

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2022.30.2.044>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

비정상 상황에서 ‘놀람과 깜짝놀람의 영향(Surprise and Startle Effect)’이 헬리콥터 조종사의 작업부하(Workload)에 미치는 영향에 관한 연구 - 자격증명(자가용 및 사업용) 조종사의 비교 -

이석중*, 이강석**, 박원태***

A Study on the Helicopter Pilot's Workload Influences by 'Surprise and Startle Effect' in the Abnormal Situation - Comparison by Pilot Certificate (Private and Commercial) -

Seokjong Lee*, Kangseok Lee**, Wontae Park***

ABSTRACT

An empirical analysis was conducted on the workload of helicopter pilots flying in high-risk flight environments such as ground obstacles and weather effects at low altitudes. To evaluate the workload, an independent sample *t*-test was performed using the NASA-TLX evaluation method most suitable for the aviation field, and the workload score was calculated by applying the analytical stratification method (AHP) to compare and analyze private and commercial pilots. There is a significant difference in mean between private and commercial pilots and the result of work load was obtained over 70%. This paper studied the 'surprise and startle effect' on the helicopter field for the first time. In the future, it is intended to contribute to the safe operation of helicopters by presenting a method for effective safety management by utilizing it in the field of education and training for helicopter pilots and providing basic data for preventing accidents caused by human error.

Key Words : Surprise(놀람), Startle(깜짝 놀람), Workload(작업부하), NASA-TLX(작업부하 평가도구), AHP(분석적 계층화기법), Independent Sample *t*-test(독립표본 *t* 검정)

1. 서 론

운항 중 조종사는 예상치 못한 비상 또는 비정상 상

황에 직면했을 때 ‘놀람과 깜짝놀람의 영향(Surprise and Startle Effect)’으로 상황을 빨리 해결하고자 하는 욕구와 더불어 정신적인 혼란이 동반되어 대응 시간이 지연되거나 잘못된 조치로 인해 치명적인 항공기 사고를 초래할 수 있다. 주로 생리학적 및 행동적으로 나타나는 깜짝놀람(startle) 반사와 반응과는 대조적으로 놀람(surprise)은 예상치 못한 것에 대한 인지 및 정서적 반응으로 정의되며, 이는 실제 환경에 대한 정신적 기대와 인식간의 불일치로 인한 결과로 갈등을 초래한다(Horstmann, 2017). 이는 인간의 자연적인

Received: 20. Apr. 2022, Revised: 11. May. 2022,

Accepted: 23. May. 2022

* 국토교통부(서울지방항공청) 항공안전감독관, 한서대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정

** 한서대학교 항공교통물류학과 교수

연락처 E-mail : kasulee@hanseo.ac.kr

연락처 주소 : 충남 태안군 남면 곰섬로 236-49

*** 청주대학교 항공운항학과 교수

반응이며 헬리콥터 조종사도 예외일 수는 없다.

2018년 5월 5일 영국의 Cumbernaula Airport에서 Robinson R44 헬리콥터가 지상에 있는 헬리콥터와 충돌하는 사고가 발생하였다. 영국 항공사고조사위원회(AAIB, Air Accidents Investigation Branch)는 사고 원인으로 앞에 있는 헬리콥터가 자신의 뒤쪽에 미리 착륙하여 정지 중인 헬리콥터를 인지하지 못한 채 제자리 후진 비행을 하다 뒤쪽의 헬리콥터를 뒤늦게 인지하는 과정에서 조종사의 깜짝놀람(startle)의 영향으로 조종력을 상실하여 헬리콥터와 충돌하였다고 발표하였다.

Rivera et al.(2014)은 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)은 진행 중인 작업을 방해할 수 있으며, 작업의 복잡성과 환경은 작업부하(workload)에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. Rahim Daud Agha(2020)는 조종사가 비행 중 놀람(surprise) 및 깜짝놀람(startle) 영향에 의해 신체 생리, 조종사의 능력 및 작업부하(workload)에 부정적인 영향을 미치며, 특히 비정상 상황에서는 작업부하(workload)가 크게 증가한다고 하였으며, Braby et al.(1993)은 작업부하가 지나치게 높으면 인적 오류와 사고를 유발할 수 있으며, 이에 반해 너무 낮으면 작업자를 방심시켜 인적 오류의 원인이 된다고 하였다. Valerie Gawron(2008)은 “항상 제자리 비행을 유지하는 헬리콥터 조종사의 작업부하는 0에서 100까지의 척도에서 70이다”라고 하였다. 이는 이·착륙 과정에서 그리고 대부분의 임무 수행시 필요한 헬리콥터의 제자리 비행에서 높은 작업부하에 직면한다는 것을 의미한다.

따라서 인적 오류에 의한 사고 발생율이 높은 작업부하의 환경에서 비행하는 헬리콥터 조종사의 작업부하에 대한 이해가 필요하며, 작업부하 평가를 위해 미 항공우주국에서 개발한 다척도에 의한 다중 평가방법으로 객관적인 신뢰성이 높고 사용의 편리성과 합리성으로 인하여 널리 항공분야에서 광범위하게 사용하고 있는 NASA-TLX 평가방법을 적용하여 분석하였다(Gawron, 2000).

