

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2021.29.4.028>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

‘Surprise and Startle Effect’가 헬리콥터 조종사의 심리·생리에 미치는 영향에 관한 연구 - 자격증명(자가용 및 사업용) 조종사의 비교 -

이석중*, 이강석**, 박원태***

A Study on the Helicopter Pilot's Psychological and Physiological Influences by 'Surprise and Startle Effect' - Comparison by Pilot Certificate (Private and Commercial) -

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

ABSTRACT

Surprise and Startle are often cited as potential or contributing factors in the cause of aircraft accidents because they can negatively affect pilots' situational awareness and decision-making. Accordingly, it is necessary to more clearly understand the effect on flight safety through the psychological and physiological reactions that occur to the pilots. Therefore, this study empirically analyzed the effects of Surprise and Startle on the pilot's psychological and physiological responses using a helicopter flight training device for the first time in Korea. As a result of the analysis, the ratio of recognition of Startle and Surprise, heart rate, and respiration rate showed a high difference between private pilots and commercial pilots. This is analyzed as the difference between long-term flight experience and flight time. In addition to presenting effective information for improving the education and training field of helicopter pilots in the future, it is intended to provide basic data for related research.

Key Words : Surprise(놀람), Startle(깜짝 놀람), Heart Rate(심박수), Respiration Rate(호흡수), Flight Training Device(비행훈련장치)

1. 서 론

첨단 과학기술의 발전으로 항공분야의 항공기 자동화

시스템은 조종사에게 쾌적하고 자동화된 운항환경을 제공하여 항공 안전이 크게 향상되었지만, 자동화 시스템에 과도하게 의존하는 경향과 시스템의 복잡성에 따른 신뢰도 및 이로 인한 승무원 간 의사소통의 문제 등을 유발하고 있다. 이로 인해 조종사의 역할이 항공기를 능동적으로 제어하는 것에서 자동화 시스템을 모니터링하는 것으로 전환됨에 따라 사고 원인의 요인도 변화되고 있다. 2014년 Boeing사에서 비행기 사고의 원인 분석을 통하여 LOC-I(Loss Of Control-Inflight)가 전체 치명적사고(fatal accidents) 중 22%로 가장

Received: 20. Oct. 2021, Revised: 13. Dec. 2021,
Accepted: 14. Dec. 2021

* 국토교통부(서울지방항공청) 항공안전감독관

** 한서대학교 항공교통물류학과 교수

연락처 E-mail : kasulee@hanseo.ac.kr

연락처 주소 : 충청남도 태안군 남면 곱섬로 236-49

*** 청주대학교 항공운항학과 교수

높았으며, LOC-I 사고는 비행 중 놀람(surprise), 깜짝 놀람(startle), 주의산만(distracton)과 같은 심리적, 생리적 요인의 영향을 받는 것으로 항공기 승무원의 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Talone et al., 2015)[1].

2017년 5월 5일 영국의 Wycombe Air Park에서 AS-350 헬리콥터가 유압고장(hydraulic failure) 훈련 중에 지면에 충돌하는 사고가 발생하였다. 영국 항공사고조사위원회(AAIB, Air Accidents Investigation Branch)에서 사고 원인으로 회복 조작 중 갑작스런 급격한 선회량과 예상치 않은 조종력의 상실로 인해 깜짝 놀람(startle) 영향을 받았을 것이라고 발표하였다[2].

또한, 2016년 10월 21일 Eurocopter BK 117 헬리콥터가 야간 응급의료서비스(EMS) 임무를 위해 뉴 사우스 웨일즈의 Crookwell Medical 착륙장을 이륙한 직후, 예기치 않게 구름에 진입하면서 급강하 자세로 지면과의 충돌 직전 헬리콥터에 장착된 지상 근접 경고 시스템(GPWS, ground proximity warning system)으로 인해 가까스로 지상과의 충돌을 모면했다. ATSB에서 발행한 Safety Report에서 NVG를 착용한 조종사가 의도치 않은 갑작스런 구름 속에 진입하여 강렬한 밝은 빛으로 인해 짧은 시간 동안 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 영향을 받았을 것이라고 언급하였다[3]. 이렇듯, 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)은 조종사의 상황 인식 및 의사결정에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 항공기 사고 원인의 잠재 또는 기여 요인으로 종종 인용되고 있다(Rivera et al., 2014)[4].

