감성과학
제26권 1호, 2023
<연구논문>

pISSN 1226-8593
eISSN 2383-613X
Sci. Emot. Sensib.,
Vol.26, No.1, pp.65-78, 2023
https://doi.org/10.14695/KJSOS.2023.26.1.65

기상, 비행 및 시간 조건이 조종 중인 헬리콥터 조종사의 불안 및 시간지각에 미치는 영향

Effect of Weather, Flight, and Time Conditions on Anxiety and Time Perception of Helicopter Pilots in Flight

김문성[1] · 김신우[2] · 이형철[3†]

MunSeong Kim[1] · ShinWoo Kim[2] · Hyung-Chul O. Li[3†]

Abstract

Aircraft are representative of human-machine systems. There is a delay between the human operation and the completion of the machine operation such as when the machine starts to operate and when the force is transmitted to the machine and completed. Time perception is an important component of timing tasks and is known to be affected by the anxiety associated with high arousal. This research verified the impact of weather, flight, and time conditions on the anxiety and time perception of in-service pilots in a virtual reality area. Weather conditions were divided into visual flight weather conditions and very low visibility conditions. Experiments 1 and 2 were performed with different flight and time conditions. In Experiment 1, time perception was measured by employing a button added to the control rod in the scenario of hovering and level flight with relatively little transformed in momentum and little delay. In Experiment 2, time perception was measured in the procedure of naturally taking off the helicopter by employing only the control stick in a takeoff scenario where there was a lot of transformation in momentum and a lot of delays. As a result of the experiment, it was reported that anxiety and heart rate increased in very low visibility conditions In particular, among all flight conditions in Experiments 1 and 2, it was reported that time was overestimated in the scenario of increased anxiety. This outcome can lead to overestimation of time under the impact of anxiety and failure of the timing task, which may lead to challenges in maneuvering and possibly lead to accidents.

Key words: Very Low Visibility, Anxiety, Time Perception, Timing, Aircraft Accidents, Spatial Disorientation

요 약

항공기는 대표적인 인간-기계시스템이다. 인간의 조작과 기계의 작동 완료 시점 사이에는 기계가 작동되기 시작하는 시간과 기계에 힘이 전달되기 시작하여 완료되는 시간 등의 지연이 발생하며 항공기 조종은 시스템의 지연을 예측한 타이밍 작업을 통해 이루어진다. 시간지각은 타이밍 작업의 중요한 요소이며, 높은 각성작용과 관련된 불안에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 본 연구는 가상현실 환경에서 현직 조종사를 대상으로 기상, 비행 및 시간 조건이 조종사에게 발생하는 불안과 시간지각에 미치는 영향을 검증하였다. 기상조건은 시계비행 기상 상황과 악기상 상황으로 구분하였고 비행 및 시간 조건을 달리하여 실험 1, 2를 실시하였다. 실험 1은 비교적 운동량의 변화가 적고

[1] 김문성: 광운대학교 산업심리학과 석박사 통합 과정
[2] 김신우: 광운대학교 산업심리학과 정교수
[3] † (교신저자) 이형철: 광운대학교 산업심리학과 정교수 / E-mail: hyung@kw.ac.kr / TEL: 02-940-5425

지연이 적은 제자리비행과 수평비행 상황에서 조종간에 추가된 버튼을 사용하여 시간지각을 측정하였다. 실험 2는 운동량의 변화가 많고 지연이 많이 발생하는 이륙상황에서 조종간만을 사용하게 하여 자연스럽게 헬리콥터를 이륙시키는 과정에서 시간지각을 측정하였다. 실험결과 악기상 상황에서 불안과 심박수가 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 실험 1, 2의 모든 비행조건 중 불안이 증가한 상황에서 시간을 과대 추정하는 것으로 나타났다. 이 결과는 불안의 영향으로 시간을 과대 추정하여 타이밍 작업을 실패할 수 있으며, 이로 인해 조종에 어려움을 겪고 사고로 연결될 가능성이 있음을 시사한다.

주제어: 악기상, 불안, 시간지각, 타이밍, 항공기 사고, 공간정위상실

1. 연구 배경 및 필요성

1.1. 항공기시스템

항공기는 대표적인 인간-기계시스템이다. 항공기 제어는 인간의 감지-정보처리-조작을 거쳐 기계의 조종장치-기계작동-표시장치를 통해 인간이 감지하는 과정이 반복되며, 감지를 위해 조종사는 지각시스템을 사용한다.

조종사는 효율적인 감지를 위해 중심시각을 이용하여 계기를 판독하고 항공기의 움직임을 주변 시각과 전정기관, 고유감각 시스템(proprioceptive systems) 정보를 효과적으로 통합하여 자신의 공간정위를 결정한다. 조종사가 지구 표면에 대하여 자신의 항공기 또는 자신의 위치, 움직임 또는 자세를 올바르게 감지하지 못하는 것을 공간정위상실로 정의한다(Benson, 1999).

기계의 조종장치 조작을 위해서는 시스템 특성에 대한 이해가 필요하다. 항공기는 대표적인 동적 시스템으로 현재의 입력값이 초기 조건 및 과거의 입력값의 영향을 받아 결정되는 시스템이다. 항공기는 운동 법칙을 적용받으므로 과거 시점의 입력이 진행 중이거나 진행이 완료된 상태일 수 있으며, 추가적인 조작의 결과는 진행상태에 따라 달라질 수 있다.

기계적인 특성으로 조종장치의 조작과 기계의 작동 사이에는 지연이 발생한다. 회전익 항공기라고 불리는 헬리콥터의 조종은 복잡한 구성품의 결합으로 연결된 로터 시스템의 힘과 방향을 제어하여 동체에 작용시킨다. 구성품들의 작동과 힘의 전달 과정에서 시간지연[1]이 발생하며, 속도계 등의 표시장치에도 지연이 발생한다.

복잡한 동적 시스템의 효과적인 제어는 입력 순간의 시스템 상황과 제어 입력에 대한 시스템 응답의 예상치를 설정하는 운용자의 정확한 정신 모델(mental model)에 의존한다(Bellenkes et al., 1997; Moray 1997). 시스템에 대한 정신 모델과 더불어 3차원 공간에서 항공기를 조종하기 위해서는 중력과 가속도 등을 갖는 항공기 움직임에 대한 예측도 필요하다.

인간은 물리적 원리를 모방하는 신경 시스템으로 정의되는 내적 모델(internal model)을 사용하여 선형 가속도와 중력을 추정하는 것으로 알려져 있으며(Merfeld et al., 1999), 중추신경계의 신경처리는 지각시스템의 입력을 통합하고 해석한 것을 내적 모델과 비교한다. 내적 모델은 과거 경험과 훈련을 기반으로 형성되며 현재 항공기의 움직임, 위치, 자세의 추정과 관련된 예측을 만들어 내고, 결과적으로 인식된 현재 항공기 움직임에 대응하여 의도된 운동 명령을 실행하게 된다 (Fig. 1).

조종사는 현재 정위를 추정하고 요구되는 정위를 고

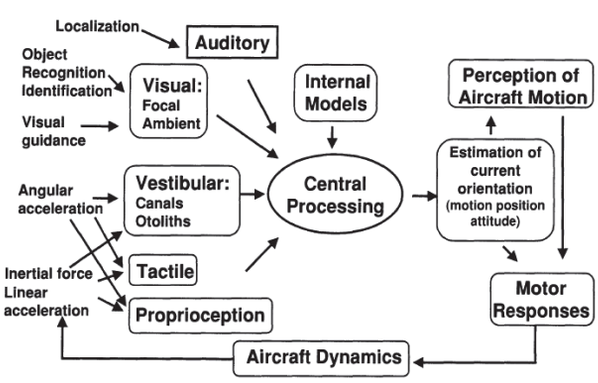

Fig. 1. Schematic diagram of the mechanisms of spatial orientation in flight (Previc & Ercoline, 2004)

1) 조종사들은 “조종 타가 늦게 먹는다”라고 표현하기도 한다.

