

## 기상 조건과 자기 교시가 조종 중인 헬리콥터 조종사의 불안 및 수행에 미치는 영향

### Effects of Meteorological Conditions and Self-instruction on Anxiety and Performance of Helicopter Pilots in Flight

김문성<sup>1</sup> · 김신우<sup>2</sup> · 이형철<sup>3†</sup>

MunSeong Kim<sup>1</sup> · ShinWoo Kim<sup>2</sup> · Hyung-Chul O. Li<sup>3†</sup>

#### Abstract

Anxiety is known to upset the balance of the attentional system and prioritize the stimulus-driven system over the goal-directed system; however, self-instruction induces goal-directed behavior with the self-regulation effect. This study verified the effects of meteorological and self-instruction conditions on pilot anxiety and flight task performance for in-service pilots in a virtual reality environment. The meteorological conditions were divided into visual meteorological and very low visibility conditions, and the flight tasks were conducted by varying whether or not self-instruction was performed. The experiment results reveal that anxiety and heart rate were higher, and the performance of the flight task was lower in the very low visibility condition. However, anxiety and heart rate were lower, and the performance of the flight task was higher in the self-instruction condition. This result suggests that accidents due to difficulty in flight may increase because of anxiety, but such accidents may decrease because of flight performance improvement by self-instruction.

**Key words:** Very Low Visibility, Anxiety, Attentional Control Theory, Self-Instruction, Aircraft Accidents

#### 요약

불안은 주의 시스템의 균형을 깨트려 목표 지향 시스템보다 자극 주도 시스템을 우선하게 만드는 것으로 알려져 있으나, 자기 교시는 자기 조절의 효과로 목표 지향적 행동을 유도하게 한다. 본 연구는 가상현실 환경에서 현직 조종사를 대상으로 기상 및 자기 교시 조건이 조종사에게 발생하는 불안과 비행 과제의 수행에 미치는 영향을 검증하였다. 기상 조건은 시계비행 기상 상황과 악기상 상황으로 구분하였고 자기 교시의 수행 여부를 달리하여 비행 과제를 수행하게 하였다. 실험 결과 악기상 상황에서 불안과 심박수가 더 높고 비행 과제의 수행도가 더 낮은 것으로 나타났으나, 자기 교시를 수행하는 조건에서는 불안과 심박수가 더 낮고 비행 과제의 수행도가 더 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 불안의 영향으로 비행에 어려움을 겪어 사고로 연결될 가능성이 증가할 수 있으나, 자기 교시에 의한 비행 수행의 향상으로 사고로 연결될 가능성이 감소할 수 있음을 시사한다.

**주제어:** 악기상, 불안, 주의 통제 이론, 자기 교시, 항공기 사고

\* 이 논문은 2023년 광운대학교 교내연구비 지원(이형철)에 의해서 연구되었음..

<sup>1</sup> 김문성: 광운대학교 산업심리학과 석박사 통합 과정

<sup>2</sup> 김신우: 광운대학교 산업심리학과 정교수

<sup>3†</sup> (교신저자) 이형철: 광운대학교 산업심리학과 정교수 / E-mail: hyung@kw.ac.kr / TEL: 02-940-5425

## 1. 연구 배경 및 필요성

### 1.1. 연구 배경

중력을 거슬러 항공기를 조종하는 것은 인간의 인지 능력에 대한 큰 도전이다. 항공기 조종은 항공기 시스템의 물리적 특성에 대한 이해, 조종에 관한 지식, 정보 처리, 기술을 필요로 하며 다양한 인지 과제(Seamster et al., 1997)를 수행하기 위한 능력이 요구된다. 특히 항공기는 동적 시스템으로 과거의 제어 입력값이 현재까지 진행 중이거나 완료된 상태이며, 현재의 제어값과 같이 미래에 영향을 미친다. 따라서 조작 시점과 작동 완료 시점 사이에는 지연이 발생하며, 이렇게 지연되는 시스템의 제어는 상당한 차원의 정신적 예측과 외연을 필요로 한다(Wickens 1986; Wickens & Hollands, 2000).

항공기 조종을 위한 정보처리 과정은 다음과 같이 제안된다(Wickens & Hollands, 2000; Wickens & Carswell, 2007). 조종사의 정보처리는 감각기관을 통해 항공기 상태의 변화를 지각하는 상향 처리와 추가적인 정보처리를 위하여 선택적으로 감각기관을 사용하는 하향 처리로 구분된다. 하향 처리는 장기기억 속에 저장되어 중요한 예측의 역할을 하며, 예측은 조종사의 정신 모델에 의존하여 기대하는 것을 인식하도록 하고 지각한 정보가 정확하지 않거나 예상과 다를 때 조차도 작용한다(Wickens, 2007). 상향 처리는 감각기관으로부터의 입력되는 정보의 흐름을 분석하며, 조종사는 항공기의 정위(orientation) 정보를 얻기 위해 시각, 전정기관, 고유 수용기 시스템에 주로 의존한다(Benson, 2003). 만약 대체로 사용하는 외부 시각 정보(Previc & Ercoline, 2004)가 제한되는 저시정 등의 환경에서 비행을 할 경우에는 상당한 스트레스를 받고 불안을 느낄 수 있다.

불안은 높은 심리적 압박이나 스트레스가 많은 상황에서 발생하는 감정이다(Staal, 2004). 신체적 위해가 임박한 것으로 인식되거나(Stokes & Kite, 1997) 현재 목표가 위협을 받을 때 발생할 수 있는 부정적인 감정과 동기적 상태로 정의된다(Eysenck et al., 2007).

불안은 동적 과제를 수행하는 동안 주의나 정신적인 활동에 부정적 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Stokes & Kite, 1997). 불안한 정신 상태와 함께 발생할 수 있는

주의력 통제의 부정적인 변화는 “CFIT (controlled flight into terrain)<sup>1)</sup>” 사건을 포함하여 수많은 항공 사고와 관련이 있다(Shappell & Wiegmann, 2003).

불안에 의해서 발생할 수 있는 주의의 변화는 주의 통제 이론(Eysenck et al., 2007)에서 설명된다. 주의는 두 가지의 하위 시스템인 목표 지향(goal-directed) 시스템과 자극 주도(stimulus-driven) 시스템으로 구성되며(Corbetta & Shulman, 2002), 주의 통제 이론에 의하면 불안이 두 가지 시스템의 균형을 깨트려 자극 주도 시스템이 목표 지향 시스템보다 우선하게 된다.

목표 지향 시스템은 과제 지식, 예측, 현재의 목표를 기반으로 주의를 기울이는 반면에 자극 주도 시스템은 상향 처리로서 주의를 수반하지 않은 상태에서 두드러지게 감지되는 자극에 영향을 받는다. 항공 분야의 맥락에서는 목표 지향 시스템은 조종사의 정신 모델, 비행에 관한 지식 및 비행 단계 등에 영향을 받고, 자극 주도 시스템은 시야에 들어오는 다른 항공기의 출현, 조종석 계기의 깜박임 등에 영향을 받는다.

