Review Article

교대근무 항공정비사의 피로관리 연구

김천용 · 최세종

한서대학교 항공융합학부

A Study on Fatigue Management of Aviation Maintenance Mechanics-Focusing on Shift Workers

Chun-Yong Kim, Ph.D., Se-Jong Choi, Ph.D.

Department of Comprehensive Aviation, Hanseo University, Seosan, Korea

Received: June 26, 2020

Revised: July 12, 2020

Accepted: July 16, 2020

Corresponding Author

Chun-Yong Kim

Department of Comprehensive Aviation,
Hanseo University, 46 Hanseo 1il-ro, Haemi-
myeon, Seosan 31962, Korea

Tel: +82-41-660-1532

Fax: +82-41-660-1149

E-mail: cykim@hanseo.ac.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-9354-6218>

ABSTRACT In the case of aviation maintenance work, several kinds of shift works are performed during day and night, and a lot of works are performed on the ramp due to the characteristics of the aircraft flight schedule. Maintenance workers are often exposed to the sun or in cold temperatures for aircraft maintenance works. The fatigue risk of the maintenance workers will be weighted. In particular, the work at night shift under normal biological rhythms can make maintenance workers feel sleepy during daytime work. It can also affect the safety of aircraft and individual workers. Accordingly, this study will consider fatigue-related previous researches in the field of aviation maintenance, review the effects of shift work, and how fatigue affects aviation mechanics during the day/night shifts. Considering these factors, we tried to present a plan that can minimize the fatigue of aviation workers through this study.

Keywords: Aviation, Maintenance, Fatigue, Circadian rhythm

1. 서 론

항공기가 운항 중 기계 부품의 치명적인 고장으로 인하여 안전 운항을 저해하는 것과 같이 사람도 특정 상황에서 제대로 작동하지 않을 수 있다. 육체적으로 인간은 피로해지거나 추위에 영향을 받거나 작업 중 사고로 인하여 신체적 상해를 입을 수 있다. 정신적으로는 인간은 오류를 만들거나 지각력이 제한적이며 기술과 지식 부족으로 판단력이 떨어질 수 있다. 기계적 구성 요소와는 달리, 인간의 성과는 사회적, 감정적 요인에 의해 영향을 받는다.

따라서 우리나라에서는 항공안전법 제56조의 제정을 통하여 항공운송사업자 등이 피로위험관리시스템을 마련하여 운용할 수 있도록 근거를 마련하고, 해외를 운항하는 비사업용 항공기에 종사

하는 승무원도 피로관리 대상에 추가하는 등의 법적제도를 마련하였다. 또한, 피로관리 관련 연구용역 등을 통하여 조종사 및 객실승무원의 피로누적으로 인한 항공기 사고를 예방하기 위하여 비행근무시간 단축, 항공기내 휴식시설등급 기준 신설, 시차적응 기준 신설 및 최소 휴식시간 상향 등에 관한 내용으로 비행안전과 직결되는 조종사 및 객실승무원의 피로관리 기준을 강화하고 있다.

그러나 항공기의 안전운항에 직접적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 항공종사자의 다수인원인 항공정비사에 대한 피로관리에 대해서는 법적제도 뿐만 아니라 연구도 미흡한 실정이다.

항공정비사의 실수는 항공기 안전을 저해할 수 있으므로 항공정비사는 항공기 정비시스템의 핵심 부분이라고 해도 과언이 아

니다. 그러므로 항공정비사의 신체 및 정신 과정의 다양한 부분이 어떻게 작동하는지와 업무수행능력 제한이 작업장에 미치는 영향을 이해하는 것이 매우 중요하다.

대부분의 항공기 운항은 오전 6시부터 오후 10시 사이에 발생한다. 항공기 운항 스케줄에 맞추어 항공정비사는 항공기가 지상에 있을 때마다 필요하다. 그러나 이러한 일정으로 인하여 야간에 항공기를 보다 많이 정비해야 하는 경우가 많다. 따라서 항공기 정비분야는 24시간 운영되어야 하며, 항공정비사는 일반적으로 교대근무를 수행해야 한다. 운항정비사를 제외한 일부 정비사는 주간업무만 수행하기도 하지만 대다수는 야간근무를 포함한 교대 근무를 순환한다. 특히, 야간의 교대근무는 정상적인 생체리듬과 다른 환경조건에서 근무를 하게 되므로 주간 근무를 하더라도 작업 중에 졸린 상태를 느낄 수 있으며, 이러한 상태는 작업성과 뿐만 아니라 항공기 및 개인 안전에도 영향을 미칠 수 있다.

