

수면 질 측정에 대한 주관적 수면평가점수의 활용 가능성 분석

이지수¹ · 박민서^{2*}

¹고려대학교 보건정책관리학부 / ²서울여자대학교 데이터사이언스학과

Applicability of Subjective Sleep Evaluation Score for Sleep Quality Measurement

Jisoo Lee¹ · Minseo Park²

¹Department of Division of Health Policy and Management, Korea University

²Department of DataScience, Seoul Women's University

With the commercialization of wearable devices, many application services recording and managing lifelogs are outcoming. Unlike other quantitative sleep variables in the collected sleep data, the 'subjective sleep evaluation score'(Sleep Rank) has problems that being collected irregularly or scored unrelated to actual sleep conditions. It's because the score is recorded manually and each user has different criteria for scoring. In order to see whether the subjective sleep evaluation score in smartphone app service reflects the actual quality of sleep, the relationship with the subjective sleep evaluation score was examined through a scatterplot using objective sleep variables used to determine the quality of sleep at other studies. All objective sleep variables were collected through smartwatch. The result shows that there is no significant relationship between the subjective sleep evaluation score and sleep variables, which means the subjective sleep evaluation score does not reflect the actual quality of sleep.

Keywords: Sleep Quality, Subjective Sleep Quality Score, Lifelog, Scatter Plot

1. 서론

수면은 생명유지에 필수적인 활동으로서, 성인 기준 7-8 시간의 충분한 수면을 취하지 못하면 심혈관 질환, 당뇨, 비만 등 각종 만성질환의 발생 위험이 높아진다는 사실은 수면이 건강에 대한 중요 요소이며, 건강관리를 위해서는 질 좋은 수면을 취해야 함을 상기시킨다(Luyster *et al.*, 2012).

수면의 질에 관한 기존 연구는 수면다원검사(polysomnography)를 통해 측정된 수면시간, 렘수면 시간, 잠에서 깬 시간 등의 수면특성 중에서 어떠한 특성이 수면의 질에 영향을 주는지 연구하거나(Ohayon *et al.*, 2017), PSQI (Pittsburgh Sleep Quality Index)처럼 수면 관련 설문을 통해 주관적인 수면의 질 평가를 측정하고 있다(Buysse *et al.*, 1989).

그러나 스마트워치 같은 웨어러블기기의 상용화 이후 이를 활용하여 다양한 수면관리 서비스가 등장하였고, 이용자의 수면 관리를 목적으로 수면 시간, 수면 단계, 그리고 주관적 수면 평가점수 등의 수면특성을 수집하고 있다. 하지만 다른 정량적 수면특성과는 다르게 주관적 수면평가점수는 이용자가 직접 입력해야하며, 이용자마다 점수 부여 기준이 다르기 때문에 불규칙하게 데이터가 수집되거나, 실제 수면 상태와 상관없이 특정 점수만을 반복적으로 입력하는 등의 문제가 발생한다.

주관적 수면평가점수가 수면의 질을 잘 반영하고 있다고 가정하는 경우, 총 수면시간, 수면효율 등 수면의 질과 관련이 있다고 알려진 특성들과 주관적 수면평가점수 사이에 유의미한 관계가 도출될 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 본 연구는 라이프로그 관리서비스 앱에서 기록되는 주관적 수면평가

* 연락처 : 박민서 교수, 01797 서울특별시 노원구 공릉2동 화랑로 621 데이터사이언스학과, Tel : 02-970-7504, Fax : 팩스번호 추가,
E-mail : mpark@swu.ac.kr

2021년 9월 6일 접수; 2021년 11월 27일 수정본 접수; 2021년 12월 22일 게재 확정.

점수가 수면의 질 평가에 유의미한 변수로 적용될 수 있는지 확인하기 위해 수면 중 스마트워치를 착용한 사용자들의 수면 데이터를 수집하고, 수집된 수면 특성들과 주관적 수면평가점수와 관계를 산점도를 통해 살펴보았다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 수면의 질 측정, 수면특성 변수와 관련된 선행연구의 내용을 서술하고, 제3장에서는 수면데이터 수집과 처리, 관련 변수생성, 그리고 분석 방법에 대해 설명한다. 제4장과 제5장에서는 연구의 결과 및 요약을 기술할 것이다.