자극 주도 시스템을 우선하게 하는 불안과 다르게 자기 조절(self-regulation) 과정은 목표 지향적 행동을 유도한다. 자기 조절은 특정 메커니즘과 가용한 메타 기술(meta skill)의 의도적 또는 자동화된 사용을 통해 생각, 영향, 행동 또는 주의의 조절을 의미한다. 자기 조절 과정은 일상적인 활동이 방해받거나 목표 지향적 행동이 현저하게 나타나야 할 때 시작되며 목표 선택, 목표 인지, 방향성 유지, 방향성 변경 또는 우선 순위 재지정, 종료의 단계를 반복하는 것으로 구성된다(Karoly, 1993).

자기 조절 방법의 한 가지로 Meichenbaum(1977)의 자기 교시(self-instruction) 훈련이 있다. 자기 교시 훈련은 최초로 Meichenbaum & Goodman(1971)에 의해 시행되었으며 다음과 같은 단계를 포함한다. 교사가 과제를 수행하는 동안 교사 자신에게 큰 소리로 말하는 인지적 모델링 단계와 교사의 지시에 따라서 학생이 과제를 수행하는 명백한 외적 안내 단계를 거친다. 다음에는 학생이 과제를 수행하면서 자신에게 지시하는 말의 크기를 점점 줄여 나가는 과정인 외적 자기 안내

1) 정상적으로 항공기의 제어가 가능한 상태에서 의도하지 않게 지면, 산, 물, 장애물을 향해 비행하는 것을 말한다.

단계, 외적 자기 안내 감소 단계와 말을 하지 않는 내적 자기 안내 단계를 수행한다.

자기 교시 훈련은 과잉 행동 아동의 부적응적 사고 과정을 바꾸고 스트레스를 대처하는 훈련으로 처음 시도되었으며 임상 및 고위험군 모두에게 성공적으로 사용되었다. 이와같은 자기 교시 훈련은 개념화 과정, 대처 기술의 습득, 스트레스가 많은 상황에 대한 성공적인 직면에 도움을 주었으며, 자기 교시 훈련의 광범위한 응용 가능성을 보여주었다(Meichenbaum, 1977).

## 1.2. 연구의 필요성

불안은 높은 심리적 압박이나 스트레스가 있는 상황에서 발생할 수 있으며, 불안은 주의 시스템의 균형을 깨트린다. 다양한 인지적 과제를 수행하는 비행에서 불안은 주의 시스템의 균형을 깨트려 사고로 연결되는 가능성을 증가시킬 수 있다.

Allsop & Gray(2014)는 학생을 대상으로 집단을 나누어 인위적인 정보를 제공하고 불안을 유도하고 불안이 수행도에 미치는 영향을 평가하였다. 학생들에게 “가상공간의 네트워크에 연결되어 기록된다”, “우수한 수행을 한 학생은 상금이 주어질 것이다”, “수행 결과가 평균 이하인 학생의 기록은 다음 심리학 수업에서 자료로 사용할 것이다” 등의 정보를 제공하여 불안을 유도하였으며 가상환경에서 비행기를 조종하게 한 후에 수행도를 평가하였다. 비행기 조종은 사이클릭<sup>2)</sup>만을 사용하게 하였으며 수행도는 비행장에서 요구되는 접근 경사각과 참가자가 수행한 결과의 차이로 평가하였다. 불안에 대한 조작은 성공적이어서 집단간 불안 점수와 심박수에서는 유의미한 차이가 있었으나 수행도에서는 유의미한 차이가 발견되지 않았다.

Kang(2020)은 공군 조종사를 대상으로 자기 교시와 유사한 음성 절차(Voice Procedure)의 사용 여부에 따른 비행 수행도를 평가하였다. 비행 절차를 7개의 단계로 구분하여 각 단계별로 수행한 고도, 속도, 자세 및 뱅크(bank)<sup>3)</sup>, 방향 지시계의 값을 공군 교범에서 제시

하는 기준값과 비교하여 평가하였는데 7단계 중 3개의 단계에서만 유의미한 차이가 발견되었다.

불안은 Allsop & Gray(2014)와 같이 인위적으로 조성하지 않더라도 비행하는 과정에서 직면하는 악기상 상황만으로도 조성될 수 있다. 불안한 상태에서는 수행이 저하되어 사고로 연결될 가능성이 커질 수 있으나 자기 교시를 통해 수행의 향상을 가져올 수도 있다. 그러나, 비행 중에 발생하는 불안, 자기 교시, 수행도와 관련된 연구는 드물다. 본 연구에서는 현직에 근무하는 헬리콥터 조종사를 대상으로 가상환경에서 조종하게 하여, 기상과 자기 교시 조건이 조종사의 불안에 미치는 영향을 검증하고, 동시에 기상과 자기 교시 조건이 조종사의 수행에 미치는 영향을 검증하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험의 목적은 기상 상황에 따라 시계비행이 가능한 시계 조건과 시계비행이 어려운 비시계 조건에서 자기 교시 수행을 하거나 하지 않는 상황 각각에서 불안을 측정하고, 기상 조건과 자기 교시 수행 여부가 비행 과제 수행에 미치는 영향을 검증하는 것이다.

기상 상황이 양호한 시계 조건보다 외부 시각 정보가 제한되어 충돌할 수 있는 지형지물을 식별하기 어려운 비시계 조건에서 불안이 더 증가할 것으로 예상하였다. 또한 불안이 상대적으로 높은 비시계 조건에서 비행에 필요한 주의 시스템의 균형이 파괴되어 자극 주도 시스템을 더 우선하게 하므로 비행 과제의 수행도가 더 낮아질 것으로 예상하였다.

자기 교시와 관련해서는 자기 교시를 하지 않는 조건에 비해 스트레스 상황 대처에 도움이 되는 자기 교시를 수행하는 조건에서 불안이 더 감소할 것으로 예상하였다. 또한 자기 교시를 수행하는 조건이 목표 지향적 행동을 유도하므로 자기 교시를 하지 않는 조건에 비해 자기 교시를 수행하는 조건에서 제시된 목표 제원을 유지해야 하는 비행 과제의 수행도가 더 높아질 것으로 예상하였다.

2) 사이클릭은 조종석 바닥면 등에서 수직으로 올라온 stick이며, 바닥면의 피벗 포인트를 중심으로 기울이는 방향에 따라서 항공기의 피치(머리를 앞뒤로 숙이는 방향)와 롤(머리를 양 어깨쪽으로 기울이는 방향)이 조절된다.

