Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.22, No.1, pp.57-67, February 2003

조종 숙련도 변화에 따른 심리적 리스크 이미지의 변화에 대한 평가

Assessment on the Transformation of Psychological Risk Images due to Development of Flight Skills

김영관*, 임현교*

ABSTRACT

The resonance behaviour needs be understood to identify the mechanisms responsible for the dynamic characteristics of human body, to allow for the non-linearity when predicting the influence of seating dynamics, and to predict the adverse effects caused by various magnitudes of vibration. However, there are currently no known studies on the effect of vibration magnitude on the transmissibility to thoracic or lumbar spine of the seated person, despite low back pain(LBP) being the most common ailment associated with whole-body vibration. The objective of this paper is to develop a proper mathematical human model for LBP and musculoskeletal injury of the crew in a maritime vehicle. In this study, 7 degree-of-freedom including 2 non-rigid mass representing wobbling visceral and intestine mass, is proposed. Also, when compared with previously published experimental results, the model response was found to be well-matching. When exposed to various of vertical vibration, the human model shows appreciable non-linearity in its biodynamic responses. The relationships of resonance for LBP and musculoskeletal injury during whole-body vibration are also explained.

Keyword: low back pain, whole-body vibration, human modeling, musculoskeletal

* 충북대학교 안전공학과
주소 : 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 산48
전화 : 043-261-2462
E-mail : hklim@cbucc.chungbuk.ac.kr

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

과거의 항공기는 조종사에 의하여 수동으로 조종되었던 반면, 현대의 항공기는 많은 장치가 첨단자동장비로 대체되어 실질적으로 순항 중에는 항공기 자체 능력만으로도 비행을 할 수 있게 되었다. 그러나, 몇몇 상황에서는 여전히 조종사의 인간적 판단에 좌우될 수밖에 없다. 특히, 항공기에 위급상황이 발생하였을 경우에는 급변하는 상황변화에 대하여 순간적으로 대응하는 조종사의 능력에 비행의 성공여부가 크게 좌우되기 때문에 더욱 인간의 역할이 중요하고, 이런 이유로 조종사에게 높은 적응력이 요구되고 있는 실정이다(Roger, 1974; Wiener et al., 1988).

조종사의 숙련도가 높다고 인정되면 통상 난이도가 높은 과제가 주어지며, 그렇지 못한 경우 난이도가 낮은 과제가 주어지는 것이 보통이다. 그러므로 조종사의 숙련 여부는 과제 부여의 성패는 물론, 과제 자체의 성패를 좌우하는 중요한 사항이다.

본 연구는 조종사의 조종기술이 숙련됨에 따라 조종사가 갖는 자신감의 증가에 따른 위급상황에 대한 리스크 이미지의 변화 현상과 그에 따른 생리심리학적 현상을 파악하여, 조종기술의 숙련도를 파악하는 근거로 활용할 수 있는가를 파악하기 위하여 수행되었다.

2. 위험 수준의 분류와 리스크 이미지의 구성

2.1 리스크 이미지 구성요소의 추출

조종사들이 위급상황에 대하여 심리적으로 어떤 근거에서 반응하는가를 보기 위하여 리스크 이미지를 파악하기 위한 의미분별척도법(Semantic Differential Method)이 활용되었다(岡本, 1992; 岩下, 1983). '위험상황'에 대한 어휘는 사고 사례 및 가상 시나리오를 제시하여 자유연상 측정법으로 연상어를 수집하였다. 이 과정에는 비행훈련 입과 예정의 공군사관생도 100명과, 실제 전투비행 대대에서 비행훈련을 하고 있는 조종사 50명이 피실험자로 참가하였다.

추출된 어휘는 의미의 함축성을 고려하여 동의어를 정리하고, 그 동의어 묶음에서 가장 빈도가 높은 단어를 그 대표어로 선정하였다. 대표어 선정에는 빈도가 10회 이상인 어휘 중 두 그룹이 중복하여 사용하는 어휘를 우선으로, 빈도가 높은 어휘를 추출하였다. 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 Representative nature of selected words

요 인	내 용
치명성	치명적인, 절망적인, 참혹한, 위태로운, 후회하는
시급성	다급한, 절박한, 급박한, 조급한, 긴박한
난해성	부담스러운, 심각한, 답답한, 당혹스러운, 벙벙한
미지성	갑작스러운, 긴장하는, 초조한, 걱정스러운, 불안한
경험성	제어할 수 없는, 수동적인, 미숙한, 무지한, 심란한

2.2 비행위험수준의 분류

동일한 시나리오에 대하여 조종사들간에 인지 위험도의 차이가 있는가를 알아보기 위하여 실시한 분산분석 결과에 따르면, 비상상황에 따른 조종사들 사이에 인지위험도에는 유

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

의한 차이가 없었다($p=0.3$).