2. 관련연구

질 좋은 수면을 판단하기 위해 사용하는 수면특성에는 연구마다 다소 차이가 있지만, Ohayon *et al.*(2017)의 연구에 따르면 질 좋은 수면을 판단하기 위해 수면에 영향을 주는 수면특성으로 수면효율, 잠들기까지 걸린 시간(sleep latency), 램(REM) 수면 비율, N1(얕은수면), N2, N3수면(깊은 수면)의 비율, 5분 이상 잠에서 깬 횟수 등을 사용하고 있다. 성인(26-64세)의 경우 수면효율이 85%이상, 잠들기까지 걸린 시간이 30분 이하, 램수면 비율이 21-30% 사이, N1수면 비율이 5%이하, N3수면이 16-20%사이, 잠에서 깬 횟수가 1회 이하일 때 질 좋은 수면을 취했다고 판단한다.

수면의 질을 측정하기 위한 수면특성들 중 수면시간의 경우 고혈압(Gottlieb *et al.*, 2006), 비만(Cappuccio *et al.*, 2008), 압 발생(Kakizaki *et al.*, 2008)과 관련이 있는 것으로 나타났으며, 수면특성 중 평균 총 수면시간, 수면변동성은 혈당증가(Brouwer *et al.*, 2020)나 염증지표증가(Okun *et al.*, 2011)에 영향을 주는 것으로 드러난 것처럼 수면은 건강과의 관련이 깊기 때문에 수면 특성과 수면의 질을 측정하기 위해 다양한 방식의 연구들이 진행되어 왔다.

그 방법 중 일환으로 스마트워치에서는 수면의 질을 측정하기 위해 가속계(Accelerometer)와 PPG(photoplethysmography, 광혈류측정)기술을 사용하여 움직임과 심박수를 파악하고, 이를 토대로 사용자의 수면여부, 수면의 깊이 및 단계를 분석한다. 또한, 이러한 스마트워치의 센서만으로도 개인의 수면의 질을 충분히 정확하게 파악할 수 있음이 알려져 있다(Nam *et al.*, 2016; Suzuki *et al.*, 2009).

스마트워치를 이용하여 수면의 질을 파악한 연구로서 Bernardeschi *et al.*(2017)은 스마트워치의 움직임 데이터와 심박수 데이터를 이용하여 수면의 질을 판단한 결과와 실험참가자가 직접 수면일지에 기록한 수면의 질을 비교하여 머신러닝 지도학습을 위한 수면의 질 레이블데이터 생성을 시도하였다. Alfeo *et al.*(2016)은 스마트워치의 움직임과 심박 데이터를 사용하여 수면의 질을 파악하였는데, stigmergic perceptron 방식을 차용하여 수면이 불규칙한 패턴을 가진다는 속성에도 불구하고 우수한 성능으로 수면의 질을 파악할 수 있음을 시사했다.

한편, 수면다원검사나 웨어러블 디바이스같이 장비를 활용하는 방식 외에 수면의 질을 파악하기 위한 방법으로 수면에 대한 개인의 주관적 평가를 이용하여 수면의 질을 분류하는 방식이 있다. 수면의 질 평가는 Sleep Timing Questionnaire (Monk *et al.*, 2003), Epworth Sleepiness Scale(Johns *et al.*, 1991), PSQI(Buysse *et al.*, 1989) 같이 주로 설문이나 수면일기 등을 통해 이루어진다. 그 중 PSQI는 최근 한 달간의 수면에 대하여 수면시간, 잠들기까지 걸린 시간, 기상시간, 실제 수면시간, 수면환경에 대한 질문, 주관적 수면의 질, 건강상태 등에 대하여 질문하고, 이를 7가지 항목으로 묶어 점수를 평가한 뒤 수면의 질을 도출하는 방식을 취하고 있다. 수면다원검사나 가속계 같은 장비를 통해 정량적 수면특성으로 수면의 질을 파악한 방식과 비교하였을 때, 수면의 질을 주관적 관점에서 파악하는 방식임에도 PSQI나 수면일기는 정확도면에서 충분히 타당한 검사임이 밝혀져 있다(Backhaus *et al.*, 2002; Sohn *et al.*, 2012; Wilson *et al.*, 1998; Maquet, 2001).

