

<해설>

조종사의 피로와 안전운항에 대한 고찰

박용섭*

A Study on Pilot Fatigue Relating to Safety Operations

Y. S. Park

Abstract

There is a concern in the aviation community that pilot schedules can lead to fatigue and increased chance of an aviation accident. Yet despite this concern, there is little empirical studies showing the relationship between pilot fatigue and commercial aviation accidents. At this point of view, countering fatigue is a challenging proposition in complex aviation operations. However, with appropriate planning, many strategies can contribute to pilot alertness and flight safety. With proper education program, sustaining a physiological fit, a right knowledge about pilot fatigue can design a safety operations. On this study, I inquire into the ways of enhancing pilot's efficiency from fatigue.

Keywords: Fatigue(피로), Long, short-haul flight(장, 단거리운항), Sleep loss(수면부족), Circadian rhythm(24시간 주기의 리듬)

I. 서 론

조종 업무는 그 자체가 갖고 있는 특성상 피로(fatigue)를 창출한다. 하지만 조종 업무에 있어서 피로를 완전히 제거하는 것은 불가능하다. 불행하게도 낮과 밤의 다양한 시간대에 안전하고 효율적으로 임무를 수행하는 것이 요구되는 조종사들은 단거리 운항이나 장거리 운항 중 한 부분이 되는 피로를 다루는 즉효약이나 해결책을 갖고 있지 않다. 단지 조종사들은 피로가 항공 교통의 한 부분이라는 사실을 받아들여야만 한다. 또한 조종사들은 그들의 업무 시간 동안 피로를 느끼게 됨을 기대하고 그것이 발생시킬 수 있는 문제들에 대해 직시해야만 한다.

일반적인 개념으로 묘사되는 사전적 의미의 피로는 격심한 활동의 결과로부터 오는 육체적, 정신적인 피곤함(weariness)이나 기진맥진함(exhaustion)이다. 그리고 오랜 기간의 과도한 업무나 자극으로 인한 생체나 유기적 조직체의 정상적인 기능의 저하나 무력감이다[1]. Bartley and Chute(1947)는 또 다른 개념으로써의 피로를 모든 사람이 생활에서 느낄 수 있는 불쾌한 경험이라고 했다. Dr. Kenneth Bergin(1999)은 그의 저서 Aviation Medicine에서 피로를 일의 능률 저하, 의욕 상실, 부정확성, 게으름, 따분함, 성취감의 쇠퇴 등을 통해 주어진 업무를 수행하는 능력의 점진적인 저하로 묘사했다. 결국 피로는 경험함으로써 모든 사람에게서 나타나는 감정의 표현이다. 피로를 느끼게 하는 대부분의 경우는 수면 주기의 불규칙함, 과도한 업무, 불규칙적인 24시간 주기의 리듬(circadian disrhythmia),

* 한국항공대학교 대학원 항공교통학과
연락처 E-mail: spark@hau.ac.kr

그리고 단순한 지루함(boredom)과 같은 상황이다[2].

조종사들의 피로는 항공 안전(safety operations)과 효율성에 반하는 위협요소이다. 민간 항공에서 흔히 있는 일정하지 못한 생활 주기, 불충분한 수면들, 예측할 수 없는 업무 시간 등 업무와 관련된 피로가 점점 더해지고 있기 때문에 조종사의 피로는 현대의 항공 운항에서 가장 심각한 문제 중 하나이다. 특히 오늘날의 항공 분야는 증가하는 교통량과 항공기의 대형화, 고성능화 추세로 인하여 야간 및 장거리 비행의 수요가 더욱 증가되고 있으며, 항로의 혼잡, 기기의 고장, 기상악화로 인한 운항 지연과 같이 비행 스트레스와 피로감을 증가시키는 요인이 산적해 있다. 조종사의 피로는 사업용 운항이 시작한 때부터 문제시 되어왔다. 조종사나 운영자 모두 그 피로의 존재에 대해서 오래전부터 인식해왔지만, American International Airways Flight 808편이 1993년 8월 18일 Guantanamo Bay에서 추락했을 때야 비로소 NTSB(National Transportation Safety Board)에서는 피로를 사고의 '가능한 원인'(probable cause)이라고 공식적인 발표를 했다(NTSB/AAR-94/04). 이 사고의 '가능한 원인'은 피로에 의한 판단 및 의사 결정의 장애, 조종사나 승무원의 운항 업무의 장애를 포함한다. 가장 최근까지도 피로를 사고의 '가능한 원인'이라고 단정 지어 말하지 못했던 것은 아직 아무도 운항 중 피로에 대해서 정확히 정의 내릴 수 없기 때문에 피로가 사고의 '가능한 원인'이 될 가능성으로써 고려되지 못한다는 것이었다.