본 연구는 앞서 연구한 헬리콥터 조종사 대상으로 모의비행훈련장치를 이용한 실험 비행을 통하여 ‘놀람과 깜짝놀람의 영향(Surprise and Startle Effect)’이 헬리콥터 조종사의 심리 및 생리에 미치는 연구 결과를 기초로 연계하여 헬리콥터 비정상 상황에서 ‘놀람과 깜짝놀람의 영향(Surprise and Startle Effect)’이 조종사의 작업부하에 미치는 영향에 대해 실증 분석하고자 하였으며, 향후 헬리콥터 조종사의 교육훈련 분야에

활용하여 효과적인 안전관리를 위한 방법을 제시하고 또한 인적 오류에 의한 사고 예방을 위한 기초 자료로 제공하여 헬리콥터의 안전 운항에 기여하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 헬리콥터 비행운영 특성

헬리콥터는 해·수상, 내륙 및 산악지역, 도심지역 등 다양한 환경에서 운영되고 있으며, 기상의 변화가 심하고 장애물이 많은 위험한 저고도에서 비행이 주로 이루어지고 있다(Choi, 2011). 제한된 공간에서 제자리 비행, 측면·후진비행 및 수직이착륙 등 헬리콥터만이 가능한 고유의 비행 특성으로 승객 운송과 산불진화, 화물운반 등 사용사업에 다양하게 운용되고 있다.

비행 임무 성격상 짧은 비행구간에서 반복적으로 비행하는 운영 특성을 가지고 있으며, 고정익에 비해 항공기의 쾌적성 및 자동비행시스템 미구축 등 편의성이 부족하고 구조적 특성인 소음과 진동이 많아 헬리콥터 조종사는 항상 세심한 주의력과 긴장감을 가지고 장시간 동안 비행시 안전을 위한 집중력이 요구된다(Kwon, 2021).

주로 시계비행방식으로 비행을 운영함에 따라 외부의 지형지물과 계기판을 지속적으로 상호 확인해야 하기 때문에 조종사의 정신적, 신체적 피로감이 증가될 수 있다. 이는 헬리콥터 조종사에게 작업부하를 가중시키는 요인으로 작용하여 안전운항에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다.

2.2 작업부하(Workload)

미국 연방항공청(FAA)(2005)은 작업부하를 ‘작업(정신적 및/또는 육체적)을 수행하는 개인의 능력과 해당 작업의 수행과 관련된 시스템 및 상황적 요구 수준 간의 관계’로 정의하였으며, Sweller et al.(1998)는 작업부하를 정보 처리 이론에 따라 특정 시점에서 사용되는 인지적 또는 주의력에 필요한 자원의 양으로, 의사결정을 내리기 위해 처리해야 하는 정보와 그러한 요구를 충족시키는 개인의 능력 차이라고 하였다.

항공에서 조종사의 작업부하는 작업을 수행하고 원하는 성과를 달성하며 다음 작업을 수행할 수 있도록 조종사에게 필요한 주의력과 기술의 척도로 정의하였으며(Mauricio et al., 2021), 조종사가 수행하는 작업의 난이도와 수행되는 작업의 수에 따라 상당한 영

항을 받으며 비행 작업의 환경 조건이나 상황에 따라 다르다고 하였다(Gawron et al., 1989). 또한, 조종사의 작업부하는 다양한 비행 형태로 인해 복합적인 작업부하를 제공하는데, 이륙 및 착륙과 같이 작업요구가 가장 많은 비행 단계에서 조종사 작업부하가 증가한다고 하였다(Ylonen et al., 1997).

Fig. 1은 Dick de Waard(1996)가 제시한 작업 요구, 성과 및 작업부하 간의 상호 관계를 보여주는 모델이다. D영역부터 C영역까지 6개 구간으로 구분하여 작업요구가 증가함에 따라 작업자의 작업부하와 성과에 미치는 영향을 나타낸다. D영역에서는 작업요구가 적더라도 작업부하에 비해 성과가 매우 적게 나타나는데, 이는 작업자의 초기 작업요구에 대한 인지 및 수행 능력 부족 등 작업수행 상태에 영향을 많이 받기 때문이다. A1에서 A3영역에서는 지속적으로 작업수행을 함에 따라 작업요구에 대한 이해도 및 작업수행력이 높아 작업부하가 낮은 최적 수준의 성과(A2)가 나타남을 알 수 있다. 그러나, A3영역부터는 작업요구가 지속적으로 증가됨에 따라 작업부하가 높아지기 시작하여 B영역에서 급속히 성과가 저하되기 시작한다. C영역에서는 과부하 발생으로 인하여 작업부하가 최대인 반면 성과는 가장 낮은 수준임을 보여준다.

2.3 NASA-TLX(National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index)

NASA-TLX는 사용자가 다양한 인간-기계 인터페이스 시스템으로 작업자에 대한 주관적인 작업부하 평가를 수행할 수 있는 작업부하 평가 도구이다. 1980년대 NASA Ames Research Center(ARC)의 Sandra Hart가 종이와 연필로 만든 설문지로 개발한 NASA TLX는 오늘날 광범위한 응용 분야에서 주관적인 작업부하를 측

정하기 위한 표준이 되었다. 이 평가 기법은 정신적 요구(mental demand), 육체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행도(performance), 노력 수준(effort), 좌절 수준(frustration)의 6가지의 평가 항목으로 각 항목에 대한 가중치를 결정한 값과 결합되어 총 작업부하 점수를 도출한다(NASA, 1986).

$$\text{Workload} = (B1W1 + B2W2 + B3W3 + B4W4 + B5W5 + B6W6) / 100 \quad (1)$$

Bi : 쌍대비교를 통해 얻어진 가중치

Wi : 각 항목의 작업부하량(0~100)

: 1-6부 척도

NASA-TLX는 작업부하의 강도를 식별하여 대상자의 작업부하에 영향을 미치는 각 차원의 특성 및 상대적 기여도에 대한 진단 정보를 제공하며, 효과적인 주관적 작업부하 평가 기법으로 널리 이용되고 있다.

