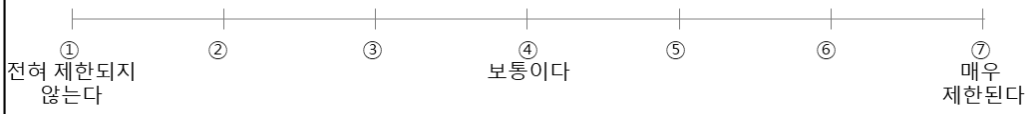
1. 현재 군장 배낭을 착용하는게 얼마나 불편하고 어렵습니까?



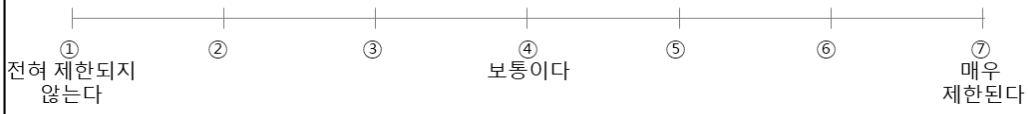
2. 현재 군장 배낭을 착용하고 평지 기동을 할 때 얼마나 제한됩니까?



3. 현재 군장 배낭을 착용하고 오르막 기동을 할 때 얼마나 제한됩니까?



4. 현재 군장 배낭을 착용하고 내리막 기동을 할 때 얼마나 제한됩니까?



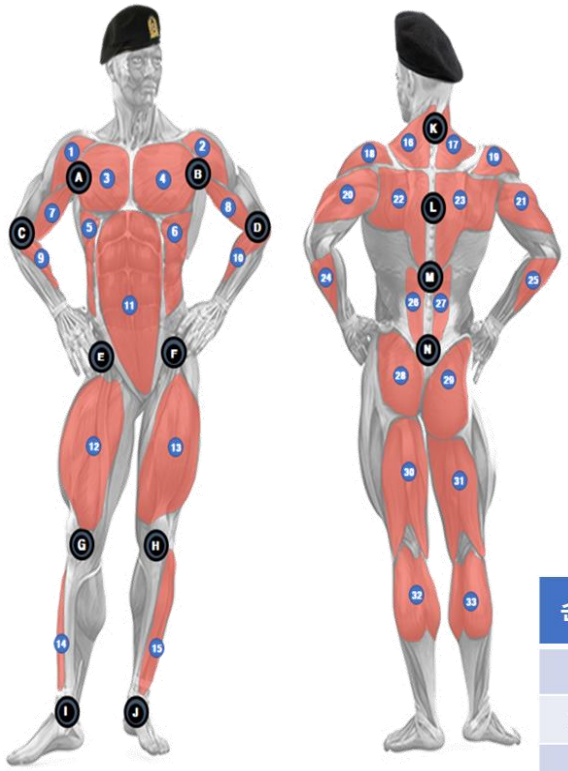
5. 현재의 군장 체계를 착용하고 기동 시, 기동을 가장 제한되게 하는 군장 체계 구성품이 무엇이며, 어떻게 개선이 필요하다고 생각하시나요?

군장배낭 사용성 평가 설문

6. 현재의 군장 배낭을 착용하고 행군 시, 어느 정도의 피로감을 느끼십니까?

① 전혀 피로감을 느끼지 않는다 ② ③ ④ 보통이다 ⑤ ⑥ ⑦ 매우 피로감을 느낀다

6-1. 신체적으로 가장 피로감을 느끼는 근육과 관절 부위를 순서대로 각각 3곳씩 쓰고, 10점 척도로 피로도의 점수를 기입하세요.



순서	근육부위 (점수)	관절부위 (점수)
1st		
2nd		
3rd		

6-2. 현재의 군장 체계를 운용 시, 귀하의 신체 특정 부위를 가장 피곤하게 하는 군장 체계 구성품이 무엇인가요?

군장배낭 사용성 평가 설문

7. 현재의 군장 배낭을 착용하고 기동할 때 군장 배낭으로부터 느껴지는 하중의 정도는 어느 정도입니까?

① 매우 낮다 ② ③ ④ 보통이다 ⑤ ⑥ ⑦ 매우 높다

7-1. 현재의 군장 체계 구성품 중 가장 높은 하중을 느끼게 하는 구성품이 무엇인가요?

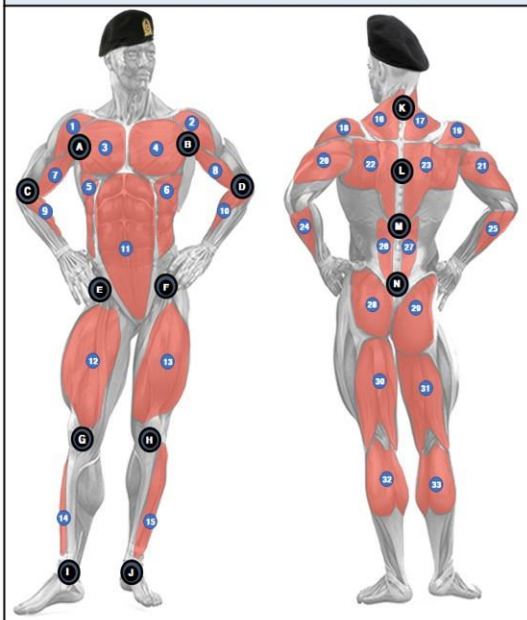
① 군장 배낭 ② 소총 ③ 탄약 ④ 통신장비 ⑤ 기타 _____

※'기타'를 선택한 경우, 해당 구성품을 기입하세요.

8. 현재의 군장 배낭을 착용하고 행군 시, 신체 특정 부위에 부과되는 통증의 정도는 어느 정도입니까?

① 전혀 통증이 없다 ② ③ ④ 보통이다 ⑤ ⑥ ⑦ 매우 통증이 심하다

8-1. 신체적으로 가장 통증을 느끼는 근육과 관절 부위를 순서대로 각각 3곳씩 쓰고, 10점 척도로 통증의 점수를 기입하세요.