이에따라 본 연구에서는 주·야간 교대 근무시 항공정비사에게 영향을 미칠 수 있는 요인들을 고찰하여 항공정비사의 피로를 최소화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

II. 본 론

1. 항공정비분야의 피로관리 선행연구

피로는 사고를 초래하는 정비오류에 기여하는 주요한 인적요인이다. 피로는 심리적이거나 물리적인 활동에 영향을 줄 수 있다. 또한 감정적 피로도 존재하는데 이는 정신적으로나 신체적 활동에 영향을 준다.

사람이 인지능력, 의사결정, 반응속도, 체력 및 균형이 저하되거나 장애가 발생할 때 이러한 현상을 피로라고 말한다. 피로는 민첩성을 감소시키며, 때로는 수행하고 있는 직무에 집중하고 주의를 끌 수 있는 개인의 능력을 감소시킨다. 피로의 증상은 단기 기억에 문제를 일으켜서 처해진 상황을 인식하지 못하여 중요한 문제는 간과하고 중요하지 않은 문제에 집착하게 한다[1].

Hobbs, Avers & Hiles (2011)는 피로 위험 관리(Fatigue Risk Management : FRM)의 개념을 피로위험을 완화하는 방법에 대한 결정을 내리는 역할을 하며, 조직뿐만 아니라 정비사를 포함한 직원에게도 적용되는 개인적이고 전문적인 관리개념으로 개인의 민첩성을 극대화하고 안전 위험 및 위험을 유발하는 피로 관련 성능 오류를 최소화하는 데 사용되는 사전, 사후 및 예측 프로세스 및 절차를 포함하는 것으로 정의하고 있다[2].

Ricci JA, Chee E, Lorandeanu AL, Berger J (2007)의 연구에 따르면 성인은 야간에 권장 수면시간인 8시간보다 1~1.5시간 더 적은 수면을 취하면서 일상생활을 수행하는 것으로 추정되며, 이로 인한 인간의 피로는 매년 미국 기업들의 경우 1,360억 달러의 생산성 손실을 발생시키고, 그 중 대다수(84 %)는 작업 수행 감소와 관련이 있다고 하였다[3].

이를 기반으로 FAA (2014)는 추가연구에서 항공 안전에 대한 우려로서 항공정비사들이 야간에 권장 수면시간 보다 3시간 적게

수면을 취하는 경향이 있다는 것을 밝혔으며, 이는 전술한 평균 1~1.5시간 보다 두 배인 수면 부족으로 졸음과 피로는 누적된다고 하였다. 즉, 일주일 동안 매일 밤 한 시간씩 적은 수면을 취하게 되면 성능에 부정적인 영향을 주는 조건이 생성되며, 작업자 피로와 관련된 가장 중요한 성능 오류로서 판단 및 의사 결정 장애, 의사 소통 능력 장애, 집중력 및 정보 회수 능력 감소, 반응 시간 지연 및 위험도 증가 등을 소개하고 있다[4].

영국항공청(CAA, 2003)은 항공정비 분야의 인적요인을 정비사의 건강상태, 시력, 청력 및 피로와 스트레스 등에 연관된 인적 요인과 날씨, 온도, 습도 및 소음 등과 같은 환경적 요인 그리고 의사 소통, 작업교대, 정비작업절차등과 관련된 절차와 조직적 요인으로 분류하여 광범위하게 소개하고 있으며[5], 항공정비사의 교대 근무 및 작업시간에 따른 위험발생 확률 등에 대한 연구를 통하여 항공정비사의 적정한 교대근무 시간을 제시하고 있다[6].

