



STOP-Bang and Smartwatch's Two-Step Approach for Obstructive Sleep Apnea Screening

Min Woo Kim^{1b} and Myoung Su Choi^{1b}

Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Daejeon Eulji Medical Center, Eulji University School of Medicine, Daejeon, Korea

수면무호흡증 선별을 위한 STOP-Bang 설문과 스마트워치의 2단계 접근법

김민우 · 최명수

을지대학교 의과대학 대전을지대학교병원 이비인후과학교실

Received April 17, 2023

Revised May 17, 2023

Accepted May 23, 2023

Address for correspondence

Myoung Su Choi, MD
Department of Otolaryngology-
Head and Neck Surgery,
Daejeon Eulji Medical Center,
95 Dunsanse-ro, Seo-gu,
Daejeon 35233, Korea
Tel +82-42-611-3129
Fax +82-42-611-3136
E-mail mschoi@eulji.ac.kr

Background and Objectives Obstructive sleep apnea (OSA) is associated with various health risks, including hypertension, cerebrovascular disease, myocardial infarction, diabetes, cognitive impairment, and all-cause mortality. While overnight polysomnography (PSG) is the gold standard for diagnosing OSA, it is costly and time-consuming. The STOP-Bang questionnaire is a convenient tool for OSA screening, but its high sensitivity comes at the expense of low specificity. The purpose of this study was to investigate the usefulness of combining the STOP-Bang questionnaire and a smartwatch capable of measuring oxygen saturation in screening for OSA.

Subjects and Method Of the patients scheduled for PSG due to OSA, 109 patients voluntarily participated in the study by filling out a STOP-Bang questionnaire during their first visit and wearing a smartwatch during PSG.

Results There were 80 males and 29 females, with the patients' mean age of 45 ± 13.3 years. Based on the apnea-hypopnea index (AHI), 19 patients (17.4%) were normal, 28 (25.7%) had mild OSA, 23 (21.1%) had moderate OSA, and 39 (35.8%) had severe OSA. When using the AHI threshold of $AHI \geq 15/h$, the STOP-Bang alone showed sensitivity of 85.5% and specificity of 61.7%. Combining the STOP-Bang questionnaire with a smartwatch resulted in a slight decrease in sensitivity and a significant increase in specificity, yielding the values of 80.5% and 84.4%, respectively.

Conclusion A two-step approach using the STOP-Bang and a smartwatch was implemented to enhance the diagnostic accuracy of screening OSA.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2023;66(7):455-61

Keywords Polysomnography; Questionnaire; Sleep apnea; Wearable electronic devices.

서론

수면무호흡증은 수면 중 인두의 반복적인 허탈이 발생하여 호흡기류의 감소 또는 완전한 중단을 유발한다. 수면무호흡증의 합병증은 고혈압, 뇌혈관질환, 심근경색, 당뇨병, 인지

장애 및 모든 원인으로 인한 사망률 증가와 관련이 있다.^{1,2)}

이러한 무호흡 및 저호흡 현상은 수면 중에 발생하기 때문에 대부분의 수면무호흡증 환자는 자신이 수면무호흡증이라는 것을 인식하지 못할 수도 있다. 미국의 자료를 보면 중등도에서 중증 수면무호흡증을 가진 여성의 93%와 남성의 82%가 임상 진단을 받지 않은 것으로 추정되고 있다.³⁾ 수면무호흡증을 정확히 진단하기 위해서는 야간 수면다원검사를 시행해야 하는데, 시간이 많이 걸리고 노동 집약적이며 비용이

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

많이 소요되는 단점이 있다. 국내에서는 2018년 7월에서야 수면무호흡증 진단에 국민건강보험급여화가 시작되어 수면무호흡증에 대한 인식이 높아지면서 많은 병원의 수면검사실에서 진료대기가 이어지고 있다.

마취과 의사인 Chung 등⁴⁾은 응급수술이 예정된 환자나 당장 수면다원검사를 하기 어려운 상황에서 수술 환자의 수면무호흡증의 위험도를 평가하기 위해 STOP-Bang 설문을 고안하였다. 빠르고 사용하기 쉬운 키워드로 구성되어있기 때문에 널리 사용되었으며, 수면무호흡증 선별을 위한 다른 설문지인 Epworth sleepiness scales⁵⁾이나 Berlin questionnaire보다 더 나은 것으로 간주되었다.⁵⁾ 그러나 STOP-Bang은 높은 민감도에 비해 낮은 특이도가 문제로 대두되어 왔다.⁶⁻⁸⁾