과거에는 “놀람(surprise)”과 “깜짝놀람(startle)” 용어는 예기치 않은 상황을 설명할 때 조종사들이 종종 같은 의미로 사용되었다. 이로 인해 조종사들이 경험하는 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)에 대한 반응과 조종사에 미치는 영향에 대해 부분적으로만 이해하게 되었다. 그러나, 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)은 본질적으로 다른 원인에 의해 발생되고 결과 반응에서도 차이가 있으며(Rivera et al., 2014)[5], 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 사이에는 독특한 개념적, 행동적 및 생리적인 차이가 있는 것으로 주장하였다(Rivera et al., 2014)[6].

놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)은 비행기 분야에서 전 세계적으로 활발한 연구가 이루어지며 조종사의 교육훈련 분야에 포함하여 운영하고 있으나, 국내의 헬리콥터 분야에서는 조종사의 기술적 능력 위주로 교육훈련을 우선하다보니 아직까지는 심리적 또는 생리

적 요인 등 비기술적 분야를 반영하지 않고 있는 실정이다.

따라서 이 두가지 요인의 개념적 접근과 인식을 통하여 헬리콥터 조종사의 운항 안전에 미치는 영향에 대해 명확하게 이해할 필요가 있다.

이에, 본 연구는 국내 처음으로 헬리콥터 모의비행 훈련장치로 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)을 유발할 수 있는 환경을 조성하여 헬리콥터 자가용 조종사 및 사업용 조종사의 심리 및 생리에 미치는 영향에 대하여 실증 분석하고자 하였으며, 향후 헬리콥터 조종사의 교육훈련 분야 개선을 위한 실효적 정보를 제시할 뿐만 아니라, 관련 연구의 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1 깜짝놀람(Startle)

깜짝놀람(startle)은 모든 포유류에서 흔히 볼 수 있는 예상치 못한 자극에 대한 반응(Martin et al., 2012)[7]으로 자발적인 생리적 반사와 행동적 놀라움 반응을 유발한다. 자발적인 생리적 반사는 눈 깜박임, 근육 수축 등으로 신체를 보호하기 위해 준비하는 조치이며, 깜짝놀람(startle) 반응에는 생리적 반사뿐만 아니라 감정과 인지과정이 포함된다(Koch, 1999)[8]. IATA(2015)는 Startle은 정상적인 인간이 스트레스 반응을 시작하는 예상치 못한 사건에 대한 초기 반응이며, 단기적이고 자발적인 생리적 및 인지적 반응으로[9], FAA(2015)는 격렬한 사건에 갑작스럽게 노출될 때 통제할 수 없는 근육 반사와 고혈압으로 정의하였다[10].

깜짝놀람(startle)은 청각, 시각 또는 촉각 자극을 통해 유발될 수 있으며(Yeomans, Li, Scott, and Frankland, 2002)[11], Fetcho and Mclean(2010)은 깜짝놀람(startle)을 유발하는 한가지 방법은 갑작스런 큰 소리를 내는 것으로 80~90 dB의 소리를 통해 사람을 놀라게 할 수 있다고 하였다[12]. 두려움을 자극하는 깜짝놀람(startle)은 자극의 유형과 지속 시간의 영향에 따라 위협과 공포감으로 진전되어 스트레스 반응을 유발하며 사람들에게 인지 장애가 발생하며(Gillen, 2016)[13], Thackray and Touchstone(1983)은 갑작스런 고강도의 청각 신호에 노출된 실험 참가자가 작업에 대해 더 잘못된 응답을 한다는 것을 발견했으며, 반면, 저강도의 청각 신호를 받은 참가자는 오답이 적었다[14]. Gillen(2016)은 깜짝놀람(startle)은 인지 처리를 방해하고 개인의 의사 결정 및 문제 해결 능력에 부정적인

영향을 미친다고 하였으며[15], Martin et al.(2012)은 인지 부하가 가용 자원 수를 초과할 때 깜짝놀람 사건(starble event)이 진행되는 동안 조종사의 상황 인식 및 의사결정이 지연된다는 것을 발견했다[16].

2.2 놀람(Surprise)

주로 생리학적 및 행동적으로 나타나는 깜짝놀람(starble) 반사와 반응과는 대조적으로 놀람(surprise)은 예상치 못한 것에 대한 인지 및 정서적 반응으로 정의되며, 이는 실제 환경에 대한 정신적 기대와 인식 간의 불일치로 인한 결과로 갈등을 초래한다(Horstmann, 2017)[17]. Rivera et al.(2014)는 자신의 기대와 일치하지 않는 정보를 관찰하면 놀람(surprise)이 발생하며, 놀람(surprise)에 대한 주요 관심사는 진행 중인 작업을 방해할 수 있으며[18], Horstmann(2006)은 놀람 사건(surprise event)으로 실험 참가자의 78%가 지속적으로 행동을 방해받았다고 하였다[19]. IATA(2015)는 놀람(surprise)은 실제와 예상했던 차이를 감정적으로 받아들이는 것으로[20], FAA(2015)는 비상사태에 대응하기 위해 조종사의 정신적 과정에 영향을 미칠 수 있는 예상치 못한 사건으로 정의하였다[21].

