

심장박동수 측정을 통한 항공교통 관제사의 피로와 스트레스

Air Traffic Controllers' Fatigue and Stress based on Heart Rate Measurement

박진한·안덕배·백호종*

한국항공대학교 항공교통물류학부

Jin-han Park· Deok-bae An· Hojong Baik*

School of Air Transport and Logistics, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do, 10540, Korea

[요 약]

본 연구는 교대근무를 수행하는 항공교통 관제사들의 피로와 스트레스와 이에 영향을 미치는 변수와의 연관성을 규명하는 연구이다. 기존 연구결과에 의하면, 관제사의 피로와 스트레스는 근무경과시간, 관할 항공기의 수, 시정 등과 같은 여러 요소에 영향을 받으며, 또한 관제사의 피로와 스트레스는 심장 박동수에 영향을 미치는 것으로 있다고 알려져 있다. 본 논문에서는 항공교통관제사의 피로와 스트레스에 영향을 주는 요소로 근무경과시간, 관할 항공기의 수, 시정을 설정하고, 각 요소와 피로와 스트레스의 정도를 나타내는 심장박동수에 대한 연구 가설을 설정하였다. 실제 수집된 자료를 활용하여 연구가설을 검정한 결과 항공교통관제사의 심장 박동수는 관할 항공기의 수와 근무시간경과에 영향을 받는 것을 확인하였다. 특히, 동일한 대수의 항공기를 관제하는 경우에도, 근무 시간이 경과에 따라서 관제사의 피로와 스트레스 정도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

[Abstract]

This paper is concerned with air traffic controllers' fatigue and stress that they experience during their daily job particularly as being shift workers. Previous researches reveal that the controllers' fatigue and stress increase by several factors including time spent at work, traffic intensity, visibility, etc. The researches also indicate that air traffic controllers' fatigue and stress can be reasonably surrogated by their heart rate. We set three hypotheses relating the influencing factors and the fatigue and stress represented by the heart rates. Using wrist bands, air traffic controllers' heart rates at various situations are collected at Choongju airport. The hypothetical tests explicitly confirm that the heart rate is highly correlated with the traffic level and the time spent at work. In particular, it be shown that even when handling the same traffic level, air traffic controllers' stress level increases as the time they spent at work increases.

Key word : Air traffic control, Controllers' fatigue and stress, Heart rate.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.90>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 7 February 2017; Revised 9 February 2017

Accepted (Publication) 26 February 2017 (28 February 2017)

*Corresponding Author; Hojong Baik

Tel: +82-2-300-0373

E-mail: hbaik@kau.ac.kr

1. 서론

1-1 연구의 배경 및 목적

소득수준의 향상과 저비용 항공사의 약진으로 전 세계 항공 수요가 나날이 증가하고 있다. ‘13년 9월에 발표된 글로벌 항공 시장 전망보고서에 따르면, 향후 20년간 아-태지역 항공교통량은 연 5.5% 증가할 것으로 예측되고 있다[1].

에어포탈 항공통계에 나타난 우리나라 항공 수송실적은 4년 연속 세계 6위(2010~2013)를 기록하였고 항공교통량은 10년간 연평균 6% 이상의 꾸준한 증가추세를 보이고 있다. 그림 1은 최근 10년간의 우리나라 항공교통량 증가 추이를 보여주고 있으며, 국토교통부는 약 7% 이상의 상승추세가 당분간 지속 될 것으로 전망하고 있다.

항공수요의 증가에 따른 항공 산업의 발전에 가장 우선되어야 하는 것은 항공안전의 보장이다. 항공기가 공항을 출발하여 복잡한 공역에서 항공로를 따라 목적지까지 안전하고 효율적으로 운항하기 위하여 꼭 필요한 업무가 항공교통관제이다.

실제 관제업무를 행하는 주체는 컴퓨터가 아닌 장비와 시스템의 도움을 받는 사람, 즉 관제사이며, 항공수요의 증가로 인한 관제사의 업무부하 증가는 불가피하게 발생한다. 관제업무는 순환교대 근무형태로 이루어지기 때문에 항공교통관제사는 일반 근로자와는 달리 피로와 긴장이 가중되기 쉬운 환경에서 근무를 한다. 국내 대부분의 공항/비행장은 24시간 근무제를 운영하기 때문에, 항공교통관제사는 일일 8시간 이상의 정해진 근무와 주·야간의 교대근무를 반복하고 있다. 표 1은 현재 국내 주요 공항/비행장의 항공교통관제사 교대근무 형태를 나타낸 것으로 대부분의 공항/비행장에서 짧은 패턴의 순환교대근무를 채택하고 있다.

실제 우리나라의 대부분 관제시설에서는 야간근무 시 15시간 근무를 하고 있으며, 이는 선진국 항공교통 관제사들의 야간 근무시간(평균 10시간)보다 5시간이나 더 근무를 하는 것이다. 특히 군 항공교통관제사의 경우 일주일 근무시간은 평균 56시간이며, 휴무일에는 24시간 연속근무를 수행하는 관제시설도 존재하는 실정이다.

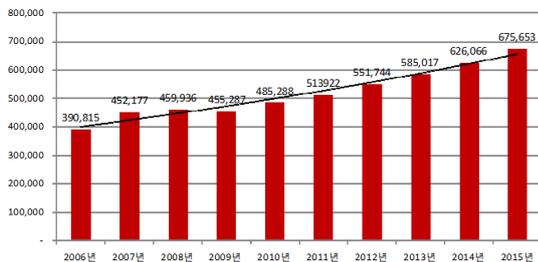


그림 1. 최근 10년간 항공교통량 현황
Fig. 1. Air traffic volume for recent 10 years.