려하여 조종하며, 효율적인 조종을 위해서는 동적 시스템의 특성, 시스템의 지연, 표시장치의 지연을 예측하여 필요한 타이밍을 맞춰야 한다. 조종사는 내적 모델을 사용하여 가속도와 중력을 추정하며 시간 경과에 따른 항공기의 움직임을 예측하여 필요한 타이밍 작업을 하게 된다.

비행 중 조종사는 주로 지각시스템의 80%를 차지하는 시각 정보를 사용하여 효율적으로 공간정위를 판단한다(Previc & Ercoline, 2004). 그러나, 주변 시각 단서의 양과 품질을 감소시키는 저하된 시각 환경에서는 항공기 움직임 정보의 피드백 제한으로 인하여 상당한 압박감과 스트레스를 받으며 불안을 느낄 가능성이 있다.

1.2. 불안과 시간지각

항공분야를 포함한 동적 과제를 수행하는 동안에 불안은 주의나 정신 활동에 부정적인 영향을 미치는 것으로 제안된다(Stokes & Kite, 1997). 또, 불안은 높은 각성작용과 연관이 있으므로(Dienstbier, 1989; Hoehn-Saric & McLeod, 2000), 각성작용으로 인하여 시간지각에 영향을 미칠 수 있다. 시간지각이란 시간의 경과에 대한 인간의 주관적 경험 또는 지각된 지속시간을 말한다(Lee et al., 2018). 시간은 객관적 시간과 주관적 시간으로 분류될 수 있으며, 객관적인 시간은 선형적이고 일정한 단위로 진행되는 반면 개인적인 경험에 의존하는 주관적인 시간은 외부 자극의 변화와 대상에 대한 인지 상태에 따라서 큰 영향을 받을 수 있다(Droit-Volet & Meck, 2007).

시간지각을 연구하는 방법은 예상적(prospective) 패러다임과 회상적(retorospective) 패러다임이 있다. 예상적 패러다임에서는 참가자들이 경과 기간을 판단해야 함을 미리 알고 있으므로 시간에 대한 주의를 유지하며, 주의 자원을 사용하는 인지 부하가 있을 경우에는 시간지각에 영향을 미친다. 또, 예상적 패러다임에서는 주어진 시간을 추정하기 위해서 객관적으로 표시되는 시간과 주관적으로 경험하는 시간을 비교하므로 내부 시계와 관련된 개인차를 조사하는데 가장 적합한 방법이며 내부 시계의 작동 정도 또는 속도를 반영한다(Baudouin et al., 2006; Glicksohn & Hadad, 2011). 그러나 회상적 패러다임에서는 참가자들에게 시간을 추정해야 한다는 사실을 미리 알리지 않고 커버 스토리나 커버 작업들을 사용하여 모르게 하며, 시간보다는 지난 에피소드나 기억과 관련이 있으므로 시간에 대한 주의보다 기억에 훨씬 더 의존하게 된다.

예상적 및 회상적 기간 판단을 포함하여 미래를 예측하는 메모리의 처리 과정은 미래계획기억(prostpective remebering) 또는 미래 타이밍(timing the future)이라고 불리며, 이런 작업들은 미래의 시간 또는 기회에 과거의 시간 기반 또는 사건 기반 행동을 수행하려는 의도를 포함한다(Block & Zakay 2006; Labelle et al., 2009; Mioni & Stablum 2014). 예를 들어, 과거 사건에 대한 시간적 기억은 미래 행동을 수행하기 위해 계획하는 것과 시간 처리 과정에 관련이 있다.

시간 기반 기억 과정은 예상적 기간 판단과 비슷하며 사건 기반 기억 과정은 회상적 기간 판단과 비슷하다. 시간 기반 과제의 참가자는 실험자가 지정한 기간이 경과되었다고 생각될 때 응답할 것을 요구받는다. 이것은 특히 시간 생산 방법에서 예상적 기간 판단과 유사하다.

예상적 타이밍의 기본 메커니즘에 대한 설명으로 주의 게이트 모델이 가장 넓게 받아들여지고 있다(Zakay & Block, 1997) (Fig. 2). 이 모델은 다음 구성요소의 처리 과정을 포함하는 예상적 타이밍을 제공한다. 조율기(pacemaker)는 일반적으로 일정한 비율의 펄스를 발생시키나, 각성 수준의 영향을 받으므로 각성 수준이 높을 때에는 조율기 신호의 발생 빈도를 증가시킨다. 펄스의 흐름은 주의 게이트에 도착하고 많은 주의 자원이 타이밍에 할당되면 많은 펄스가 게이트를 지나게 되며, 스위치를 통과하여 누산기로 전달되어 누산기에서 카운트된다. 주관적인 시간 계산은 스위치가 열리고 닫히는 경과 기간으로 표현되며 지속해서 목표 시간과 참조 기억 속에 있는 펄스들의 카운터 개수와 비교하며 일치되었을 경우 시간 생산은 종료된다.

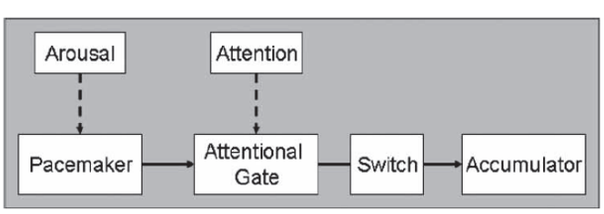

Fig. 2. Schematic of the attentional gate model (AGM) (Zakay & Block, 1997)

1.3. 연구의 필요성

효율적인 조종을 위해서는 지연을 예측한 타이밍 작업이 중요하다. 타이밍 작업의 핵심은 시간지각이며 시간지각은 일부 연구에서 불안에 의해 영향을 받는 것으로 밝혀졌다. Bar-Haim et al.(2010)은 불안한 집단과 불안하지 않은 집단을 구분하여 시간 재생산 실험을 하였다. 참가자들에게 8×12cm의 위협 자극과 중립 자극을 각각 2, 4, 8초 동안 시각도 38.81°인 모니터에 제시한 다음에 키보드를 사용하여 지각한 시간을 재생산하게 하였다. 2초 조건의 위협 자극에 대해서 불안한 집단이 불안하지 않은 집단에 비해서 상대적으로 시간을 조금 더 유의미하게 과대추정하였다.

Allsop & Gray(2014)의 연구에서는 가상환경에서 학생을 대상으로 불안을 유도한 다음에 비행기 조종의 수행 정도를 평가하였다. 불안은 학생들에게 “실험 종료 후에는 모든 참가자에게 이번 비행결과를 전송할 것이다”, “카메라로 촬영 중이다”, “비행결과에 따라서 다음 심리학 수업에서 자료로 활용할 것이다” 등의 인위적인 정보를 제공하여 유도하였다. 비행은 조종간 중의 하나인 싸이클릭만을 사용하였으며 수행 정도는 지정된 경사각인 접근각과 수행한 결과의 차이로 평가하였다. 불안이 유도된 집단과 유도되지 않은 집단의 불안점수와 심박수는 유의미한 차이가 있었으나 수행 정도의 차이는 없었다.

Allsop & Gray(2014)와 같이 인위적으로 불안을 유도하지 않더라도 조종사가 비행하는 과정에서 마주하게 되는 악기상 상황만으로 불안이 조성될 수 있고, 불안한 상태에서는 짧은 시간 조건에 대해서 시간지각이 영향을 받을 수 있다. 또, 왜곡된 시간지각의 영향으로 타이밍 작업을 실패하여 조종에도 어려움을 겪을 수 있다. 그러나, 현직 조종사를 대상으로 비행 중 발생하는 불안과 시간지각에 관련된 연구는 희박하다. 본 연구는 현직 헬리콥터 조종사를 대상으로 실험하여, 헬리콥터 조종 중 기상 조건이 조종사의 불안에 미치는 영향을 검증하고, 기상, 비행 및 시간 조건이 조종사의 시간지각에 미치는 영향을 검증하고자 한다.

