

수면질환 관리의 최신 기법

¹연세대학교 치과대학 교정과학교실,

²BK 21 플러스 연세대학교 통합구강생명과학 사업단, ³울산의대 서울아산병원 교정과

차정열^{1,2}, 성상진³

ORCID ID

Jung Yul Cha,  <https://orcid.org/0000-0001-8761-3819>

Sang Jin Sung,  <https://orcid.org/0000-0001-9593-564X>

ABSTRACT

The up-to-date techniques in managing sleep disorders

¹Department of Orthodontics, The Institute of Craniofacial Deformity, College of Dentistry, Yonsei University,

²Department of Orthodontics, Institute of Craniofacial deformities, BK PLUS project, Yonsei University College of dentistry, ³Department of Orthodontics, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan

Jung Yul Cha^{1,2}, Sang Jin Sung³

How reliable is the assessment of snoring apps in the medical field? Although research on this has been continuously reported, the authors would like to introduce points that dentists as sleep experts understand the functions and limitations of snoring apps and use them as screening tests for sleep diseases. We would also like to explore the latest treatments using ICT technology to increase patient compliance with oral devices to treat sleep disorders.

Key words : Sleep screening, Smartphone, ICT technology

Corresponding Author

Sang Jin Sung. DDS, MS, PhD, Professor

Department of Orthodontics, Asan Medical Center, College of Medicine, University of Ulsan 88, Olympic-ro 43-gil,

Songpa-gu, Seoul, 05505, Republic of Korea

E-mail : ssjmail@amc.seoul.kr

ACKNOWLEDGEMENT 본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원의 라이프케어 융합서비스개발사업 지원에 의하여 이루어진 것임 (과제고유번호: HI18C1243).

환자가 선택하여 수면을 관리하는 기술들에는(consumer sleep technology) 모바일 플랫폼, 웨어러블 플랫폼, 내장형 플랫폼 그리고 부가 장치 플랫폼으로 나눌 수 있으며, 이 중 스마트폰에서 구동되는 모바일 앱이 가장 보편적이다¹⁾. 또한 ICT 기술을 활용하여 구강내 장치에 스마트 센서를 적용하여 수면무호흡과 같은 만성 수면 질환을 관리하는 기술개발이 활발하다.

의료 영역에서 바라보는 코골이 앱에 대한 평가는 과연 얼마나 신뢰할 만한 지이며, 이에 대한 연구가 지속적으로 보고되고 있지만, 저자들은 수면전문가로서 치과 의사가 코골이 앱의 기능과 한계에 대하여 이해하고, 이를 수면질환의 선별검사로 활용하는데 주의할 점들을 소개하고자 한다. 또한 수면질환 치료를 위한 구강 장치에 대한 환자의 순응도를 증가시키기 위해 ICT 기술을 활용한 최신 요법을 알아보하고자 한다.

코골이 자가 평가를 위한 스마트폰 앱의 소개 및 활용

2019년 기준 한국의 스마트폰 보급률은 95%로 전세계 1위를 차지하며, 스마트폰은 개인이 24시간 소지하는 필수품이 되었다²⁾. 따라서 환자가 코골이 증상을 설명하기 위하여 야간 수면 시간 동안 소리를 녹음하여, 임상가에게 들려주는 일이 더 이상 새로울 수 없으며, 어떤 경우 어떤 환자에게는 이에 대한 전문가 의견을 제시하여야 할 수도 있다³⁾. 앱 개발자 역시 스마트폰에 내장된 센서를 이용하여 환자의 호흡 패턴 분석(마이크로폰), 환자의 수면 행동 기록(비디오 카메라), 환자의 신체 움직임과 수면 자세 분석(accelerometer와 gyroscope)이 가능한 다양한 유료로 코골이 앱을 앱 스토어에 소개하고 있다.

흥미로운 것은 2018년 기준 FDA는 시행 재량권 대상에서 수면 자가 관리 앱을 저위험군으로 분류 하였으나,

개발자나 회사들은 이런 앱 들이 사용자의 수면 건강에 도움이 된다고 주장하지만, (규제나 책임에서 벗어나기 위한 의도로...) 제품을 "라이프 스타일 앱" 또는 "엔터테인먼트 앱"으로 분류한다는 것이다¹⁾.

