

# 함정 전투체계의 3화면 다기능콘솔 설계를 위한 인간공학적 분석 기법 연구

이재호<sup>\*1)</sup> · 윤상영<sup>2)</sup> · 김현실<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 한화시스템(주) 해양연구소

<sup>2)</sup> 유투스시스템

<sup>3)</sup> 국방과학연구소 함정전투체계단

## Ergonomic Analysis on 3-Screen Multi-function Console Design of the Naval Combat System

Jaeho Lee<sup>\*1)</sup> · Sangyoung Yoon<sup>2)</sup> · Hyunsil Kim<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Naval R&D Center, Hanwha Systems, Korea

<sup>2)</sup> U2 System, Korea

<sup>3)</sup> The Naval Combat Systems PEO, Agency for Defense Development, Korea

(Received 14 August 2019 / Revised 3 February 2020 / Accepted 6 March 2020)

### Abstract

This paper proposes a 3-screen multi-function console development method using ergonomic design approach. Ergonomically designed console has the advantage of decreasing operator fatigue and increasing concentration by providing better readability, operability and convenience. For this, thirty subjects participated in the experiment for 3-screen multi-function console design. Ergonomic standards of console design were used to establish experiment design and to eliminate incompatible results with ergonomic standards. Subjects evaluated the nine predefined placements of displays and asked to place the display and controllers in order to use comfortably. As a results, total 18 design criteria including displays and controllers placement were determined.

Key Words : Naval Combat System(함정 전투체계), 3-Screen Multi-Function Console(3화면 다기능콘솔), Ergonomic Analysis(인간공학 분석)

### 1. 서론

함정은 전투체계, 소나체계, 항해체계 및 통신체계 등 다양한 체계로 구성되며 각 체계에서 수집 및 처리된 데이터를 기반으로 임무를 수행한다. 특히 전투 체계는 센서 및 무장체계를 통합/통제하고 표적관리, 위협 평가, 무장 할당 및 교전 수행 등 함정의 두뇌로

<sup>\*</sup> Corresponding author, E-mail: jh8028.lee@hanwha.com  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

서 핵심 역할을 수행한다.

전투체계 다기능콘솔은 실시간으로 처리된 전술정보를 전시하고, 센서 통제, 전술상황 감시, 전술화면 편집, 무장 할당 및 무장 통제 등의 임무 수행을 위한 운용자 인터페이스를 제공하는 전투체계의 주요 장비이다.

다기능콘솔은 최근 컴퓨터 성능의 발전으로 더 많은 정보 처리 및 기능 통합이 가능함에 따라 한 대의 다기능콘솔에서 복합 임무 수행이 가능하게 되었다. 다기능콘솔은 운용자에게 다양한 정보 및 운용자 인터페이스를 제공하기 위해 다수의 전시기 및 운용자조작기로 구성되며 이는 운용의 복잡도를 높이게 된다.

최근에는 군용 장비 연구 개발시 운용자의 피로도 감소와 집중력 향상을 위한 연구가 많이 수행되고 있다. 다기능콘솔의 경우, 운용자의 디스플레이가 놓여지는 위치나 기울기가 중요하며 불편한 자세를 지속적으로 유지하게 될 시 목에 무리를 줄 수 있다는 연구결과가 있다.<sup>[1]</sup> 또한 운용자와 디스플레이간의 거리에 따라 눈의 피로도가 증가되는 경향이 있다고 밝혀졌다.<sup>[2]</sup> 이에 따라 다기능콘솔의 인간공학적 접근을 통한 해결 방법의 필요성이 대두되고 있다<sup>[3]</sup>. 사용자의 신체적 조건과 특징을 고려하는 인간공학적 접근은 제품 사용과정에서 사용자의 편의성을 증대시키고, 정보를 빠르고 정확하게 처리하는 것에 도움을 줄 수 있다. 인간공학 분야는 이론적 연구뿐 아니라 실제 제품개발에 활용하기 위한 노력이 많이 이루어지고 있으며, 관련 규격도 각 국가별/국제적으로 제정되고 있는 상황이다. 그러나 이러한 이론 및 규격은 정의된 분야가 한정적이고, 외국인의 신체 특성을 기반으로 정의되어 직접적으로 적용하는 것에는 어려움이 있다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 실제 제품 사용자를 대상으로 실험을 실시하고 실 사용자를 기반으로 인간공학 데이터를 도출하는 방법으로 많이 진행되고 있다.

