



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

서 수 연 교수 지도
석사학위 청구논문

교대근무 소방공무원의 주간졸림
위험 요인에 대한 탐색적 연구
- 머신러닝 기법을 활용하여 -

2024

성신여자대학교 대학원
심리학과
조 아 영

교대근무 소방공무원의 주간졸림
위험 요인에 대한 탐색적 연구
- 머신러닝 기법을 활용하여 -

서 수 연 교수 지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2024년 5월

성신여자대학교 대학원

심리학과

조 아 영

인 준 서

조아영의 석사학위 논문으로 인준함

2024년 6월

심사위원장 이 정 윤 (서명 또는 인)

심 사 위 원 차 옥 균 (서명 또는 인)

심 사 위 원 서 수 연 (서명 또는 인)

성신여자대학교 대학원

논문개요

본 연구는 머신러닝 기법을 활용하여 교대근무하는 소방공무원을 대상으로 주간졸림의 위험 요인을 탐색하고자 하였다. 오프라인 및 온라인 설문을 통해 교대근무 중인 소방공무원 136명(연령 평균 38.1 ± 8.7 세, 남성 86.8%)을 대상으로 인구통계학적 정보(연령, 성별, BMI(Body Mass Index), 결혼 상태, 교대근무 기간), 자기보고식 질문지(주간졸림, 악몽 심각도, 불면증 심각도, posttraumatic stress disorder(PTSD) 증상, 우울 증상), 그리고 수면 일지(수면 잠복기, 입면 후 각성 횟수, 입면 후 각성 시간, 수면 효율)를 수집하였다. 연구 참여자 중 42명(30.9%)이 주간졸림 고위험군으로 분류되었다. 수집한 지표를 바탕으로 주간졸림 고위험군을 분류하는 XGBoost 분류 모델을 생성하였다. 가장 높은 성능을 보이는 모델의 정확도는 75.6%, 민감도는 42.8%, 특이도는 82.3%였다. AUC 값은 0.71로 중간 정도의 정확도를 나타냈다. 주간졸림 고위험군 분류의 주요 요인은 수면 효율(기여도 26.1%), 연령(20.6%), 악몽 심각도(20.4%), BMI(10.4%)였다. 다중 로지스틱 회귀분석 결과, BMI($OR = 1.182, p < .05$)와 악몽 심각도($OR = 1.110, p < .01$)가 주간졸림 고위험군 여부에 유의미한 정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 교대근무자의 주간졸림 위험 요인을 확인하였음에 의의를 가지며, 교대근무자의 주간졸림을 개선하는 데 있어 수면 효율 및 악몽 증상의 관리와 연령 및 BMI를 고려한 맞춤형 수면 개입의 필요성을 제안하였다.

주요 단어: 교대근무, 주간졸림, 소방공무원, 머신러닝, 분류 모델

목 차

논문개요

I. 서론	1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
II. 이론적 배경	5
1. 교대근무	5
1) 교대근무의 정의	5
2) 교대근무의 영향	6
2. 교대근무자의 수면 문제	8
1) 일주기 리듬의 교란	8
2) 교대근무자의 수면	9
3. 주간졸림 (daytime sleepiness)	11
1) 졸림의 기제	11
2) 주간졸림의 영향	12
3) 교대근무자의 주간졸림	13
4) 주간졸림 위험 요인	14
4. 머신러닝 모델	17
1) 주간졸림 고위험군 분류	17
2) 머신러닝 기법	19
3) XGBoost 분류 모델	20
III. 연구 문제	22

IV. 연구 방법	23
1. 연구 대상	23
2. 연구 절차	23
3. 측정 도구	24
4. 분석 방법	28
V. 연구 결과	30
1. 연구 참여자의 인구통계학적 특성	30
2. 소방공무원의 수면 관련 특성	32
3. 주간졸림 고위험군 분류 모델	32
4. 주간졸림 고위험군 분류의 주요 요인	34
5. 다중 로지스틱 회귀분석 결과	37
VI. 논의	39
1. 연구 결과에 대한 논의	39
2. 제한점 및 후속 연구를 위한 제언	48

참 고 문 헌

ABSTRACT(영문초록)

표 목 차

<표 1> 수면일지 구성 요소	27
<표 2> 연구 참여자의 인구통계학적 특성	30
<표 3> 다중 로지스틱 회귀분석 결과	38

그림 목 차

<그림 1> 수면의 2요인 모델	11
<그림 2> 주간졸림 고위험군 분류 모델	33
<그림 3> 주간졸림 고위험군 분류 주요 요인	35
<그림 4> 주요 요인에 따른 주간졸림 산점도	36

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

현대 사회에는 다양한 산업의 발전으로 인해 주간 근무 이외에도 여러 근무 유형이 있다. 특히 소방서, 병원, 철도청과 같은 24시간의 업무 체제가 요구되는 직군의 경우 업무 연속성 및 효율성을 위해 주로 교대근무를 시행하고 있다. 2017년 근로환경조사 분석 결과에 따르면 우리나라 근로자의 약 9.7%가 교대근무자인 것으로 보고되었다(Lee & Choi, 2019). 교대근무는 근무자들을 여러 조로 나누어 각기 다른 시간대에 근무하게 하여 24시간 동안 연속적으로 업무가 수행되도록 하는 근무 형태를 의미하며, 근무 시간대와 교대 주기에 따라 다양한 형태의 교대근무가 시행되고 있다.

여러 선행연구에서 교대근무가 근무자의 건강과 웰빙에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 교대근무는 심혈관계 질환 및 대사 질환과 같은 신체적 문제뿐만 아니라 우울, 불안과 같은 정신장애 증상을 유발할 수 있다(D' Oliveira & Anagnostopoulos, 2021; Lee et al., 2017; Skogstad et al., 2023; van de Langenberg et al., 2023). 이러한 어려움들은 교대근무자의 수면 장애와 밀접한 관련이 있다. 교대근무자들은 수면-각성 주기의 빈번한 변동으로 인해 불규칙한 수면을 취하게 된다. 이에 따라 교대근무자는 수면의 질이 저하되고 수면 부족이 야기되면서 신체적 건강과 업무 효율성 등에서 다양한 문제를 초래한다(김철환, 신태철, 2004).

교대근무는 다양한 수면장애를 유발하는 주요 위험 요소 중 하나로

간주된다. 공장 근무자를 대상으로 한 연구에서 교대근무자는 주간근무 시 56.6%, 야간근무 시 77.9%의 비율로 수면 부족을 호소하여, 비교대근무자(49.8%)에 비해 수면 부족을 호소하는 비율이 높았다(전형준 외, 1998). 미국의 근무자를 대상으로 한 연구에서도 교대근무자의 41.3%가 7시간 미만의 짧은 수면을 취하는 것으로 보고되었다(Yong et al., 2017). 간호사 및 경찰공무원을 대상으로 한 여러 선행연구에서 교대근무자의 수면의 질이 비교대근무자에 비해 더 낮은 것으로 보고되었다(Chang & Peng, 2021; Park et al., 2007; 배승민 외, 2010). 교대근무자들의 불면증 유병률 또한 12~76% 범위로 보고되어(Brito et al., 2021), 일반 인구에서 보고된 6~30% 범위보다 훨씬 높은 것으로 확인되었다(Morin et al., 2006; Ohayon, 2002).

미국수면의학회(American Academy of Sleep Medicine, AASM)가 발행한 제3판 국제수면장애분류(International Classification of Sleep Disorders -3rd edition, ICSD-3)에 의하면 기저 수면 질환 혹은 다른 기저 질환이 없는 교대근무자에게서 교대근무로 인한 수면장애나 과도한 졸림이 3개월 이상 지속되면 교대근무 장애로 진단하게 된다(American Academy of Sleep Medicine, 2014). 교대근무자의 불면증에 관한 선행 연구들을 검토하였을 때, 교대근무자 중 약 20~30%가 교대근무 장애의 진단기준을 충족하며, 불면과 과도한 졸림을 경험하는 것으로 나타났다(Booker et al., 2018). 특히 낮 동안 과도한 졸림을 경험하게 되는 주간 졸림의 경우 교대근무자에게서 높은 비율로 보고되고 있다(Ohayon et al., 2002; Reis et al., 2020; Son et al., 2005).

주간졸림은 근무자의 업무 수행 능력 및 심리 사회적 기능을 저하시키고(Roth & Roehrs, 1996), 이는 근무지에서의 상해 및 사고로 이어질 수 있다(Chen & Wu, 2010). 이외에도 주간졸림은 근무자의 병가를 증가

시킴으로써 개인의 건강 및 업무에 부정적 영향을 미치는 것 뿐만 아니라 (Merkus et al., 2012), 지역 사회의 의료 서비스 및 금전적 부담 또한 증가시킬 수 있다. 미국에서는 과도한 졸림으로 인한 교통사고 및 업무 중 사고로 인해 연간 710-930억 달러의 비용이 소요되는 것으로 추산된다 (Rajaratnam et al., 2013).

지속적으로 교대근무를 하는 경우 주간졸림이 더욱 빈번하고 심각하게 나타날 수 있어 적절한 관리 및 예방이 필요하다. 이를 위해서는 어떠한 요인이 주간졸림과 관련성이 높은지에 대한 탐색이 필요하다. 주간졸림의 위험 요인은 대부분 인구통계학적 요인, 정신건강 요인, 수면 관련 요인이 연구되어 왔다. 비교대근무자를 대상으로 한 선행연구에서는 연구 대상에 따라 주간졸림의 위험 요인이 다르게 나타났다. 고등학생의 경우 성별과 수면의 질이 주요 위험 요인이었으며, 여학생만을 분석하였을 때는 월경 증상, 불면증, 카페인 섭취 등이 주요 요인이었다(손궁정 외, 2014). 대학생은 수면의 질(이은하, 2019), 20대부터 50대 여성은 불면증, 과체중, 연령, 독신 등이 주요 요인이었고(Theorell-Haglöw et al., 2006), 군인의 경우 외상 후 스트레스가 주요 요인이었다(LaGoy et al., 2021). 교대근무자를 대상으로 한 연구에서는 주간졸림 위험 요인으로 교대근무 기간, 콜레스테롤 수치, 직무 만족도, 우울이 보고된 바 있다(Mirawati et al., 2022; Takahashi et al., 2006).

주간졸림의 위험 요인을 탐색한 선행논문들은 대부분 선형 관계를 가정하는 회귀분석을 기반으로 하였다. 이 때문에 비선형이거나 복잡한 데이터를 분석하는 데 한계가 있으며, 연구 문제에 대해 하나의 분석 과정을 거친 결과만을 산출하는 단일 모형이기 때문에 모형의 성능이 떨어질 수 있다. 이러한 한계점을 보완할 수 있는 대안으로서 머신러닝(machine learning) 기법을 활용한 회귀 및 분류 모델의 사용이 증가하고 있다. 머신

러닝은 여러 변수들 간의 복잡한 관계를 분석할 수 있으며, 비선형적 (non-linear) 관계 또한 고려할 수 있기 때문에 탐색적 연구에 특히 유용하게 활용되고 있다.

머신러닝의 여러 기법 중 하나인 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting)는 앙상블 모델로, 수많은 의사결정나무(decision tree)를 결정에 반영할 수 있다. 이는 모든 결과들을 조합하여 최종 결과값을 결정하는 것을 의미한다(Chen & Guestrin, 2016). 또한 여러 의사결정나무를 결합하는 것뿐만 아니라 각 모형의 잔차(residual)를 활용하여 계속해서 모형을 개선해 나가며 학습하기 때문에 다른 머신러닝 기법에 비해서도 더 높은 정확도를 보인다. XGBoost는 모델 내에서 다양한 요인 간의 상호작용을 고려할 수 있고, 다양한 모형의 결과를 조합하여 결정한다는 점에서 높은 정확도와 일반화 가능성을 가진다는 장점이 있다.

본 연구에서는 머신러닝 기법을 활용하여 교대근무자의 주간졸림 고위험군 여부를 결정하는 주요 요인의 파악을 목표로 탐색적 연구를 수행하고자 하였다. 연구 대상은 한국의 교대근무하는 소방공무원으로, 주간졸림 수준의 측정과 함께 다양한 인구통계학적 요인, 정신건강 지표, 수면 지표를 조사하였다. 그리고 다양한 설명 변수를 포함한 주간졸림 고위험군 분류 모델을 만들어 해당 모형의 성능을 평가하고 투입된 여러 변수들 중에서도 주간졸림 고위험군 분류에 크게 기여하는 주요 요인을 확인하였다.

II. 이론적 배경

1. 교대근무

1) 교대근무의 정의

교대근무는 매일의 근무 시간이나 근무 일정이 고정되지 않고 근무자들이 일정한 주기로 근무 시간을 교대로 변경하며 근무하는 형태이다. 소방서, 병원, 공장 등 서비스 업종이나 제조업에서 주로 시행하는 근무 방식으로, 24시간 동안 서비스나 생산이 지속되어야 할 때 유용하게 적용된다. 이에 따라 기업의 생산성이 높아지고 연속적인 서비스의 제공이 가능하다. 교대근무의 형태는 근무조와 교대의 수에 따라 결정된다. 근무조의 경우 동일한 업무를 수행하는 2개 이상의 조로 구성하게 되며, 교대의 경우 1일 24시간의 시간을 몇 개의 시간대로 나누어 교대하는지에 따라 결정된다. 예를 들어, 2조 2교대의 경우 2개의 조가 1일 각 12시간씩 근무하는 것을 의미한다.

교대근무의 형태는 근무지에 따라 다양하게 정해진다. 대표적인 교대근무자인 간호사의 경우 대부분이 낮 근무, 오후 근무, 밤 근무로 나누어 근무하는 3교대로 일하고 있다(Park et al., 2013). 소방공무원의 경우 일반적으로 3조 2교대의 근무형태를 운영하고 있다(류종용 외, 2018). 3조 2교대는 주간, 야간, 비번으로 나누어 근무하는 형태이며 순환 주기에 따라 근무가 정해진다. 6주기의 경우 6일의 순환 주기에 따라 근무하는 것을 말하며, 9주기는 9일의 순환 주기를, 21주기는 21일의 순환 주기를 따른다. 이외에도 24시간 근무 후 2일의 휴식을 취하는 3조 1교대의 근무 형태도 적용되고 있다.

2) 교대근무의 영향

교대근무가 근무자의 건강에 미치는 영향에 대해 여러 방면에서 연구가 진행된 바 있으며, 교대근무가 신체건강, 정신건강, 수면건강 문제와 관련성이 있는 것으로 보고되고 있다. 교대근무자의 신체건강과 관련하여 불규칙한 수면-각성 일정과 수면 부족이 심혈관 질환, 고혈압, 당뇨 등 신체 질환의 위험 증가로 이어진다는 연구 결과가 있다(Gohari et al., 2023; Silva et al., 2020). 또한 여러 선행연구를 검토하였을 때 교대근무는 과체중 및 비만 위험과 관련되는 것으로 나타났으며(Liu et al., 2018), 이는 야간근무 시의 불규칙한 식사, 고당분 및 고지방의 음식 섭취와 같은 식습관과 관련되었다(Samhat et al., 2020). 세계보건기구 산하의 국제 암 연구소 IARC(International Agency for Research on Cancer)에서는 2007년도에 일주기 교란을 수반하는 교대근무가 발암에 영향을 미칠 수 있다고 발표하였다(International Agency for Research on Cancer, 2014). 우리나라에서도 2013년도에 주간 및 야간 교대근무로 인한 전신 불안장애와 수면-각성 장애를 업무상 재해로 인정한 판례가 있다(Work and Health, 2013).

교대근무가 정신건강에 미치는 영향을 조사한 여러 선행연구에서 교대근무가 정신건강의 악화와 관련된다는 결과가 보고되었다. 교대근무자는 여러 정신건강 요인 중에서도 우울증 발병의 위험이 특히 높다(Torquati et al., 2019). 교대근무는 우울증의 위험을 33% 증가시켰으며(Rosenberg, 2020), 교대근무를 하는 소방공무원의 21.1%가 우울 증상을 보고한 바 있다(Saijo et al., 2008). 국내 소방공무원을 대상으로 한 연구에서는 교대근무가 스트레스 고위험군에 속할 위험을 2.25배 높이는 위험 요인이었다(김정만 외, 2007). 비교대근무자와 교대근무자의 정신건강을 비교한 연구에서는 교대근무자가 직업적 자기 효능감이 더 낮고 소

진, 우울, 불안이 더 높은 것으로 나타났다(Pereira et al., 2021). 교대근무자는 비교대근무자에 비해 우울증과 자살 사고의 위험이 각각 1.23배, 1.17배 높았으며, 특히 불면증이 있는 교대근무자는 우울과 자살사고의 위험이 4.89배, 7.93배로 급격히 증가하는 것으로 나타났다(Kang et al., 2017). 간호사를 대상으로 교대 일정에 따라 악몽 심각도를 확인한 연구에서는 2교대와 3교대의 교대근무가 악몽의 위험을 각각 57%, 36% 증가시키는 것으로 나타났다(Bjorvatn et al., 2015).