2. 실험 1

일반적으로 시계비행이 가능한 상황보다 시계비행이 어려운 악기상 상황에서 불안감이 더 증가하고, 이륙 후의 안정된 수평비행(level flight) 상황보다 주의력이 더 많이 요구되는 제자리비행(hover flight) 상황에서 상대적으로 더 각성될 것으로 예상된다. 실험 1의 목적은 시계비행이 가능한 상황(시계조건)과 시계비행이 어려운 악기상 상황(비시계조건)의 기상조건에서 불안을 측정하고, 운동량이 적은 제자리비행 상황과 운동량이 많은 수평비행 상황의 비행조건에서, 기상조건과 비행조건이 시간지각에 미치는 영향을 검증하는 것이다. 일반적으로 조종사의 불안이 높아지는 비시계조건이 시계조건보다 시간을 더 과대추정하여 지각할 것으로 예상하였다.

비행조건에서는 수평조건보다 동적으로 불안정한 제자리조건에서 더 많은 시각적 정보와 빠른 판단이 필요하며, 제자리를 유지하기 위한 신속한 조작과 추가 제어가 지속적으로 필요한 상황이다. 따라서 많은 긴장과 각성이 요구되어 수평조건보다 제자리조건에서 시간을 더 과대추정하여 지각할 것으로 예상하였다.

시간은 임무 수행에 필요한 시간을 기준으로 하였다. 지면에서 이륙한 다음에 제자리비행 상태에서 시스템 점검에 필요한 시간 2, 4초, 화재진압에 사용되는 밤비 바켓(bambi bucket) 등에 담수할 때 소요되는 시간 6, 8초를 기준으로 측정하였으며, 요구하는 시간이 증가함에 따라서 생산되는 시간도 증가할 것으로 예상하였다.

주의 게이트 모델을 사용하는 예상적 기간 판단 과제를 사용하였으며, VR (virtual reality)을 사용한 비행 환경에서 기존에 학습되어있는 시간 단위에 의존하여 추정하는 방법으로 지각된 시간을 측정하였다. 비시계조건에서는 불안의 영향으로 조율기의 신호 발생 빈도가 증가하므로 펄스가 누산기에 빠른 속도로 누적되며, 참조 기억 속의 펄스의 개수와 일치하는 시간이 짧아지므로 시간을 과대추정하여 지각할 것으로 예상하였다.[2)]

교감신경 활동 지표로 사용하기 위해 실험을 진행하는 동안 심박수 측정기능이 있는 스마트워치를 사용하

2) 예를 들어 2초에 해당하는 시간이 흘렀다고 지각되면 버튼을 누르도록 요구하였을 때에, 악기상 조건에서 불안의 영향으로 조율기에서 발생한 펄스가 누산기에 빠른 속도로 누적되어 2초가 흐르기 전에 버튼을 눌렀다면 이는 2초보다 짧은 시간을 2초로 과대추정하여 지각하였다는 것을 의미한다.

여 기상 및 비행조건별로 심박수를 측정하였으며, 불안의 정도를 측정하기 위해서 각 기상조건이 종료된 다음에 성인 상태 불안 척도 설문지(State-Trait Anxiety Inventory, STAI-X-1)로 설문하였다. VR 환경에서 실험 중에 발생한 멀미가 결과에 주는 영향을 평가하기 위해서 실험을 종료한 다음에는 SSQ (Simulator sickness Questionnarie)로 설문하였고, 실험에 사용한 장비의 타당한 정도를 확인하기 위해서 개인이 경험한 실제 헬리콥터, 시뮬레이터 장비와 비교하여 조종계통 반응 및 영상현실감 등에 대하여 평가하도록 하였다.

2.1. 방법

2.1.1. 기구

Laminar Research의 시뮬레이션 프로그램인 X-PLANE 11의 헬리콥터 S-76을 사용하였으며 VR기기는 시야각이 110°인 오큘러스 VR사의 Oculus Rift S를 사용하였다. PC는 권장 사양 급 이상인 CPU i5-6500 @3.20GHz, RAM 16.0GB, GTX 1060 3GB를 사용하였으며 24인치 LCD 모니터를 추가하여 참가자의 시선을 확인하고 메뉴를 선택할 때에 사용하였다. 비행 시뮬레이션 조이스틱은 Logitech Flight G-940을 헬리콥터 조종간과 유사하게 싸이클릭 및 컬렉티브를 연장하여 사용하였고, 시간 측정을 위한 버튼을 컬렉티브에 부착하고 스탑워치를 연결하여 사용하였다. 심박수 측정을 위해 COA KOREA사의 스마트워치를 참가자의 왼쪽 손목에 착용하게 하여, 실험자의 휴대폰 응용프로그램을 통해서 주기적으로 측정하였다(Fig. 3).

Fig. 3. The scene of the actual experiment

2.1.2. 참가자

XX XXX 소속 및 기타 조종사 12명(남, 나이(M=50, SD=2.5))을 대상으로 통제된 장소에서 실험하였다. 참가자들은 1종 항공신체검사증명을 소지하고, 나안(또는 교정)시력은 1.0 이상이었으며 사업용 또는 운송용 조종사, 계기비행 증명 자격을 가지고 있었다. 참가자들이 현재까지 가지고 있는 비행 경력으로 실비행시간은 평균 3756.5시간(SD=1157.7)이고, 모의비행시간은 평균 186.6시간(SD=100.4)이며, 계기비행시간은 평균 312.0시간(SD=390.8)이었다. 개인적으로 경험한 시뮬레이터의 종류는 평균 4.9개(SD=2.0)였으며 실험을 종료한 다음에는 10,000원의 참가비를 지급하였다.

2.1.3. 실험절차

참가자에게 실험순서를 설명한 다음에 간단한 신상정보 및 비행 자격, 비행 경력 등을 설문하였다. 참가자들은 스마트워치를 착용하고 모든 비행과제를 수행하였다.

실험조건은 기상조건에 따라 구획을 나누어 진행하였으며 순서는 참가자별로 상쇄균형화하였다. 하나의 기상조건에 따른 모든 비행과제를 수행한 다음에 다른 기상조건의 비행과제를 수행하였다. 각 기상조건 내의 비행조건 역시 구획으로 나뉘었으며 참가자별로 상쇄균형화하여 실험하였다. 각 기상조건 내의 두 가지 비행조건의 실험이 완료되면 참가자로 하여금 성인 상태 불안 척도 설문지를 작성하도록 하였다.

실험을 완전히 종료한 다음에는 가상현실의 멀미감을 측정하기 위해서 SSQ를 작성하도록 하였다. 또, 개인이 경험한 실제 헬리콥터 및 시뮬레이터 장비와 실험에 사용한 장비와의 비교 설문을 하였으며 총 1시간 10분이 소요되었다.

1) 비행과제 수행절차

참가자들은 좌석에 앉아서 자신의 신체에 조종간의 변위가 맞도록 조종간의 위치를 조절하고, 오큘러스 VR사에서 제작한 HMD (head mounted display)를 착용하였다. 이 때 PC와 HMD의 내장 스피커를 연결하여 현실감을 증가시켰다. 참가자들이 HMD를 착용한 다음에는 참가자의 요청에 따라서 실험자가 키보드를 사용하여 VR 환경에서의 조종석을 조절하여 참가자들의

시점에서 바라보는 계기판의 거리, 높이 등이 맞도록 하였다. 이후에는 참가자들에게 비행에 필요한 각종 계기들을 설명하였다. 참가자들은 먼저 15분 정도 HMD를 착용한 상태로 조종간을 사용하여 훈련하였다. 추가로 5분 정도의 시간에 걸쳐 스마트워치를 착용한 상태에서 비행훈련을 하면서 스탑워치의 버튼 사용을 숙달하였다.