3) 자세지시계가 롤방향으로 기울어진 각도를 의미하며 뱅크량과 속도에 의해서 선회 반경이 정해지므로 선회율이 라고 표현하기도 한다.

실험을 진행하는 동안에 참가자에게 스마트워치를 착용하게 하여 기상 및 자기 교시 조건별로 참가자의 심박수를 측정하였다. 또한 각각의 조건별로 상태 불안 척도 설문지(STAI-X-1)로 불안 정도를 측정하였다.

## 2.1. 방법

### 2.1.1. 기구

실험에 필요한 시뮬레이션 프로그램과 장비는 Kim et al.(2023)와 동일하게 사용하였다. 가상환경과 시뮬레이션 프로그램은 Laminar Research의 X-PLANE 11을 사용하였고 헬리콥터의 기종은 S-76으로 설정하였다. HMD (Head Mounted Display)는 오쿨러스 VR (Virtual Reality)사의 Oculus Rift S를 사용하였다. PC는 CPU i5-6500 @3.20GHz, 그래픽 카드는 GTX 1060 3GB, 램은 16.0GB를 사용하여 권장 사양급 이상으로 구동하였으며, 24인치 LCD 모니터를 추가로 사용하여 참가자의 시야를 확인하고 시뮬레이션 프로그램의 메뉴를 선택하는데 사용하였다. 비행 시뮬레이션의 조종간은 Logitech Flight G-940의 사이클릭과 컬렉티브를 연장하여 헬리콥터 조종간과 유사하게 만들었으며, 조종간을 사용하지 않을 때 조종간의 위치를 유지시켜주는 트림(trim) 기능은 사용하지 않았다(Fig. 1).

참가자의 왼쪽 손목에 COA KOREA사의 스마트워치를 착용하게 하였고, 실험자의 휴대폰 응용프로그램을 사용하여 주기적으로 심박수를 측정하였다. 스마트



Fig. 1. The actual experimental scene

워치는 주로 PPG (Photoplethysmography) 센서를 사용하여 녹색 빛을 피부로 방사하고 혈액에 의해서 반사되는 빛을 감지한다. 혈액 속의 산화 혈색소는 녹색 빛을 잘 흡수하는 특성을 가지고 있어, 심장이 수축하여 혈류량이 많을 때에는 반사되는 빛이 적고, 이완하여 혈류량이 적을 때에는 반사되는 빛이 많게 된다. 반사되는 빛의 양의 변화는 심장의 수축과 이완에 따라 주기를 가지게 되며 이 주기를 측정하여 분당 박동 수 (beats per minute, bpm)로 심박수를 나타내게 된다. 불안과 스트레스를 느끼게 되면 신체에 “fight or flight” 반응을 유발하는 생존 메커니즘이 작동되며 일반적으로 심박수를 증가시키게 된다.

### 2.1.2. 상태특성 불안 척도(State-Trait Anxiety Inventory)

STAI는 Spielberger et al.(1970)에 의하여 개발된 자기 보고식 검사이다. 불안의 속성을 비교적 일시적인 정서 상태인 상태 불안(State Anxiety)과 안정적인 성격 특성이인 특성 불안(Trait Anxiety)으로 개념화하였다. 국내에서는 Kim(1978)이 STAI의 원본 격인 X형을 번안하여 사용하였다.

본 연구에서는 한글판 X형 중에서 특정한 스트레스 상황에서 일시적으로 야기되는 상태 불안만을 측정하였다. 상태 척도는 ‘지금 이 순간에 느끼는 상태’인 ‘나는 마음이 차분하다’, ‘나는 마음이 든든하다’ 등으로 설문되며 10개의 역문항이 포함된 20개의 문항으로 구성된다. 참가자는 Likert 4점 척도인 전혀 그렇지 않다(1점), 가끔 그렇다(2점), 자주 그렇다(3점), 대단히 그렇다(4점)로 보고하고, 역문항을 전환한 총 점수는 20-80점으로 점수가 클수록 불안의 정도가 큰 것으로 평가된다. 저자가 보고한 상태 척도의 Cronbach's  $\alpha$  =.87이며 본 연구에서는 기상과 자기 교시 조건별로 .87, .83, .72, .79이었다.

### 2.1.3. 참가자

XX 소속의 조종사 10명(남, 나이(M=50, SD=3.2))을 대상으로 통제된 장소에서 실험하였다. 참가자들이 소지하고 있는 1종 항공신체검사증명은 유효하였으며, 시력은 나안(또는 교정) 1.0 이상이였다. 참가자가 소지하고 있는 자격증명은 운송용 또는 사업용 조종사, 계기비행 증명이었다.



참가자들이 가지고 있는 현재까지의 비행경력, 비행시간 평균 4030.4시간(SD=701.4), 모의비행시간 평균 269.5시간(SD=147.8), 계기비행시간 평균 381.1시간(SD=164.7)이었다. 실험을 모두 종료한 후에는 참가자에게 10,000원의 참가비를 지급하였다.

2.1.4. 실험절차

참가자에게 간단한 신상에 관한 정보, 비행경험, 비행자격 등을 설문한 다음에 실험 절차를 설명하였다. 실험 조건은 기상 조건에 대하여 구획을 나누어 하나의 기상 조건을 먼저 실험하였으며 순서는 참가자별로 상쇄 균형화하였다. 하나의 기상 조건에 따른 자기 교시의 수행 여부도 역시 구획으로 나누어 참가자별로 상쇄 균형화하여 실험하였다.

참가자들은 먼저 좌석에 앉아서 물리적인 위치를 조절하였다. 각각의 조종간의 위치를 자신에게 필요한 조종간의 변위와 맞도록 조절하고, 오클러스 VR사의 HMD를 착용하였다. 이때 PC의 음향을 HMD의 내장 스피커로 연결하여 현실감을 증가시켰다. 다음에는 참가자들이 HMD를 착용한 상태에서 가상 환경에서의 조종석을 조절하였다. 참가자들의 시점에서 바라보는 계기판과의 거리, 높이 등이 맞도록 참가자들의 요구에 따라서 실험자가 키보드로 조종석의 높이와 계기판과의 거리를 조절하였다. 조종석을 조절한 다음에는 비행에 필요한 각종 계기들을 참가자들에게 설명하였고, 참가자들을 15분 정도 가상환경에서 연습하게 하여 실험 장비에 익숙해지도록 하였다. 이후 5분 정도의 추가된 시간에는 스마트워치를 착용한 상태로 연습하게 하여 심박수가 측정되기 시작될 때 전달되는 진동에 대하여 익숙해지도록 하였다. 시계 조건의 시정은 10Km, 바람과 구름은 없는 상태로 설정하였다. 비시계 조건의 시

정은 160m, 바람은 없는 상태로 설정하였고, 운량은 하늘을 구름으로 완전히 덮은 상태(overcast)로 설정하고 구름의 높이는 0ft로 하였다.