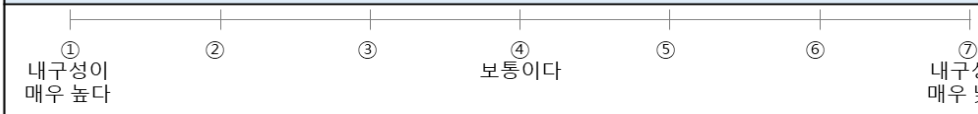


순서	근육부위 (점수)	관절부위 (점수)
1st		
2nd		
3rd		

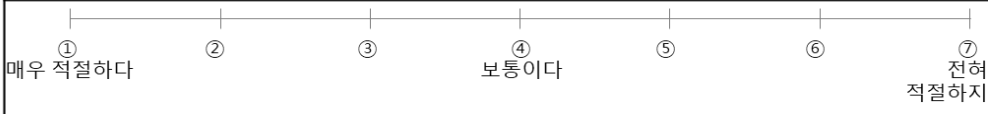
8-2. 현재의 군장 체계를 운용 시, 귀하의 신체 특정 부위를 가장 아프게 하는 군장 체계 구성품이 무엇인가요?

군장배낭 사용성 평가 설문

9. 현재 군장 배낭의 내구성에 대해 어떻게 생각하시나요?

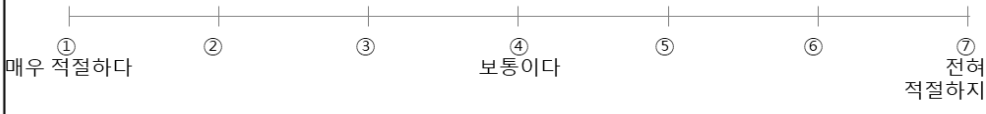


10. 위장 및 은폐을 위해 현재 군장 배낭의 색상과 패턴이 적절하다고 생각하시나요?



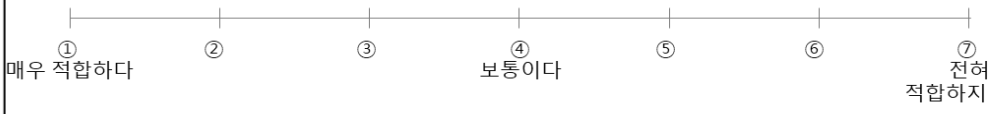
10-1. 현재 군장 배낭의 색상과 패턴이 적합하지 않다고 생각한다면, 어떻게 개선하면 좋을지 기술하세요.

11. 당신의 인체 크기를 고려했을 때, 현재 군장 배낭의 규격은 적절하다고 생각하시나요?



11-1. 현재의 군장 배낭 규격이 적절하지 않다고 생각한다면, 현재의 너비, 높이, 그리고 부피를 어떻게 개선하면 좋겠습니까?

12. 현재 군장 배낭의 긴급 탈착장치는 기능과 용도, 그리고 완성도 측면에서 적합하다고 생각하시나요?



12-1. 현재 군장 배낭의 긴급 탈착장치가 부적합하다고 생각한다면, 어떤 부분을 어떻게 개선하면 좋겠습니까?

군장배낭 사용성 평가 설문

13. 현재 군장 배낭을 착용한 상태에서 취하기 어려운 동작을 순서대로 세 가지 선택해 주세요.

① 오른팔을 뒤로 뻗는 동작

② 왼팔을 뒤로 뻗는 동작

③ 몸을 앞으로 구부리는 동작

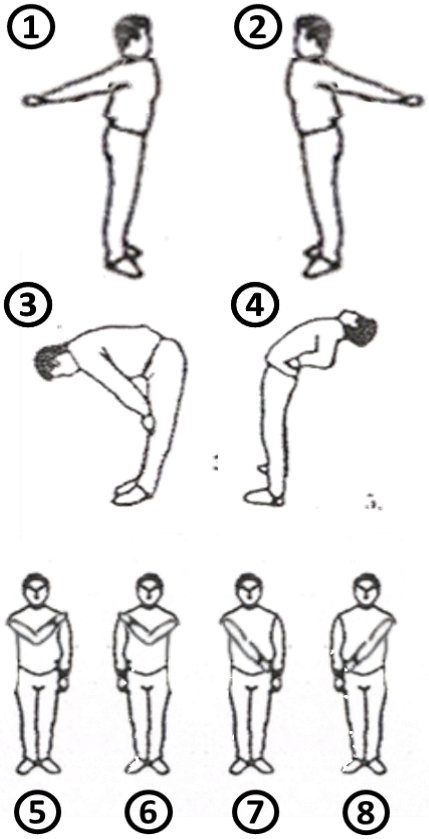
④ 몸을 뒤로 젖히는 동작

⑤ 오른손으로 왼쪽 어깨 뒷면을 만지는 동작

⑥ 왼손으로 오른쪽 어깨 뒷면을 만지는 동작

⑦ 오른손으로 왼쪽 골반을 만지는 동작

⑧ 왼손으로 오른쪽 골반을 만지는 동작



1st	2nd	3rd

13-1. 위의 답변을 기반으로 귀하가 취하고자 하는 동작을 어렵게 하는 군장 체계의 구성품이 무엇이라고 생각하십니까?

군장배낭 사용성 평가 설문

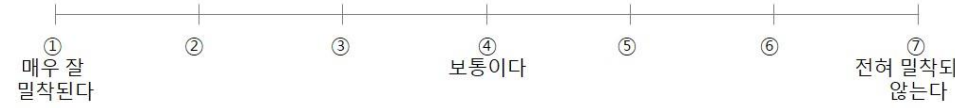
14. 현재 군장 배낭을 착용하고 기동 시, 균형을 잡기가 얼마나 어려운가요?

15. 현재 군장 체계를 착용하고 기동 시, 몸이 어떤 방향으로 많이 쏠린다는 느낌을 갖게 되나요?

① 오른쪽 ② 왼쪽 ③ 앞쪽 ④ 뒤쪽

15-1. 자신의 몸을 쏠리게 하는 가장 큰 원인이 되는 군장 체계 구성품이 무엇인가요?

16. 현재의 군장 배낭은 당신의 몸에 얼마나 잘 밀착된다고 생각하시나요?