피로, 수면부족, 교대업무, 24시간 주기의 생리 등 과학적인 이해가 여러 해 동안 상당히 발전되었지만, 현재의 규정과 실행이 과학적이고 생리학적인 지식을 적절하게 조화시키는데 많이 부족한 형편이다. 그러므로 조종사 피로의 문제는 항공 안전과 관련되어 끊임없이 증가하고 있다. 조종사들의 보고와 사고의 통계, 연구들은 모두 피로가 항공 운항에 있어서 큰 관심사로 자라고 있음을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존에 연구된 조종사의 피로에 관한 문헌을 바탕으로 조종사 직무와 관련되어 신체 생리학적인 측면에서 기인되는 피로의 요소, 원인, 사고 사례 등을 알아보고, 사고를 방지하기 위해 피로를 줄이는 대책을 정리, 제시함으로써 미래의 항공 산업에 안전을 저해하는 요소를 다시 한 번 검토 하고자 한다.

II. 조종사의 직무

조종사는 여객기, 전투기, 경비행기 등 다양한 기종의 항공기를 이용하여 조종과 다양한 업무를 수행한다. 대부분의 항공기는 두 명의 조종사가 조종하며 이중 선임자는 기장이라는 직책을 가지고 비행과 관련된 모든 사항과 승무원, 승객을 책임지고 부조종사는 기장과 함께 조종을 담당한다. 기장은 운항관계사항을 검토하고 출발 전에 운항항로, 목적지, 비행시간, 기상조건, 운항경로 및 도착지의 특이사항 등 비행에 관련된 내용을 취합하여 승무원에게 설명하며, 객실장으로부터 보고 자료를 검토하여 탑승인원을 확인하고 출입문을 개폐한다. 목적지, 항로, 소속 항공사 등을 관제탑에 보고하고 이륙허가를 받는다. 비행을 이륙시킨 후, 부조종사의 도움을 받아 자동항법장치를 가동하여 운항한다. 목적지에 도착하게 되면 관제탑의 유도를 받아 착륙하며 착륙이 완료되면 운항일지를 기록하고 비행중에 발생한 각종 설비의 문제나 이상 현상을 정비부서에 통보한다. 부조종사는 비행에 필요한 제반 절차 및 서류를 준비하고 기상 및 운항에 관련된 자료를 확인한다. 또한 항공기의 외부상태, 연료탑재량, 각종 설비의 정상가동여부 등을 점검하여 기장에게 보고하며 조종 장치를 주시한다. 만일 기장의 조작상황이 항공기의 안전운항에 영향을 줄 정도로 위험하다고 판단되면, 이의 시정을 건의하기도 한다. 이륙과 착륙 시 조종사는 각종 계기판의 수치와 주위 상태에 각별히 신경써야하며 기장과 부조종사는 긴밀한 협력 하에 조종 장치를 조작하여야한다. 이 외에도 조종사는 긴급사태나 예기치 못한 기상변화에 대해서도 항상 준비가 되어 있어야 한다. 이러한 여러 가지 업무 특성 및 불규칙한 근무

일정과 야간비행, 그리고 지상과는 상이한 근무여건 등으로 인해 조종사는 육체적, 정신적 피로를 겪기 쉽다. 또한 오늘날의 조종은 단순한 기계 조작에서 고도의 전문 지식과 상황의 유기적인 활동을 통해서 정보를 분석 판단하고 조절, 제어하는 업무의 형태로 전환되었으므로 조종사는 최상의 심신상태를 유지하면서 고도의 전문 지식 습득과 경험을 통하여 안전 운항을 추구하여야 한다.