비행 과제는 각 조건마다 동일하게 사각형 장주비행(Rectangular traffic pattern)의 일부 단계로 구성되었다(Fig. 2). 모든 비행 단계에서 일정한 속도를 유지하게 하였으며 장주비행에서 첫 번째로 직진하는 구간인 직진상승(Straight-Climb), 첫 번째로 선회하는 구간인 상승선회(Climb-Turn), 두 번째 선회구간인 수평선회(Level-Turn), 세 번째 직진구간인 직진수평(Straight-Level)의 4개 단계에서 측정하여 사각장주 비행에 필요한 모든 계기들의 조합이 사용되게 하였다(Table 1).

등속비행에서는 속도계(AIRspeed Indicator)의 지침을 허용된 범위 내에서 유지해야 하며, 직진비행(straight)에서는 수평 상태 지시계(Horizontal State Indicator), 상승비행(climb)에서는 승강계(Vertical Speed Indicator), 선회비행(turn)에서는 자세 지시계(ATTitude indicator), 수평비행(level)에서는 고도계(ALTimeter)의 지침을 유지해야 한다. 실험 참가자는 조종간을 사용하여 헬리콥터의 자세와 적용되는 힘을 제어하여 요구되는 1차 제원(자세 지시계), 2차 제원(상승률), 3차 제원(고도계, 속도계, 수평 상태 지시계)이 허용범위 이내로 유지되도록 비행해야 한다.

상승 및 강하를 위한 피치의 제어는 중력의 영향으로 다른 축에 비해서 기체의 관성 변화가 비교적 지연되어 발생한다. 그러나 상승/강하율을 나타내는 승강계는 단위 시간당 고도의 변화를 나타내므로 다른 계기에 비해서 매우 빠르게 움직인다. 따라서 속도를 유지하는 것보다 상승률을 유지하는 것이 더 어려울 것으로 예상된다. 또, 속도와 고도를 조절하는 피치의 제어에 비해서 방향을 변경하게 만드는 롤의 제어는 피치에 적용되는 힘의 일부를 선회하는 데 사용하게 하므로 추가적인 조작과 예측 및 외연을 필요로 한

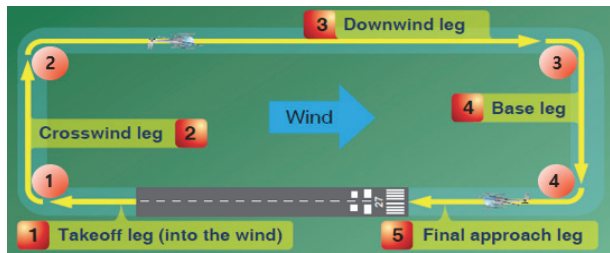


Fig. 2. A standard helicopter traffic pattern consists of right turns, has 5 designated legs added turning point by Kim (FAA-H-8083-21B, 2021)

Table 1. Flight stages and required flight instruments

	ATT	VSI	AIR	HSI	ALT
Straight-Climb		○	○	○	
Climb-Turn	○	○	○		
Level-Turn	○		○		○
Straight-Level			○	○	○

다. 따라서 4개의 비행 단계 중에서 상승률과 선회율을 동시에 유지해야 하는 상승선회 단계에서 수행도가 더 낮아질 것으로 예상하였다.

비행 과제는 실험자가 각 단계별로 필요한 속도, 상승률, 선회율, 헤딩, 고도 중 3개 제한의 조합을 준수하도록 하였다. 자기 교시 수행 조건에서는 실험자가 각 단계별로 제시하는 속도, 상승률, 선회율, 헤딩, 고도 중 3개 제한의 조합을 참가자가 크게 외치는 외적 자기 안내를 통해 자기 교시를 수행하게 하였다. 또한 자기 교시를 수행하지 않는 조건에서는 3개의 제한을 제시할 때에 해당되는 비행 제한 중의 하나를 암기하도록 하여 참가자가 내적 자기 안내를 통해 자기 교시를 하는 것을 방지 하였다.

실험은 참가자가 비행장에서 이륙하여 증속과 동시에 직진방향으로 상승하면서 시작하였다. 실험에서 유지할 속도인 80kts에 도달했을 때 실험자는 참가자에게 단계별로 비행 과제에 필요한 제한을 구두로 제시하였다. 속도는 80kts, 선회율은 15°, 상승률은 500fpm으로 일정하게 제시하였으며, 헤딩과 고도는 실험의 진행 상황에 맞게 제시하였다. 직진상승 단계에서는 속도·헤딩·상승률(예, 속도 80; 헤딩 180; 상승률 500), 상승선회 단계에서는 속도·상승률·선회율(4)을 제시하였으며, 수평선회 구간에서는 속도·선회율·고도, 수평직진 단계에서는 속도·헤딩·고도를 제시하였다.

참가자들은 모든 단계에서 약 30초 동안 비행 과제를

수행하였다. 비행 데이터는 각 비행 단계별로 제시된 3개의 비행 제한에 대하여 X-PLANE에서 제공되는 비행 데이터를 추출하여 사용하였다(Fig. 3). 실험자가 구두로 지시한 시간을 참고하여 비행 제한이 기준 이내로 유지되기 시작하는 시간부터 20초가 경과되는 시간까지의 데이터를 사용하였다. 데이터는 단순 반응시간(simple reaction time)을 고려하여 0.2초 간격으로 설정하여 비행 단계별로 100개의 데이터 셋을 사용하였다.

0.2초 간격으로 측정된 한 개의 데이터 셋은 비행 단계별로 제시한 3개의 비행 제한으로 구성되었다. 3개의 제한 중 허용범위를 초과하는 제한의 에러 개수의 합을 한 개의 데이터 셋의 에러로 계산하여(예, 1(속도) + 0(헤딩) + 1(고도) = 2) 100개 데이터 셋의 에러의 합을 각 비행 단계의 에러로 계산하였다. 과제 수행의 허용범위는 미 육군(TC 3-04.33, 2012)에서 제시하는 기준을 참고하여 속도  $\pm 10kts$ , 헤딩  $\pm 10^\circ$ , 상승률  $\pm 200fpm$ , 고도  $\pm 100ft$ 를 기준으로 하였으며, 선회율은 자세 지시계의  $\pm 5^\circ$ 를 기준으로 하였다.

기상 및 자기 교시 조건별로 실시된 한 번의 장주비행 내에서 4개 비행 단계의 수행이 완료되면 VR 컨트롤러와 키보드를 사용하여 비행장으로 이동시키고 VR 장비를 해제시켰다. 그런 다음에 비행 과제를 수행하면서 느꼈던 불안에 대하여 설문지를 작성하게 하였다. 기상 조건과 자기 교시 조건으로 구획을 나누어서 참가자별로 총 4회 시행하였다.