3. 연구방법

3.1 데이터 수집

수면 중 스마트워치(Galaxy watch active2; Samsung electronics)를 착용하여 수면정보가 측정된 사용자들을 대상으로 하였으며, 스마트워치 모델의 상세사항은 <Table 1>에 정리하였다. 스마트워치로 측정된 수면데이터 변수의 종류는 수면시작시간, 수면종료시간, 수면 중 깬 시간, 얕은 수면 시간, 깊은 수면 시간, 램(REM)수면 시간이다. 주관적 수면평가점수의 경우 GIVITA Vitameans® 앱에 기록된 데이터를 사용하였다. 이를 통해 총 471명의 수면데이터를 수집하였으며, 개인별로 평균 55일의 수면기록이 측정되었다. 사용자의 나이에 대해서는 20대 92명, 30대 166명, 40대 117명, 50대 69명, 60대 24명, 70대 이상 3명으로 구성되었으며, 성별은 남성 288명, 여성 183명이었다.

Table 1. Smartwatch Specification

	Samsung Galaxy Watch Active2
Network	Bluetooth, Wi-Fi
OS	Tizen
Sensor	Accelerometer, Barometer, Gyro Sensor, Light Sensor, Optical Heart Rate Sensor, Electrical Heart Sensor
Size	44.0 × 44.0 × 10.9 mm (Width × Length × Depth)
Weight	42 g
Battery	340 (mAh, Typical), Average usage time: 60hours

3.2 데이터 전처리 방법

수면 중 스마트워치를 착용한 사용자 471명의 수면데이터 (25,920개의 데이터)에서 주관적 수면평가점수가 기록되지 않은 데이터는 제외하였다(5,884개 데이터 제외). 그 후 너무 적은 수의 수면기록을 가지고 있는 사용자를 제외하기 위해 7일 이상의 수면기록을 가지고 있는 사용자만 분석에 이용하도록 하였다(168개 데이터 제외). 또한, 각 수면단계 시간에 대한 기록이 하나라도 없는 경우(7,208데이터 제외), 총 수면 시간이 하루 중 70%(16.8시간) 이상인 경우, 깊은 수면 시간의 비율이 0.75이상인 경우 등 측정오류로 추정되거나 이상치인 경우를 제외하였다. 전처리 후 최종적으로 378명의 수면데이터가 사용되었다(12,658개 데이터).

3.3 분석변수 생성

스마트워치로부터 측정된 수면시작시각과 수면종료시각으로부터 총 수면시간(Total sleep time)을 도출하여 사용하였으며, 잠에서 깬 시간, 얇은 수면시간, 깊은 수면시간, 램 수면시간을 이용하여 수면효율(Sleep Efficiency, 전체수면시간 중 잠에서 깬 시간을 제외한 순수 수면시간의 비율), 얇은 수면시간 비율(Light sleep ratio), 깊은 수면시간 비율(Deep sleep ratio), 램 수면시간 비율(REM stage ratio)을 변수로 도출한 뒤 분석에

사용하였다. 또한, 건강에 영향을 주는 것으로 알려진 평균 총 수면시간(Mean of total sleep time), 수면시간의 변동성 (Variability of total sleep time, 총 수면시간의 표준편차)을 도출하여 주관적 수면평가점수와 관계를 살펴보았으며 각 수면 단계시간 비율 변수들의 평균도 주관적 수면평가점수와 관계를 살펴보았다. 주관적 수면평가점수의 경우 0점, 2점, 4점, 6점, 8점, 10점의 6단계로 구분되어 있다. 변수들에 대한 설명은 <Table 2>에 정리하여 나타내었다.