이 연구의 목적은 수면무호흡증 선별 시 STOP-Bang 설문문의 정확성을 알아보고, 최근 광혈류 측정을 이용하여 산소포화도를 측정할 수 있게 된 스마트워치의 수면무호흡증 진단의 정확성을 비교해보고, 두 가지 방식을 결합하여 수면무호흡증 선별 시의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2021년 7월부터 2022년 12월까지 코골이와 수면무호흡증을 주소로 본원 수면클리닉을 방문하여 수면다원검사를 시행하는 환자 중 연구에 자발적 참여를 원하는 만 19세 이상 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행하였다. 제외기준으로는 1) 19세 미만, 2) 총 수면시간이 240분 미만인 환자, 3) 손목에 문신이나 색소침 착작이나 병변이 남은 경우, 4) 통증에 대해서 명확하게 의사표현을 하지 못하는 자, 5) 심한 빈혈, 항암치료 중인 경우, 조절되지 않은 호흡기질환, 혈액관련 질환을 앓고 있는 자는 제외하였다. 본 연구는 본교 의료기관 의학연구윤리심의위원회(IRB No. 2022-03-010-002)의 심의 및 승인하에 진행되었다.

수면다원검사 및 판독규칙

수면기사가 상주하는 수면검사실에서 Embla N7000 (Natus, Kanata, Canada)을 사용하여 미국수면의학회(American Academy of Sleep Medicine, AASM) 권장 지침에 따라 레벨 I 환경에서 야간 수면다원검사를 시행하였다. 뇌파전극(F3, F4, C3, C4, O1, O2), 안구전위도(E1, E2), 턱 및 하지 근전도, 심전도, 흉부 및 복부 운동 벨트, 비강 기류, 구강 기류, 말초 산소포화도 측정기 및 신체 위치측정기를 부착하였다. AASM 매뉴얼에 따라 수면의학 전문의가 결과를 판독하였다. 시간당 무호흡-저호흡 지수(apnea-hypopnea index, AHI)가 5 미만이면 정상, 5이상 15 미만은 경증, 15 이상 30

미만은 중등도, 30 이상은 중증으로 정의하였다. 무호흡은 구강 기류센서를 통해서 최소 10초 동안 기류의 최소 90% 이상의 기류 감소로, 저호흡은 비강 기류센서를 통해 최소 10초 동안 기류의 30% 감소와 뇌파상 각성 또는 산소 불포화 관련하여 3% 이상의 산소포화도 감소로 정의하였다.⁹⁾

스마트워치

갤럭시워치 4 (model SM-R890N or SM-R860N; Samsung Electronics Co., Seoul, Korea)를 손목이 얇은 환자에는 40 mm 크기를, 손목이 두꺼운 환자에는 44 mm 크기의 스마트워치를 우측이나 좌측 손목, 척골 뼈돌기 바로 위쪽에 혈검지 않게 착용한 채로 수면다원검사를 진행하였으며, 다음날 오전 수면검사가 종료되면 스마트워치를 제거하고, 연동된 스마트폰의 산소포화도 데이터를 기록하였다.

STOP-Bang 설문

수면무호흡증으로 수면클리닉에 방문한 환자 초진시 기록하였으며, 방문을 단아도 바깥에서 들릴 정도의 큰소리의 코골이인 경우 1점(snoring), 주간에 졸립거나 피곤함을 호소하는 경우 1점(tiredness), 수면 중 타인이 환자의 무호흡을 관찰한 경우 1점(observed apnea), 고혈압으로 진단받았거나 치료 중인 경우 1점(high blood pressure), 체질량 지수 35 kg/m² 이상인 경우 1점(body mass index, BMI), 50세 이상인 경우 1점(age), 목둘레가 40 cm 이상인 경우 1점(neck circumference), 남성인 경우 1점(gender)으로 평가하였다.⁴⁾ 수면무호흡증 고위험군은 5-8점, 중간위험군은 3-4점, 저위험군은 0-2점으로 구분하였다.¹⁰⁾

통계 분석

통계 분석은 IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 수행하였다. STOP-Bang 위험군 간 차이는 Shapiro-Wilk 검증 후 정규성 여부에 따라 one-way analysis of variance test나, 정규성을 따르지 않는 경우 Kruskal-Wallis test를 시행하였다. 수면무호흡증 선별을 위한 두 개의 진단 성능을 비교하기 위해 수신자 작동 특성(receiver operating characteristic curve) 곡선을 수행하고 컷오프 값을 얻었다. 모든 통계적 유의성은 p 값 0.05 이하를 유의하다고 판정하였다.

