Title

A Study of Psychological Effect of Pilots Depending on the Different Environment between Actual and Simulated Flight

ABSTRACT

Objective: This study aims to examine the psychological effects on pilots caused by the environmental differences between actual and simulated flights by measuring biochemical stress level and subjective stress level.

Background: Currently, the flight system of the air force suffers from several problems including a limited training area, increase of complex and tangled missions and rise in oil prices. In order to overcome these problems a L-V-C(Live, Virtual, Constructive) training system has been proposed as a solution. However, to establish the effective L-V-C training system, it is required to figure out the characteristics of each system first. Also we have to solve the problems which could be occurred when these systems are connected together.

Method: In order to measure the biochemical stress level of pilots, we investigated the differences in cortisol responses after actual and simulated flight training separately. Meanwhile, we conducted the questionnaire survey of about 40 pilots to identify the subjective stress level of pilots.

Results: There was significant difference in cortisol level between actual and simulated flight tasks. However, we found that there was no significant difference in pilots' feelings about two flight tasks.

Conclusion: The results from this study can be used as a basis for the further research on not only how to decrease linkage errors of the L system and the V system but also how to make the L-V training system more practical.

Application: The results of the analysis might help to make the Live-Virtual-Constructive(LVC) pilot' training system.

Keywords

L-V-C training system, pilot's psychological effect, stress, cortisol level, stress

1. Introduction

가상환경은 실제 환경과 거의 유사한 환경을 제공하여 사용자들로 하여금 간접적인 경험을 제공한다는 장점을 가지고 의료, 산업, 파일럿의 비행훈련 등 다양한 분야에서 활용되고 있다(Han, 2011). 특히 항공기 시뮬레이터는 실제 항공기와 같은 상황이나 작동법 시현을 지상에서 해볼 수 있도록 하는 장치로 실제비행훈련에 비행사고 위험도가 낮고 비용과 시간이 절약되어 조종사 훈련에 유용하게 사용되고

있다(Hwang, 2000).

공군의 비행훈련 역시 이러한 시뮬레이터의 장점을 활용하여 조종사 훈련 및 평가 시스템을 구축해왔다. 최근에는 개별 훈련체계의 발전뿐만 아니라 21세기 미래전의 다양한 전쟁환경에 능동적으로 대응하기 위하여 공군에서 보유하고 있는 Live, Virtual, Constructive 체계를 활용하여 통합된 훈련환경(L-V-C 훈련체계)을 구축하고자 다양한 연구가 행해지고 있다. Figure 1은 L-V-C 훈련체계를 도식화한 것으로 Live, Virtual, Constructive 개별 훈련체계를 네트워크 기술과 연동기술을 통해 하나의 통합된 훈련 환경을 구축하는 것을 보여준다.

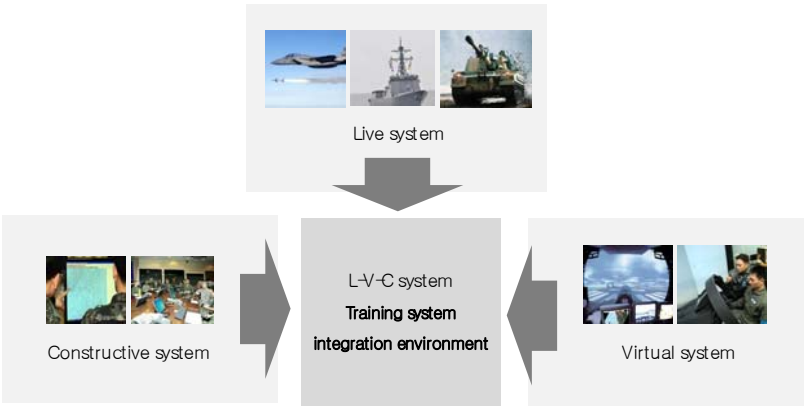

Figure 1. Live-Virtual-Constructive training system

Figure 1 에서 Live 는 실제 전투기, 함정, 전차와 같이 실 기동훈련이 가능한 실제 병력으로 실 지형 하에서 훈련하는 것을 의미하며 Virtual 은 시뮬레이터와 같이 실제 환경과 같은 동일한 환경을 구성한 장비를 이용하여 실제 병력이 가상 상황 하에서 훈련을 하는 것이다. 마지막으로 Constructive 는 가상 상황 하에서 가상 병력을 가지고 훈련하는 것으로 창공, 청해 등이 여기에 포함된다(Kim, 2009; Kim et al., 2010). 이처럼 환경이 다른 체계를 연동하여 하나의 체계를 구성하는 경우 구현충실도의 문제, 환경차이에 따른 신체적, 심리적 차이, 정보 지연 등 다양한 연동오차가 발생하게 된다. 따라서 각기 다른 특성에 대한 파악 및 연동 시 발생할 수 있는 오차에 대한 분석 연구가 반드시 필요하다. 이를 통하여 연동오차를 줄이고 실제적인 공정한 훈련이 가능한 합동 전장훈련으로서 운용을 하게 된다면, 각 체계 별 장단점이 보완되어 실질적 통합훈련환경 하에서 저비용, 고효율의 효과를 얻을 것으로 기대된다(Kim et al., 2010).