따라서, 한국인 신체특성을 고려한 인간공학적 접근 방법을 접목하여, 현재 개발 중인 함정 전투체계의 3화면 다기능콘솔 개발에 적용하는 것이 본 연구의 목적이다. 본 연구의 구성은 인간공학 분야의 개념에 대해 2장에서 설명하고 3장에서는 3화면 다기능콘솔에 대한 인간공학적 평가과정 및 분석 결과를 제시하였으며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 인간공학적 설계 개념 및 활용

인간공학은 인간과 시스템간에 신체적·인지적·감성적 특성에 대한 과학적 지식을 적용하여 인간의 특성, 능력, 한계 및 요구에 적합하도록 설계하는 학문으로 1920년대 길브레스(Gillbreth) 부부의 동작 연구와 공장 경영에 대한 연구가 시초이다. 이러한 인간공학은 사람과 시스템간의 신체적, 인지적, 감성적 상호작용을 제공함으로써 시스템에 대한 사용성, 안전성 및 감성 품질을 향상시키는 것에 의의가 있다<sup>[4]</sup>.

인간공학은 현재 민수분야에서 다양하게 적용되고 있으며 특히 자동차 및 항공기 개발 분야에서 활발히 연구되고 있다. 자동차와 항공기는 운행간 보여지는 시야 및 계기판의 정보들을 기반으로 장치 및 각종 버튼의 조작 등이 이뤄짐에 따라 인간공학을 적용함으로써 불편한 자세 및 장시간 운행으로 발생하는 운용자의 피로, 판단 오류 및 조작 실수를 감소시킬 수 있다. 이에 따라 각 제조사는 개발 시점부터 인간공학을 고려한 접근방식을 통해 운용자의 가독성, 조작성 및 편의성이 확보 될 수 있도록 연구 및 설계 적용을 진행하고 있다.

인간공학에 대한 필요성이 높아짐에 따라 각 국가별 또는 국제적으로 규격을 발표 및 제정되고 있다. 한국은 한국산업안전보건공단에서 ‘영상표시단말기(VDT) 취급근로자 작업관리지침’을, 독일은 독일 표준화 위원회에서 ‘Display work station’을 지정하였으며 국제표준화기구는 ‘ISO 9241 Part 3 : Visual display requirements’를 지정하여 작업자에 대한 효율적인 작업 환경을 제공할 수 있도록 제정 및 시행하고 있다. 그러나 규격 적용분야의 제한성 및 국가별 신체 치수 및 특징이 상이함에 따라 규격상의 치수를 그대로 적용하는 것에는 어려움이 있다. 또한 인간공학 관련 규격이 없거나 보완이 필요한 경우에는 실 사용자를 대상으로 평가를 실시하고, 이를 기반으로 설계를 실시할 수 있다. 실 제품 환경, 실험실 환경에서 실 사용자 또는 유사한 신체조건을 가진 평가자를 통해 실험을 실시하고 인간공학적 설계 기법을 적용할 수 있다.

인간공학적 설계 기법은 극단치 설계, 조절가능 범위 설계, 평균 대상 설계로 구분할 수 있다. 극단치 설계는 최소 또는 최대 집단값을 기준으로 설계하여 대부분의 사용자가 불편함 없이 사용할 수 있도록 설계하는 것으로 출입문과 통로의 높이 산정이 대표적인 사례이다. 조절가능 범위 설계는 사용자가 조절할

수 있는 범위를 제공함으로써 자신에 신체에 적합하게 조절할 수 있도록 설계하는 것으로, 의자높이 조절 범위 산정이 대표적인 사례이다. 평균 대상 설계는 앞의 2가지 설계기법을 적용하기 어려운 경우, 신체의 평균치를 적용하는 것으로, 대부분의 신체치수분포가 정규분포를 따르는 것을 기초로 설계하는 기법이다.

### 3. 3화면 다기능콘솔의 인간공학적 설계

함정 전투체계의 다기능콘솔은 실시간으로 처리된 전술정보를 전시, 센서 통제, 전술상환 감시, 전술화면 편집 및 무장 할당/통제 등의 임무 수행하며 운용자와의 직접적으로 인터페이스를 제공하는 핵심 장비이다. 따라서 기존의 인간공학 규격 뿐 아니라, 다양한 인간공학 설계기법을 활용하여 장시간 운용에도 효율적이며 불편하지 않은 다기능콘솔을 개발하는 것이 필요하다.

#### 3.1 인간공학적 콘솔 설계를 위한 프로세스

인간공학적 3화면 다기능콘솔의 설계를 위해 Fig. 1 과 같이 총 6단계의 과정으로 진행되었다. 첫 번째 단계인 인간공학 설계 적용범위 결정은 인간공학 설계가 필요한 다기능콘솔의 상세 품목 및 항목을 결정하는 단계이다. 3화면 다기능콘솔은 Fig. 2와 같이 크게 전시부, 운용자조작부, 콘솔 하부로 구성되며 인간공학 설계가 필요한 부분을 전시기 외곽, 전시기 화면위치, 조작기 위치로 선정하였다. 두 번째 단계는 다기능콘솔에 적용 가능한 인간공학 규격 분석이다. 세 번째 단계는 주 운용자 성별 및 연령대 결정을 통해 실 운용자 범위를 결정하는 중요한 단계이다. 운용자의 성별 및 연령대에 따라 신체조건이 크게 달라지며, 평가 데이터의 신뢰도도 좌우된다.