결 과

총 109명의 환자가 연구에 등록되었으며, 평균연령은 45.5 ±13.3세이며, 남성 80명, 여성 29명이 포함되었다. Table 1에

연구에 포함된 환자의 인구통계 및 수면다원검사 결과를 요약하였다. 등록된 환자의 시간당 AHI 결과에 따라 수면무호흡증 중증도를 분류하였으며, 정상군 19명(17.4%), 경증 28명(25.7%), 중등도 23명(21.1%), 중증 39명(35.8%)으로 구성되었다(Table 1).

Table 1. Patient demographics (n=109)

	Value
Age (years)	45.5 ± 13.3
Sex	
Male	80 (73.4)
Female	29 (26.6)
BMI (kg/m ²)	28.2 ± 4.6
Neck circumference (cm)	39.2 ± 3.9
Waist to hip ratio	0.95 ± 0.1
HTN	32 (29.4)
DM	22 (20.2)
CVD	11 (10.1)
PSQI score	11.8 ± 5.5
ESS score	8.5 ± 3.7
TST (min)	341.0 ± 50.7
AHI (events/hour)	24.2 ± 20.0
ODI (events/hour)	26.7 ± 23.9
STOP-Bang score	4.1 ± 1.5
SpO ₂ nadir (%)	80.9 ± 8.5
Diagnosis	
Normal	19 (17.4)
Mild OSA	28 (25.7)
Moderate OSA	23 (21.1)
Severe OSA	39 (35.8)

Data are presented as mean ± standard deviation or n (%). BMI, body mass index; HTN, hypertension; DM, diabetes mellitus; CVD, cardiovascular disease; PSQI, Pittsburgh sleep quality index; ESS, Epworth sleepiness scale; TST, total sleep time; AHI, apnea-hypopnea index; ODI, oxygen desaturation index; SpO₂, oxygen saturation; OSA, obstructive sleep apnea

STOP-Bang 설문과 스마트워치의 최저산소포화도를 이용한 수면무호흡증 진단의 정확도 비교

AHI ≥ 5/h 진단시, STOP-Bang 컷오프 값이 3일 때, 민감도 93.3%, 특이도 47.4%를 보였으며 곡선아래면적값(area under curve, AUC)은 0.868 ($p < 0.001$)로 '양호한' 진단 도구로 평가할 수 있었으며, 스마트워치의 최저산소포화도 컷오프 값이 87%일 때, 민감도 73.3%, 특이도 73.7%, AUC 값은 0.861 ($p < 0.001$)로 '양호한' 진단 도구로 평가할 수 있었다(Fig. 1 and Table 2).

AHI ≥ 15/h 진단시, STOP-Bang 컷오프 값이 4일 때, 민감도 85.5%, 특이도 61.7%를 보였으며 AUC 값은 0.776 ($p < 0.001$)을, 스마트워치의 최저산소포화도 컷오프 값이 86%일 때, 민감도 72.6%, 특이도 63.8%와 AUC 값은 0.755 ($p < 0.001$)로 STOP-Bang 값과 비슷하였다(Fig. 1 and Table 2).

STOP-Bang 위험도에 따른 그룹간 인구통계 및 수면다원검사와 스마트워치 결과 비교

STOP-Bang 위험도에 따라 저위험군은 15명(13.8%), 중간위험군은 51명(46.8%), 고위험군은 43명(39.4%)로 분류되었으며, 저위험군에서 나이, 성별, 체질량지수(BMI), 목둘레, 허리 대 엉덩이 비율, 고혈압 유병률, 수면다원검사 AHI 및 산소불포화지수(oxygen desaturation index)와 스마트워치의 최저 산소포화도 값에서 중간위험군이나 고위험군과 유의한 차이를 보였으며, 수면무호흡증 중증도 판정에도 유의한 차이를 보여주었다(Table 3). 저위험군에서는 60%가 정상, 40%가 경증 수면무호흡증을, 중간위험군에서는 19.6%가 정상, 25.5%가 경증, 33.3%가 중등도, 21.6%가 중증 수면무호흡증을, 고위험군에서는 0%에서 정상, 20.9%에서 경증, 14%에서 중등도, 65.1%에서 중증 수면무호흡증으로 판정되었다(Table 3).