놀람(surprise)은 예기치 않은 자극의 시작 또는 출현에서 발생할 수 있으며, 예상되는 자극이 없을 때도 발생할 수 있다(Rivera et al., 2014)[22]. Hilscher, Breiter and Kochan(2012)은 비행 중 예상치 못한 사건으로 인해 조종사가 놀랄 수 있음을 발견하였고 [23], Casner et al.(2013)은 조종사가 놀랐을 때 학습된 절차를 적용하는 데 상당한 어려움이 있음을 확인했다[24].

2.3 자동화 놀라움(Automation Surprise)

조종석에서의 자동화(automation)는 auto-throttle, autopilot, flight director, flight management system 등으로 함께 연결되어 필요할 때 부분적으로 또는 완전히 자동화된 비행을 보장하게 되어 있다.

Kochan et al.(2004)은 자동화(automation)가 조종석에서 surprise를 유발하는 주요 원인 중 하나라고 하였다[25]. Dekker(2014)는 자동화 놀라움(automation surprise) 용어를 사용하면서 조종사의 기대와 실제 시스템 동작 간에 비정상적인 결과라고 하였고[26], De Boer and Hurts(2017)는 자동화의 복잡성이 증가하여 surprise의 우려를 불러 일으켰다고 하였다[27].

2.4 Surprise and Startle 개념 모델

Landman et al.(2017)이 자신들의 연구에서 Fig. 1과 같이 놀람(surprise)과 깜짝놀람(starble) 개념적 모델을 제시하였다. 놀람(surprise) 지각-심리 진화적 모델(Meyer et al., 1997)을 기반으로 지각 주기 모델(Nisser, 1976) 및 데이터/프레임의 감성이론 모델(Klein et al., 2007) 등을 종합하여 체계화한 개념적 모델이다[28,29,30,31].

예기치 않은 감각스럽게 유발된 자극(stimulus)을 인지·해석하여, 평가한 후 행동을 선택하고 실행하는 과정으로 구성되어 있다.

이 모델은 프레임(frame)의 개념을 도입하여 과거 경험한 자극에 대한 데이터를 기반으로 하며, 자극을 인지하는 과정에서 자극의 강도, 기억, 경험 등의 요소에 의해 깜짝놀람(starble)이 발생하면 좌측 과정만 활성화되고 빠른 평가를 거쳐 적절한 행동 선택과 실행을 한다. 그러나, 자극에 대한 평가시 인지할 수 없는 정보를 제공하면 우측 놀람(surprise) 영역이 활성화되며 깜짝놀람(starble)보다는 slow appraisal 과정을 통해 처리된다.

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 놀람(surprise)과 깜짝놀람(starble) 영향이 각 조종사의 심리적, 생리적 반응에 미치는 영향을 비교하여 실증 분석하고자 하였다.

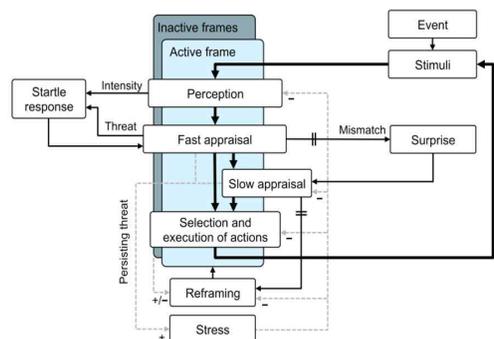


Fig. 1. Conceptual model of surprise and startle

따라서 선행연구를 바탕으로 Fig. 2와 같이 연구모형을 제시하였다.

3.2 가설 설정

3.2.1 시나리오 유형별 놀람(Surprise) 및 깜짝놀람(Startle) 인식

시나리오 유형에 따른 자격별 조종사의 놀람(surprise) 및 깜짝놀람(startle) 인식의 관계를 확인하기 위하여 다음과 같이 가설을 설정하였다.

- 귀무가설(H₀): 시나리오 유형별 자가용 조종사와 사업용 조종사의 인식 여부 간에는 유의한 연관성이 없다.
- 대립가설(H₁): 시나리오 유형별 자가용 조종사와 사업용 조종사의 인식 여부 간에는 유의한 연관성이 있다.