III. 조종사 피로의 요소

1. 신경생리학적(neurophysiological) 피로

조종실내에서의 신경생리학적인 문제는 피로나 수면부족에 심각하게 영향을 끼치는 요소이다. 운항 승무원들의 뇌파전위기록장치(electroencephalograph)는 장거리 운항과 야간운항 중 생리학적인 영향을 파악하기 위해서 수차례 검토되었다. 이러한 검토는 피로에 대해 널리 알려진 객관적인 지표가 제공된 이래로 낮은 파동의 EGG를 나타냈다[10]. 낮은 파동의 두뇌 활동을 보인 것은 자극을 받아들이는 반응 시간이 늦어지고[11], 정신적 작용에 의한 업무가 감소하는 것과 연관이 있으며 다양한 조종실내에서의 평가는 조종사들이 깨어있는 동안의 순간적인 수면(micro-sleep)을 취한다는 결과를 보였다. Cabon(1993)은 장거리 운항을 하는 조종사들이 순항고도에 올라 작업 부하가 낮을 때, 경계심이 쇠퇴할 여지가 있다고 주장했다[12]. Wright and McGown(2001)은 조종사들의 깨어있는 동안의 순간적인 수면은 장거리 운항 중 순항하고 있을 때 가장 빈번히 발생하고, 낮 비행에 비해 야간비행일 경우 9배나 더 자주 발생한다고 했다[13].

2. 24시간 주기의 리듬(circadian rhythm)

24시간 주기의 리듬이란 잘 알려진 대로 낮 시간동안 활발하게 각성(arousal)작용이 일어나고 활동하는 반면에 밤 시간동안에는 비활동적이고 졸리게 되는 생물학적 성향이다. 이러한 생리적 기본을 바탕으로 한 현상은 자신 스스로 경각심을 깨워주는 시상하부(hypothalamus)의 시각교차세포핵(suprachiasmatic nuclei)에 의해 조절된다[14]. 이러한 리듬은 낮 시간동안에는 늦은 오후부터, 밤 시간동안에는 이른 새벽이나 아침에 최고조에 이른다. Dinges(1990)은 장거리 운항에 있어서 업무의 주의력 쇠퇴는 낮 비행에 비해서 야간비행일 경우 5배나 높게 나타난다고 했다[15]. NASA's Aviation Safety Report System에 의하면 피로와 관련된 항공기 준사고는 대부분 자정부터 0600에 발생한다고 했다. 물론 계속되는 수면부족에도 불구하고 업무수행이 향상 된 예들도 있지만, 이러한 순간적인 향상은 오후 중심의 24시간 주기로 바뀌어 그 후의 업무수행에 있어서 더욱 악화시킨다.

3. 항상성 요인(homeostatic factor)

수면과 깨어있음(wakefulness)은 항상성의 가장 중요한 두 가지 요인이다. 첫 번째는 업무를 수행하기 전 주어진 시간에 얼마만큼 잠을 잤는지, 그리고 두 번째는 업무를 수행하는 시간 전에 얼마나 계속적으로 깨어있는지에 관한 것이다.

주의 항상성에 있어서 중요한 요소인 평소의 불충분한 수면은 항공 운항에서 가장 첫 번째 손실이다. 일반적으로 조종사들은 일반 교대 근무자들(shift worker)이 그들의 수면에 대해서 불만을 토로하는 것과 마찬가지로 업무와 관련된 수면장애로부터 고통을 받는다. 불충분한 수면은 말할 필요도 없이 교대 근무자의 업무에 있어서 잘 알려진 나른함(drowsiness)과 부주의(inattention)를 이끈다.

이와 마찬가지로 장거리 운항 조종사들은 부족한 수면과 감소되는 수면의 효율성, 각 노선 사이 중간에 충분한 회복을 방해하는 수면 구조의 변화 등을 겪는다[16]. 또한 그들의 수면은 시간대 변경이나 늦은 시간의 도착과 이른 시간의 출발에 의해 방해받는다. 동쪽 방면(eastward)으로 비행한 후

의 수면은 특히 더 문제가 된다. 왜냐하면 다시 24시간 주기율을 맞추는 것이 여러 시간대를 가로질러 서쪽 방향(westward)으로 비행한 후 다시 동쪽 방향으로 비행하는 것보다 50% 더 느리기 때문이다[17]. 계속되는 동쪽 방향 시간 변경대로 이동할 때, 수면 패턴은 더 쉽게 변하고, 일정하지 않게 된다. 왜냐하면 각 노선 사이의 제한된 휴식시간에 조종사들은 보통의 생물학적인 시간보다 더 일찍 잠에 들어야 하기 때문이다. 또한 다음날 아침에 더 일찍 일어나야 하기 때문에 평소보다 짧은 수면 시간을 갖게 된다.

