

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2019.27.2.047>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

장시간 체공 항공기 조종사의 피로위험관리 적용 연구

김대호*, 이장룡**

A Study on Application of Fatigue Risk Management System for Pilot to Fly Longer Hours

Dae Ho Kim*, Jang Ryong Lee*

ABSTRACT

The development of the aviation industry and the changes in the military operation mission environment are demanding more long - distance operation (long - time flight), and such a flying environment is a risk factor for fatigue - related accidents. For the aviation related organizations such as ICAO and FAA, fatigue risk management system (FRMS) are applied along with flight time restriction regulations to prevent fatigue related accidents. The most important process in FRMS is fatigue risk management. Fatigue risk management systematically manages fatigue through scientific fatigue risk data collection and fatigue risk assessment. The purpose of this study is to applicate the assessment of scientific fatigue risk management to pilots of airplanes engaged in long flight. We reviewed the current state of risk management and FRMS through previous research. We also developed fatigue risk management indicators and examined the validity of internationally recognized fatigue risk data collection methods and fatigue risk assessment tools. There are 134 mission (flight) data used for development. In order to verify the indicators, the fatigue risk score between the items was assigned through pair-wise comparison. In addition, the verify test results were normalized.

Key Words : Aviation Safety(항공안전), Fatigue Risk Management System(피로위험관리시스템), Risk Management(위험관리), Fatigue Risk Assessment Tool(피로위험평가도구), Long Time Flight(장시간 비행)

1. 서 론

장시간 비행은 피로를 증가시키며, 피로는 비행

사고의 잠재적 원인으로 나타나기 때문에, 이와 같은 이유로 ICAO, FAA 등 민간항공분야에서는 피로관련 항공사고의 예방을 위한 FRMS(Fatigue Risk Management System, 피로위험관리시스템) 도입 노력을 진행 중에 있으며[1][2], 군 항공분야에서도 피로위험관리를 위해서 관련규정을 정하고, 과학적인 노력을 하고 있다[3].

그러나, 항공 산업의 발전과 군 작전임무환경 변화는 장시간 운항(체공)을 더욱 요구하고 있다. 매년 집계되는 항공통계 현황을 살펴보면, 민간

Received : 18. Dec. 2018. Revised : 07. May. 2019.

Accepted : 18. Jun. 2019

* 공군 항공안전단

** 한국항공대학교 항공운항학과 교수

연락처자 E-mail : daehoda@hanmail.net

연락처자 주소 : 우)07056, 서울 동작구 여의대방로

22길 77 동작우체국 사서함 8호, 공군 항공안전단

부분 항공 산업의 발전과 항공 여행객 수 증가로 항공교통량은 계속해서 늘어나고 있다[4]. 또한 미래전은 빠른 작전템포 요구로 인해 속전속결로 이루어지는 특징과 전투공간이 확장되어 지상·해상·공중·우주·정보영역 등 다차원적인 측면에서 수행될 것을 예상되기 때문에 공중전력에서 미래전을 준비하기 위해서는 발달된 지휘통제, 정확한 감시·정보획득 및 신속한 인력·군수지원 능력을 갖추고 성공적 임무완수를 위해서 부득이하게 장시간 체공·비행하게 된다[5]. 이러한 작전환경 변화에 따른 최신기종(감시통제기, 공중급유기 등)의 등장은 임무시간의 연장을 가져오며, 임무형태의 다양화는 조출, 만퇴, 야간비행 등 비행계획에 영향을 주어 조종사의 Circadian Rhythm을 교란시켜 피로를 가중하게 하는 등 비행사고의 위험성을 높이고 있다.