표 1. 국내 항공교통관제사 근무 형태

Table 1. Air traffic controllers' work pattern.

Air Traffic Control Center	Shift Pattern
Incheon ACC	Evening-Day-Morning-Night-Off-Off
Gimhae APP	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Daegu APP	Day-Night-Off
Seoul APP	Day-Swing*-Night-Off-Off
Jeju APP	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Joongwon APP	Day-Night-Off + 24HR(Weekend)
Haemi APP	Day-Night-Off
Cheongju GCA	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Gimpo TWR	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Gimhae TWR	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Daegu TWR	Day-Night-Off
Incheon TWR	Day-Swing-Night-Off-Off
Jeju TWR	Day-Day-Night-Night-Off-Off
Joongwon TWR	Day-Night-Off + 24HR(Weekend)
Cheongju TWR	Day-Night-Off
Haemi TWR	Day-Day-Night-Night-Off-Off

많은 기존 연구에서 나타난 바와 같이 주야간 교대근무는 피로와 스트레스를 가중시키며, 이는 인간의 인지구조와 판단력에 영향을 미친다. 피로할 경우 불안전 상황의 악화를 감지하지 못할 수 있으며, 조종사의 readback 오류 같은 결정적인 정보를 놓치는 경우가 보다 더 빈번히 발생하는 것으로 알려져 있다 [2]. 실제로 2015년 한 해 동안 우리나라에서 발생한 TCAS RA¹⁾ 3건의 원인이 관제사의 피로에 의한 것으로 파악되고 있다. 이러한 현실적 근무여건과는 달리, 교대근무 항공교통관제사의 피로와 스트레스에 대한 실증적 연구나 효과적인 관리에 대한 관심이 부족한 실정이다.

이러한 배경하에 본 연구에서는 교대근무 항공교통 관제사들의 피로와 업무 스트레스를 측정하는 방법으로 심장박동수를 설정하고, 통계적 가설 검정을 통해 항공교통 관제사의 피로 및 스트레스를 가중시키는 설명변수와 심장박동수의 연관성을 정량적으로 규명하고자 한다.

1-2 연구의 범위

본 연구의 수행을 위해 수집된 자료의 공간적, 시간적 범위와 본 연구의 목적을 달성하기 위해 설정된 연구의 내용적 범위는 다음과 같다.

- 1) 공간적 범위: 충주비행장 관제탑
- 2) 시간적 범위: 2016년 5월 10일~6월 9일 (총 31일)

1) TCAS(traffic collision avoidance system)는 공중충돌 경고장치로서 ACAS라고도 불리며, 장비가 인식하는 항공기의 상대적인 접근 율에 의해 경고가 발생된다. TA(traffic advisory)는 상대 항공기가 35~45초 내에 TCAS 장착 항공기의 충돌구역 내로 들어올 것이라 예상될 때 발생하며, RA(resolution advisory) : 상대 항공기가 20~30초 내에 TCAS 장착 항공기의 충돌구역 내로 들어올 것이라 예상될 때 발생한다.

3) 내용적 범위:

- 항공교통 관제사의 피로 및 스트레스, 항공안전에 대한 기존문헌 조사
- 항공교통 관제사의 피로 및 스트레스에 영향을 미치는 (설명)변수 및 측정변수 선정, 연구모형 및 연구가설 설정
- 항공교통 관제사의 피로 및 스트레스 측정방법 설정 및 측정수행
- 연구가설 검증 및 결론 도출

II. 기존연구고찰

본장에서는 항공교통 관제사의 피로와 스트레스가 관제업무 및 관제오류에 미치는 영향에 대한 기존연구를 고찰한다. 아울러, 관제사의 피로와 스트레스에 영향을 미치는 변수와 관제사의 피로와 스트레스에 따라 나타나는 신체적 변화에 대한 기존연구 결과를 검토한다.

2-1 항공교통관제사의 피로와 스트레스와 항공안전

항공교통관제는 공중 혹은 지상에서 항공기간 또는 항공기와 장애물간의 충돌 방지와 질서정연한 항공교통의 흐름의 촉진을 목표로 하고 있다. 현대에 들어 항공교통관제를 위한 첨단 장비들이 설치, 운용되고 있지만 아직 많은 부분이 관제사의 의사 결정과정에 의존하고 있어 인적오류가 개입될 가능성이 매우 높으며, 이러한 현상은 LOSA²⁾를 포함한 안전 분석 연구에서 입증되고 있다[2].

오랜 장기적인 활동으로 인하여 정신적·신체적으로 지친 상태로 신체적 활동이나 업무 수행 능력이 감소하는 상태를 피로라고 정의되었으며[3], 피로는 뇌과, 심장박동, 혈압, 호르몬 분비, 소화기능 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[4].

항공교통의 안전을 저해하는 위험 요인인 피로 및 스트레스는 장기적인 관점에서 제도적 관리가 필요하다. 이를 위해 우선 관제 실무자와 관리자가 스트레스와 피로의 심각성을 충분히 공유 및 공감하고, 피로와 스트레스 관리를 위한 환경적, 제도적 뒷받침이 충분히 이루어질 수 있도록 피로·스트레스 관리 시스템을 운영해야 한다고 제안된 바 있다[4].

또한, 피로는 오랜 기간 스트레스와 연관되어 있으며, 인적요인 내에서 피로는 그 자체만으로도 매우 중요한 요소라고 알려져 있다[5].