교대근무와 수면건강을 살펴본 연구에서는 교대근무자의 수면장애와 낮은 수면의 질이 주로 보고된다. 교대근무자의 불면증 유병률은 12.8~76.4%로 보고되어(Brito et al., 2021), 일반 인구에서의 불면증 유병률(6~30%)보다 훨씬 높은 것으로 나타났다(Morin et al., 2006; Ohayon, 2002). 교대근무 소방공무원은 주간 근무자보다 높은 수준의 불면증 심각도를 보고했으며(Choi et al., 2020), 제조업 근무자를 대상으로 한 연구에서는 교대근무자가 주간 근무자에 비해 불면증 위험이 2.35배 높은 것으로 나타났다(Kang et al., 2017). 또한 간호사를 대상으로 한 연구에서도 교대근무자가 교대근무를 경험한 적 없는 간호사에 비해 수면의 질이 낮을 위험이 3.97배 높은 것으로 확인되었다(Zhang et al., 2016).

이처럼 교대근무는 근무자의 신체 및 정신건강의 악화와 관련되며, 둘 사이의 관계에 근무자의 수면 장애가 핵심 요인으로 보고되고 있다. 즉 교대근무로 인한 불규칙한 수면-각성 주기로 인해 교대근무자들은 수면 문제를 경험하게 되고, 지속적인 수면 장애가 신체 및 정신 건강의 악화로 이어지는 것이다.

2. 교대근무자의 수면 문제

1) 일주기 리듬의 교란

일주기 리듬(circadian rhythm)이란 지구가 24시간 주기로 자전하면서 빛/어둠 주기가 반복됨에 따라 약 24시간씩 반복되는 인간의 생물학적 주기를 말하며 체온, 호르몬, 수면-각성 등의 리듬이 포함된다(Linkowski, 2003). 일주기 리듬은 빛, 온도와 같은 외부 환경적 요인(zeitgeber)에 영향을 받는다. 이러한 외부 환경의 변화에 적절히 대처하고 효율적으로 적응하기 위해 시상하부 내의 시교차상핵(suprachiasmatic nucleus) 및 송과선(pineal gland)에서 호르몬을 분비하여 일주기 리듬을 조절한다(Hastings et al., 2018). 특히 일주기 리듬의 가장 핵심적인 조절 기전인 빛은 망막을 통해 시교차상핵으로 전달되면서 생체 내 일주기 리듬의 조절에 크게 관여한다(주은연, 2006). 이러한 메커니즘 속에서 야간의 빛 노출과 같은 외부 요인들로 인해 일주기 리듬이 교란될 수 있다(Cho et al., 2016).

일주기 리듬이 교란되면 불규칙한 수면-각성 주기로 인해 충분한 수면을 취할 수 없고, 수면의 질이 낮아져 수면 장애와 주간졸림이 유발될 수 있다(Baron & Reid, 2014). 이러한 수면장애는 정서적 어려움 및 불안, 우울과 같은 기분 장애 증상과 관련되기에 교대근무자의 정신건강 악화로 이어질 수 있다(Medic et al., 2017; Pereira et al., 2021). 또한 수면장애는 근무자의 행동에도 영향을 미치기 때문에 업무 중 상해 및 사고 발생의 위험을 높인다(Chen & Wu, 2010; Tiwari et al., 2021). 이는 교대근무자의 병가가 증가하는 것으로 이어질 수 있다(Merkus et al., 2012).

2) 교대근무자의 수면

개인 고유의 수면-각성 주기와 어긋나는 시간에 교대근무를 할 시 일주기 리듬의 교란이 발생하고, 결과적으로 건강 문제와 부정적인 심리사회적 및 생물학적 변화가 발생할 수 있다(Åkerstedt, 2003). 미국정신의학회(American Psychiatric Association, APA)에서 발행한 정신 장애 진단 및 통계 편람 제 5 판(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th edition, DSM-5)에 의하면 일주기 리듬의 변화 혹은 외부 요인에 의한 수면-각성 일정의 어긋남으로 인해 수면 교란이 지속될 경우 과도한 주간졸림 또는 불면증을 경험하게 되며, 이를 일주기 리듬 수면-각성 장애(circadian rhythm sleep-wake disorders)라 명명한다(American Psychiatric Association, 2013). 일주기 리듬 수면-각성 장애는 개인의 사회적, 직업적 및 다른 여러 분야에서의 기능 장애를 유발할 수 있으며 임상적으로 심각한 스트레스의 원인이 된다.

일주기 리듬 수면-각성 장애는 내부 및 외부 원인에 따라 명시자를 부여한다. 내부 원인에 의해 나타나는 유형으로는 뒤쳐진 수면위상형(delayed sleep phase type), 앞당겨진 수면위상형(advanced sleep phase type), 불규칙한 수면-각성형(irregular sleep-wake type), 비24시간 수면-각성형(non-24-hour sleep-wake type)이 있다. 위의 장애들은 일주기 리듬의 이상으로 인해 외부 주기보다 더 이르거나 늦은 일주기 리듬을 보이는 등 통상적인 수면-각성 패턴에서 벗어나는 양상을 보인다. 외부 원인으로 인해 일주기 리듬과 외부 주기가 불일치하는 유형으로는 교대근무형(shift work type)이 있으며, ICSD-3에서는 비행 시차 증후군(jet lag disorder)이 추가적으로 포함된다. 교대근무라는 외부 원인에 의해 일주기 리듬에 어긋나는 수면-각성 리듬을 취하게 되면서 발병하는 장애를 교대근무 장애(shift work disorder)라 명명한다.

교대근무 장애는 교대근무로 인한 수면장애나 과도한 졸림이 특징적인 수면 장애로, 교대근무자의 약 20~30%가 교대근무 장애를 보고한다(Booker et al., 2018). 이 때문에 교대근무자는 수면의 질 저하, 수면 부족을 흔하게 호소하며, 비교대근무자에 비해 더 높은 피로와 주간졸림을 보고한다(Son et al., 2005; Yong et al., 2017). 여러 선행연구들을 검토하였을 때, 교대근무자는 비교대근무자에 비해 근무 중 사고의 위험이 더 높은 것으로 나타났다(Tiwari et al., 2021). 이는 교대근무자의 인지 기능의 저하 때문일 수 있으며, 교대근무자와 비교대근무자의 인지 기능을 비교한 메타분석 연구에서도 교대근무자는 비교대근무자들에 비해 처리 속도, 작업 기억 과제에서 더 낮은 수행을 한 것으로 나타났다(Vlasak et al., 2022). 교대근무로 인해 수면이 제한될 경우에도 각성 상태의 유지에 어려움이 초래되며, 이로 인해 직무 수행 능력이 감소될 수 있다(Naitoh, 1992; Rosenthal et al., 1993). 또한, 교대근무 간호사를 대상으로 한 연구에서는 교대근무자의 수면장애가 이직률의 증가와 상관관계가 있었는데(Yang et al., 2017), 실제로 간호사의 이직 의도에 관한 연구에서 상근직(54.5%)에 비해 교대근무하는 간호사(79.3%)의 이직 의도가 훨씬 높았다(손동민, 함옥경, 2018). 소방공무원의 경우 1년 간 의료 비용이 약 230달러로, 동일한 연령대의 일반 집단(약 165달러)에 비해 더 많은 의료 비용을 사용하는 것으로 나타났다(Hsu et al., 2021). 이처럼 교대근무로 인한 수면장애는 교대근무자 개인의 건강뿐만 아니라 근무 현장 및 지역 사회에도 부정적 영향을 미친다.

3. 주간졸림 (daytime sleepiness)

1) 졸림의 기제

수면의 기전은 주로 Borbély의 수면 2요인 모델을 통해 설명된다 (Borbély, 1982). 수면 2요인 모델에 따르면 수면은 수면 항상성 (Process S)과 일주기 리듬 (Process C) 두 과정의 상호작용으로 이루어지며, 이를 바탕으로 수면과 각성의 과정이 결정된다. 수면 항상성은 깨어 있는 동안 계속해서 증가하여 입면 직전에 최고점에 달한다. 이렇게 누적된 수면 욕구는 수면을 통해 해소되며, 수면 시간 동안 점차 감소한다. 일주기 리듬은 각성 상태를 반영하며, 기상 시에는 각성 신호가 약하지만 시간이 지남에 따라 각성 신호가 점차 강해진다. 일반적으로 낮에는 각성 신호가 강하고 밤에는 약하다. 이때 수면 항상성이 높고 각성 신호가 약해지는 시기에 졸음이 유발된다.

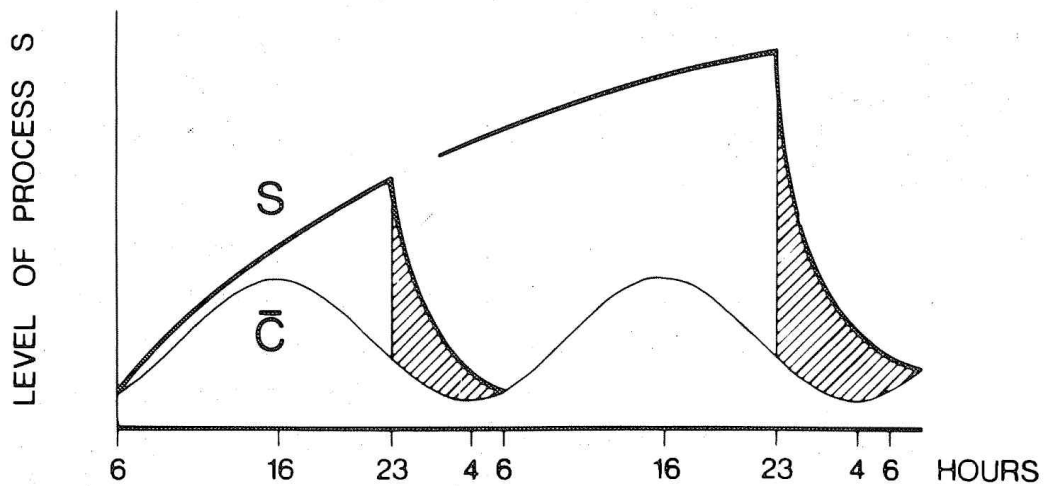


그림 1. 수면의 2요인 모델 (Borbély, 1982)

졸림(sleepiness)은 “수면 욕구” (Dement & Carskadon, 1982), “잠에 들 가능성의 증가” (Itoi et al., 1993) 등으로 정의되어 왔으며, 현재는 잠들기 쉬운 상태 또는 잠들 가능성이 높은 상태를 의미하는 “수면 경향성” (sleep propensity)으로 정의되고 있다(Carskadon & Dement, 1979; Johns, 1998). 졸림은 수면의 과도기 단계로서 일주기 리듬과 수면 항상성의 상호작용을 통해 유발되는 것으로 설명된다(Borbely, 1982). 수면 항상성은 잠에서 깨어났을 때부터 다시 잠들기 전까지 계속해서 증가하기 때문에 깨어있는 시간이 길어질수록 높아지며, 수면을 취하는 동안 감소한다. 일주기 리듬과 수면 항상성의 상호작용에 따라 깨어있는 시간이 늘고 수면 시간이 감소하면서 잠이 들 경향이 높아진 상태인 졸림이 발생하는 것이다.

2) 주간졸림의 영향

졸림은 수면 장애 환자뿐만 아니라 대부분의 사람이 경험하는 생리적 현상 중 하나다. 일반적인 수준의 졸림은 일시적인 수면 부족이나 피로 누적으로 인해 발생할 수 있는 보편적인 현상이지만, 졸림이 부적절한 상황에서 과도하게 나타나는 경우 임상적인 수준의 졸림을 의심해보아야 한다(Shen et al., 2006). 임상적인 수준의 졸림은 일반적인 졸림을 넘어서는 빈도와 강도로 지속적인 졸림이 나타난다. 이로 인해 깨어 있으려 하는 상황에서도 각성 상태를 유지하기 어려워져(Thorarinsdottir et al., 2019), 졸림의 전조 증상 없이 갑작스럽게 잠이 들 수 있으며, 수면 관성으로 인해 깨어나는 데 어려움을 겪는다(Gandhi et al., 2021). 또한 임상적인 수준의 주간졸림으로 인해 주간 기능의 저하가 나타난다. 미국인을 대상으로 한 선행연구에서 일반 인구에서 주간졸림을 호소하는 비율을 약

18%로 추정된 바 있다(Swanson et al., 2011). 주간졸림의 가장 흔한 원인은 수면 부족이다. 수면이 부족하면 수면 경향성(sleep propensity)이 높아지게 되면서, 객관적 및 주관적으로 보고되는 주간졸림 증상이 증가하게 된다(Philip et al., 2012). 그 밖에도 일주기 리듬의 교란, 폐쇄성 수면 무호흡증, 기면증과 같은 수면 장애가 주간졸림과 관련이 있다(Shin & Hong, 2008).

과도한 졸림이 지속적으로 발생할 경우 일상 생활에 지장을 주거나 안전을 위협할 수 있다. 주간졸림은 근무자의 병가를 증가시키는 것으로 알려져 있으며(Merkus et al., 2012), 주간졸림을 겪는 집단은 업무 중 사고 횟수가 높았다(Suzuki et al., 2005). 이는 근무자 개인의 건강과 안전에 위험이 되며, 의료 서비스 및 사고 비용으로 지역 사회의 부담으로 이어질 수 있다. 주간졸림이 과다할 경우 이러한 문제가 생길 수 있기에, 정확한 진단과 원인에 따른 치료가 필요하다. 이를 위해 주간졸림의 요인을 파악하여 그에 맞는 개입을 하는 것이 중요하다.

3) 교대근무자의 주간졸림

교대근무와 같은 특수한 업무 환경의 근로자는 수면 부족, 수면의 질 저하로 인해 졸림을 흔하게 경험할 수 있는데(Możdżyńska et al., 2023; Saleh et al., 2023), 특히 불규칙한 수면-각성 주기를 경험하는 교대근무자의 경우 주간졸림이 쉽게 유발될 수 있다. 여러 선행연구에서 교대근무자는 비교대근무자에 비해 더 높은 비율로 주간졸림을 보고한다. 연구 참여자의 직업군 및 교대근무 유형에 따라 교대근무자 중 주간졸림을 호소하는 비율이 60.7%, 29.0%, 19.7% 등 차이는 있었으나, 모두 각 연구 내에서 비교한 비교대근무자에 비해 더 높은 비율로 주간졸림을 보고하

였다(Ohayon et al., 2002; Reis et al., 2020; Son et al., 2005). 또한 교대근무자는 지속적으로 일주기 리듬이 교란되기 때문에 주간졸림이 더욱 빈번하고 심각하게 나타날 수 있다.

교대근무자는 업무 이외에도 출퇴근 중 운전 시에 졸림을 경험할 수 있다. 교대근무자의 졸음 운전에 관한 선행연구에서 교대근무는 졸음 운전 위험의 증가와 관련되었으며(Swanson et al., 2012), 교대근무 및 야간근무하는 간호사의 경우 야간 근무 전에 비해 야간 근무 후의 출퇴근 시간에 더 높은 수준의 졸림과 많은 운전 사고를 경험하는 것으로 나타났다(Ftouni et al., 2013). 교대근무자의 주간졸림은 개인의 안전 및 건강뿐만 아니라 직장 및 지역 사회에도 부정적 영향을 미칠 수 있다. 적절한 관리 및 예방이 필요하며, 이를 위해서는 주간졸림을 유발하는 주요 요인을 파악하는 것이 선행되어야 한다.

4) 주간졸림 위험 요인

선행연구에서는 주간졸림의 위험 요인으로 인구통계학적 요인, 신체적 요인, 정신건강 요인, 수면 관련 요인이 주로 제시되고 있다. 비교대근무자를 대상으로 한 연구에서 인구통계학적 요인의 경우 성별, 연령, 결혼 상태 등이 주간졸림의 위험 요인으로 보고되었으며(Berger et al., 2021; 손공정 외, 2014; Theorell-Haglöw et al., 2006), 신체적 요인으로 BMI(Body Mass Index)가 보고된 바 있다(Sener et al., 2022). 정신건강 요인 중에서는 불면증, 우울, 외상 후 스트레스 등이 주간졸림 위험 요인으로 보고되었다(Berger et al., 2021; Theorell-Haglöw et al., 2006; 이은하, 2019; LaGoy et al., 2021). 수면 관련 요인으로는 수면의 질이 주간졸림의 위험 요인으로 가장 많이 보고되었으며, 폐쇄성 수면

무호흡증 또한 위험 요인으로 나타났다(Berger et al., 2021; 손궁정 외, 2014; 이은하, 2019). 교대근무자의 주간졸림의 위험성을 높이는 요인으로서는 인구통계학적 요인인 교대근무 기간(Mirawati et al., 2022), 신체적 요인인 콜레스테롤 수치(Mirawati et al., 2022), 정신건강 요인인 우울과 직업 만족도(Takahashi et al., 2006) 정도만이 연구된 바 있다.