이러한 항공분야 환경적 변화에 대응하고 비행안전을 위해서 피로위험관리는 필요하며, 임무특성에 맞는 과학화된 피로위험관리를 위한 Tool 개발 및 적용 연구가 요구된다. 이에 본 연구에서는 선행연구의 문헌분석을 통하여 위험관리 현황과 FRMS를 고찰하고, 국제적으로 공인된 데이터 수집(수면 현황, 각성/졸리움 sheet 등) 및 피로위험 평가 Tool 고찰을 통하여, 한국 공군형 피로위험관리 지표를 개발하고 타당성을 검증하고자 한다.

II. 비행과 피로

인간은 작업과 관련된 수행에 있어서 생리적으로 피로감을 느끼게 되는데, 이때 피로는 수면부족, 과도한 각성 또는 신체활동 결과로 발생하는 정신적 또는 신체적 기능이 저하된 상태이다[6]. 피로는 조종사의 항공 안전운항 또는 안전관련 근무의 수행능력을 저하시키며, 사고를 발생시키는 주된 원인중 하나로 작용하기 때문에 민·군 항공관련 기관에서 피로관련 사고를 예방하기 위하여 비행시간의 한계를 규정(FAA AC 120-100, AFI 11-202) 하고 있다[7]. 한국 공군의 경우도 다른 항공기관의 사례처럼 일일 비행시간을 제한하고 휴식시간을 보장한다. 또한 일일 최대 비행소터를 제한하고, 개인별 Turn Around 시간을 보장하고 있으며, 그리고 시차제 운영을 통해 출근 및 퇴근 시간을 탄력적으로 운영하고 있다. 또한 최대 근무시간을 규제해 휴식 및 수면시간을 보장하고 있다[8][9].

피로관련 대표적인 국내 비행 사고사례(국토교통부 항공·철도조사위원회 결과보고서 중 4건 : 국적사 대형사고 사례 2건, 국내 발생 피로원인 사고사례 2건)와 국외 민간항공사고 사례(ASN ; Aviation Safety Network)에 기록된 1990년 이후 발생한 사고 중 '조종사 피로'가 직접적인 원인으로 작용한 11건)를 고찰해보면 대부분이 조종사의 비행근무시간 관리 미흡과 같은 피로 관리가 적절하게 이뤄지지 않은 것으로 나타난다[10][11]. 즉 장시간 비행에서의 피로에 의한 사고는 항상 발생할 수 있는 사고이므로 비행안전 예방측면에서 제도적 피로관리가 필요하다. 이로 인해 나타나는 피로에 대한 대표적인 대응방안은 비행시간을 제한하고 휴식시간을 보장하는 근무 스케줄 조정·통제 방식이며, 일반적으로 비행시간에 대한 제한은 운영기관의 규정으로 정립하고 있다.

전통적인 피로관리는 노동시간을 제한하는 방식으로 최대 비행·근무시간의 제한과 근무시간 중 또는 근무시간 사이의 휴식시간을 보장하는 획일적 방식인데 반해서, FRMS은 피로의 과학적 지식을 적용한 것으로, 피로 유발요인에 대하여 운영상황의 차이와 승무원 개인별 차이를 고려한 체계적 접근 방식이다[12].

ICAO SARPs(Standards and Recommended Practices)에서는 해당 소속국가의 사업자가 당국에서 정해놓은 비행시간 및 휴식시간에 대한 시간규정이나 FRMS 운영 규정 중 하나를 반드시 준수하여야 함을 요구한다. 만일 FRMS를 운영하는 경우 SMS의 4개 기본요소(안전정책, 위험관리, 안전보증, 안전촉진)에 따라 시행해야 하며, 주요 준수사항으로는 과학적 원리 및 지식을 기반으로 FRMS 구축, 피로관련 안전 위험요소 및 초래된 위험을 상시 식별, 위험요소 및 초래된 위험을 완화하기 위한 즉각적인 필요조치 실행, 필요조치가 피로관련 위험을 완화시키는지에 대한 지속적인 감시 및 정기적인 평가, 운영 중인 FRMS의 전반적인 성과에 대한 지속적인 개선 추진 등 이다[13].