3.2.2 시나리오 유형별 조종사의 평균 차이

독립변수인 시나리오 3가지 유형에 따른 자가용 조종사와 사업용 조종사로 구분한 6개 집단에 대한 심박수 및 호흡수의 각 평균의 차이를 확인하기 위하여 다음과 같이 가설을 설정하였다.

- 귀무가설(H₀): 모든 집단의 평균은 같다.
- 대립가설(H₁): 모든 집단의 평균은 같지 않다.

3.3 연구방법

3.3.1 실험 참가자

실험 참가자는 총 30명을 선정하였으며, 실험 참가자 모두 신체검사 증명서 1급을 보유한 현직 민간 헬리콥터 조종사로 구성하였다.

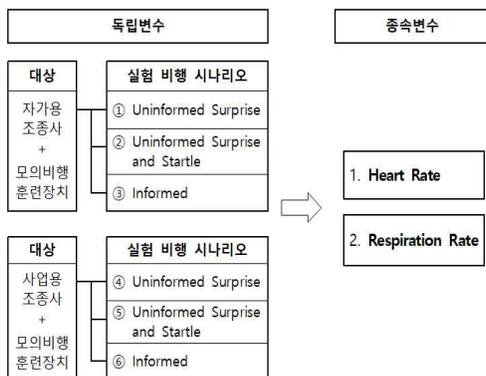


Fig. 2. Research models

3.3.2 실험 장비

실험 참가자에게 3가지 유형의 실험 비행 시나리오를 적용하기 위해 헬리콥터 비행훈련장치를 이용하였다. 국내 대학교 및 민간 헬리콥터 운영업체에서 운영하고 있는 Bell-206 형식과 AW-109 형식을 이용하였으며, 이 장치들은 국토교통부(서울지방항공청)에서 인증을 받아 조종사의 훈련에 활용하고 있으며, 매년 정기검사를 통하여 최상의 상태를 유지하고 있다. 또한, 시나리오 2 유형에 사용한 청각 자극은 천둥번개 소리로 Movie Maker로 30초 동안 제시될 수 있도록 편집하여 실험에 사용하였다. 소리는 소음 측정기(WINTACT WT85 model)를 사용하여 80~85dB의 크기로 컴퓨터에서 스피커를 연결하여 제시하였다. 그리고, 실험 참가자의 심박수 및 호흡수를 측정하기 위해 BIOPAC Systems, Inc.의 BSL(Biopac Student Lab, MP 36) 시스템 기기를 사용하였다.

3.3.3 실험 절차

선정된 헬리콥터 조종사들은 각각의 지정된 헬리콥터 비행훈련장치를 이용하여 2021년 5월 1일부터 6월 30일까지 실험을 수행하였다. 실험 전 심박수 및 호흡수를 측정 후 비행훈련장치에 탑승하여 시나리오 3가지 유형의 실험 비행 중 심박수 및 호흡수를 측정하여 실험 전과 실험 중으로 구분하여 측정하였으며, 실험 종료 후 실험 참가자에게 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 인식에 대한 설문을 실시하였다.

3.3.4 실험 비행 시나리오

실험 참여자는 시계비행규칙(VFR, visual flight rule)을 적용하여 Fig. 3과 같이 표준 장주비행을 3회 실시한다. 정해진 비행경로, 고도 및 속도를 유지하여 Final 진입을 하고 활주로 2NM 전 지점에서 시나리오 1, 2, 3별 상황을 부여한다. 시나리오 1은 정보미고지 놀람(uninformed surprise)으로 engine-failure의 비상상황을 예고없이 부여하고, 시나리오 2는 정보미고지 놀람과 깜짝놀람(uninformed surprise and startle)으로 시나리오 1처럼 예고없이 engine-failure 상황과 청각 자극(천둥소리)을 함께 부여한다. 시나리오 3은 정보고지(informed)로 사전에 engine-failure 상황 발생에 대해 고지를 하여 충분한 준비시간을 주며, 실험 비행 간 비상상황 발생 시 각 조종사는 해기종의 비행교범에 명시된 해당 emergency procedures를 수행한다.

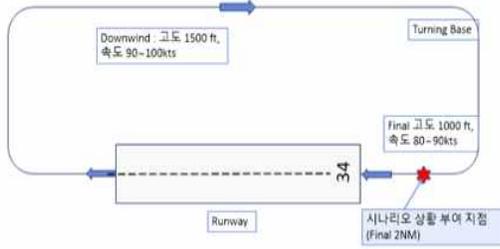


Fig. 3. 비행장주(Flight pattern)

3.4 분석 방법

본 연구의 수집된 자료는 SPSS(version 26.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석되었다. 시나리오별 실험 참여자의 놀람(surprise) 및 깜짝놀람(startle)에 대한 인식의 설문 결과에 따라 자격별 조종사와 시나리오 유형간에 차이가 있는지 알아보기 위하여 빈도를 분석하고 카이제곱 검정(Chi-square test)을 실시하였다. 또한, 독립변수인 헬리콥터 조종사 자격별로 실험 비행 시나리오 3가지 유형을 각각 적용하여 6개(2×3)로 구성된 집단에 대한 심박수 및 호흡수의 평균의 차이를 확인하기 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA) 및 Scheffé 사후검정을 실시하였다.