선행연구를 바탕으로 보았을 때, 주간졸림의 위험 요인으로 인구통계학적 요인, 정신건강 지표, 수면지표가 함께 고려되어야 함을 알 수 있다. 인구통계학적 요인의 경우 비교대근무자에게서 연령과 결혼 상태가 주요 위험 요인이었으며, 교대근무자에게서는 교대근무 기간이 위험 요인이었다. 신체적 요인으로는 비교대근무자에게서는 비만도가, 교대근무자에게서는 콜레스테롤 수치가 주요 위험 요인이었다. 정신건강 지표의 경우 비교대근무자는 불면증과 외상 후 스트레스가, 교대근무자에게서는 우울과 직무 만족도가 주간졸림의 위험 요인이었다. 더불어, 비교대근무 간호사보다 교대근무를 하는 간호사가 악몽을 겪을 위험이 더 높으며(Bjorvatn et al., 2015), 악몽 증상을 겪는 집단이 건강한 대조군에 비해 주간졸림이 더 심각하다는 연구 결과가 있었다(Paul et al., 2015). 이는 교대근무자가 겪는 악몽이 주간졸림의 위험 요인일 수 있음을 시사하기 때문에 추가적인 정신건강 지표로 고려할 수 있다. 수면 지표의 경우 비교대근무자에게서 수면의 질이 위험 요인이었으며, 교대근무자에게서는 주간졸림 위험 요인으로서의 수면 지표가 확인되지 않았다. 수면의 질의 경우 입면 중 각성 및 수면 효율과 관련되기 때문에 입면 중 각성 및 수면 효율 또한 위험 요인으로 고려할 수 있다(Woosley et al., 2012). 주간졸림에 영향을 미칠 수 있는 위험 요인이 다양하게 보고되고 있기 때문에 주간졸림 고위험군 여부를 결정하는 데에는 여러 요인들 간의 상호작용에 대한 고려가 필요하다.

교대근무자의 주간졸림 위험 요인에 관한 연구는 현저히 적으며, 대부분의 연구들이 비교대근무자를 대상으로 진행되었다. 하지만 비교대근무자에게서 주간졸림의 위험 요인으로 보고된 요인들이 추가적으로 고려되어야 하는 교대근무 관련 요인들로 인해 교대근무자에게서도 동일하지 않을 가능성이 높다. 비교대근무자의 경우 연령이 낮을수록 주간졸림의 위험이 높았으며, 독신의 경우에도 주간졸림의 위험이 높았다(Theorell-Haglöw et al., 2006). 하지만 교대근무자를 대상으로 한 연구에서는 연령과 주간졸림 사이에 연관성이 있다는 결과와 연관성이 없다는 결과 모두 보고된 바 있다(Mohd Shahril et al., 2020; Waage et al., 2010).

교대근무자의 결혼 상태에 대한 연구에서도 결혼 및 자녀 여부가 주간졸림에 미치는 영향에 관해 서로 상충되는 결과들이 존재한다(Booker et al., 2018; Portela et al., 2015). 교대근무자를 대상으로 한 연구에서는 과체중이 주간졸림의 위험 요인으로 보고된 바는 없으나, 여러 선행연구들에서 교대근무자가 비교대근무자보다 더 높은 비율로 과체중 및 비만을 호소하여 교대근무자의 과체중 및 비만과 관련되는 요인을 주간졸림 위험 요인으로 고려해볼 필요가 있다(Antunes et al., 2010; Hulsegge et al., 2020). 또한 교대근무자의 낮은 수면의 질과 불면증 증상은 주간졸림의 증가와 관련되는 것으로 나타났다(Vallières et al., 2014; Vidya et al., 2019). 교대근무라는 특수한 환경이 교대근무자의 생활 및 건강에 미치는 영향으로 인해 위의 선행연구들과 같이 교대근무자와 비교대근무자간에 차이가 많이 보고되고 있다. 이를 고려하였을 때, 비교대근무자의 주간졸림 위험 요인에 대한 연구 결과를 교대근무자에게 그대로 적용하는 것에 어려움이 있다. 기존 요인들을 포함하여 교대근무 관련 위험 요인이 주간졸림과 더 밀접하게 관련되는지를 확인하는 연구가 필요하다.

4. 머신러닝 모델

1) 주간졸림 고위험군 분류

주간졸림의 위험 요인을 분석한 선행논문들은 대부분 다중 로지스틱 회귀분석 혹은 다중 선형 회귀분석을 사용하였다. 다중 회귀분석은 임상 의학 연구에서 주로 사용되는 다변량 분석 방법으로, 인과 관계를 토대로 여러 변수의 영향을 한 번에 분석하는 방법이다(오주한, 정석원, 2013). 다중 회귀분석을 통해 다양한 요인들 간의 상호작용을 고려할 수 있지만 회귀분석의 경우 선형관계를 가정하며, 비교적 단순한 모형이기 때문에 비선형이거나 복잡한 패턴을 가진 데이터를 분석하는 데에는 적합하지 않다(Schuster et al., 2022; 김용우 외, 2022).

본 연구에서 탐색하고자 하는 요인들 또한 교대근무자의 주간졸림과 비선형적이거나 복잡한 관계를 가질 수 있다. 관련하여 교대근무자의 연령과 주간졸림 사이 연관성에 대해 서로 상충되는 결과가 존재했으며(Mohd Shahril et al., 2020; Waage et al., 2010), 결혼 상태 또한 교대근무자의 주간졸림 및 다른 수면 문제와 연관성이 있다는 연구 결과와 연관성이 없다는 결과가 함께 보고된 바 있다(Booker et al., 2018; Øyane et al., 2013; Portela et al., 2015). BMI의 경우 높을수록 주간졸림 심각도가 더 높다는 연구 결과가 있으나(Saleh et al., 2023; Sener et al., 2022), 다른 요인들과 함께 분석하였을 때 BMI가 주간졸림의 위험 요인이 아닌 것으로 나타난 연구 결과도 있다(Mirawati et al., 2022). 불면증의 경우 주간졸림과의 정적 관계가 보고된다(Jeong et al., 2019). 하지만 다른 요인들과의 상호작용을 고려하여 불면증 심각도의 변화를 분석한 연구에서 선형 모델과 비선형 모델을 비교하였을 때 비선형 모델이 불면증을 설명하

는 데 더욱 적합한 모델인 것으로 보고되었다. 이는 불면증과 다른 요인들과의 상호작용을 고려할 때 비선형적 관계에 대한 고려가 필요함을 시사한다(Huang et al., 2019). 수면 효율의 경우 주간졸림과의 부적 관계가 보고된 바 있다(Wang et al., 2019). 하지만 폐쇄성 수면 무호흡증 환자를 대상으로 한 연구에서는 높은 수면 효율이 주간졸림을 예측하는 것으로 나타났다(Seneviratne & Puvanendran, 2004). 수면 효율은 잠자리에 머무른 시간 대비 실제 수면 시간의 비율을 의미하기에 수면 효율이 낮을 경우 불충분한 수면 및 낮은 수면의 질을 보일 수 있다. 하지만 수면 효율이 100%에 가깝게 과도하게 높다면 오히려 수면 부족을 의미하는 결과일 수 있다. 이에 수면 효율의 경우 비선형적 요인으로 고려하는 것이 필수적이다. 선행연구를 바탕으로 보았을 때 주간졸림 위험 요인으로 고려되는 요인들에게서 비선형적이거나 복잡한 관계가 나타날 수 있으므로 이러한 패턴을 분석할 수 있는 모델의 사용이 필요하다.

모형이 단순할 경우 분석이 간단하고 해석이 쉬울 수 있으나, 고차원적인 데이터 분석에 한계가 있으며 모형의 성능이 떨어질 수 있다. 또한 독립 변수 간에 높은 상관관계가 있는 경우 다중 공선성 문제가 발생할 수 있으며, 이상치에 민감한 모형이기에 성능이 약할 수 있다. 회귀분석 외에도 연구 문제에 대해 하나의 결과만을 내는 단일 모형의 경우 모델 성능에 제한이 있기 때문에 일반화 가능성이 낮으며, 분석 결과를 신뢰하기 어렵다. 이에, 주간졸림의 위험 요인을 탐색하기 위해서는 다양한 독립 변수의 투입이 가능하면서 높은 성능을 가지는 모형을 활용하는 것이 적합하다.

2) 머신러닝 기법

머신러닝은 인공지능의 한 분야로, 데이터를 바탕으로 하여 목표로 하는 작업의 수행 성능을 향상시키는 일련의 과정으로 정의된다(조성준, 강석호, 2016). 머신러닝은 지도 학습(supervised learning), 비지도 학습(unsupervised learning), 그리고 강화 학습(reinforcement learning)으로 분류되며 목적에 따라 적절한 기법이 사용된다(Kim et al., 2020). 지도 학습은 입력값과 결과값을 함께 학습시켜 이를 기반으로 새로운 입력에 대한 결과를 결정하는 방법이며, 비지도 학습은 입력값에 대응되는 결과값이 없고 주어진 특징을 통해 서로 구분을 지어 군집화하여 새로운 입력값에 대한 결과를 결정하는 방법이다. 그리고 강화 학습은 입력값에 대응되는 결과값 없이 주어진 상황에서 동작 및 반응한 결과에 따라 보상을 얻으며 학습하는 방법이다. 이중에서도 분류 모델을 만드는 데에는 입력값과 그에 해당하는 결과값을 바탕으로 새로운 입력에 대한 결과를 결정하는 지도 학습이 필요하다.

머신러닝은 사람이 구축하기 어려운 작업들을 효율적으로 구축할 수 있도록 한다(성중훈, 조영식, 2019). 데이터 간의 관계를 파악하거나 많은 자료를 효과적으로 분석하기에 용이하기에, 특히 탐색적 연구에 유용하게 사용되고 있다. 이러한 장점을 바탕으로 최근 회귀 및 분류 모형의 분석에 머신러닝을 활용한 연구들이 급격히 증가하고 있는 추세이며, 수면 분야에서는 불면증의 위험 요인 탐색, 폐쇄성 수면 무호흡증의 중증도 분류 등 다양한 주제에 머신러닝 기법을 사용하고 있다(Huang & Huang, 2023; Mencar et al., 2020).

3) XGBoost 분류 모델

머신러닝의 여러 기법 중 하나인 XGBoost 모델은 의사결정나무(decision tree)를 기반으로 하는 모델이다(Chen & Guestrin, 2016). 의사결정나무는 의사결정을 위한 여러 규칙들을 나무 구조로 도표화하여 관심 대상을 소집단으로 분류(classification) 또는 예측(prediction)하는 분석 방법이다(김형세 외, 2010). 의사결정나무는 데이터를 바탕으로 의사결정나무를 생성하고 나무의 분리 기준 및 규칙에 따라 계속해서 가지를 형성해 나가며, 오류의 가능성을 높이는 가지의 경우 제거하여 최적의 모델을 구축한다. 의사결정나무는 분석 과정이 나무 구조의 규칙을 통해 표현되기 때문에 다른 분석에 비해 분석 과정을 쉽게 이해하고 설명할 수 있다는 장점을 가진다(이재준 외, 2021). 이에 당뇨병, 다발성 경화증과 같은 다양한 질환 혹은 사고의 위험요인을 탐색하는 연구에서 자주 사용되고 있다(Maniruzzaman et al., 2020; Mistikoglu et al., 2015; Pasella et al., 2023). 하지만 의사결정나무는 비교적 단순한 모형으로, 새로운 자료를 학습할 때 다른 더 복잡한 모형들에 비해 성능이 떨어질 수 있다.

의사결정나무의 단점을 보완하기 위해 앙상블 기법이 사용된다. 앙상블 기법이란 자료를 바탕으로 서로 다른 단일 모형을 다양하게 생성한 후 각각의 결과를 모아 최적의 결과를 도출하는 방식을 말한다(Kuncheva et al., 2012). 앙상블 기법을 사용한 모델은 서로 다른 수많은 모델들의 조합으로 이루어졌기 때문에 단일 분석 기법을 사용했을 때보다 더 향상된 결과를 얻을 수 있다. XGBoost 모델은 앙상블 기법을 통해 수많은 의사결정나무를 구축하고 각각의 결과를 모두 합쳐 최종의 결과값을 결정한다. 이는 상대적으로 많은 의사결정나무를 생성하여 집단지성의 형태로 분석 결과를 도출하기에 모델 성능을 더 높일 수 있다(김영은 외, 2020). 또한 XGBoost는 잔차(residual)를 바탕으로 앞선 모형을 보완해나가는 방식으

로 학습하기 때문에 다른 머신러닝 모델들보다 성능이 더욱 높다 (Ku-Mahamud, 2012). 또한 XGboost 모델은 다중공선성의 영향을 받지 않는다는 장점을 가진다. 다중공선성은 투입되는 변수들의 상관관계로 인해 나타나는데, 의사결정나무를 기반으로 하는 모델은 상관성이 높은 요인들 중 하나만을 선택하여 모델을 구축해나간다(Guo et al., 2021). 이에, 다중공선성의 영향을 배제한 분석이 가능하다. XGBoost 모델 내에서 여러 요인 간의 상호작용을 고려할 수 있고, 다양한 모델의 결과를 조합하여 결정을 내리기 때문에 XGBoost 모델을 통한 주간졸립 고위험군 분류 시 높은 성능과 일반화 가능성을 기대할 수 있다.

III. 연구 문제

본 연구는 한국의 교대근무 소방공무원을 대상으로 주간졸림 고위험군의 예측 요인을 파악하고자 하는 탐색적 연구이다. 주간졸림과 인구통계학적 정보, 정신건강 및 수면 지표를 조사하여 다양한 요인을 수집하여 주간졸림 고위험군을 가장 잘 예측하는 분류 모델을 만들고자 하였다. 그리고 해당 모델의 성능을 확인하고 분류에 기여한 주요 요인을 확인하고자 하였다. 이에 본 연구의 연구 문제와 가설은 다음과 같다.

연구 문제 1. 교대근무 중인 한국 소방공무원의 주간졸림 수준이 어떠한가?

연구 문제 2. 교대근무 중인 한국 소방공무원의 주간졸림 고위험군 분류 모델의 성능은 어떠한가?

연구 문제 2-1. 모델의 정확도가 어떠한가?

연구 문제 2-2. 모델의 민감도가 어떠한가?

연구 문제 2-3. 모델의 특이도가 어떠한가?

연구 문제 2-4. 모델의 AUC(Area Under Curve) 값이 어떠한가?

연구 문제 3. 교대근무 중인 한국 소방공무원의 주간졸림 고위험군 분류에 기여하는 주요 요인은 무엇인가?

IV. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2019년부터 2022년까지 소방공무원 수면 중재 프로그램인 FIT-IN(Firefighter's Therapy for Insomnia and Nightmares)과 FIT-INdividual(Firefighter's Therapy for Insomnia and Nightmares-individual version)에 참여한 전국의 소방공무원을 대상으로 수집한 자료를 이차적 분석을 진행하여 수행되었다(Jang et al., 2020). 프로그램에 참여한 소방공무원 중 참여 기간 동안 교대근무를 수행한 경우만을 분석에 포함하였다. 이에 최초 오프라인 및 온라인 설문조사에 응답한 전체 표본은 162명이었으나, 비교대근무 중이었던 26명이 제외되었다. 따라서 본 연구의 최종 표본은 총 136명(연령 평균 38.1 ± 8.7 세, 남성 86.8%)의 교대근무 중인 소방공무원으로 이루어졌다.

2. 연구 절차

교대근무 중인 한국 소방공무원의 주간졸림과 이에 영향을 미칠 수 있는 요인을 확인하기 위해 소방공무원 수면 중재 프로그램(FIT-IN, FIT-INdividual)을 통해 수집된 자료를 분석하였다. 연구 참여자들은 수면 중재 프로그램 및 연구에 자발적으로 참여하였다. 본 연구는 연세대학교 원주세브란스기독병원 윤리심의위원회의 승인하에 수행되었다

(CR318031). 연구 참여자들은 중재 프로그램이 시작되기 전에 오프라인 및 온라인으로 자기보고식 질문지와 일주일 간의 수면일지를 작성하였다. 본 연구는 수집된 자료를 이차적으로 분석하였으며, 연구 참여 기간 동안 비교대근무 중이었던 경우는 분석에서 제외하였다.

3. 측정 도구

1) 인구통계학적 정보

본 연구에서는 연령, 성별, BMI(kg/cm²), 결혼 상태(4개 범주; 기혼, 동거, 이혼, 미혼), 교대근무 기간(년)을 수집하였다.

2) 주간졸림

주간졸림을 평가하기 위해 Johns(1991)가 개발한 Epworth Sleepiness Scale(ESS)를 국내에서 Cho 등(2011)이 타당화한 질문지를 사용하였다. 본 질문지는 총 8가지 문항으로 구성되어 있으며, 다양한 상황에서 잠이 들 가능성이 얼마나 높은지 평가한다(Johns, 1991). 각 응답은 0~3점으로 평가되며 점수가 높을수록 더 많이 졸린 것을 나타낸다. 한국판 ESS의 내적 일관성은 .73으로 나타났다(Cho et al., 2011). 본 연구에서는 ESS의 10점을 기준으로 10점 이상을 주간졸림 임상군, 10점 미만을 주간졸림 비임상군으로 나누었다(Johns, 1993).

3) 악몽 심각도

악몽 심각도를 평가하기 위해 Krakow 등(2002)이 개발한 Disturbing Dream and Nightmare Severity Index(DDNSI)를 국내에서 Lee 등(2021)이 타당화한 질문지를 사용하였다. 본 질문지는 총 5가지 항목으로 구성되어 있으며, 악몽의 빈도, 강도 및 악몽과 관련된 고통을 평가한다(Krakow et al., 2002). 0~37점 척도로, 점수가 높을수록 악몽으로 인한 어려움이 더 심각함을 나타낸다. 한국판 DDNSI의 내적 일관성은 .92로 나타났다(Lee et al., 2021).