III. 연구 방법

3.1 연구 모형

본 연구는 국토교통부로부터 헬리콥터 자가용 자격 증명을 취득한 조종사(이하 “자가용 조종사”라 한다.)와 사업용 자격증명을 취득한 조종사(이하 “사업용 조종사”라 한다.) 대상으로 비행훈련장치(FTD: flight training device)에 탑승하여 미리 구성된 실험 비행 시나리오 3가지 유형을 적용하여 ‘Surprise and Startle Effect’가 각 조종사의 작업부하(workload)에 미치는 영향을 비교하여 실증 분석하고자 하였다. 따라서 선행연구를 바탕으로 Fig. 2와 같이 연구모형을 제시하였다.

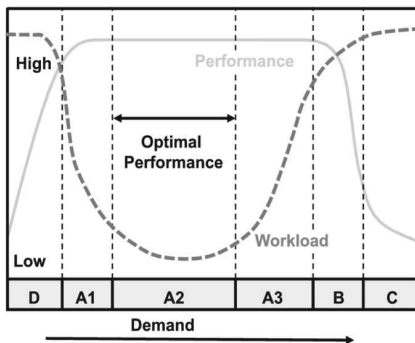


Fig. 1. Relationship between task demand, performance and workload

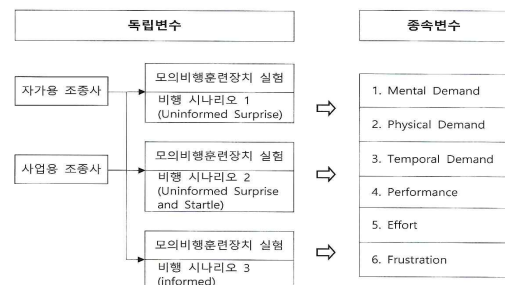


Fig. 2. Research model

3.2 가설 설정

본 연구는 앞에서 제시한 실증 연구모형을 토대로 다음과 같은 가설을 설정하였다. 독립변수인 자가용 조종사와 사업용 조종사별로 각각 실험 비행 시나리오 3가지 유형을 적용하여 종속변수인 정신적 요구, 신체적 요구, 시간적 요구, 수행도, 노력 및 좌절의 각 평균의 차이를 확인하기 위하여 다음과 같이 가설을 설정하였다.

- 귀무가설(H0) : 두 집단 간 종속변수의 평균 차이가 없다.
- 대립가설(H1) : 두 집단 간 종속변수의 평균 차이가 있다.

3.3 실험 설계

3.3.1 실험 참가자 및 장비

실험 참가자는 자가용 또는 사업용 자격증명을 소지한 민간 헬리콥터 조종사 중 개별 연락을 통하여 희망자 중 총 30명(자가용 조종사 15명, 사업용 조종사 15명)을 선정하였으며, 실험 참가자에게 헬리콥터 비행 훈련장치를 이용하여 3가지 유형의 실험 비행 시나리오를 적용하였다. 비행훈련장치는 국내 대학교 및 민간 헬리콥터 운영업체에서 운영하고 있는 Bell-206과 AW-109 형식을 이용하였으며, 이 장치들은 국토교통부에서 인증을 받아 조종사의 훈련에 활용하고 있으며, 매년 정기검사를 통하여 최상의 상태를 유지하고 있다.

3.3.2 실험 절차

선정된 조종사는 각 지정된 헬리콥터 비행훈련장치에 탑승하여 시나리오 3가지 유형의 실험 비행을 한 후에 작업부하에 대한 설문을 실시하였다. 실험 비행은 시계비행방식으로 표준 장주비행을 3회 실시하며, 착륙을 위한 접근 과정에서 시나리오 1, 2, 3의 상황을 부여한다. 시나리오 1은 Uninformed Surprise로 엔진고장의 비상상황을 예고없이 부여하고, 시나리오 2는 Uninformed Surprise and Startle로 시나리오 1처럼 예고없이 엔진고장 상황과 청각 자극(천둥소리 및 경고음 등)을 함께 부여한다(Fetcho, 2010). 시나리오 3은 Informed로 엔진고장 상황에 대해 사전에 조종사에게 알려주어 충분한 준비시간을 주며, 실험 비행 간 비상상황 발생 시 각 조종사는 해기종의 비행교범에 명시된 해당 Emergency Procedures를 수행한다.

3.3.3 설문지 구성

본 연구에 사용된 설문지 NASA-TLX는 미 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)에서 개발한 작업부하 평가방법으로 항공분야에서 인적요인으로 발생하는 항공기 사고에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구자료로 활용되고 있다. 설문 구성은 조종사의 작업부하를 측정하고자 6개의 평가 항목인 정신적 요구, 신체적 요구, 시간적 요구, 수행도, 노력, 좌절로 구성하여 각 항목별 9점 척도(동일하게 중요=1, 약간 더 중요=3, 상당히 더 중요=5, 매우 더 중요=7, 절대적으로 더 중요=9)의 쌍대비교를 통하여 응답하도록 구성하였다.

3.4 분석 방법

본 연구의 수집된 자료는 SPSS(version 26.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석되었다. 독립변수인 조종사 자격별로 실험 비행 시나리오 3가지 유형을 각각 적용하여 정신적 요구, 신체적 요구, 시간적 요구, 수행도, 노력 및 좌절의 평균 차이를 확인하기 위하여 독립표본 t -검정을 실시하였다. 또한, 작업부하의 점수를 산출하기 위해서 헬리콥터 전문가 8명에게 시나리오별 설문조사를 실시하여 6개 항목에 대한 9점 척도로 분석적 계층화기법(AHP)의 쌍대비교를 통하여 가중치를 산출하였으며, 응답의 일관성 검증을 통해 신뢰성 있는 결과만을 반영하고자 일관성 비율 값을 10% 미만으로 적용하였다.