IV. 분석결과

4.1 시나리오 유형별 조종사의 인식 결과

Table 1은 시나리오별 조종사의 인식 결과를 나타낸 것이다.

Table 1. 시나리오별 조종사의 인식 결과

구분	자가용 조종사(15명)				사업용 조종사(15명)			
	Sur-prise	Star-tle	Both	None	Sur-prise	Star-tle	Both	None
시나리오1: Uninformed Surprise	10	4	1	-	4	1	2	8
시나리오2: Uninformed Surprise and Startle	2	3	10	-	2	10	3	-
시나리오3: Informed	6	3	1	5	1	1	-	13

4.2 카이제곱 검정 결과

4.2.1 시나리오 1(Uninformed Surprise)

자격별 조종사와 시나리오 1에 대한 인식(Surprise, Startle, Both, None)의 관계를 알아보기 위해 X² 검정한 결과, X²=12.705^a p=.005으로 나타났다(Table 2). 유의수준 0.05 기준에서 통계적으로 유의하게 나타남에 따라 귀무가설 기각, 대립가설이 채택되었다. 따라서 ‘자격별 조종사와 시나리오 1의 인식 여부 간에는 유의한 연관성이 있는 것’으로 밝혀졌다.

시나리오 1에 대해 자가용 조종사는 놀람(surprise) 인식의 비율이 10명(66.7%)으로 가장 높은 빈도를 보였다. 반면, 사업용 조종사의 비율은 4명으로 나타났으며 아무런 반응을 보이지 않은 비율이 8명(53.3%)으로 높은 빈도를 보였다.

4.2.2 시나리오 2(Uninformed Surprise and Startle)

자격별 조종사와 시나리오 2에 대한 인식(Surprise, Startle, Both, None)의 관계를 알아보기 위해 X² 검정한 결과, X²=7.538^a p=.023으로 나타났다(Table 3). 유의수준 0.05 기준에서 통계적으로 유의하게 나타남에 따라 귀무가설 기각, 대립가설이 채택되었다. 따라서 ‘자격별 조종사와 시나리오 2의 인식 여부 간에는 유의한 연관성이 있는 것’으로 밝혀졌다.

시나리오 2에 대해 자가용 조종사는 Both 인식의 비율이 10명(66.7%)으로 가장 높은 빈도를 보였으며, 깜짝놀람(startle)은 3명(20.0%)으로 나타났다. 반면, 사

Table 2. 시나리오 1 검정 결과

구분	시나리오1				전체	
	Surprise	Startle	Both	None		
자격	자가용 조종사	빈도 10	4	1	0	15
	전체 (%)	66.7	26.7	6.7	.0	100.0
사업용 조종사	빈도	4	1	2	8	15
	전체 (%)	26.7	6.7	13.3	53.3	100.0
전체	빈도	14	5	3	8	30
	전체 (%)	46.7	16.7	10.0	26.7	100.0
카이제곱 검정	Pearson 카이제곱(12.705 ^a), 자유도(3), 점근 유의확률(.005)					

Table 3. 시나리오 2 검정 결과

구분		시나리오2				전체	
		Surprise	Startle	Both	None		
자격	자가용 조종사	빈도	2	3	10	0	15
		전체 (%)	13.3	20.0	66.7	.0	100.0
	사업용 조종사	빈도	2	10	3	0	15
		전체 (%)	13.3	66.7	20.0	.0	100.0
전체		빈도	4	13	13	0	30
		전체 (%)	13.3	43.3	43.3	.0	100.0
카이제곱 검정		Pearson 카이제곱(7.538 ^a), 자유도(2), 점근 유의확률(.023)					

업용 조종사는 깜짝놀람(startle)의 비율이 10명(66.7%)으로 가장 높은 빈도를 보였으며 Both 인식의 비율은 3명(20.0%)으로 이는 청각자극이 더 예민하게 작용한 것으로 판단된다.