16-1. 군장 배낭과 당신 신체 부위의 어느 부위가 특히 밀착되지 않는다고 생각하시나요?

① Back ② Chest ③ Waist ④ Shoulder ⑤ Others : _____

※'기타'를 선택한 경우, 해당 신체 부위를 기입하세요.

17. 현재 군장 배낭에 대한 전반적인 만족도는 어떻습니까?

군장배낭 사용성 평가 설문

Part II. 군장 배낭 사용성 개선을 위한 브레인스토밍

1. 현재의 군장 체계를 사용할 때 가장 제한이 되는 훈련의 종류와 상황, 그리고 제한되는 동작이 무엇인지 구체적으로 기술하시오.

2. 현재의 군장체계 구성품 중 규격이나 형태, 혹은 구조를 변경해야 하는 구성품이 있나요? 있다면, 어떠한 부분을 어떻게 개선하면 좋을지 기술하시오.

3. 현재의 군장체계 구성품 중 활용도가 떨어지거나, 불필요하다고 느끼는 구성품이 있나요? 있다면, 어떠한 상황에서 그렇게 느꼈는지 자세히 기술하시오.

군장배낭 사용성 평가 설문

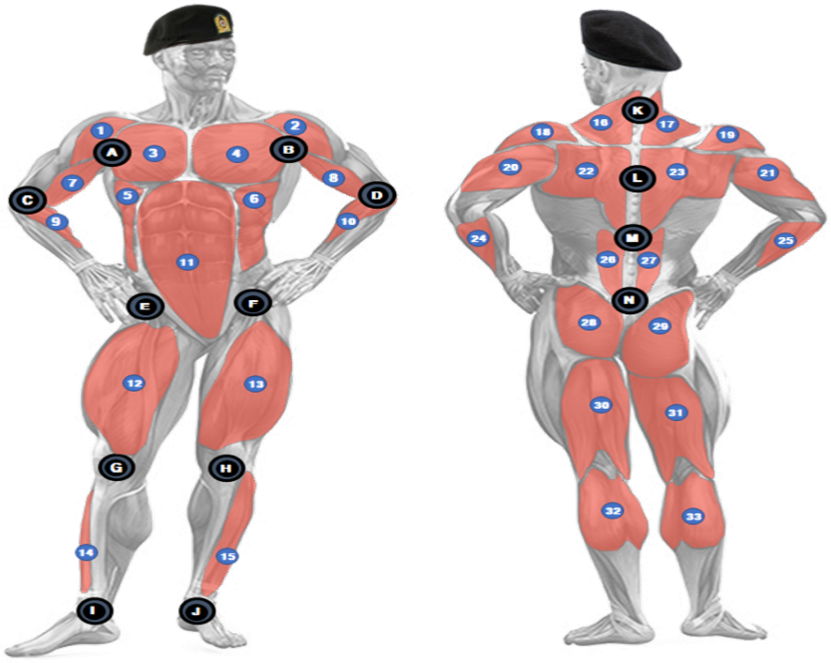
4. 현재 군장의 구성품 중에서 서로 통합하여 생산할 필요가 있는 구성품을 적고, 통합할 수 있는 방법을 설명해 주세요.

5. 현재 군장의 착용방법이나 각종 군장 구성품의 지참 방법이 실제 훈련이나 전투상황에 부합되지 않는다고 생각해 보신 적이 있나요? 있다면 어떠한 부분이 부합되지 않으며, 어떻게 개선하면 될까요?

6. 선진국의 사례나 전투영화 등에서 소개되는 군장이나 군장 구성품 중 우리나라의 작전환경 특성에 기인하여 도입이 필요하다고 생각하신 것이 있다면 기술해 주세요.

인체 근골격계 현황

인체 근•골격계 현황



1	오른쪽 어깨 앞근육	17	오른쪽 승모근	33	오른쪽 종아리 근육
2	왼쪽 어깨 앞근육	18	왼쪽 어깨 뒷근육	A	오른쪽 어깨관절
3	오른쪽 가슴근육	19	오른쪽 어깨 뒷근육	B	왼쪽 어깨관절
4	왼쪽 가슴근육	20	왼쪽 삼두근	C	오른쪽 팔꿈치 관절
5	오른쪽 옆구리 근육	21	오른쪽 삼두근	D	왼쪽 팔꿈치 관절
6	왼쪽 옆구리 근육	22	왼쪽 등근육	E	오른쪽 골반 관절
7	오른쪽 이두근	23	오른쪽 등근육	F	왼쪽 골반 관절
8	왼쪽 이두근	24	왼쪽 전완 뒷근육	G	오른쪽 무릎 관절
9	오른쪽 전완 앞근육	25	오른쪽 전완 뒷근육	H	왼쪽 무릎 관절
10	왼쪽 전완 앞근육	26	왼쪽 허리근육	I	오른쪽 발목 관절
11	배근육	27	오른쪽 허리근육	J	왼쪽 발목 관절
12	오른쪽 허벅지 앞근육	28	왼쪽 엉덩이 근육	K	경추
13	왼쪽 허벅지 앞근육	29	오른쪽 엉덩이 근육	L	흉추
14	오른쪽 정강이 근육	30	왼쪽 허벅지 뒷근육	M	상부요추
15	왼쪽 정강이 근육	31	오른쪽 허벅지 뒷근육	N	하부요추
16	왼쪽 승모근	32	왼쪽 종아리 근육		

부록 2: 잠수함 다기능 콘솔 설문

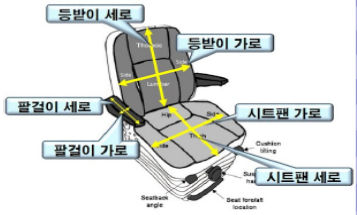
함정용 다기능 콘솔 사용성 평가

본 설문은 함정에서 운용하는 다기능 콘솔에 대한 승조원의 의견을 수렴하여, 사용자 입장에서의 불편요소와 개선 필요사항을 식별하기 위한 것으로, 설문의 결과는 연구 목적으로만 사용됨을 알려드립니다.
아래의 '콘솔 주요부위 명칭' 그림을 참고하여, 설문에 응답 해 주십시오. 설문의 예상 소요시간은 30 ~ 40분 내외입니다.