또한, 비행 중에 비상상황을 경험한 빈도와 비행시간이 인지위험도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분산분석을 실시한 결과는, 비행시간과 비상을 경험한 빈도가 인지위험도에 유의한 영향을 미치는 것으로 파악되었다($p=0.000$). 즉, 비행시간이 많을수록 비상상황에 대하여 자신감이 있음을 의미하였다.

한편, 조종사들에게 제시된 다섯 가지의 가상 시나리오에 대하여 조종사들이 주관적으로 100점 척도를 기준으로 평가한 결과에 대하여 군집분석을 실행한 결과, 각 시나리오에 대한 인지 위험도는 평균적으로 87, 67, 50, 45, 61로 평가되어 결과적으로 다섯 가지의 시나리오는 시나리오 1, 시나리오 2와 5, 그리고 시나리오 3과 4로 분류되어 적정 군집수도 3개로 판단되었다($R^2=.776$; 有馬외, 1987). 이 결과에 따라, 이후 연구에서는 위급상황을 세 가지 수준으로 나누어 제시하고 그 결과를 분석하였다.

2.3 위험수준에 따른 이미지 형용어휘의 변화

위급상황이 갖는 위험수준에 따라 조종사들이 갖는 리스크 이미지는 Fig.1에 보는 바와 같이 조종기술의 숙련도에 따라 의미있는 차이를 나타냈다.

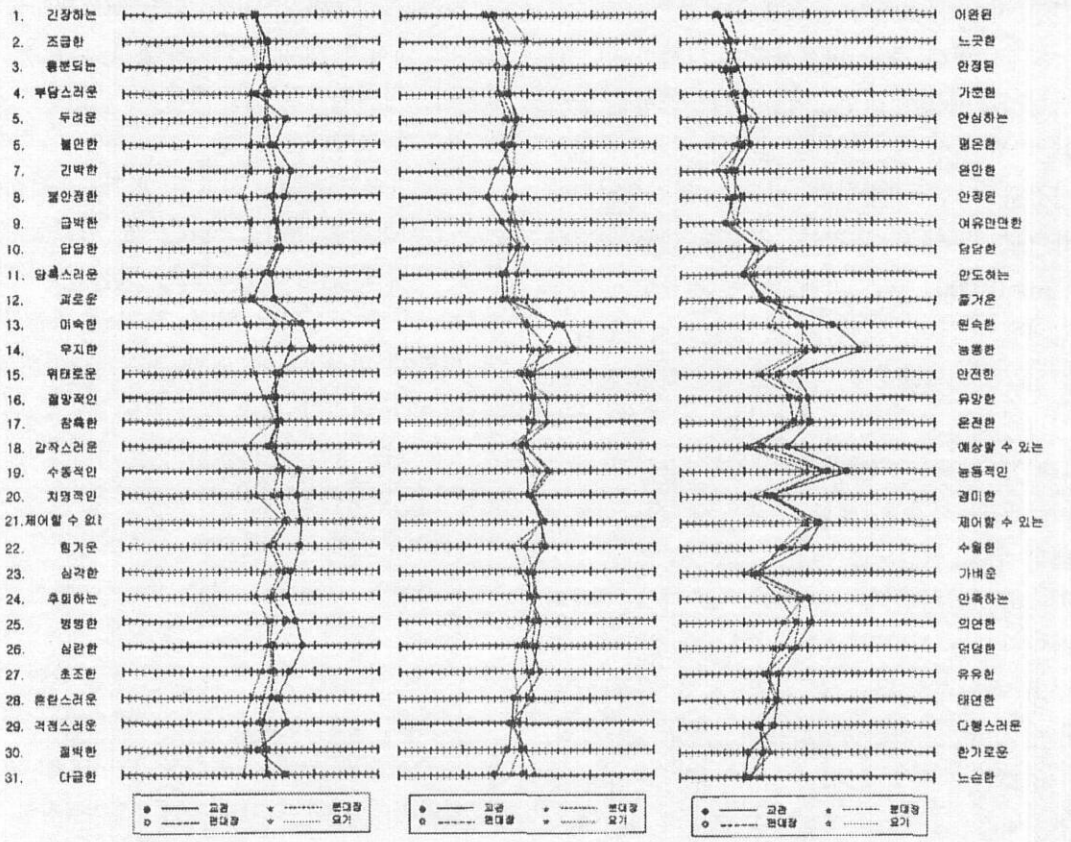
저위험수준에 대한 리스크 이미지 평가 결과에 따르면, 숙련급의 교관, 편대장 조종사는 대부분의 리스크 이미지에서 긍정적 리스크 이미지에 비중을 둔 반면, 숙련도가 낮다고 평가되는 분대장, 요기 조종사는 대부분의 항목에 대하여 상대적으로 부정적 반응을 보였으나, 평가결과값들은 대체로 긍정적인 쪽에 치우쳐 있었다.