4) 불면증 심각도

불면증 심각도를 평가하기 위해 Bastien 등(2001)이 개발한 Insomnia Severity Index(ISI)를 국내에서 Cho 등(2014)이 타당화한 질문지를 사용하였다. 본 질문지는 총 7가지 항목으로 구성되어 있으며, 불면증 증상의 심각성을 평가한다(Bastien et al., 2001). 각 응답은 0~4점으로 평가되며, 점수가 높을수록 불면증 증상이 더 심함을 나타낸다. 한국판 ISI의 내적 일관성은 .92로 나타났다(Cho et al., 2014).

5) PTSD(Posttraumatic Stress Disorder) 증상

PTSD 증상을 평가하기 위해 Weathers 등(2013)이 개발한 Posttraumatic Stress Disorder Checklist for DSM-5(PCL-5)를 국내에서 Kim 등(2017)이 타당화한 질문지를 사용하였다. 본 질문지는 총 20가지 항목으로 구성되어 있으며, PTSD 증상의 심각성을 평가한다(Weathers et al., 2013). 각 응답은 0~4점으로 평가되며, 점수가 높을수

록 PTSD 증상이 더 심함을 나타낸다. 한국판 PCL-5의 내적 일관성은 .97로 나타났다(Kim et al., 2017).

6) 우울 증상

우울 증상을 평가하기 위해 Kroenke 등(2001)이 개발한 Patient Health Questionnaire-9(PHQ-9)를 국내에서 Han 등(2008)이 타당화한 질문지를 사용하였다. 본 질문지는 총 9가지 항목으로 구성되어 있으며, 우울 증상의 심각성을 평가한다(Kroenke et al., 2001). 각 응답은 0~3점으로 평가되며, 점수가 높을수록 우울 증상이 더 심함을 나타낸다. 한국판 PHQ-9의 내적 일관성은 .86로 나타났다(Han et al., 2008).

7) 수면일지

연구 참여자 모두 수면 개입 프로그램에 참여하기 전 일주일 동안 매일 수면일지를 작성하였다. 수면일지는 전날 밤 수면에 대한 세부 정보를 기록하도록 구성되어 있다. 수면일지에 포함된 구성요소는 <표 1>과 동일하다. 수면일지를 통해 수면 잠복기(SOL), 입면 후 각성 횟수(NWAK), 입면 후 각성 시간(WASO), 수면 효율(SE) 등 다양한 수면 지표를 수집하였다. 수면 지표들 중에서도 잠자리에 든 후 잠이 들기까지의 시간을 의미하는 수면 잠복기, 입면 후 각성 횟수 및 시간의 경우 입면 및 수면 유지의 어려움을 확인할 수 있는 지표이다. 또한 수면 효율의 경우 잠자리에 머무른 시간 대비 실제 수면 시간의 비율을 의미하며, 수면의 질 및 수면 부족을 확인할 수 있는 지표이다.

표 1. 수면일지 구성 요소

용어	내용	계산방법
Bed Time (BT)	잠자리에 들어간 시각	수면일지 문항
Light Off (LO)	잠에 들기 위해 모든 불을 끈 시각	
Sleep Onset Latency (SOL)	수면 잠복기	
Sleep Onset (SLO)	잠에 든 시각	
Number of awakenings (NWAK)	입면 후 각성 횟수	
Wake After Sleep Onset (WASO)	입면 후 각성 시간	
Wake Time (WT)	잠에서 최종적으로 깬 시각	
Time Out of Bed (TOB)	잠자리에서 나온 시각	
Time In Bed (TIB)	잠자리에 머무른 총 시간	TOB - BT
Total Sleep Time (TST)	총 수면 시간	$TIB - \{SOL + WASO + (TOB - WT)\}$
Sleep Efficiency (SE)	수면 효율	$TST / TIB * 100 (\%)$

4. 분석 방법

본 연구에서 자료 분석은 R version 4.2.3을 사용하여 다음과 같이 실시하였다.

첫째, 연구 참여자의 인구통계학적 정보와 측정 변수들의 평균 및 표준편차와 비율을 파악하기 위해 기술 통계와 빈도 분석을 실시하였다.

둘째, XGBoost 모델의 훈련 및 평가를 위해 데이터 세트를 훈련 세트와 평가 세트로 나누었다. 전체 데이터 세트의 30%를 훈련 세트로, 나머지 70%를 평가 세트로 무작위로 나누어 구성하였다.

셋째, 인구통계학적 정보, 정신건강 지표, 수면 지표를 바탕으로 주간졸림 고위험군을 분류하는 XGBoost 모델 분석을 실시하였다. 모델 설정의 경우 모델의 성능을 최대한 높이되, 과적합을 방지하기 위해 의사결정나무의 최대 깊이(depth)를 3에서 6 사이 범위로, 의사결정나무의 최대 허용 개수(nrounds)를 1000 미만으로 설정하였다. 수집한 지표들을 바탕으로 랜덤하게 변수를 투입하여 여러 모델을 생성하고 가장 성능이 좋은 모델을 선택하였다.

넷째, XGBoost 분류 모델의 성능을 평가하기 위해 정확도, 민감도, 특이도, AUC 값을 계산하였다. 정확도는 데이터를 정확히 분류한 비율을 의미하며 임상군을 임상군으로, 비임상군을 비임상군으로 정확히 분류한 경우에 해당한다. 민감도는 임상군을 임상군으로 정확히 분류한 비율을 뜻한다. 특이도는 비임상군을 비임상군으로 정확히 분류한 비율을 뜻한다. 정확도, 민감도, 특이도 모두 100%에 가까울수록 좋은 성능을 의미한다. AUC 값은 모델의 분류 정확도를 나타내며 AUC 값이 높을수록 모델의 분

류가 정확한 것으로 볼 수 있다. AUC 값은 0.7 미만일 경우 낮은 정확도, 0.7에서 0.9까지를 중간 정확도, 0.9를 초과할 경우 높은 정확도로 평가한다(Swets, 1988).

다섯째, 주간졸림 고위험군 분류에 대한 각 요인별 기여도를 평가하였다. 요인별 기여도는 의사결정나무가 분할(split)될 때마다 발생하는 정보의 획득량인 Gain 지표를 통해 판단하였다(Chen & Guestrin, 2016). 이를 통해 요인들 간의 상대적인 기여도를 비교할 수 있으며, 값이 클수록 다른 요인에 비해 해당 요인이 모델의 분류에 기여한 바가 높음을 의미한다.

여섯째, 변수들이 주간졸림 고위험군 여부에 미치는 영향의 방향성을 확인하기 위해 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였다.

V. 연구 결과

1. 연구 참여자의 인구통계학적 특성

본 연구 참여자의 인구통계학적 특성, 정신건강 및 수면 지표를 <표 2>에 제시하였다. 연구 참여자의 86.8%가 남성이었으며 연령 분포는 21-59세, 평균 연령은 38.1(±8.7)세였다. 평균적으로 8.7년(±7.9) 동안 교대근무를 수행하였다.

표 2. 연구 참여자의 인구통계학적 특성(N=136)

	n(%)	M(SD)
인구통계학적 정보		
연령(세)		38.1(8.7)
성별		
남성	118(86.8)	
여성	18(13.2)	
결혼 상태		
기혼	85(62.5)	
동거	7(5.2)	
이혼	4(2.9)	
미혼	40(29.4)	
BMI		24.5(2.6)
교대근무 기간(년)		8.7(7.9)

자기보고식 질문지

ESS		8.8(3.9)
고위험군	42(30.9)	
정상군	94(69.1)	
DDNSI		4.0(6.4)
ISI		17.6(4.6)
고위험군	103(75.7)	
정상군	33(24.3)	
PCL-5		23.7(17.3)
고위험군	39(28.7)	
정상군	97(71.3)	
PHQ-9		6.9(4.4)

수면일지

수면 잠복기(분)		32.9(28.8)
입면 후 각성 횟수(회)		1.5(1.0)
입면 후 각성 시간(분)		31.3(28.1)
수면 효율(%)		82.3(10.9)

BMI=Body Mass Index; ESS=Epworth Sleepiness Scale; DDNSI=Disturbing Dream and Nightmare Severity Index; ISI=Insomnia Severity Index; PCL-5=PTSD Checklist-5; PHQ-9=Patient Health Questionnaire-9.

2. 소방공무원의 수면 관련 특성

연구 참여자 중 42명(30.9%)이 주간졸림 고위험군(ESS 점수 10점 이상)에 속하였다(Johns, 1993). 불면증 고위험군(ISI 점수 15점 이상)의 경우 103명(75.7%)이었다(Cho et al., 2014). PTSD 고위험군(PCL-5 점수 33점 이상)은 39명(28.7%)이었다(Kim et al., 2022). 잠 자리에 누워 잠에 들기까지 평균적으로 32.9분(± 28.8)이 걸리는 것으로 나타났다. 또한 입면 후 평균 1.5회(± 1.0) 깨어났고, 31.3분(± 28.1) 깨어 있었다. 수면 효율은 평균적으로 82.3%(± 10.9)였다.

3. 주간졸림 고위험군 분류 모델

수집한 지표들을 랜덤하게 투입하여 서로 다른 여러 개의 주간졸림 고위험군 분류 모델을 생성한 후 가장 성능이 좋은 모델을 선택하였다. 해당 모델의 정확도는 75.6%, 민감도는 42.8%, 특이도는 82.3%였다. AUC 값은 0.71로 중간 정도의 정확도를 나타냈다. <그림 2>는 모델의 성능을 확인할 수 있는 AUC 값을 시각화하여 제시하였다.

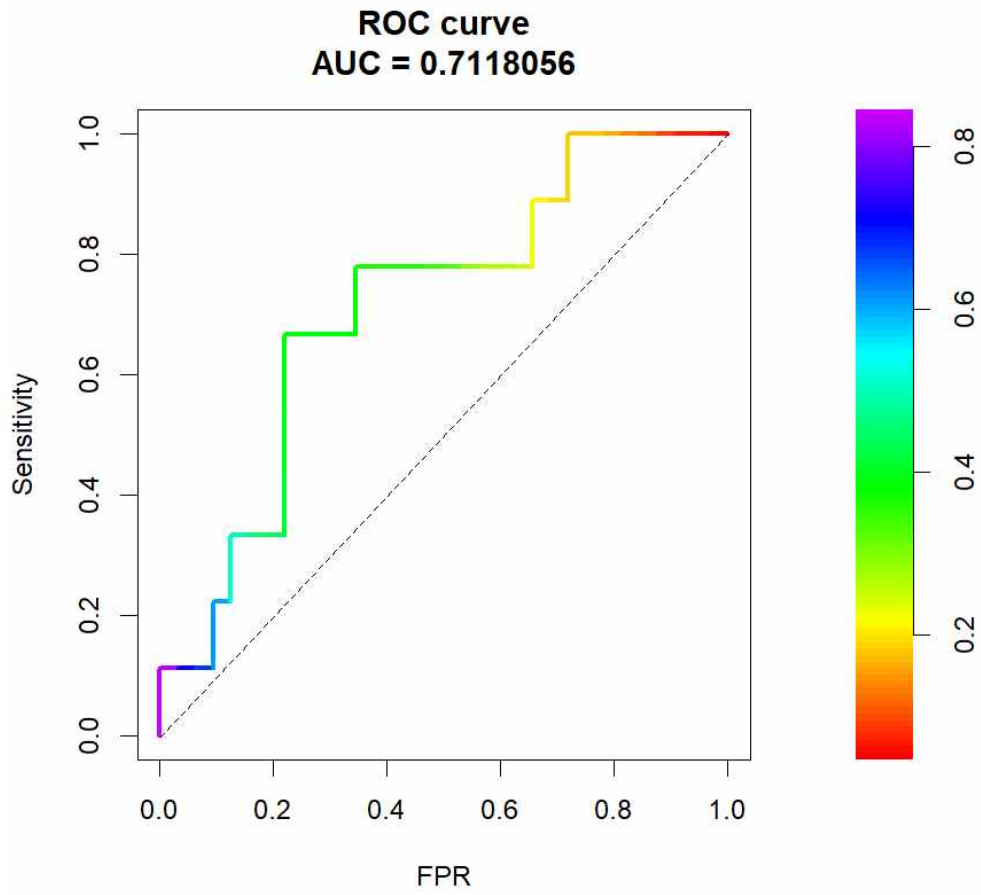
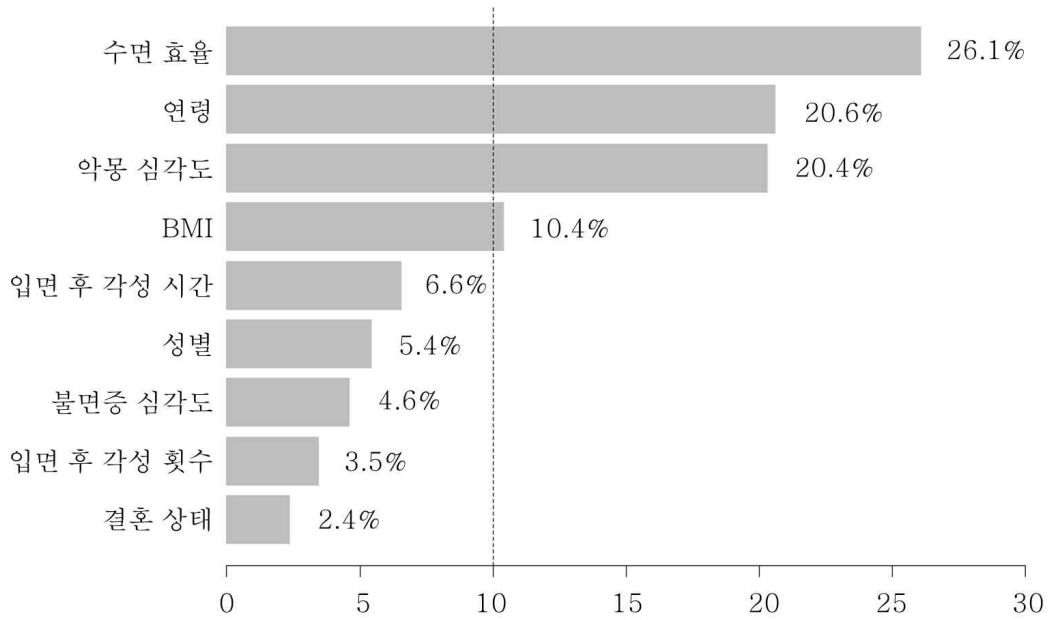


그림 2. 주간졸립 고위험군 분류 모델

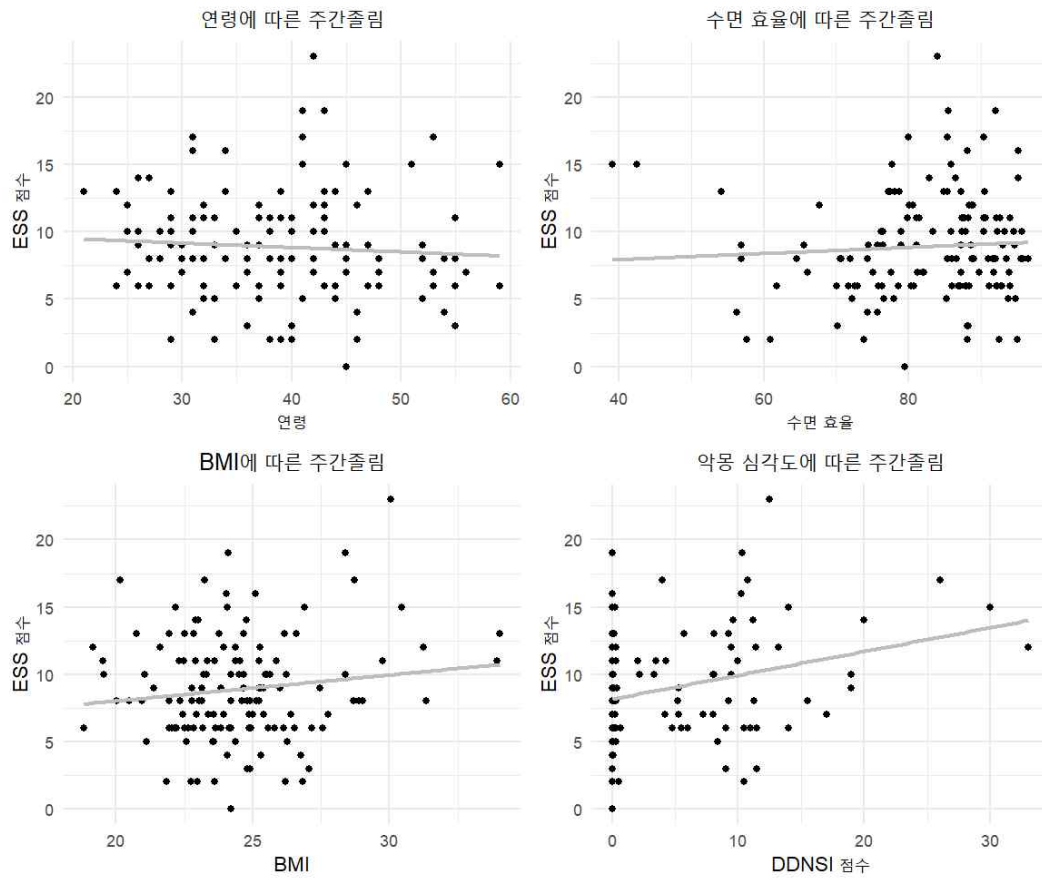
4. 주간졸림 고위험군 분류의 주요 요인

주간졸림 고위험군 분류의 주요 요인을 파악하기 위해 Gain 지표를 바탕으로 변수들의 상대적 기여도를 평가하였다. 선행연구에서는 기여도가 10% 이상인 변수를 선정하거나, 가장 기여도가 높은 10개의 변수를 선정하는 등 연구에 따라 다양한 기준으로 상대적 기여도를 평가하였다 (Nedergaard et al., 2023; 김성범, 2023). 본 연구에서는 총 9개의 변수가 모델에 투입되었으며, 상대적 기여도의 총합이 100%인 것을 고려하여, 기여도가 10% 이상일 경우 다른 변수들보다 높은 기여를 한 것으로 판단하였다. 분류 모델에 가장 기여한 변수는 수면 효율(기여도 26.1%)이었다. 다음으로 연령(20.6%), 악몽 심각도(DDNSI 점수; 20.4%), BMI(10.4%)가 높은 기여도를 보였다. 나머지 입면 후 각성 시간(WASO; 6.6%), 성별(5.4%), 불면증 심각도(ISI 점수; 4.6%), 입면 후 각성 횟수(NWAK; 3.5%), 결혼 상태(2.4%)는 10% 미만의 기여도를 보였다. <그림 4>에서는 분류 모델에서 10% 이상의 높은 기여도를 보인 변수들과 ESS 점수를 바탕으로 확인한 산점도를 추가로 제시하였다. 해당 산점도에서는 뚜렷한 방향성이 확인되지 않았다.