앞에서 설명한 사전 세 단계가 완료되면 한국인 신체조건 분석 단계가 진행된다. 이 단계는 평가 진행 시 식별된 데이터를 기준으로 다기능콘솔의 최외곽 치수가 결정되며 실험에 사용될 평가용 소프트웨어의 크기가 결정된다. 다음 단계는 실제 평가를 진행하기 위한 준비 및 평가 실시 단계로 평가자 모집, 평가항목 식별, 평가용 소프트웨어 제작등과 같이 평가에 필요한 사항 준비 및 인간공학 평가를 실행한다. 최종적으로 진행된 실험 결과에 대해 분류 및 분석하고 3화면 다기능콘솔 설계에 적용 가능한 인간공학 설계 가이드를 도출한다.

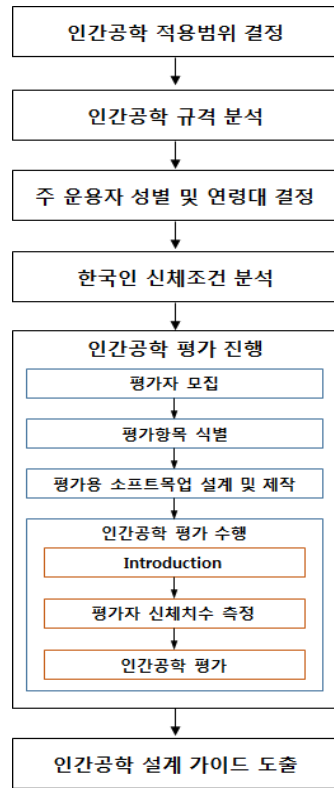


Fig. 1. Process of ergonomic console design

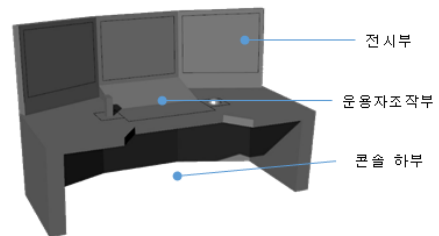


Fig. 2. Shape of 3-screen multi-function console

#### 3.2 인간공학 관련 규격 분석

인간공학 관련 규격 분석은 미 군사규격<sup>[5]</sup>을 포함한 국내/외 규격을 기준으로, 다기능콘솔에 적용할 수 있는 인간공학 기준을 조사하였다. 그 결과는 Table 1 과 같다. Table 1의 기준은 3화면 다기능콘솔의 인간공학 평가의 실험수준 결정에 활용되었으며, 특히 머리회전각도와 시야각은 부적절한 3화면 전시기 위치를 제외하기 위한 목적으로 활용되었다. 또한, 평가용 소프트웨어의 운용자조작기 제작을 위한 기초자료 뿐 아니라 운용자조작기 위치의 제약조건으로 활용되었다.

Table 1. Ergonomic standards for console design

구분	개요	출처
적정 화면거리	330 mm ~ 700 mm 500 mm ~ 700 mm 400 mm 이상 500 mm 700 mm 이하 350 mm ~ 750 mm	[5] [6], [7] [8], [9] [10] [11] [12]
좌우 eye rotation의 범위	-35° ~ 35°	[5], [13]
양안으로 색을 구분 가능한 범위	-60° ~ 60°	[13]
일반적인 시야범위 (viewing angle)	-30° ~ 30°	[13]
편하게 머리를 회전하는 범위	-45° ~ 45°	[13]
최대 머리 회전 범위	-60° ~ 60°	[5], [13]
좌우 총 시야각	-95° ~ 95°	[5]
화면과 시선의 각도	90°	[5]
키보드 경사각	0° ~ 15°	[8]
키보드 높이	30 mm 이하 35 mm 이하	[8] [14]
키보드 손/손목 지지공간	6.5 mm ~ 16 mm	[8], [14]
트랙볼 볼크기	75 mm ~ 150 mm	[5]
트랙볼 표면각도	45° 이하	[5]
중앙에서 트랙볼까지 거리	0 ~ 400 mm	[5]
데스크 끝에서 트랙볼까지 거리	120 mm ~ 250 mm	[5]
트랙볼 주변 여유공간	좌우 100 mm 이상, 뒤쪽 50 mm 이상	[5]
조이스틱 두께	6.5 mm ~ 16 mm	[5]
조이스틱 길이	75 mm ~ 150 mm	[5]
조이스틱 이동각도	45° 이하	[5]
중앙에서 조이스틱까지 거리	0 ~ 400 mm	[5]
데스크 끝에서 조이스틱까지 거리	120 mm ~ 250 mm	[5]
조이스틱 주변 여유공간	좌우 100 mm 이상, 뒤쪽 50 mm 이상	[5]

3.3 한국인 신체조건 분석

한국인 신체에 적합한 다기능콘솔의 외측 치수를 결정하기 위해 국가기술표준원의 ‘Size Korea’ 데이터를 활용하였으며, 일부 ‘Size Korea’에서 제공하지 않는 신체부위 치수는 관련 신체부위 데이터를 기반으로 추정하였다.