1. 코골이 앱의 선택

Choi 등은 아이폰에서 사용 가능한 13개의 앱을 평가하였고, 6개 앱이 사용자에게 그래프 분석을 제공하고 그래프의 특정 부위를 줌인할 때 코고는 소리를 들을 수 있었다고 하였다. 대부분의 앱은 이메일로 분석 자료를 전송할 수 있었고, 극소수의 앱은 녹음 감도를 조절할 수 있었다. 녹음 감도 조절은 코고는 소리를 정확히 구분하는데 중요하나, 녹음 감도가 낮을 경우 사용자가 스마트폰의 반대 방향을 보고 수면할 경우 코골이 이벤트로 기록되지 않을 수도 있다고 하였으며⁴⁾, 같은 공간에서 수면을 하는 배우자의 코골이가 이벤트로 기록될 수도 있음에 유의하여야 한다⁵⁾.

저자들은 "Sleep as Android"(구글플레이)와 "SnoreLab"(구글플레이와 애플 앱스토어)을 환자들에게 코골이 모니터링용으로 추천한다(Fig. 1).

2. 코골이 앱의 사용법 및 결과 이해

스마트폰 코골이 앱을 이용한 녹음 순서와 녹음의 정확도를 증진하기 위한 셋업은 다음과 같다⁴⁾.

- ① 스마트폰의 배터리 방전을 피하기 위하여 AC 전원에 연결
- ② 스마트폰의 마이크를 사용자 쪽으로 위치시킨다.
- ③ 스마트폰 점검: 사용자가 코고는 소리를 내보고, 스마트폰에서 인식되는지 확인 및 소리 재생
- ④ 점검 후 지연 작동 또는 즉시 작동을 선택하여 앱



Figure 1. The initial screen and run screen of Sleep as Android app and SnoreLab app. Touching the 'start of a sleep record'(a) or 'start'(b) button begins an analysis of sleep conditions.

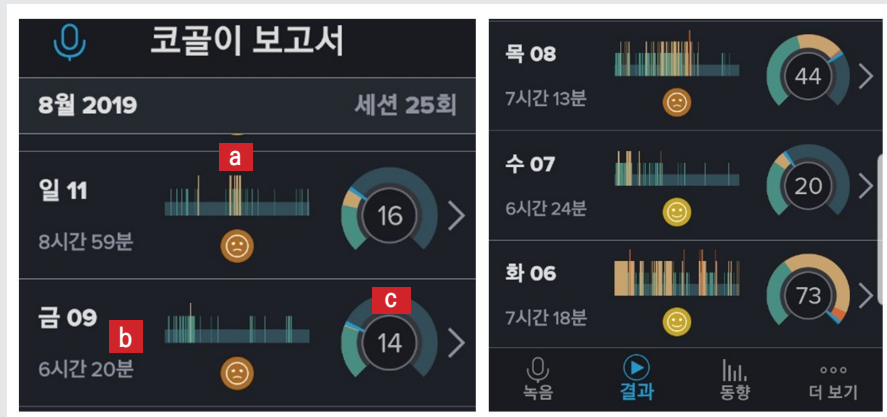


Figure 2. Monitoring sleep conditions when mandible advancement device is used or not with SnoreLab app. The distribution of snoring frequency and intensity (a) during total sleep time (b) and overall sleep scores (c) are summarized graphically. The snoring intensity is greater in red than in yellow.

시행

- ⑤ 밤 새 녹음을 하고, 기상하며 중지 시
- ⑥ 코골이 이벤트 횟수를 리뷰, 그래프와 코골이 녹음 점검. 흔히 코골이 이벤트는 톱니 모양으로 표시 된다.

- ⑦ 실제 코골이가 이벤트로 기록되었는지 녹음을 확인. 녹음이 누락되었다면 스마트폰을 더 가깝게 두거나, 녹음 감도를 조정한다.
- ⑧ 노트를 메모하거나 지난 밤 코골이에 영향을 준 요인을 기록한다.

⑨ 기록을 몇 일간 진행해 보고 기록들을 비교해 본다.
 주의: 코골이 이벤트를 정확히 기록하기 위하여, 주변 잡음이 없는 곳에서 혼자 수면을 한다.

2019년 8월 6일(화)부터 8월 11일(일)까지 스노어랩으로 수면상태를 모니터링한 결과는 다음과 같다(Fig. 2). 6일 수면 시 코골이가 매우 심한 것으로 모니터링 되어 (73점), 7일 코골이 장치를 사용하였고 점수는 23점으로 줄어들었다. 8일에 코골이 장치 없이 수면을 하면서 다시 점수가 44점으로 증가하였으며, 9일과 10일에 다시 코골이 장치를 사용하여 점수가 각각 14점과 16점으로 줄어들었음을 볼 수 있다.