* 기술형 문항의 경우, 내용에 따라 최소 15 자 혹은, 20 자 이상 입력해 주셔야 설문 제출이 가능하니, 유념해 주십시오.
* 모든 문항에 성실히 작성해 주신 분들께는 감사의 의미로 스타벅스 아메리카노 쿠폰을 발송해 드리겠습니다.

* 필수항목

콘솔의 주요부위 명칭



1. **당신의 성별을 선택하세요** *
   한 개의 타원형만 표시합니다.
   - ◯ 남자
   - ◯ 여자

2. **당신의 만 나이를 기입하세요(예 : 37)** *

3. **당신의 신장(cm)을 기입하세요(예:173)** *

4. **당신의 몸무게(kg)를 기입하세요(예:70)** *

5. **함정용 다기능 콘솔의 운용 기간을 개월 단위로 입력해 주세요(예 : 4년 6개월인 경우, 54개월로 기입)** *

6. **임무 중 콘솔을 사용하는 시간은 하루 평균 몇 시간인지 시간 단위로 입력해 주세요.(예 : 8시간)** *

_____

7. **콘솔 사용 중 불편하다고 느끼는 부분을 고르고, 기타 불편한 사항이 있을 시 기입해 주세요(여러 개 선택 가능)** *

해당 사항에 모두 표시하세요.

- [ ] 자신의 신체 크기에 맞지 않는 크기(의자, 콘솔작업대, 모니터 등의 높이 등)
- [ ] 조작장치(키보드, 트랙볼, 콘솔버튼)나 콘솔화면 메뉴의 배치(조작순서나 중요도를 고려하지 않은 배치 등)
- [ ] 콘솔 화면의 시인성(글자나 그래프가 잘 보이지 않는 문제)
- [ ] 기타: _____

8. **콘솔 사용 중 가장 피로를 느끼는 과업은 무엇인가요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 장기간 앉아 있는 과업
- ◯ 키보드, 롤볼, 콘솔버튼 조작 과업
- ◯ 콘솔 모니터 응시 과업
- ◯ 기타: _____

콘솔 의자

9. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 가로 너비(좌우너비)가 엉덩이를 감싸줄 만큼 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 좁은 편이다
- ◯ 다소 좁은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 넓은 편이다
- ◯ 매우 넓은 편이다

10. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 세로 길이(앞뒤 길이)가 엉덩이를 감싸줄 만큼 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 짧은 편이다
- ◯ 다소 짧은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 긴 편이다
- ◯ 매우 긴 편이다

11. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 높이 조절 범위가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

12. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 높이 조절 범위가 어떻게 개선되었으면 합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 아래쪽으로 더 조절 가능했으면 좋겠다
- ◯ 위쪽으로 더 조절 가능했으면 좋겠다
- ◯ 개선할 필요가 없다

13. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 높낮이 조절장치의 조작 방식이 쉽습니까?(돌리거나 당기는 등의 조작방식을 의미)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어려운 편이다
- ◯ 다소 어려운 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 쉬운 편이다
- ◯ 매우 쉬운 편이다

14. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬 높낮이 조절장치의 작동방식이 어렵다고 생각한 이유는 무엇인가요?(쉽다고 응답한 경우, 지금방식이 쉬운 이유나 더 나은 방법 기술)** *

_____

_____

_____

_____

_____

15. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 높낮이 조절장치의 조작 시 많은 힘이 필요합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 많은 힘이 필요하다
- ◯ 다소 많은 힘이 필요하다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적은 힘이 필요하다
- ◯ 매우 적은 힘이 필요하다

16. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬(엉덩이 닿는 부위) 높낮이 조절장치의 위치는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

17. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬 높낮이 조절장치의 위치가 적절하지 않다고 생각한 이유는 무엇인가요?(적절하다고 응답한 경우, 그 이유를 기술)** *

_____

_____

_____

_____

_____

18. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 앞뒤 조절 범위가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

19. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 앞뒤 조절 범위는 어떻게 개선되었으면 합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 의자가 너무 멀어서 조작하기 불편하므로, 콘솔 의자를 앞으로 더 당길 수 있으면 좋겠다
- ◯ 의자와 콘솔과의 거리가 좁아서 불편하므로, 콘솔 의자를 뒤로 더 밀 수 있으면 좋겠다
- ◯ 개선이 필요없다

20. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 앞뒤 조절장치의 조작 방식이 쉽습니까? (돌리거나 당기는 등의 조작방식을 의미)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어려운 편이다
- ◯ 다소 어려운 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 쉬운 편이다
- ◯ 매우 쉬운 편이다

21. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬 앞뒤 조절장치의 작동방식이 어렵다고 생각한 이유는 무엇인가요?(쉽다고 응답한 경우, 지금방식이 쉬운 이유나 더 나은 방법 기술)** *

22. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 앞뒤 조절장치의 조작 시 많은 힘이 필요합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 많은 힘이 필요하다
- ◯ 다소 많은 힘이 필요하다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적은 힘이 필요하다
- ◯ 매우 적은 힘이 필요하다

23. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬(엉덩이 닿는 부위) 앞뒤 조절장치의 위치는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

24. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬 앞뒤 조절장치의 위치가 적절하지 않다고 생각한 이유는 무엇인가요?(적절하다고 응답한 경우, 그 이유를 기술)** *

25. **콘솔의자 등받이에 등을 대지 않고 앉는 경우 몸이 앞으로 쏠리거나 뒤로 젖혀지는 느낌이 있습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 앞으로 쏠리는 느낌이 있다
- ◯ 다소 앞으로 쏠리는 느낌이 있다
- ◯ 앞뒤로 쏠리는 느낌이 전혀 없다
- ◯ 다소 뒤로 젖혀지는 느낌이 있다
- ◯ 매우 뒤로 젖혀지는 느낌이 있다

26. **콘솔 의자 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 경사 조절 범위가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