특히 미숙련급 조종사들의 평가는 '갑작스러운', '긴장하는', '걱정스러운' 등 비상상황이 언제, 어떻게 발생할지 모르는 미지성을 표현하는 어휘로 구성되어 있어, 숙련급 조종사들에 비하여 비상상황에 대한 지식, 대처의 자신감 등의 내인적 요소 등, 비상상황에 대처할 수 있는 능력이 부족하다는 자각에 의한 불안감을 반영하고 있었다.

중위험수준의 평가결과에 따르면, 조종기술의 숙련도에 관계없이 모든 조종사가 저위험수준의 평가에 비하여 모든 항목에 대하여 전반적으로 비교적 중간적인 평가가 많았다. 특이한 것은, 교관급 조종사들이 '미숙한', '무지한', '수동적인' 등의 경험성을 나타내는 리스크 이미지에 대하여 다소 긍정적인 평가를 보인 반면, '긴박한', '급박한', '절박한', '다급한' 등의 시급성을 의미하는 리스크 이미지에 대해서는 다른 조종사들과 달리 부정적 리스크 이미지에 많은 점수를 부여하고 있는 것이 눈에 띄었다. 더욱이, '불안정한' 항목에 대해서는 다른 등급의 조종사들보다도 특히 그 경향이 두드러졌다.

이것은 숙련도가 높을수록 위급상황에 대한 인식이 광범위하여, 비숙련급의 조종사가 느끼는 위험 이미지보다 더 부정적으로 인식하고 있다는 것을 의미하며, 교관 조종사들은 이 정도 수준의 위급상황을 비상상황의 인지위험도는 낮지만 상황의 올바르고 신속한 조치를 취해야만 상황이 악화되지 않는다고 판

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.



(a) low emergency lev (b) medium emergency (c) high emergency le

Fig.1 Risk Image at each emergency level

단하는 것으로 이해될 수 있다.

예를 들어, 현재 비행임무를 수행하고 있는 지역과 착륙을 할 기지의 선정, 체크리스트에 의한 정확한 비상처치, 비상처치가 지연되었을 경우 발생할 수 있는 사태에 대한 판단 등에 시간적 여유가 없음을 나타내고 있다 (Roscoe, 1980; 黑田, 1978). 이에 비하여 상대적으로 비숙련급의 조종사일수록 경험이 미숙하여 숙련급 조종사에 비하여 상황을 긍정적으로 평가하고 있었다.

고위험수준에 대해서는 숙련도에 관계없이 모두 부정적으로 평가하였고, 교관급 조종사들을 제외한 다른 조종사들에게서 그 경향이 심하였다. 특히 교관급 조종사들은 '원숙한', '능통한', '능동적인' 등 다양한 경험과 지식을 통하여 습득하고 있는 조종기술에 대한 자신감을 보여주고 있었다.

그 결과, 리스크 이미지에 대하여 각 조종

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

사들은 숙련도에 따라 서로 상이한 리스크 이미지 어휘로 구분되었다. 즉, 교관급 조종사는 '부담스러운', '무지한', '미숙한' 등 제시된 비상상황에 대하여 정확한 조치와 상황판단을 하여 안전한 착륙을 수행할 수 있는 경험적 능력에 비중을 두고 있으며, 편대장 및 분대장급 조종사는 '급박한', '다급한', '조급한' 등 비상상황의 심각함을 이해하고 빠른 대처를 해야 한다는 시급성의 리스크 이미지로 구성되었으며, 그리고 요기 조종사는 '참혹한', '후회하는', '심각한' 등 다른 조종사 그룹과는 다르게 비상상황에 대한 대처가 어렵고 상황이 잘못되었을 경우 발생할 수 있는 치명성에 비중을 두고 있는 것을 확인할 수 있었다.