3. 코골이 앱의 사용 시유의 사항

Camacho 등은 13 종의 코골이 앱의 기능을 평가한 연구에서 스마트폰을 사용자의 30cm 거리에 두고 녹음 감도는 53dB로 설정하는 것이 적절하다고 하였다³⁾. 하지만 사용자로부터 어느 정도의 거리에서 측정을

하는 것이 좋을 지? 마이크 감도의 범위, 녹음 품질의 수준, 측정 환경의 소음 기준에 대한 표준화가 필요하고, 많은 환자를 대상으로, 다양한 스마트폰을 사용하더라도 일관성 있게 결과가 도출되는지? 검증이 필요하다³⁾.

저자들이 같은 환자를 대상으로 갤럭시 노트4에 설치된 Sleep as Android와 갤럭시 S9에 설치된 SnoreLab을 동시에 사용한 경우의 결과는 다음과 같이 다양하였다(Fig. 3).

SnoreLab에서는 코골이 %와 점수의 산출이 가능하다. 개발자의 설명에 따르면 전자는 코골이가 발생한 세션의 백분율이고, 후자는 코골이 강도를 수치화한 측정 방식으로 하룻밤 동안 코골이가 의심되는 경우의 평균 볼륨과 총 지속 시간을 사용하여 계산된다. 점수가 높으면 코고는 소리가 크거나 증상이 더 자주 발생하는 것이며, 여러 밤의 코골이를 비교하는데 도움이 되도록 설계하였다고 안내되어 있다. 신규 사용자의 일반적인 코골이 점수는 약 25점이며, 점수가 100 이상이면 상위 15%에 해당한다고 한다.

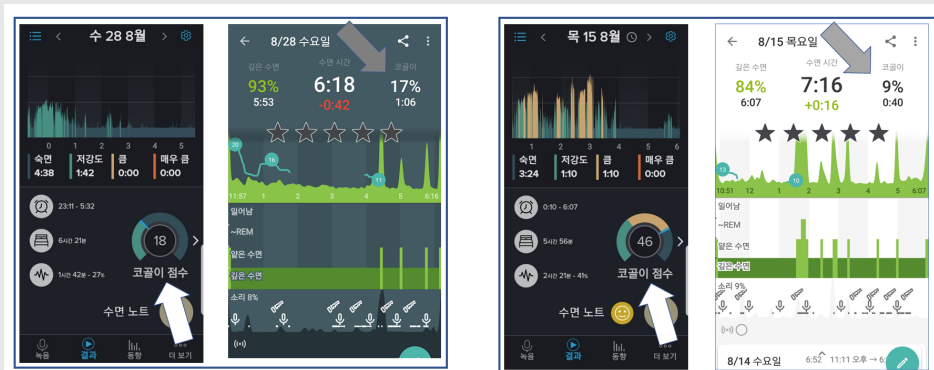


Figure 3. Comparison of results of Sleep as Android app and SnoreLab app used under the same conditions. When comparing snoring scores and snoring percentages presented by each app, August 28 tends to be similar at 18 and 17%, but August 15 shows a significant difference at 46 and 9%.

4. 코골이 앱의 신뢰성

Sleep App이 PSG에 비하여 정확하지 않다는 연구와 한편으로는 정확하다는 연구가 보고되고 있다. 하지만 소프트웨어 분석 알고리즘이 공개되지 않고, raw data에 대한 접근이 허용되지 않으며, Data의 수집과 분석이 동시에 이루어지므로 연구자가 이를 검증하기 어렵다³⁾. 깊은 수면 무호흡 진단에서 정식 수면 다원 검사와 다양한 검사법의 비교 효과 연구에서 (Table 1) Type III 기기인 apnealink plus는 경우에 따라 수면 호흡 질환의 진단에 유용하지만, 환자의 수면 효율이나 각성 등의 수면 상태에 따라 신뢰도와 정확도에 심각한 영향을 받고, 수면 상태 평가는 불가능하며, manual scoring이 auto scoring에 비해 정확도가 높으며, 자동 양압기에 의한 수면 호흡 지수 측정은 경우에 따라 유용하지만, 중추성 무호흡 지수나 저호흡 지수 측정은 상대적으로 부정확하다고 하였으며, 다양한 스마트폰용 수면 어플리케이션에 의한 수면 상태 평가는 부정확하고 신뢰할 수 없다고 하였다^{6,7)}.