‘Size Korea’의 데이터 검색 기준은 함정의 실 운용자가 부사관이며, 여성 운용자 비율이 낮다는 측면을 고려하여 남성 사용자만을 대상으로 선정하였다. 연령은 부사관의 일반적인 정년 연령대를 고려하여 20~53 세로 설정하였다.

‘Size Korea’를 통해 식별된 데이터를 기반으로 다기능콘솔의 전시기 높이와 콘솔 하부 깊이에 대한 검토를 진행하였다. 전시기 높이와 콘솔 하부 깊이는 대부분의 운용자를 수용하기 위해 각각 평균치 대상 설계원칙과 극단치(99분위) 설계원칙을 적용하였다.

다기능콘솔의 전시기 높이는 다기능콘솔 활용 목적상 운용자가 착석하여 운용하므로 수식 (1)를 활용하여 운용자 시선높이를 결정하고, 전시기 화면의 중앙이 Fig. 3의 ‘Normal Line of sight’와 ‘Preferred zone for frequently used displays’ 영역 내에 배치될 수 있도록 전시기 높이를 설정하였다.

Fig. 4에 따라 앉은 눈높이(A)와 앉은 오금높이(B)의 합으로 운용자 시선높이를 결정하였으며, 평균 신체치수와 신발높이 20 mm를 적용하여 약 1,258.37 mm로 결정할 수 있다.

운용자 시선 높이

$$= \text{앉은 눈높이(A)} + \text{앉은 오금높이(B)} \quad (1)$$

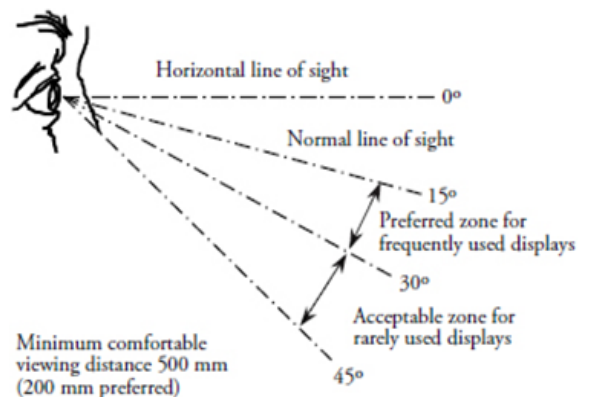
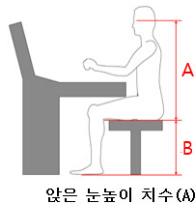


Fig. 3. Range of sight<sup>[5]</sup>



앞은 눈높이 치수(A)

측정수	평균	표준편차	5분위	50분위	95분위
2071	812.62	42.51	766	813.5	861

앞은 오금높이 치수(B)

측정수	평균	표준편차	5분위	50분위	95분위
2071	425.75	36.07	393.5	426.5	462.5

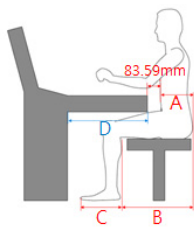
※ Size Korea 7차(2015)

Fig. 4. Anthropometric data for calculating the display's height

다기능콘솔 하부 깊이는 수식 (2)와 Fig. 5에 따라 결정하였다. 운용자조작부와 몸통 간격은 안전보건공단에서 제시한 규격에 따라 약 83.59 mm로 결정하였다. 다기능콘솔 하부 깊이는 대부분의 운용자를 수용할 수 있도록 극단치(99분위) 신체치수를 반영하여 약 418.16 mm로 결정되었다.

콘솔하부 깊이(D)

$$= \text{앞은 엉덩이 오금 수평(B)} + \text{발 직선 치수(C)} - (\text{벽면 몸통 두께(A)} + 83.59 \text{ mm}) \quad (2)$$



벽면 몸통 두께 치수(A)

측정수	평균	표준편차	5분위	50분위	95분위
2071	812.62	42.51	766	813.5	861

앞은 엉덩이 오금 수평 치수(B)

측정수	평균	표준편차	5분위	50분위	95분위
2071	812.62	42.51	766	813.5	861

발 직선 치수(C)