III. 피로위험관리

FRMS에서 피로위험관리 과정은 SMS 수행상 조종사의 피로와 관련된 위험관리가 초점이기 때문에 피로위험관리 과정은 SMS 위험관리 과정과 동일한 절차를 따른다. 즉, FRMS는 기존

조직 내에서 운영하고 있는 안전관리 프로그램과 연동되어 운영되어야 하며, 조직의 특성에 맞는 피로위험관리를 위한 Tool 개발과 구체화된 절차와 같은 과학적 접근방식을 적용하는 것이 매우 중요하다. FRMS는 데이터 기반 절차이기 때문에 피로위험에 대응하기 위한 임무요원(조종사 등)의 피로위험 관련 데이터 수집과 분석평가 Tool에 대하여 고찰하고 적용방안을 검토하는 것이 필요하다.

3.1 피로위험 데이터 수집

ICAO Doc 9966(2012)에서는 조종사 피로위험 데이터 수집을 위해 과학적 연구 방법에 기반을 둔 데이터 수집 5단계 프로토콜을 제시하고 있다[14].

첫 번째 단계로 기초 배경 조사는, 인구 통계학적 요소 및 비행 경력과 관련한 기본적인 요인을 측정하는 것으로서, 평상시 휴식기간 중 일반적인 수면, 근무 기간 중 수면 패턴 등을 측정한다.

두 번째는 주관적 졸음 및 각성 평가 단계로, 조종사가 자신의 졸음 정도 및 각성 정도를 주관적으로 실시간 평정하는 단계로서, 일반적으로 The Karolinska Sleepiness Scale(KSS)와 The Samn-Perelli Fatigue Scale을 사용한다.

세 번째는 수면 및 활동 일지를 작성하는 단계로, 수면에 들어간 시간, 기상 시간, 주관적 수면의 질, 음주량, 낮잠 등 다양한 정보를 기재한다. 수면 및 활동 일지 작성을 통해, 개인의 수면 및 활동 패턴과 특이사항 등을 이해 할 수 있다.

네 번째는 수면데이터 수집 단계로, 과학적 연구에 기반한 객관적인 데이터를 수집하여 개인의 주관적 관점을 보완하기 위함이다. 현재 보편적으로 활용되고 있는 수면데이터 수집 장치는 편의성을 고려한 손목형 수면-각성 측정장치로서 객관적인 수면 데이터(총 수면 시간, 평균 수면시간, 평균 수면 잠복기, 수면 효율, 수면 중 뒤척임 빈도 등)를 수집한다. 실제 수면측정의 최적표준은 표준 수면다원검사법이지만, 편의성이 떨어지고 데이터 수집에 한계가 존재하기 때문에 Ancoli-Israel(2003)에 의해서 표준 수면다원검사와 상관관계가 높게 확인된 손목형 수면-각성 측정장치(acti-graphy) 데이터를 사용하고 있는 경향이다[15]. 자료의 정확한 분석을 위해 수면일지와 함께 분석하는 것이 유용하다.

마지막으로 수행도 수준 측정 단계는, 피로의 영향으로 나타나는 간단한 반응 속도를 측정하는 실험으로 각성 상태에 따른 집중도를 살펴볼 수 있다. 항공 자료 수집에서 인지적 수행수준을 측정하는 평가로 Psychomotor Vigilance Test(PVT)가 자주 사용되고 있다.

3.2 피로위험 평가 Tool

수집된 조종사 피로위험 데이터는 피로위험 평가를 실시하여야 한다. FRMS에서는 위험관리 과정은 설명하고 있어도 피로위험 평가 Tool과 지표 관련 내용이 미흡하다. 이는 FRMS를 운영하고자 하는 조직이 자신의 조직에 맞는 객관적이고 과학화된 Tool을 개발·채택, 활용하여야 함을 의미한다. 현재 개발되어 있는 피로위험 평가 Tool은 Spencer, Rovertson & Folkard(2006)에 의해 개발된 영국 HSE(Health & Safety Executive)의 FRI(Fatigue Risk Index)[16]와 미 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)에서 개발된 피로에 의한 업무부담(Workload)를 주관적으로 판단하는 NASA-TLX가 있다[17]. 항공분야에서 적용하고 있는 대표적인 피로위험평가 Tool은 IATA(2015)와 미국 공군 AvORM(Aviation ORM)의 피로위험 평가 지표가 있다[18][19].