연구 결과에 의하면 항공교통관제사가 겪는 업무부하 또는

복잡한 교통상황의 정도에 따른 스트레스는 해당 관제사의 피로에 확실한 영향을 미친다고 제시되고 있다. 같은 연구에서, 항공교통관제사의 피로는 항공사고와 업무오류에 직접적인 연관이 있다는 것을 고려하여 항공교통관제사의 피로 관리는 매우 중요한 과제라고 언급하고 있다. 또한 항공교통관제사 피로의 요인이 되는 것들과 함께, 항공교통관제사들이 근무 시 과한 피로를 받지 않도록 하기 위해 업무부하와 스트레스간의 관계는 면밀히 관찰되어야 한다고 제안하고 있다[6].

또 다른 연구에서는 피로와 업무오류는 양(+)의 관계가 있음을 증명되었고, 아울러 업무와 관련된 피로로 인해 기억력과 집중력이 감소하면 과중한 업무 스트레스가 가중되어 오류의 확률이 증가한다는 것이 입증되었다[7]. 또한, 항공안전을 저해하는 중대한 위험요소인 항공교통관제사의 피로는 교대근무, 기량, 근무좌석 운영 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다[8].

국내 항공교통관제사를 대상으로 조사한 자료에 따르면 피로와 스트레스가 위험 상황에 미치는 영향력을 5점 Likert 척도로 평가하게 하였을 때, 관제사 대부분이 위험상황에 있어 피로와 스트레스가 매우 큰 영향을 미친다고 답변하였다. 또한, 피로와 스트레스로 인해 업무에 지장을 준 경험이 있는 관제사는 78%로 높게 나타났으며, 피로 및 스트레스로 인한 인식능력 저하 및 판단력의 저하 등을 구체적인 경험으로 언급하였다[4].

항공교통 관제사들의 피로 및 스트레스 정도는 직무요구, 조직체계, 보상의 부적절, 물리적 환경, 직장의 문화 등 대부분의 영역에서 직장인에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다. 아울러, 근무 중 물리적 환경으로 인한 직무스트레스 수준을 타 직업군과 비교한 결과, 항공 교통관제사들의 스트레스는 평균 58.69점인 반면, 사무직군의 스트레스는 37.46점인 것으로 나타나, 관제사들이 보다 높은 수준의 스트레스를 겪고 있는 것으로 분석되었다. 관제사는 항공안전과 연관성이 높은 업무를 수행하기 때문에 직무요구에 의한 스트레스도 상대적으로 높은 수준으로 나타났는데, 이는 입법자, 고위관리자 직군(평균=52.22)과 비교했을 때에도 높은 수준(평균=58.74)으로 나타났다[4].

2-2 항공교통 관제사의 피로 및 스트레스와 관련된 요인

1) 교통량 및 악기상

악기상 혹은 교통량³⁾이 갑자기 많아지는 시간에 스트레스가 가중되며 이는 관제사의 피로로 이어지며[9], 관찰하는 항공

2) LOSA (line operations safety audit)는 정상적인 운항에서 정보를 얻고 항공 안전을 개선시키는 것을 목적으로 하는 운항 안전 프로그램으로서 LOSA훈련을 이수한 관찰자가 일상적인 운항 중 운항승무원의 위협 및 실수관리 행동에 대한 정보를 가급적 아무도 없는 것처럼 조용히 관찰하여 TEM (threat and error management) 자료를 수집하는 운항 안전감사제도이다.

3) 교통량이란 일정시간 동안 공황에 이·착륙한 실제 항공기 대수이다. 일반적으로 Touch&Go, Low Approach 등의 이·착륙 훈련과 Transition 항공기는 교통량에 포함하지 않는다. 하지만 이·착륙 훈련과 Transition 항공기 또한 항공교통관제사 피로에 영향을 미치는 요소이므로 본 연구에서는 교통량의 일반적인 정의를 적용하는 대신, 관제사가 실제 관찰하고 있는 항공기 대수를 교통량으로 사용하여 분석을 수행하였다.

기의 수가 많아지면 항공교통관제사의 신체적 움직임이 증가하여 정신적 부하에 상관없이 심장 박동수에 영향을 미친다는 연구 결과가 발표되었다[5].

교통량의 증가가 업무부하로 이어진다는 관점에서 8명의 항공교통관제사를 대상으로 진행한 시뮬레이터 실험을 통해 관제사 피로 정도와 그들의 업무부하 직접적인 연관성이 있음을 실증적으로 입증된 바 있다[10]. 또한, 항공교통관제사들은 높은 업무부하 상황에서 효율이 낮은 관제절차를 사용하였으며, 충돌하려는 항공기에 대해 효과적인 해결책을 제시하지 못함으로써 항공교통관제사의 판단력과 업무부하간의 직접적인 연관성이 존재함을 입증되었다[11].

2) 교대근무

교대근무란 정규근무시간(일 8시간) 외의 시간대에 이루어지는 근무를 말하는 것으로 고정교대근무와 순환교대근무 등으로 구분된다. 교대근무 중 야간근무란 늦은 저녁시간에서 새벽시간대에 이루어지는 근무를 의미한다. 순환교대근무는 역시계방향과 시계방향 근무⁴⁾의 두가지 형태가 있으나 생체리듬 상 역시계방향 보다는 시계방향 근무가 선호되는 근무형태이다[12].

이러한 교대근무는 인간의 circadian rhythm⁵⁾에 부정적인 영향을 주고 스트레스와 피로를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 미국 내 항공교통 관제사를 대상으로 진행한 설문조사 결과 75% 이상이 교대근무가 피로의 증가와 집중도 저하의 원인이 된다고 답변하였고, 교대근무와 피로는 업무오류와 직접적인 연관성이 있다는 결론이 도출되었다[6].