단거리 운항 조종사들 역시 업무와 관련된 수면 장애를 겪는다. Rosekind(1994)는 비행을 하는 동안 수면이 지연 되도 아침에는 업무 시간에 맞춰 일어나야 하기 때문에 그만큼의 수면 시간이 줄어들고 수면량도 평소보다 한 시간에서 한 시간 반가량 적어진다고 했다[18]. 미국 국내선 조종사들의 평균적인 근무일은 10.6시간이지만, 세 번째 근무일에는 충분한 수면을 제한 받는 12시간 이상이 된다. 근무일이 평균적으로 11.3시간인 지역 항공사(regional airline)의 조종사와 평균 근무일이 9.9시간인 법인명의(corporative/executive)의 조종사들 또한 이러한 일상적인 문제점을 안고 있다[19].

IV. 조종사가 느끼는 피로감에 관한 선행연구

피로는 항공분야의 중요한 주제로 인식되어 왔으며, 이에 대한 적절한 주의를 하지 않을 경우 안전과 생산성에 중대한 문제가 발생된다[2]. 피로는 매우 주관적인 사항으로 개인마다 다른 양상을 나타내며 음주, 흡연, 커피, 연령과 구간간의 거리 차이에서 오는 시차 등 다양한 요인이 있을 수 있다. 그러므로 조종사의 피로에 대한 연구에서도 육체적인 측면뿐만 아니라 임무 수행 전 수면(FSF Aviation Mechanics Bulletin), 영양 섭취와 스트레스 등 생리학적인 측면에 대한 접근을 시도해야 한다[3]. Petrie KJ와 Dawson AG(1997)의 국제선 조종사들의 설문에서 수면부족과 무기력상태, 정신집중의 어려움, 성급함은 조종사들의 일반적인 증상이라고 했다. 첫 번째, 장거리 운항에서 조종사들은 그들의 피로를 잦은 수면부족과 시간대 변경선과 관련된 불규칙한 24시간 주기의 리듬의 탓으로 돌렸다. 장거리를 운항하는 조종사들의 경우 비행기 안에서 12시간 또는 그 이상의 수면시간이 주어지지만, 소음과 진동, 기온 등 다른 요소들로 인하여 집에서의 수면보다 훨씬 불편하다고 했다[4]. 두 번째, 단거리 운항 조종사들은 그들의 피로가 수면부족과 과도한 업무에서 기인된다고 했다[5]. 장거리와 단거리 모든 운항의 조종사들은 그들의 피로를 야간비행, 시차, 시간의 압박, 일찍 일어남, 충분한 피로의 회복 없이 연속적인 업무 등의 요인들과 연관시킨다. 또한 법인명의(corporate/executive)의 조종사들도 정기항공사의 조종사와 같이 피로의 원인이 야간비행, 늦은 시간대의 도착과 일찍 일어남, 여러 구간의 비행 등이라고 밝혔다[6]. 이와 같이 조종사들의 피로는 시간대 변경과 불충분한 휴식기간 및 수면부족뿐만 아니라 장시간 계기에 대한 집중과 이, 착륙 시 고도의 긴장상태와 장시간의 연속적인 업무로 인한 스트레스와 같은 인체 생리학적인 측면에서 기인한다. 이는 비행 시 다양한 상황에 대한 신속 대응으로 인하여 호르몬의 장시간 과다 분비로 인하여 호흡기와 순환기계통의 피로화가 다른 직업군보다 쉽게 노출되어 있고, 조종사들도 피로에 대하여 자각증세를 가지고 있으나 항공운항 자체가 긴급한 의사결정의 연속성이므로 이것이 이, 착륙 중의 심한 스트레스와 연결되면 대형사고로 발전할 가능성이 크다.