비행과제는 시계-제자리(vis-hover), 시계-수평(vis-level), 비시계-제자리(Nvis-hover), 비시계-수평(Nvis-level)조건으로 구분되었다. 시계조건의 시정은 10Km, 구름은 없는 상태였으며, 비시계조건의 시정은 160m, 구름의 높이는 0ft, 운량은 하늘을 구름으로 완전히 덮은 overcast 상태에서 실시하였다. 제자리조건에서는 활주로 중앙지점에서 제자리에서 이륙하여 비행 제원을 10ft(헤딩 ±10°, 편류 ±2ft, 고도 ±3ft)로 유지하였으며, 수평조건에서는, 활주로에서 이륙 후 80konts 1,000ft (헤딩±10°, 속도±10konts, 고도±100ft)로 비행 제원을 유지하였다(Fig. 4). 주의 게이트 모델을 적용하여 일정한 주의를 유지한 상태라고 할 수 있는 비행 제원이 준수될 경우에만 측정하였다.

실험은 기상조건 및 비행조건으로 구분된 4개의 비행과제 구획으로 나뉘어서 진행되었다. 각 구획의 시행수는 20회이며 실험 1의 총 시행수는 80회였다(기상조건 2가지 X 비행조건 2가지 X 시간조건 4가지 X 반복 5회 = 80회). 각 구획의 모든 시행에서 실험자가 무작위로 하나의 시간조건을 구두로 지시하였다. 참가자들은 비행 제원을 계속 유지하면서 왼쪽 엄지손가락으로 버튼을 눌러서 구두지시에 상응하는 시간을 생산하였다. 생산시간은 손가락으로 버튼을 누른 시간부터 눌렀던 손가락을 뗀 시간까지의 차이로 측정하였으며 가장 변화량이 적은 방법이다(Block et al., 2018).

Fig. 4. The HMD veiw point scene of hover flight and level flight in VMC (visual meteorological condition) and NON-VMC

심박수는 실험자의 휴대폰 응용프로그램을 사용하여 참가자의 손목에 차고 있는 스마트워치를 동작시켜 측정하였다. 1회 측정 시 약 1분 정도의 평균값이 측정되었으며 과제수행 시간에 따라 2~5회 측정하였다.

2) 실험 장비 설문

개인이 경험한 시뮬레이터 장비의 선호도를 응답하도록 하였으며, 처음 헬리콥터의 조종을 배울 때와 실험 장비를 조종할 때의 조종 난이도를 비교하여 응답하도록 하였다. 또, 현재 운용 중인 실제 헬리콥터와 개인이 경험한 시뮬레이터를 실험에 사용한 장비와 조종계통 반응 및 영상현실감에 대하여 주관적으로 비교하도록 하였다.

난이도에 대해서는 실험에 사용한 장비가 아주 어려움(1점), 어려움(2점), 보통(3점), 쉬움(4점), 아주 쉬움(5점)으로 응답하게 하였다. 조종계통 반응 및 영상현실감에 대해서는 실험에 사용한 장비가 아주 나쁨(1점), 나쁨(2점), 보통(3점), 좋음(4점), 아주 좋음(5점)으로 응답하게 하였다. 통계적인 차이 검증은 하지 않았으며 참고용 데이터로 수집하였다.

2.2. 결과

SPSS version 25를 사용하여 기상조건, 비행조건, 시간조건에 대하여 각 조건별로 5회씩 측정된 평균값을 사용하여 삼원 반복측정 변량분석(three-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다.

측정된 값의 정규성 검정은 시각적 판별과 왜도, 첨도를 사용하였다. 모든 측정값은 히스토그램에서 정규분포 형태를 갖추었으며, |왜도|<1.26, |첨도|<4.91로 정규성 검정을 만족하였다(West et al., 1995). Mauchly의 구형성 검정을 만족하지 않는 값에 대해서는 Greenhouse- Geisser 값을 사용하였다.

기상조건에서 비시계조건의 생산시간(M=4.65, SD=.25)은 시계조건(M=5.09, SD=.28)보다 .43초 더 짧았으며,

기상조건에 따른 주 효과(F(1,11)=63.759, p<.001, η_p^2=.853)는 통계적으로 유의하였다(Fig. 5a). 비행조건에서 제자리조건의 생산시간(M=4.83, SD=.27)은 수평조건(M=4.91, SD=.27)보다 .07초 더 짧았으며, 비행조건에 따른 주 효과(F(1,11)=2.334, p=.155)는 유의하지 않았다.

시간조건에서 생산시간은 2초(M=1.85, SD=.11), 4초(M=3.79 SD=.21), 6초(M=5.79, SD=.32), 8초(M=8.05, SD=.46)로서 요구되는 시간이 길어질수록 생산한 시간도 증가하였다. 시간조건에 따른 주 효과(F(1.02,11.29)=271.443, p<.001, η_p^2=.961)는 통계적으로 유의하였다.

기상과 비행조건의 이원 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았으며(F(1,11)=.194, p=.668) (Fig. 5b), 기상조건과 시간조건의 이원 상호작용은 유의하였다(F(2.05,22.51)=8.35, p<.001, η_p^2=.432). 상호작용이 유의함에 따라서 시간조건에 대해서 단순 주 효과를 분석하였으며 모든 시간조건에 걸쳐서 시계조건보다 비시계조건에서 생산한 시간이 더 짧았고 이는 통계적으로 유의하였다. 2초 조건에서는 비시계조건(M=1.72, SD=.11)이 시계조건(M=1.97, SD=.11)보다 .25초 더 짧았고(F(1,11)=49.437, p<.001, η_p^2=.818), 4초 조건에서는 비시계조건(M=3.61, SD=.21)이 시계조건(M=3.97, SD=.20)보다 .36초 더 짧았다(F(1,11)= 39.763, p<.001, η_p^2=.783). 6초 조건에서는 비시계조건(M=5.57, SD=.28)이 시계조건(M=6.02, SD=.35)보다 .45초 더 짧았고(F(1,11)=23.609, p<.001, η_p^2=.682), 8초 조건에서는 비시계조건(M=7.71, SD=.44)이 시계조건(M=8.39, SD=.49)보다 .68초 더 짧았다(F(1,11)= 42.988, p<.001, η_p^2=.796) (Fig. 6). 생산이 요구되는 시간이 길어질수록 비시계조건과 시계조건에서 생산한 시간의 차이가 점점 증가하였다.

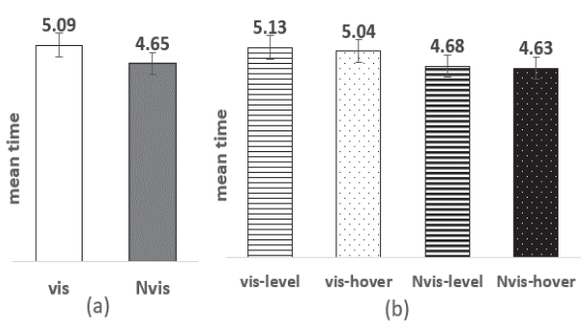

Fig. 5. The mean time of meteorological condition (left) and meteorologic-flight condition (right)

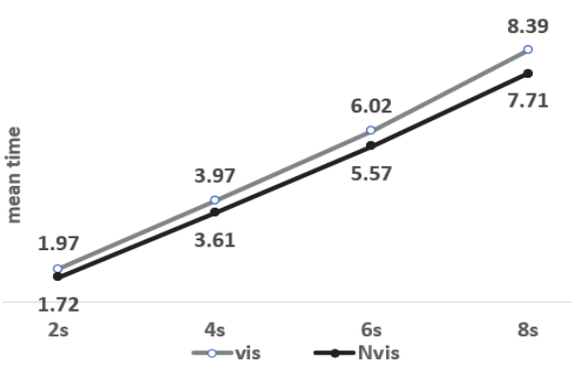

Fig. 6. The mean Time between meteorologic and time condition

비행조건과 시간조건의 이원 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았으며(F(1.75,18.867)=.714, p=.053), 기상조건, 비행조건, 시간조건과의 삼원 상호작용도 유의하지 않았다(F(3,33)=.714, p=.551).