IV. 분석결과

4.1 독립표본 t -검정결과

4.1.1 정신적 요구(Mental)

시나리오 1(mental)은 자가용 및 사업용 조종사의 평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 3.814, 유의확률 .001, 시나리오 2(mental)의 t 통계값은 2.705, 유의확률 .011, 시나리오 3(mental)의 t 통계값은 4.372, 유의확률 .000으로 유의수준 .05에서 모두 귀무가설을 기각하고, 대립가설인 두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Table 1, Fig. 3-5).

4.1.2 신체적 요구(Physical)

시나리오 1(physical)은 자가용 및 사업용 조종사의

Table 1. Independent t test results

구분		평균		표준편차		t 값	p 값	대립가설 채택결과
		자가용	사업용	자가용	사업용			
Mental	시나리오 1	16.0667	13.5333	1.83095	1.85333	3.814	.001	채택
	시나리오 2	18.4667	16.8667	1.55226	1.68466	2.705	.011	채택
	시나리오 3	13.6000	10.5333	1.76473	2.06559	4.372	.000	채택
Physical	시나리오 1	16.2667	14.2000	2.01660	1.14642	3.451	.002	채택
	시나리오 2	18.6667	17.8000	1.54303	1.52128	1.549	.133	기각
	시나리오 3	12.8000	10.4000	2.54109	1.80476	2.982	.006	채택
Temporal	시나리오 1	14.4667	11.7333	3.20416	2.43389	2.631	.014	채택
	시나리오 2	17.6000	14.6667	3.20268	2.87021	2.642	.013	채택
	시나리오 3	11.2667	8.3333	3.17280	2.22539	2.931	.007	채택
Performance	시나리오 1	8.8000	11.6000	2.65115	1.95667	-3.291	.003	채택
	시나리오 2	6.8000	9.4000	2.56905	2.09762	-3.036	.005	채택
	시나리오 3	10.6000	14.6667	2.92282	1.95180	-4.481	.000	채택
Effort	시나리오 1	15.4667	14.6667	2.06559	2.25726	1.013	.320	기각
	시나리오 2	18.0000	16.7333	2.07020	2.34419	1.569	.128	기각
	시나리오 3	10.8000	9.2667	3.02844	2.01660	1.632	.114	기각
Frustration	시나리오 1	14.7333	10.4667	3.28344	1.50555	4.575	.000	채택
	시나리오 2	17.2000	14.2667	2.67795	1.70992	3.576	.001	채택
	시나리오 3	11.2667	7.4667	3.84460	1.35576	3.610	.002	채택

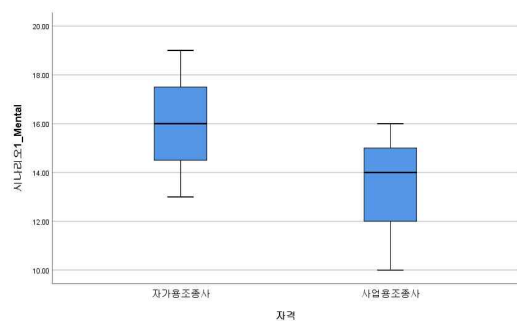
* $p < .05$.

Fig. 3. Scenario 1 (mental) results

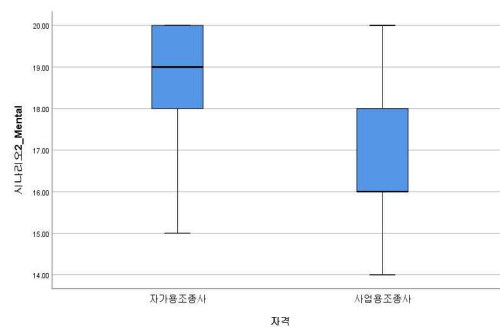


Fig. 4. Scenario 2 (mental) results

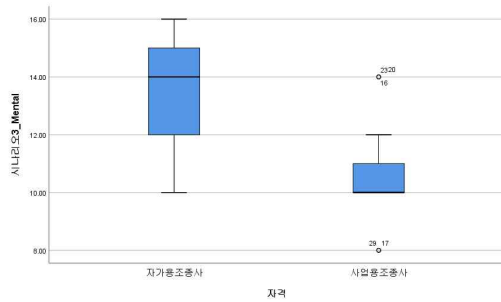


Fig. 5. Scenario 3 (mental) results

평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 3.451, 유의확률 .002, 시나리오 2(physical)의 t 통계값은 1.549, 유의확률 .0133, 시나리오 3(physical)의 t 통계값은 2.982, 유의확률 .006으로 유의수준 .05에서 시나리오 1과 3은 귀무가설을 기각하고, 대립가설인 두 집단 간 유의한 차이가 있으나, 시나리오 2는 귀무가설을 채택하여 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(Fig. 6-8).