BMI=Body Mass Index.

그림 3. 주간졸립 고위험군 분류 주요 요인



BMI=Body Mass Index.

그림 4. 주요 요인에 따른 주간졸림 산점도

5. 다중 로지스틱 회귀분석 결과

주간졸림 고위험군 분류 모델에 투입된 변수들이 주간졸림 고위험군 여부에 미치는 영향의 방향성을 확인하기 위한 보조적 방법으로 다중 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 종속변수는 주간졸림 고위험군 여부이며, 독립변수는 분류 모델과 동일하게 연령, 성별, 결혼 상태, BMI, DDNSI 점수, ISI 점수, 입면 후 깡 시간, 입면 후 깡 횟수, 수면 효율이 투입되었다. 이때, 주간졸림 고위험군 분류 모델과 동일한 조건에서 변수들의 상호작용을 고려하기 위해 모든 독립 변수를 다중 로지스틱 회귀 모델에 동시에 투입되었다. 분석 결과, 모델은 좋은 모델 적합도(Hosmer-Lemeshow test: $X^2 = 8.292$, $p = .405$)를 보였으며, 17.9%(Nagelkerke $R^2 = .179$)의 설명력을 보였다.

분석 결과, BMI($OR = 1.182$, $p < .05$)와 악몽심각도 (DDNSI점수)만이 ($OR = 1.110$, $p < .01$) 주간졸림 위험에 유의미한 양의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, BMI와 악몽 심각도 (DDNSI)가 1단위 증가하면 주간졸림 고위험군에 속할 가능성이 각각 1.18배, 1.11배 높아지는 것으로 나타났다. 다른 변수들의 경우 방향성은 확인할 수 있었지만 추정치의 표준 오차가 컸기에 통계적 유의성은 확인되지 않았다. 자세한 내용은 <표 3>에서 제시하였다.

표 3. 다중 로지스틱 회귀분석 결과

종속변수	독립변수	B	S.E.	OR	95% CI	p
주간졸립 고위험군 여부	연령	-0.028	0.032	0.972	(0.913~1.036)	.380
	성별	1.059	0.611	2.883	(0.870~9.553)	.083
	결혼 상태	-0.101	0.117	0.904	(0.719~1.137)	.389
	BMI	0.168	0.082	1.182	(1.007~1.388)	.040
	악몽 심각도	0.105	0.035	1.110	(1.037~1.189)	.003
	불면증 심각도	-0.019	0.051	0.981	(0.888~1.083)	.704
	입면 후 각성 시간	0.013	0.010	1.013	(0.994~1.033)	.170
	입면 후 각성 횟수	-0.330	0.238	0.719	(0.451~1.145)	.164
	수면 효율	0.018	0.023	1.018	(0.972~1.066)	.452

* $p < .05$, ** $p < .01$

BMI=Body Mass Index.

VI. 논의

1. 연구 결과에 대한 논의

본 연구는 교대근무자의 주간졸림 고위험군을 분류하는 주요 요인을 탐색하기 위해 수행되었다. 연구 결과, 교대근무하는 소방공무원의 30.9%가 주간졸림 고위험군에 해당하였다. 본 연구와 동일한 기준으로 공기업 근무자의 주간졸림 고위험군을 평가한 국내 선행연구에서는 교대근무자의 19.7%, 비교대근무자의 10.6%가 주간졸림 고위험군이었다(Son et al., 2005). 이런 선행연구의 결과와 비교해 보았을 때, 주간졸림 위험군의 비율은 타 직군보다 소방공무원이 더 높았다. 또한 소방공무원을 대상으로 한 연구에서는 27.7%의 주간졸림 고위험군이 확인된 바 있어(Savall et al., 2021), 본 연구 결과는 해외의 소방공무원의 주간졸림 고위험군 비율과 비슷하며 전반적으로 소방공무원 직군이 타 직군보다 주간졸림이 높다는 점을 시사한다. 관련하여 미국의 소방공무원의 주간졸림 위험과 관련된 요인으로 48시간의 교대제가 보고된 바 있다(Haddock et al., 2013). 연속적이고 긴 교대근무로 인한 수면 부족 및 수면의 질 저하는 주간졸림으로 이어진다(Możdżyńska et al., 2023; Saleh et al., 2023). 또한 소방공무원은 직업적 특성상 외상 후 스트레스에 노출되기 쉬운데, 교대근무자의 외상 후 스트레스는 주간졸림의 위험 요인으로 보고된 바 있다(LaGoy et al., 2021). 교대근무 및 외상 후 스트레스로 인해 소방공무원은 타 직군에 비해 높은 주간졸림을 경험할 수 있다.

주간졸림 고위험군 분류 모델에 투입된 변수들 중 수면 효율, 연령, 악몽 심각도, BMI가 주요 요인인 것으로 나타났으며, 다중 로지스틱 회귀

분석을 통해 BMI와 악몽 심각도가 높을수록 주간졸림 고위험군에 속할 가능성이 높아지는 것을 확인하였다. 본 연구 결과는 교대근무자의 주간졸림을 예방하고 치료하기 위해서는 수면 효율 및 악몽 증상을 개선하는 것이 중요하며, 개인의 연령 및 BMI를 고려한 맞춤형 수면 개입이 필요함을 보여준다.

1.1. 인구통계학적 특성의 영향

본 연구에서 주간졸림 고위험군 분류의 주요 요인으로 확인된 인구통계학적 특성은 연령과 BMI였다. 이 중 연령의 경우 XGBoost 분류 모델에서 20.6%의 높은 기여도를 보였으나 다중 로지스틱 회귀분석에서는 통계적 유의성이 확인되지 않았다. 성인의 주간졸림에 대한 코호트 연구에 따르면 다른 연령층에 비해 청년층 및 노년층에서 주간졸림 고위험군 비율이 더 높은 것으로 나타났다(Bixler et al., 2005). 젊은 성인의 35%가 수면 부족을 호소한다는 조사 결과를 미루어보았을 때(Kianersi et al., 2021), 청년층에서의 주간졸림은 불충분한 수면으로 인한 수면 부족에서 기인하는 것으로 볼 수 있다. 노년층에서의 주간졸림의 경우 건강 문제 및 질병의 증가와 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다(Bixler et al., 2005). 이러한 선행 연구 결과들은 연령대에 따라 주간졸림에 대한 취약성이 다르며 주간졸림의 원인 또한 다름을 시사한다. 본 연구에서는 연령에 따른 주간졸림의 방향성이 확인되지 않았으나, 선행연구를 바탕으로 보았을 때 성인의 주간졸림은 연령에 따라 U자형 분포를 보일 가능성이 있다(Bixler et al., 2005). 이에, 본 연구 또한 앞선 선행연구들과 마찬가지로 연령과 주간졸림 사이의 비선형적 관계를 고려해볼 수 있다. 이로 인해 선형적 관계를 가정하는 다중 로지스틱 회귀분석에서는 연령의 유의미한 영향이 발견

되지 않았지만, 비선형적 관계를 감지할 수 있는 XGBoost 분류 모델에서는 연령이 주요 요인임이 확인된 것으로 여겨진다.

BMI의 경우 XGBoost 분류 모델에서 10.4%의 기여도를 보였으며, 다중 로지스틱 회귀분석에서 유의미한 정적 관계가 확인되었다. 이는 BMI가 높을수록 주간졸림의 심각도가 높아지는 것을 확인한 선행 연구들과 일치하는 결과이다(Sener et al., 2022; Saleh et al., 2023). 비만 및 체중 증가로 인한 높은 BMI는 주간졸림 위험의 증가와 관련되는데(Fernandez-Mendoza et al., 2015), 이는 비만으로 인한 대사 조절 장애의 영향일 수 있다. 지방 조직이 대사 장애에 미치는 영향에 관한 선행 연구들을 검토하였을 때, 지방 조직에서 생성되는 염증성 단백질 수치가 증가하면서 만성 염증 상태가 유발되는 것으로 나타났다(Wisse, 2004). 만성 염증 및 대사 이상은 야간의 과각성을 유발할 수 있으며, 비만 환자와 대조군을 비교한 연구에서 비만 환자는 수면 잠복기 및 입면 후 깨 시간 이 더 길고 입면 후 깨 횟수가 더 많은 것으로 나타났다(Vgontzas et al., 1994). 이는 비만으로 인한 대사 장애가 주간졸림으로 이어질 수 있음을 보여준다.

더불어, BMI와 주간졸림 간의 관계에 폐쇄성 수면 무호흡증의 영향이 있었을 수도 있다. 여러 선행연구들을 검토하였을 때, 높은 BMI는 폐쇄성 수면 무호흡증의 주요 위험 요인으로 나타났다(Dong et al., 2020). 폐쇄성 수면 무호흡증은 수면 중 각성을 유발하며, 이로 인한 수면 분절이 폐쇄성 수면 무호흡증의 주요 증상인 주간졸림으로 이어질 수 있다(Gagnon et al., 2014). 선행연구에 따르면 성인의 폐쇄성 수면 무호흡증 유병률은 6.2%이며, 폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 30.1%가 주간졸림을 호소한다(Bjorvatn et al., 2014). 한국 소방공무원을 대상으로 한 대규모 조사 연구에서는 16.1%의 더 높은 폐쇄성 수면 무호흡증 유병률이 보고된

바 있다(Kim et al., 2021). 이는 소방공무원의 폐쇄성 수면 무호흡증에 대한 취약성이 주간졸림으로 이어질 수 있음을 시사한다. 이로 인해 본 연구에서도 높은 BMI가 주간졸림의 위험 요인으로 나타난 것으로 여겨진다. 비교대근무자를 대상으로 한 선행연구들에서는 연령, BMI 외에도 성별, 결혼 상태와 같은 인구통계학적 특성이 주간졸림의 위험 요인으로 보고된 바 있다(Berger et al., 2021; 손궁정 외, 2014; Theorell-Haglöw et al., 2006; Sener et al., 2022). 하지만 교대근무자의 경우 교대근무 기간 이외에는 주간졸림의 위험 요인인 인구통계학적 특성이 확인되지 않았다(Mirawati et al., 2022). 이에 반해 본 연구에서는 교대근무자의 인구통계학적 특성이 주간졸림에 중요한 요인임이 확인되었으며, 특히 다른 정신 건강 및 수면 관련 요인들과 비교하였을 때에도 연령과 BMI가 중요한 요인으로 나타났다. 이는 교대근무자에게서 교대근무 이외의 인구통계학적 특성이 가지는 중요성을 확인하였음에 의의가 있다.

연령에 따른 주간졸림의 비선형적 관계는 주간졸림의 예방 및 치료에 중요한 시사점을 제공한다. 선행연구에서 청년층과 노년층 모두 주간졸림에 취약한 것으로 나타났으나 청년층의 경우 수면 부족이, 노년층의 경우 건강 악화가 주요 원인인 것으로 보고되었기에(Bixler et al., 2005, Kianersi et al., 2021), 연령에 따른 주간졸림의 차별적인 치료의 필요성이 제시되었다. 청년층에서 흔하게 일어나는 수면 부족을 방지하기 위해서는 수면 습관 개선을 위한 수면 교육 및 캠페인을 시행할 수 있다(Kianersi et al., 2021). 반면 노년층의 경우 건강 문제 및 질병의 증가가 주간졸림으로 이어졌으므로, 건강 상태에 대한 지속적인 모니터링 및 관리의 중요성이 제시되었다(Bixler et al., 2005). 또한, 선행연구 및 본 연구 결과, 높은 BMI가 주간졸림의 위험요인으로 나타났기에(Sener et al., 2022; Saleh et al., 2023, Fernandez-Mendoza et al., 2015), 필요할

경우 수면 개입 시 체중 관리의 필요성에 대한 안내도 함께 이루어져야 한다. 특히 소방공무원과 같이 폐쇄성 수면 무호흡증의 유병률이 높은 직업군에게는 수면 개선을 위한 체중 관리가 더욱 요구되는 것으로 나타났다(Kim et al., 2021). 이러한 개별화된 수면 개입을 통해 교대근무자 집단 내 다양한 하위 집단의 수면 문제를 더욱 효과적으로 해결할 수 있을 것이다.

1.2. 수면 효율의 영향

수면 효율은 XGBoost 분류 모델에서 26.1%의 가장 높은 기여도를 보여, 주간졸림의 가장 주요한 요인으로 나타났다. 하지만 다중 로지스틱 회귀분석에서는 유의미한 영향이 확인되지 않았다. 이는 연령과 마찬가지로 수면 효율과 주간졸림 사이에 회귀 모델에서는 감지하지 못하는 비선형적 관계가 있음을 시사하는 결과이다.

수면 효율의 경우 수면 잠복기가 길거나 수면 중 각성으로 인해 수면이 분절된 경우에 낮아질 수 있다. 즉, 낮은 수면 효율은 입면 및 수면 유지의 어려움으로 이해되며, 이로 인한 수면의 질 저하가 주간졸림으로 이어질 수 있다. 이 때문에 일반적으로 수면 효율이 낮을수록 주간졸림이 높을 것이라 여겨지며, 일반 인구를 대상으로 한 선행 연구에서도 수면 효율과 주간졸림 간에 부적 관계가 보고된 바 있다(Wang et al., 2019). 그러나 일반 인구가 아닌 특정 수면 장애를 가진 집단을 대상으로 한 연구에서는 다른 결과가 보고되었다. 폐쇄성 수면 무호흡증 환자를 대상으로 한 연구에서는 높은 수면 효율이 주간졸림의 예측 요인으로 나타났다(Seneviratne & Puvanendran, 2004). 또한 불면증 및 과다수면증 환자에게서 높은 수면 효율과 주간졸림이 함께 보고되기도 한다(Seong et al.,

2022; Evangelista et al., 2021). 이는 수면 부족 및 낮은 수면의 질에 대한 보상 기제 혹은 기존의 수면 장애의 영향으로 인해 높은 수면 효율과 주간졸림이 공존할 수 있음을 시사한다. 본 연구 참여자들의 총 수면 시간의 경우 평균 356.2(± 67.7)분으로 나타났다. 이는 적절한 수면 시간으로 보이지만, 해당 지표의 범위가 150.0-498.0분이었음을 고려하였을 때 평균보다 훨씬 적은 수면을 취한 인원들이 있었음을 알 수 있다. 이는 본 연구 참여자들이 경험한 수면 부족이 높은 수면 효율 및 주간졸림으로 이어졌을 가능성을 시사한다.

교대근무자의 경우 일반 인구보다 수면 장애에 더 취약한 집단이다. 불규칙한 근무시간과 수면 패턴으로 인해 다른 집단보다 불면증 및 수면 부족을 경험할 가능성이 높다. 이로 인해 비교대근무자에 비해 낮은 수면 효율이 나타날 수 있다(Jeon et al., 2022). 하지만 과도한 수면 부족은 잠자리에 들었을 때, 수면 압력을 높여 빠르게 입면하게 만들기 때문에 수면 박탈 이후의 수면에서 높은 수면 효율이 나타날 수도 있다(Curcio et al., 2003; Desai et al., 2003). 이러한 대조적인 연구 결과는 수면 효율과 주간졸림 사이의 복잡한 기제를 이해하기 위한 추가적인 연구의 필요성을 제시한다. 특히 교대근무자의 경우 수면 습관뿐만 아니라 공존하는 수면 장애의 영향을 고려할 필요가 있다. 이를 바탕으로 수면 효율과 주간졸림 간의 관계를 조절 및 매개하는 요인에 대한 조사가 필요하다.