3.4 분석방법

주관적 수면평가점수가 실제 수면의 질을 잘 반영한다는 가정하에 각 변수들과 주관적 수면평가점수와 관계를 산점도를 통해 살펴보았다. 평균 총 수면시간과 수면시간의 변동성의 경우 개인별로 수면데이터를 종합하여 도출하였으며 각 사용자의 주관적 수면평가점수의 평균과 비교하였다. 수면단계 비율변수의 평균도 주관적 수면평가점수의 평균과 비교하였다. 또한, 주관적 수면평가점수가 범주형 변수이기 때문에 각 점수별로 해당하는 데이터들을 하나의 그룹으로 간주하여 해당 점수그룹의 총 수면시간 중앙값, 수면효율 중앙값 등 각 변수마다의 중앙값을 구하였다. 그리고 이 중앙값들과 주관적 수면평가점수 간의 관계를 살펴보았다.

Table 2. Variables Description

Name of Variables	Description
Total sleep time	Sleep End time - Sleep Start time (Measure: Hours)
Sleep Efficiency	(Total sleep time - Awaken time during sleep) / Total sleep time
Light sleep ratio(N1 stage ratio)	Light sleep time / Total sleep time
Deep sleep ratio(N3 stage ratio)	Deep sleep time / Total sleep time
REM stage ratio	REM sleep time / Total sleep time
Mean of total sleep time	Mean of total sleep time of individual
Variability of total sleep time	Standard Deviation of total sleep time of individual
Subjective Sleep Evaluation Score	The sleep score that the user manually evaluates the degree of sleep quality at the time. It is divided into six stages: 0 points, 2 points, 4 points, 6 points, 8 points, and 10 points.

Table 3. Preprocessing Situation Description

Situation	Description
Basic preprocessed data	Data preprocessed without certain situation (378*)
Users who gave subjective sleep score evenly	The score below 5 is judged as a low score and the score above 5 is judged as a high score. Only users who had a history of scoring in ratio of "low score: high score" between 6:4 and 4:6 are extracted and analyzed.(45*)
Users who used app service diligently	Assuming that, in the early use of the service, the subjective sleep score will be recorded more faithfully because the user's interest about the service is high. Only users with recoded sleep more than 10 times in two weeks after the service starts are extracted and analyzed.(178*)

Table 3. Preprocessing Situation Description (Continued)

Situation	Description
Users who had high coefficient between total sleep time and subjective sleep score	Only the users who had the correlation between sleep time and subjective sleep score is greater than 0.6 are extracted and analyzed.(45*)
Comparison between weekday and weekend	To find out whether there is a difference between weekday and weekend sleeping. When sleep is recorded several times a day, such as a nap, the sum of all sleep on the corresponding date was calculated, and the total sleep of the day was derived and used for analysis.(Data ratio, Weekend : Weekday = 3,568 : 8,893)
Comparison according to proper deep sleep ratio	In the case of general sleep, deep sleep accounts for 10-15% of the total sleep(Colten <i>et al.</i> , 2008). Analysis compared to users with a corresponding deep sleep ratio and those who do not. (Data ratio, Proper case : those who do not = 1,378 : 11,280)
Comparison according to proper REM sleep ratio	In the case of general sleep, REM sleep accounts for 20-25% of the total sleep(Colten <i>et al.</i> , 2008). Analysis compared to users with a corresponding REM sleep ratio and those who do not. (Data ratio, Proper case : those who do not = 3,976 : 8,682)

*: Number of users who included in the preprocessing situation

기본적으로 전처리한 데이터 이외에도, 주관적 수면평가점수의 측정이 개인에게 의존한다는 특성과 사람마다 생활패턴에 차이가 있다는 것을 고려하여 다양한 상황을 가정하고 분석하였다. 총 6가지의 추가적인 상황을 분석하였으며 그 내용은 <Table 3>과 같다.