4.1.3 시간적 요구(Temporal Demand)

시나리오 1(temporal)은 자가용 및 사업용 조종사의 평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 2.631, 유의확률

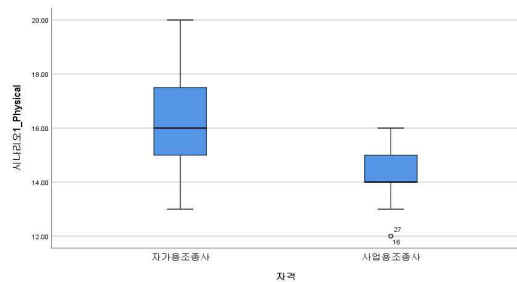


Fig. 6. Scenario 3 (physical) results

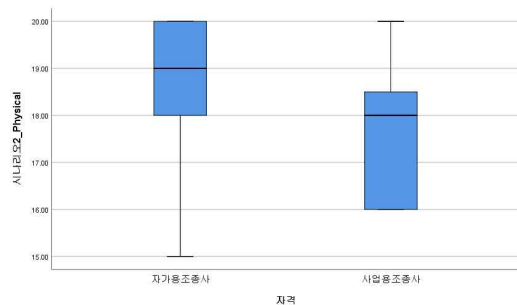


Fig. 7. Scenario 2 (physical) results

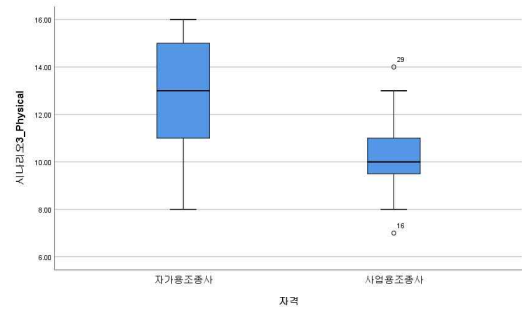


Fig. 8. Scenario 3 (physical) results

.014, 시나리오 2(temporal)의 t 통계값은 2.642, 유의확률 .013, 시나리오 3(temporal)의 t 통계값은 2.931, 유의확률 .007으로 유의수준 .05에서 모두 귀무가설을 기각하고, 대립가설인 두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Fig. 9-11).

4.1.4 수행도(Performance)

시나리오 1(performance)은 자가용 및 사업용 조종사의 평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 -3.291, 유의확률 .003, 시나리오 2(performance)의 t 통계값은 -3.036, 유의확률 .005, 시나리오 3(performance)의

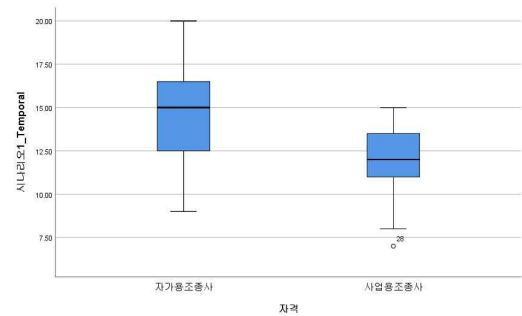


Fig. 9. Scenario 1 (temporal) results

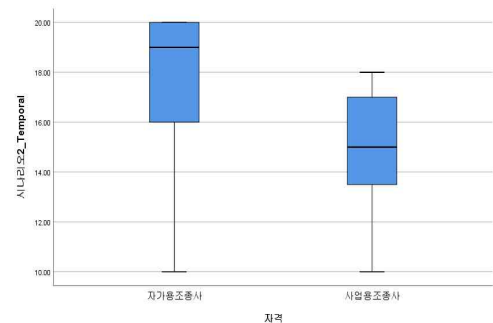


Fig. 10. Scenario 2 (temporal) results

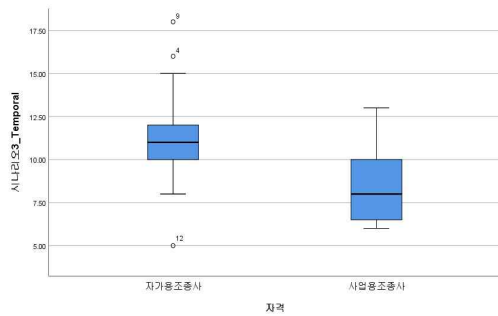


Fig. 11. Scenario 3 (temporal) results

t 통계값은 -4.481, 유의확률 .000으로 유의수준 .05에서 모두 귀무가설을 기각하고, 대립가설인 두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Fig. 12-14).

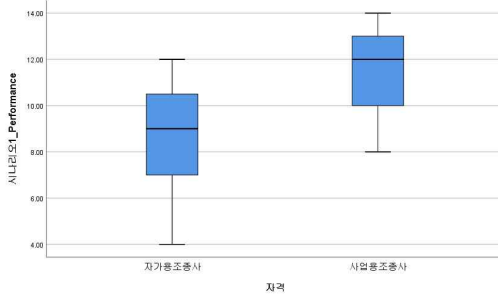


Fig. 12. Scenario 1 (performance) results

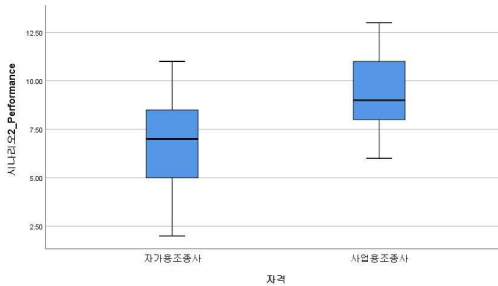


Fig. 13. Scenario 2 (performance) results

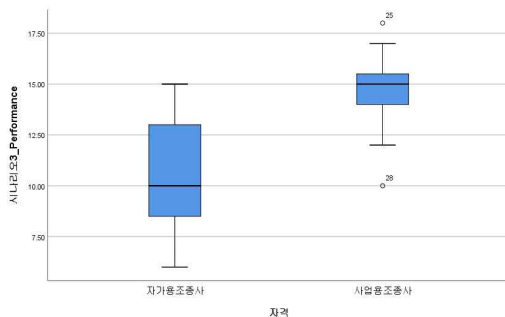


Fig. 14. Scenario 3 (performance) results

4.1.5 노력(Effort)

시나리오 1(effort)은 자가용 및 사업용 조종사의 평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 1.013, 유의확률 .320, 시나리오 2(effort)의 t 통계값은 1.569, 유의확률 .128, 시나리오 3(effort)의 t 통계값은 1.632, 유의확률 .114으로 유의수준 .05에서 모두 대립가설을 기각하고, 귀무가설인 두 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다(Fig. 15-17).