이것을 종합하면, 위험도가 높은 위급상황에서 조종사들은 과거의 경험, 지식 등을 바탕으로 신속한 조치가 이루어져야 하는 시간적 압박감에 시달리게 되며, 위험도가 낮은 위급상황에서는 대처 방법이 어렵지는 않다고 하더라도 상황의 진전을 예상할 수 없는 불안감에 노출된다는 것을 예상할 수 있다.

2.4 위험수준에 따른 리스크 이미지의 변화

2.4.1 요인분석 결과

인지 위험도에 미치는 요인들의 영향을 파악하기 위하여 varimax 회전에 의한 요인분석을 수행하였다. Table 2는 고위험수준에서의 결과를 나타낸다.

Table 2 Result of factor analysis (high emergency level)

	시급성	경험성	치명성	미지성	난해성
긴박한	0.87 *	0.03	-0.01	0.04	0.16
불안한	0.85 *	0.22	0.17	0.20	0.02
조급한	0.83 *	-0.01	-0.02	0.10	0.23
흥분되는	0.81 *	-0.04	0.08	-0.09	-0.02
급박한	0.80 *	0.02	0.16	0.25	0.07
불안정한	0.78 *	0.07	0.12	0.28	0.08
당혹스러운	0.76 *	0.14	0.16	0.26	-0.11
부담스러운	0.73 *	0.09	0.16	0.14	0.00
긴장하는	0.71 *	-0.07	0.13	0.27	0.10
두려운	0.67 *	0.16	0.22	0.32	-0.13
답답한	0.63 *	0.28	0.14	0.28	-0.19
무지한	0.08	0.87 *	0.14	-0.01	0.02
수동적인	-0.04	0.84 *	0.23	0.04	0.02
미숙한	0.07	0.80 *	0.23	-0.01	0.01
제어할 수 없는	0.05	0.79 *	0.26	0.06	0.14
멍멍한	0.02	0.75 *	0.33	0.22	-0.01
혼란스러운	0.33	0.57 *	-0.23	0.52	0.09
절망적인	0.17	0.20	0.86 *	0.01	0.05
후회하는	-0.08	0.26	0.83 *	0.15	-0.15
참혹한	0.17	0.25	0.80 *	0.12	-0.08
힘겨운	0.30	0.24	0.75 *	0.30	0.28
심란한	0.31	0.39	0.61 *	0.14	0.04
걱정스러운	0.38	0.42	0.48 *	0.07	0.15
절박한	0.19	0.07	0.26	0.78 *	-0.35
다급한	0.47	0.05	0.07	0.71 *	0.07
치명적인	0.25	-0.05	0.30	0.64 *	0.42
심각한	0.25	0.04	0.50	0.61 *	0.12
초조한	0.39	0.26	0.06	0.59 *	0.04
위태로운	0.29	0.34	0.48	0.11	0.59 *
압박스러운	0.51	0.30	0.11	0.25	0.53 *
괴로운	0.53	0.00	0.23	0.23	-0.56 *
고유값	12.21	4.757	2.198	1.642	1.456
누적기여율	39.39	54.73	61.82	67.12	71.82

이 결과 앞에서 지적한 5가지 고유 특성에 의한 누적기여율은 저위험수준에서 85.68%, 중위험수준에서 77.0%, 그리고 고위험수준에서 71.82%로, 위험수준이 증가함에 따라 특성요인에 의한 설명력은 저하되는 것으로 나타났다. 그 중 저위험수준과 고위험수준에 대한 결과를 보여주는 것이 Fig.2이다.

각 위험수준에서의 특성을 살펴보면, 저위험수준에서는 미지성, 치명성, 시급성, 경험성, 난해성의 순으로 정리되었고 각 요인의 기여도도 67.52, 7.13, 5.41, 3.52, 2.10로서, 고위험수준이나 중위험수준에 비하여 미지성의 요인이 절대적인 비중을 차지하고

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

있다.

중위험수준에서도 이 경향이 변화하여 시급성, 경험성, 치명성, 미지성, 난해성의 순으로 정리되었으며, 각 요인의 기여도도 56.05, 7.34, 5.66, 4.34, 3.61로서, 저위험수준에 비하여 상황타개에 얼마나 시간적 여유가 있는가 하는 시급성과 과거에 이러한 위급상황과 조우한 경험이 있는가의 경험성 여부가 크게 부각되고 있음을 알 수 있었다.