4.2.3 시나리오 3(Informed)

자격별 조종사와 시나리오 3에 대한 인식(Surprise, Startle, Both, None)의 관계를 알아보기 위해 X² 검정한 결과, X²=9.127^a p=.028로 나타났다(Table 4). 유의수준 0.05 기준에서 통계적으로 유의하게 나타남에 따라 귀무가설 기각, 대립가설이 채택되었다. 따라

Table 4. 시나리오 3 검정 결과

구분		시나리오3				전체	
		Surprise	Startle	Both	None		
자격	자가용 조종사	빈도	6	3	1	5	15
		전체 (%)	40.0	20.0	6.7	33.3	100.0
	사업용 조종사	빈도	1	1	0	13	15
		전체 (%)	6.7	6.7	.0	86.7	100.0
전체		빈도	7	4	1	18	30
		전체 (%)	23.3	13.3	3.3	60.0	100.0
카이제곱 검정		Pearson 카이제곱(9.127 ^a), 자유도(3), 점근 유의확률(.028)					

서 '자격별 조종사와 시나리오 3의 인식 여부 간에는 유의한 연관성이 있는 것'으로 밝혀졌다.

시나리오 3에 대해 자가용 조종사는 놀람(surprise) 인식의 비율이 6명(40.0%)으로 가장 높은 빈도를 보였으며, 아무런 인식을 하지 않은 비율이 5명(33.3%)으로 나타났다. 반면, 사업용 조종사는 놀람(surprise)의 비율이 1명(6.7%)으로 나타났으며 아무런 인식을 하지 않은 비율이 13명(86.7%)으로 가장 높게 나타났다.

4.3 일원분산분석 및 사후검정

4.3.1 심박수(Heart Rate)

조종사-시나리오 유형 간에 심박수 평균의 차이가 있는지 검정 결과, F=12.829, p=.000으로 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 따라서 귀무가설 기각, 대립가설이 채택되어 '조종사-시나리오 유형 간에 심박수 평균의 차이가 있다'고 할 수 있다. Scheffe test 결과, 사업용 조종사-시나리오 3은 심박수가 평균 75.73, 자가용 조종사-시나리오 2는 평균 99.20으로 상대적으로 높은 차이를 보였다(Table 5).

4.3.2 호흡수(Respiration Rate)

조종사-시나리오 유형 간에 호흡수 평균의 차이가 있는지 검정 결과, F=27.556, p=.000으로 유의수준

Table 5. 심박수 검정 결과

구분		종속변수-심박수					
		n	평균	표준 편차	F	p	post-hoc
독립변수	자가용-시나리오1 ^a	15	91.00	8.03	12.829	.000***	f>b
	자가용-시나리오2 ^b	15	99.20	9.48			
	자가용-시나리오3 ^c	15	80.13	7.70			
	사업용-시나리오1 ^d	15	79.60	11.80			
	사업용-시나리오2 ^e	15	89.47	8.80			
	사업용-시나리오3 ^f	15	75.73	10.94			

*p<.05, **p<.01, ***p<.001.

0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 따라서 귀무가설 기각, 대립가설이 채택되어 '조종사-시나리오 유형 간에 호흡수 평균의 차이가 있다'고 할 수 있다. Scheffe test 결과, 사업용 조종사-시나리오 3은 호흡수가 평균 19.80, 자가용 조종사-시나리오 2는 평균 29.33으로 상대적으로 높은 차이를 보였다(Table 6).

V. 결 론

본 연구는 헬리콥터 자가용 및 사업용 조종사 대상으로 비행훈련장치를 이용한 실험 비행 시나리오 3가지를 적용하여 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 영향으로 인한 심리 및 생리에 미치는 영향을 비교, 확인하기 위하여 실증 분석하였다.

분석 결과, 첫째, 실험 비행 시나리오 유형에 대한 자가용 조종사 및 사업용 조종사의 놀람(surprise) 및 깜짝놀람(startle) 인식 관계는 시나리오 3가지 유형 모두 유의수준 0.05 기준에서 통계적으로 유의하게 나타남에 따라 대립가설이 채택되어 유의한 연관성이 있는 것으로 나타났다. 인식 결과에서는 자가용 조종사와 사업용 조종사가 매우 현저한 차이가 발생한 것으로 분석되었다. 자가용 조종사에 비해 사업용 조종사의 오랜기간 축적해 온 비행 경험의 차이로 판단되며, 특히, 시나리오 3(informed)은 사전에 비상상황이 발생할