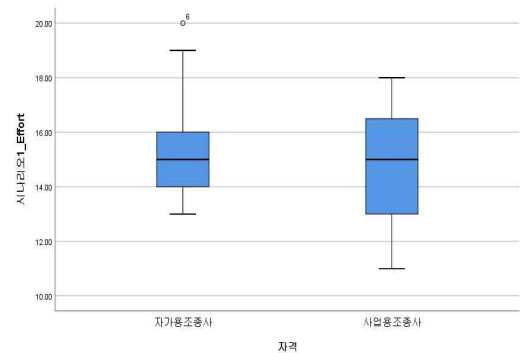


Fig. 15. Scenario 1 (effort) results

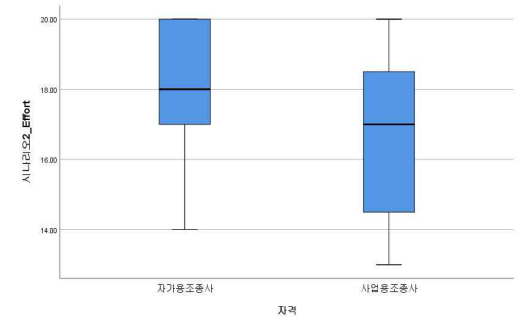


Fig. 16. Scenario 2 (effort) results

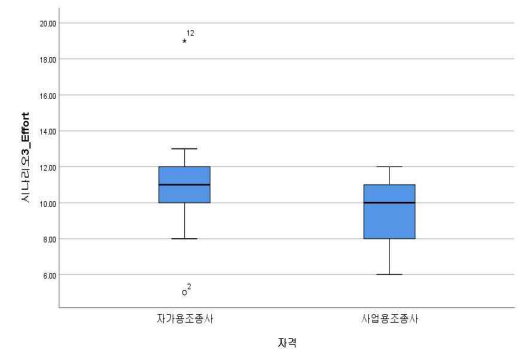


Fig. 17. Scenario 3 (effort) results

4.1.6 좌절(Frustration)

시나리오 1(frustration)은 자가용 및 사업용 조종사의 평균 차이가 있는지에 대한 t 통계값은 4.575, 유의확률 .000, 시나리오 2(frustration)의 t 통계값은 3.576, 유의확률 .001, 시나리오 3(frustration)의 t 통계값은 3.610, 유의확률 .002으로 유의수준 .05에서 모두 귀무가설을 기각하고, 대립가설인 두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(Fig. 18-20).