한편, 고위험수준에서는 시급성, 경험성, 치명성, 미지성, 난해성의 순으로 그 중요성이 정리되었으며, 각 요인의 기여도는 39.39, 15.34, 7.09, 5.3, 4.7로 확인되어, 조종사가 인지하는 위험도가 증가할수록 시급성의 비중이 감소하는 대신 다른 요인들의 비중이 증가하며, 특히 과거에 유사한 위급상황을 경험하였는가의 여부가 크게 중요시되는 것으로 판단되었다.

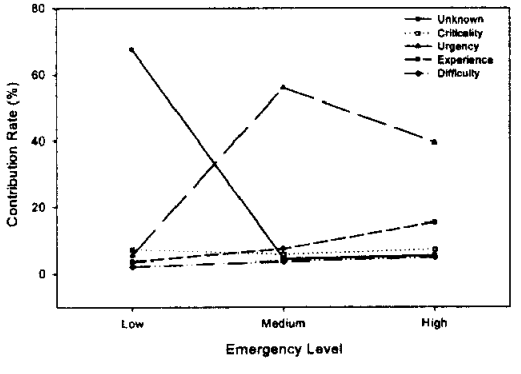


Fig.2 Result of factor analysis

중·고 위험수준에서의 시급성 요인이 리스크 이미지를 구성하는 최우선 요소로 확인되었음은 매우 중요한 사실로서, 비행임무 중에 항공기에 위급상황이 발생하면, 긴장이나 공포에 의해 당황하여 조급히 서두름으로 인하여 오히려 상황을 악화시키거나 적절히 대처하지 못해 중대한 항공사고로 이어질 가능성이 있을 것으로 판단된다. 그러므로, 향후 조종사의 안전교육은 이 시간적 압박감을 어떻게 극복하게 하느냐가 관건이라고 판단된다.

2.4.2 수량화 분석결과

위험수준에 대한 인지 위험도를 수량화 3류의 기법(大村, 1983)을 이용하여 분석한 결과의 예는 Fig.3, Fig.4와 같다. 여기에서 Fig.3은 숙련도에 따른 그룹간 위험 이미지의 상대적 군집관계를 나타내며, Fig.4는 위험 이미지를 구성하는 형용사 어휘들간의 상대적 군집관계를 나타내므로, 두 속성간의 대응관계를 이해할 수 있다. 여기에서 그림 속의 번호는 Fig.1에서의 31가지 형용사 어휘쌍을 가리킨다.이 결과를 살펴보면, 저위험수준의 경우 교관급 조종사(instructor)들은 다양한 리스크 이미지를 반영하고 있어 특별한 어휘군의 특성을 보이지 않은 반면, 편대장급(wingman) 조종사들은 시급성과 치명성을 표현하는 리스크 이미지가 많았고, 분대장(formation)과 요기 조종사(element)들은 미지성을 표현하는 리스크 이미지로 구성되어 있음을 알 수 있다.

중위험수준의 경우에는 교관 조종사들은 경험성과 미지성, 편대장들은 경험성, 분대장과 요기 조종사는 치명성과 시급성을 의미하는 리스크 이미지로 구성되었고, 고위험수준의 경우에는 Fig.3, Fig.4와 같이 교관 조종사

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

들은 경험성, 편대장이나 분대장급 조종사들은 시급성, 요기 조종사들은 치명성으로 리스크 이미지를 구성하고 있는 것으로 판단되었다.

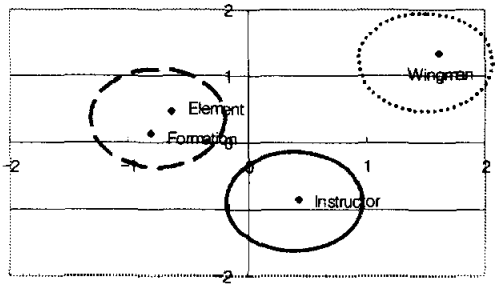


Fig. 3 Relationship of hazard cognition (high emergency level)

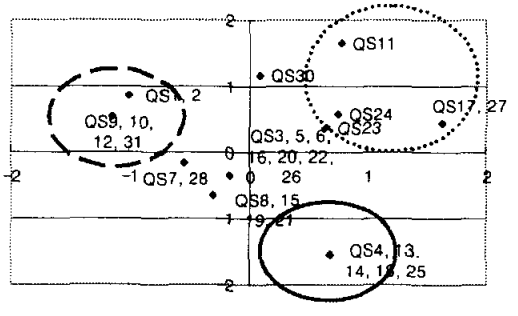


Fig. 4 Relationship of hazard adjectives (high emergency level)