기상조건과 비행조건이 심박수에 미치는 영향을 검증하기 위해서 이원 반복측정 변량분석(two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 심박수는 약 1분값의 평균값으로 측정되었으며 비행과제별로 측정된 값의 평균값을 사용하였다. 시계-수평조건의 심박수(M=65.59, SD=7.92)에 비해서 비시계-수평조건의 심박수(M=71.32, SD=7.59)가 5.73회 더 많았으며, 시계-제자리조건(M=65.58, SD=5.78)에 비해서 비시계-제자리조건(M=70.65, SD=10.27)의 심박수가 5.07회 더 많았다. 기상조건에 따른 주 효과(F(1,11)= 6.81, p<.05, η_p^2=.38)는 통계적으로 유의하였고, 비행조건에 따른 주 효과(F(1,11)=.06. p=.80)는 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 7a). 기상조건과 비행조건의 이원 상호작용도 유

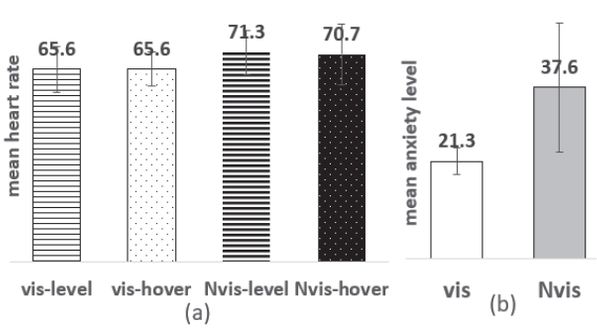

Fig. 7. The mean heart rate (left) and anxiety level (right)

의하지 않았다(F(1,11)=.04. p=.85).

기상조건이 불안에 미치는 영향을 검증하기 위해서 각 기상조건별로 설문된 불안점수의 평균값을 사용하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 비시계조건(M=37.6, SD=14.1)이 시계조건(M=21.3, SD=2.8)보다 불안점수가 16.29 만큼 더 높았으며 통계적으로 유의하였다(t=-3.868, df=11, p<.001) (Fig. 7b).

시뮬레이터 멀미 설문 결과 안구운동불편(M=6.33, SD=17.37)은 약한 증상(5~10)으로 분류되었다. 메스꺼움(M=.79, SD=2.74)과 방향감각이상(M=2.32, SD=8.03), 합계 점수(M=3.12, SD=8.59)는 무시할만한 증상(<5)이었다(Fig. 8).

실험 장비의 비교 설문 결과 참가자들은 가장 영상현실감이 좋은 시뮬레이터로 육군 UH-60(3명), 헬리코리아AW-109(2명), 한국우주항공 KUH-1(1명)등의 순으로 응답하였으며. 가장 조종반응이 좋은 시뮬레이터로 육군 UH-60(3명), 헬리코리아 AW-109(1명)등의 순으로 응답하였다.

가장 영상현실감이 나쁜 시뮬레이터로 산림청 AS-350(3명), 육군 500MD(2명), 육군 UH-1(1명)등의 순으로 응답하였고, 가장 조종반응이 나쁜 시뮬레이터로 산림청 AS-350(3명), 육군 500MD(2명), 육군 UH-1(1명)등의 순로 응답하였다.

최초 헬리콥터를 조종했을 때와 실험 장비를 조종했을 때의 난이도를 비교하고, 운용 중인 헬리콥터, 개인이 경험한 가장 좋은 시뮬레이터 및 가장 나쁜 시뮬레이터의 조종계통 반응과 영상현실감을 비교하여 나타내었다(Fig. 9). X축에는 실험에 사용한 장비와의 비교항목을 나타내었으며 Y축은 3점을 기준으로 하여 5점은 실험 장비가 아주 쉽거나 아주 좋음, 1점은 아주 어렵거나 아주 나쁨으로 표시하였다.

3. 실험 2

실험 1에서는 비교적 안정된 상황에서 실험하였으나, 실험 2는 운동량의 변화가 급격히 발생하는 이륙하는 상황에서 실시하였다. 이륙 단계는 제자리비행에서 수평비행으로 진행하는 중간단계이며 많은 동력을 적용하고 자세를 유지해야 한다. 속도가 증가함에 따라 항공역학적 현상이 발생하여 자세 변화를 감지하기 위해서는 많은 주의 자원과 시각 정보가 요구되며 자세 변화를 억제하기 위해서 지속적인 추가제어가 필요한 단계이다.

실험 1에서는 일반적인 헬리콥터의 계기 및 조종간이 아닌 별도의 장비를 사용하게 하여 시간지각을 측정하였다. 실험 2의 목적은 인위적인 장비를 배제하고 조종간만을 사용한 자연스러운 이륙 과정에서도 실험 1의 결과가 반복 관찰되는지를 검증하는 것이다. 주어진 시나리오에 의해서 이륙하는 과정에서 지각한 시간 동안 증속하게 하였으며 조종간을 움직이는 시점을 관찰함으로써 시간지각을 측정하였다.

실험 1의 비행조건은 제자리비행 상황과 수평비행 상황으로 두 가지 조건이었으나 실험 2의 비행조건은 이륙상황에서만 측정하였다. 시간조건은 2, 3초로 축소하여 측정하였으며, 헬리콥터가 제자리비행 상태에서 이륙하여 안전속도(V_{TOSS}; take off safety speed)로 증속하기 위해 필요한 시간이다. 실험 1과 마찬가지로 시계조건보다 비시계조건에서 시간을 더 과대추정하여 지

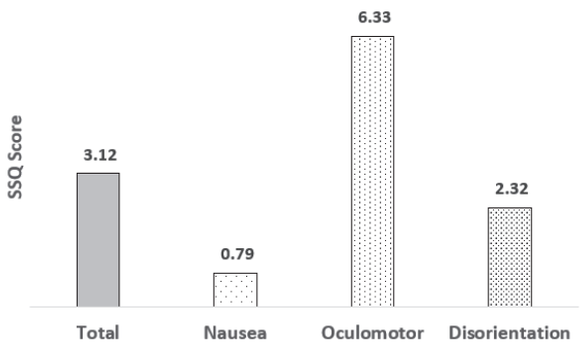

Fig. 8. Mean subcale and total Simulator sickness Questionnarie (SSQ) Scores

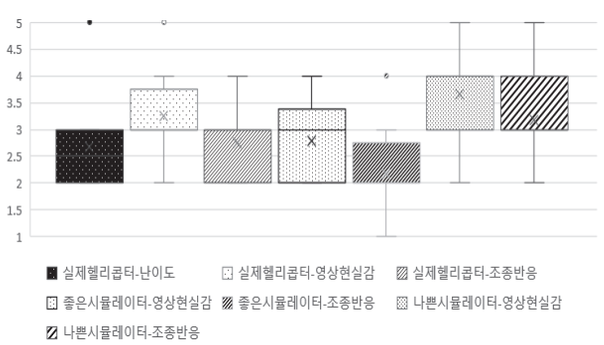

Fig. 9. The chart that compare with real helicopter and other simulators

각할 것으로 예상하였으며, 요구하는 시간이 증가함에 따라서 생산되는 시간도 증가할 것으로 예상하였다.

3.1. 방법

3.1.1. 기구

실험 1과 동일한 기구를 사용하였다.

3.1.2. 참가자

XX XXX소속 및 기타 조종사 9명(남, 나이(M=49.0, SD=3.0))을 대상으로 통제된 장소에서 실험하였다. 참가자들은 1종 항공신체검사증명을 소지하고, 나안(또는 교정)시력은 1.0이상이었으며 사업용 또는 운송용 조종사, 계기비행증명 자격을 가지고 있었다. 참가자들이 현재까지 가지고 있는 비행 경력으로 실비행시간은 평균 4124.4시간(SD=923.5)이고, 모의비행시간은 평균 282.5시간(SD=129.8)이며, 계기비행시간은 평균 246.3시간(SD=150.9)이었다. 개인적으로 경험한 시뮬레이터의 종류는 평균 5.3개(SD= 2.2)였으며 실험 후 10,000원의 참가비를 지급하였다.

3.1.3. 실험절차

실험 1과 동일한 절차를 사용하였다.