4.2 분석적 계층화기법(AHP) 분석

4.2.1 가중치 및 작업부하 산출 결과

가중치 산출 결과, 정신적 요구의 시나리오 2가 자

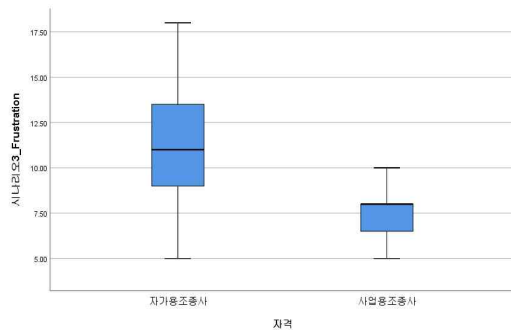


Fig. 18. Scenario 1 (frustration) results

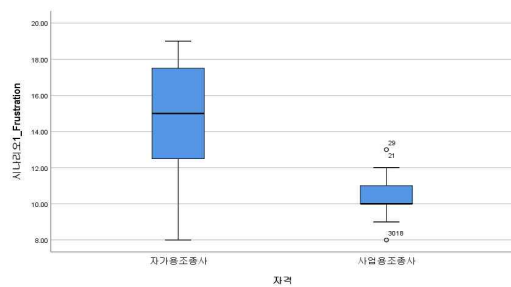


Fig. 19. Scenario 2 (frustration) results

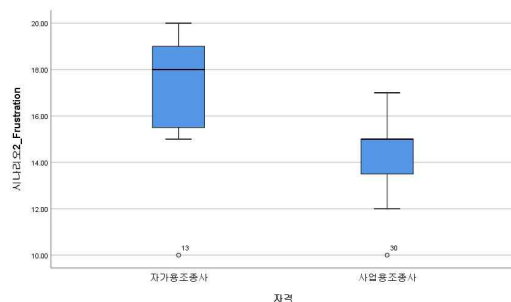


Fig. 20. Scenario 3 (frustration) results

가용 조종사 0.372 및 사업용 조종사 0.345로 가장 높았으며, 신체적 요구의 시나리오 3이 자가용 조종사 0.026 및 사업용 조종사 0.029로 가장 낮게 나타났다. 이에 따라 설문 결과에 따른 평균 점수와 산출된 가중치를 적용하여 작업부하 점수를 산출하였으며, 전체적으로 정신적 요구가 가장 높았으며 신체적 요구가 가장 낮은 점수를 획득했다. 자가용 조종사는 정신적 요구>노력>좌절>수행도>시간적 요구>신체적 요구 순으로 작업부하 점수 차이를 보였으며, 사업용 조종사는 정신적 요구>노력>수행도>시간적 요구>좌절>신체적 요구 순으로 나타났다. 자가용 조종사와 사업용 조종사는 비정상 상황에서의 정확한 상황인식을 통한 올바른 의사결정, 그리고 적절한 비상조치 수행을 위해 정신적 요구, 노력 순으로 높은 점수를 보였으나, 다음으로 자가용 조종사는 좌절이 높은 점수를 보인 반면 사업용 조종사는 좌절에서 낮은 점수를 보였다. 이는 비행 경험이 상대적으로 부족한 자가용 조종사가 비정상 대응에 대한 실패로 인해 좌절 항목의 점수가 높아 사업용 조종사와 차이가 발생한 것으로 분석된다(Table 2).

시나리오별 작업부하 점수 산출 결과, 시나리오 2>시나리오 1>시나리오 3 순으로 비상 상황과 청각 자극을 함께 부여한 시나리오 2가 가장 높았다. 다음으로 비상 상황만 부여한 시나리오 1이 높았으며, 그리고 비상상황을 사전에 공지함에 따라 심적 준비 및 미리 조치 절차를 생각하여 시나리오 3에서 가장 낮은 작업부하를 나타냈다. 자가용 조종사는 사업용 조종사에 비해 비행 경험의 기간이 적고 축적된 비행시간의 차이로 인해 비상 상황 발생 시 대처하는 데 필요한 정신적 요구, 노력 수준 및 수행도에서 큰 차이를 보여 작업부하가 높았다(Table 3).

V. 결 론

본 연구는 헬리콥터 자가용 및 사업용 조종사 대상으로 비행훈련장치를 이용한 실험 비행 시나리오 3가

Table 2. workload results

항 목	Workload(점)	
	자가용 조종사	사업용 조종사
시나리오 1	71.444	62.986
시나리오 2	85.915	78.767
시나리오 3	43.842	47.757

Table 3. Weights and workload results

항 목		가중치(weights)		평균 점수		작업부하(workload)	
		자가용	사업용	자가용	사업용	자가용	사업용
정신적 요구	시나리오 1	0.338	0.339	15.33	16.40	25.908	27.798
	시나리오 2	0.372	0.345	17.00	18.53	31.620	31.964
	시나리오 3	0.290	0.326	11.87	13.73	17.212	22.380
신체적 요구	시나리오 1	0.028	0.039	16.33	14.40	2.286	2.808
	시나리오 2	0.058	0.049	18.67	16.20	5.414	3.969
	시나리오 3	0.026	0.029	12.80	10.53	1.664	1.527
시간적 요구	시나리오 1	0.071	0.073	14.47	12.53	5.137	4.573
	시나리오 2	0.098	0.096	17.60	14.67	8.624	7.042
	시나리오 3	0.060	0.070	10.47	9.67	3.141	3.385
수행도	시나리오 1	0.141	0.182	8.80	11.60	6.204	10.556
	시나리오 2	0.254	0.222	6.80	9.40	8.636	10.387
	시나리오 3	0.061	0.138	10.60	14.67	3.233	10.122
노력 수준	시나리오 1	0.244	0.207	15.47	12.47	18.873	12.906
	시나리오 2	0.256	0.221	18.00	16.47	23.040	18.199
	시나리오 3	0.193	0.174	10.80	9.27	10.422	8.065
좌절 수준	시나리오 1	0.177	0.083	14.73	10.47	13.036	4.345
	시나리오 2	0.180	0.101	17.20	14.27	15.480	7.206
	시나리오 3	0.145	0.061	11.27	7.47	8.170	2.278

지를 적용하여 ‘Surprise and Startle Effect’가 작업 부하에 미치는 영향을 비교, 확인하기 위하여 실증 분석하였다.

분석 결과로 첫째, NASA-TLX의 6개 항목에 대한 평균 점수의 산출 결과를 통하여 정신적 요구, 시간적 요구, 수행도 및 좌절에서 자가용 조종사가 사업용 조종사보다 높았으며 대립가설이 채택되어 두 집단의 평균 차이는 유의하였다. 그러나, 신체적 요구의 시나리오 2 및 노력 수준에서는 귀무가설이 채택되어 두 집단의 평균 차이가 없었다. 이는 비정상 상황에서는 비행시간과 경험 그리고 연령의 많고 적음에 관계없이 비상절차를 수행해야 하는 조종사로서 의무는 동등하다고 판단된다.

둘째, 작업부하 점수는 6개의 전 항목 중에서 시나리오 2의 정신적 요구가 가장 높은 점수를 보였으며, 노력, 좌절, 수행도 순으로 높았다. 반면 신체적 요구,

시간적 요구는 낮은 점수를 획득했다. 시나리오별 결과는 시나리오 1과 2에서 자가용 조종사가 각각 71점 및 86점으로 사업용 조종사보다 약 7~8점 높았다. 시나리오 3은 거의 동등한 수준을 보였다. 자가용 조종사가 사업용 조종사에 비해 연령대가 낮고 조종행위에 대한 경험 부족과 이에 따른 조종기술의 차이로 인해 비정상 상황 발생 시 정확한 상황인식과 의사결정 지연으로 인한 반응시간의 차이로 발생된 결과로 분석되며, 단지 비상 상황만을 부여한 시나리오 1보다 청각 자극을 함께 부여한 시나리오 2에서 더 높은 작업부하 점수가 나타나게 된 것은 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)의 영향에 따른 결과로 판단된다.