1.3. 악몽 심각도의 영향

악몽 심각도는 XGBoost 분류 모델에서 20.4%의 기여도를 보였으며, 다중 로지스틱 회귀분석에서 유의미한 정적 관계가 확인되었다. 즉, 악몽 심각도가 높을수록 주간졸림 위험 또한 높아지는 것이다. 이는 악몽 집

단이 건강한 대조군에 비해 더 심각한 주간졸림을 호소한다는 선행연구와 일치하는 결과이다(Paul et al., 2015).

악몽은 주로 REM(rapid eye movement) 수면에서 나타나며, 자율 신경계를 활성화시키기 때문에 정신생리학적 각성을 일으킨다. 이에, 뇌전도(electroencephalogram; EEG)를 확인하였을 때 각성도가 높아지고 서파 수면이 적어지게 된다(Paul et al., 2019; Blaskovich et al., 2020). 이는 뇌전도의 진폭이 낮아지고 주파수가 감소하는 등 뇌의 전기적 활동이 감소하는 일반적인 수면과 반대되는 결과이다. 악몽으로 인해 유발된 높은 각성은 수면 분절을 일으키고, 이로 인한 수면 부족 및 수면의 질 저하가 주간졸림으로 이어지게 된다. 또한, 악몽 환자에게서는 REM 수면에서의 델타파(delta)의 증가가 나타나는 것으로 보고된 바 있다(Simor et al., 2013). 델타파는 수면 강도(sleep intensity)와 관련되는 지표로(Howarth et al., 2024), 델타파가 높을수록 주간졸림이 높은 것으로 알려져 있다(Xiromeritis et al., 2011). 이를 미루어 보아, 악몽은 주간졸림의 생리학적 기제와의 관련성이 높은 요인임을 알 수 있다. 관련하여 교대근무자가 비교대근무자에 비해 악몽 유병률이 더 높은 것으로 보고된 바 있다(Bjorvatn et al., 2015). 이는 교대근무로 인한 일주기 리듬의 교란 및 수면 부족으로 인해 각성의 불균형과 REM 수면의 증가가 나타나(Ohayon et al., 2000), 악몽이 유발될 위험이 증가하는 것으로 보여진다(Bjorvatn et al., 2015).

본 연구에서의 PTSD 고위험군은 28.7%로 나타나, 소방공무원 대상 코호트 연구에서 보고된 21.4%의 PTSD 고위험군과 유사하지만 조금 더 높은 비율로 나타났다(Cherry et al., 2021). PTSD는 악몽의 주요 위험 요인으로, PTSD 환자를 대상으로 한 연구에서는 93.5%의 높은 악몽 유병률이 보고된 바 있다(Hulot et al., 2022). 또한, PTSD 환자를 대상

으로 한 코호트 연구에서는 전체 인원의 87.7%가 주간졸림을 호소하였다 (Williams et al., 2015). 소방공무원의 경우 직업 특성상 외상에 노출될 가능성이 높기 때문에 다른 직종에 비해 악몽에 더 취약할 수 있다. 한 예 비 연구에서는 소방공무원의 악몽 유병률이 19.2%라고 보고한 바 있으며 (Hom et al., 2016), 이는 약 5%로 보고된 성인 인구의 악몽 유병률보다 높은 수준이다(Bixler et al., 1979; Li et al., 2010;). 본 연구를 통해 주간졸림의 위험 요인으로서 악몽의 영향을 확인하였으며, 이는 악몽이 그 자체로도 수면 장애이지만, 주간졸림과 같은 또 다른 수면의 어려움을 유발하는 요인이 될 수 있음을 시사한다. 이에, 소방공무원을 대상으로 하는 수면 개입의 경우 일반적인 수면 개입뿐만 아니라, 악몽 증상에 대한 개입 또한 함께 이루어져야 한다.

1.4. 교대근무자를 위한 수면 개입

교대근무자와 같은 특정 직업군의 경우 다른 집단에 비해 더 빈번하고 심각한 수면 장애를 경험할 수 있기 때문에(Krishnatreya & Borah, 2023; Brito et al., 2021) 일반적으로 이루어지는 수면 교육 및 수면 습관의 개선에 더해 주간 졸림을 개선할 수 있는 특정 요인에 대한 집중적이고 맞춤형인 개입이 필요하다. 본 연구에서 확인된 주간졸림의 주요 요인들에 대한 개입으로는, 수면 효율을 향상시키기 위한 입면 및 수면 유지의 어려움을 감소시키는 방안이 필요하다. 이를 위해 수면 환경의 개선, 수면 위생 교육을 시행할 수 있으며, 각성을 낮추기 위한 이완 요법도 도움이 될 수 있다. 이는 불면증을 위한 인지행동치료(cognitive-behavioral therapy for insomnia, CBTi)의 주요 요소들로, 소방공무원을 대상으로 시행하였을 때 수면 및 정신건강 개선에 효과적임이 밝혀진 바 있다(Jang

et al., 2020). 높은 BMI가 주간졸림으로 이어지는 것을 고려하였을 때 (Fernandez-Mendoza et al., 2015), 수면 개입 시에 체중 관리 또한 함께 이루어지는 것이 필요하다. 특히, 폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 경우 주간졸림이 더욱 빈번하게 나타날 수 있기 때문에(Bjorvatn et al., 2014), 폐쇄성 수면 무호흡증을 완화하기 위한 체중 감량이 더욱 필요하다. 이에 참여자의 신체적 조건을 고려한 체중 관리 및 건강한 식습관에 대한 개입이 함께 이루어져야 한다.

교대근무자 및 소방공무원에게서의 높은 악몽 유병률을 고려하였을 때(Bjorvatn et al., 2015; Hom et al., 2016), 수면 개입 시에 악몽에 대한 개입이 함께 이루어져야 한다. 이는 소방공무원들이 PTSD에 취약할 가능성이 높기 때문에, 이와 공병률이 높은 악몽 장애도 함께 임상 장면에서 고려될 필요성이 있다. 특히 악몽 장애에 효과적인 치료로 알려져 있는 심상시연치료(imagery rehearsal therapy; IRT)의 경우 짧은 회기만으로도 악몽을 개선시킬 수 있어(Lüth et al., 2021), 기존의 수면 개입에 심상시연치료를 추가로 구성하는 것을 고려해볼 수 있다. 악몽으로 인한 수면 중 각성의 감소와 전반적인 수면의 질 개선은 불면증 및 주간졸림을 완화로 이어질 수 있다.

연령에 따라 주간졸림의 원인 및 심각도가 다를 수 있으므로, 연령에 따라 개입에 차이를 두어야 한다. 젊은 교대근무자의 경우 수면 교육을 통한 수면 습관의 개선과 수면 부족의 예방이 필요하며, 연령대가 높은 교대근무자는 주간졸림의 위험을 높일 수 있는 건강 문제 및 질병에 대한 관리가 함께 이루어져야 한다. 또한 교대근무를 하는 소방공무원은 불규칙한 근무 및 수면 시간과 높은 스트레스로 인한 수면의 어려움이 크기 때문에, 이들을 대상으로 한 수면 개입에서는 개인의 근무 스케줄에 맞춘 개별화된 수면 계획의 수립, 스트레스 관리, 그리고 충분한 휴식 시간을 확보하는 것

이 중요하다. 이를 통해 최대한 일관된 수면 패턴을 유지하고 각성 수준을 낮출 수 있도록 돕는 것이 필요하다.

2. 제한점 및 후속 연구를 위한 제언

본 연구의 제한점 및 후속 연구를 위한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 소방공무원이라는 특정 직업군을 대상으로 수행되었다. 소방공무원의 주간졸림에는 교대근무 외에도 수면 도중의 긴급 출동, 외상에 대한 노출 등 다양한 요인이 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구 결과를 교대근무자 전체에 대하여 일반화하기에 어려움이 있을 수 있다. 또한, 본 연구의 연구 참여자들은 모두 자발적으로 수면 개입 프로그램에 참여하였다. 이는 연구 참여자 모두 수면의 어려움을 겪고 있었음을 시사한다. 따라서 본 연구 결과를 해석할 때 연구 참여자들의 공통된 특성을 고려해야 한다. 향후 연구에서는 더욱 다양한 직종의 교대근무자를 대상으로 주간졸림의 수준과 주요 위험 요인을 탐색할 필요가 있다.

둘째, 본 연구의 XGBoost 분류 모델의 성능은 예상보다 낮았다. 특히 모델의 민감도 값이 낮게 나타났는데, 이는 본 연구에서 사용된 데이터가 불균형했기 때문으로 여겨진다. 데이터가 불균형할 경우 데이터 분류 시에 더 높은 비율의 집단으로 추정하게 되는 경향이 나타나는데, 이로 인해 민감도는 낮아지고 특이도는 높아지게 된다(Kim et al., 2015). 본 연구의 표본에서는 주간졸림 고위험군이 30.9%로 정상군에 비해 낮은 비율을 보였기 때문에 주간졸림 고위험군을 정상군으로 잘못 추정하는 경우가 발생하여 민감도가 낮아진 것으로 보인다. 이에, 민감도 및 특이도를 종합적으로 고려하는 AUC 값을 통해 모델의 성능을 판단하는 것이 가장 적합

한 것으로 여겨지며(Eusebi, 2013), 본 분류 모델의 경우 0.71의 중간 정도의 정확도가 확인되었다. 또한 본 연구의 분석에 사용된 표본 크기가 머신러닝 기법을 사용하기에 충분히 크지 않았을 수 있다. 머신러닝 기법의 사용에 있어 최소 표본 크기와 같은 구체적인 지침은 없지만, 체계적 문헌 고찰에서 확인된 머신러닝 모델의 표본 크기의 중앙값은 587(사분위수 범위 172-6,328)이었다(Navarro et al., 2023). 머신러닝 모델은 변수 간의 비선형적 관계와 같은 복잡한 상호작용을 탐색할 수 있다는 장점이 있으나, 과적합 문제를 줄이기 위해서는 충분한 양의 데이터가 필요하다(Riley et al., 2020). 이에, 향후 연구에서는 충분히 많은 수의 표본을 수집함으로써 모델의 성능을 더욱 높일 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서 활용한 자료에는 교대근무의 구체적인 형태와 관련된 변수가 포함되어 있지 않았다. 최근 국내에서는 소방공무원의 복지를 위해 근무 형태를 변경하는 방안이 논의되고 있다. 교대 주기, 야간근무 및 비번일의 횟수 등 교대근무의 구체적인 형태와 관련된 변수를 함께 분석한다면 소방공무원의 주간졸림을 관리하는 데 고려되어야 할 근무 형태를 확인할 수 있을 것이다. 또한, 교대근무가 주간졸림에 미치는 영향에 대한 더 많은 통찰을 제공할 수 있을 것이다.

이러한 제한점에도 불구하고, 본 연구는 이전에 활용된 적 없는 머신러닝 기법을 통해 교대근무자의 주간졸림의 위험요인을 탐색했다는 점에서 의의를 지닌다. 특히 본 연구는 인구통계학적 특성, 수면 효율, 악몽 심각도가 주간졸림에 미치는 영향을 확인하였다. 이는 교대근무자의 주간졸림 개선을 위해 연령 및 BMI 등을 고려한 개인 맞춤형 개입이 필요함을 보여준다. 또한, 적절한 수면 시간의 확보를 위해 잠자리에 드는 시간을 조정하고, 잠이 오지 않을 때는 잠자리에서 나올 수 있도록 수면 습관을 수정하는 등의 행동적 개입의 중요성을 시사한다. 더불어, 악몽을 경험하는

경우에는 심상시연치료와 같은 악몽 증상의 치료가 함께 이루어져야 할 필요성을 제시하였다. 이처럼 본 연구는 교대근무자의 주간졸림 개선을 위한 수면 개입에서 고려해야 할 주요 위험 요인들을 확인하였다.

참고문헌

- Åkerstedt, T. (2003). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational medicine*, *53*(2), 89–94.
- American Academy of Sleep Medicine. (2014). International classification of sleep disorders—third edition (ICSD-3). *AASM Resour Libr*, *281*, 2313.
- American Psychiatric Association, D., & Association, A. P. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (Vol. 5). American psychiatric association Washington, DC.
- Antunes, L. d. C., Levandovski, R., Dantas, G., Caumo, W., & Hidalgo, M. (2010). Obesity and shift work: chronobiological aspects. *Nutrition research reviews*, *23*(1), 155–168.
- Baron, K. G., & Reid, K. J. (2014). Circadian misalignment and health. *Int Rev Psychiatry*, *26*(2), 139–154.
- Bastien, C. H., Vallières, A., & Morin, C. M. (2001). Validation of the Insomnia Severity Index as an outcome measure for insomnia research. *Sleep medicine*, *2*(4), 297–307.
- Berger, M., Hirotsu, C., Haba-Rubio, J., Betta, M., Bernardi, G., Siclari, F., Waeber, G., Vollenweider, P., Marques-Vidal, P., & Heinzer, R. (2021). Risk factors of excessive daytime sleepiness in a prospective population-based cohort. *J Sleep Res*, *30*(2), e13069.
- Bixler, E. O., Kales, A., Soldatos, C. R., Kales, J. D., & Healey, S. (1979). Prevalence of sleep disorders in the Los Angeles

- metropolitan area. *The American journal of psychiatry*, *136*(10), 1257–1262.
- Bixler, E. O., Vgontzas, A. N., Lin, H. M., Calhoun, S. L., Vela–Bueno, A., & Kales, A. (2005). Excessive daytime sleepiness in a general population sample: the role of sleep apnea, age, obesity, diabetes, and depression. *J Clin Endocrinol Metab*, *90*(8), 4510–4515.
- Bjorvatn, B., Magerøy, N., Moen, B. E., Pallesen, S., & Waage, S. (2015). Parasomnias are more frequent in shift workers than in day workers. *Chronobiology international*, *32*(10), 1352–1358.
- Bjorvatn, B., Pallesen, S., Grønli, J., Sivertsen, B., & Lehmann, S. (2014). Prevalence and correlates of insomnia and excessive sleepiness in adults with obstructive sleep apnea symptoms. *Perceptual and motor skills*, *118*(2), 571–586.
- Blaskovich, B., Reichardt, R., Gombos, F., Spormaker, V. I., & Simor, P. (2020). Cortical hyperarousal in NREM sleep normalizes from pre- to post- REM periods in individuals with frequent nightmares. *Sleep*, *43*(1).
- Booker, L. A., Magee, M., Rajaratnam, S. M. W., Sletten, T. L., & Howard, M. E. (2018). Individual vulnerability to insomnia, excessive sleepiness and shift work disorder amongst healthcare shift workers. A systematic review. *Sleep Med Rev*, *41*, 220–233.
- Borbely, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Hum Neurobiol*, *1*(3), 195–204.

- Brito, R. S., Dias, C., Afonso Filho, A., & Salles, C. (2021). Prevalence of insomnia in shift workers: a systematic review. *Sleep Sci, 14*(1), 47–54.
- Carskadon, M. A., & Dement, W. C. (1979). Effects of total sleep loss on sleep tendency. *Percept Mot Skills, 48*(2), 495–506.
- Chang, W. P., & Peng, Y. X. (2021). Influence of rotating shifts and fixed night shifts on sleep quality of nurses of different ages: a systematic literature review and meta-analysis. *Chronobiol Int, 38*(10), 1384–1396.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). Xgboost: A scalable tree boosting system. Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining,
- Chen, Y.-Y., & Wu, K. C.-C. (2010). Sleep habits and excessive daytime sleepiness correlate with injury risks in the general population in Taiwan. *Injury prevention, 16*(3), 172.
- Cherry, N., Galarneau, J.-M., Melnyk, A., & Patten, S. (2021). Prevalence of mental ill-health in a cohort of first responders attending the Fort McMurray fire. *The Canadian Journal of Psychiatry, 66*(8), 719–725.
- Cho, C.-H., Lee, H.-J., Yoon, H.-K., Kang, S.-G., Bok, K.-N., Jung, K.-Y., Kim, L., & Lee, E.-I. (2016). Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans. *Chronobiology international, 33*(1), 117–123.
- Cho, Y. W., Lee, J. H., Son, H. K., Lee, S. H., Shin, C., & Johns, M. W. (2011). The reliability and validity of the Korean version of

- the Epworth sleepiness scale. *Sleep Breath*, 15(3), 377–384.
- Cho, Y. W., Song, M. L., & Morin, C. M. (2014). Validation of a Korean version of the insomnia severity index. *Journal of clinical neurology*, 10(3), 210–215.
- Choi, S. J., Song, P., Suh, S., Joo, E. Y., & Lee, S. I. (2020). Insomnia Symptoms and Mood Disturbances in Shift Workers with Different Chronotypes and Working Schedules. *J Clin Neurol*, 16(1), 108–115.
- Curcio, G., Ferrara, M., Pellicciari, M. C., Cristiani, R., & De Gennaro, L. (2003). Effect of total sleep deprivation on the landmarks of stage 2 sleep. *Clinical neurophysiology*, 114(12), 2279–2285.
- D' Oliveira, T. C., & Anagnostopoulos, A. (2021). The association between shift work and affective disorders: A systematic review. *Chronobiology international*, 38(2), 182–200.
- Dement, W. C., & Carskadon, M. A. (1982). Current perspectives on daytime sleepiness: the issues. *Sleep*, 5(suppl_2), S56–S66.
- Desai, A. V., Marks, G., & Grunstein, R. (2003). Does sleep deprivation worsen mild obstructive sleep apnea? *Sleep*, 26(8), 1038–1041.
- Dong, Z., Xu, X., Wang, C., Cartledge, S., Maddison, R., & Islam, S. M. S. (2020). Association of overweight and obesity with obstructive sleep apnoea: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Medicine*, 17, 100185.
- Eusebi, P. (2013). Diagnostic accuracy measures. *Cerebrovascular Diseases*, 36(4), 267–272.