V. 조종사 피로 관련 유사 사고사례

1. American Air 1420편 (AA 1420) 사고

1999년 6월 1일 23시 51분(Central Daylight Time) American Air 소속의 MD-82 항공기(등록기

호:N215AA)가 Texas주 Dallas 공항을 이륙하여 Arkansas주 Little Rock 공항에 착륙하면서 활주로(4R)를 이탈하여 localizer 안테나와 접근 조명등과 충돌한 후 활주로를 411feet 지나 정지하였는데, 총 145명의 승무원과 승객 가운데 기장을 포함한 11명이 사망하였고, 45명 중상, 65명 경상을 입었으며, 항공기는 대파되었고 기체 손해액은 약 10.7백만 달러로 추정되었다. NTSB는 승무원의 수면부족, 연속적으로 깨어있던 시간(Continuous Hours of Wakefulness)과 사고 조종사의 일상적인 취침에 드는 시간과 사고 당시의 시간 등을 조사하였다. 조사 결과 조종사들이 비행 전 수면 부족 상태는 아니었으며, 평소와 같은 적정한 수면을 취하였으나 사고발생시간(23시 50분 44초)을 기준으로 볼 때 최소 16시간 동안 깨어 있었으며 사고발생시간은 조종사들이 평소 수면에 드는 시간(21시에서 22시 사이)보다 거의 두 시간이 지난 후였다[7].

2. American Eagle Flight 4925, Jamaica, New York, May 8, 1999

1999년 5월 8일 New York의 JFK 공항에서 American Eagle 소속의 4925편 SAAB 340B 항공기가 착륙도중 활주로(4R) 끝을 벗어나는 사고로 30명의 승무원과 승객 중 한 명이 중상을 입은 사고가 발생하였다. 사고 발생 후 인터뷰 결과 조종사들은 피로한 상태였으며, 전날 비행으로 인해 새벽 01시 30분에 잠자리에 들었으며, 06시 10분 비행 편을 위해 04시 45분에 기상하여 절대적인 수면 부족 상태였다. NTSB는 사고 원인으로 missed approach 절차를 적절히 수행하지 못했음을 지적하였고, 사고요인은 기장의 적절치 못한 의사결정, 규정 미준수, 조종사간의 부적절한 의사소통과 피로로 결론지었다[8].

3. American Int'l Airway Flight 808, Guantanamo Bay, Cuba, Aug. 18, 1993

Cuba 주재 미군 군수물자를 본국으로 수송하기 위해 Cuba 미 해군 기지에 착륙을 시도하던 DC-8이 활주로 끝단에 미도착하여 지면에 충돌하였고, 사고 후 화재로 3명의 승무원 중 1명이 심한 부상을 입었다. 기장은 비행경로를 벗어났음에도 불구하고 지상의 strobe light를 찾기에 급급하여 항공기 속도가 줄어드는 것을 막지 못하였는데 이와 같이 판단 착오(인지 부족)에 대해 부기장과 항공기관사가 계속적으로 착륙에 대한 불안한 상태를 알려 주었음에도 불구하고 기장은 이를 제대로 인식하지 못하였다. NTSB는 사고 원인으로 기장의 비행기량 부족과 조종사의 피로로 결론을 내렸으며, 또한 누적된 수면부족, 사고 발생 전 수면부족과 사고 발생 시간이 낮 시간 중 가장 졸린 시간(circadian time of day)이었다는 점에서 피로가 사고의 요인이었다는 점을 지적하였다[9].

VI. 조종사 피로의 대책

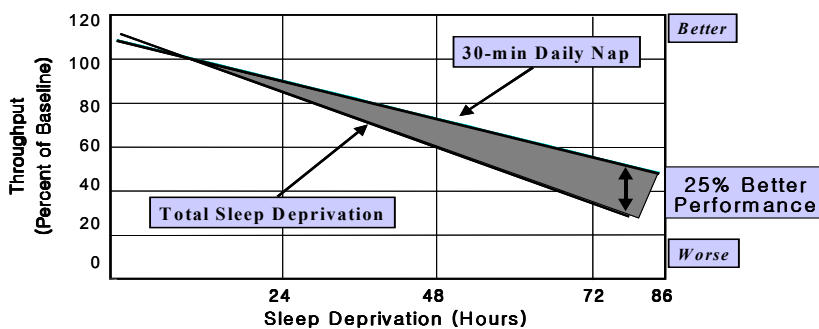
무리한 업무 스케줄 조정과 인체 생리학적 회복은 항공분야에서 피로와 관련된 문제점을 해결하는데 가장 중요하다는 것은 너무나도 명확하다. 오늘날의 항공 산업에서 가장 흔한 피로의 원인인 여러 운항구간, 긴 업무시간과 제한된 휴식, 열악한 수면 상태, 불규칙하게 순환되는 업무, 시차 등은 조종사의 기본적인 생물학적 기능을 위한 도전 과제이다. 그러므로 과학적으로 잘 계획된 피로 관리 프로그램이 피로와 관련된 항공기 참사의 근본적 요인이 되는 수면부족이나 불규칙한 24시간 주기의 리듬 등 여러 가지 안전에 반하는 요인들에 대한 대책이 될 수 있다. 첫 번째, 조종사 피로의 원인과 영향에 대한 이해를 통한 교육이 필요하고 두 번째, 과학적으로 효과가 있는 피로 대책은 점점 더 어려워지는 업무의 압박과 인간의 능력을 조화시키는데 꼭 필요하다.