4. 실험결과

주관적 수면평가점수와 다른 수면 변수들 간의 관계를 산점도를 통해 살펴본 결과, 모든 수면변수와 모든 상황 속에서 뚜렷한 선형관계를 보여주지 못하며 유의미한 관련이 없는 것으로 나타났다. <Figure 1>은 수면변수와 주관적 수면평가점수 간

의 산점도이며, 기본전처리 데이터만 포함시켜 보여주고 있으나 <Table 3>에 명시한 다른 상황에서도 이와 유사한 모습을 보이며 주관적 수면평가점수와 정량적 수면변수 간의 유의미한 관계는 드러나지 않았다.

평균 총 수면시간과 주관적 수면평가점수 간의 관계 산점도는 <Figure 2>에 드러나 있으며, 평균 총 수면시간을 이용하여 주관적 수면평가점수와 관계를 살펴보았을 때도 유의미한 관계는 드러나지 않았다. 마찬가지로 총 수면시간의 변동성과 주관적 수면평가점수의 관계를 살펴보았을 때도 유의미한 관계는 도출되지 않았다. <Figure 2>에는 기본 전처리 데이터만 포기하였으나, <Table 3>의 다른 전처리 상황에서도 유사한 결과를 보여주며 주관적 수면평가점수와 유의미한 관계는 나타나지 않았다.

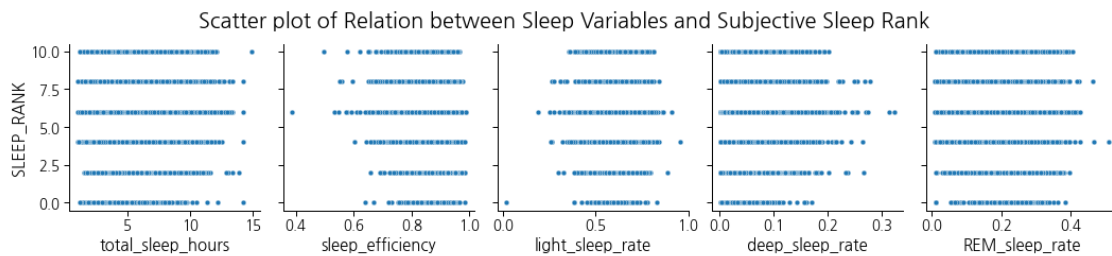


Figure 1. Scatter plot of Relation between Sleep Variables and Subjective Sleep Rank

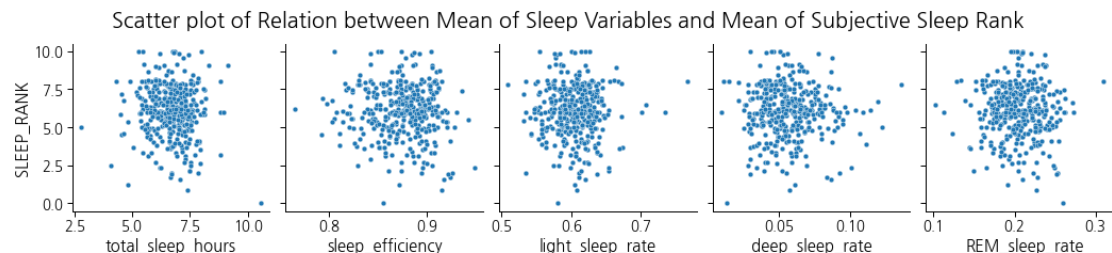


Figure 2. Scatter plot of Relation between Mean of Sleep Variables and Mean of Subjective Sleep Rank