첫째로, FRI는 피로위험과 관련된 실질적인 근무시간, 휴식시간, 수면시간 등을 확인하고, 피로에 영향을 주는 Workload, 작업 시 주의정도, 직장까지의 출퇴근 시간 등에 대해서 종합적으로 계산한다. FRI는 교대근무형태의 직업군을 비롯한 제조업에 주로 적용되며, 그 결과는 KSS(The Karolinska Sleepiness Scale, 각성도 평가) 결과와 병행함으로써 신뢰성 있는 피로위험 평가 결과를 도출할 수 있다.

두 번째로, NASA-TLX(Task Load Index)는 1980년대 초반에 개발한 주관적 직무 난이도 평가방법으로, 수행도 평가와 함께 측정되는 설문 도구이다. 이는 피로에 의한 Workload의 간접적인 측정방법이다[20].

세 번째로, 민간 항공분야에서 주로 적용하는 IATA 피로위험 지표는 수면시간 부족으로 나타나는 수면 빚(Sleep debt) 영향, 깨어 있는 시간(Wakefulness), 시차와 생체리듬 관련(Circadian Rhythm), 그리고 비행에 관련된 Workload 항목을 위험도 점수화하여 활용하고 있다.

마지막으로, 미국 공군 ORM 프로그램 중 비행분야 AvORM(Aviation ORM)이 있다. 피로평가항목은 근무일수, 수면시간(누적, 최근), 수면의 질, 시차와 같은 피로 직접요인에 대한 위험도를 기본적으로 평가하고, 피로의 간접요인으로 근무시간, 초과근무, 음식 및 물 섭취 여부에 따라 위험도를 추가하고 있다.

IV. 피로위험평가 지표 개발

4.1 연구방법 및 표본

피로위험관리 대상은 장시간 체공 항공기(감시·정찰, 공수 임무) 운영 조종사이다. 감시통제기의 경우 24시간 영공을 연속하여 비행하여야 하는데 1회 임무시 보통 8시간이상 장시간 비행하게 되며, 임무특성에 따라 기종도 다양하다. 공중급유기의 경우 또한 임무시간 연장을 위해 장시간 비행하며, 중대형 수송기의 경우, 연합훈련 및 해외임무 등 장거리 공수임무 등으로 장시간 비행하게 된다. 장시간 체공이라함은 연속 비행 8시간 혹은 일일 8시간이상의 임무를 수행하는 것을 말한다. 피로데이터는 기초배경 조사, 수면시간 조사, 수면 질 및 각성도 조사, 수면 및 활동 일지를 활용하였다.

기초배경 조사 내용은 수집된 데이터의 통계적 분석을 위한 기초 자료로 활용되며, 수면 시간(양)·질 및 각성도 조사는 수면의 전반적인 내용으로써 피로위험을 판단하는 지표로서 활용되며, 이러한 내용은 수면·활동일지를 통해 객관화 한다. 수면·각성 측정장치(Acti-graphy)와 표준 수면 다원검사법에 의한 수면데이터 수집은 과학적인 방법이기 하나 거부감과 적용 제한점이 있으며, PVT에 의한 수행도 평가는 공군에서 적용한 실험결과를 전제할 때 착용 거부감 및 개인정보에 대한 보안문제 등 현장적용 제한점이 많은 것으로 판단하여 이번 연구에서는 제외한다[21][22].