1) 교육(education)

피로의 위험성에 대한 교육과 조종실 내부 환경, 충분한 수면과 휴식의 중요성은 항공기 운항에 있어서 피로를 거론하기 위한 중요한 요소들이다. 결국은 조종사 자신들뿐만 아니라 그들의 스케줄을 짜는 방법, 그리고 그들이 임무를 수행하는데 있어서 수면과 24시간 주기의 리듬이 얼마나 중요한지를 깨달아야 하고, 휴무일 때 잠을 충분히 자는 것이 업무 중 피로에 대비한 가장 좋은 방법이라는 것을 명심해야 한다. 최근의 연구에 의하면 한 두시간정도의 휴식은 즉시 그들의 경각심을 고취시키고, 업무 성과를 높인다[20]. 이와 반대로 부족한 수면은 그들의 업무 성과를 낮추고, 또 그것은 바로 대형 참사로 이어질 수도 있기 때문에 충분한 수면과 휴식에 대한 적절한 교육이 필요하다. 그러므로 현재 US Air Force Research Laboratory나 NASA Ames Research Center에서는 교육 프로그램을 제공하는데, 이것의 내용은 다음과 같다. 첫 번째, 피로가 동기(motivation), 훈련(training), 의지력(willpower)을 극복할 수 없는 생리학적(physiological) 문제이고, 두 번째, 사람들은 피로와 관련된 손상의 정도를 자신 스스로 확실하게 판단할 수 없다는 것이다. 세 번째, 예측할 수 없는 피로에 대한 감정이 각 개인마다 상이하게 차이가 난다는 것이고, 마지막으로 피로 대책 방법은 각기 다른 상황에서 모든 사람마다 다르다는 것이다. 이와 같은 내용의 교육 프로그램이 꾸준히 제공되는 것이 필요하다. 조종사들이나 운항관리사들은 가능할 때마다 하루에 8시간 이상의 수면이 필요하고, 수면의 양과 질을 최상으로 하기 위한 수면 습관을 익히고, 근무 시간 외에 적절한 수면을 취하는 것이 중요하다는 것을 항상 명심해야 한다[21].

2) 비행 중 임무교대 후 취침(on-board sleep)

수면부족이나 계속되는 업무에 대한 피로를 최소화 시키는 방법 중 하나는 흔히 'bunk sleep'라고 알고 있는 비행 중 임무교대 후 취침이다. 이러한 수면은 장기 운항 조종사들의 업무 수행함에 있어서 경각심을 고취시키고 업무성과를 높이는데 도움이 된다. 'bunk sleep'는 한 명이나 두 명의 조종사가 특별히 고안된 장소에서 취침을 위한 휴식을 하고, 다른 조종사들이 비행을 맡는 것을 의미한다. 미국에서는 Federal Aviation Administration(FAA)이 12시간 이상의 비행에 있어서 기내 취침 시설 개선과 조종사들을 적어도 3명 이상으로 늘리는 방안을 요구하고 있다[22]. 비행시간과 조종사의 수를 고려할 때, 'bunk sleep'은 보통 두 시간에서 네 시간 사이가 될 수 있다. 그들은 작업부하가 비교적 적은 순항 중일 때만 교대가 가능하다. 이러한 비행 중 임무교대 후 취침은 장거리 운항에서 어느 타입의 항공기이던 간에 조종사 피로의 대처방안으로 중요하게 숙고되어야 한다. 다음은 수면이 부족한 상태와 짧은 시간의 취침을 취한 후에 변화되는 업무의 성과에 대한 그래프이다.