미국항공청(FAA) 연구에서는 모(母)기지로부터 떨어져서 장시간 항공기 수리를 위하여 작업하는 대부분의 항공기 정비사는 그들이 기억하는 기술적 수리의 복잡성보다도 더 피로했다고 기억하고 있으며, 항공정비사는 피로에 의해 유도된 실수를 쉽게 경험하고, 정비 종사자가 적당한 수면을 취하지 않는다는 것을 발견했으며, 정비사들은 피로를 인식하지 못하고 적절히 회복하지 않는 것으로 밝혀졌다. 이에 따라 피로/민첩성 관리 프로그램은 정비인적요인 프로그램의 중요한 부분으로 소개하고 있다[7].

정비인적요인 운영자 매뉴얼(FAA, 2014)에서는 피로위험관리 프로그램(Fatigue Risk Management Program)을 구현할 것을 권고하고 있다. 각 작업자는 해당 환경 및 피로 위험에 적합한 피로위험관리시스템(Fatigue Risk Management System: 이하 FRMS)을 개발해야 하며, FRMS를 개발, 구현 및 평가하는 방법에 대한 일반적인 지침을 다음과 같이 소개하고 있다[4].

1) 계획과 인프라 개발

FRMS 구현을 시작하기 전에 계획을 개발하고 FRMS를 지원할 수 있는 인프라를 설정해야 한다. 이 개발 단계에서는 고위 경영진의 헌신, 정책 및 절차 개발, FRMS 문서화 절차 수립 및 차이 분석 수행에 중점을 둔다.

2) 위험 평가 수행

인프라와 타임 라인이 설정되면 피로 관련 위험을 식별하고 관련 위험에 대해 조직을 평가해야 한다. 작업 또는 운영 조건의 위험 심각도와 작업 또는 조건이 피로의 위험에 처할 가능성을 평가해야 한다.

3) FRMS 프로세스 구현

작업 또는 운영 조건의 위험 수준이 설정되면 FRMS 개입의 우선 순위를 지정할 수 있다. 위험 수준에 적합한 중재 또는 대책을 개발하여 조직에 구현해야 한다.

4) FRMS 평가 및 지속적 개선

인프라 개발을 완료하고 위험을 식별하고 FRMS 프로세스를 개입으로 구현한 후에는 작업의 효과를 평가해야 한다. 이는 피로 위험 관리 시스템을 수정하고 개선하는 지속적인 프로세스이다.

5) FRMS 홍보

FRMS 자료를 모든 투자 이해 관계자에게 홍보하고 평가 및 개선 프로세스에서 피드백을 활용해야 한다. FRMS가 작동하면 FRMS 결과를 홍보하여 이해 관계자의 지속적인 투자를 촉진해야 한다.

2. 항공정비 교대근무 특성

교대근무는 근로자들이 한 교대근무가 끝나고 또 다른 근무를 시작하기 위한 결정적인 정보를 인계하기 때문에 항공기 정비활동에 있어서 중요한 시기이다. 이것은 또한 교대근무 속에서 업무 정보의 교환에 적용할 수 있으며, 능률적이고 효과적인 업무교대는 정책, 절차, 계획 지침서, 팀워크 및 효과적인 커뮤니케이션 활동 등이 필수적으로 요구된다. 따라서 피로, 주의 산만, 잘못된 가정, 인원 갈등, 문화적 편견과 적절한 문서화 실패에 관련된 전형적인 난제들은 교대근무의 질에 부정적 영향을 미칠 수 있다[7].

교대근무란 항공정비사가 일반적으로 야간 또는 영구적으로 교대근무 패턴의 일부형태로 근무해야 함을 의미한다. 항공사에서 항공기의 가동률을 높이기 위하여 항공기 점검정비는 24시간 이루어지기 때문에 항공정비사에서 교대근무는 필수적이다. 항공사는 근무 요구조건에 따라서 조출·만퇴·야간의 1일 3교대 근무나 또는 주·야간의 1일 2교대 근무를 실시한다. 1일 3교대 근무는 항공정비사의 근무시간이 8시간인 장점이 있으나 잦은 교대로 의사소통이 정확하게 이루어지기가 어려운 단점이 있다. 반면에 1일 2교대 근무는 교대 횟수가 줄어드나, 1회 근로시간이 길어 생산성이 떨어지고 항공정비사의 피로를 가중시킬 수 있다[1].