또한, 교대근무자를 상대로 조사한 자료에 따르면 교대근무 형태가 힘든 원인으로서는 불규칙한 생활이 가장 많았고, 수면부족, 조출, 장시간의 근무가 그 뒤를 이었으며[13], 매일 다른 시간대로 순환하는 교대근무는 경력이 많은 관제사도 적응하기 어려운 근무형태라고 언급되고 있다[14].

3) 피로 및 스트레스와 신체변화

24시간 운영되는 관제업무의 특성 상 교대근무 형태, 근무시간, 휴식시간 등은 관제사의 건강, 업무수행 그리고 항공안전에 영향을 미친다고 알려져 있으며, 업무시간은 피로 및 스트레스를 유발하는 요인으로 작용할 수 있으며, 교대근무 자체만으로도 피로 및 스트레스가 유발될 수 있는 것으로 밝혀졌다[9].

특히, 수축기 혈압, 심장박동수, 맥압 모두 주간근무 시 야간근무에 비해 유의하게 낮았고, 야간근무자들의 혈압 일중변동 양상은 주간 교대근무자들보다 비국자형⁶⁾ 변동양상을 보인다

4) 역시계 방향 근무는 근무의 순서가 심야-오후-새벽과 같이 흐르는 근무로서 역시계 방향으로 근무할 경우 근무사이의 휴무시간이 더욱 짧아지게 되는 특성이 있어, 생체 리듬상 시계방향 근무가 더욱 선호되는 경향이 있다.

5) 인간의 신체적 반응과 능력(체온, 혈압, 심장 박동수, 아드레날린분비, 호흡량, 정신능력 등)이 주간에 증가되고 야간에 감소되는 일중 신체활동의 주기

고 알려져 있다[15].

야간 교대 간호사 대상으로 조사된 심혈관계의 지표인 혈압과 심장박동수 연구결과 정상적이지 않은 일중 변동 양상이 발생하는 것으로 나타났으며, 야간근무는 자율신경계의 항상성 유지반응에 변화를 불러일으키며 향후 심혈관계에 위해요인으로 작용할 수 있는 것으로 밝혀졌다[16]. 또한, 기존에 제기된 심혈관계 기능에 영향을 미치는 직무스트레스, 흡연, 연령 등 주요 요인변수들을 보정한 후에도 교대근무기간이 유의한 위험인자로 분석됨으로써 교대근무 자체가 심혈관계 질환에 대한 독자적인 위험인자인 것으로 나타났다[17].

남성의 경우 교대근무기간이 증가 할수록 혈압, 비만, 콜레스테롤 혈중의 발생위험이 유의하게 상승하며[18], 여성의 경우 교대근무 시작 후 약 3개월간 생리불순 현상이 발생하는 것으로 나타나고 있다[19].

이상의 기존 연구고찰이 시사하는 바를 정리하면 다음과 같다. 항공교통 관제사의 인적요소는 항공교통의 안전과 직접적으로 연관되어 있으며, 특히, 교대근무형태의 업무를 수행하는 관제사의 피로와 스트레스는 판단오류의 원인으로 작용한다. 관제사의 피로와 스트레스에 영향을 미치는 요소는 교통량, 근무시간, 악기상, 근무형태 등이 있으며, 피로와 스트레스는 관제업무 중인 관제사의 심장박동수에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

III. 연구방법

본 장에서는 기존연구 검토를 토대로 관제사의 피로와 스트레스를 증가시키는 요인(즉, 설명변수)과 관제사가 관제업무중 체감하는 피로 및 스트레스를 측정할 수 있는 정량적 변수를 선정한다. 또한, 선정된 설명변수 및 측정변수에 기반하여, 관제사의 피로와 스트레스에 대한 연구모형과 연구가설의 설정한다. 아울러, 관제사의 피로 및 스트레스 정도의 정량적 측정 방법에 대해 기술한다.

3-1 변수 선정 및 연구가설 설정

본 연구에서는 기존 연구 결과와 자료수집의 용이성을 감안하여 항공교통관제사의 피로와 스트레스를 증가시키는 요인으로 1) 교통량, 2) 관제사의 근무시간, 3) 악기상을 연구모형의 설명변수로 설정하였다[6], [8]. 또한, 기존 연구 결과를 토대로 교대근무 항공교통관제사의 심장박동수 변화를 통해 피로와 업무 스트레스 정도를 정량적으로 측정할 수 있다고 판단하고, 이에 따른 전체적인 연구모형 및 연구가설을 설정하였다[4], [5]

6) 대개 24시간 동안 혈압의 정상적인 일중 변동은 주간에는 높고 야간에는 낮은 양상을 보인다. 이와 같은 양상을 O' Brien 등(1988)은 국자형이라고 하였고 이와 상반되게 야간에 혈압이 감소하지 않는 경우를 비국자형이라고 하였다.

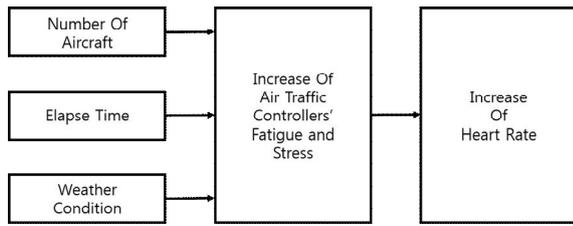


그림 2. 연구모형
Fig. 2. Research model.

, [15], [16].