27. **콘솔 의자의 시트팬(엉덩이가 닿는 부위)의 경사 조절 범위는 어떻게 개선되었으면 합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 뒤로 너무 쏠리는 느낌이라 불편하므로, 콘솔 의자 시트팬를 앞으로 더 기울일 수 있으면 좋겠다
- ◯ 앞으로 너무 쏠리는 느낌이라 불편하므로, 콘솔 의자 시트팬를 뒤으로 더 기울일 수 있으면 좋겠다
- ◯ 개선이 필요없다

28. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 경사 조절장치의 조작 방식이 쉽습니까? (돌리거나 당기는 등의 조작방식을 의미)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어려운 편이다
- ◯ 다소 어려운 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 쉬운 편이다
- ◯ 매우 쉬운 편이다

29. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬 경사 조절장치의 작동방식이 어렵다고 생각한 이유는 무엇인가요?(쉽다고 응답한 경우, 지금방식이 쉬운 이유나 더 나은 방법 기술)** *

_____

_____

_____

_____

_____

30. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬(엉덩이가 닿는 부위) 경사 조절장치의 조작 시 많은 힘이 필요합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 많은 힘이 필요하다
- ◯ 다소 많은 힘이 필요하다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적은 힘이 필요하다
- ◯ 매우 적은 힘이 필요하다

31. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬(엉덩이 닿는 부위) 경사 조절장치의 위치는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

32. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 시트팬 경사 조절장치의 위치가 적절하지 않다고 생각한 이유는 무엇인가요?(적절하다고 응답한 경우, 그 이유를 기술)** *

_____

_____

_____

_____

_____

33. **콘솔 의자의 등받이(등이 닿는 부위)의 가로 너비(좌우 너비)가 등 부위를 감싸줄 만큼 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 좁은 편이다
- ◯ 다소 좁은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 넓은 편이다
- ◯ 매우 넓은 편이다

34. **콘솔 의자의 등받이(등이 닿는 부위)의 세로 길이(위아래 길이)가 등 부위를 감싸줄 만큼 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 짧은 편이다
- ◯ 다소 짧은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 긴 편이다
- ◯ 매우 긴 편이다

35. **콘솔 의자의 등받이(등이 닿는 부위)의 기울기 조절 범위가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

36. **콘솔 의자의 등받이(등이 닿는 부위)의 기울기 조절 범위가 어떻게 개선되었으면 합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 뒤쪽으로 더 기울일 수 있으면 좋겠다
- ◯ 앞쪽으로 더 기울일 수 있으면 좋겠다
- ◯ 개선할 필요가 없다

37. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 등받이 기울기 조절장치의 조작 방식이 쉽습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어려운 편이다
- ◯ 다소 어려운 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 쉬운 편이다
- ◯ 매우 쉬운 편이다

38. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 등받이 기울기 조절장치의 작동방식이 어렵다고 생각한 이유는 무엇인가요?(쉽다고 응답한 경우, 지금 방식이 쉬운 이유나 더 나은 방법 기술)** *

_____

_____

_____

_____

_____

39. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 등받이 기울기 조절장치의 조작 시 많은 힘이 필요합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 많은 힘이 필요하다
- ◯ 다소 많은 힘이 필요하다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적은 힘이 필요하다
- ◯ 매우 적은 힘이 필요하다

40. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 등받이 기울기 조절장치의 위치는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

41. **콘솔 의자에 앉은 상태를 고려할 때, 등받이 기울기 조절장치의 위치가 적절하지 않다고 생각한 이유는 무엇인가요?(적절하다고 응답한 경우, 그 이유를 기술)** *

42. **콘솔 등받이에 등을 접촉한 상태로 상하부 모니터 측면에 위치한 콘솔 버튼을 조작하는 데 어려움이 있나요?(팔이 닿는지 여부 등을 통해 판단)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어렵다
- ◯ 다소 어렵다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 어렵지 않다
- ◯ 전혀 어렵지 않다

43. **콘솔 의자 시트팬의 높낮이 조절장치와 시트팬 경사 조절장치, 시트팬 앞뒤 조절장치, 그리고 등받이 기울기 조절장치를 조작할 때 소음이 많이 발생하나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 그렇다
- ◯ 다소 그렇다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 그렇지 않다
- ◯ 매우 그렇지 않다

44. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬의 높낮이 조절장치와 시트팬 경사 조절장치, 시트팬 앞뒤 조절장치 그리고 등받이 기울기 조절장치를 구분하기 쉽습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 어려운 편이다
- ◯ 다소 어려운 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 쉬운 편이다
- ◯ 매우 쉬운 편이다

45. **콘솔 의자에 앉은 상태에서 시트팬의 높낮이 조절장치와 시트팬 경사 조절장치, 그리고 등받이 기울기 조절장치를 구분하기 어렵다면, 구분하기 쉽게 제작할 수 있는 방법을 자세히 기술해 주세요 (예 : 조작부 위치를 특정 부위로 이동, 조작부 모양을 특별한 방법으로 변경 등)** *

46. **콘솔 의자 팔걸이의 가로 너비(좌우 너비)가 팔을 지탱하기 편한 정도로 적절합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 좁은 편이다
- ◯ 다소 좁은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 넓은 편이다
- ◯ 매우 넓은 편이다

47. **콘솔 의자 팔걸이의 세로 길이(앞뒤 길이)가 팔을 지탱하기 편한 정도로 적절합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 짧은 편이다
- ◯ 다소 짧은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 긴 편이다
- ◯ 매우 긴 편이다

48. **콘솔 의자 팔걸이의 장착위치가 팔을 지탱하기 편한 정도로 적절합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 낮은 편이다
- ◯ 다소 낮은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 높은 편이다
- ◯ 매우 높은 편이다

49. **콘솔 의자 발받이가 필요하다고 생각하십니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 필요하지 않다
- ◯ 다소 필요하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 필요한 편이다
- ◯ 매우 필요한 편이다

50. **현재 사용중인 콘솔의자의 시트 색상은 무슨 색 입니까?** *

_____

51. **현재 사용중인 콘솔의자의 시트 색상에 만족합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 만족스럽지 않다
- ◯ 다소 만족스럽지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 만족스럽다
- ◯ 매우 만족스럽다