1) 비행과제 수행절차

비행 전 준비 및 훈련은 실험 1과 동일하였으며, 비행과제는 헬리패드에서 이륙하는 절차를 수행하는 것이다. 실험은 기상조건에 따라 시계조건과 비시계조건의 구획으로 나누었으며, 기상조건은 참가자별로 상쇄균형화하였다. 각 구획마다 시행수는 12회로 실험 2의 총 시행수는 24회였으며(기상조건 2가지 × 시간조건 2가지 × 반복 6회 = 24회) 구획으로 나뉘어진 각 기상조건에서 시간조건은 무작위로 제시되었다.

참가자들은 제자리비행으로 수평 자세를 유지하고 이륙 방향에 대하여 헤딩을 ±10° 이내로 유지하면서 100(±10)ft 고도로 상승하였다. 실험자는 100ft에 도달하기 전에 시간 조건 중 하나를 무작위로 지시하였다. 참가자들은 100ft 도달과 동시에 동력을 증가시키고 헬리콥터의 피치(pitch)[3] 각도를 -10(±3)°로 변경하여 증속 자세를 유지하였다. 지각한 시간이 경과한 다음에는 피치 각도를 +5(±3)°로 변경하여 상승하였다(Fig. 10). 헬리패드에서 이륙하는 절차이며 엔진 고장이 발생할 경우에 조금 더 안전하게 착륙할 수 있는 방법이다. 한 번의 시행이 완료될 때마다 VR 컨트롤러와 키보드를 사용하여 헬리패드로 이동시켜 다시 시작하였다.

Fig. 10. The scene of Taking off from Helipad in VMC and NON-VMC

생산시간은 구두지시와 동시에 기록한 실험자의 지시시간을 참고하여 시뮬레이션 프로그램인 X-PLANE에서 제공되는 비행데이터를 분석하여 시간을 계산하였다. 비행데이터 기록상의 헬리콥터의 피치 각도가 처음 -7°를 통과하는 시간과 지각한 시간이 경과한 다음에 피치 각도를 +5°로 변경시킬 때에 다시 -7°를 통과하는 시간의 차이로 계산하였다.

증속하는 과정에서는 항공역학적인 힘의 변화로 피치 각도가 계속 바뀌려는 현상이 발생하며 피치 각도를 유지하는 조작이 필요하다. 증속하는 과정에서 -10(±3)°를 유지하지 못하고 -7°를 통과한 데이터는 사용하지 않았다.

2) 실험 장비 설문

실험 1과 동일하게 설문하였다.

3.2. 결과

기상조건과 시간조건에 대하여 각 조건별로 5~6회씩 측정된 값의 평균값을 사용하여 이원 반복측정 변

3) pitch는 항공기 자세가 앞으로 기울어지는 각도를 나타낸다. 0도는 수평이며 −는 머리를 숙이는 방향으로 기울어짐을 나타내고 +는 반대 방향을 나타낸다.

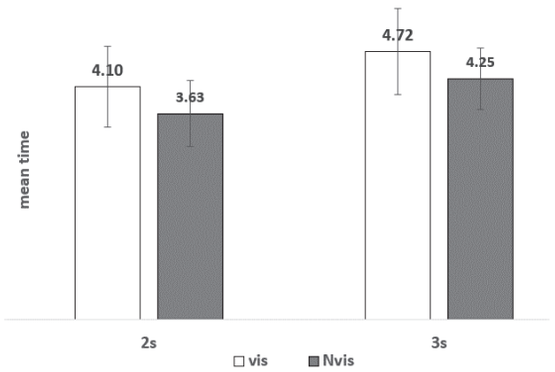

Fig. 11. The mean time in taking off in VMC and NON-VMC

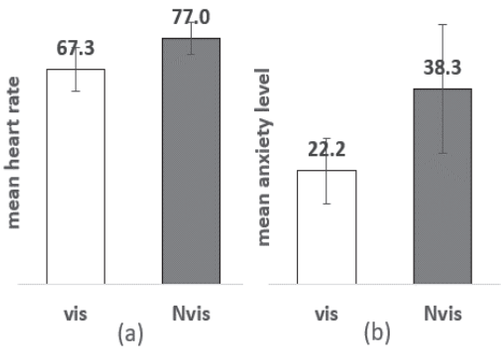

Fig. 12. The mean heart rate (left) and anxiety level (right)

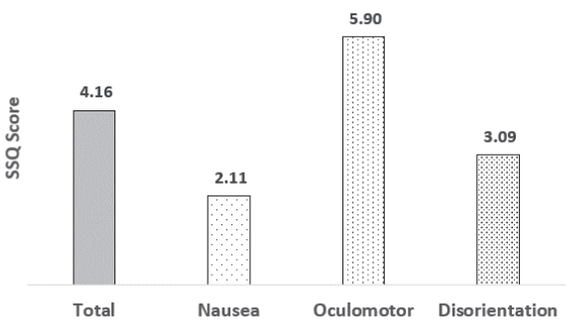

Fig. 13. Mean subcale and total Simulator sickness Questionnarie (SSQ) Scores

량분석을 실시하였다. 비시계-2초조건에서 생산시간(M=3.63, SD=.76)이 시계-2초조건에서의 생산시간(M=4.10, SD=.71)보다 .47초 더 짧았으며, 비시계-3초조건의 생산시간(M=4.25, SD=.54)이 시계-3초조건의 생산시간(M=4.72, SD=.58)보다 .48초 더 짧았다(Fig. 11). 기상조건에 따른 주 효과($F(1,8)=6.94$, $p<.05$, $\eta_p^2=.46$)와 시간조건에 따른 주 효과($F(1,8)=28.85$, $p<.01$, $\eta_p^2=.78$)는 통계적으로 유의하였고, 기상과 시간에 따른 상호작용($F(1,8)=.00$. $p=.952$)은 유의하지 않았다.

기상조건이 심박수에 미치는 영향을 검증하기 위해서 기상조건별 비행과제를 수행하는 동안 측정된 값의 평균값을 사용하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 비시계조건의 심박수(M=77.0, SD=5.1)가 시계조건(M=67.3, SD=6.76)보다 9.7회 더 많았으며 통계적으로 유의하였다($t=2.568$, $df=8$, $p<.001$) (Fig. 12a).

기상조건이 불안에 미치는 영향을 검증하기 위해서 각 기상조건별로 설문된 불안점수의 평균값을 사용하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 비시계조건의 불안점수(M=38.3, SD=12.6)가 시계조건(M=22.2, SD=2.1)보다 16.1 만큼 더 높았으며 통계적으로 유의하였다($t=-3.081$, $df=8$, $p<.01$) (Fig. 12b).

시뮬레이터 멀미 설문 결과 안구운동불편(M=5.90, SD=9.11)은 약한 증상(5~10)으로 분류되었다. 메스꺼움(M=2.11, SD=4.19)과 방향감각이상(M=3.09, SD=9.27), 합계 점수(M=4.16, SD=7.83)는 무시할만한 증상(<5)이었다(Fig. 13).

4. 종합논의

본 연구의 목적은 기상조건과 비행조건이 헬리콥터 조종사의 불안, 심박수 및 시간지각에 미치는 영향을 검증하는 것이다. 실험 1에서 시계비행이 가능한 시계조건보다 악기상으로 시계비행이 어려운 비시계조건에서 참가자들의 불안점수가 더 높고 심박수가 더 많았으며 시간을 더 과대하게 추정하였다.

Allsop & Gray(2014)의 연구에서는 “실험 종료 후에는 모든 참가자에게 이번 비행결과를 전송할 것이다”, “카메라로 촬영 중이다”, “비행결과에 따라서 다음 심리학 수업에서 자료로 활용할 것이다” 등의 정보를 제공하여 학생 참가자들의 불안을 유도하였다. 이 연구에서 악기상 상황의 시정은 700m로 조작되었으며, 실험결과 악기상 상황에서 불안을 유도하지 않은 집단보다 불안을 유도한 집단의 불안점수가 더 높고 심박수가 더 많게 나타났다.