4) 예를 들어 속도 80, 상승률 500, 선회율 15를 제시하였을 경우 조종사는 제시된 제한을 크게 외치면서 눈으로 해당되는 계기를 읽게 된다. 만약 피치의 제어에서 속도가 75에서 조금씩 감소하고 있고 상승률이 700에서 점점 증가하고 있다면 피치를 더 숙여서 상승하는데 필요한 동력을 증속하는데 사용할 수 있으며 추가적인 동력 조절이 필요할 수도 있다. 롤의 제어에서 선회율이 12도에서 11도로 점점 감소하고 있다면 선회율을 15도로 증가시키게 되고 피치와 롤에 작용하던 힘의 일부를 롤에 더 사용하게 되어 추가적인 피치 조절과 동력 조절이 필요하게 된다. 요에서는 헬리콥터의 헤딩 방향과 선회하는 원호의 방향이 맞지 않는 상태를 out of trim 상태라고 하며 이때는 페달을 사용하여 일치시키는 것과 추가적인 동력 조절 등이 필요하다. 고차원적인 정신 모델이 확립될수록 신속한 계기 관독 및 항공기의 상태 판단이 가능하고 피치, 롤, 요의 제어를 동시에 할 수 있으며, 제어의 회수 및 제어량도 감소하게 된다.

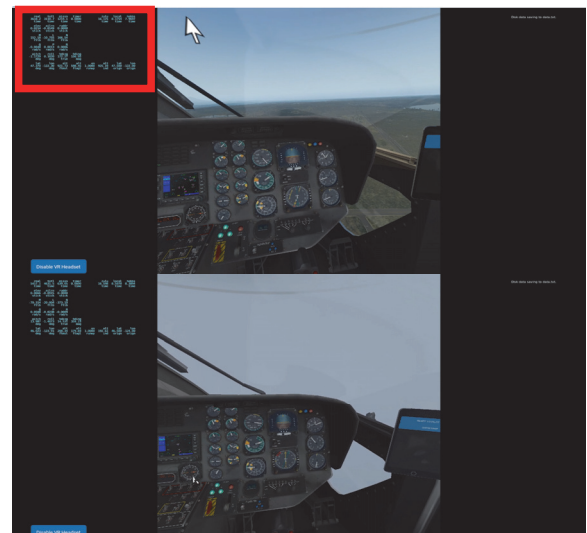


Fig. 3. The flight perspective scene observed through the HMD in VMC (Visual Meteorological Condition) and Non-VMC

심박수는 참가자의 손목에 차고 있는 스마트워치로 측정하였다. 실험자의 휴대폰 응용프로그램을 사용하였으며, 1회 측정을 할 때마다 약 1분 동안의 평균값이 측정되었다. 기상 및 자기 교시 조건별로 측정하였고 과제 수행 시간에 따라 4-7회 측정하였으며 참가자가 실험을 종료하는데 걸린 시간은 총 1시간이었다.

2.2. 결과

SPSS version 25를 사용하여 기상 조건, 자기 교시 조건에 대하여 각 조건별로 100회씩 측정된 에러의 합계를 사용하여 이원 반복측정 변량분석(two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다.

기상 조건에서 시계 조건의 에러(M=51.95, SE=11.63)보다 비시계 조건의 에러(M=110.55, SE=18.78)가 58.60회 더 많았으며, 기상 조건에 따른 주 효과(F(1,9)=20.46,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.69$ )는 통계적으로 유의하였다. 자기 교시 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때의 에러(M=110.65, SE=16.56)보다 자기 교시를 할 때의 에러(M=51.85, SE=12.05)가 58.80회 만큼 더 적었다. 자기 교시에 따른 주 효과(F(1,9)=111.58,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.92$ )는 통계적으로 유의하였다(Table 2).

자기 교시에 의한 에러의 차이가 시계 조건보다 비시계 조건에서 더 크게 나타났는데, 기상과 자기 교시 조

건의 상호작용이 통계적으로 유의하였다(F(1,9)=20.69,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.69$ ) (Table 2). 추가적으로 단순 주 효과를 분석하였는데, 비시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때(M=153.10, SE=22.35)보다 자기 교시를 할 때(M=68.00, SE=15.88)에 에러가 85.10회 만큼 더 적었으며 통계적으로 유의하였다(F(1,9)=78.76,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.89$ ). 시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때(M=68.20 SE=14.01)보다 자기 교시를 할 때(M=35.70, SE=9.64)에 에러가 32.50회 만큼 더 적었으며 이 역시 통계적으로 유의하였다(F(1,9)=28.64,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.76$ ) (Table 3).

기상 조건과 자기 교시 조건이 불안에 미치는 영향을 검증하기 위해서 각각의 조건별로 설문된 불안 점수를 사용하여 이원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 시계 조건(M=29.35, SE=1.65)보다 비시계 조건(M=43.60, SE=2.74)에서 불안점수가 14.25점 만큼 더 높았으며, 기상 조건에 따른 주 효과(F(1,9)=25.53,  $p<.01$ ,  $\eta_p^2=0.73$ )는 통계적으로 유의하였다. 자기 교시 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때(M=41.20, SE=2.73)보다 자기 교시를 할 때(M=31.75, SE=1.63)에 불안점수가 9.45점 만큼 더 낮았다. 자기 교시에 따른 주 효과(F(1,9)=11.57,  $p<.01$ ,  $\eta_p^2=0.56$ )는 통계적으로 유의하였다(Table 4).

자기 교시에 의한 불안의 차이가 시계 조건보다 비

Table 2. The results of two-way RM ANOVA of the error

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Meteorological Condition	VMC	20	51.95	11.63	20.46**	0.001	0.69
	Non-VMC	20	110.55	18.78			
Self-Instruction	Non-SI	20	110.65	16.56	111.58***	0.000	0.92
	Self-Inst	20	51.85	12.05			
Meteorological Condition * Self-Instruction					20.69**	0.001	0.69

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

Table 3. The result of simple main effects analysis and ANOVA of the error

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Non-VMC	Non-SI	10	153.10	22.35	78.76***	0.000	0.89
	Self-Inst	10	68.00	15.88			
VMC	Non-SI	10	68.20	14.01	28.64***	0.000	0.76
	Self-Inst	10	35.70	9.64			

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

Table 4. The results of two-way RM ANOVA of the anxiety level

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Meteorological Condition	VMC	20	29.35	1.65	25.53**	0.001	0.73
	Non-VMC	20	43.60	2.74			
Self-Instruction	Non-SI	20	41.20	2.73	11.57**	0.008	0.56
	Self-Inst	20	31.75	1.63			
Meteorological Condition * Self-Instruction					9.72*	0.012	0.51

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

Table 5. The result of simple main effects analysis and ANOVA of the anxiety level