개인에 따라서 교대근무에 대한 인식의 차이가 존재한다. 어떤 사람은 규칙적인 교대근무 패턴과 관련된 다양한 일을 하는 것을

좋아하며, 교대근무의 장점으로 휴무일이 많고 출근시 교통량이 많은 시간을 피하는 것을 꼽기도 한다. 그러나 남들이 쉬는 시간에 근무함으로써 친구, 가족 등과의 시간이 단절되고, 인간의 수행 능력이 열악한 것으로 알려진 새벽시간(오전 4시에서 오전 6시 사이)에 작업하게 되어 오류를 유발할 확률이 높아지게 되고, 주로 수면 패턴과 같은 신체의 다양한 리듬의 일반적인 비(非) 동기화 및 교란과 관련된 문제를 유발할 수 있는 요인들이 있다. 특히 야간 교대근무는 일광 및 환경소음의 간섭으로 인해 낮 동안의 수면 문제를 유발할 수도 있다.

항공정비업무의 경우 운항 스케줄 특성 상 야간에 많은 작업을 하는 교대근무가 시행되고, 많은 작업들이 계류장에서 이루어지고 있는 경우가 많아서 태양에 노출되거나 추운 기온상태에서 근무를 하게 되므로 피로도가 가중되게 된다. 또한, 다른 작업자와 교대근무 중에는 의사소통의 결여로 인한 오류를 일으킬 수 있는 문제를 안고 있으며, 나 홀로 교대근무 역시 작업능력을 저하시키는 피로의 원인이 되며, 또한 오류를 유발할 수 있다[1].

3. 교대근무와 피로영향

혈중알코올농도로 환산한 피로의 영향에 대한 연구에 따르면, 17~19시간 동안 수면을 취하지 못하였을 때 나타나는 인지행동 능력 저하는 혈중알코올농도 0.05% (0.05 g/100 ml)에 해당되는 것으로 나타났으며, 20~25시간 동안 무수면의 경우에는 혈중알코올농도가 0.1% (0.1 g/100 ml)에 해당되는 것으로 연구되었다 [8].

주목해야 할 중요한 점은 취한 사람과 마찬가지로 피로한 사람 또한 자신의 능력이 어느 정도 저하되었는지를 항상 인식하지 못한다는 것이다[9].

영국 민간항공 관리국(CAA, 2002)의 항공정비사의 교대근무 작업시간에 대한 연구에 따르면 Fig. 1과 같이 오전 6시부터 14시까지 근무하는 조출(Morning)조에 비하여 14시부터 22시까지 근무하는 만퇴(Afternoon)조의 위험률(Risk Rate)이 17.8% 이상 높으며, 22시부터 06시까지 근무하는 야간(Night)조는 조출조에

Fig. 1. The Mean Relative Risk (RR) across the three shifts [6].

Fig. 2. The Mean Relative Risk (RR) Over Hours on Duty [6].

비해 위험률이 30.6% 이상 높았다(Fig. 1) [6].

또한, Fig. 2와 같이 8시간 교대 근무자에 비해 12시간 교대 근무자의 위험발생 확률은 약 27.6% 높게 나타났다. 그러나 12시간의 2교대 근무는 8시간의 3교대 근무에 비하여 근무 교대에서 발생할 수 있는 공백시간이 상대적으로 짧고 또한 작업자에게는 휴식시간이나 가용시간의 활용 폭이 넓기 때문에 관리자나 작업자 모두가 선호하는 것으로 조사되었다[6].

항공기 정비작업은 야간에 주로 수행된다. 인간은 생리적으로나 정신적으로 Fig. 3과 같이 생체주기(circadian rhythm)에 따라 낮 시간 동안 가장 주의를 기울이고 밤에는 휴식을 취하거나 잠을 선호한다. 작업 요구 사항이 이러한 패턴을 방해하면 작업 성능 저하가 뒤따를 수 있다. 이는 항공기 안전운항에 기본이 되는 감항성¹⁾에 필수적으로 연결된 항공기 정비에 문제를 일으킬 수 있다. 그러나 교대근무자는 본의 아니게 일주기상 피로도가 높을 때 일할 수밖에 없으며, 또한 일하지 않을 때 수면을 취하기는 더욱 어렵다. 더욱이 정기적인 야간근무는 사람의 몸을 환경적으로 더욱 예민하게 만들어서 작업성과, 근무의욕 및 안전성을 저하시킬 뿐만 아니라 신체적인 건강에도 영향을 미친다. 이러한 모든 것들은 정비업무의 질을 떨어뜨리는 위험한 상황을 초래할 수 있다 [10].