본 연구에서는 L-V-C 통합훈련환경 중에서도 L-V 두 체계 연동에 초점을 두고 있으며, 보다 구체적으로 실제 항공기(Live)와 항공기 시뮬레이터(Virtual) 환경을 연동하였을 때 조종사가 느끼는 심리적 부담감의 차이에 대해 연구를 수행하였다. 시뮬레이터는 실제 비행과 유사한 환경을 제공하고는 있지만 실제 비행환경과는 가상환경이 갖는 환경적 요소(부족한 구현충실도, 가상멀미 등)를 조종사가 경험하게 되고 실제 비행환경에서 역시 가상환경에서 구현할 수 없는 다양한 환경요소(날씨의 변화, 위험에 대한 불안 등)를 조종사가 경험하게 된다. 따라서 본 연구에서는 두 체계 간 다른 환경적 요소의 차이가 훈련을 수행하는 조종사에게 유의미한 심리적인 부담 차이를 유발하는지 여부를 알아보고자 한다. 이러한 차이에

대한 분석연구는 합동 훈련체계를 활용하여 실질적 훈련을 수행할 때 서로 다른 체계를 사용한다고 할지라도 체계간 오차가 적은 훈련이 진행될 수 있도록 하는 방향을 제공할 것이다.

스트레스란 외부의 자극에 대하여 체내에서 일어나는 비특이적 반응으로 정의되며(Selye, 1979; Park and Kim, 2007) 외부환경요인에 따른 심리적인 반응 측정의 도구로 많은 분야에서 활용되고 있다. 스트레스는 본질적으로 광범위하고 추상적이며 주관적인 내용을 포함하고 있어 측정이 어렵지만 스트레스 수준을 평가하기 위해 다양한 방법이 사용되고 있다(Park and Kim, 2007).

스트레스 측정방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 인터뷰나 설문지를 활용한 주관적 측정방법으로 비교적 솔직한 정보를 입수할 수 있지만 수검시간이 길고 개인의 주관이 많이 반영된다는 단점이 있다(Andre and Wickens, 1995; Quick, 1998; Park and Kim, 2007). 둘째, 심장박동, 혈압, 호흡, 온도, 눈동자의 움직임, 코르티솔과 같은 신체적인 신호를 실측하는 방법이다. 이와 같이 신체적 신호를 실측하는 생리적 측정법을 다시 세분하면, 스트레스에 대한 신체의 물리적인 변화를 살펴보는 생리적 지표와 호르몬 분비와 같은 화학적 변화를 살펴보는 생화학적 지표로 구분할 수 있다. 생리적 지표를 사용하기 위해서는 특정한 장치가 필요하고 측정센서를 신체에 부착하기 때문에 행동에 제약을 준다는 단점이 있지만 비교적 일관적이고 신뢰성 있는 측정방법이다(Kamer, 1991; Tsang and Wilson, 1997; Park and Kim, 2007). 생화학적 지표는 혈청, 타액, 소변을 표본으로 호르몬 분비와 같은 신경전달물질의 양을 측정하는 방법으로 다른 방법에 비해 측정이 용이하고 실험진행과정 동안에 피실험자에게 부담이 적어 실험에 대한 일시적인 스트레스 증가와 같은 영향이 적어 최근 여러 연구에서 작업스트레스에 대한 신경내분비 반응의 지표로 많이 활용되고 있다(Kang et al., 2003). 특히 코르티솔 호르몬은 인간의 스트레스 정도를 정확히 나타내는 신뢰성 있는 생체지표로 활용되어 왔다(Levine et al., 2007). 인간이 스트레스 상황에 노출되게 되면 시상하부의 실방핵에서는 CRF(Corticotropin Releasing Factor)를 분비하고 CRF 는 뇌하수체 전엽을 자극하여 부신피질 자극 호르몬을 분비한다(Levine et al., 2007; Hellhammer et al., 2009). 스트레스가 지속이 되면 시상하부-뇌하수체-부신축이 자극을 받아 코르티솔 호르몬을 분비한다. 이러한 코르티솔 호르몬은 타액, 혈액, 소변을 통하여 채취할 수 있는데 작업자를 대상으로 하는 연구에서는 소변이나 타액을 얻는 방법이 혈액을 얻는 방법보다 더 많이 사용되고 있다. 특히 타액 내에 있는 호르몬을 채취하는 방법은 특수한 장비나 전문가가 필요하지 않고 채취방법이 용이하여 실험대상자에게 부담을 주지 않아 실험에 대한 일시적인 스트레스의 영향이 적고 작업에 방해를 주지 않아 실제 상황을 잘 반영한다는 장점이 있다.

본 연구에서는 실제비행과 시뮬레이터 비행 간의 환경 차이에 따른 조종사의 스트레스 분석을 위하여 각 비행 환경 별로 비행 훈련을 마친 조종사의 타액을 채취하여 스트레스 호르몬인 코르티솔을 분석하여 스트레스 차이 여부를 판단하였으며 심리적 부담감에 영향을 주는 요인을 파악하고 조종사들의 주관적인 의견분석을 위해 설문조사를 병행하여 실시하였다.

코르티솔 분석은 위에서 언급한 것처럼 실험이 용이하고 피실험자에게 부담이 적은 장점이 있지만 몇 가지 고려해야 하는 사항이 있다. 첫째로, 코르티솔 분비량은 일주기를 가지고 있다는 것이다. Figure 2 는

코르티솔 분비량의 일주기를 보여주는 것으로 보통 오전 7 시경에 최고치를 보이고 자정에 최저치를 나타낸다. 따라서 타액 채취시간에 대한 통제가 필요하다.