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Non-VMC	Non-SI	10	51.50	4.69	21.52**	0.002	0.70
	Self-Inst	10	35.70	2.00			
VMC	Non-SI	10	30.90	1.89	19.92**	0.001	0.68
	Self-Inst	10	27.80	1.66			

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

Table 6. The results of two-way RM ANOVA of the heart rate

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Meteorological Condition	VMC	20	69.23	3.01	3.04	0.115	0.25
	Non-VMC	20	72.36	3.13			
Self-Instruction	Non-SI	20	73.80	3.18	11.41**	0.008	0.55
	Self-Inst	20	67.80	2.95			
Meteorological Condition * Self-Instruction					11.49**	0.008	0.56

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

시계 조건에서 더 컸는데, 기상과 자기 교시의 상호작용은 통계적으로 유의하였다( $F(1,9)=9.72$ ,  $p < .05$ ,  $\eta_p^2=0.51$ ) (Table 4). 추가적으로 단순 주 효과를 분석하였다. 비시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때 ( $M=51.50$ ,  $SE=4.69$ )보다 자기 교시를 할 때( $M=35.70$ ,  $SE=2.00$ )에 15.80점 만큼 더 낮았으며 통계적으로 유의하였다( $F(1,9)=21.52$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2=0.70$ ). 시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때( $M=30.90$ ,  $SE=1.89$ )보다 자기 교시를 할 때( $M=27.80$ ,  $SE=1.66$ )에 3.10점 만큼 더 낮았으며 이 역시 통계적으로 유의하였다( $F(1,9)=19.92$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2=0.68$ ) (Table 5).

기상 조건과 자기 교시 조건이 심박수에 미치는 영향을 검증하기 위해서 이원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 기상 조건에서 시계 조건( $M=69.23$ ,  $SE=3.01$ )보다 비시계 조건( $M=72.36$ ,  $SE=3.13$ )이 심박수가 3.13회 만큼 더 높았으나, 기상 조건에 따른 주 효과

( $F(1,9)=3.04$ ,  $p=.115$ ,  $\eta_p^2=0.25$ )는 통계적으로 유의하지 않았다. 자기 교시 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때 ( $M=73.80$ ,  $SE=3.18$ )보다 자기 교시를 할 때( $M=67.80$ ,  $SE=2.95$ )에 6.00회 만큼 심박수가 더 낮았으며 자기 교시에 따른 주 효과는 통계적으로 유의하였다( $F(1,9)=11.41$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2=0.55$ ) (Table 6).

자기 교시에 의한 심박수의 차이가 시계 조건보다 비시계 조건에서 더 컸는데, 기상과 자기 교시의 상호작용이 유의하였다( $F(1,9)=11.49$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2=0.56$ ) (Table 6). 추가적으로 단순 주 효과를 분석하였다. 비시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때( $M=76.98$ ,  $SE=3.80$ )보다 자기 교시를 할 때( $M=67.75$ ,  $SE=2.93$ )에 심박수가 9.23회 만큼 더 낮았으며 통계적으로 유의하였다( $F(1,9)=12.94$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2=0.59$ ). 시계 조건에서 자기 교시를 하지 않을 때 ( $M=70.63$ ,  $SE=2.99$ )보다 자기 교시를 할 때( $M=67.85$ ,  $SE=3.16$ )에 심박수가 2.78회 만큼 낮았으나 이는 통계



Table 7. The result of simple main effects analysis and ANOVA of the heart rate

		N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Non-VMC	Non-SI	10	76.98	3.80	12.94**	0.006	0.59
	Self-Inst	10	67.75	2.93			
VMC	Non-SI	10	70.63	2.99	4.97	0.053	0.35
	Self-Inst	10	67.85	3.16			

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

Table 8. The results of ANOVA of error at each stage of flight

	N	M	SE	F	p	$\eta^2$
Starit-Climb	10	146.70	25.09	19.89***	0.000	0.68
Climb-Turn	10	138.40	26.58			
Levle-Turn	10	29.60	13.56			
Starit-Level	10	10.30	7.45			

SC>LT( $p=0.008$ ), ST>SL( $p=0.003$ )  
CT>LT( $p=0.014$ ), CT>SL( $p=0.005$ )

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

적으로 유의하지 않았다( $F(1,9)=4.97, p=.053, \eta_p^2=0.35$ ) (Table 7).

비행 단계별 수행도를 평가하기 위해서 기상, 자기 교시의 각 조건에 대하여 참가자별로 400회씩 측정된 에러를 4개의 비행 단계별로 구분하여 반복 측정 변량 분석을 실시하였다. 비행 단계의 에러는 직진상승 ( $M=146.70, SE=25.09$ ), 상승선회( $M=138.40, SE=26.58$ ), 수평선회( $M=29.60, SE=13.56$ ) 직진수평( $M=10.30, SE=7.45$ )이었으며 분석 결과 통계적으로 유의하였다( $F(3,27)=19.89, p<.001, \eta_p^2=0.68$ ).

구체적으로 직진상승에서 상승선회, 수평선회, 직진수평의 단계로 진행됨에 따라서 점점 감소하였다. 직진상승은 상승선회와 비교하여 통계적으로 유의하지 않았고( $p=1.00$ ), 수평선회, 직진수평과 비교하여 통계적으로 유의하였다( $p<.01$ ). 상승선회는 수평선회( $p<.05$ )와 직진수평( $p<.01$ )과 비교하여 통계적으로 유의하였고, 수평선회는 직진수평과 비교하여 통계적으로 유의하지 않았다( $p=.85$ ) (Table 8).

### 3. 논의

본 연구의 목적은 헬리콥터 조종 중 기상과 자기 교시 조건이 조종사의 불안과 비행 과제의 수행에 미치

는 영향을 검증하는 것이다. 따라서, 자기 교시 조건과 기상 조건별로 불안 및 심박수를 측정하고 비행 과제를 수행하였다. 각 조건 간의 차이를 비교하기 위하여 참가자들을 무선적으로 배정하고, 4개의 실험 조건들을 상쇄 균형화하여 측정하였다. 실험 결과 시계비행이 가능한 시계 조건보다 악기상으로 시계비행이 더 어려운 비시계 조건에서 참가자들의 불안 점수가 더 높았고 더 낮은 비행 과제의 수행도를 기록했다.

Allsop & Gray(2014)의 연구에서는 “가상공간의 네트워크에 연결되어 있으며 기록될 것이다”, “우수한 수행을 한 학생은 상금이 주어질 것이다”, “수행 결과가 평균 이하인 학생의 기록은 다음 심리학 수업에서 자료로 사용할 것이다” 등의 인위적인 정보를 실험 집단에 제공하여 불안을 유도하였다. 악기상 상황의 시정은 700m로 설정되었고, 실험 결과 불안이 유도된 실험 집단의 불안 점수가 더 높았으며, 심박수도 더 많게 나타났다.