ICT 기술을 융합한 수면질환 환자관리

폐쇄성수면무호흡(이하 OSA)에 대한 일반적인 치료 요법으로 수면 중에 CPAP이나 구강 내에 착용하는 하악 전방이동장치(이하 MAD)를 적용할 수 있다. 두 치료 방법의 효과는 입증되었으나 OSA로 인하여 발생할 수 있는 전신문제를 예방하기 위해서는 장기적인 환자의 순응이 필요하며 치료법에 대한 협조도를 강화시키기 위한 치료 방법들이 간구되어야 한다.

CPAP 과는 달리 MAD장치에 대한 요법 준수는 자가 보고 방법에 국한되어 있어 객관적인 순응도 평가가 어려웠다. Lowe 등이 구강 내 센서를 이용하여 MAD 장치의 직접적인 순응도 평가방법을 처음 소개하였고, 최근에는 더 작고 긴 수명의 마이크로 센서를 이용한 MAD 장치들이 개발되어 미국 FDA 510K에 승인되었다. 이러한 순응도 평가법은 주로 열측정 센서와 자이로 센서를 이용하여 환자의 장치 착용시간과 수면자세를 평가하는 방법이었다.

1. 순응도 모니터 기능에 대한 기존 연구

순응도 평가를 위한 센서가 장치에 삽입되어 자기 보고 편향으로 인한 과대 평가를 차단할 수 있으며 협조도

Table 1. Various methods of diagnosing snoring and sleep apnea

Classification	Methods	
Sleep apnea test device	full polysomnography	Type I
	Portable polysomnography	Type II
		Type III
		Type IV
sleep apnea machine	Continuous Positive Airway Pressure	
Self-diagnosis	Smartphone application	
	Questionnaire	Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) Epworth Sleepiness Scale (ESS) STOP-BANG questionnaire for screening of obstructive sleep apnea (OSA)

와 관련한 치료 효과 비교가 가능하다. 또한 환자가 자신의 장치를 사용하도록 권장하고 객관적인 데이터는 환자 관리를 개선하는데 도움이 될 수 있으며 환자와 치과 의사 간의 의사소통 도구로 사용될 수 있다.

2009년에 실내 온도 및 습도를 감지하고 조절하기 위해 개발된 Thermochron (iButton, Dallas, TX, USA) 센서를 수면무호흡 환자의 구강 내 장치에 대한 순응도 평가를 위한 임상 시험이 이루어 졌다(Fig. 4). Inoko 등은 1

개월 동안 6명의 OSA 환자에서 온도 데이터 로거의 세포 독성 평가에 대해 보고였다. 온도 값의 정확성을 평가하였고 센서에 대한 세포 생활율이 96.9%로 확인되었으며 이상 증상은 관찰되지 않았으며 구강장치에 센서를 활용가능성을 확인한 시도였다⁸⁾.

2010년에 의료기기에 대한 순응도 평가를 위해 개발되었던 TheraMon (IFT Handels- und Entwicklungsgesellschaft GmbH, Handelsagentur Gschlact,

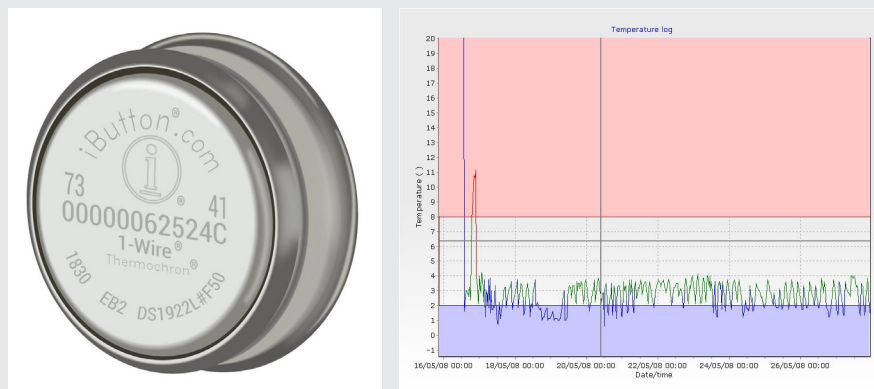


Figure 4. Temperature sensor attached to the oral device (left) and data log result (right) (<https://www.thermochron.com>)



Figure 5. TheraMon sensor and data reader, a temperature sensor applied to the oral device (<https://www.thera-mon.com>)