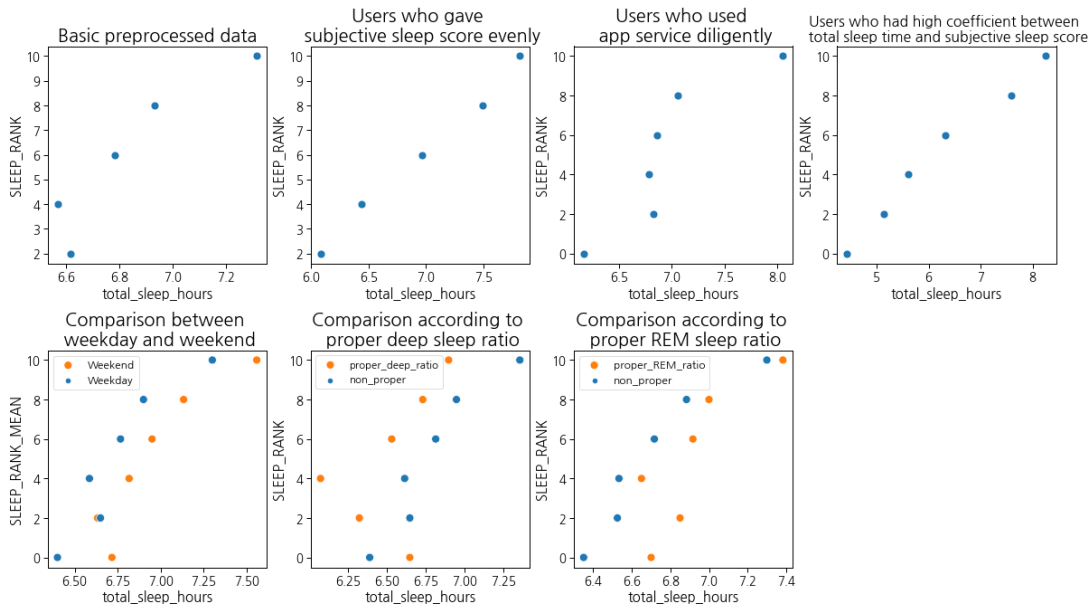


Figure 3. Scatter plot of Relation between Sleep Rank and Median of Total Sleep Time grouped by Sleep Rank

또한, 총 수면 시간의 평균과 총 수면시간의 변동성(표준편차) 외에 추가적으로 수면 효율, 얇은 수면시간 비율, 깊은 수면시간 비율, 렘 수면 시간 비율에 대하여 각각 평균과 변동성을 구해 주관적 수면평가점수의 평균과 비교하였을 때도 유의미한 관계는 드러나지 않았다.

단, 각 점수그룹별로 수면변수에 대해 중앙값을 구하여 주관적 수면평가점수와 비교하였을 때, <Figure 3>과 같이 총 수면시간의 중앙값과 주관적 수면평가점수와 관계가 있는 것으로 나타났는데, <Table 3>에 명시한 모든 상황에서 총 수면시간의 중앙값이 높을수록 주관적 수면평가점수가 높아졌다(<Figure 3>). 이는 더 높은 수면 점수를 기록한 그룹일수록 총 수면 시간의 중앙값이 높았음을 의미한다. 한편, 점수 그룹별로 나누었을 때에도 총 수면시간의 중앙값 외에는 모든 상황에서 일정한 패턴을 보이는 변수는 없었다.

5. 결론

실험결과 수면특성들과 주관적 수면평가점수는 산점도 상에서 특별한 관계가 나타나지 않았다. 단, 주관적 수면평가점수별로 그룹화하여 각 그룹에 대해 변수의 중앙값을 구하고 이를 다시 주관적 수면점수와 비교하였을 때, 더 높은 점수를 기록한 그룹일수록 더 높은 총 수면시간 중앙값을 보였다. 주관적 수면평가점수가 연속형 변수가 아닌 범주형 변수라는 것을 고려하였을 때, 위와 같이 점수별로 그룹화하여 비교하는 방식은 그렇지 않은 경우보다 점수 간 명확한 차이를 드러낼 수 있어 변수 간 관계를 살펴보는 데 더 적합한 방식으로 보인다.

주관적 수면평가점수가 총 수면시간과 관련이 있다는 결과는 실제 수면의 질에 총 수면시간이 영향을 준다는 선행연구

결과를 잘 반영하는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 선행연구에서 실제 수면의 질과 관련이 있던 변수들이 주관적 수면평가점수와 관계가 없는 것으로 나타난 사실을 고려하였을 때, 총 수면시간과의 관계만으로는 주관적 수면평가점수가 실제 수면의 질을 잘 반영하고 있다고 말하기 어렵다.