- Evangelista, E., Rattu, A. L., Barateau, L., Lopez, R., Chenini, S., Jaussent, I., & Dauvilliers, Y. (2021). Characteristics associated with hypersomnia and excessive daytime sleepiness identified by extended polysomnography recording. *Sleep, 44*(5).
- Fernandez-Mendoza, J., Vgontzas, A. N., Kritikou, I., Calhoun, S. L., Liao, D., & Bixler, E. O. (2015). Natural history of excessive daytime sleepiness: role of obesity, weight loss, depression, and sleep propensity. *Sleep, 38*(3), 351–360.
- Ftouni, S., Sletten, T. L., Howard, M., Anderson, C., Lenn, M. G., Lockley, S. W., & Rajaratnam, S. M. (2013). Objective and subjective measures of sleepiness, and their associations with on-road driving events in shift workers. *Journal of sleep research, 22*(1), 58–69.
- Gagnon, K., Baril, A.-A., Gagnon, J.-F., Fortin, M., Décar, A., Lafond, C., Desautels, A., Montplaisir, J., & Gosselin, N. (2014). Cognitive impairment in obstructive sleep apnea. *Pathologie Biologie, 62*(5), 233–240.
- Gandhi, K. D., Mansukhani, M. P., Silber, M. H., & Kolla, B. P. (2021). Excessive daytime sleepiness: a clinical review. *Mayo Clinic Proceedings, 96*(5), 1288–1301.
- Gohari, A., Wiebe, D., & Ayas, N. (2023). Shift working and cardiovascular health. *Chronobiol Int, 40*(1), 27–32.
- Guo, M., Yuan, Z., Janson, B., Peng, Y., Yang, Y., & Wang, W. (2021). Older pedestrian traffic crashes severity analysis based on an emerging machine learning XGBoost. *Sustainability, 13*(2), 926.

- Haddock, C. K., Poston, W. S., Jitnarin, N., & Jahnke, S. A. (2013). Excessive daytime sleepiness in firefighters in the central United States. *Journal of occupational and environmental medicine, 55*(4), 416–423.
- Han, C., Jo, S. A., Kwak, J. H., Pae, C. U., Steffens, D., Jo, I., & Park, M. H. (2008). Validation of the Patient Health Questionnaire–9 Korean version in the elderly population: the Ansan Geriatric study. *Compr Psychiatry, 49*(2), 218–223.
- Hastings, M. H., Maywood, E. S., & Brancaccio, M. (2018). Generation of circadian rhythms in the suprachiasmatic nucleus. *Nat Rev Neurosci, 19*(8), 453–469.
- Hom, M. A., Stanley, I. H., Rogers, M. L., Tzoneva, M., Bernert, R. A., & Joiner, T. E. (2016). The association between sleep disturbances and depression among firefighters: Emotion dysregulation as an explanatory factor. *Journal of clinical sleep medicine, 12*(2), 235–245.
- Howarth, T., Tashakori, M., Karhu, T., Rusanen, M., Pitkänen, H., Oksenberg, A., & Nikkonen, S. (2024). Excessive daytime sleepiness is associated with relative delta frequency power among patients with mild OSA. *Frontiers in Neurology, 15*, 1367860.
- Hsu, W.-C., Wang, C.-H., Chang, K.-M., & Chou, L.-W. (2021). Shifted Firefighter Health Investigation by Personal Health Insurance Record in Taiwan. *Risk Management and Healthcare Policy, 6*, 665–673.

- Huang, A. A., & Huang, S. Y. (2023). Use of machine learning to identify risk factors for insomnia. *PloS one*, *18*(4), e0282622.
- Huang, C. Y., Chen, C. J., Lee, Y. F., Yeh, H. C., Kuo, J. C., & Lai, H. L. (2019). Effects of individual characteristics on insomnia severity trajectory among nurses: A prospective longitudinal study. *Journal of Nursing Management*, *27*(8), 1640–1647.
- Hulot, J., Roseau, J.-B., Gomez-Merino, D., Chennaoui, M., & Saguin, E. (2022). Clinical description of sleep and trauma-related nightmares in a population of French active-duty members and veterans with Post-Traumatic Stress Disorder. *L'encephale*.
- Hulsege, G., van Mechelen, W., Paagman, H., Proper, K. I., & Anema, J. R. (2020). The moderating role of lifestyle, age, and years working in shifts in the relationship between shift work and being overweight. *International archives of occupational and environmental health*, *93*, 697–705.
- International Agency for Research on Cancer. (2014). Report of the advisory group to recommend priorities for IARC Monographs during 2015–2019. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans*. Lyon, France: World Health Organization, 16.
- Itoi, A., Cilveti, R., Voth, M., Dantz, B., Hyde, P., Gupta, A., & Dement, W. C. (1993). Can drivers avoid falling asleep at the wheel? Relationship between awareness of sleepiness and ability to predict sleep onset.
- Jang, E. H., Hong, Y., Kim, Y., Lee, S., Ahn, Y., Jeong, K. S., Jang,

- T.-W., Lim, H., Jung, E., & Group, S. W. D. S. (2020). The development of a sleep intervention for firefighters: the FIT-IN (Firefighter' s therapy for insomnia and nightmares) Study. *International journal of environmental research and public health*, *17*(23), 8738.
- Jeon, Y.-S., Yu, S., Kim, C., Lee, H. J., Yoon, I.-Y., & Kim, T. (2022). Lower serum calcium levels associated with disrupted sleep and rest-activity rhythm in shift workers. *Nutrients*, *14*(15), 3021.
- Jeong, J. L., Kwon, H. M., Kim, T. H., Choi, M. R., & Eun, H. J. (2019). Effects of Perceived Stress, Sleep, and Depression on Resilience of Female Nurses in Rotating Shift and Daytime Fixed Work Schedules. *Sleep Medicine & Psychophysiology*, *26*(2).
- Johns, M. (1998). Rethinking the assessment of sleepiness. *Sleep Med Rev*, *2*(1), 3-15.
- Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*, *14*(6), 540-545.
- Johns, M. W. (1993). Daytime sleepiness, snoring, and obstructive sleep apnea: the Epworth Sleepiness Scale. *Chest*, *103*(1), 30-36.
- Kang, M.-Y., Kwon, H.-J., Choi, K.-H., Kang, C.-W., & Kim, H. (2017). The relationship between shift work and mental health among electronics workers in South Korea: A cross-sectional

- study. *PloS one*, *12*(11), e0188019.
- Kianersi, S., Zhang, Y., Rosenberg, M., & Macy, J. T. (2021). Association between e-cigarette use and sleep deprivation in US Young adults: Results from the 2017 and 2018 Behavioral Risk Factor Surveillance System. *Addictive behaviors*, *112*, 106646.
- Kim, D., Kang, S., & Song, J. (2015). Classification analysis for unbalanced data. *The Korean Journal of Applied Statistics*, *28*(3), 495–509.
- Kim, J. I., Park, H., Min, B., Oh, S., Lee, J.-H., & Kim, J.-H. (2021). The mediation effect of depression and alcohol use disorders on the association between post-traumatic stress disorder and obstructive sleep apnea risk in 51,149 Korean firefighters: PTSD and OSA in Korean firefighters. *Journal of Affective Disorders*, *292*, 189–196.
- Kim, J. W., Chung, H. G., Choi, J. H., So, H. S., Kang, S.-H., Kim, D. S., Moon, J. Y., & Kim, T. Y. (2017). Psychometric properties of the Korean version of the PTSD Checklist-5 in elderly Korean veterans of the Vietnam war. *Anxiety and mood*, *13*(2), 123–131.
- Kim, T.-H., Ko, T. Y., Park, Y. S., Kim, T. K., & Lee, D. H. (2020). Prediction of uniaxial compressive strength of rock using shield TBM machine data and machine learning technique. *Tunnel and Underground Space*, *30*(3), 214–225.
- Kim, W.-H., Jung, Y.-E., Roh, D., Kim, D., Chae, J.-H., & Park, J. E.

- (2022). Development of Korean version of ptsd checklist for dsm-5 (k-pcl-5) and the short form (k-pcl-5-s). *Psychiatry Investigation*, 19(8), 661.
- Krakov, B., Schrader, R., Tandberg, D., Hollifield, M., Koss, M. P., Yau, C. L., & Cheng, D. T. (2002). Nightmare frequency in sexual assault survivors with PTSD. *Journal of Anxiety Disorders*, 16(2), 175–190.
- Krakov, B. J., Melendrez, D. C., Johnston, L. G., Clark, J. O., Santana, E. M., Warner, T. D., Hollifield, M. A., Schrader, R., Sisley, B. N., & Lee, S. A. (2002). Sleep Dynamic Therapy for Cerro Grande Fire evacuees with posttraumatic stress symptoms: a preliminary report. *J Clin Psychiatry*, 63(8), 673–684.
- Kroenke, K., Spitzer, R. L., & Williams, J. B. (2001). The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure. *Journal of general internal medicine*, 16(9), 606–613.
- Ku–Mahamud, K. R. (2012). Prediction accuracy measurements for ensemble classifier.
- Kuncheva, L. I., Rodríguez, J. J., Syed, Y. I., Phillips, C. O., & Lewis, K. E. (2012). Classifier ensemble methods for diagnosing COPD from volatile organic compounds in exhaled air. *International Journal of Knowledge Discovery in Bioinformatics (IJKDB)*, 3(2), 1–15.
- LaGoy, A. D., Sphar, M., Connaboy, C., Dretsch, M. N., Ferrarelli, F., Laxminarayan, S., Ramakrishnan, S., Wang, C., Reifman, J., & Germain, A. (2021). Individuals with and without

- military-related PTSD differ in subjective sleepiness and alertness but not objective sleepiness. *Journal of psychiatric research*, *141*, 301–308.
- Lee, A., Myung, S. K., Cho, J. J., Jung, Y. J., Yoon, J. L., & Kim, M. Y. (2017). Night Shift Work and Risk of Depression: Meta-analysis of Observational Studies. *J Korean Med Sci*, *32*(7), 1091–1096.
- Lee, H., & Choi, S. (2019). An exploratory study on the fatigue of Korean shift workers: Using the 5th Korean working conditions survey. *J Korean Soc Wellness*, *14*(4), 1–10.
- Lee, R., Krakow, B., & Suh, S. (2021). Psychometric properties of the Disturbing Dream and Nightmare Severity Index–Korean version. *J Clin Sleep Med*, *17*(3), 471–477.
- Li, S. X., Zhang, B., Li, A. M., & Wing, Y. K. (2010). Prevalence and correlates of frequent nightmares: a community-based 2-phase study. *Sleep*, *33*(6), 774–780.
- Linkowski, P. (2003). Neuroendocrine profiles in mood disorders. *Int J Neuropsychopharmacol*, *6*(2), 191–197.
- Liu, Q., Shi, J., Duan, P., Liu, B., Li, T., Wang, C., Li, H., Yang, T., Gan, Y., & Wang, X. (2018). Is shift work associated with a higher risk of overweight or obesity? A systematic review of observational studies with meta-analysis. *International journal of epidemiology*, *47*(6), 1956–1971.
- Lüth, K., Schmitt, J., & Schredl, M. (2021). Conquering nightmares on the phone: one-session counseling using imagery rehearsal

- therapy. *Somnologie*, 25(3), 197–204.
- Maniruzzaman, M., Rahman, M. J., Ahammed, B., & Abedin, M. M. (2020). Classification and prediction of diabetes disease using machine learning paradigm. *Health Inf Sci Syst*, 8(1), 7.
- McCartt, A. T., Ribner, S. A., Pack, A. I., & Hammer, M. C. (1996). The scope and nature of the drowsy driving problem in New York State. *Accident Analysis & Prevention*, 28(4), 511–517.
- Medic, G., Wille, M., & Hemels, M. E. (2017). Short- and long-term health consequences of sleep disruption. *Nat Sci Sleep*, 9, 151–161.
- Mencar, C., Gallo, C., Mantero, M., Tarsia, P., Carpagnano, G. E., Foschino Barbaro, M. P., & Lacedonia, D. (2020). Application of machine learning to predict obstructive sleep apnea syndrome severity. *Health Informatics J*, 26(1), 298–317.
- Merkus, S. L., Van Drongelen, A., Holte, K. A., Labriola, M., Lund, T., Van Mechelen, W., & Van der Beek, A. J. (2012). The association between shift work and sick leave: a systematic review. *Occupational and environmental medicine*.
- Mirawati, D. K., Sari, N. D., Hutabarat, E. A. J., Hambarsari, Y., Prabaningtyas, H. R., Budianto, P., Hafizhan, M., & Putra, S. E. (2022). Correlating excessive daytime sleepiness with body mass index, waist circumference, and lipid profile in shift workers. *Saudi Med J*, 43(11), 1234–1239.
- Mistikoglu, G., Gerek, I. H., Erdis, E., Usmen, P. M., Cakan, H., & Kazan, E. E. (2015). Decision tree analysis of construction fall

- accidents involving roofers. *Expert Systems with Applications*, 42(4), 2256–2263.
- Mohd Shahril AH, Mohamad Ezuan AJ, & Norazura, I. (2020). Sleepiness and daily sleep of Malaysian shift workers in electronics manufacturing industry. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 20(Special1), 208–215.
- Morin, C. M., LeBlanc, M., Daley, M., Gregoire, J., & Merette, C. (2006). Epidemiology of insomnia: prevalence, self-help treatments, consultations, and determinants of help-seeking behaviors. *Sleep medicine*, 7(2), 123–130.
- Mozdzyńska, A., Wojtala, L., Pawlak, W., Pawłocik, W., Musiał, L., Szymańska, J., Grabowska, E., Kapłan, K., Rymarz, A., & Kojder, D. (2023). The impact of shift work and sleep deficiency on health. *Journal of Education, Health and Sport*, 28(1), 11–18.
- Murillo-Rodríguez, E., Yamamoto, T., Monteiro, D., Budde, H., Rocha, N. B., Cid, L., Teixeira, D. S., Telles-Correia, D., Veras, A. B., & Machado, S. (2020). Assessing the management of excessive daytime sleepiness by napping benefits. *Sleep and vigilance*, 4, 117–123.
- Naitoh, P. (1992). Minimal sleep to maintain performance: the search for sleep quantum in sustained operations. In *Why we nap: Evolution, chronobiology, and functions of polyphasic and ultrashort sleep* (pp. 199–216). Springer.
- Navarro, C. L. A., Damen, J. A., van Smeden, M., Takada, T., Nijman,

- S. W., Dhiman, P., Ma, J., Collins, G. S., Bajpai, R., & Riley, R. D. (2023). Systematic review identifies the design and methodological conduct of studies on machine learning-based prediction models. *Journal of clinical epidemiology*, *154*, 8–22.
- Nedergaard, R. B., Scott, M., Wegeberg, A.-M., Okdahl, T., Størling, J., Brock, B., Drewes, A. M., & Brock, C. (2023). Features characterising cardiac autonomic neuropathy in diabetes using ensembled classification. *Clinical neurophysiology*, *154*, 200–208.
- Ohayon, M. M. (2002). Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn. *Sleep medicine reviews*, *6*(2), 97–111.
- Ohayon, M. M., Lemoine, P., Arnaud-Briant, V., & Dreyfus, M. (2002). Prevalence and consequences of sleep disorders in a shift worker population. *J Psychosom Res*, *53*(1), 577–583.
- Øyane, N. M., Pallesen, S., Moen, B. E., Åkerstedt, T., & Bjorvatn, B. (2013). Associations between night work and anxiety, depression, insomnia, sleepiness and fatigue in a sample of Norwegian nurses. *PloS one*, *8*(8), e70228.
- Park, Y.-N., Yang, H.-K., Kim, H., & Cho, Y.-C. (2007). Relationship between shift work, and sleep problems and fatigue symptoms of nurses for general hospitals. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, *16*(1), 37–47.
- Park, Y. W., Shin, H. K., Lee, H. S., Lee, H. Y., Kim, E. H., Park, J. S., Oh, K. H., Jeong, M., & Mun, K. H. (2013). A study for

- developing the effective working pattern for nurses in shift work. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*, 19(3), 333–344.
- Pasella, M., Pisano, F., Cannas, B., Fanni, A., Cocco, E., Frau, J., Lai, F., Mocci, S., Littera, R., & Giglio, S. R. (2023). Decision trees to evaluate the risk of developing multiple sclerosis. *Front Neuroinform*, 17, 1248632.
- Paul, F., Alpers, G. W., Reinhard, I., & Schredl, M. (2019). Nightmares do result in psychophysiological arousal: A multimeasure ambulatory assessment study. *Psychophysiology*, 56(7), e13366.
- Paul, F., Schredl, M., & Alpers, G. (2015). Nightmares affect the experience of sleep quality but not sleep architecture: An ambulatory polysomnographic study. *Borderline Personality Disorder and Emotion Dysregulation*, 2 (1), Article 3. In.
- Pereira, H., Fehér, G., Tibold, A., Monteiro, S., Costa, V., & Esgalhado, G. (2021). The impact of shift work on occupational health indicators among professionally active adults: a comparative study. *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11290.
- Philip, P., Sagaspe, P., Prague, M., Tassi, P., Capelli, A., Bioulac, B., Commenges, D., & Taillard, J. (2012). Acute versus chronic partial sleep deprivation in middle-aged people: differential effect on performance and sleepiness. *Sleep*, 35(7), 997–1002.
- Portela, L. F., Kröning Luna, C., Rotenberg, L., Silva-Costa, A.,

- Toivanen, S., Araújo, T., & Griep, R. H. (2015). Job strain and self-reported insomnia symptoms among nurses: what about the influence of emotional demands and social support? *BioMed research international*, 2015.
- Rajaratnam, S. M., Howard, M. E., & Grunstein, R. R. (2013). Sleep loss and circadian disruption in shift work: health burden and management. *Med J Aust*, 199(8), S11–15.
- Reis, C., Staats, R., Pellegrino, P., Alvarenga, T. A., Bárbara, C., & Paiva, T. (2020). The prevalence of excessive sleepiness is higher in shift workers than in patients with obstructive sleep apnea. *Journal of sleep research*, 29(4), e13073.
- Riley, R. D., Ensor, J., Snell, K. I., Harrell, F. E., Martin, G. P., Reitsma, J. B., Moons, K. G., Collins, G., & Van Smeden, M. (2020). Calculating the sample size required for developing a clinical prediction model. *BMJ*, 368.
- Roehrs, T., Shore, E., Papineau, K., Rosenthal, L., & Roth, T. (1996). A two-week sleep extension in sleepy normals. *Sleep*, 19(7), 576–582.
- Rosenberg, K. (2020). Shift Work Adversely Affects Mental Health. *Am J Nurs*, 120(3), 67.
- Rosenthal, L., Roehrs, T. A., Rosen, A., & Roth, T. (1993). Level of sleepiness and total sleep time following various time in bed conditions. *Sleep*, 16(3), 226–232.
- Roth, T., & Roehrs, T. A. (1996). Etiologies and sequelae of excessive daytime sleepiness. *Clinical therapeutics*, 18(4),

562–576.