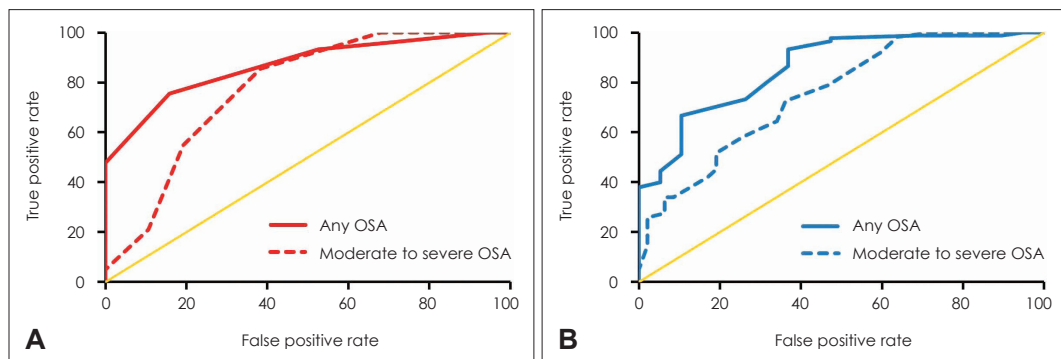


Fig. 1. ROC curve for any OSA (AHI ≥ 5) and moderate to severe OSA (AHI ≥ 15). A: With STOP-Bang score. B: With smartwatch SpO₂ nadir. ROC, receiver operating characteristics; OSA, obstructive sleep apnea; AHI, apnea-hypopnea index; SpO₂, oxygen saturation.

Table 2. Diagnostic accuracy of STOP-Bang and when using an AHI threshold of AHI \geq 15/h of smartwatch's lowest SpO₂ for OSA

	Cut-off (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	AUC	p-value
STOP-Bang						
Any OSA (AHI \geq 5)	3	93.3	47.4	85.3	0.868	<0.001
Moderate to severe OSA (AHI \geq 15)	4	85.5	61.7	75.2	0.776	<0.001
SW SpO ₂ nadir						
Any OSA (AHI \geq 5)	87	73.3	73.7	73.4	0.861	<0.001
Moderate to severe OSA (AHI \geq 15)	86	72.6	63.8	68.8	0.755	<0.001

OSA, obstructive sleep apnea; AHI, apnea-hypopnea index; SW, smartwatch; SpO₂, oxygen saturation; AUC, area under curve**Table 3.** Demographics and PSG results according to the STOP-Bang risk classification

	Low risk (0–2)	Intermediate risk (3–4)	High risk (5–8)	p-value
n (%)	15 (13.8)	51 (46.8)	43 (39.4)	<0.001
Age (years)	36.4 \pm 13.2*	44.47 \pm 13.38	45.5 \pm 13.3	0.002
Sex (M:F)	5:10 (33.3:66.7)**	34:17 (66.7:33.3) [‡]	41:2 (95.3:4.7)	<0.001
BMI (kg/m ²)	26.5 \pm 4.4*	27.07 \pm 3.63 [‡]	30.1 \pm 5.1	0.002
Neck circumference (cm)	35.5 \pm 3.1**	38.11 \pm 3.34 [‡]	41.9 \pm 3.0	<0.001
Waist to hip ratio	0.71 \pm 0.1 [†]	0.93 \pm 0.06 [‡]	0.99 \pm 0.1	<0.001
HTN	0 (0) [†]	12 (23.5) [‡]	20 (46.5)	0.001
DM	2 (13.3)	8 (15.7)	12 (27.9)	0.262
CVD	1 (6.7)	5 (9.8)	5 (11.6)	0.921
PSQI score	10.3 \pm 4.7	12.35 \pm 5.45	11.6 \pm 5.8	0.441
ESS score	8.3 \pm 4.7	7.88 \pm 3.34	9.3 \pm 3.7	0.175
Diagnosis				<0.001
Normal	9 (60.0) [†]	10 (19.6)	0 (0)	
Mild OSA	6 (40.0)	13 (25.5)	9 (20.9)	
Moderate OSA	0 (0) [§]	17 (33.3)	6 (14.0)	
Severe OSA	0 (0) [†]	11 (21.6) [‡]	28 (65.1)	
AHI (events/hour)	5.0 \pm 3.1 ^{††}	18.9 \pm 14.1 [‡]	37.3 \pm 21.1	<0.001
ODI (events/hour)	5.5 \pm 4.1 ^{††}	20.0 \pm 16.7 [‡]	42.3 \pm 25.7	<0.001
PSG SpO ₂ nadir (%)	87.1 \pm 5.2 [†]	83.0 \pm 7.0 [‡]	76.4 \pm 8.8	<0.001
SW SpO ₂ nadir (%)	87.1 \pm 6.1 [†]	85.4 \pm 6.5 [‡]	81.1 \pm 6.6	<0.001