것이라고 고지를 했음에도 자가용 조종사의 66.7%가 놀람(surprise) 또는 깜짝놀람(startle)으로 인식하였으며, 사업용 조종사의 86.7%는 인식을 하지 못하였다. 둘째, 심박수와 호흡수는 자격별 조종사와 시나리오 유형에 따른 실험 결과, 모두 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타나 대립가설이 채택되어 자격별 조종사와 시나리오 유형 간에 심박수 및 호흡수 평균의 차이가 있었으며, 자가용 조종사가 사업용 조종사보다 시나리오 유형별로 모두 높은 수치를 보였다. 특히, 시나리오 1(uninformed surprise) 및 2(uninformed surprise and startle)에서 심박수의 평균이 자가용 조종사가 사업용 조종사보다 10% 정도 높게 나타났다. 이는 상대적으로 비행시간 및 경험이 부족하여 비상상황 발생시 또는 청각 자극이 동시 유발되는 복합상황에서 상황인식의 지연으로 비상절차 수행에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 분석된다.

연구 결과에 따른 실무적 시사점은 다음과 같다. 헬리콥터 운영업체에서 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)의 영향에 대한 개념을 도입하고 훈련하기 위하여 승무원 자원 관리(CRM) 및 증거 기반 교육(EBT)에 포함하여 교육이 요구되고, 국내 민간항공사 조종사들을 대상으로 비기술적 운항 훈련인 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)에 의한 비예측 비상상황 훈련의 도입을 제안한다(황재갑, 2021)[32]. 본 연구의 시사점으로도 헬리콥터 모의비행훈련장치를 이용하여 훈련 시 예상치 못한 상황에서 놀람(startle)과 깜짝놀람(startle) 효과를 이끌어 낼 수 있는 충분한 강도의 자극을 제공하도록 훈련 시나리오를 구성하여 반영하고, 이를 통해 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 영향을 감소시키거나 대응하기 위해 주기적으로 교육 및 훈련이 필요하다. 또한, 헬리콥터의 사고 원인 조사 시에도 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 영향에 따른 사고의 잠재 또는 기여요인으로 작용되었는지 규명하는 것도 사고의 재발 방지 및 예방 차원에서 중요하다.

본 연구는 국내의 헬리콥터 분야에 처음으로 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle) 개념을 소개하여 모의비행훈련장치를 이용한 실험을 통해서 헬리콥터 자가용 조종사 및 사업용 조종사의 심리 및 생리적 반응을 확인하였고, 조종사에 미치는 영향에 대한 비교 평가를 통하여 결과를 도출한 것에 학문적 의의가 있다. 추후 본 연구 결과를 토대로 놀람(surprise)과 깜짝놀람(startle)이 헬리콥터 조종사의 작업부하(workload)에 미치는 영향과 비상상황 발생시 정확한 상황인식과의

Table 6. 호흡수 검정 결과

구분	종속변수-심박수						
	n	평균	표준편차	F	p	post-hoc	
독립변수	자가용-시나리오1 ^a	15	24.47	2.61	27.556	.000***	f)b
	자가용-시나리오2 ^b	15	29.33	2.26			
	자가용-시나리오3 ^c	15	20.93	2.43			
	사업용-시나리오1 ^d	15	22.87	2.77			
	사업용-시나리오2 ^e	15	26.53	3.18			
	사업용-시나리오3 ^f	15	19.80	2.40			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

사절정을 통해 비상 대응절차를 수행하기까지의 반응 시간, 그리고 대응절차를 수행하면서 안전하게 착륙 가능 여부의 성공률 또는 실패율을 함께 반영하면 놀람 (surprise)과 깜짝놀람(startle) 영향에 대해 더욱 깊이 있는 연구가 될 것으로 사료된다.