측정수	평균	표준편차	5분위	50분위	95분위
2071	812.62	42.51	766	813.5	861

※ 운용자조작부와 몸통 간격은 안전보건공단의 규격 기준으로 약 83.59mm 산출

Fig. 5. Anthropometric data for calculating the lower part of console

### 3.4 인간공학적 평가 진행

인간공학적 평가 진행 단계에서는 다기능콘솔 설계에 관련성이 있는 규격과 한국인 신체조건 분석을 기반으로 3화면 다기능콘솔의 상세 규격을 결정하기 위한 평가를 실시하였다. 평가에 참여한 평가자는 주 운전자 성별 및 연령대 결정 단계에서 식별된 사항을 기반으로 선별하였다. 평가자 수는 중심극한정리(표본의 크기가 충분히 크면( $n \geq 30$ ), 모집단의 분포 유형과 관계없이 표본평균의 분포는 정규분포를 따름)의 정규성 가정을 기반으로 20대부터 50대까지 30명이 참여하였다.<sup>[15]</sup> 또한 평가자의 나이 및 신장은 실 운용 부사관의 나이와 신장조건을 고려하여 고르게 분포될 수 있도록 하였다. 평가에 참여한 총 30명의 평균 연령은 34.6세( $\sigma = 8.2$ ), 평균신장은 170.9 cm( $\sigma = 3.8$ )로 나타났으며, 이는 한국인 남성의 약 40백분위에 해당하는 신장이다.

평가에 활용한 소프트웨어는 실제 3화면 다기능콘솔과 유사한 운용환경을 재현하여 평가결과와 신뢰성을 높이도록 하였다. 전시기와 터치용 판넬PC는 실제 장비와 동일한 해상도 및 크기의 LCD모니터와 태블릿PC를 사용하였으며, 화면은 실 전술화면을 적용하여 각 기호 및 글자에 대한 가독성에 대한 평가를 진행할 수 있도록 하였다. 설치된 중앙과 측면 전시기는 시야거리를 각각 3수준(500 mm, 600 mm, 640 mm)으로 변경할 수 있도록 제작하였다. 조작기는 실제 운용 중인 장비와 동일한 형태와 크기로 제작하였으며, 평가자가 자유롭게 구성품을 이동할 수 있도록 하였다.

3화면 다기능콘솔 평가용 소프트웨어는 Fig. 6과 같으며, 각 구성품의 위치 변경 및 조절이 쉽게 가능하도록 가벼운 폼 소재를 사용하였다.



Fig. 6. Soft-mockup for evaluation

인간공학적인 평가 수행은 평가자가 각 전시기 위치에 대한 주관적 평가를 실시하고, 운용자조작기 위치를 운용자조작부에 자유롭게 위치를 결정할 수 있도록 하였다. 또한, 진행자는 평가를 실시하기 전에 평가자에게 평가목적, 진행과정 및 주의사항에 대해 전달하였으며, 평가자 신체치수 측정을 통해 평가자 선정 기준 부합 여부를 확인하였다.

전시기 위치에 대한 평가는 Table 1의 규격을 벗어나지 않는 범위에서 중앙 전시기와 측면 전시기까지 시야거리를 각 3수준(500 mm, 600 mm, 640 mm)으로 설정하여 총 9가지 전시기 위치를 평가하였다. 평가자별 평가조건 순서는 랜덤한 순서로 제시하여 학습효과(learning effect)를 최소화하였다. 각 전시기 위치조건에서 측면전시기를 확인하기 위한 평가자의 목 회전각도를 측정하고, 신체적 불편함, 인지 용이성, 만족도에 대해 7점 척도로 평가하였다.

마지막으로 주관적으로 가장 적절한 전시기 위치를 설정하도록 하여 최종 전시기 위치와 각도를 산출하는데 활용하였다. Fig. 7은 목 회전각도를 객관적으로 측정하기 위해 머리에 표시한 표식을 이용하여 목 회전각도를 상부에서 사진을 촬영하여 분석을 진행하였다.



Fig. 7. Measurement of neck rotating angle

전시기 위치를 설정한 후, 운용자조작기 위치와 팔거치공간에 대한 평가를 진행하였다. 평가자에게 각 조작기의 사용용도와 빈도를 설명한 후, Table 1의 규격을 벗어나지 않는 범위에서 자유롭게 조작기 위치를 선택하도록 하였다. 조작기의 위치는 운용자쪽 콘솔모서리 중양을 기준으로 조작기의 상대적 위치를 측정하여 기록하였다.

운용자조작기의 위치는 운용자조작기 사용용도 및 기존 다기능콘솔과의 연속성을 확보하기 위해 기본적

인 몇가지 사전규칙을 설정하였다. 터치패널 PC와 키보드는 특정 손 사용에 구속 받지 않는 점 및 양손 사용 측면을 고려하여 콘솔의 중앙선 상에 위치하도록 하였으며, 조이스틱과 트랙볼의 위치는 기존 다기능콘솔과의 운용 친숙성을 고려하여 조이스틱은 키보드의 좌측, 트랙볼은 키보드의 우측에 위치하도록 하였다. 키보드는 기존 규격의 범위내에서 사용이 편한 기울기에 대해서도 측정하였다. 스위치조립체의 경우는 평가 진행시 한쪽 방향에 한해 평가를 수행하였으며 실 반영되는 위치 데이터는 스위치의 기능 특수성 및 수량을 고려하여 좌우측 대칭을 고려한 배분을 통해 배치하도록 하였다. 또한 스위치 사이간격은 미군사규격<sup>[3]</sup>에서 제시하는 가이드 범위내에서 따르도록 하였고 조작기 조작에 편리하며 콘솔 착석 시 불편하지 않도록 팔거치 공간을 설정하도록 하였다.