요약하자면, 숙련도가 높을수록 위급상황이 발생하였을 경우의 올바른 상황판단과 조치, 의사결정을 위한 지식 등의 경험성과 시급성이 리스크 이미지의 주요 구성요소인 반면, 미숙련자일수록 당면한 상황이 잘못되었을 경우 발생할 수 있는 파급적 결과인 치명성이 주요 이미지 구성요소로 작용한다는 것으로, 이와 같은 경향은 이미 앞에서 2.3 절의 어휘 변화의 특성변화에서 살펴 본 바와 일치한다(岡本, 1992).

2.4.3 요인별 수량화 기여도

제시된 비상상황에 대하여 비행시간, 연령, 비행 중 비상상황을 경험한 빈도가 인지 위험도에 어떠한 영향을 미치는지 수량화 1류에 의한 분석한 결과에 따르면, 저위험수준에서는 Fig.5에서 보는 바와 같이 비상경험 빈도가 가장 크게 영향범위가 큰 것으로 판단되었고, 이러한 경향은 크기는 다르지만 중위험수준에 대해서도 유지되었다. 그러나, 정작 고위험수준에서는 Fig.6에서 보는 바와 같이 비상경험빈도보다도 비행시간의 영향범위가 큰 것으로 판단되어 훈련비행 동안의 다양한 경험과 지식이 조종사가 갖는 자신감에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

그러나, 위험수준에 관계없이 모든 상황에서의 인지 위험도와 비행시간과의 상관성은 비교적 낮았다($r=-0.507$).

3. 위급상황에서의 반응

3.1 모의실험

실제 위급상황을 조종사에게 부여하기는 곤란하므로, 현재 ○○비행단에서 운영하고 있는 항공기 시뮬레이터를 이용하여 비행훈련 도중 조종사에게 위급상황을 부여하고, 이 때 조종사의 생리적 반응을 측정하였다(Rolfe et al., 1973; Bortolussi et. al., 1986).

실험은 이륙, 상승, 임무 지역 진입, 임무

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

수행 및 비상상황, 귀환의 순으로 진행되었는데, 각 단위임무는 각기 다른 3 가지 수준의 난이도를 갖도록 조정하였고, 실험에서 부여된 비행 임무는 실제 조종사들이 훈련을 하고 있는 공대공 임무 중에서 공중 전투훈련, 전투 기동을 요하는 요격훈련, 공대지 임무 중에서 대지사격 훈련의 세 종류로 구성되었다.

시뮬레이터 탑승 30분 전에는 실험과 관련한 피실험자 주의사항 교육과 전극부착이 완료되었으며, 시뮬레이터 탑승 후 기준 전위를 측정하기 위하여 휴식 상태에서의 ECG가 10분간 측정되었다. 총 시뮬레이터 비행시간은 휴식 시간을 포함하여 1시간 06분 30초 이었으나, 실험 후에는 비행훈련 중에 발생한 위급상황에 대한 인지위험도와 리스크 이미지를 평가하였으므로, 이에 대한 평가 시간을 포함하면 1회의 실험에 대략 2시간이 소요되었고, 생리적 자료는 모든 실험 단계 내내 측정되었다.

피실험자로는 ○○전투비행단에서 비행훈련을 하고 있는 미숙련급 요기 조종사 5명이 참가하였는데, 실험은 하루 걸러 한 번씩, 1인당 3 가지 난이도에 대하여 1회씩 각각 다른 날에 실시되었다.

3.2 생리적 반응의 변화

측정된 HRV의 값에 대한 ANOVA 결과는 Table 3와 같다. 단순 HRV 값의 변동에 통계적으로 유의한 영향을 주는 요인은 위험수

항목	세부항목	수량화값	범위	수량화값 그래프 -30 -20 -10 0 10 20 30
비행시간	500 이하	-1.346	19	
	501~1000	-0.154		
	1001~1500	2.750		
	1501~2000	-6.119		
	2001~2500	13.660		
연령	25 이하	3.599	21	
	26~30	0.466		
	31~35	-19.262		
비상경험빈도	0	5.697	32	
	1	4.940		
	2	-11.066		
	3	-4.580		
	4	19.090		
	5	-13.663		
	6	-8.696		