그림 2의 연구모형은 설정된 세가지 설명변수, 즉, 관할항공기의 증가, 근무시간의 경과, 기상악화에 따른 관제사의 피로도 및 스트레스 증가, 이에 따른 관제업무시 심장박동수(중속변수)변화의 연관성을 모형화한 것이다. 설정된 연구모형에 따라 교대근무 관제사의 피로도 또는 스트레스를 증가시키는 설명변수와 관제사의 피로 및 스트레스의 측정치인 심장박동수와 연관성을 규명하기 위해 설정된 연구가설은 다음과 같다.

연구가설 1 : 관할 항공기 수가 증가함에 따라 (피로 및 스트레스가 가중되어) 심장박동수가 증가할 것이다.

연구가설 2 : 동일한 수의 항공기를 관제하더라도 근무시간이 경과함에 (피로 및 스트레스가 가중되어) 심장박동수가 증가할 것이다.

연구가설 3 : 동일한 수의 항공기를 관제하더라도 기상 악화에 따라 (피로 및 스트레스가 가중되어) 심장박동수가 증가할 것이다.

3-2 심장 박동수 측정방법

본 연구에 사용된 자료는 충주비행장 관제탑 교대근무 항공교통 관제사를 대상으로 스마트 밴드를 이용하여 근무 중 심장박동수 변화(즉, 중속변수)를 측정을 통해 수집되었다. 이와는 별도로 항공기 이착륙통보기록표, 근무좌석 운영기록표, 기상통보기록표상의 자료를 기반으로 수집되었다.

본 연구에 사용된 심장박동수 측정기기는 Partron사의 Croise.E Urban Band (PWB-100)로 식품의약품안전처 산하 의료기기정보기술지원센터의 인증을 받은 스마트밴드이다. (그림 3 참조) 심장박동수 측정은 2개의 스마트 밴드를 이용하여



그림 3. 심장박동수 측정기기
Fig. 3. Device for heart rate measurement.

표 2. 심장박동수 측정 계획

Table 2. Plan for heart rate measurement.

00~06	06~08	08~12	12~14	14~17	17~24
Charge	Night	Day	Charge	Day	Night

수행되었으며, 교대근무자 상하번 시간에 맞춰 업무 인수인계가 종료된 후 하번자가 상번자에게 스마트밴드와 스마트기기를 넘겨주는 방식으로 진행되었다.

심장박동수 측정이 이루어진 시간대는 주간 비행과 야간비행이 주로 이루어지는 시간대인 09시~18시와 20시~22시 사이에 이루어졌다. 또한 측정기기는 연속측정모드로 두었을 때 최대 약 15시간 지속 가능한 배터리 용량을 감안하여 1일 2회의 충전을 실시하였다. 표 2는 근무일정과 비행일정을 고려하여 진행된 시간대별 심장박동수 측정일정을 정리한 것이다.

IV. 자료분석 및 가설검정

4-1 측정 대상자 특성

본 연구를 위한 심장박동수 측정은 충주비행장 관제탑관제사 중 교대근무 조장 및 교대근무 조원(10명)을 대상으로 2016년 5월 10일부터 약 1개월간 진행되었으며, 실 근무좌석에서 측정된 1,690개의 심장박동수 관측값을 사용하여 분석을 수행하였다.

표 3은 측정 대상자의 일반적 특성을 정리한 것으로 구체적인 사항은 다음과 같다. 측정대상자 모두 남성으로 구성되어 있으며, 연령은 20~24세 3명, 25~29세 6명, 30세 이상 1명으로 각각 30%, 60%, 10%를 차지하고 있다. 해당 근무지 경력은 5년 미만 6명, 5년 이상 10년 미만 3명, 10년 이상 1명으로 각각 60%, 30%, 10%로 분포되어 있다. 이러한 인적 구성표본은 공군항공관제사의 인사이동 원칙을 고려하였을 때 공군 내 교대근무 항공교통관제사에 대한 대표성을 띄기에 적절하다고 판단된다.

4-2 가설검정

본 연구를 통해 수집된 자료의 기초분석과 통계적 가설검정은 SPSS (PASW) 18.0을 활용하여 수행되었다. 가설 검증 위한

표 3. 표본의 특성.

Table 3. Characteristics of sample.

		인원 수(명)	비율(%)
Gender	Male	10	100
	Female	0	0
Age	20~25	3	30
	26~30	6	60
	Over 30	1	10
Work Experience	Under 5 years	6	60
	5~10 years	3	30
	Over 10 years	1	10

통계적 방법으로 첫 번째 연구가설의 경우, 즉 관할항공기 대수 증가에 따른 심장박동수의 변화에 대한 가설은 일원변량분석(One-way Anova)과 사후 검증을 통해 이루어졌으며, 근무시간 및 기상악화에 따른 심장박동수의 변화에 대한 연구가설 2, 3의 검정을 위해 t검정을 수행하였다. 각 연구가설의 검정 결과는 다음과 같다.

1) 연구가설1 검정

표 4는 관할항공기 대수에 따른 심장박동수의 변화와 F 검정 및 Scheffe 사후분석 결과를 정리한 것이다. 평균 심장박동수의 차이를 살펴보면 관할항공기수가 0, 1, 2, 3, 4, 5대 이상일 때 평균 분당 심장박동수는 각각 71.73회, 80.01회, 84.30회, 86.46회, 90.81회, 94.37회로 점진적으로 증가하는 것을 알 수 있다. (그림 4참조)

일원분산분석(F 검정) 결과 관할 항공기 대수에 따라 심장박동수는 유의한 차이를 보이는 것으로 분석되었으며 (p<0.001), 집단간 크기의 순서를 결정하는 Scheffe 사후분석을 통해 항공기 대수 증가에 따라 심장박동수의 통계적으로 유의하게 증가하고 있는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 관할하는 항공기의 수가 많아지면 항공교통관제사의 심장박동수에 영향을 미친다는 기존 연구 [5]와 동일한 결과이다.