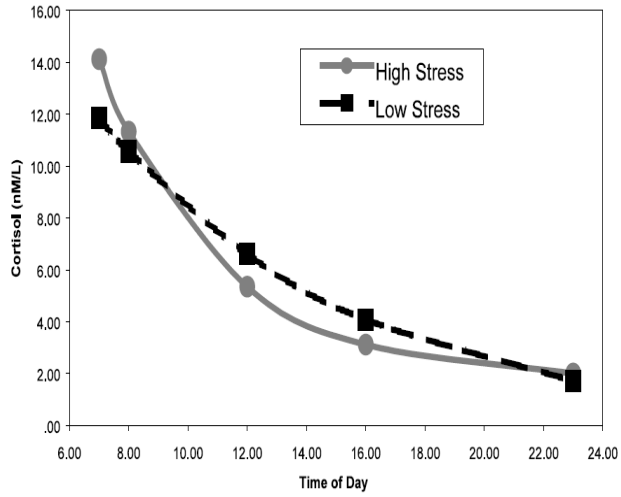

Figure 2. Line of best fit for high stress and low stress with mean cortisol level (Kav.Vedhara et al. 2002)

실제 조종사들의 비행 훈련은 주로 일출 이후부터 일몰 이전까지 이루어지며, 특수한 경우로 일몰 이후 이루어지는 야간 비행이 있다. 본 실험은 실제 비행 훈련을 대상으로 분석을 하였으며 코르티솔 농도의 일주기성을 고려하여 13~17 시 사이에 이루어진 훈련을 대상으로 조종사의 타액을 채취하였다. Figure 2 에서 볼 수 있듯이 이 시간대의 코르티솔 농도 변화가 완만하면서 실제 비행 훈련과의 시간을 일치 시킬 수 있기 때문이다.

코르티솔 분석을 위한 타액을 채취함에 있어 고려해야 할 또 다른 조건은 스트레스 상황이 주어진 후 언제 채취할 것인지, 즉 채취시기에 대하여 결정해야 한다. 선행 연구를 살펴보면, 타액 내 코르티솔 농도의 최고는 스트레스 이후 30 분 내에 도달하는 연구(Kirschbaum and Hellhammer, 2000)가 있는 반면, 10 분에서 40 분 사이에 분포된다는 연구(Bremner, Vythilingam and Vermetten, 2003; Gordis et al., 2006) 등 다양하다. 또한 이러한 차이는 연구 대상의 속성과 스트레스에 노출된 기간 등에 따라 달라질 수 있다는 선행연구도 있다(Furlan et al., 2001). Figure 3 은 Lopez-Duran et al.(2009)이 어린이를 대상으로 두려운 상황(어두운 방에서 천으로 덮여있는 유리상자에 접근했을 때 갑자기 내부에 있는 가짜 뱀이 튀어 나오는 상황)에 노출되었을 때 코르티솔 분비량의 농도가 최고인 분포를 보여주는 것으로, 실험대상과 스트레스의 종류에 따라 코르티솔 농도의 최고치에 도달하는 것이 다르다는 것을 보여주는 한 예라 할 수 있다.

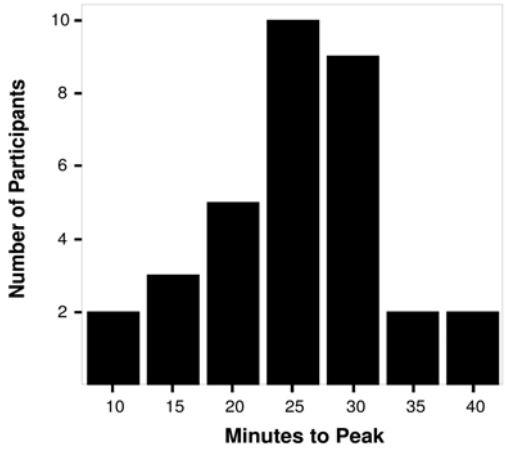

Figure 3. Number of participants reaching peak cortisol levels at specific time intervals after exposure to the fear condition (Lopez-Duran et al., 2009)

2. Experiment

2.1 1st phase experiment

2.1.1 Subjects of experiment

첫 단계 실험을 위해서 공군에서 비행훈련과정 중인 학생조종사를 대상으로 실험 및 설문조사를 실시하였다. 비행훈련과정 중에 있는 조종사는 같은 임무를 시뮬레이터와 실제 항공기를 이용하여 훈련하도록 과정이 편성되어 있을 뿐만 아니라 연령, 신체조건, 결혼유무 등과 같이 개인차에서 발생하는 스트레스 반응의 편차를 최소화 할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 비행입문과정, 비행고등과정에서 훈련을 받고 있는 학생조종사 16명을 대상으로 실험을 수행하였다. 피실험자의 성별은 모두 남성이고 나이는 만 27.1±3.8세, 평균 비행시간은 30시간이었다.