다른 변수 외에 총 수면시간에서만 주관적 수면평가점수와 관계가 도출된 것은 몇 가지 상황을 가정해 볼 수 있는데, 먼저 어플리케이션 UX에 관한 측면이 있다. 본 실험에서 사용된 라이프로그 기록 앱 외에도 수면 데이터 기록 기능이 있는 많은 앱에서 주관적 수면평가점수를 기록할 때 당시 수면에 대한 총 수면시간을 사용자에게 함께 노출시키고 있다. 따라서 사용자가 주관적 수면평가점수를 기록할 때 총 수면시간에 의존해서 판단하게 되는 상황을 가정할 수 있다. 또한, 다른 수면변수들이 인지하거나 해석하기 어렵다는 점을 들 수가 있다. 총 수면 시간에 비해 깊은 수면 비율, 렘 수면 비율 등의 수면변수는 개인이 인지할 수 없어 관련하여 판단하기 어려운 수면 변수이다. 수면관리 서비스를 통해 깊은 수면시간 비율, 렘수면 시간 비율 같은 변수들의 측정결과를 보더라도 전문적인 지식 없이는 수면에 어떠한 영향이 있는지 판단하는데 어려움이 있다. 이러한 점들로 인해 총 수면시간만이 주관적 수면평가와 관계가 나타난 것으로 추측된다.

스마트폰 앱 서비스의 주관적 수면평가점수처럼 간단한 점수평가 방식이 실제 수면의 질을 잘 반영하지 못하고 있기 때문에, 현재 상황에서는 스마트폰 앱 서비스 상의 주관적 수면평가점수가 PSQI(Pittsburgh Sleep Quality Index) 등 기존의 전문적인 주관적 수면평가 도구를 대체하기 어려울 것으로 보인다. 따라서 스마트폰 앱 서비스의 주관적 수면평가점수가 사용자의 수면의 질을 정확히 파악할 수 있는 지표가 되기 위해선 기존 주관적 수면평가에 사용되는 설문 문항을 반영하여

더 구체적인 수면평가지표로 발전시킬 필요가 있을 것으로 보인다. 이에, 앞으로의 연구에서는 수면의 질을 파악하는 변수로서 스마트폰 앱 서비스의 주관적 수면평가점수는 더 구체적인 검사방식으로 대체하거나, 이를 제외하고 객관적인 수면 특성만을 이용하여 분석하는 방식을 추천한다.