표 4. 관할항공기에 따른 심장박동수 변화

Table 4. Heart rate changes according to number of aircraft.

Number of Aircraft	N	M	SD	F	P	Scheffe
0 (a)	861	71.73	7.41	279.1	.000	a < b < c, d < e < f
1 (b)	291	80.01	7.70			
2 (c)	303	84.30	7.89			
3 (d)	101	86.46	6.97			
4 (e)	96	90.81	8.66			
Over 5 (f)	38	94.37	7.27			

(N: Number of Observation, M: Mean, SD: Standard Deviation)

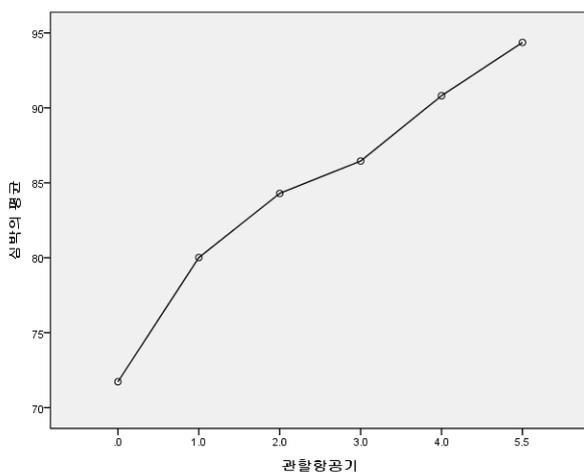


그림 4. 관할항공기에 따른 심장박동수 변화

Fig. 4. Heart rate changes according to number of aircraft.

2) 연구가설2 검정

연구가설에 적용된 근무시간의 경과에 대한 기준은 근무교대를 위한 15분 중복근무시간과 오전 주 비행시간/오후 주 비행시간을 고려하여 주간근무시작 후 2시간 15분 경과이전과 7시간 15분 경과이후로 설정하여 분석을 실시하였다.

표 5는 관할 항공기수 근무시간 경과에 따른 심장박동수의 변화에 대한 분석 결과를 정리한 것이다. 표에 나타난 것과 같이 동일한 수의 항공기를 관제한다 하더라도 근무시간의 경과에 따라 심장박동수의 변화 유의한 차이가 보이는 것으로 분석되었다.

이를 구체적으로 살펴보면 관할항공기가 1, 2, 3대일 때 2시간15분 경과이전:7시간15분 경과이후의 분당 심장박동수는 각각 77.47회:79.85회 (1대 관제), 78.68회:87.42회(2대관제), 82.57회 : 88.93회 (3대관제)로 각각 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 5는 이러한 동일한 자극(즉, 동일 항공기 수)에 대해 근무시간 경과에 따른 심장박동수의 증가를 그림으로 타나낸 것이다.

t-검정 결과 ”근무시간 경과에 따라 동일한 자극에도 심장박동수의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 이는 관제사의 근무시간은 관제사의 스트레스와 피로를 가중시키는 요인으로 작용한다는 손영우 등(2011)의 연구결과와 동일한 결과이다[9].

표 5. 근무시간 경과에 따른 심장박동수 변화

Table 5. Heart rate changes according to working hours.

Number Of Aircraft	Elapse Time	N	M	SD	t	P
1	< 2h 15m	77	77.47	8.26	-2.0	.048
	> 7h 15m	78	79.85	6.51		
2	< 2h 15m	31	78.68	5.37	-5.8	.000
	> 7h 15m	86	87.42	7.70		
Over 3	< 2h 15m	14	82.57	6.19	-3.1	.003
	> 7h 15m	67	88.93	7.218		

(N: Number of Observation, M: Mean, SD: Standard Deviation)

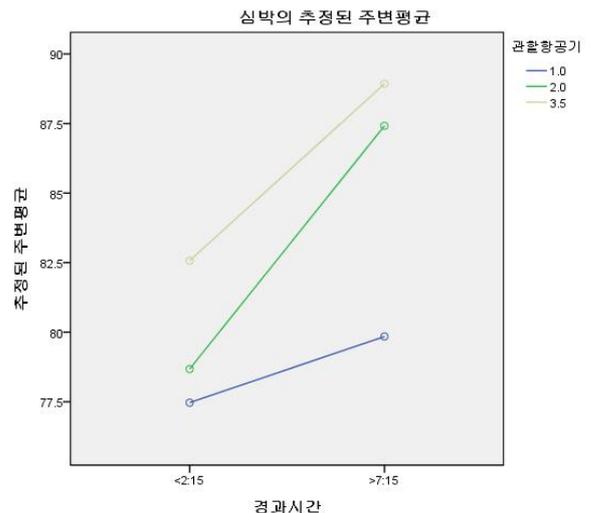


그림 5. 근무시간 경과에 따른 심장박동수 변화

Fig. 5. Heart rate changes according to working hours.

표 6. 기상 악화에 따른 심장박동수 변화

Table 6. Heart rate changes according to weather condition.

Number Of Aircraft	Visibility	N	M	SD	t	P
1	Over 5 SM	156	80.01	7.15	.512	.609
	Under 5 SM	28	79.25	7.48		
2	Over 5 SM	140	85.94	8.28	-.008	.994
	Under 5 SM	23	85.96	6.44		
Over 3	Over 5 SM	83	90.19	7.50	.592	.555
	Under 5 SM	17	89.00	7.87		

(N: Number of Observation, M: Mean, SD: Standard Deviation)

3) 연구가설 3 검증

연구가설에 적용된 기상 악화의 기준은 악기상으로 일컫는 군/민 공통으로 적용되는 국토교통부 고시 <항공교통관제절차>상 approach light의 점등 기준인 시정 5SM (statue mile)을 기준으로 설정하여 자료를 정리하고 가설 검정을 수행하였다. 이는 IFR 기상상태 하에서는 전투기 비행을 실시하지 않는 일반적인 운영원칙을 고려한 것으로, 5SM의 시정기준은 IFR 시정기준에 비해 양호한 관제여건을 제공하는 기준이다.