Fig.5 Quantified value of affective factors on hazard cognition (low emergency level)

항목	세부항목	수량화값	범위	수량화값 그래프 -30 -20 -10 0 10 20 30
비행시간	500 이하	7.352	14	
	501~1000	1.891		
	1001~1500	-4.308		
	1501~2000	-3.133		
	2001~2500	-6.717		
연령	25 이하	-1.011	1.8	
	26~30	0.644		
	31~35	-1.223		
비상경험빈도	0	2.261	8.9	
	1	-2.278		
	2	-6.754		
	3	0.395		
	4	-2.376		
	5	2.004		
	6	1.769		

Fig. 6 Quantified value of affective factors on hazard cognition (high emergency level)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

준뿐인 것으로 판단되었으나($p<0.05$), 실제로 휴식상태에서의 HRV 값을 기준으로 정규화한 후 실험단계에 따라 증감을 비교한 Fig.7에 따르면 그림에서 보는 바와 같이 휴식에서부터, 정상비행, 위급상황, 그리고 실험 후 휴식에 이르기까지 HRV의 변화가 상당한 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.

통상 휴식상태에 비하여 작업부하가 증가하면 HRV가 감소한다고 알려져 있으나 (Boyce, 1974; Mulder, 1979), 그림에서 보는 바와 같이 비행중 중위험수준이나 저위험수준의 위급상황에 조우하게 되면 정규화된 HRV의 변화율이 정상비행상황일 때보다 증가한 반면, 고위험수준의 비상상황에서는 HRV의 값이 정상비행상황일 때보다 오히려 감소하였다. 그러므로, 조종작업으로 인해 이미 상당 수준의 작업부하를 경험하고 있는 조종사를 상정한다면 (Andrew, 1995; Veltman et al., 1998), 비행상황의 변화에 따른 단순 HRV의 변화율이 통계적으로 유의하지는 않았다 하더라도, 고위험수준의 위급상황에서 조종사들이 겪는 정신적·심리적 작업부하가 다른 위험수준에서의 작업에 비해 월등한 차이가 있는 것으로 판단되었다.

한편, 단순 HRV의 경우 피실험자 요인은 유의하지 않았던 반면, 피실험자×위급상황의 교호작용이 유의하였는데, 특정한 비상상황에 대한 시나리오를 수행하게 될 때, 피실험자들의 개인적 특성 등에 의하여 작업부하에 차이가 발생할 수 있다는 것을 암시한다(Damos, 1988). 그러므로, 각 조종사에게 비행임무를 부여할 때나 비행임무 후에 조종사 개개인의 비행임무에 대한 세밀한 특성파악이 관리적 측면에서 필요하다고 판단되었다.

Table 3 ANOVA on HRV

Source	SS	DF	MS	F	Signif.
Main Effect					
SUBJECT	586.290	4	146.572	.723	.589
E_SCENARIO	3716.416	2	1858.208	9.170*	.002
SITUATION	627.308	2	313.654	1.548	.243
2-Way Interactions					
SUBJECT×E_SCENARIO	5681.655	8	710.207	3.505*	.016
SUBJECT×PHASE	1272.754	8	159.094	.785	.623
E_SCENARIO×PHASE	357.387	4	89.347	.441	.777
Error	3242.162	16	202.635		
Total	20898.735	45			

* significant, $\alpha=0.05$

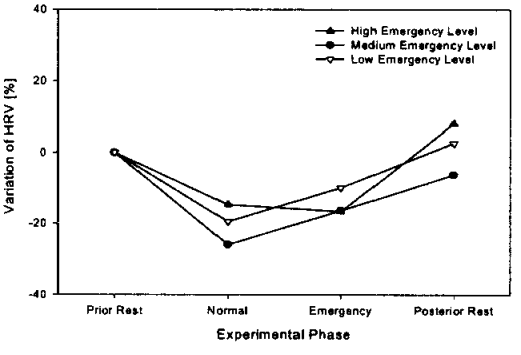


Fig.7 Variation of normalized HRV over experimental phase

4. 결론 및 추후과제

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 조종사들이 위급상황에 대하여 갖는

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

리스크 이미지의 주요 구성요인은 치명성, 시급성, 난해성, 미지성, 경험성 등으로 요약될 수 있으며, 리스크 이미지의 70% 이상을 설명할 수 있었다.