2.1.2 Experimental procedure

첫 단계 실험에서는 학생조종사 16 명을 대상으로 평상시와 실제 비행 후, 시뮬레이터 비행 후 각각의 상황에 대하여 타액 내 코르티솔 호르몬의 농도변화를 통해 다른 환경에 대해서 조종사가 심리적으로 느끼는 스트레스의 차이를 살펴보고자 하였다. 실험은 4 일간 진행되었으며 피실험자에게는 실험 전일 실험 목표 및 절차에 대한 설명을 하였고 수면상태에 따라 컨디션의 차이가 있을 수 있으므로 최소 7~8 시간의 수면을 취하도록 하였다. 호르몬의 경우 오전-오후 일일 변화가 크게 나타나는 경향이 있다는 선행 연구 결과에 따라 모든 실험을 13 시~17 시 사이로 통제하였다.

스트레스에 노출된 개인의 코르티솔 변화가 아닌 그룹 간 비교에 있어서는, 사전에 정해진 시간을 바탕으로 코르티솔 농도 비교를 통하여 스트레스에 대한 그룹 간 반응 차이를 살펴 볼 수 있다는 Lopez-Duran et al.(2009)의 연구 결과와 실제 비행 훈련 시 공역(작전영역) 도달 이후 작전 임무 수행부터 착륙 사이에 조종사가 가장 많이 스트레스를 받는다는 사전 조사 바탕으로 Figure 4 와 같이 조종사의 타액 채취 시간을 설정하였다.

실제 비행 실험에서는 채취 시 발생할 수 있는 위험상황을 방지하고 임무 후 발생하는 스트레스 호르몬의 활성화 시간을 고려하여 착륙을 하고 난 뒤 After Landing Check 시 타액을 채취하였고 시뮬레이터 실험은 실제 비행 실험 1~2 일 뒤 동일한 조종사를 대상으로 실제 비행 실험 시 수행했던 임무를 동일하게 수행하도록 하였으며 탑승 후 공역임무를 수행한 시점부터 25 분 뒤 타액을 채취하였다. 시뮬레이터에서 비행 시 수행했던 동일한 비행절차를 수행한다고 하더라도 실제 소요되는 시간(이륙시간, 공역 이동시간 등)이 시뮬레이터가 더 짧고 실제비행에서 공역으로 단순히 이동하는 시간만 15~20 분 정도 소요되기 때문에 같은 임무를 수행한다고 할지라도 실제 비행과 동일하게 하는데 어려움이 존재한다. 따라서 시뮬레이터 시간 설정은 두려운 상황에서 코르티솔 호르몬이 가장 활성화되는 시간에 대한 사전연구(Lopez-Duran et al., 2009)를 참고하여 스트레스가 발생한다고 보는 공역 도달 이후 작전 임무 수행 지점부터 25 분 뒤 채취하는 것으로 설정하였다.

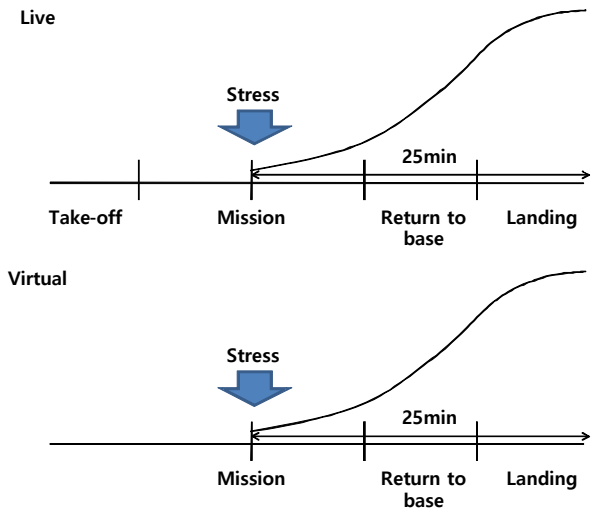

Figure 4. Saliva sampling time(Actual & Simulated flight)

2.1.3 Questionnaire configuration

설문조사는 실험 전, 실험 후 진행하였으며, 실험 전 설문조사는 코르티솔 농도에 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려진 연령, 체중, 흡연여부, 음주여부, 결혼여부, 비행시간에 대한 정보를 알기 위해 자기주입식 설문을 진행하였다. 실험 후 설문조사는 사전연구가 없는 관계로 직접 제작한 설문조사를 활용하였으며 설문내용은 조종사가 실제 비행과 시뮬레이터 후 조종사가 느끼는 컨디션의 변화와 두 체계간에 환경적 차이가 있는지, 있다면 어떤 요인이 영향을 미쳤다고 생각하는지 여부 등을 묻는 것으로 이루어졌다.

2.1.4 Measurement of cortisol level

코르티솔 측정은 Enzyme-linked immunoassay(EIA)를 통해서 분석하였다. 타액시료는 흡수용 면봉을 혀 아래 침샘부분에 위치시켜 2 분정도 흡수하여 채취하였으며 면봉에 흡수된 타액은 원심 분리하여 -20℃에서 냉동 보관하였다가 Salimetrics 에서 제공한 절차를 따라 분석하였다.

2.1.5 Method of analysis

본 실험을 통해 수집된 데이터는 통계분석을 위해 SPSS 분석 프로그램을 사용하였으며 유의수준은 0.05 를 적용하였다. 평소와 비행 후, 시뮬레이터 후 세가지 환경의 스트레스 차이 분석을 위해 일원변량분석(one-way ANOVA)를 이용하였으며 Scheffe 사후검증을 실시하였다.