본 연구에서 활용할 기본 데이터는 비행자적, 근무경력, 성별, 결혼 유무, 자녀 유무, 가족 수, 수면·활동일지이다. 데이터의 수집은 안전실사를 통해 현장방문 시 관련 연구취지와 내용을 자세히 설명하고 무기명으로 실시하였고, 2~3일간 연속데이터를 수집하여 데이터의 신뢰성을 높였다. 5개 기종(장시간 체공항공기 운영부대)을 대상으로 '18년 6월에서 9월까지 데이터를 수집하

였으며, 인터뷰를 병행 실시하였다. 총 획득 데이터는 134개이며 Table 1과 같다.

Table 1. Independent Variable of Fatigue Risk Data

	Item (N=numbers)			
	IP (N=28)	MP (N=47)	CP (N=46)	Etc (N=13)
Flight Certification				
Career	2~5yr (N=63)	6~9yr (N=47)	10~15yr (N=22)	16≥yr (N=2)
Gender	Male (N=125)	Female (N=9)		
Marital Status	Marriage (N=75)	Single (N=59)		
Children Status	Yes (N=48)	No (N=86)		
Family Size	1 (N=56)	2 (N=28)	3 (N=28)	4≥ (N=22)

4.2 피로위험평가 항목

피로위험평가 항목은 AvORM 피로 평가 항목을 참고하였는데, 이는 항공분야 위험관리 절차인 ORM을 기준으로 개발된 Tool로 군 항공분야의 특성을 고려하고 있기 때문이다. 평가 항목은 공군의 임무특성과 환경에 맞추어 피로와 관련된 야간비상대기·작전과 참모근무 횟수, 수면시간(누적 수면시간, 최근 각성시간, 최근 수면시간), 수면 질(Quality) 항목 등 피로와 직접 관련있는 항목을 기본항목으로 설정하고, 또한 조출 및 야간비행 여부, 초과근무(비행준비를 위한 야근 실시), 음식 섭취(아침식사 여부), 물 섭취 여부 등 피로에 부가적으로 영향을 주는 항목을 추가적으로 판단한다[Table 2].

Table 2. Fatigue Risk Factors

	Contents of Explanation
	Basic Risk Factors
Additional Risk Factors	Sleep in Last 12 hrs Sleep Quality Show time before 0400/Land after 2200 Land w/>10hrs duty day(Over Work) Not eaten well Dehydrated

4.3 피로위험평가 지표

평가항목의 피로위험도 점수는 Edwards(1994)의 항목 간 쌍대비교(Pair-wise Comparison)를 통해 항목별 피로위험 점 배점을 차등화 적용하기로 한다[23]. 이를 위해서 피로관련 데이터를 수집한 후 공군 항공안전단 및 안전전문가(안전교육 교수, 연구원, 조종사 등 포함) 20명, 현장 조종사 10명, 총 30명을 대상으로 쌍대비교(0, 1) 분석을 실시하였다. 쌍대비교를 위한 f_{ij} 의 f matrix는 수식(1)과 같다.

$$\begin{pmatrix} f_{11} & f_{21} & f_{31} & \cdot & f_{i1} & \cdot & f_{n1} \\ f_{12} & f_{22} & f_{32} & \cdot & f_{i2} & \cdot & f_{n2} \\ f_{13} & f_{23} & f_{33} & \cdot & f_{i3} & \cdot & f_{n3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ f_{1j} & f_{2j} & f_{3j} & \cdot & f_{ij} & \cdot & f_{nj} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ f_{1n} & f_{2n} & f_{3n} & \cdot & f_{in} & \cdot & f_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

이때 확률 값 P_{ij} 는 수식(2)과 같이 정의한다.

$$P_{ij} = \frac{1}{N} f_{ij} \quad (2)$$

최종 쌍대비교 결과 값은 표준정규 분포함수 값인 Z_{ij} 로서 Z matrix는 수식(3)과 같다.