52. **현재의 콘솔의자의 시트 색상에 만족하지 못한다면 그 이유가 무엇인지와 원하는 개선방향을 기술하세요. 만족하는 경우, 만족하는 이유를 쓰세요(예: 너무 밝으므로, 더욱 어두웠으면 좋겠다 등)** *

53. **콘솔의자의 시트 재질에 만족합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 만족스럽지 않다
- ◯ 다소 만족스럽지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 만족스럽다
- ◯ 매우 만족스럽다

54. **콘솔의자의 시트 재질에 만족하지 못한다면 그 이유가 무엇인지와 원하는 개선방향을 기술하세요 (예: 너무 까칠하므로, 좀 더 부드럽게 바꾸었으면 좋겠다 등)** *

55. **콘솔의자의 시트 쿠션감에 만족합니까?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 만족스럽지 않다
- ◯ 다소 만족스럽지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 만족스럽다
- ◯ 매우 만족스럽다

56. **콘솔의자의 시트 쿠션감에 만족하지 못한다면 그 이유가 무엇인지와 원하는 개선방향을 기술하세요(예: 좀 더 말랑말랑 했으면 좋겠다 등)** *

57. **콘솔의자에 대한 전체적인 만족도는 100점 만점으로 기술해 주세요 (예: 50)** *

58. **콘솔의자에 대해 위와 같은 점수를 부여한 이유를 간단히 기술하세요** *

콘솔 작업대

59. **콘솔 작업대의 가로 너비(좌우 너비)가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 좁은 편이다
- ◯ 다소 좁은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 넓은 편이다
- ◯ 매우 넓은 편이다

60. **콘솔 작업대의 가로 너비(좌우 너비)가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

61. **콘솔 작업대의 세로 길이(앞뒤 길이)가 적절합니까? (콘솔작업대의 높이를 의미하는 것이 아님. 윗부분에 제시된 그림 참조)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 짧은 편이다
- ◯ 다소 짧은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 긴 편이다
- ◯ 매우 긴 편이다

62. **콘솔 작업대의 세로 길이(앞뒤 길이)가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

63. **콘솔 작업대의 높이가 적절합니까?(앉았을 때 무릎과의 간섭이나, 팔꿈치를 받치고 키보드를 조작하는 상황 고려)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 낮은 편이다
- ◯ 다소 낮은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 높은 편이다
- ◯ 매우 높은 편이다

64. **콘솔 작업대의 높이가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

65. **콘솔 키보드의 가로 너비(좌우 너비)는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 좁은 편이다
- ◯ 다소 좁은 편이다
- ◯ 적절하다
- ◯ 다소 넓은 편이다
- ◯ 매우 넓은 편이다

66. **콘솔 키보드의 가로 너비(좌우 너비)가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

67. **콘솔 키보드의 세로 길이(앞뒤 길이)가 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 짧은 편이다
- ◯ 다소 짧은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 긴 편이다
- ◯ 매우 긴 편이다

68. **콘솔 키보드의 세로 길이(앞뒤 길이)가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

69. **콘솔 키보드의 위치는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 조금 더 앞쪽으로 가깝게 위치하였으면 좋겠다
- ◯ 조금 더 뒤쪽으로 멀게 위치하면 좋겠다
- ◯ 적절하다

70. **콘솔 키보드의 위치가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

71. **콘솔 키보드의 조작 소음은 어떻습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 큰 편이다
- ◯ 다소 큰 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 작은 편이다
- ◯ 매우 작은 편이다

72. **트랙볼 롤볼의 크기는 적절합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 작은 편이다
- ◯ 다소 작은 편이다
- ◯ 적절하다
- ◯ 다소 큰 편이다
- ◯ 매우 큰 편이다

73. **트랙볼 롤볼의 크기가 적절하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적절하다고 응답한 경우, 적절하다고 판단한 이유를 기술하세요)** *

74. **트랙볼 사용 중 엄지손가락을 이용하여 클릭버튼을 누르는 작업은 편안합니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 엄지손가락 길이에 비해 클릭버튼이 매우 가까워서 누르기 불편하다
- ◯ 엄지손가락 길이에 비해 클릭버튼이 다소 가까워서 누르기 불편하다
- ◯ 작업에 문제가 없을 정도로 편안하다
- ◯ 엄지손가락 길이에 비해 클릭버튼이 다소 멀어서 누르기 불편하다
- ◯ 엄지손가락 길이에 비해 클릭버튼이 매우 멀어서 누르기 불편하다

75. **트랙볼의 클릭작업이 불편하다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(편하다고 응답한 경우, 편하다고 느낀 이유를 기술하세요)** *

76. **트랙볼 롤볼이 원하는대로 돌아가나요?(부드럽게 작동하는지 여부)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 다소 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

77. **트랙볼 롤볼의 조작 소음은 어떻습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 큰 편이다
- ◯ 다소 큰 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 작은 편이다
- ◯ 매우 작은 편이다

78. **트랙볼 클릭버튼이 원하는대로 작동되나요?(한 번 클릭시 정확히 작동 되는지 여부)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 다소 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

79. **트랙볼 클릭버튼의 조작 소음은 어떻습니까?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 큰 편이다
- ◯ 다소 큰 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 작은 편이다
- ◯ 매우 작은 편이다

80. **콘솔화면 좌우 측면에 위치한 콘솔버튼은 사용순서나 사용 빈도를 고려하여 적합하게 배열되어 있나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 다소 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

81. **콘솔버튼의 배열이 적합하지 않다면 그 이유와 개선 방법을 기술하세요(적합하다고 응답한 경우, 적합하다고 느낀 이유를 기술하세요)** *

82. **콘솔작업대의 전반적인 만족도를 100점 만점으로 기입해 주세요(예 : 60)** *

83. **콘솔작업대에 대해 위와 같은 점수를 부여한 이유를 간단히 기술하세요** *

콘솔 모니터

84. **상하부 모니터의 크기는 적절합니까?(가로, 세로길이 모두 고려)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 작은 편이다
- ◯ 다소 작은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 큰 편이다
- ◯ 매우 큰 편이다