항공분야에서 정비사들의 교대근무는 항공정비업무 수행을 위하여 당연한 것이며, 피로관리는 직무의 일부분이라는 것을 인식하여야 한다. 또한, 관리자 및 작업자 모두 교대근무형태에서 나타나는 문제점들을 올바르게 인식하고 최소한의 수면관리라도 적절하게 이행한다면 피로로 인한 인적오류를 줄일 수 있을 것이다.

Simon Folkard (2002)는 항공정비사의 작업시간 연구에서 바람직한 교대근무 원칙을 다음과 같이 제안하고 있다[6].

1) 1일 업무시간 제한

- 교대근무는 12시간을 초과하지 않는다.
- 초과 근무를 하더라도 총 13시간을 초과하지 않는다.
- 교대근무 사이에는 최소 11시간이상 휴식시간을 가져야 한다.

2) 주당 업무시간 제한

- 정상근무는 주당 48시간을 초과해서는 안 된다.
- 휴무 없이 60시간 또는 7일 연속 근무해서는 안 된다.
- 휴무일은 교대근무일 사이 11시간 포함해서 2일 연속(최소 59시간) 가져야 한다.

3) 연간 업무시간 제한

- 가능한 한, 연간 휴가는 총 28일을 목표로 한다. 초과근무를

하더라도 연간휴가는 21일 이하로 줄일 수 없다.

4) 휴식시간

- 최대 4시간 근무마다 쉬는 시간을 갖는다.
- 마지막 휴식 또는 일과시작 후에는 최소 10분의 휴식시간이 주어지며, 매 시간 5분의 쉬는 시간을 갖는다.

5) 야간 교대업무 제한

- 야간근무를 포함해서 근무는 12시간을 초과해서는 안된다. 8시간 근무에서는 6시간, 8~10시간 근무에서는 4시간, 10시간 이상에서는 2시간을 초과근무 등으로 초과해서는 안된다.
- 야간근무 교대간격은 11시간 OFF 후 2일간 휴식(59시간 OFF)하여야 하며, 야간근무가 36시간 또는 3교대를 초과하는 경우 3일간 연속 휴식(83시간 OFF)하여야 한다.
- 야간근무는 오전 8시 이전에 끝내야 한다.

6) 조출(morning)/주간(day) 교대의 제한

- 조출 또는 주간근무교대는 오전 7~8시 사이에 수행되어야 한다.
- 오전 7시 이전에 시작된 조출 또는 주간근무 교대 간격은 4일로 제한되어야 하며, 교대 이후의 11시간 외 2일간의 휴식이 이루어져야 한다(최소한 59시간). 이러한 한도는 추가근무로 인해서 초과되어서는 안된다.
- 항공기 정비사에게는 28일간의 작업 스케줄이 사전에 통지되어야 한다.

7) 추가 권고사항

- 항공기 정비종사자의 고용주는 피로 관리를 위해 개발되고 있는 위험 관리 시스템을 고려해야 한다.
- 항공기 정비종사자들에게 교대근무 관련 문제점을 인식시킬 수 있는 교육프로그램을 개발하여야 한다.

Fig. 3. Many human variables rise and fall daily due to one's natural circadian rhythm [10].

1) "감항성이 있는(Airworthy)"이란 항공기, 엔진, 프로펠러 또는 부품이 승인받은 설계에 합치하고 안전하게 운용할 수 있는 상태에 있는 경우를 말한다(국토교통부, 운항기술기준, 1.1.1.4 용어의 정의).

- 항공기 정비종사자는 적합하게 정해진 휴식 실시 상황을 보고 하여야 한다.
- 항공기 정비종사자는 그들의 휴식시간 동안 기타 영리를 목적으로 하는 다른기업에서 근무를 해서는 안된다.