	1	2	3	·	i	·	n
1	Z_{11}	Z_{21}	Z_{31}	·	Z_{i1}	·	Z_{n1}
2	Z_{12}	Z_{22}	Z_{32}	·	Z_{i2}	·	Z_{n2}
3	Z_{13}	Z_{23}	Z_{33}	·	Z_{i3}	·	Z_{n3}
·	·	·	·	·	·	·	·
j	Z_{1j}	Z_{2j}	Z_{3j}	·	Z_{ij}	·	Z_{nj}
·	·	·	·	·	·	·	·
n	Z_{1n}	Z_{2n}	Z_{3n}	·	Z_{in}	·	Z_{nn}
Sums	$\sum Z_{1.}$	$\sum Z_{2.}$	$\sum Z_{3.}$	·	$\sum Z_{i.}$	·	$\sum Z_{n.}$
Mears	$\bar{Z}_{1.}$	$\bar{Z}_{2.}$	$\bar{Z}_{3.}$	·	$\bar{Z}_{i.}$	·	$\bar{Z}_{n.}$

(3)

쌍대비교 결과는 Table 3과 같다. 음식 섭취 여부를 제외하고는 피로 직접요인과 거의 유사한 결과를 나타내었다. 추가 피로위험항목(부가항목)의 위험도는 쌍대비교 분석 결과 값을 적용하였다.

Table 3. Result of Pair-wise Comparison

Factors	Basic Factors	Additional Factors			
		Show time	Over work	Not Eaten	Dehydrated
Com- pison	1	0.92	0.88	0.1	0.8

피로위험평가 지표를 활용하여 134개 데이터를 적용한 결과, 평균 4.61점(표준편차 1.714)으로 나타났으며, Fig 1과 같다.

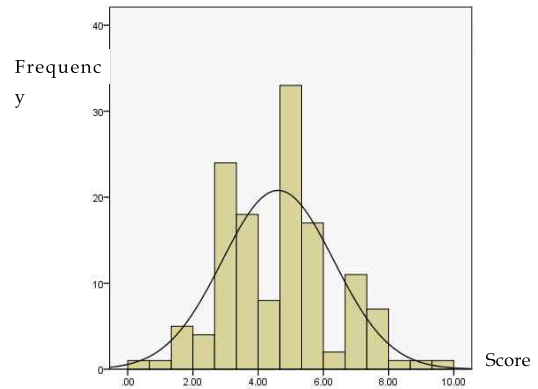


Fig 1. Result of Fatigue Risk Assessment

평가결과와 정규화 검정은 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 적합도 검정을 통하여 SPSS로 정규분석 검정을 실시하였다[24]. K-S Z 통계량은 1.241이며, 이에 대한 확률 값은 0.092로 나타났다. 따라서 현장에서 얻어진 데이터는 정규분포를 따르는 것으로 나타났으며, 정규화(Normalizing)를 적용할 수 있다. 최종 점수에 의한 평가결과는 위험에 대한 단계별 조치기준을 설정하기 위해서 위험도 측정 Scale을 5구간으로 피로위험 수준을 구분하였다. 평가결과와 정규화 적용에 대한 검증과 위험도 구간 설정 방법론은 2차레에 걸친 연구 검토회의(1차: 4월 6일, 2차: 8월 1일)에 참가한 항공안전분야 경력 10년 이상의 박사급 외부 자문위원들(9명)을 통해서 그 방법과 타당성을 인정받았다. 피로위험 5구간으로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 피로위험 수준이 심각하게 높게 나타난 경우(심각 단계)가 3건, 중간보다 높은 위험 수준은 19건 등으로 나타났다. 최종 결과에 따른 조치 기준은 임무대대의 현황을 고려하여 조정 할 수 있다.

Tabel 4. level of Fatigue Risk Assessment

	None	Low	Middle	High	Severe
Level	0< Score ≤1	1< Score ≤3	3< Score ≤6	6< Score ≤8	8< Score
Score (N)	1	30	81	19	3

이상으로 개발된 피로위험 지표는 Table 5와 같다.