본 연구는 비시계 조건에서 시정을 160m로 설정하였고, Allsop & Gray(2014)의 연구와 다르게 인위적인 정보로 불안을 유도하지는 않았다. 그러나, 악기상 상황인 비시계 조건에서 시계 조건보다 불안 점수가 더 높았고 더 낮은 수행도를 기록했다.

이와 같은 실험 결과는 인위적인 유도가 없더라도 짧은 시정의 악기상 상황만으로도 조종사의 불안이 증가하며, 불안의 증가로 인하여 더 낮은 수행도를 보였을 가능성을 시사한다. 이 결과는 주의 시스템과 조종사의 정보처리 모델로 설명될 수 있다. 불안의 증가가 조종사의 주의 시스템의 균형을 깨트려 목표 지향 시스템보다 자극 주도 시스템을 우선하게 하였을 가능성이 있다. 조종사가 비행을 위한 정보를 획득하는 과정에서 선택적으로 주의를 사용하여 목표 제원에 해당하는 계기를 신속하게 판독하고 처리하는 것보다 주변 시야에 감지되는 다른 정보들로부터 영향을 받았을 가능성이 있다. 악기상으로 인하여 조종석 창을 통하여

불규칙적으로 지각되는 외부 환경, 조종석 창에 맺히는 물방울의 움직임 또는 반사되는 빛, 목표 제원의 유지에 영향이 크지 않은 계기 지침의 움직임 등에 영향을 받았기 때문일 수 있다.

자기 교시 조건에서는 수행한 조건이 수행하지 않은 조건에 비해서 더 높은 수행도를 보였다. 이는 의도적으로 자기 교시를 수행함으로써 목표 지향적 행동과 자기 조절 과정을 유도하여 주의 및 행동을 조절했다고 설명할 수 있다. 제시되는 목표 제원을 순차적으로 하나씩 구두로 외쳐서 정보를 제시하고 선택적으로 필요한 계기를 판독하였을 것이다. 그런 다음에 항공기의 진행 상태와 목표 제원의 차이를 판단하고 정신 모델을 기반으로 하여 항공기를 제어했다고 설명될 수 있다.

특히, 기상 조건과 자기 교시 조건에 따른 이원 상호작용이 유의한 것으로 나타났다. 시계 조건보다 악기상으로 불안감이 더 큰 비시계 조건에서 자기 교시에 의한 비행 수행도의 향상이 더 컸다. 이 의미는 비행이 더 어려운 악기상 상황에서 자기 교시를 함으로써 비행 수행도를 더 향상시켰다는 것을 의미하며 항공기 사고를 예방하는 차원에서 시사하는 점이 크다.

조종사가 느끼는 불안감은 시계 조건보다 비시계 조건에서 더 컸으며, 자기 교시를 할 때보다 자기 교시를 하지 않을 때가 더 컸다. 특히 시계 조건보다 비시계 조건에서 자기 교시의 효과로 인한 불안감의 차이가 더 컸다.

불안감과 다르게 심박수는 기상 조건에 따른 차이는 없었으며, 자기 교시에 수행에 따른 심박수가 낮아지는 것만 유의하였다. 또, 기상과 자기 교시에 따른 이원 상호작용이 유의하였으며 자기 교시를 하지 않을 때 비시계 조건과 시계 조건의 심박수의 차이가 더 컸다.

이와 같은 결과는 시계비행 기상 상황에서는 자기 교시로 인한 스트레스의 감소 효과가 작았으나 악기상 상황에서는 자기 교시의 영향으로 스트레스의 감소 효과가 더 컸음을 시사한다. 또한 비행 수행도의 향상이 악기상 상황에서 자기 교시를 수행하지 않는 조건보다 수행하는 조건에서 더 컸다는 결과와도 같은 맥락이다.

특히 비시계 조건은 비행에 필요한 외부 환경 정보를 통제할 수 없는 상황이며 잠재된 장애물과의 충돌에 대한 불안, 외부 시각 정보의 제한 등으로 인하여 스트레스가 높아지는 상황이다. 이 순간에 자기 교시를

수행함으로써 원활한 자기 조절 과정이 시작되어 스트레스 상황에 대처할 수 있었고 그 결과로 심박수가 낮아지는 효과가 나타났음을 의미한다.

Allsop & Gray(2014)는 학생들을 대상으로 싸이클릭만을 사용하게 하여 비행기를 조종하는 실험을 하였다. 비행기 조종의 수행도는 비행장에서 요구되는 접근 각도와 수행한 결과의 차이로 평가하였다. 불안은 성공적으로 유도되어 집단간 불안 점수와 심박수에서는 유의미한 차이가 있었으나 수행도에서는 차이가 없었다. 실험에 참가한 학생들은 조종사 수준의 고차원적인 정신 모델을 확립하기 어려웠으므로 자동 기능을 사용하여 속도를 일정하게 만들고 조종간 중의 하나인 싸이클릭만을 사용하게 하여 접근각을 일치시키게 하였다. 따라서 피치 제어에 필요한 자세 지시계의 정보만 사용하게 되므로 불안의 영향으로 발생하는 주의 시스템의 불균형이 비행 수행에 미치는 영향은 적었기 때문일 수 있다.

Kang(2020)은 공군 조종사를 대상으로 자기 교시와 유사한 음성 절차의 사용 여부에 따른 비행 수행도를 평가하였다. 비행 절차를 7개의 단계로 구분하여 비교하였는데 7단계 중 3개의 단계에서만 유의미한 차이가 발견되었다. 음성 절차는 항공기의 현재 상태를 나타내는 계기를 눈으로 확인하고 소리 내어 읽는 것으로 현재 정보에 대한 상향 처리만 수행했다고 할 수 있으며, 따라서 일부 단계에서만 유의미한 차이가 발생했을 가능성이 있다.

반면에 자기 교시는 목표 제원을 구두로 외쳐서 필요한 정보를 하향 처리하여 제시하고 목표 달성에 필요한 계기를 눈으로 확인하는 것이다. 따라서 현재의 상태 및 변화 속도에 대한 정보를 상향 처리하고 구두로 제시한 목표 제원의 정보를 통합한 다음에 수정 조작에 필요한 제어를 정신 모델에 의해 수행할 수 있게 했다고 설명될 수 있다.