III. 논의 및 결론

항공정비사의 교대근무는 항공사의 특성상 필연적이다. 특히 야간근무는 정상적인 생체리듬과 다른 환경조건에서 근무를 하게 되므로 주간에 근무를 하더라도 작업 중에 졸린 상태를 느낄 수 있으며, 이러한 상태는 작업성과 뿐만 아니라 항공기 및 개인 안전에도 영향을 미칠 수 있다, 따라서 주·야간 교대 근무시 항공정비사에게 영향을 미칠 수 있는 요인들을 고찰하여 항공정비사의 피로가 최소화 되도록 근무환경을 유도하여야 하며, 항공정비사 자신도 피로를 해소할 수 있는 적극적인 행동 등의 대책이 필요하다.

이를 위해 국가 차원에서 조종사 및 객실승무원에만 적용되고 있는 피로위험관리시스템(FRMS)을 지상승무원(Ground Crew)으로 분류되는 항공정비사 및 지상조업요원들까지 확대 적용해야 하며, 교대근무 관련 문제점을 인식시킬 수 있는 교육프로그램을 개발하여야 한다.

운영자는 기술자와 작업에 미치는 영향에 대해 작업 할당을 신중하게 실시해야 한다. 육체적으로 까다로운 작업 뒤에는 집중력이 필요한 지루한 작업이 이루어져서는 안 되며, 동일한 품목의 반복 검사와 같은 활동의 위험에 대해 알고 있어야 한다. 오랜 연구 역사에 따르면 이러한 작업에서 운영자의 경계가 급격히 떨어지고 오류가 쉽게 뒤따를 수 있기 때문이다.

교대근무 관리자는 특히 정비사의 피로를 관찰하고 작업 완료 후 오류를 발견하기 위한 작업의 후속 점검을 감독하고 수행해야 한다.

끝으로 대부분의 정비사는 교대근무에 적응하지만, 교대 근무자가 나이가 들수록 교대 근무를 하기가 더 어려워진다는 점에 주목할 가치가 있다. 저비용항공사의 항공정비사들은 대부분 대형항공사에서 은퇴한 고경력자들임을 고려하여 선진항공국에서 수행된 항공정비사의 피로관리 연구와 국내에서 수행된 조종사와 관제사의 피로관리 연구를 바탕으로 우리나라 항공사의 실정 및 문화에 적합한 항공정비사의 피로연구가 진행되어야 한다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Chun-Yong Kim, <https://orcid.org/0000-0002-9354-6218>

Se-Jong Choi, <https://orcid.org/0000-0001-6103-6857>

REFERENCES

1. Kim CY. *Human Factors in Aviation Operation*. Seoul: Nodemedia; 2019.
2. Hobbs A, Avers K, Hiles J. *Fatigue Risk Management in Aviation Maintenance: Current Best Practices and Potential Future Countermeasures* (Report No. DOT/FAA/AM-11/10). Washington DC: Federal Aviation Administration Office of Aerospace Medicine. 2011.
3. Ricci JA, Chee E, Lorandean AL, Berger J. *Fatigue in the U.S. workforce: prevalence and implications for lost productive work time*. *J Occup Environ Med*. 2007;49(1):1-10.
4. FAA. *The Operator's Manual for Human Factors in Aviation Maintenance*, The US Federal Aviation Administration, 2014.
5. CAA. *Aviation Maintenance Human Factors, CAP716*, Safety Regulation Group, Civil Aviation Authority, UK, 2003.
6. Folkard S. *Work hours of aircraft maintenance personnel* (UK CAA Paper 2002/06). West Sussex, UK: Research Management Department, Safety Regulation Group. 2002.
7. FAA. *The Operator's Manual for Human Factors in Aviation Maintenance*, The US Federal Aviation Administration, 2005.
8. Dinges DF, Mallis MM, Maislin G, Powell JW. *Evaluation of Techniques for Ocular Measurement as an Index of Fatigue and as the Basis for Alertness Management* (Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, 1998).
9. Jensen R. *Opening Address for the 9th International Symposium of Aviation Psychology*, 1997.
10. FAA. *Aviation Maintenance Technician Handbook-General* (FAA-H-8083-30A), 2018.