Tabel 5. Fatigue Risk Evaluation Index

Fatigue Risk Factors	LOW	MID	HIGH
	GREEN(0)	YELLOW(1)	ORANGE(2)
Number of emergency stand-by during the past week, staff duty Number of Do Duties	2 time	3 time	More than 4 time
Hours of Sleep for the last 3 days(72Hours)	> 18 Hours	15-18 Hours	< 15 Hours
Waking Hours for the last 1.5days(36Hours)	< 23 Hours	23-28 Hours	> 28 Hours
Hours of Sleep for the last 12 Hours	> 6 Hours	4-6 Hours	< 4 Hours
Quality of Sleep	Good	Mid	Bad
	Score		
Additional Categories			Risk Level
Early, late working hours : Coming to work early or Overnight Flight			+0.92
Overtime : overtime to prepare for flight			+0.88
Food intake : Breakfast			+0.1
Water consumption : more than 1L of water consumed per day			+0.8
Final Score**			
** Final Score(Fatigue Results)			
Over 9 : Critical Level → Cancellation			
7-8 : High Level → Consider Cancellation or provide reinforcement			
4-6 : Mid Level → Adjust level of difficulty			
-1-3 : Low Level → Briefing : Check related items			
0 : No Noticeable → Normal operation			

결과 값은 일원배치 분산분석법(ANOVA)에 의해 분석된 자격간 차이(F=0.582, P=0.628), 근무 경력간 차이(F=0.023, P=0.995), 가족 수에 의한 차이(F=0.515, P=0.673)과 T-test에 의해 분석된 성별에 의한 차이(t=0.057, P=0.955), 결혼유무에 의한 차이(t=1.329, P=0.186), 그리고 자녀유무에 의한 차이(t=0.428, P=0.669)는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한 데이터를 수집한 5개 기종(대대)간 차이(F=1.113, P=0.353) 결과도 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 통해서 유추해보면 독립변수(비행자격, 근무경력, 성별, 결혼유무, 자녀유무, 가족 수, 기종/운영대대)에 의해서 평가항목 결과가 영향을 받지 않는 것으로 나타나, 본 연구에서 개발된 피로위험평가지표는 한국 공군에 적용할 만 한 것으로 사료된다. 다만 본 연구의 결과는 실험적 적용이므로 향후 표본수를 늘여 일반화할 필요가 있다.

V. 결 론

변화하는 항공환경에 조종사 피로는 불가피하게 관리해야할 위험요소임은 분명하다. 그러나 현재까지 피로에 대한 문제는 개인적인 관리영역에서 다루어져 왔었기 때문에 피로에 의한 사건사고가 발생할 시 관리하지 못한 조종사 개인의 책임으로 치부하는 경향이 있으며, 이러한 시각으로는 피로에 의한 문제를 근본적으로 예방하거나 해결할 수 없다. 그렇기에 피로와 안전관련 위험요소는 조직적 차원에서 관리해야 할 문제 중 하나로 파악해야 하며 관련 자원을 효율적으로 배정해야 한다.

본 연구에서 개발·적용된 피로위험 데이터 수집방법 및 피로위험평가 지표 등의 위험관리 절차 방법은 피로를 조직적·과학적으로 대응하기 위한 좋은 가이드로 사료된다. 단, 본 연구에서의 제한점은 피로위험 데이터 수집시 수집방법의 애로점 때문에 Actigraphy나 표준 수면다원검사법에 의한 수면데이터 수집과 분석방법을 채택하지 못하였다. 선행연구인 Lee(2016)의 결과에서도 일부 유용한 결과자료가 제시됨에도 불구하고, 연구 참가자들이 익숙하지 않은 장비에 대한 측정데이터 신뢰성의 문제점(측정 중단, 이격, 수면일지와 맞지 않는 결과, 데이터 저장오류 등)과 현장연구 통제 한계 등을 제기하고 있다. 향후 보다 심도 있는 과학적 피로관리를 위해서 미국 공군 AvORM에서 적용하고 있는 SAFTE(Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness)와 같은 모델을 한국 조종사용으로 적용하여 검증할 필요가 있다[25]. 또한 수집방법의 발전 및 고도화를 통해, 보다 쉬운 데이터의 수집과 과학적 분석도구의 제공, 개인 데이터 보호를 위한 보안솔루션 개발, 그리고 대상자들의 편하게 사용할 수 있는 인터페이스(Interface) 기기로의 적용이 필요하다.