2.1.6 Results of experiment

학생조종사 16 명을 대상으로 실시한 첫 단계 실험 결과는 Table 1 과 같다. Table 1 에 나타나 있듯이, 실제 비행 후 측정된 타액 내 코르티솔의 양은 최대 10.57ng/ml, 최저 4.4ng/ml, 평균 7.05ng/ml 로 분석되었으며, 시뮬레이터 비행 후 시뮬레이터 비행 후 측정된 타액 내 코르티솔의 양은 최대 8.1ng/ml, 최저 3.0ng/ml, 평균 5.34ng/ml 로 나타났다. 평상시 측정된 타액 내 코르티솔의 양은 최대 7.0ng/ml, 최저 2.7ng/ml, 평균 4.33ng/ml 으로 조사되었다.

Table 1. 1st phase experiment cortisol analyzed result(ng/ml)

Classification	Live Flight	Simulated Flight	Normal
Max	10.57	8.10	7.00
Min	4.40	3.00	2.70
Mean	7.05	5.34	4.33
SD	1.86	1.56	1.06

실제 비행 후, 시뮬레이션 비행 후, 평상시 각 그룹별 분석된 코르티솔 농도의 평균 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 분산분석을 실시하였다. Table 2 는 분석결과를 보여주는 것으로 그룹 사이에 코르티솔 농도의 차이가 유의미함을 알 수 있다($p=0.00<0.01$).

Table 2. 1st phase experiment analysis of variance result (ng/ml)

Classification	Sum of square	Level of Freedom	Mean square	F value	Significance
Between groups	60.380	2	30.190	12.80	0.00
Within groups	106.129	45	2.358		

분산분석 결과 각 환경 별 스트레스 비교에 있어 최소한 한 쌍 이상에서 스트레스에 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 어느 그룹 간에 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 사후 검정을 실시하였다. Table 3 은 이에 대한 결과를 보여주는 것으로, 실제 비행(Live) 후와 시뮬레이터 비행(Virtual) 후($p=0.011<0.05$), 실제 비행 후와 평상(Normal)시($p=0.000<0.01$)에는 코르티솔 호르몬 수치의 차이가 유의미하다고 나타난 반면, 시뮬레이터 비행 후와 평상시에는 코르티솔 호르몬 수치 사이에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다($p=0.190>0.01$). 이를 토대로 볼 때, 조종사가 시뮬레이션 비행보다 실제 비행에 있어 더 많은 스트레스를 받고 있으며 심리적으로 더 큰 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 그리고 시뮬레이션 비행 후와 평상시 스트레스의 비교에서는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 조종사가 이미 비행이라는 스트레스 상황에 일상적으로 어느 정도 적응이 되어 있어 실제 비행이 아닌 시뮬레이션 비행에 대해서는 평상시와 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다. 이는 작업부하가 스트레스를 증가시켜 타액 내 코르티솔의 농도를 증가시킬 것이라는 가설 하에 동일인을 대상으로 작업 기간 동안과 휴일 동안의 농도 차이를 관찰하였으나 두 기간의 동도 차이를 발견하지 못하였으며, 이는 동일인을 가지고 실험을 하더라도 피실험자가 스트레스 상황에 적응하여 두 기간 사이에 생리학적인 변화가 없거나 적어 스트레스 효과를 관찰하기 어렵다는 선행 연구 결과와도 일치한다(Frankeneauser et al., 1989; Lundberg et al., 1989; Harenstam & Theorell, 1990; Pollard et al., 1996).

Table 3. 1st phase experiment post hoc comparison result (ng/ml)

Classification	**Mean difference**	**P-value**	**95% Confidence interval**	
			LB	**UB**
Live-Virtual	1.711	0.011	0.335	3.084
Live-Normal	2.717	0.000	1.343	4.092
Virtual-Normal	1.008	0.190	-0.366	2.383

실험과 동시에 수행된 설문조사에서는 실제비행을 할 때와 시뮬레이터 비행을 할 때 심리적 차이를 느끼는 질문에 모든 피실험자가 그렇다고 대답을 했으며, 두 체계 연동 시 공정한 훈련이 가능하겠냐는 질문에 대해서는 16 명 중 15 명이 그렇지 않다, 1 명은 잘 모르겠다고 답했다. 만약 두 체계 연동 훈련 중 한 체계를 선택할 수 있다면 무엇을 선택하겠냐는 질문에는 실제비행을 선택하겠다 7 명, 시뮬레이터를 선택하겠다 8 명, 무응답 1 명으로 두 체계 간 차이가 거의 없었다. 그 체계를 선택한 이유에 대해서는 실제 비행을 택한 피실험자의 경우, 시뮬레이터 디스플레이의 낮은 현실감과 좁은 시야, 실제 항공기와는 다른 부품의 운동감 등으로 시뮬레이터 비행이 실제 비행에

비해 불리하기 때문이라고 답했으며, 시뮬레이터를 택한 피실험자의 경우에는 실제 비행시에는 위험상황에 대한 부담감과 중력가속도, 비행착각 등 위험요소가 많기 때문이라고 답했다.