연구 결과에 따른 실무적 시사점은 다음과 같다.

헬리콥터 분야에서 국내 처음으로 ‘Surprise and Startle Effect’에 대한 개념을 도입하여 헬리콥터 조종사 대상으로 비정상 상황에서 작업부하에 미치는 영

향에 대한 연구를 수행하였으며, 실험을 통해 작업부하가 높은 결과를 확인하였다.

작업부하는 작업의 난이도, 조종사의 교육 및 기술 수준, 그리고 경험에 따라 다르기 때문에 조종사의 역량을 향상시키기 위해서 교육훈련 분야를 개선하며 발전시키는 것이 필요하다. 고정익에서 이미 반영하고 있는 증거 기반 교육(EBT, evidence based training) 체계를 도입하여 헬리콥터 운항 중 예기치 못한 다양한 사건 또는 상황 등을 예견하여 훈련이 필요한 항목들을 발굴하여 훈련프로그램에 반영하고 모의비행훈련장치를 활용하여 정확한 상황인식을 기반으로 올바른 의사결정과 적절한 비상절차 수행 등에 대해 주기적으로 반복 훈련이 요구된다. 모든 항공기에서 최고의 안전장치는 잘 훈련된 조종사라고 생각하며, 이를 위해서는 조종사의 교육훈련 분야에 최상의 훈련 장비와 정형화된 훈련프로그램을 갖추어야 하며 헬리콥터 운영 항공사에서도 의식 전환을 통한 지속적인 관심과 예산 반영 등 많은 노력을 기울여야 한다.

본 연구는 헬리콥터의 비정상 상황에서 'Surprise and Startle Effect'에 의해 조종사의 작업부하에 영향을 주어 높은 작업부하의 결과를 도출한 점에 대해 학문적 의의가 있으며, 추후 정상적인 비행 상황과 산불진화, 화물운반 등 헬리콥터 사용사업의 임무 비행 상황에서의 조종사 작업부하에 대한 비교, 분석을 통하여 작업부하 관리 및 피로 관리 분야로 연계하여 확대, 반영하면 헬리콥터 조종사의 안전 운항에 더욱 깊이 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

References

- Horstmann, G., Reisenzein, R. and Schutzwohl, A., "The cognitive-evolutionary model of surprise: A review of the evidence", *Topics in Cognition Science*, 11, 2017, pp.52-54.
- AAIB (Air Accident Investigation Branch) Bulletin 10/2018, "G-CTFL and G-HYND", Field Investigation Reports (EW/G2018/05/07), 2018, pp.61-66.
- Rivera, J., Talone, A. B., Boesser, C. T., Jentsch, F., and Yeh, M., "Startle and surprise on the flight deck: Similarities, differences, and prevalence", *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, Jan 2014, pp.1047-1051.
- Rahim Daud Agha., "Evaluating scenarios that can startle and surprise pilots", M.D. Thesis, Embry-Riddle Aeronautical University, Daytona Beach, Florida, Apr 2020, pp.70-71.
- Braby, C. D., Harris, D. and Muir, H. C., "A psycho-physiological approach to the assessment of work under-load", *Ergonomics*, 36(9), 1993, pp.1035-1042.
- Gawron V. J., "Human Performance, Workload, and Situational Awareness Measures Handbook (2nd edition)", CRC Press, 2008, pp.183-186.
- Gawron V. J., "Human Performance Measures Handbook", Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, 2000, pp.132-133.
- Lee, S. J., "Study on the helicopter pilot's psychological and physiological influences by 'Surprise and Startle Effect': Comparison by Pilot Certificate (Private and Commercial)", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 29(4), 2021, pp.28-36.
- Choi, S. H., "Study for flight times and ages affects on situation awareness evaluation helicopter pilots", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 19(1), 2011, p.67.
- Kwon, Y. K., "Study on fatigue management of rotary wing pilots", Master Degree, Kongju National University, Korea, 2021.
- FAA Advisory Circular 23.1523, Minimum Flight Crew, Appendix 3. Workload Evaluation Annotated References, 2005, A3-1.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J., and Paas, F., "Cognitive architecture and instructional design", *Educational Psychology Review*, 10(3), 1998, pp.251-258.
- Scarpari, J. R. S., Ribeiro, M. W., Deolindo, C. S., Aratana, M. A. A., de Andrade, D., Forster, C. H. Q., ... and Annes da Silva, R. G., "Quantitative assessment of pilot-endured workloads during helicopter flying emergencies: An analysis of physiological parameters during an autorotation", *Scientific*

- Reports, 11(1), 2021, pp.1-17.
14. Gawron, V. J., Schiflett, S. G., and Miller, J. C., "Measures of in-flight workload", In R. S. Jensen (Ed.), *Aviation Psychology*, Aldershot, Brookfield: Gower Technical, 1989, pp.240-287.
 15. Ylonen, H., Lyytinen, H., Leino, T., Leppaluoto, J., and Kuronen, P., "Heart rate responses to real and simulated BA Hawk 51 Flight", *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68(7), 1997, pp.601-605.
 16. Dick de Waard., "The measurement of drivers' mental workload", University of Groningen, Research Gate Article, 1997, pp.23-25.
 17. NASA, "NASA TAsk Load Index (TLX) Manual (v 1.0)", Human Performance Research Group, NASA Ames Research Center, Moffett Field. California, 1986, pp.13-17.
 18. Fetcho, J. R., and McLean, D. L., "Startle response", In L. R. Squire (Eds.), *Encyclopedia of Neuroscience*, 2010, pp.375-379.