Data are presented as n (%) or mean \pm standard deviation. *p<0.05 between low risk group and high risk; [†]p<0.01 between low risk group and high risk; [‡]p<0.05 between low risk group and intermediate risk; [§]p<0.01 between low risk group and intermediate risk; [‡]p<0.05 between intermediate risk group and high risk; ^{††}p<0.01 between intermediate risk group and high risk. PSG, polysomnography; BMI, body mass index; HTN, hypertension; DM, diabetes mellitus; CVD, cardiovascular disease; PSQI, Pittsburgh sleep quality index; ESS, Epworth sleepiness scale; OSA, obstructive sleep apnea; AHI, apnea-hypopnea index; ODI, oxygen desaturation index; SpO₂, oxygen saturation; SW, smartwatch

STOP-Bang과 스마트워치를 결합하여 수면무호흡증 (AHI \geq 15/h) 판정

Fig. 2 모식도에서 1단계로 STOP-Bang 위험도에 따라 분류를 시행하였다. 고위험군 43명 중에는 진양성(AHI \geq 15/h)인 경우가 43명(100%), 위양성(AHI<15/h)인 경우가 0명(0%)으로 나왔으며, 저위험군 15명에서는 진음성(AHI<15)인 경우가 9명(60%), 위음성(AHI \geq 15/h)인 경우는 6명(40%)으로 나왔다.

2단계에서는 STOP-Bang 중간위험군 51명을 대상으로 스마트워치 최저산소포화도(킷오프 값 86%)로 판정을 시행하여, 진양성(AHI \geq 15/h)인 경우가 19명(79.2%), 위양성(AHI<15/h)

인 경우가 5명(20.8%)으로 나왔으며, 진음성(AHI<15)인 경우가 18명(66.7%), 위음성(AHI \geq 15/h)인 경우는 9명(33.3%)으로 나왔다(Fig. 2).

1단계의 결과와 2단계의 결과를 정리하여 혼동행렬(confusion matrix)로 표시하면 Table 4와 같다. 수면무호흡증 AHI \geq 5/h을 기준으로 판정 시, STOP-Bang 단독으로 시행하였을 때 민감도 93.3%, 특이도 47.4%로 전체 정확도는 높았지만 특이도가 낮은 단점을 보였으며, STOP-Bang과 스마트워치가 결합한 경우에는 민감도 76.7%, 특이도 94.7%로 전체 정확도는 STOP-Bang 단독보다는 낮았지만 민감도와 특이도 모두를 비교적 높게 유지할 수 있었다(Table 5).

수면무호흡증 $AHI \geq 15/h$ 을 기준으로 판정시, STOP-Bang 단독으로 시행하였을 때 민감도 85.5%, 특이도 61.7%를 보였으며, STOP-Bang과 스마트워치가 결합한 경우에는 민감도 80.5%, 특이도 84.4%로 전체 정확도에서도 6.5% 높았으며, 민감도와 특이도 모두를 비교적 높게 유지할 수 있었다(Table 5).

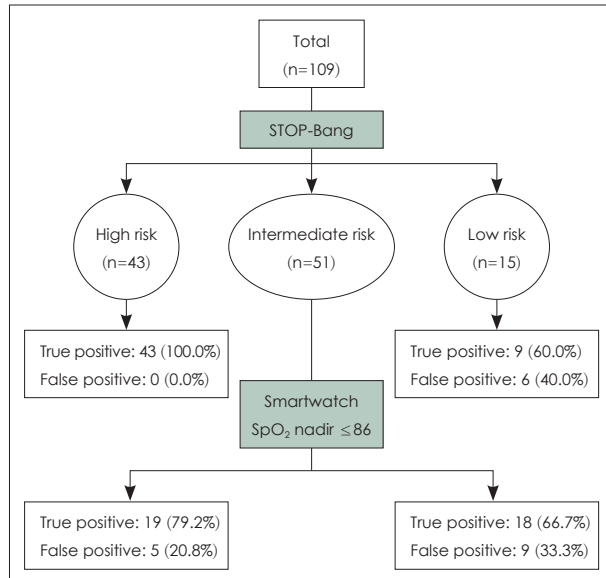


Fig. 2. Flow chart of two-phase diagnosis of obstructive sleep apnea with STOP-Bang and smartwatch.