표 6은 5SM 기준의 기상악화에 따른 심장박동수의 변화를 관할항공기 대수별로 정리한 것이다. 관할항공기가 1대, 2대, >3대에 대해 시정 5SM 초과:5SM 이하의 경우 분당 평균 심장박동수는 각각 80.01회: 79.25회 (1대 관제), 85.94회:85.96회 (2대 관제), 90.19회:89.00회 (3대 관제)로 측정되어, 동일한 관제항공기 수의 조건하에서, 기상 악화에 따른 심장박동수는 오히려 소폭 감소하는 것으로 나타났다.

t검정 결과 모든 경우의 관할 항공기 대수에 대하여 기상악화에 따른 심장박동수의 변화는 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 기상악화가 관제사의 심장박동수와 연관이 있을 것이라는 직관적 판단과 배치되는 결과로, 실제 IFR 시정조건에 따른 분석이 아닌, 5SM로 낮추어 분석이 수행된 것에서 기인한 것으로 판단된다. (이에 대한 추가적인 향후 연구내용은 V장 결론에서 기술한다.)

V. 결 론

5-1 연구 결과

항공교통 관제사의 역할과 현실적 근무환경에도 불구하고 항공교통 관제사의 피로와 스트레스에 대한 실증적 연구가 미진한 것이 사실이다. 본 연구는 교대근무 항공교통관제사의 피로와 스트레스를 증가시키는 요인을 설정하고, 각 요인과 항공교통관제사의 피로와 스트레스에 대한 연관성을 규명하고자 하는 목적에서 출발하였다.

기존 문헌고찰을 토대로 항공교통관제사의 피로 와 스트레스를 가중시키는 요인으로 관할항공기의 증가, 근무시간의 경과, 기상악화를 선정하였으며, 피로와 스트레스를 측정하기 위한 측정지표로는 심장박동수를 선정하였다.

정량적 분석을 위해 근무 중인 항공교통관제사의 심장박동수 변화를 측정하였으며, 해당 시간대의 각 요인별 자료를 수집, 분석하여 피로와 스트레스의 요인과 심장박동수 변화에 대한 세 가지 연구가설에 한 통계적 검정을 수행하였다.

가설검정을 통해 최종적으로 도출된 결론은 다음과 같다. 관할항공기의 증가에 따라 항공교통관제사의 심장박동수는 유의하게 증가하였으며 (연구가설 1), 관할항공기의 수가 동일하더라도 근무시간의 경과에 따라 항공교통관제사의 심장박동수는 증가하는 것으로 분석되었다 (연구 가설 2). 하지만, 관할항공기의 수가 동일할 때 기상의 악화는 심장박동수의 변화에 영향을 주지 못하는 것으로 분석되었다 (연구가설 3). 연구가설 3의 결과는 선행연구나 직관적 판단과 배치되는 것으로, 다양한 기상 상태에 따른 추가적인 측정자료 수집을 통해 보다 포괄적인 분석이 이루어질 필요가 있다

그동안 교대근무자로서 항공교통관제사의 피로에 관한 국내연구가 지속적으로 수행되고 있으나, 거의 대부분의 연구가 항공교통관제 실무자들의 설문조사를 토대로 수행된 연구 결과이다. 본 연구는 정성적 조사 자료에 기반한 기존 연구와는 달리, 교대근무 항공교통관제사의 관제사의 피로도를 심장박동수 측정을 통해 정량적으로 측정하고, 이에 대한 통계적 분석을 시도하였다는 점에서 의의가 있다고 생각된다.

5-2 추후 연구

본 연구는 군 비행장의 교대근무 항공교통관제사를 대상으로 측정된 심장박동수 자료를 토대로 진행된 연구로, 이에 따른 연구의 한계와 추후 연구과제는 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 상대적으로 남성의 비율이 높은 군 관제시설의 관제사를 대상으로 수행된 연구로, 여성의 비중이 높은 국토교통부 산하 관제기관의 교대근무자 현황과는 다소 차이가 있을 수 있다.

둘째, 본 연구는 속도가 빠르며 상하좌우 급격한 기동을 실시하는 군 비행장을 대상으로 수행된 연구로 curfew time⁷⁾을 제외하고 지속적으로 비행을 이루어지고, 특별한 기동없이 이착륙 위주의 비행을 실시하는 국내 주요 민간공항에서의 연구가 요구된다.

셋째, 선행연구를 통해 기상 악화가 항공교통관제사 피로 증가의 요인으로 밝혀졌음에도 불구하고, 악기상 시 비행이 거의 없는 군 비행 특성 상 기상의 변화에 따른 심장박동수의 변화에 대한 효과적인 검정이 이루어지지 못하였다. 기상이 악화되더라도 최저시정기준치 (B/M; below minimum) 이상의 조건에서 비행을 지속하는 민간 공항에서 실험이 수행된다면 기상 악화에 따른 심장박동수의 변화가 나타날 수 있을 것으로 예상된다.

넷째, 본 연구에서는 선행연구를 토대로 심장박동수의 변화만을 피로의 지표로 설정하였으나 더욱 정확한 피로 와 스트레

7) Curfew time이란 항공기 소음피해를 줄이기 위해 야간운행이 통제되는 시간이다.