이상의 결과를 종합해 보면 생화학적 관점에서는 실제 비행에서는 스트레스를 받고 있었고 시뮬레이터 비행은 평상시와 유의미한 차이가 없다고 나타났지만 설문조사 결과에서 보듯이 실제 비행을 바탕으로 조종을 배우고 있는 학생조종사들에게 있어 현실과 다른 시뮬레이션 비행 역시 두 체계간의 연동 훈련 시 결코 유리하지만은 않다고 생각하는 것을 알 수 있었다.

2.2 2nd phase experiment

2.2.1 Subjects of experiment

첫 단계 실험 및 분석을 통해 실제 비행이 시뮬레이터 비행보다 높은 수준의 스트레스를 받고 있지만 시뮬레이터 환경 역시 설문조사에 의해서는 실제비행과 비교했을 때 심리적 부담감이 전혀 없다고 생각하는 것은 아니라는 사실을 알았다. 그러나 첫 단계 실험의 경우 평균 비행시간이 30 시간 미만인 학생조종사를 대상으로 한 실험이기에 실제 비행이 익숙하지 않아 생기는 스트레스의 영향을 고려하지 않을 수 없다. 따라서 두 번째 실험은 피실험자를 비행경험이 많은 기성 조종사로 확대하여 실제 비행경험이 많은 조종사의 경우에도 실제 비행과 시뮬레이터 비행환경 간에 심리적으로 다른 스트레스 영향을 받는지 여부를 확인하고자 하였다. 기성 조종사 역시 학생조종사와 마찬가지로 기종별로 일정부분의 시뮬레이터 비행 훈련을 이수해야 하기 때문에 실제 비행 후와 시뮬레이터 비행 후에 대한 비교실험이 가능하였다. 실험 대상자는 첫 단계와 동일하게 남성 조종사 40 명을 대상으로 하였으며 나이는 만 30.5±4.5 세, 조종사들의 평균 비행시간은 286(최고 : 800, 최저 : 40)시간으로 조사되었다.

2.2.2 Experimental procedure

첫 단계 실험과 마찬가지로 실험 전 실험에 대한 진행과정 및 유의사항에 대해 설명하고 7~8 시간 정도의 수면시간을 갖도록 하였다. 실험 대상 조종사들에게 실험 전 코르티솔 수치에 영향을 줄 수 있는 기본 정보 및 비행임무의 난이도 파악을 위한 사전조사를 수행하고 실제 비행 후와 시뮬레이터 비행 후 타액채취 및 설문조사를 실시하였다. 다른 실험절차는 이전 실험과 동일하게 진행되었고 실험은 총 일주일에 걸쳐 실제 비행 실험 후 다음 날 시뮬레이터 실험을 하는 식으로 진행되었으며 모든 실험 시간은 13~17 시 사이로 통제하였다.

2.2.3 Results of experiment

두 번째 실험은 총 40 명의 조종사를 대상으로 실험을 수행하였으나, 각 체계에 대한 비행 훈련 후 채취한 조종사의 타액 양 부족 및 기타 원인(오염) 등으로 인해 호르몬 분석이 불가능한 데이터가 9 건이 발생하였다. 따라서 이를 제외한 31 명의 데이터를 기반으로 분석을 수행하였다. Table 4 는 31 명의 조종사에 대한 실제 비행 과 시뮬레이터 비행 후 측정한 타액 내 코르티솔 농도를 보여주고 있다. Table 4 에서 알 수 있듯이, 실제 비행 후 코르티솔의 양은 평균 5.58ng/ml(최대 : 10.57ng/ml , 최소 : 1.40ng/ml), 시뮬레이터 비행 후 코르티솔의 양은 평균 4.50ng/ml(최대 : 9.67ng/ml , 최소 :

1.88ng/ml)으로 분석되었다. 두 집단 사이에 유의미한 차이가 있는 지를 살펴보기 위해 t-test 분석을 수행하였으며 유의 확률이 0.016($p<0.05$)으로 볼 때, 두 체계 간 조종사의 스트레스 정도가 다름을 알 수 있다. 이는 조종경험이 많은 기성 조종사 역시 실제 비행 시 시뮬레이션 비행 보다 더 큰 심리적 영향을 받고 있다는 것을 의미한다.

Table 4. 2nd phase experiment cortisol analyzed result(ng/ml)

Classification	Live Flight	Simulated Flight	t-test
Max	10.57	9.67	0.016
Min	1.40	1.88	
Mean	5.58	4.50	
SD	2.08	1.79	

실험과 동시에 수행된 설문조사에서 실제 비행 후 비행 전과는 다른 컨디션의 변화가 있느냐는 질문을 하였고, 31 명 중 23 명이 변화가 있다고 응답하였으며 8 명은 변화가 없다고 대답하였다. 또한 시뮬레이터 비행 후에 시뮬레이터 비행 전과는 다른 컨디션의 변화에 대한 질문에는 31 명 중 14 명이 변화가 있다고 답하였으며 14 명은 변화가 없다고 답하였다. 두 체계 연동 시 공정한 훈련이 가능하겠냐는 질문에 대해서는 무응답 1 명을 제외한 30 명 중 23 명이 그렇지 않고 답을 하였으며 6 명은 잘 모르겠다, 1 명은 그렇다고 답했다. 만약 두 체계 연동 훈련 중 한 체계를 선택할 수 있다면 무엇을 선택하겠냐는 질문에는 무응답 1 명을 제외하고 실제 비행이 유리하다고 답한 조종사가 16 명, 시뮬레이터 비행이 유리하다고 답한 조종사가 14 명이었다. 시뮬레이터 비행이 유리하다고 답한 이유에 대해서는 임무부담감(16 명)으로 가장 많았고, 중력가속도의 영향(10 명), 날씨(5 명), 함께한 동료의 영향(4 명), 기압차이(2 명), 기타_브리핑 및 성적(2 명), 위험에 대한 두려움(1 명), 소음(1 명), 장비착용(1 명) 순으로 그 요인으로 꼽았으며 실제 비행이 유리하다고 답한 이유에 대해서는 시뮬레이터 장비의 실재감의 부재로 인한 임무수행의 어려움(10 명), 기타_긴장(2 명), 어지러움(1 명) 순으로 나타났다.