Table 4. Confusion matrix of STOP-Bang alone and of STOP-Bang with smartwatch's lowest SpO₂ combined

	Any OSA (AHI ≥ 5)		Moderate to severe OSA (AHI ≥ 15)	
	+	-	+	-
STOP-Bang				
+	TP=84	FP=10	TP=53	FP=18
-	FN=6	TN=9	FN=9	TN=29
STOP-Bang+SW SpO ₂ nadir				
+	TP=69	FP=1	TP=62	FP=5
-	FN=21	TN=18	FN=15	TN=27

OSA, obstructive sleep apnea; AHI, apnea-hypopnea index; SW, smartwatch; SpO₂, oxygen saturation; TP, true positive; FP, false positive; FN, false negative; TN, true negative

Table 5. Diagnostic accuracy of STOP-Bang alone and of STOP-Bang with smartwatch combined for OSA

	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)	PPV (%)	NPV (%)
STOP-Bang					
Any OSA (AHI ≥ 5)	93.3	47.4	85.3	89.4	60.0
Moderate to severe OSA (AHI ≥ 15)	85.5	61.7	75.2	74.6	76.3
STOP-Bang+SW SpO ₂ nadir					
Any OSA (AHI ≥ 5)	76.7	94.7	79.8	98.6	46.2
Moderate to severe OSA (AHI ≥ 15)	80.5	84.4	81.7	92.5	64.3

OSA, obstructive sleep apnea; AHI, apnea-hypopnea index; SW, smartwatch; SpO₂, oxygen saturation; PPV, positive predictive value; NPV, negative predictive value

고찰

문헌에 따르면 중년 성인의 폐쇄성 수면무호흡증 유병률은 14%–49%까지 보고되고 있어 이를 적절히 선별해야 할 필요성은 높아지고 있다.¹¹⁾ 미국 Preventive Services Task Force는 일반 성인 인구에서 폐쇄성 수면무호흡증 선별 검사의 이익과 피해의 균형을 평가하기에는 현재 증거가 불충분하다고 발표하였다.¹²⁾ 미국 수면의학회는 특정 고위험군에 속하는 성인 환자를 대상으로 매년 선별 검사를 권장하였다.¹³⁾ 더욱이 폐쇄성 수면무호흡증은 암성 질환과 같이 치명률이 높지 않기 때문에 고도의 민감도를 필요로 하지 않는다. 위와 같은 상황을 고려하면, 폐쇄성 수면무호흡증 환자 선별 검사 시 민감도를 조금 희생하더라도 적절한 특이도를 확보하는 것이 유리할 것으로 보인다.

이번 연구를 통해서 수면무호흡증 선별검사로서 STOP-Bang과 스마트워치 각각의 정확도와 나아가 STOP-Bang과 스마트워치를 결합하여 중등도 이상의 수면무호흡증 선별 시의 장점을 확인할 수 있었다. STOP-Bang 설문지는 간편하고 민감도는 매우 뛰어나지만 특이도가 상대적으로 떨어져 정상인 환자를 수면무호흡증으로 오판하는 경향이 있다. 이는 다른 연구에서도 비슷한 결과를 보여주었다.^{6–8)} 반면에 최저산소화도를 이용한 스마트워치는 민감도는 STOP-Bang에 비해 떨어지지만 특이도가 낮지 않아 진단적 효용성이 있음을 확인할 수 있었다. 이번 연구의 특징은 2단계 접근법을 채택했다는 점이다. 임상증상과 신체 계측을 기반으로 한 STOP-Bang으로 고위험군과 저위험군으로 먼저 분류하면, 고위험군은 수면무호흡증으로 저위험군은 정상군으로 간주할 수 있으며, 나머지 중간위험군 환자를 스마트워치로 추가 평가하여 STOP-Bang 단독보다 정확도를 더욱 높일 수 있었다. STOP-Bang 평가로 3–4점을 얻은 중간위험군 환자에 대해서는 진료 의사는 수면무호흡증이 있을 가능성이 얼마나 되는지 추가 평가를 하라고 권고하고 있다.¹⁰⁾

STOP-Bang 설문지 고안된 이후로 설문지의 세부사항을 조정하여 수면무호흡증 예측의 정확도를 높이려는 시도가 있어

왔다. 브라질 연구에서는 평균연령 71세 노인들에서 STOP-Bang 설문지의 체질량지수 임계값을 28 kg/m^2 로 변형하고, 목둘레와 성별, 나이를 제거하여 STOP-B28이라는 변형된 설문을 만들어 STOP-Bang과 비교한 결과, $\text{AHI} \geq 5/\text{h}$ 를 예측하는데 유사한 정확도를 보여주었다.¹⁴⁾ 이 연구를 통해서 노령 인구에서는 성별 및 BMI 지수와 같은 고전적인 예측 변수는 수면무호흡증 사례 선별에 결정적이지 않을 수 있음을 증명하였다. 다른 연구에서는 STOP-Bang을 $\text{AHI} \geq 15/\text{h}$ 예측 정확도를 남성과 여성으로 각각 나누어 분석한 결과, 컷오프 값 3점 이상에서 특이도가 남성은 7.9%, 여성은 30.6%로 남성에서 매우 낮은 것을 확인했다.¹⁵⁾ 또한, 체질량지수 임계값을 35 kg/m^2 에서 세계보건기구 기준인 30 kg/m^2 로, 목둘레 임계값을 40 cm에서 43 cm로 수정하여 진단 정확도를 분석한 결과 기존의 STOP-Bang보다 정확도가 개선된 것을 보여주기도 하였다.¹⁵⁾