4개의 비행 단계 중 상승선회의 수행도가 가장 낮을 것으로 예상하였다. 상승비행은 다른 축에 비해서 중력과 관성의 영향으로 조작 시점과 반응 시점의 시간 지연이 더 크며, 단위 시간당 고도의 변화를 나타내므로 지침의 변화가 비교적 빠른 승강계를 사용해야 한다. 또, 선회비행은 항공기를 롤 방향으로 기울임으로써 양력 벡터가 변경되어 추가적인 동력 사용과 진행 결과에 대한 예측을 필요로 한다. 그러나, 이러한 예상은

Table 9. The mean error by flight stages

	Straight	Turn
Level	10.30	29.60
Climb	146.70	138.40

지지되지 않았으며 실험 결과 직진상승과 상승선회의 수행도가 수평직진과 수평선회보다 더 낮았으며 통계적으로 유의하였다. 직진상승과 상승선회를 비교하여 수행도의 차이가 없었으며 수평선회와 수평직진을 비교하여도 통계적으로 유의한 수행도의 차이가 없었다. 그러나 상승선회와 수평선회와 비교하여 수행도의 차이가 컸으며 직진상승과 수평직진을 비교하여 수행도의 차이가 컸으며 통계적으로 유의하였다(Table 9).

이 결과는 참가자들은 반응의 지연과 지침의 빠른 변화 속도에 대한 고차원적인 예측과 외연이 필요한 상승비행을 수평비행보다 어려워했다는 것을 의미한다. 그러나 직진비행에 비해서 추가적인 동력 사용과 예측이 필요한 선회비행은 쉽게 수행했다는 의미이다. 선회비행과 직진비행의 수행도의 차이가 없는 이유는 참가자들의 숙련도 때문일 수 있다. 참가자들은 3,000 시간 이상 비행 경험을 가진 숙련된 조종사들이므로 선회비행에 대한 정신 모델이 잘 확립되었을 수 있다 (Bellenkes et al., 1997; Moray, 1997). 만약 참가자들이 숙련되지 않은 조종사들이라면 선회비행과 직진비행에서 유의미한 차이가 발견될 수 있으며 이는 추후에 연구해 볼 가치가 있다.

본 연구에서 조건별로 측정된 평균 심박수는 일반적인 성인의 안정적인 심박수의 범위 안에 포함된다. 추후 연구에서는 심박변이도, 동공 크기, 전기피부반응 등 불안에 대한 생리적인 지표를 추가할 필요가 있다. 그러나, 심박수의 차이는 기상과 자기 교시 조건에 의하여 발생하였다고 설명될 수 있다. 상대적으로 높은 심박수는 더 큰 불안과 스트레스를 겪었음을 의미하며 실제 비행환경에서는 더 큰 효과가 나타날 수 있다.

또, 본 연구에서는 참가자들이 내외부의 정보를 획득하는 과정과 기상 조건별로 다른 주의 시스템의 작동을 확인할 수 없었다. 또한 자기 교시 조건에 따른 정보의 획득 과정은 확인할 수 없었다. 각 조건에 따른 정보 획득과 비행 수행도에 관한 문제는 추후의 연구 과제로 남는다.

## REFERENCES

Allsop, J., & Gray, R. (2014). Flying under pressure: Effects of anxiety on attention and gaze behavior in aviation. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3(2), 63-71. DOI: 10.1016/j.jarmac.2014.04.010

Bellenkes, A. H., Wickens, C. D., & Kramer, A. F. (1997). Visual scanning and pilot expertise: The role of attentional flexibility and mental model development. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68(7), 569-579.

Benson, A. J. (2003). Spatial disorientation-a perspective. Royal air force centre of aviation medicine bedfordshire (United Kingdom).

Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201-215.

Department of the Army. (2007). Aircrew training manual utility helicopter H-60 series. Washington, D.C. TC1-237.

Donald Meichenbaum. (1977). Cognitive behaviour modification, *Scandinavian Journal of Behaviour Therapy*, 6(4), 185-192,

Durso, F. T., Nickerson, R. S., Dumais, S. T., Lewandowsky, S., & Perfect, T. J. (Eds.). (2007). *Handbook of applied cognition*. John Wiley & Sons, 364.

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, 7(2), 336-353. DOI: 10.1037/1528-3542.7.2.336

HANDBOOK, H. F. FAA-H-8083-21B. (2021). *Estados Unidos: Skyhorse*.

Kang, Y. (2020). Analysis on pilot's experiences and effects of voice procedure under spatial disorientation (공간정위상실 상황 하 조종사 경험 및 Voice Procedure 효과 분석) (Unpublished Master's Thesis). Seoul National University, Seoul, Republic of Korea. Retrieved from <http://www.riss.kr/link?id=T15551426>

Karoly, P. (1993). Mechanisms of self-regulation: A systems view. *Annual Review of Psychology*, 44(1), 23-52.

Kim, J. T. (1978). The relationship between trait - anxiety

- and sociality: Focusing on spielberger's STAI(특성-불안과 사회성과의 관계: Spielberger의 STAI를 중심으로) (Unpublished Master's Thesis). Korea University, Seoul, Republic of Korea. Retrieved from <http://www.riss.kr/link?id=T7816838>
- Kim, M., Kim, S., & Li, H. O. (2023). Effect of weather, flight, and time conditions on anxiety and time perception of helicopter pilots in flight, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 26(1), 65-78. DOI: 10.14695/kjsos.2023.26.1.65
- Meichenbaum, D., & Goodman, J. (1971). Training impulsive children to talk to themselves: A means of developing self-control. *Journal of Abnormal Psychology*, 77(2), 115-126.
- Moray, N. (1997). Human factors in process control. In G. Salvendy (ed.), *The handbook of human factors and ergonomics* (2nd edn). New York: John Wiley & Sons.
- Previc, F. H., & Ercoline, W. R. (2004). Spatial disorientation in aviation: Historical background, concepts, and terminology. In F. H. Previc & W. R. Ercoline (Eds.), *Spatial disorientation in aviation* (pp. 1-36). Lexington, MA: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Seamster, T. L., & Redding, R. E. (2017). *Applied cognitive task analysis in aviation*. Routledge.
- Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2003). A human error analysis of general aviation controlled flight into terrain accidents occurring between 1990-1998. (Tech. Rep. No. DOT/FAA/AM-03/4). Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Aerospace Medicine.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). Manual for the state-trait anxiety inventory. Palo Alto, California, Consulting Psychologist Press.
- Staal, M. A. (2004). Stress, cognition, and human performance: A literature review and conceptual framework. Hanover MD: National Aeronautics & Space Administration.
- Stokes, A. F., & Kite, K. (1997). *Flight stress: Stress, fatigue and performance in aviation*. Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Wickens, C. D., & Carswell, C. M. (2007). Human information processing. In G. Salvendy (ed.), *The handbook of human factors and ergonomics* (3rd edn). New York: John Wiley & Sons.
- Wickens, C. D., & Hollands, J. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3rd edn). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Wickens, C. D. (1986). The effects of control dynamics on performance. In K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (eds.), *Handbook of perception and performance* (Vol. 2, pp. 39-1-39-60). New York: John Wiley & Sons.

원고접수: 2023.05.24

수정접수: 2023.08.23

게재확정: 2023.09.07