두 번째 실험 결과를 종합해 보면, 학생조종사와 동일하게 기성조종사 역시 Live-Virtual 체계간의 비행 환경에 따라 스트레스 차이가 있음 알 수 있었다. 호르몬 결과 분석은 실제 비행이 시뮬레이터 비행에 유의미하게 더 큰 스트레스를 받고 있었으나 스트레스를 많이 받는다고 해서 시뮬레이터 비행이 항상 유리하다고는 생각하지 않았다. 이를 통해 실제 비행환경에서 받을 수 있는 위험이나 임무에 대한 요소뿐만 아니라 시뮬레이터가 갖는 가상환경의 한계 역시 조종사에게는 심리적 부담으로 작용하고 있다는 사실을 알 수 있었다.

3. Conclusion

본 연구는 L-V 체계 연동 시 두 체계의 환경적 차이가 훈련에 참여하는 훈련자의 심리적인 특성에도 영향을 미치는 살펴보는데 목적이 있다. 이를 위해 조종사를 대상으로 실제 비행과 시뮬레이터 비행환경간 스트레스 차이를 비교 분석하는 실험을 호르몬 통한 생화학적 분석과 설문 조사를 통하여 수행하였다.

호르몬 분석결과, 실제 비행 후와 시뮬레이션 비행 후에 호르몬의 차이가 유의하게 나타났다. 평상시의 호르몬 수치와 비교해봤을 때, 실제 비행과 평상시 호르몬의 수치 간에는 유의미한 차이가 있었으며, 시뮬레이터와 평상시 호르몬 수치 간에는 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다.

주관적 설문조사 결과, 대부분의 조종사들은 두 체계의 환경간 차이를 느끼고 있다고 답했으며 이러한 차이가 통합된 훈련환경을 구축했을 때 공정한 훈련이 진행되지 못하게 만드는 원인으로 작용할 것이라고 답했다. 그러나 어떤 체계가 더 유리할 것이냐는 질문에는 시뮬레이터와 실제 비행환경이 비슷한 수준으로 평가되었다. 시뮬레이터 환경이 유리하다고 생각하는 조종사의 경우 그 원인으로 실제 비행 시 받게 되는 임무에 대한 부담감, 중력 가속도의 영향, 날씨의 영향 등이라고 답했으며, 실제 비행환경이 유리하다고 생각하는 조종사는 실제비행과 비교했을 때 시뮬레이터 환경이 실재감의 부족하여 임무수행이 어려운 점, 가상 환경의 어지러움 등으로 답했다.

종합적으로 분석해볼 때, 실제 조종사가 받는 스트레스는 실제 비행이 더 크지만 조종사가 주관적으로 느끼는 체계 별 이점에 대해서는 실제 비행과 시뮬레이터 비행이 비슷한 수준임을 알 수 있다. 시뮬레이터 환경에는 실제 비행환경에 존재하는 임무에 대한 부담감, 중력가속도, 날씨의 영향 등은 존재하지 않지만 스틱, 러더 등의 부품의 운동성이나 디스플레이의 현실감이 떨어지는 요인들이 있고 이러한 요인은 조종사들이 시뮬레이터에서 실제 비행에서 익힌 조종기술 시현이 어렵다고 느끼는 요인으로 작용한다. 이러한 요인은 시뮬레이터 비행환경이 실제 비행환경에 비해 스트레스는 적지만 조종사에게 실제 비행환경과는 또 다른 어려움을 제공할 수 있다. 따라서 L-V 체계 연동 시 Live, Virtual 각 체계의 이러한 환경적 특성이 조종사에게 심리적인 영향을 줄 수 있다는 것을 고려하여 각 특성에서 유발되는 연동오차를 줄이기 위한 노력이 필요하다.

추후 연구에서는 이 연구를 바탕으로 두 비행 체계에 대한 조종사의 심리적 차이를 유발하는 요인을 도출하고 각 요인 별 영향력을 파악하는 과정이 필요하다. 이러한 추가 연구는 두 비행 체계 연동 시 보다 공정한 훈련이 가능하게끔 하는 환경을 구축하는데 기여할 것으로 기대된다.

Acknowledgements

This work was funded by grants from Agency for Defense Development.

References

Andre, A. and Wickens, C., When users want what's not best for them, *Ergonomics in Design*, October, 1995.

Bremner, J., Vythilingam, M. and Vermetten, E., Cortisol response to a cognitive stress challenge in posttraumatic stress disorder(PTSD) related to childhood abuse, *Psychoneuroendocrinology*, 2003.