야간 산소측정기와 STOP-Bang 설문을 결합하여 수면무호흡증을 선별하는 연구에서 두 가지 방식을 결합한 것이 단독 STOP-Bang이나 단독 야간 산소측정기보다 경증, 중등도, 중증 수면무호흡증 환자를 더 정확하게 선별할 수 있었다고 보고한 바 있다.⁶⁾ 그러나 우리 연구와 다르게 어떻게 STOP-Bang과 야간 산소측정기를 어떠한 방식으로 결합하였는지는 기술되어 있지 않았다. 야간 산소측정기에서는 산소불포화지수를 사용하였으며, 4% 기준선보다 산소포화도가 감소하였을 때를 불포화사건으로 정하였다. 이 연구에서는 산소불포화지수 이외에도, 평균산소포화도 및 88% 이하에서 지속 시간의 변수를 비교하였는데, 평균 산소포화도나 88% 이하에서 지속시간 등의 변수는 정확도가 떨어지고 수면무호흡증 중증도에 따라 다르게 예측되는 부정확도를 보였으며, 산소불포화지수만이 신뢰할 수 있는 지표로 삼았다.⁶⁾

저자들은 이전 스마트워치 연구에서 가장 흔하게 사용하고 있는 스마트워치(갤럭시워치4와 애플워치7)의 여러 산소포화도 지표를 이용하여 야간 수면다원검사 결과와 비교한 바 있다.¹⁶⁾ 수면다원검사의 한 구성인 맥박 산소측정기와 일치도 비교에서 갤럭시워치4의 '최저산소포화도'는 급내상관계수(intraclass correlation coefficient) 0.909로 매우 높은 일치도를 보여주었다. 산소포화도 지표들에서 산소불포화지수가 AHI와 가장 높은 상관관계를 갖는다고 알려져 있지만,¹⁷⁾ 현재까지 스마트워치에서 산소불포화지수를 측정할 수 없는 형편이다.

한국갤럽 보고에 따르면 2021년 국내 성인 스마트폰 사용률은 95%이며, 스마트워치 사용률은 2020년 12%에서 2021년 19%로 성인 5명 중에 1명은 사용하고 있으며 사용 추세도 증가하고 있는 것으로 나타났다.¹⁸⁾ 스마트워치 사용 연령대도

20-30대 25%, 40-50대 20%, 60대 이상에서도 13%로 중장년층에서도 적지 않은 비율이 사용하고 있는 것으로 나타났다.¹⁸⁾ 따라서 '스마트워치의 건강 관련 데이터를 어떻게 이용하고 해석할 것인가?'가 이제는 중요한 문제가 되고 있다. 국내에서도 코골이를 녹음한 소리를 분석하여 무호흡 및 저호흡과 같은 호흡 이벤트를 예측하는 모델을 개발하여¹⁹⁾ 스마트폰 앱을 개발하기도 하였다. 이러한 디지털 헬스케어 제품들은 시간과 장소에 구애 받지 않으며, 저비용으로 장기간 연속적인 수면관련 데이터를 측정할 수 있고 클라우드에 보관할 수 있어 어디에서든 데이터를 확인해 볼 수 있는 장점을 갖게 된다. 건강에 대한 진단 및 관리를 병원 밖에서도 실현되고 있는 실정이다.

이번 연구를 통해서 STOP-Bang 설문지의 특이도를 높일 수 있는 2단계 접근법을 시행하였고, STOP-Bang 설문으로 고위험군과 저위험군을 먼저 선별한 후, 중간위험군을 스마트워치의 산소포화도 측정을 통해 선별하여 특이도와 정확도를 높일 수 있었다. 이를 진료 환경에서 적절히 활용하면 수면무호흡증 선별에 보다 유용할 것으로 생각한다.

Acknowledgments

None

Author Contribution

Conceptualization: Myoung Su Choi. Data curation: Min Woo Kim. Formal analysis: Min Woo Kim. Writing—original draft: Myoung Su Choi. Writing—revision & editing: Myoung Su Choi.