- Roure, N., Gomez, S., Mediano, O., Duran, J., Pena Mde, L., Capote, F., Teran, J., Masa, J. F., Alonso, M. L., Corral, J., Sanchez–Armengod, A., Martinez, C., Barcelo, A., Gozal, D., Marin, J. M., & Barbe, F. (2008). Daytime sleepiness and polysomnography in obstructive sleep apnea patients. *Sleep Med, 9*(7), 727–731.
- Saijo, Y., Ueno, T., & Hashimoto, Y. (2008). Twenty-four-hour shift work, depressive symptoms, and job dissatisfaction among Japanese firefighters. *American journal of industrial medicine, 51*(5), 380–391.
- Saleh, L. A., Rahimpour, F., Rafeemanesh, E., Ahmadi, F., Vakili, V., & Yazdani, F. (2023). Shift Work as a Risk Factor for Poor Sleep Quality and Daytime Sleepiness in Khorasan Railway Personnel in Iran. *Shiraz E–Medical Journal, 24*(1).
- Samhat, Z., Attieh, R., & Sacre, Y. (2020). Relationship between night shift work, eating habits and BMI among nurses in Lebanon. *BMC nursing, 19*(1), 1–6.
- Savall, A., Marcoux, P., Charles, R., Trombert, B., Roche, F., & Berger, M. (2021). Sleep quality and sleep disturbances among volunteer and professional French firefighters: FIRESLEEP study. *Sleep medicine, 80*, 228–235.
- Schuster, N. A., Rijnhart, J. J., Twisk, J. W., & Heymans, M. W. (2022). Modeling non–linear relationships in epidemiological data: the application and interpretation of spline models.

Frontiers in Epidemiology, 29.

- Sener, Z. E., Marakoglu, K., & Sener, S. (2022). Evaluation of Excessive Daytime Sleepiness, Anxiety and Depression Symptomatology in Obesity. *Eurasian Journal of Family Medicine*, 11(4), 197–208.
- Seneviratne, U., & Puvanendran, K. (2004). Excessive daytime sleepiness in obstructive sleep apnea: prevalence, severity, and predictors. *Sleep medicine*, 5(4), 339–343.
- Seong, M. J., Kim, J. R., Choi, S. J., & Joo, E. Y. (2022). Exploration of insomnia with excessive daytime sleepiness from clinical and polysomnographic perspectives. *Journal of sleep medicine*, 19(2), 65–74.
- Shen, J., Barbera, J., & Shapiro, C. M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep medicine reviews*, 10(1), 63–76.
- Shin, Y.-K., & Hong, S.-C. (2008). Excessive Daytime Sleepiness. *jkma*, 51(3), 244–252.
- Silva, A., Silva, A., Duarte, J., & da Costa, J. T. (2020). Shift-work: a review of the health consequences. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 4(2), 48–79.
- Simor, P., Horv th, K., Ujma, P. P., Gombos, F., & B dizs, R. (2013). Fluctuations between sleep and wakefulness: wake-like features indicated by increased EEG alpha power during different sleep stages in nightmare disorder. *Biological psychology*, 94(3), 592–600.

- Skogstad, M., Aass, H. C. D., Sirnes, P. A., Mamen, A., Skare, O., Matre, D., Hammer, S. E., Goffeng, E., & Lunde, L. K. (2023). Influence of Shift Work on Arterial Stiffness and Systemic Inflammation: A 3-Year Follow-up Study in Industry. *J Occup Environ Med, 65*(4), 284–291.
- Son, K. H., Kim, S. G., Jin, Y. W., Kim, S. H., Kim, S. Y., Bang, Y. S., Kweon, S. S., Shin, M. H., Jeong, S. K., & Nam, H. S. (2005). Daytime sleepiness and fatigue in male adults in relation to shift work. *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine, 17*(3), 199–207.
- Suzuki, K., Ohida, T., Kaneita, Y., Yokoyama, E., & Uchiyama, M. (2005). Daytime sleepiness, sleep habits and occupational accidents among hospital nurses. *Journal of advanced nursing, 52*(4), 445–453.
- Swanson, L. M., Arnedt, J. T., Rosekind, M. R., Belenky, G., Balkin, T. J., & Drake, C. (2011). Sleep disorders and work performance: findings from the 2008 National Sleep Foundation Sleep in America poll. *J Sleep Res, 20*(3), 487–494.
- Swanson, L. M., Drake, C., & Arnedt, J. T. (2012). Employment and drowsy driving: a survey of American workers. *Behavioral Sleep Medicine, 10*(4), 250–257.
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science, 240*(4857), 1285–1293.
- Takahashi, M., Nakata, A., Haratani, T., Otsuka, Y., Kaida, K., & Fukasawa, K. (2006). Psychosocial work characteristics

- predicting daytime sleepiness in day and shift workers. *Chronobiology international*, 23(6), 1409–1422.
- Theorell–Haglöw, J., Lindberg, E., & Janson, C. (2006). What are the important risk factors for daytime sleepiness and fatigue in women? *Sleep*, 29(6), 751–757.
- Thorarinsdottir, E. H., Bjornsdottir, E., Benediktsdottir, B., Janson, C., Gislason, T., Aspelund, T., Kuna, S. T., Pack, A. I., & Arnardottir, E. S. (2019). Definition of excessive daytime sleepiness in the general population: Feeling sleepy relates better to sleep-related symptoms and quality of life than the Epworth Sleepiness Scale score. Results from an epidemiological study. *Journal of sleep research*, 28(6), e12852.
- Tiwari, V., Patil, H. C., Patil, R. K., & Gahlot, S. (2021). Impact of shift work on excessive daytime sleepiness among healthcare professionals and its association with medical incidents: A review. *Adesh University Journal of Medical Sciences & Research*, 3(1), 4–10.
- Torquati, L., Mielke, G. I., Brown, W. J., Burton, N. W., & Kolbe–Alexander, T. L. (2019). Shift Work and Poor Mental Health: A Meta–Analysis of Longitudinal Studies. *Am J Public Health*, 109(11), e13–e20.
- Vallièrès, A., Azaiez, A., Moreau, V., LeBlanc, M., & Morin, C. M. (2014). Insomnia in shift work. *Sleep medicine*, 15(12), 1440–1448.
- van de Langenberg, D., Dolle, M. E. T., van Kerkhof, L. W. M.,

- Vermeulen, R. C. H., & Vlaanderen, J. J. (2023). Effects of Nightshift Work on Blood Metabolites in Female Nurses and Paramedic Staff: A Cross-sectional Study. *Ann Work Expo Health, 67*(6), 694–705.
- Vidya, S., Patlolla, V. R. P., Kamuju, N. R., Ampalam, P., & Kalyan, V. K. (2019). Impact of shift work on sleep and quality of life in industrial workers: A cross sectional study. *Archives of Mental Health, 20*(2), 45–49.
- Vlasak, T., Dujlovic, T., & Barth, A. (2022). Neurocognitive impairment in night and shift workers: a meta-analysis of observational studies. *Occup Environ Med, 79*(6), 365–372.
- Waage, S., Pallesen, S., Moen, B. E., & Bjorvatn, B. (2010). Shift work and age in petroleum offshore industry. *Int Marit Health, 62*(4), 251–257.
- Wang, H., Lane, J. M., Jones, S. E., Dashti, H. S., Ollila, H. M., Wood, A. R., Van Hees, V. T., Brumpton, B., Winsvold, B. S., & Kantojärvi, K. (2019). Genome-wide association analysis of self-reported daytime sleepiness identifies 42 loci that suggest biological subtypes. *Nature communications, 10*(1), 3503.
- Weathers, F. W., Litz, B. T., Keane, T. M., Palmieri, P. A., Marx, B. P., & Schnurr, P. P. (2013). The ptsd checklist for dsm-5 (pcl-5).
- Williams, S. G., Collen, J., Orr, N., Holley, A. B., & Lettieri, C. J. (2015). Sleep disorders in combat-related PTSD. *Sleep Breath, 19*(1), 175–182.

- Wisse, B. E. (2004). The inflammatory syndrome: the role of adipose tissue cytokines in metabolic disorders linked to obesity. *Journal of the American society of nephrology*, *15*(11), 2792–2800.
- Woosley, J. A., Lichstein, K. L., Taylor, D. J., Riedel, B. W., & Bush, A. J. (2012). Predictors of perceived sleep quality among men and women with insomnia. *Behavioral Sleep Medicine*, *10*(3), 191–201.
- Work and Health. (2013, February 13). State anxiety disorder and night shift work sleep disorder first recognized occupational accidents. Retrieved February 08, 2024, from http://safedu.org/commun_pds/27279
- Xiromeritis, A. G., Hatziefthimiou, A. A., Hadjigeorgiou, G. M., Gourgoulianis, K. I., Anagnostopoulou, D. N., & Angelopoulos, N. V. (2011). Quantitative spectral analysis of vigilance EEG in patients with obstructive sleep apnoea syndrome: EEG mapping in OSAS patients. *Sleep and Breathing*, *15*, 121–128.
- Yang, E. O., Choi, I. R., & Kim, S.-M. (2017). The Impact of Sleep Disorder and Job Stress on Turnover Intention of Shift-Working Nurses. *Stress*, *25*(4), 255–264.
- Yong, L. C., Li, J., & Calvert, G. M. (2017). Sleep-related problems in the US working population: prevalence and association with shiftwork status. *Occup Environ Med*, *74*(2), 93–104.
- Zhang, L., Sun, D.-m., Li, C.-b., & Tao, M.-f. (2016). Influencing factors for sleep quality among shift-working nurses: A

- cross-sectional study in China using 3-factor Pittsburgh sleep quality index. *Asian nursing research*, 10(4), 277-282.
- 김성범. (2023). 국악이 반영된 대중가요의 오디오 차별성과 오디오 감성분석: 음악정보추출 방법론과 음악머신러닝을 중심으로. *한국엔터테인먼트산업학회논문지*, 17(8), 1-14.
- 김영은, 이경은, 김광섭. (2020). 의사결정나무 기반 기법을 이용한 가뭄지수 예측. *한국데이터정보과학회지*, 31(2), 273-288.
- 김용우, 김민구, 김영민. (2022). 기계학습을 활용한 특허수명 예측 및 영향 요인 분석. *지능정보연구*, 28(2), 147-170.
- 김정만, 서병성, 정갑열, 김동일, 김원술, 조한석, 김진욱, 권재, 윤동영, & 김정일. (2007). 소방관의 근골격계 증상과 직무 스트레스에 관한 연구. *한국산업위생학회지*, 17(2).
- 김철환, 신호철. (2004). 만성피로증후군의 수면장애는 특징적인 증상인가? *Korean Journal of Health Promotion*, 4(3), 171-177.
- 김형세, 문호석, 이동근, 황명상, 김영국. (2010). 의사결정나무를 이용한 근접전투전문가시스템. *한국국방경영분석학회지*, 36(3), 83-97.
- 류종용, 조문석, 김지성, 이창원. (2018). 소방공무원의 교대근무체제 유형별 직무특성이 신체적·심리적 상태에 미치는 영향에 관한 연구. *융합사회와 공공정책 (구 공공정책과 국정관리)*, 12(3), 197-231.
- 배승민, 이유진, 김석주, 조인희, 김종훈, 고승희, 조성진. (2010). 순환교대근무와 주간고정근무 경찰공무원의 우울감에 미치는 요인에 대한 연구. *수면·정신생리*, 17(1), 28-33.
- 성종훈, 조영식. (2019). 머신러닝 기법을 활용한 공장 에너지 사용량 데이터 분석. *정보처리학회논문지. 컴퓨터 및 통신시스템*, 8(4), 87-92.
- 손궁정, 김현주, 강석훈, 임명호, 정혜경, 최진희, 김태용, 소형석. (2014). 일

- 도시 고등학교 학생들의 수면형태와주간졸음증의 예측인자. *J Korean Neuropsychiatr Assoc*, 53(6), 426-433.
- 손동민, 함옥경. (2018). 병원간호사의 근무형태에 따른 일-생활 양립 갈등 이이직의도에 미치는 영향. *한국직업건강간호학회지*, 27(4), 191-202.
- 오주한, 정석원. (2013). 임상의를 위한 다변량 분석의 실제. *대한건강관절의학회지*, 16(1), 63-72.
- 이은하. (2019). 간호대학생의 우울, 불안, 수면의 질이 주간과다졸림에 미치는 영향. *한국산학기술학회 논문지*, 20(12), 148-156.
- 이재준, 이유린, 임도현, 안현철. (2021). XGBoost 기법과 SHAP 기법을 적용한 근로자 이직의도 예측 모형 연구. *한국지능정보시스템학회 학술대회논문집*, 21-23.
- 전형준, 손미아, 김용철, 조은연, 김지용, 백도명. (1998). 교대근무가 자동차 공장 근로자들의 건강상태, 가족 및 사회생활에 미치는 영향. *대한산업의학회지 제*, 10(4).
- 조성준, 강석호. (2016). 머신러닝(인공지능)의 산업 응용. *ie 매거진*, 23(2), 34-38.
- 주은연. (2006). 일주기리듬의 신경생물학. *수면*, 3(1), 1-5.

ABSTRACT

Exploratory Study of Risk Factors for Daytime Sleepiness in Shift-Working Firefighters: Using Machine Learning Methods

Ayeong Cho

Department of Psychology

Graduate School of

Sungshin Women' s University

This study aimed to explore the risk factors for daytime sleepiness in shift working firefighters using machine learning methods. Through offline and online surveys, demographic information (age, gender, body mass index (BMI), marital status, and years of shift work service), self-report questionnaires (daytime sleepiness, nightmare severity, insomnia severity, posttraumatic stress disorder (PTSD) symptoms, and depressive symptoms), and sleep diaries (sleep onset

latency, number of awakenings, wake after sleep onset, and sleep efficiency) were collected from 136 shift working firefighters (38.1±8.7 years, 86.8% male). Forty-two (30.9%) of the study subjects were at-risk group for daytime sleepiness. Based on the collected indicators, we created XGBoost classification models to classify the risk group for daytime sleepiness. The best performing model had an accuracy of 75.6%, sensitivity of 42.8%, and specificity of 82.3%. The AUC value was 0.71, indicating moderate accuracy. The main factors in the classification model were sleep efficiency (26.1% contribution to model), age (20.6%), nightmare severity (20.4%), and BMI (10.4%). Multiple logistic regression analysis showed that BMI ($OR = 1.182, p < .05$) and nightmare severity ($OR = 1.110, p < .01$) had a significant positive effect on the risk group for daytime sleepiness. This study holds great significance as it identifies risk factors for daytime sleepiness in shift workers. The study's limitations and recommendations for further research were discussed, highlighting the need to manage sleep efficiency and nightmare symptoms, and customize sleep interventions that consider age and BMI, to prevent daytime sleepiness in shift workers.

Keyword: shift work, daytime sleepiness, firefighter, machine learning, classification model