Furlan, P.J., DeMartiniis, N. and Schweizer, E., Abnormal salivary cortisol levels in social phobic patients in response to acute psychological but not physical stress, *Biological Psychiatry*, 2001.

Frankenhaeuser, M., Lundberg, U., Fredrikson, M., Melin, B., Tuomisto, M., Myrsten, A.L., Hedman, M., Bergman-Losman, B. and Wallin, L., Stress on and off the job as related to sex and occupational status in white-collar workers, *Journal of Organizational Behavior*, 1989.

Gordis, E., Granger, D.A., Susman, E. and Trickett, P., Asymmetry between salivary cortisol and alpha-amylase reactivity to stress: Relation to aggressive behavior in adolescents, *Psychoneuroendocrinology*, 2006.

Han, K.H. and Kim, H.T., The Cause and Solution of Cybersickness in 3D Virtual Environments, *The Korea Journal of Cognitive and Biological Psychology*, Vol. 23, 2011.

Harenstam, A. and Theorell, T., Cortisol elevation and serum g-glutamyl transpeptidase in response to adverse job conditions: How are they interrelated, *Biol Psychol*, 1990.

Hellhammer, D.H., Wust, S. and Kudielka, B.M., Salivary cortisol as a biomaker in stress research, *Psychoneuroendocrinology*, 34, 2009.

Hwang, S.C. and Baek, J.H., Implementation and Evaluation of Flight Tasks in Instrument Flight Simulator, *The Korea Journal of Navigation Institute*, Vol. 4, 2000.

Kamer, A., physiological metrics of mental workload: A review of recent progress, In D. Damos(ed), *Multiple task performance*, Taylor & Francis, 1991.

Kang, D.M., Son, B.M., Koh, S.B., Son, M.A., Kim, J.W., Jang, J,H., Cho, B.M. and Lee, S.I., Effects of Physical Workload on Salivary Cortisol Level, *Korea Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 16, 2003.

Kim, S.Y., Ahn, J.H., Sung, C.H. and Kim, T.G., A research on the Interoperation of Virtual-Constructive Simulation, *The Korea Institute of Military Science and Technology*, 2010.

Kim, T.G., *lecture material*, Modeling and Simulation(M&S) for national defense, KAIST, 2009.

Kirschbaum, C. and Hellhammer, D., Encyclopedia of stress, *Academic Press*, 2000.

Levine, A., Zagoory-Sharon, O., Feldman, R., Lewis, J.G. and Weller, A., Measuring cortisol in human psychobiological studies, *Physiology & Behavior*, 2007.

Lopez-Duran, N.L., Hajal, N.J., Olson, S.L. and Felt, B.T., Individual differences in cortisol responses to fear and frustration in middle childhood, *J Exp Child Psychol*, 2009.

Lundberg, U., Granqvist, M., Hansson, T., Magnusson, M. and Wallin, L., Psychological and physiological stress responses during repetitive work at an assembly line, *Work stress*, 1989.

Park, S.K. and Kim, D.S., Relationship between Physiological Response and Salivary Cortisol Level to Life Stress, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 26, 2007.

Pollard, T.M., Ungparkorn, G., Harrison, G.A. and Parkers, K.R., Epinephrine and cortisol responses to work: A test of the models of Frankenhaeuser and Karasek, *Ann Behav Med*, 1996.

Quick, J., Introduction to the measurement of stress at work, *Journal of Occupational Health Psychology*, 1998.

Selye, H., The stress of life, *Van Nostrand Reinhold*, 1979.

Tsang, P. and Wilson, G., Mental workload, In G. Salvendy(ed), *Handbook of human factors and ergonomics*, 2nd ed., Wiley, 1997.

Vedhara, K., Miles, J., Bennett, P., Plummer, S., Tallon, D., Brooks, E., Gale, L., Munnoch, K., Schreiber- Kounine, C., Fowler, C., Lightman, S., Sammon, A., Rayter, Z. and Farndon, J., An investigation into the relationship between salivary cortisol, stress, anxiety, and depression, *Biological Psychology*, 2003.

Biographies

Jinju Kim: jinju9896@naver.com
Highest degree: Master, Department of Industrial Engineering, Seoul National University
Position title: Assistant professor, Department of System Engineering, Korea Air Force Academy
Areas of interest: Dynamic programming, System engineering, Human Factors in National Defence Areas

Youngcheon Lim: lyc2216@gmail.com
Highest degree: Master, Department of Mechanical Engineering, Seoul National University
Position title: Assistant professor, Department of System Engineering, Korea Air Force Academy
Areas of interest: Fluid mechanics

Hyeonju Seol: hjseol@afa.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Seoul National University
Position title: Professor, Department of Systems Engineering, Korea Air Force Academy
Areas of interest: Process Management, Technology Management, Human Factors in National Defence Areas

Youngseok Hong: birdiehong@naver.com
Highest degree: Ph.D, Department of Aerospace Engineering, KAIST
Position title: Team Leader, Aircraft Systems R&D Institute, Aircraft System M&S Directorate, Agency for Defense Development
Areas of interest: Aircraft System M&S Analysis, Flight Dynamics and Control, Flight Performance Analysis, Aircraft System Design and Integration

CheolKyu Jee: addblues@add.re.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Seoul National University
Position title: Principal Researcher, Agency for Defense Development
Areas of interest: Modeling & Simulation, Pilot Behavior & Decision Process/Modeling