스의 측정을 위해 앞서 언급한 심박 변이도, 심박변이율, 피부 저항, 호흡율과 호흡량, 눈 깜빡임, 안구움직임, 머리움직임, 체온과 혈압 등을 다양하게 고려한다면 더욱 신뢰성 있는 연구 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

이러한 한계에도 불구하고, 본 연구는 항공교통관제사의 피로와 설명변수와의 연관성 대한 정량적 분석결과를 제공하고 있다는 측면에서 향후 고대근무 항공교통관제사의 관리체계와 업무환경 및 규정 개선방안 마련을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 “항공기 출발 및 도착 통합 관리 기술 연구”과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다. 아울러, 본 연구의 자료수집에 직접 참여해주신 충주비행장 관제사분들께 많은 감사를 드립니다.

참고 문헌

[1] Airbus, *Flying by numbers 2015-2034*, Airbus, 2015

[2] W. C. Moon, Y. C. Choi, and H. M. Yang, “Association of human error on air traffic controller and pilot,” *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Flight Operation*, Vol. 16, No. 4, pp. 35-40, Dec. 2008.

[3] A. Baker, K. Heiler, and S. A. Fergouson, “The impact of roster changes on absenteeism and incident frequency in an Australian coal mine,” *Journal of occupational and Environmental Medicine*, Vol 60, pp. 43-49, 2003.

[4] Y. S. Yoon, S. R. Lee, and Y. W. Shon, “Fatigue and stress of air traffic controllers in Korea,” *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Flight Operation*, Vol. 20, No. 1, pp. 75-83, Mar. 2012.

[5] V. D. Hopkin, *Human Factors in Air Traffic Control*, Bristol, PA: CRC Press, 1995.

[6] A. M. Pape, D. A. Wiegmann, and S. Shappell, “Air Traffic Control Related Accidents and Incidents”, in *Proceeding of the 11th International Symposium on Aviation Psychology*, Columbus, OH., 2001.

[7] W. Y. Kim, A Study on the Effects of Air Traffic Controller's Fatigue on Their Performance, Master thesis, Incheon, Korea, Inha University, 2009.

[8] Y. W. Shon, K. S. Lee, E. K. Jung, Y. S. Yoon, S. R. Lee, J. I. Park, S. Y. Park, and M. J. Cha, “ Safety effect and safety management measures for aviation employees,” *Korean*

Journal of Aerospace and Environmental Medicine, Vol. 2013, No. 11, pp. 43-43, Nov. 2013

[9] J. Caldwell, L. Caldwell, M. Mallis, J. Miller, D. Neri, and M. Paul, “Fatigue countermeasures in aviation,” *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 80, No. 1, pp. 29-59, 2009.

[10] S. Bourgeois-Bougrine, P. Cabon, H. David, and R. Mollard, “Measurement of fatigue and sleepiness in ATC simulation,” *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, San Diego, CA., pp. 208-211, 2000.

[11] S. Fothergill, and A. Neal, “The effect of workload on conflict decision making strategies in air traffic control,” *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, New York, NY., pp. 30-43, 2008.

[12] D.J. Garland, J.A. Wise, and V.D. Hopkin (Eds), *Handbook of Aviation Human Factors*, Bristol, PA: CRC Press, 1999.

[13] C. E. Cruz, and P. S. D. Rocco, Sleep patterns in air traffic controllers working rapidly rotating shifts : A field study, Office of Aviation Medicine, Final Report DOT/FAA /AM95/12, Washington, 1995.

[14] A. C. Dionisio, Air traffic controller fatigue and human error, Class note, Embry-Riddle Aeronautical University, 2010.

[15] Y. J. Jung, E. J. Sa, M. N. Kim, D. W. Lee, K. H. Park, and N. J. Sung, “Alteration of circadian diurnal rhythms of cardiovascular parameters by night shift work in 3 shift nurses,” *Korean Journal of Family Medicine*, Vol. 28, No. 3, pp. 187-194, Mar. 2007.

[16] A. S. Lee, S. J. Lee, and N. H. Kim, “The effect of shift work on the diurnal rhythm of blood pressure in nurses”, *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, Vol. 18, No. 1, pp. 14-21, May 2009.

[17] M. N. Ha, J. Y. Kim, J. S. Park, and H. G. Jung, “Influence of shift work duration on blood pressure and heart rate variability in short rotating 8-hour shiftworkers,” *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 13, No. 2, pp. 180-189, June 2001.

[18] M. N. Ha, S. C. Roh, and J. S. Park, “Shiftwork duration and metabolic risk factors of cardiovascular disease” *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 15, No. 2, pp. 132-139, 2003.

[19] Y. H. Kim, Y. M. Kim, M. J. Gu, S. H. Kim, N. Y. Lee, and K. O. Jang, “Experience of shifting workers,” *Journal of Korean Academy of Community Health Nursing*, Vol. 18, No. 2, pp. 284-292, 2007.



박진한 (Jin-Han Park)

2014년 3월 ~ 2016년 8월 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 (이학석사)
※ 관심분야 : 항공교통, 공역, 인적요소



안덕배 (Deok-Bae An)

2009년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공교통물류학부
※ 관심분야 : 항공교통, 시뮬레이션, 최적화, 공항운영



백호종 (Ho-Jong Baik)

2000년 Virginia Tech (공학박사)
2007년 8월 ~ 2010 8월 : 미주리 주립대 조교수
2010년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공교통물류학부 교수
※ 관심분야 : 항공교통, 시뮬레이션, 최적화, ATM