85. **상하부 모니터의 크기는 적절하지 않다면 그 이유가 무엇인가요?(이용상황을 생각해서 기술 가능, 적합하다고 응답한 경우, 적합하다고 느낀 이유를 기술)** *

86. **상하부 모니터의 설치 높이는 적절합니까? (콘솔의자에 앉아서 모니터를 응시하는 상황을 고려)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 낮은 편이다
- ◯ 다소 낮은 편이다
- ◯ 적절한 편이다
- ◯ 다소 높은 편이다
- ◯ 매우 높은 편이다

87. **상하부 모니터의 설치높이가 적절하지 않다면 그 이유가 무엇인가요?(이용상황을 생각해서 기술 가능, 적합하다고 응답한 경우, 적합하다고 느낀 이유를 기술)** *

88. **상부 모니터의 기울기는 적절합니까? (콘솔의자에 앉아서 모니터를 응시하는 상황을 고려)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

89. **상부 모니터의 기울기가 어떻게 개선되었으면 합니까? (콘솔의자에 앉아서 모니터를 응시하는 상황을 고려, 예 : 앞으로 더욱 기울어지면 좋겠다)** *

90. **하부 모니터의 기울기는 적절합니까? (콘솔의자에 앉아서 모니터를 응시하는 상황을 고려)** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 매우 적절하지 않은 편이다
- ◯ 다소 적절하지 않은 편이다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 적절한 편이다
- ◯ 매우 적절한 편이다

91. **하부 모니터의 기울기가 어떻게 개선되었으면 합니까? (적합하다고 응답한 경우, 적합하다고 느낀 이유를 기술하시오. 콘솔의자에 앉아서 모니터를 응시하는 상황을 고려 기술 가능, 예 : 뒤로 더욱 젖혀지면 좋겠다)** *

92. **상하부 모니터 조작시 터치 스크린 기능이 필요할까요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 불필요하다
- ◯ 대체로 불필요하다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 필요하다
- ◯ 매우 필요하다

93. **상하부 모니터 조작시 터치 스크린 기능이 필요한 상황이 있다면 어떠한 경우에 가장 유용할까요?** *

94. **콘솔 화면 내의 각종 메뉴를 배치할 때 가장 중요하게 고려되어야 할 요소가 무엇일까요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 메뉴의 사용 빈도
- ◯ 메뉴의 사용 순서
- ◯ 메뉴의 중요도
- ◯ 기타: _____

95. **콘솔 화면 내에서 선택된 메뉴와 선택되지 않은 메뉴 간의 차이를 명확히 확인할 수 있나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 대체로 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

96. **콘솔 화면 내에서 선택된 메뉴와 선택되지 않은 메뉴 간의 차이를 명확히 확인하기 위한 개선 방법을 구체적으로 기술해 주세요(글자 색상을 붉은색으로 변경, 굵기를 두껍게 변경 등)** *

_____

_____

_____

_____

_____

97. **콘솔 화면에서 중요한 경고나 주의사항이 발생한 경우, 눈에 잘 띄나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 대체로 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

98. **콘솔 화면 내에서 중요한 경고나 주의사항을 명확히 확인하기 위한 개선 방법을 구체적으로 기술해 주세요(글자 색상을 붉은색으로 변경, 굵기를 두껍게 변경 등)** *

_____

_____

_____

_____

_____

99. **콘솔 조작을 잘못하거나 입력을 잘못한 경우, 해당 오류에 대해 명확히 인지할 수 있나요?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 대체로 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

100. **콘솔 조작을 잘못하거나 입력을 잘못한 경우, 명확히 인지할 수 있기 위한 방법을 구체적으로 기술해 주세요.(다음 단계로의 입력 제한, 해당 위치에서 깜빡거림 등)** *

101. **콘솔 화면의 해상도는 글자를 충분히 읽을 수 있을만큼 명확한가요?** *
한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 대체로 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 다소 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

102. **콘솔화면의 글자를 제대로 읽기 어렵다면 그 이유는 무엇일까요?(여러가지 선택 가능)** *
해당 사항에 모두 표시하세요.

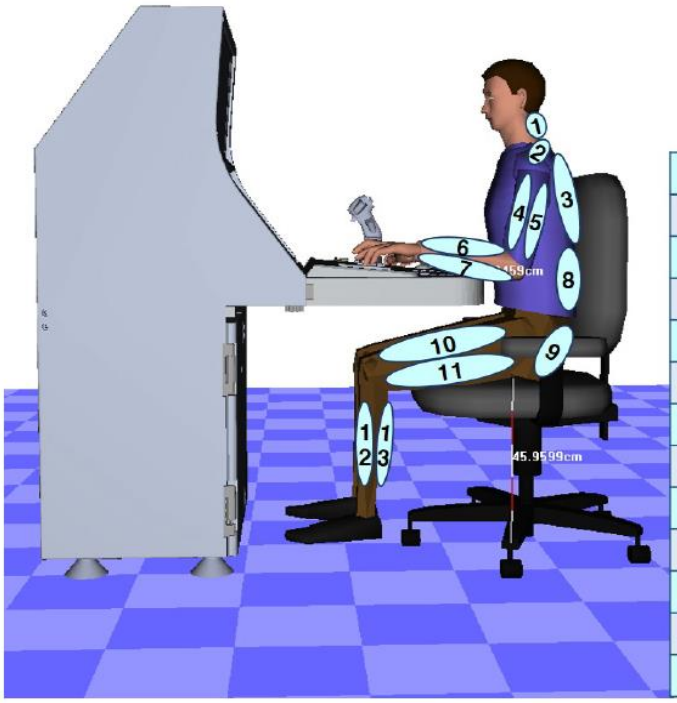
- ☐ 작은 글자 크기
- ☐ 글자 사이의 좁은 간격
- ☐ 줄 사이의 좁은 간격
- ☐ 서로 다른 글자 간 구별 불가(예 : 숫자 0 과 알파벳 O 의 구별 불분명 등)
- ☐ 배경 색상과 구분하기 어려운 글자 색상
- ☐ 기타:

103. **콘솔 모니터에 대한 전반적 만족도를 100점 만점으로 기입해 주세요(예 : 60)** *

104. **콘솔 모니터에 대해 위와 같은 점수를 부여한 이유를 간단히 기술해 주세요** *

콘솔의 전반적 만족도 및 개선요구사항

105. 지금까지 응답하신 내용을 바탕으로, 콘솔 운용 중 가장 통증이 심한 근육부위 3곳을 아래의 그림을 참고하여 선택해 주세요 *

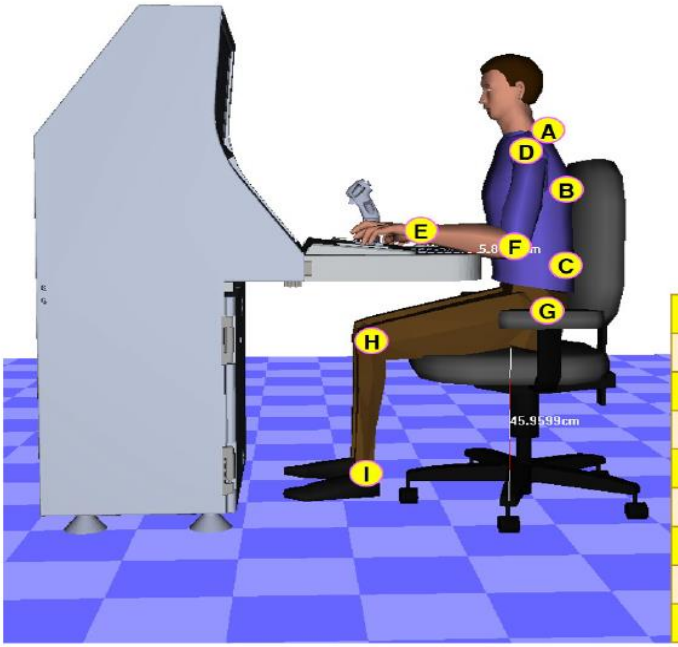


1	목뒤근육
2	승모근
3	등근육
4	이두근
5	삼두근
6	전완 앞근육
7	전완 뒷근육
8	허리근육
9	엉덩이 근육
10	허벅지 앞근육
11	허벅지 뒷근육
12	정강이 근육
13	종아리 근육

해당 사항에 모두 표시하세요.

- [ ] 목뒤근육
- [ ] 승모근
- [ ] 등근육
- [ ] 이두근
- [ ] 삼두근
- [ ] 전완 앞근육
- [ ] 전완 뒷근육
- [ ] 허리근육
- [ ] 엉덩이 근육
- [ ] 허벅지 앞근육
- [ ] 정강이 근육
- [ ] 종아리 근육

106. **지금까지 응답하신 내용을 바탕으로, 콘솔 운용 중 가장 통증이 심한 관절부위 3곳을 아래의 그림을 참고하여 선택해 주세요** *



A	경추
B	흉추
C	요추
D	어깨관절
E	손목
F	팔꿈치
G	골반
H	무릎관절
I	발목관절

해당 사항에 모두 표시하세요.

- [ ] 경추
- [ ] 흉추
- [ ] 요추
- [ ] 어깨관절
- [ ] 손목
- [ ] 팔꿈치
- [ ] 골반
- [ ] 무릎관절
- [ ] 발목관절

107. **콘솔의자 및 콘솔 작업대, 모니터 등의 크기를 종합적으로 고려할 때, 현재 사용하고 계신 콘솔의 규격이 한국인의 인체 크기를 잘 반영했다고 생각하시나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 전혀 그렇지 않다
- ◯ 다소 그렇지 않다
- ◯ 보통이다
- ◯ 대체로 그렇다
- ◯ 매우 그렇다

108. **현재 사용하고 계신 콘솔의 전체적인 만족도를 좌우하는데 가장 큰 원인이 무엇이라고 생각하시나요?** *

한 개의 타원형만 표시합니다.

- ◯ 콘솔의자
- ◯ 콘솔작업대
- ◯ 콘솔화면
- ◯ 각종 조작장치(키보드, 트랙볼, 콘솔버튼 등)
- ◯ 기타: _____

109. **현재 사용하고 계신 콘솔의 전체적인 만족도 점수를 100점 만점으로 기입하세요(예 : 55)** *

_____

110. **마지막으로, 현재 사용하고 계신 콘솔에 대해 평소에 생각하고 계셨던 전반적인 불편사항이나 개선 필요사항에 대해 구체적으로 기술해 주세요.** *

_____

_____

_____

_____

_____

Abstract

In this study, the procedures for the development and acquisition of military supplies of the Korean military were improved by reflecting the concept of ‘context of use’ and human-centered design presented in ISO 9241-210. In addition, practical and quantitative methods for evaluating and diagnosing the usability of military supplies were presented in accordance with the improved procedures, and specific design directions for enhancing the usability of military supplies were suggested.

For this study, the multi-function console of Jang Bogo-class submarine and the military backpack of Korean Army were selected as the subjects of case study, and the context of use of each subject was extracted by collecting opinions from actual users. Based on the extracted context of use, a usability evaluation tool (usability questionnaire, usability verification experiments) for each military supply was developed, and more practical direction for improvement of military supplies could be identified from the user's perspective using the developed usability evaluation tool.

As a result of the usability evaluation, one of the biggest problems with military supplies currently used by the South Korean military was to determine the specification of military supplies without properly considering the body size characteristics of users. Therefore, the mismatch equation for each design variable was devised using anthropometric variables, and a new specification system using an algorithm approach

was proposed to solve the problem of mismatch between the user's body size and the design specification of military supplies.

The methodology and results presented in this study could be used as a practical means of evaluating the usability of military supplies, and by more actively reflecting users' opinions in the development procedure of military supplies, they could contribute to enhancing users' satisfaction with military supplies. In addition, by minimizing the mismatch between user’s body size and military supply specifications, physical fatigue and burden of users will be mitigated, and could also be used as a new guideline for the specification of military supplies in the future.

Keywords: Development procedure for Military supplies, User centered design, Usability evaluation, Ergonomic design

Student Number: 2016-3114