Hargelsberg, Austria)를 수면 무호흡환자의 구강장치에 적용되었으며 이에 대한 임상적 성능 연구가 진행되었다(Fig. 5). Theramon 온도 센서의 안정성과 재현성에 대한 전향적 임상 시험으로 51 명의 OSA 환자들을 대상으로 이루어 졌다. 임상시험을 통해 연조직에 이상 반응이나 센서의 탈락은 관찰되지 않았으며 준수 데이터를 읽는 동안 문제도 발생하지 않았다. 임상연구를 통해 객관적인 장치의 사용 시간은 하루 평균 6.6 ± 1.3 시간이었고 3개월 추적 관찰에서 구강장치에 대한 사용자의 비율은 82%로 평가하였다. 임상연구를 통해 구강 내 온도 센서를 이용하여 OA 준수에 대한 객관적 평가와 센서의 안전성을 확인할 수 있었다⁹⁾.

DentiTrac®는 온도 센서와 자이로센서를 활용하여 수면 질환에 대한 치료를 위해 2000년 초반에 개발되었다. 현재 OSA환자의 구강장치에 적용되어 활발하게 사용되고 있으며 특히 자이로 센서 기능이 탑재되어 수면 시 자세도 함께 평가가 가능하게 되었다(Fig. 6). 2018년 DentiTrac센서를 이용하여 임상적 타당성을 평가하고 객관적으로 수집된 자료를 보고하였다. 8명의 OSA 환자에 대해 장치의 순응도 평가를 시행하여 일정 기간 후에 순응정보를 수집하였다. 장치내에 센서는 모든 환자에서 잘 작동하였으며 객관적으로 기록된 순응율은 $87\% \pm 20\%$ 로 보고하여 개인 간의 큰 편차를 확인하였다. 따라서 장치 치료에 대한 객관적인 평가가 필요할 때 안정적인 평가가 가능하다는 사실을 알 수 있다¹⁰⁾.



Figure 6. Intraoral Sensors mounted on the oral appliance (Dentitrachttps://www.braebon.com/products/dentitrac/)

2. 순응도 평가를 통한 구강내 장치의 평가

환자가 구강 장치 치료를 중단한 주요 이유로 장치에 대한 불편함과 환자가 느끼는 효능 부족이다. 기존에는 환자의 주관적인 설명에만 의존하였으나 생체 내 센서의 활용으로 과학적 근거가 되는 매개 변수를 분석할 수 있게 되었다. 코골이 장치의 부작용으로 과도한 타액, 치아에 대한 통증, 불편함, 턱관절 증상 등에 대해 평가한 후 환자의 장치의 장착시간과 직접적으로 관계된 요인을 분석하였다.

장치에 대한 객관적 순응도와 치료에 대한 시각적 아날로그 척도 값 간에는 유의한 역 상관관계가 있었으며 객관적 순응도는 코골이 증상에 대한 감소와 유의미한 상관관계가 있었다. 구강 건조가 있는 경우가 장치의 착용시간과 상관관계가 있는 유일한 부작용이었다. 따라서 구강장치 치료 기간 동안 객관적 순응도와 상관관계가 있는 두 가지 매개 변수로 코골이의 감소에 대한 효과와 치료 중 구강 건조증의 발생이 두드러진다는 사실이 밝혀졌다¹¹⁾.

최근 ICT 기술을 활용한 모바일 앱과 구강 장치내 센서를 활용하여 환자의 치료에 대한 순응도를 환자와 치과 의사가 함께 모니터하고 관리하는 시스템이 소개되었다. ICT 기술을 통해 생체 신호와 순응도에 대한 정보를 환자에게 직접 피드백하는 신개념의 의료 서비스이다. 수면질환은 대표적인 만성적인 질환으로 주기적으로 관리하는 것이 중요하다. 각종 웨어러블 디바이스와 접목하여 성인병 관련 질환으로 진행을 예방하고 수면의 만족도를 향상시킬 수 있는 새로운 치료 방식으로 정착될 것이다¹⁵⁾.