Table 2. Experimental criteria for console design

평가 품목	평가 항목	평가 방법	
전시기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중앙/측면 시야거리</li> <li>• 화면 기울기</li> <li>• 평면 각도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 눈에서 화면 중앙까지 거리</li> <li>• 화면 기울기</li> <li>• 중앙/측면 전시기가 이루는 각도</li> </ul>	
운용자조작부	터치패널 PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치</li> <li>• 기울기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치: 운용자쪽 콘솔모서리 중앙(0,0)기준 상대적 위치(x, y) 측정</li> <li>• 기울기: 콘솔 상판과 이루는 각도</li> <li>• 간격: 스위치 사이 간격</li> </ul>
	조이스틱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치</li> </ul>	
	트랙볼	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치</li> </ul>	
	키보드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치</li> <li>• 기울기</li> </ul>	
	스위치 조립체	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위치</li> <li>• 기울기</li> <li>• 간격</li> </ul>	
	데스크	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 몸통 너비</li> <li>• 팔거치공간</li> </ul>	
콘솔 하부	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기둥 사이 간격</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 콘솔 하부 양측 기둥 사이 거리</li> </ul>	

### 3.5 인간공학적 설계가이드 도출

인간공학적 설계가이드는 인간공학 평가 결과를 기반으로 전시기와 운전자조작기 위치/각도 및 다기능콘솔의 추가 외형 치수를 도출하였다. 수집된 평가 결과는 분산 분석을 활용하여 동일집단 여부를 판단하였으며, post-hoc test로 Duncan grouping을 실시하였다.

목회전 각도를 측정된 결과는 Fig. 8과 같으며, 중앙전시기 시야거리가 500 mm일 때, 측면전시기 시야거리가 500 mm와 600 mm인 경우에는 목회전각도가 60° 이상 발생하여 부적절한 것으로 나타났으며, post-hoc test 결과를 그래프 하단에 표기하였다( $\alpha = 0.05$ ).

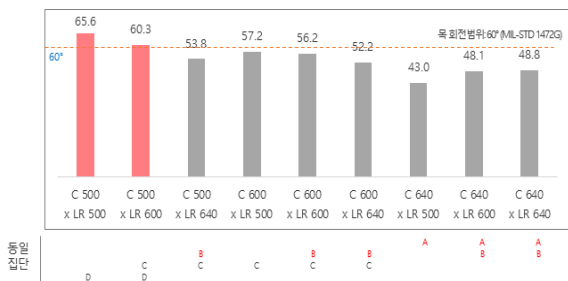


Fig. 8. Result of neck rotating angle

주관적 신체적합도 평가결과를 Fig. 9에 나타내었으며, 총 5가지 전시기 위치가 기타 조건에 비해 통계적으로 유의미하게 높게 나타났다( $\alpha = 0.05$ ).

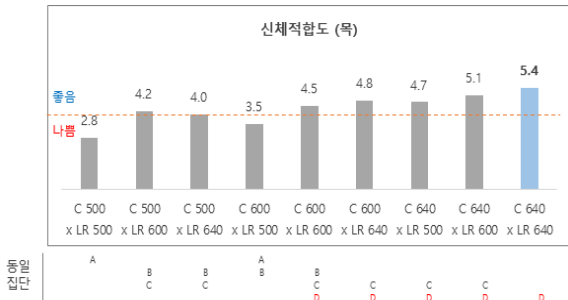


Fig. 9. Result of subjective posture comfort level

중앙전시기의 인지용이성은 시야거리(500 mm, 600 mm, 640 mm)에 따라 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 측면전시기 시야거리와 전시기가 이루는 평면각도 사이의 상관계수가 0.84( $\alpha = 0.01$ )로 나타나, 평면각도가 커질수록 측면전시기의 인지용이성이 향상되는 것으로 나타났다.

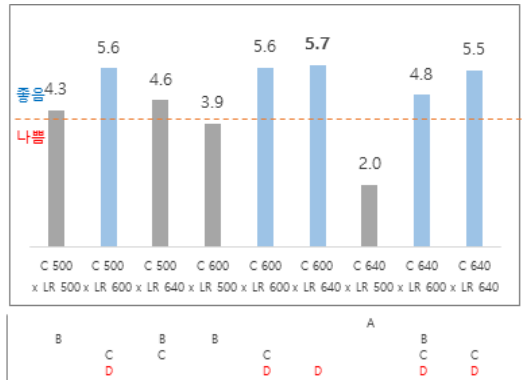


Fig. 10. Result of subjective cognitive easiness level

만족도는 중앙전시기 시야거리보다 측면전시기 시야거리가 같거나 먼 경우에 만족도가 높은 경향을 나타내었다( $\alpha = 0.05$ ).