본 연구에서 비시계조건의 시정은 160m로 조작되었고, Allsop & Gray(2014)의 연구와 달리 인위적으로 불안을 유도하지는 않았다. 그러나, 시계조건보다 악기상 상황인 비시계조건에서 불안점수가 더 높았고 심박수

가 더 많았으며 시간도 과대추정되었다.

이와 같은 실험결과는 별도의 인위적인 조작이 없더라도 시정이 짧은 악기상 상황에서 조종사의 불안이 증가하였으며 불안의 증가로 인하여 시간을 더 과대추정하였을 가능성을 시사한다. 이 결과는 시간지각에 대한 주의 게이트 모델로 설명될 수 있다. 주의 게이트 모델에서 조율기는 일정한 주기로 펄스를 발생시키며 펄스는 주의 게이트를 통과하고 통과한 펄스는 누산기에 누적되며 누적된 펄스 개수의 합으로 시간이 지각된다. 불안은 높은 각성 수준과 연관이 있으므로(Dienstbier, 1989; Hoehn-Saric & McLeod, 2000), 불안에 의한 각성 수준의 증가가 조율기의 펄스 발생 빈도를 증가시키고 해당 시간에 상응하는 펄스 개수의 합이 상대적으로 보다 빠른 시간에 누적되어 시간이 과대추정되었다고 설명할 수 있다. 시계조건보다 악기상 상황인 비시계조건에서 심박수가 상대적으로 높았다는 연구결과 또한 이와 같은 설명을 지지한다.

실험 1에서 제자리조건과 수평조건에서 측정된 심박수와 생산시간에서 유의미한 차이가 발견되지 않았다. 동적으로 불안정한 제자리비행이 비교적 안정적인 수평비행보다 조종사의 주의가 더 많이 요구된다. 따라서 제자리조건에서 상대적으로 더 많은 긴장과 각성이 필요하므로 시간이 더 과대추정될 것으로 예상하였으나 이러한 예상은 지지되지 않았다. 아마도 참가자들은 3,000시간 이상의 비행 경력을 가진 숙련된 조종사였으므로 제자리비행에서 더 각성되지 않았을 수 있다. 만약 숙련되지 않은 조종사들을 대상으로 실험한다면 두 비행조건에서 유의미한 차이가 발견될 가능성이 있으며 이는 추후에 연구해 볼 가치가 있다.

기상조건과 시간조건에 따른 이원 상호작용이 유의한 것으로 나타났다. 비시계조건에서 생산한 시간이 시계조건보다 더 짧았으며, 요구되는 시간이 길어질수록 시계조건과 비시계조건에서 생산된 시간의 차이가 점점 더 커졌다. 시계조건 중 2, 4, 6초의 시간을 생산해야 하는 조건에서는 비교적 정확하게 생산하였나, 8초 조건에서는 시간을 약 .4초 과소추정하였다. 비시계조건에서는 2, 4, 6, 8초 모든 시간을 과대추정하였다.

Bar-Haim은 불안한 집단과 불안하지 않은 집단을 구분하여 시간 재생산 실험을 하였다. 모든 집단이 자극의 위협 여부와 관계없이 2초 조건에 대해서는 시간을 과대추정하였고, 4초 조건에서는 비교적 정확하게 시간을 지각하였으며 8초 조건에서는 시간을 과소추정하였다. 시간지각에 관한 기존의 연구들에 의하면 짧은 시간은 과대추정하고 긴 시간은 과소추정하는 경향이 있으며(Block & Zakay, 1997), 아마도 8초가 상대적으로 긴 시간이었기에 과소추정된 것으로 보인다. 본 연구의 시계조건에서 8초를 생산해야 할 조건에서 과소추정된 것은 이와 같은 기존의 연구결과와 일치하는 것으로 보이며, 비시계조건의 2, 4, 6, 8초 조건에서 시간이 과대추정된 것은 불안에 의한 영향으로 해석될 수 있다.

Bar-Haim et al.(2010)의 연구결과와 본 연구에서의 실험결과의 차이는 실험에 사용된 장비의 시각도 차이에 기인하는 것으로 보인다. Bar-Haim et al.(2010)의 연구에서는 시야각 38.81°를 갖는 디스플레이를 사용하였으나, 본 연구에서는 시야각이 110°인 디스플레이를 사용하여 참가자들에게 자극을 제시하였다. 본 연구에서 사용된 디스플레이가 상대적으로 더 많은 시각정보를 제공하므로 시각 정보의 양이 참가자들의 시간지각에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. Bar-Haim과 본 연구의 상이한 결과는 아마도 실험에 사용된 디스플레이가 제공하는 시각 정보의 양에 기인한 것일 수 있다.

실험 1에서는 생산시간 측정을 위해서 조종간에 인위적인 장치를 부착하였다. 참가자는 조종간을 사용하여 비행 제원을 유지하면서 실험자의 구두 지시에 따라 부착된 버튼을 사용하여 요구되는 시간을 생산하였다. 그런데, 이는 일반적인 비행상황에서 조종사들이 수행하는 과제와는 동떨어진 과제로서 참가자는 실험에서 부자연스러운 과제를 수행한 것으로 볼 수 있다. 실험 2는 실험 1에서 사용된 인위적인 장비를 배제하고 조금 더 자연스러운 방법으로 조종사의 시간지각을 측정하기 위하여 고안되었다. 실험 2는 실제 비행상황에서 사용하는 장비만을 이용하여 비행 중의 자연스러운 과제를 수행하는 동안에 시간지각이 측정되도록 설계되었으며, 실제와 똑같이 헬리패드에서 이륙하는 과제를 참가자들에게 수행하게 하였다. 별도의 인위적인 장비를 이용하지 않고 조종간만을 사용하게 하였으며 헬리콥터의 이륙안전속도 도달에 필요한 시간 2초 또는 3초의 기간 동안 기체를 증속하도록 요구하였다. 참가자들이 요구된 시간에 맞추어 실제 기체를 조작한

시간을 측정하였으며, 실험결과 별도의 장비를 조작하지 않고 조종간만을 사용하여 자연스럽게 이륙하는 실험 2와 같은 상황에서도 실험 1과 같은 결과가 반복되어 관찰되었다. 시계조건보다 비시계조건에서 참가자들의 불안점수가 높았고 심박수가 더 많았으며 이륙하는 과정에서 시간을 더 과대하게 추정하여 조종간을 조작하였다. 이와 같은 실험결과는 실제 비행에서도 불안이 유발될 수 있는 조건에서는 시간이 과대하게 추정되어 지각될 수 있고 조종사는 과대추정된 시간지각에 근거하여 헬기 조작에 필요한 타이밍작업을 수행할 가능성이 있음을 시사한다.

실제 흐른 시간과 다르게 시간을 추정하는 왜곡된 시간지각은 항공기 조종을 어렵게 만들 수 있다. 항공기 조종은 현재 정위의 추정과 요구되는 정위를 고려하여 조종하는 과정이 반복된다. 현재 정위의 추정은 현재 시점의 정위와 과거 입력값의 진행 정도에 따라 달라지며 과거 입력값의 진행 정도를 예측하여 조종하게 된다. 만약 과거 입력값의 진행 정도를 예측하는데 필요한 시간지각이 왜곡되게 되면 요구되는 정위에 필요한 제어 값과 타이밍을 맞추기가 더 어려워지며 반복되는 조종과정에서 어려움이 더 커지게 된다.

필요한 제어 값을 입력한 후에 왜곡된 시간지각에 의해 영향을 받은 조종사의 내적 모델은 항공기의 실제 움직임을 정확하게 추정하지 못할 수 있다. 그럼에도 불구하고 즉시 지각할 수 있는 외부 시각 정보와 계기판독을 통해서 항공기의 움직임과 내적 모델의 추정 움직임이 일치하지 않는다는 것을 알아차릴 수 있으며, 이 상태를 공간정위상실 TypeⅡ라고 할 수 있다.