ORCIDs

Min Woo Kim <https://orcid.org/0000-0002-4025-6305>

Myoung Su Choi <https://orcid.org/0000-0003-4553-7808>

REFERENCES

- 1) Punjabi NM, Newman AB, Young TB, Resnick HE, Sanders MH. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: An outcome-based definition of hypopneas. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177(10):1150-5.
- 2) Young T, Finn L, Peppard PE, Szklo-Coxe M, Austin D, Nieto FJ, et al. Sleep disordered breathing and mortality: Eighteen-year follow-up of the Wisconsin sleep cohort. *Sleep* 2008;31(8):1071-8.
- 3) Young T, Evans L, Finn L, Palta M. Estimation of the clinically diagnosed proportion of sleep apnea syndrome in middle-aged men and women. *Sleep* 1997;20(9):705-6.
- 4) Chung F, Yegneswaran B, Liao P, Chung SA, Vairavanathan S, Islam S, et al. STOP questionnaire: A tool to screen patients for obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 2008;108(5):812-21.
- 5) Luo J, Huang R, Zhong X, Xiao Y, Zhou J. STOP-Bang questionnaire is superior to Epworth sleepiness scales, Berlin questionnaire, and STOP questionnaire in screening obstructive sleep apnea hypopnea syndrome patients. *Chin Med J (Engl)* 2014;127(17):3065-70.
- 6) Mashaqi S, Staebler D, Mehra R. Combined nocturnal pulse oximetry and questionnaire-based obstructive sleep apnea screening – A cohort study. *Sleep Med* 2020;72:157-63.
- 7) Nagappa M, Liao P, Wong J, Auckley D, Ramachandran SK,

- Memtsoudis S, et al. Validation of the STOP-Bang questionnaire as a screening tool for obstructive sleep apnea among different populations: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(12):e0143697.
- 8) Orbea CAP, Lloyd RM, Faubion SS, Miller VM, Mara KC, Kapoor E. Predictive ability and reliability of the STOP-BANG questionnaire in screening for obstructive sleep apnea in midlife women. *Maturitas* 2020;135:1-5.
 - 9) Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, Gozal D, Iber C, Kapur VK, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: Update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. Deliberations of the sleep apnea definitions task force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med* 2012; 8(5):597-619.
 - 10) Chung F, Abdullah HR, Liao P. STOP-Bang questionnaire: A practical approach to screen for obstructive sleep apnea. *Chest* 2016;149(3):631-8.
 - 11) Garvey JF, Pengo MF, Drakatos P, Kent BD. Epidemiological aspects of obstructive sleep apnea. *J Thorac Dis* 2015;7(5):920-9.
 - 12) US Preventive Services Task Force; Mangione CM, Barry MJ, Nicholson WK, Cabana M, Chelmow D, Rucker Coker T, et al. Screening for obstructive sleep apnea in adults: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *JAMA* 2022; 328(19):1945-50.
 - 13) Aurora RN, Quan SF. Quality measure for screening for adult obstructive sleep apnea by primary care physicians. *J Clin Sleep Med* 2016;12(8):1185-7.
 - 14) Martins EF, Martinez D, Cortes AL, Nascimento N, Brendler J. Exploring the STOP-BANG questionnaire for obstructive sleep apnea screening in seniors. *J Clin Sleep Med* 2020;16(2):199-206.
 - 15) Mou J, Pflugeisen BM, Crick BA, Amoroso PJ, Harmon KT, Tarnoczy SF, et al. The discriminative power of STOP-Bang as a screening tool for suspected obstructive sleep apnea in clinically referred patients: Considering gender differences. *Sleep Breath* 2019;23(1):65-75.
 - 16) Kim MW, Park SH, Choi MS. Diagnostic performance of photoplethysmography-based smartwatch for obstructive sleep apnea. *J Rhinol* 2022;29(3):155-62.
 - 17) Rashid NH, Zaghi S, Scapuccin M, Camacho M, Certal V, Capasso R. The value of oxygen desaturation index for diagnosing obstructive sleep apnea: A systematic review. *Laryngoscope* 2021;131(2):440-7.
 - 18) Gallup Korea. Research on 2012-2021 smartphone adoption rate and brand, smart watch and wireless earphone [online] [cited 2021 Jun 3]. Available from: URL: <https://www.gallup.co.kr/gallupdb/reportContent.asp?seqNo=1217>.
 - 19) Le VL, Kim D, Cho E, Jang H, Reyes RD, Kim H, et al. Real-time detection of sleep apnea based on breathing sounds and prediction reinforcement using home noises: Algorithm development and validation. *J Med Internet Res* 2023;25:e44818.