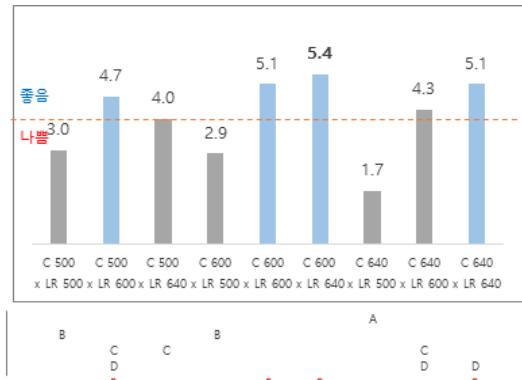


Fig. 11. Result of subjective satisfaction

전시기의 최종 주관평가 결과는 Table 3과 같이 도출되었으며 Fig. 8~11의 분석 결과와 비교했을 때 Table 3의 결과가 유효함을 확인 할 수 있다.

Table 3. Results of display placement

평가 항목	평균	표준편차
중앙전시장치 시야거리	603.3 mm	41.6
측면전시장치 시야거리	646.2 mm	36.9
평면각도*	42.6°	n/a
화면 기울기	4.2°	4.2

\* 전시기별 평균값 위치 시, 측정된 평면각도

조작기 별 설계가이드는 설계상 공간 제약 및 유동성 측면을 고려하여 범위로 도출하였으며, 평가결과를 요약하면 다음과 같다.

- 터치판넬PC의 기울기가 증가할수록 인지용이성, 가독성, 만족도는 증가
- 조이스틱과 트랙볼은 정상작업영역인 400 mm 이내에 위치
- 스위치조립체는 정상작업영역 밖에 설치할 수 있지만, 운용자와 스위치 사이 최대 거리는 최대작업영역 600 mm 이내에 위치

조작기 위치에 대한 평가자 별 결과는 Fig. 12에 나타내었다.

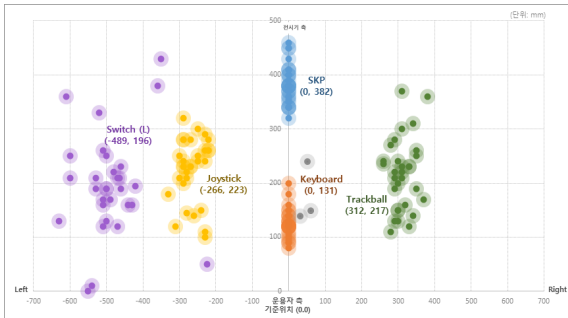


Fig. 12. Placement distribution of input devices

전시기, 운용자조작기 및 다기능콘솔 외형에 대한 인간공학적 설계가이드는 3.3장에서 도출된 다기능콘솔 외측 설계치수와 인간공학적 평가결과를 기반으로 했으며 다기능콘솔 설계상 공간의 제한성 및 유연성을 고려하여 1σ의 여유범위를 각 항목별로 반영하였다. 최종적인 다기능콘솔의 인간공학적 설계범위 가이드는 Table 4와 같다.

Table 4의 다기능콘솔 인간공학적 설계범위 가이드는 다기능콘솔에 대한 운용 및 편의 측면만을 고려한 것이 아니라 격실 상부에 장착되는 대형화면전시기의 전시정보에 대한 가독성을 확보할 수 있도록 다기능콘솔 위쪽 시야를 확보할 수 있도록 다기능콘솔 외측치수를 선정하였다.

본 논문에서 제안한 다기능콘솔 인간공학적 설계범위 가이드는 적용하고자하는 다기능콘솔의 운용개념, 목적 및 환경에 대한 설계범위 가이드의 적용 유효성을 먼저 검토하여야 하며, 필요에 따라서는 가이드의

참조 및 수정되어 적용할 필요가 있다. 특히 공간 제약이 존재하는 환경에서의 다기능콘솔 설계는 해당 제약사항을 고려하여 장비 운용자의 피로 누적과 운용의 정확성이 확보될 수 있도록 인간공학적 접근의 재분석이 필요하며 그 결과를 설계에 반영하는 것이 적절할 것이다.