References

1. Talone, A. B., Rivera, J., Jimenez, C., and Jentsch, F., "Evaluating startle, surprise, and distraction: An analysis of aircraft incident and accident reports", International Symposium on Aviation Psychology 2015, University of Central Florida, Orlando, 2015, pp.1-6.
2. AAIB(Air Accident Investigation Branch) Bulletin(EW/C2017/05/01), "Loss of Control during Hydraulics-off Training", 2018, pp. 25-29.
3. ATSB(Australian Transport Safety Bureau) Transport Safety Report, "Terrain Awareness Warning System Alert Involving Eurocopter BK117C-2, VH-SYB", Crookwell, New South Wales, 2016, pp.21-26.
4. 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, 2014, pp. 1047-1051.
5. 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.
6. 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.
7. Martin, W. L., Murray, P. S., and Bates, P. R., "The effects of startle on pilots during critical events: A case study analysis." 30th EAAP Conference, Griffith University, Queensland, Australia, 2012, p.389.
8. Koch, M., "The neurobiology of startle." Progress in Neurobiology, 59(2), 1999, p.108.
9. International Air Transport Association., "Guidance Material and Best Practices for the Implementation of Upset Prevention and Recovery Training", Montreal: Geneva, 2015, pp.30-32.
10. Federal Aviation Administration, "Stall Prevention and Recovery Training", (FAA-AC: 120-109A). Washington, U.S. Department of Transportation, 2015, p.3.
11. Yeomans, J. S., Li, L., Scott, B. W., and Frankland, P. W., "Tactile, acoustic and vestibular systems sum to elicit the startle reflex", Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26(1), 2002, pp.1-2.
12. Fetcho, J. R., and McLean, D. L., "Startle Response." In L. R. Squire (Eds.), Encyclopedia of Neuroscience, 2010, pp.375-379.
13. Gillen, M. W., "A study evaluating if targeted training for startle effect can improve pilot reactions in handling unexpected situations in a flight simulator", Ph.D. Thesis, The University of North Dakota, Grand Forks, North Dakota, 2016, p.28.
14. Thackray, R. I., and Touchstone, R. M., "Rate of initial recovery and subsequent radar monitoring performance following a simulated emergency involving startle (Report No. FAA-AM-83-13)", Washington, DC: Federal Aviation Administration. 1983, pp. 3-5.
15. Gillen, M. W., "A study evaluating if targeted training for startle effect can improve pilot reactions in handling unexpected situations in a flight simulator", Ph.D. Thesis, The University of North Dakota, Grand Forks, North Dakota, 2016. p.43.
16. Martin, W. L., Murray, P. S., and Bates, P. R., "The effects of startle on pilots during critical events: A case study analysis", Pro-

- ceedings of 30th EAAP Conference: Aviation Psychology & Applied Human Factors. 2012, pp.387-394.
17. Horstmann, G., Reizenzein, R. and Schützwohl, A., "The cognitive-evolutionary model of surprise: A review of the evidence", *Topics in Cognition Science*, 11, 2017, pp.52-54.
 18. Rivera, J., Talone, A. B., Boesser, C. T., Jentsch, F., & 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.
 19. Horstmann, G., "Latency and duration of the action interruption in surprise", *Cognition & Emotion*, 20(2), 2006, p.263.
 20. International Air Transport Association, "Guidance Material and Best Practices for the Implementation of Upset Prevention and Recovery Training", Montreal: Geneva, 2015, pp.30-32.
 21. Federal Aviation Administration, "Stall Prevention and Recovery Training(FAA-AC: 120-109A)", Washington, U.S. Department of Transportation", 2015, p.3.
 22. 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.
 23. Hilscher, M. B., Breiter, E. G., and Kochan, J. A., "From the couch to the cockpit: Psychological considerations during high-performance flight training", 2012, pp. 3-4.
 24. Casner, S. M., Geven, R. W., and Williams, K. T., "The effectiveness of airline pilot training for abnormal events", *Human Factors*, 55, 2013, pp.477-485.
 25. Kochan, J. A., Breiter, E. G., and Jentsch, F., "Surprise and unexpectedness in flying: Database reviews and analyses", *Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA: HFES. 2004, pp. 335-339.
 26. Rahim Daud Agha., "Evaluating scenarios that can startle and surprise pilots", M.D. Theses, Embry-Riddle Aeronautical University, Daytona Beach, Florida, April 2020, p.23.
 27. de Boer, R. J. and Hurts, K., "Automation surprise: Results of a field survey of Dutch pilots." *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 7, 2017, pp.2-4.
 28. Landman, A., Groen, E. L., Van Paassen, M. M., Bronkhorst, A., and Mulder, M., "The influence of surprise on upset recovery performance in airline pilots", *International Journal of Aerospace Psychology*, 2017, pp. 3-4.
 29. Meyer, W.-U., Reizenzein, R., and Schützwohl, A., "Toward a process analysis of emotions: The case of surprise", *Motivation and Emotion*, 21, 1997, pp.252-254.
 30. Neisser, U., "Cognition and reality: Principles and implications of cognitive psychology", New York, NY: W. H. Freeman, 6(5), 1977, pp.605-610.
 31. Klein, G. A., Phillips, J. K., Rall, E. L., and Peluso, D. A., "A data-frame theory of sensemaking", In *Expertise Out of Context: Proceedings of the Sixth International Conference on Naturalistic Decision Making*, London, UK: Psychology Press, 2007, pp.118-120.
 32. 황재갑, "국내 민간항공사 조종사들의 비기술적 훈련 도입을 위한 사례연구: Startle 및 Surprise 비상상황 훈련 사례를 중심으로", *한국산학기술학회*, 22(4), 2021, pp.473-482.