결론

과거 세간의 이목을 집중시킨 체르노빌 원전사고, 스리마일섬 원전사고, 엑스발데즈 원유 유출 사고 그리고 챌린저 우주왕복선 폭발사고는 수면 부족 또는 수면관련 질환과 관련되어 있다³⁾. 수면질환의 진단에는 수면다원검사(polysomnogram, PSG 또는 sleep study)가 'golden standard'이지만, 입원 검사실과 전문적인 검사 인력을 필요로 하여 활용이 쉽지는 않다³⁾. 스마트폰에 내장된 센서를 사용하는 코골이 앱이 적어도 포터블 PSG에 버금가는 신뢰도를 구현하기는 당분간 어려울 것으로 보인다. 하지만 일부 앱들은 보조기기를 사용하여 검사 정확도를 향상 시키고 있으며¹²⁾ 소리 분석에 대한 알고리즘도 점차 향상되고 있으므로¹³⁾, 가까운 미래에는 PSG와 유사한 수준의 검사도 가능할 것으로 생각된다. 반면 순응도 평가 코골이 장치는 객관적으로 장치의 순응도를 평가함으로써 환자의 협조도를 증가시킬 수 있으며 만성질환 관리에 도움을 줄 수 있는 시스템을 알 수 있어 임상적으로 활발하게 적용될 것이라 예상된다.

현시점에서 수면 전문가로서 치과 의사는 스마트하게 진화하고 있는 의료진과 소비자들의 sleep technology 에¹⁴⁾ 대하여 그 한계와 단점을 알고 적절하게 대응하며, 수면관련 질환에 대한 사전 검사나 수면질환 치료 후 가정 모니터링 그리고 sleep diary의 대체 수단으로¹⁴⁾ 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Ko P-RT, Kientz JA, Choe EK, Kay M, Landis CA, Watson NF. Consumer sleep technologies: a review of the landscape. *Journal of clinical sleep medicine*. 2015;11(12):1455-1461.
2. Taylor K, Silver L. Smartphone Ownership is Growing Rapidly Around the World, but Not Always Equally. 2018.
3. Lorenz CP, Williams AJ. Sleep apps: what role do they play in clinical medicine? *Current opinion in pulmonary medicine*. 2017;23(6):512-516.
4. Choi YK, Demiris G, Lin S-Y, et al. Smartphone applications to support sleep self-management: review and evaluation. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2018;14(10):1783-1790.
5. Camacho M, Robertson M, Abdullatif J, et al. Smartphone apps for snoring. *The Journal of Laryngology & Otology*. 2015;129(10):974-979.
6. 김현준. 수면 무호흡 진단에서 정식 수면 다원 검사와 다양한 검사법의 비교 효과 연구 및 screening 방법 개발. 한국보건산업진흥원 2017. (<https://www.htdream.kr/researchInfo/endPjtList.do> 과제번호 HC15C3415)
7. Narayan S, Shivdare P, Niranjana T, Williams K, Freudman J, Sehra R. Noncontact identification of sleep-disturbed breathing from smartphone-recorded sounds validated by polysomnography. *Sleep and Breathing*. 2019;23(1):269-279.
8. Inoko Y, Yoshimura K, Kato C, Morita O, Kohno M. Efficacy and safety of temperature data loggers in measuring compliance with the use of oral appliances. *Sleep and Biological Rhythms*. 2009;7(3):188-192.
9. Vanderveken OM, Dieltjens M, Wouters K, De Backer WA, Van de Heyning PH, Braem MJ. Objective measurement of compliance during oral appliance therapy for sleep-disordered breathing. *Thorax*. 2013;68(1):91-96.
10. Hu J, Liptak L. Evaluation of a new oral appliance with objective compliance recording capability: a feasibility study. *Journal of Dental Sleep Medicine*. 2018;5(2):47-50.
11. Dieltjens M, Verbruggen AE, Braem MJ, et al. Determinants of objective compliance during oral appliance therapy in patients with sleep-disordered breathing: a prospective clinical trial. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*. 2015;141(10):894-900.
12. Garde A, Dehkordi P, Karlen W, Wensley D, Ansermino JM, Dumont GA. Development of a screening tool for sleep disordered breathing in children using the phone Oximeter™. *PLoS one*. 2014;9(11):e112959.
13. Kim T, Kim J-W, Lee K. Detection of sleep disordered breathing severity using acoustic biomarker and machine learning techniques. *Biomedical engineering online*. 2018;17(1):16.
14. Fino E, Mazzetti M. Monitoring healthy and disturbed sleep through smartphone applications: a review of experimental evidence. *Sleep and Breathing*. 2019;23(1):13-24.
15. Jung HJ, Yu JH, Kwon JS, Cha JY, Ahn HJ, annual congress of Korean Academy of Dental Sleep Medicine, Assessment of oral appliance treatment compliance to monitoring service in patients with obstructive sleep apnea, 2020.