Table 4. Ergonomic design guide for console

평가 품목	평가 항목 (단위)	설계가이드 ( $\mu-1\sigma \sim \mu+1\sigma$ )	
전시기	중앙 시야 거리(mm)	561.7 ~ 644.9	
	측면 시야 거리(mm)	561.7 ~ 644.9	
	화면 기울기(°)	0 ~ 8.4	
	평면 각도(°)	37.2 ~ 48.0	
운용자 조작부	터치 판넬PC	위치(mm)	(0, 47.4 ~ 417.0)
		기울기(°)	25.4 ~ 50.0
	조이스틱	위치(mm)	(-296.7 ~ -235.3, 164.4 ~ 281.2)
		트랙볼	위치(mm)
	키보드	위치(mm)	(0, 96.2 ~ 166.2)
		기울기(°)	5
	스위치 조립체	위치(mm)	(-570.2 ~ 407.0, 100.4 ~ 292.0)
		기울기(°)	-0.6 ~ 44
		스위치간 간격(mm)	13
	데스크	몸통 너비(mm)	최대 740
팔 거치 공간(mm)		50 ~ 160	
콘솔	전시기	높이(mm)	최대 1258.7
	하부	깊이(mm)	최소 418.2
		기둥 사이 간격(mm)	최소 1,260

#### 4. 결론

함정 전투체계의 다기능콘솔은 복합 임무 수행에 따라 운용자와의 원활한 인터페이스를 제공하는 필수



적인 장비로서, 특히 장시간 운용시에도 피로 누적과 인적 실수가 적어야 하는 장비이다. 현재까지 2화면 콘솔에 한정된 연구가 진행되었으며 확대된 복합 임무 수행에 적합할 수 있는 3화면 다기능콘솔에 대한 연구는 부족한 상태였다.

본 연구는 다기능콘솔 관련 국내의 규격을 체계적으로 분석하고, 인간공학적 분석 프로세스를 기반으로 실 운용자의 연령 및 신체조건을 고려한 인간공학적 접근 방법을 적용하였다. 연구 결과를 통해 3화면 다기능콘솔의 장시간 운용에 따른 신체적 불편함을 최소화하며, 보다 정확한 운용이 가능한 다기능콘솔 설계 가이드를 제시하였다. 향후 본 연구에서 제시된 다기능콘솔 설계 가이드는 실 장비를 통한 검증 및 보완을 통해 신뢰성이 향상될 것이며 한국 다기능콘솔의 기준으로 확립할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 제시한 인간공학 설계 가이드는 3화면 다기능콘솔 뿐 아니라, VDT 화면과 다양한 조작기가 존재하는 장비 설계하는데 기초 자료로 활용될 수 있을 뿐 아니라, 다양한 형태의 운용기기 설계 시에 인간공학적 연구 방법론을 적용할 수 있는 기반을 제공하였다는 점에서 연구의 활용도가 높다고 할 수 있다.

## References

- [1] Jaschinski, W., H. Heuer and H. Kylian, "Preferred Position of Visual Displays Relative to the Eyes: A Field Study of Visual Strain and Individual Differences," *Ergonomics* 41(7), pp. 1034-1049, 1998.
- [2] Shupp, L., C. Andrews, M. Dickey-Kurdziolk, B. Yost and C. North, "Shaping the Display of the Future: The Effects of Display Size and Curvature on User Performance and Insights," *Human-Computer Interaction* 24(1-2), pp. 230-272, 2009.
- [3] Seung Jo Han, Hee Gak Gang, Tae Gyeong So, Yeong In Lee, Jong Seong Lee, Gwon Hui Cheon, "A Study on Ergonomics Applicable to Military Research and Development," *KIMST Annual Conference Proceedings*, pp. 1502-1503, 2015.
- [4] Hyeongsang Han, Huicheon Yu, "Current State and Prospect of Ergonomics," *KEIT PD Issue Report*, Vol. 15-3, pp. 39-71, 2015.
- [5] Department of Defense, "Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facilities(MIL-STD-1472D)," Philadelphia, PA: Navy Publishing and Printing Office, 2012.
- [6] KOSHA, "Guidelines for Visual Display Terminal (VDT)," 2011.
- [7] German Institute for Standardisation, "Display Workstations; Ergonomical Design of the Workstation; Lighting and Arrangement(Din Standard 66234)," 1985.
- [8] Ministry of Employment and Labor, "Guidelines for Visual Display Terminal(VDT) Workers(Ministry of Employment and Labor Notice No. 2015-44)," 2015.
- [9] International Organization for Standardization, "Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals(VDTs) - Part 303: Requirements for Electronic Visual Displays(ISO 9241-303)," 1997.
- [10] Cakir, A., Reuter, H. J., von Schmude, L., and Armbruster, A., "Untersuchungen zur Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die Physische und Psychische Funktionsweise des Menschen. Bonn, Germany: Der Bundersminister für Arbeit und Sozialordnung," 1978.
- [11] Cakir A., D. J. Hart and T. F. M. Stewart, "Visual Display Terminals - A Manual Covering Ergonomics, Workplace Design, Health and Safety, Task Organization," Wiley, New York, 1980.
- [12] Standards Australia, "Screen-based workstations - Visual Display Units(AS 3590.1)," 1990.
- [13] Henry Dreyfuss Associates, "The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design," Watson-Guptill, 1993.
- [14] Human Factors and Ergonomics Society, "Human Factors Engineering of Computer Workstations (ANSI/HFES 100)," 2007.
- [15] Woochul Kim, "Modern Statistics," Youngji Publishers, 2006.