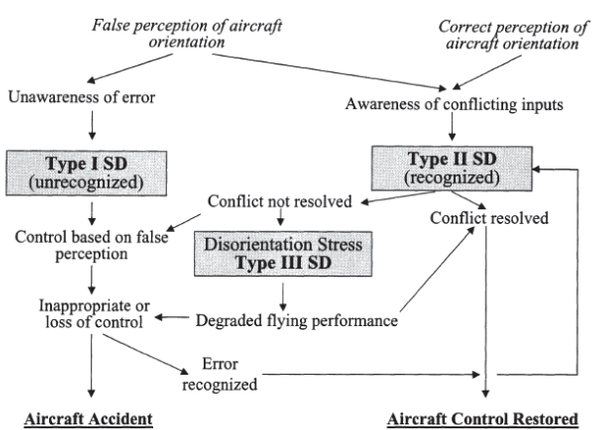

Fig. 14. Illustration of the progression from Type Ⅰ to type Ⅲ SD (Previc & Ercoline, 2004)

불일치를 알아차린 즉시 조종사는 내적 모델과 실제 항공기의 움직임을 일치시키기 위해 노력하게 된다 (Fig. 14).

그러나, 외부 시각 정보 및 계기 정보를 사용할 수 없는 경우가 있다. 바로 악기상에서 이륙하는 상황이다. 운동 법칙의 적용으로 속도가 서서히 증가하나, 악기상 상황은 외부에 대한 시각 정보가 매우 부족한 상황이며, 표시장치인 속도계의 지연이 발생하여 실제 움직임을 알아차리기 어려운 상황이다. 이 상황에서는 불안이 증가할 수밖에 없고 불안에 의해 왜곡된 시간지각에 근거한 내적 모델을 통해서 항공기의 움직임을 예측할 수밖에 없다.

만약 속도계기의 지연이 계속 발생하는 저속구간에서만 운용을 해야 하는 상황이라면 내적 모델 속의 움직임과 항공기의 움직임이 다르다는 것을 알아차릴 수는 있지만 쉽게 일치시키기 어렵게 된다. 만약 조종하는 과정에서 조종사의 내적 모델 속의 움직임과 실제 항공기 움직임의 충돌상태를 계속 해결하지 못하면 극심한 스트레스 상황인 공간정위상실 TypeⅢ로 진행될 수 있다. 또는 잘못된 내적 모델에 의해서 조종을 하게 되면 사고로 연결될 가능성이 커진다. 이는 항공기의 안전한 운항과 관련하여 매우 중요한 문제이며 추후에 내적 모델과 실제 움직임이 불일치되는 현상과 해결과정에 관해서 연구해 볼 만한 가치가 충분하다.

실험에 사용한 장비의 타당한 정도를 확인하기 위해서 실제 헬리콥터 및 다른 시뮬레이터 장비와 비교하는 설문을 하였다. 실험 2의 결과는 실험 1의 결과와 유사하였으며, 실험에 사용한 가상환경의 영상 현실감과 조종간의 조종반응은 실제 헬리콥터 및 다른 시뮬레이터와 유사하였다.

실험 중 발생할 수 있는 멀미가 실험결과에 미칠 가능성이 있어, 실험 종료 후에 SSQ를 사용하여 설문하였다. 특히 실험 2는 급격한 관성의 변화가 발생하는 조건이나 전정기관의 정보를 사용할 수 없는 상태이다. 전정기관 등의 정보와 시각 정보와 차이가 발생하여 감각충돌이 보다 더 쉽게 발생할 수 있는 상황이었으나, 실험 1, 2 결과의 합계 점수는 모두 무시할 만한 증상으로 실험결과가 멀미에 영향을 받았다고 볼 수는 없다.

본 연구는 시계비행이 가능한 상황보다 시계비행이 어려운 악기상 상황에서 시간이 과대추정된다는 것을

발견하였다. 이와 같은 실험결과는 기상 상황이 상대적으로 좋지 않을 때 공간정위상실이 더 많이 발생하는 이유 중의 하나가 시간지각 왜곡일 가능성을 시사하며 과연 시간지각 왜곡이 공간정위상실의 원인인지 검증하는 것은 추후의 연구문제로 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

Bar-Haim, Y., Kerem, A., Lamy, D., & Zakay, D. (2010). When time slows down: The influence of threat on time perception in anxiety. *Cognition and Emotion*, *24*(2), 255-263. DOI: 10.1080/02699930903387603

Baudouin, A., Vanneste, S., Isingrini, M., & Pouthas, V. (2006). Differential involvement of internal clock and working memory in the production and reproduction of duration: A study on older adults. *Acta Psychologica*, *121*(3), 285-296. DOI: 10.1016/j.actpsy.2005.07.004

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. (1999). Spatial disorientation-general aspects. *Aviation medicine*, 419-436.

Block, R. A., & Zakay, D. (1997). Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review. *Psychonomic Bulletin & Review*, *4*(2), 184-197. DOI: 10.3758/bf03209393

Block, R. A., Grondin, S., & Zakay, D. (2018). Prospective and retrospective timing processes: *Theories, methods, and findings. In Timing and time perception: Procedures, measures, & applications* (pp. 32-51). Brill.

Block, R. A., & Zakay, D. (2006). Prospective remembering involves time estimation and memory processes. In Glicksohn, J. & M.S. Myslobodsky (Eds.), *Timing the future: The case for a time-based prospective memory* (pp. 25-49). River Edge, nj: World Scientific.

Dienstbier, R. A. (1989). Arousal and physiological toughness: implications for mental and physical health. *Psychological review*, *96*(1), 84−100. DOI: 10.1037/0033-295X.96.1.84

Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(12), 504-513. DOI: 10.1016/j.tics.2007.09.008

Glicksohn, J., & Hadad, Y. (2011). Sex differences in time production revisited. *Journal of Individual Differences*, *33*(1), 35-42. DOI: 10.1027/1614-0001/a000059

Hoehn-Saric, R., & McLeod, D. R. (2000). Anxiety and arousal: Physiological changes and their perception. *Journal of Affective Disorders*, *61*(3), 217-224. DOI: 10.1016/S0165-0327(00)00339-6

Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, *3*(3), 203-220. DOI: 10.1207/ s15327108ijap0303_3

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

Labelle, M. A., Graf, P., Grondin, S., & Gagné-Roy, L. (2009). Time-related processes in time-based prospective memory and in time-interval production. *European Journal of Cognitive Psychology*, *21*(4), 501-521. DOI: 10.1080/09541440802031000

Lee, W., Kim, S., & Li, H. O. (2018). Effects of object size and viewing distance on duration perception. *Science of Emotion and Sensibility*, *21*(4), 91-102. DOI: 10.14695/KJSOS.2018.21.4.91

Merfeld, D. M., Zupan, L., & Peterka, R. J. (1999). Humans use internal models to estimate gravity and linear acceleration. *Nature*, *398*(6728), 615-618.

Mioni, G. (2018). Methodological issues in the study of prospective timing. In *Timing and time perception: procedures, measures, & applications* (pp. 79-97). Brill.

Mioni, G., & Stablum, F. (2014). Monitoring behaviour in a time-based prospective memory task: The involvement of executive functions and time perception. *Memory*, *22*(5), 536-552. DOI: 10.1080/09658211.2013.801987

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.

Spielberger, C. D. (1970). Manual for the state-trait anxietry, inventory. *Consulting Psychologist*.

Stokes, A. F., & Kite, K. (1997). Flight stress: Stress, fatigue and performance in aviation. Farnham: Ashgate Publishing Limited.

West, S. G., Finch, J. F., & Curran, P. J . (1995). Structural equation models with nonnormal variables: Problems and remedies. In R. H. Hoyle (Ed.), Structural equation modeling: Concepts, issues, and applications (p.56-75). Sage Publications, Inc.

Zakay, D., & Block, R. A. (1997). Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, *6*, 12-16.

원고접수: 2022.05.23
수정접수: 2022.12.15
게재확정: 2022.12.27.

ⓒ 2023 (by) the authors. This open access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original work is properly cited.