<그림 1> 수면과 조종업무와의 상관관계

3) 휴식의 관리(controlled rest breaks)

항공기 시스템과 비행 진행과정을 항상 주시해야 하는 꾸준한 주의력이 요구되는 조종 업무는 이미 피곤에 지친 조종사들에게 중대한 문제점으로 자리 잡고 있다[23]. 그렇기 때문에 어떤 형태이던 간에 휴식을 취하는 것은 오랜 시간의 비행동안 경각심을 유지하기 위한 이유이다. Galinsky TL(2000)은 항공에 관련된 연구는 아니지만, 자주 휴식을 취하는 것이 반복적이고 장시간의 업무동안에 육체적 피로를 달래주고, 눈의 피로를 경감시킬 수 있다고 증명했다[24]. Neri(2002)는 조종사들에게 야간모의 비행 장치로 6시간 비행을 시키고 단지 시간당 10분씩의 휴식을 주는 것이 졸음을 방지하고, 눈 움직임의 둔화와 theta-band의 활동을 상당히 감소시킨다고 밝혔다[25]. 좋은 휴식은 일시적인 지루함을 경감시켜주거나 육체적인 불편함과 같은 생리학적인 요소에 상당한 결과를 초래한다. 이러한 이유로 인해 적절하게 관리된 휴식이 얼마나 유용한지 알 수 있고, 우리는 반드시 숙고해야만 한다.

VII. 결 론

항공은 교통 시스템, 국가 방어망, 그리고 전 세계 경제에 있어서 없어서는 안 되는 요소이다. 항공 산업은 앞으로 그 기술이 더욱 발전하여 고성능화, 고속화되고 대형화 되어간다. 하지만 이러한 기본적인 인간의 능력의 한계를 무리하게 요구하는 미래의 선진 기술과 경제적인 요소들이 발전해갈수록 피로는 앞으로 계속 항공 산업에 위협 요소로 남을 것이다. 따라서 조종사들은 이러한 변화하고 있는 실제 환경이 자신들의 업무에 어떠한 영향을 끼치는지를 항상 인지해야 한다. 피로는 조종사의 실수를 야기하고, 그 실수는 치명적인 사고로 이어지는 연결고리와 같다. 만약 피로를 경감시키는 것이 조종사가 의사결정을 하고 업무를 수행을 하는데 있어서 향상된 결과를 가져다준다면, 반드시 조종사의 실수와 그로 인해 발생하는 사고가 현저하게 줄어든 것이다. 그러므로 조종사들은 체계적인 교육을 통해 피로가 인체 생리에 미치는 영향과 그 밖의 업무 수행에 미치는 다양한 영향에 대해 올바르게 이해하고 대처하는 습관을 기르는 것이 중요하다. 특히 조종사라는 직업의 특성 상 휴식을 선택이라 생각지 말고, 의무라 생각하고 행동하는 나뉠대로의 노력을 기울여야 한다. 또한 과학을 바탕으로 한 스케줄 정리 그리고 피로를 줄이는 대책 방법 등 여러 가지 전략적인 계획과 훈련으로 피로에 의한 사고를 예방해야 한다. 그 이외에도 안전한 비행이라는 명제 하에 임무를 완수할 수 있도록 제작사, 항공사, 정부 및 그 외 관련기관에서 이들 요소의 영향을 해소 또는 줄이려는 다각적인 노력을 해야 한다. 이 논문은 주로 조종사의 신체 생리학적인 관점에서만 바라 본 피로와 안전운항과의 관계에 대한 것으로 제한된 취약점이 있으며, 이에 대한 보강된 요인을 통한 연구가 필요하다. 또한 조종실 내부의 기압, 산소, 조명 상태와 같은 여러 가지 환경적인 요인뿐만 아니라 조종사와 객실 승무원 간의 인간관계 등 조종사 피로와 안전운항에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 분석함이 요구된다.

References

- [1] The American Heritage Dictionary of the English Language.
- [2] Harry W. Orlady, Linda M. Orlady, Human Factors in Multi-Crew Flight Operations, Ashgate Publishing Company, Vermont, 1999.
- [3] FSF, Fatigue evaluation indicates most aviation maintenance personnel obtain insufficient sleep, FSF Aviation Mechanics Nulletin, Nov-Dec, 2001.
- [4] Rosekind MR, Miller DL, Gregory KB, Dinges DF. Crew factors in flight operations XII: a