참고문헌

- Alfeo, A. L., Barsocchi, P., Cimino, M. G. C. A., Rosa, D. L., Palumbo, F., and Vaglini, G. (2018), Sleep Behavior Assessment Via Smartwatch and Stigmatic Receptive Fields, *Pers Ubiquit Comput*, **22**, 227-243.
- Backhaus, J., Junghanns, K., Broocks, A., Riemann, D., and Hohagen, F. (2002), Test-retest Reliability and Validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index in Primary Insomnia, *Journal of Psychosomatic Research*, **53**(3), 737-740.
- Bernardeschi, C., Cimino, M. G. C. A., Domenici, A., and Vaglini, G. (2017), Using Smartwatch Sensors to Support the Acquisition of Sleep Quality Data for Supervised Machine Learning, *MobiHealth 2016: Wireless Mobile Communication and Healthcare*, **192**, 251-259.
- Brouwer, A., Van Raalte, D. H., Rutters, F., Elders, P. J., Snoek, F. J., Beekman, A. T., and Bremmer, M. A. (2020), Sleep and HbA1c in Patients With Type 2 Diabetes: Which Sleep Characteristics Matter Most?, *Diabetes Care*, **43**(1), 235-243.
- Buysse, D. J., Reynolds III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., and Kupfer, D. J. (1989), The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research, *Psychiatry Research*, **28**(2), 193-213.
- Cappuccio F. P., Taggart, F. M., Kandala, N. B., and Currie, A. (2008), Meta-analysis of Short Sleep Duration and Obesity in Children and Adults, *Sleep*, **31**, 619-26.
- Colten, H. R., Altevogt, B. M., Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research (2008), *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem*, National Academies Press (US), Washington (DC)
- Gottlieb, D. J., Redline, S., Nieto, F. J., Baldwin, C. M., Newman, A. B., Resnick, H. E., and Punjabi, N. M. (2006), Association of Usual Sleep Duration With Hypertension: The Sleep Heart Health Study, *Sleep*, **29**(8), 1009-1014.
- Johns, M. W. (1991), A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale, *Sleep*, **14**(6), 540-545.
- Kakizaki, M., Inoue, K., Kuriyama, S., Sone, T., Matsuda-Ohmori, K., Nakaya, N., Fukudo, S., and Tsuji, I. (2008), Sleep Duration and the Risk of Prostate Cancer: The Ohsaki Cohort Study, *Br J Cancer*, **99**, 176-8.
- Kakizaki, M., Kuriyama, S., Sone, T., Ohmori-Matsuda, K., Hozawa, A., Nakaya, N., Fukudo, S., and Tsuji, I. (2008), Sleep Duration and the Risk of Breast Cancer: The Ohsaki Cohort Study, *Br J Cancer*, **99**, 1502-5.
- Luyster, F. S., Strollo, P. J., Zee, P. C., and Walsh, J. K. (2012), Sleep: A Health Imperative, *Sleep*, **35**(6), 727-734.
- Maquet, P. (2001), The Role of Sleep in Learning and Memory, *Science*, **294**(5544), 1048-1052.
- Monk, T., Buysse, D., Kennedy, K., Potts, J., DeGrazia, J., and Miewald, J. (2003), Measuring Sleep Habits without Using a Diary: The Sleep Timing Questionnaire (STQ), *Sleep*, **26**(2), 208-212.
- Nam, Y., Kim, Y., and Lee, J. (2016), Sleep Monitoring Based on a Triaxial Accelerometer and a Pressure Sensor, *Sensors*, **16**(5), 750.
- Ohayon, M., Wickwire, E. M., Hirshkowitz, M., et al. (2017), National Sleep Foundation's Sleep Quality Recommendations: First Report, *Sleep Health*, **3**(1), 6-19.
- Okun, M. L., Reynolds, C. F., Buysse, D. J., et al. (2011), Sleep Variability, Health-related Practices, and Inflammatory Markers in a Community Dwelling Sample of Older Adults, *Psychosom Med*, **73**(2), 142-150.
- Sohn, S. I., Kim, D. H., Lee, M. Y. et al. (2012), The Reliability and Validity of the Korean Version of the Pittsburgh Sleep Quality Index, *Sleep Breath*, **16**, 803-812.
- Suzuki, T., Ouchi, K., Kameyama, K. I., and Takahashi, M. (2009), Development of a Sleep Monitoring System with Wearable Vital Sensor for Home Use. In: *BIODEVICES 2009 International Conference on Biomedical Electronics and Devices*, 326-331.
- Wilson, K. G., Watson, S. T., and Currie, S. R. (1998), Daily Diary and Ambulatory Activity Monitoring of Sleep in Patients with Insomnia Associated with Chronic Musculoskeletal Pain, *Pain*, **75**(1), 75-84.

저자소개

이지수: 고려대학교 보건정책관리학부에서 2021년 학사학위를 취득하였다. 연구분야는 라이프로그 및 헬스케어 데이터 분석, 머신러닝이다.

박민서: 2009년 메사추세츠 대학교 컴퓨터사이언스(머신러닝) 전공으로 박사학위를 취득하였다. 삼성 SDS Bioinformatics Lab 및 성균관대학교 삼성융합의과학원 수석연구원, SK 텔레콤 팀 리더, 한화시스템 상무(AI Lab 장)와 KAIST 기술경영전문대학원 겸직 교수를 거쳐, 현재 서울여자대학교 데이터사이언스학과 교수로 재직하고 있다. 연구분야는 라이프로그 및 헬스케어 데이터 분석, 바이오인포매틱스, 머신러닝이다.