둘째, 위험도에 따라 숙련급 조종사가 갖는 리스크 이미지 요소와 비숙련급 조종사가 갖는 리스크 이미지 요소에는 차이가 있었다. 즉, 숙련급 조종사들은 경험성과 시급성을 주요 리스크 이미지 구성요소로 가지고 있는 반면, 비숙련급 조종사들은 치명성을 주요 리스크 이미지 구성요소로 가지고 있었다.

셋째, 저위험수준에서는 전반적으로 미지성과 치명성이 주요 리스크 이미지 구성요소이었으나,위험수준이 증가할수록 시급성과 경험성이 주요 요소로 부각되었고, 상대적으로 개별적 요소의 비중보다는 시급성, 경험성, 치명성 전반에 걸쳐 비중이 증가하였다.

넷째, 저위험수준에서 인지 위험도에 영향을 미치는 요소로는 비상경험빈도의 범위가 가장 컸으나, 고위험수준이 될 수록 비행시간의 영향범위가 큰 것으로 분석되어, 직접적인 위급상황의 경험유무보다도 많은 비행경험을 통한 간접적인 경험의 축적과 체득이 중요하다고 판단되었다.

다섯째, 중위험수준이나 저위험수준에서는 정상적인 비행단계에서보다 위급상황에서의 HRV가 증가하였으나 고위험수준에서는 오히려 감소하여, 통상적인 조종작업에서의 정신적 부하가 상당한 수준임을 간접적으로 확인할 수 있었다.

마지막으로, 피실험자×위급상황의 인자가 HRV에 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되어, 조종사 개인적 특성과 비행임무에 대한 양면적 분석이 동시에 이루어져야 한다고 판단되었으며, 이러한 시각에 입각하여 조종사의 안전교육도 이루어져야 한다고 판단되었다.

참고 문헌

Andrew, J. T., "Level of Operator Control and Changes in Heart Rate Variability during Simulated Flight Maintenance", *Human Factors*, Vol.37, No.4, pp.682-698, 1995.

Bortolussi, M.R., Kantowitz, B.H., and Hart, S.G., "Measuring Pilot Workload in a Motion Base Trainer", *Applied Ergonomics*, Vol.17, No.4, pp.278-283, 1986.

Boyce, P. R., "Sinus Arrhythmia as a Measure of Mental Load", *Ergonomics*, Vol.17, pp.177-183, 1974.

Damos, D.L., "Individual Differences in Subjective Estimates of Workload", in Human Mental Workload, edited by Hancock, P.A., and Meshikati, N., North Holland, 1988.

Mulder, G., Sinus-arrhythmia and Mental Workload, in Mental Workload: Its Theory and Measurement, edited by Moray, N., Plenum Press: New York and

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

London, 1979.
Roger, G. Green, Human Factors for Pilots, 1974.
Rolfe, J.M., and Lindsay, S.J.E., "Flight deck environment and pilot workload: Biological measures of workload", *Applied Ergonomics*, Vol.4, No.4, pp.199-206, 1973.
Roscoe, S.N., Aviation Psychology, Iowa State University, 1980.
Veltman, J.A., and Gaillard, A.W.K., "Physiological Workload Reactions to Increasing Levels of Task Difficulty", *Ergonomics*, Vol.41, No.5, pp.656-669, 1998.
Wiener, E.L., and Nagel, D.C., Human Factors in Aviation, Academic Press. Inc., 1988.
大村平, 評価と数量化のはなし, 日科技連, 1983.
岡本浩一, リスク心理学入門, サイエンス社, 1992.
岩下豊彦, SD法によるイメージの測定, 川島書店, 1983.
有馬哲, 石村貞夫, 多変量解析のはなし, 東京図書株式会社, 1987.
黒田勲監修, 日本航空医学実験隊, 飛行とこころ, 第2版, 鳳文書林, 1978.

저자 소개

◈ 김영관

공군사관학교 산업공학과를 졸업한 뒤 조종사로서 복무 중 항공안전과 인간공학에 관심을 갖게 되어, 충북대학교 대학원 안전공학과를 졸업했다. 현재도 공군장교로 복무중.

◈ 임현교

충북대학교 안전공학과 교수.
서울대학교 산업공학과와 한국과학기술원 산업공학과석박사 과정을 수료하고, 현재 일본 산업의과대학 인간공학연구실에서 방문연구원으로 수학중. 주요관심분야는 인간-시스템 의 안전, 인간과오의 심리생리학적 평가, 제품안전 및 제조물책임.

논문접수일 (Date Received): 2003/01/24
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/02/07

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.