후 기

2018 한국항공운항학회 추계학술대회 발표논문 수정 보완하였음

Reference

- [1] ICAO. Fatigue Risk Management Systems, 2011.
- [2] FAA. Fatigue Risk Management Systems for Aviation Safety, FAA AC 120-103A, 2013.
- [3] US AF. General Flight Rules, AFI 11-202, 2010.
- [4] Korea Civil Aviation Association. Aviation Statistics, 2017.
- [5] Panjun Kwon. A Study on the Need of Strategic Transport System for Korean Peninsula, Mokwon Univ, 2009.
- [6] Seunghoon Lee & Bongsu Yun. A Study on the Optimal Flight Time According to the Amount of Fatigue, Journal of the Military Operations Research Society of Korea, 24(1), 1998, pp41-57.
- [7] FAA. Basics of Aviation Fatigue, Technical Report, FAA AC 120-100, 2010.
- [8] ROKAF. Safety Rule, 2018.
- [9] ROKAF. Safety Guidebook, 2018.
- [10] KARAIB(Korea Aviation and Railway Accident Investigation Board). <http://www.araib.molit.go.kr>.
- [11] ASN(Aviation Safety Network). <http://www.aviation-safety.net>.
- [12] ICAO. FRMS Manual for Regulators, 2012.
- [13] IATA. FRMS Implementation Guide for Operators, 1st Edition, 2011.
- [14] ICAO. Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches, ICAO Doc 9966, 2012.
- [15] Ancoli-Israel S. et al., The Role of Actigraphy in the Study of Sleep and Circadian Rhythm, American Academy of Sleep Medicine Review Paper, Sleep, 26(3), 2003, pp342-392.
- [16] Spencer M.B, Roveverson, K.A & Folkard S. The Development of a Fatigue/Risk Index for Shift Worker, Health and Safety Executive Report no 446, 2006.
- [17] Wondea Jung, Jonghyun Ko, Jinkyun Park, Sanglog Kwak, Seoungsu Lim. Task Load Analysis of KTX Operation by Using NASA-TLX Method, The Korean Society for Railway Fall Conference, 2006.
- [18] IATA. Common Protocol for Minimum Data Collection Variables in Aviation Operations, 2015.
- [19] US AF. Aviation Operational Risk Management (AvORM) Program, MACI 90-903, 2018.
- [20] Asit D. & Danny D.M. Sensitivity and Diagnosticity of NASA-TLX and Simplified SWAT to Assess the Mental Workload Associated with Operating and Agricultural Sprayer, Ergonomics, 53(7), 2010, pp848-857.
- [21] Dongsoo Kim & Woolil Lee. Development of Evaluation System for Aviation Mission Suitability Developing on Pilot's Alertness and Physiological Stability Level, Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, 18(6), 2015, pp789-796.
- [22] Kangjun Lee. A Study on the Establishment of Korean type Fatigue Management System, MOLT, 1994.
- [23] Edwards, A. L. Techniques of Attitude Scale Construction, IRVINGTON PUBLISHERS, INC, 1994.
- [24] <http://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- [25] Hursh S.R, Redmond D.P, Johnson M.L, Thorne D.R, Belenky G, Balkin T.J, Fatigue Models for Applied Research in Warfighting, Aviation Space Environ Med, 75(3 Suppl), 2004, A44-A53.