- survey of sleep quantity and quality in on-board crew rest facilities. Moffett Field, CA: NASA; 2000. Report No.: NASA/TM-2000-20961.
- [5] Bourgeois-Bougrine S, Carbon P, Gounelle C, Mollard R, Coblentz A. Perceived fatigue for short-and long-haul flights: a survey of 739 airline pilots. *Aviat Space Environ Med* 2003; 74(10): 1072-7.
- [6] Rosekind MR, Co EL, Gregory KB, Miller DL. Crew factors in flight operations XIII: a survey of fatigue factors in corporate/executive aviation operations.: NASA AMES Research Center; 2000. Report No.: NASA/TM-2000-209610.
- [7] NTBS, Aircraft Accident Report: Runway Overrun during Landing American Airline Flight 1420 McDonnell Douglas MD-82, N215AA Little Rock, Arkansas June 1, 1999, Washington D.C., 2001.
- [8] http://www.nts.gov/ntsb/brief.asp?ev_id=20001212X18850&key=1
- [9] http://www.nts.gov/ntsb/brief.asp?ev_id=20001211X13127&key=1
- [10] Pigeau RA, Heslegrave RJ, Angus RG. Psychophysiological measures of drowsiness as estimators of mental fatigue and performance degradation during sleep deprivation. Neuilly ык Seine, France: Advisory Group for Aerospace Research and Development; 1987. Report No.: CP-432.
- [11] Ogilvie RD, Simmons I. Falling asleep and waking up: a comparison of EEG spectra. In: Broughton RJ, Ogilvie RD, Editors. *Sleep, arousal, and performance*. Boston: Birkhauser; 1992. p. 73-8.
- [12] Belyavin A, Wright NA. Changes in electrical activity of the brain with vigilance. *Electroencephalograph* 1987;66: 137-44.
- [13] Cabon P, Coblentz A, Mollard R, Rouillot JP. Human vigilance in railway and long haul flight operation. *ergonomics* 1993; 36(9): 1019-33.
- [14] Akerstedt TE. Work hours, sleepiness and accidents. *J Sleep Res* 1995;4(2):15-22.
- [15] Dinges DF, Graeber RC, Connell LJ, Rosekind MR, Powell JW. Fatigue-related reaction time performance in long haul flight crews. *Sleep Res* 1990;19:117.
- [16] Dement WC, Seidel WF, Cohen SA, Bliwise NC, Carskadon MA. Sleep and wakefulness in aircrew before and after transoceanic flights. *Aviat Space Environ Med* 1986;B14-B28.
- [17] Aschoff J, Hoffman K, Pohl H, Wever R. Re-entrainment of circadian rhythms after phase-shifts of the Zeitgeber. *Chronobiologia* 1975;2(1):23-78.
- [18] Rosekind MR, Gander PH, Miller DL, Gregory KG, Smith RM, Weldon KJ, et. al. Fatigue in operational settings: examples from the aviation environment. *Hum Factors* 1994;36(2): 327-38.
- [19] Co EL, Gregory KB, Johnson JM, Rosekind MR. Crew factors in flight operations XI: a survey of fatigue factors in regional airline operations.: NASA AMES Research Center; 1999. Report No.:NASA/TM-1999-208799.
- [20] Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, Thomas ML, Sing HC, Redmond DP, et al. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res* 2003; 12(1):1-12.
- [21] Caldwell JA, Caldwell JL. *Fatigue in aviation: a guide to staying awake at the stick*. Burlington, VT: Ashgate Publishing Company; 2003.

- [22] Rosekind MR, Co EL, Gregory KB, Miller DL. Crew factors in flight operations XIII: a survey of fatigue factors in corporate/executive aviation operations.: NASA AMES Research Center; 2000. Report No.:NASA/TM-2000-209610.
- [23] Rosekind MR, Gregory KB, Miller DL, Co EL, Lebacqz JV, Brenner M. Crew fatigue factors in the Guantanamo Bay Aviation Accident. *Sleep Res* 1996;25:571.
- [24] Galinsky TL, Swanson NG, Sauter SL, Herrell JJ, Schleifer LM. A field study of supplementary rest breaks for data-entry operators. *Ergonomics* 2000;43(5):622-38.
- [25] Neri DF, Oyung RL, Colletti LM, Mallis MM, Tam PY, Dinges DF. Controlled activity as a fatigue countermeasure on the flight deck. *Aviat Space Environ Med* 2002;73(7): 654-64.
- [26] Wirz-Justice A, Armstrong SM. melatonin. Nature's soporific? *J Sleep Res* 1996;5:137-41.
- [27] Dr. Mark Rosekind-NASA Ames Center, Flight International, 26 May, 1999, pp34-35.