Is Split-Night Polysomnography Valid for Women with Obstructive Sleep Apnea?

Mi-Ri Kang, Ki-Hwan Ji

Department of Neurology, Busan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Busan, Korea

분할수면다원검사는 여성 폐쇄수면무호흡 환자에게 유효한가?

강미리, 지기환

인제대학교 의과대학 부산백병원 신경과학교실

Received November 4, 2020
Revised November 24, 2020
Accepted November 25, 2020

Address for correspondence

Ki-Hwan Ji, MD
Department of Neurology,
Busan Paik Hospital,
Inje University
College of Medicine,
75 Bokji-ro, Busanjin-gu,
Busan 47392, Korea
Tel: +82-51-890-8613
Fax: +82-51-890-6367
E-mail: kihwanji@gmail.com

Objectives: Split-night polysomnography (PSG) can be used for the diagnosis and treatment of obstructive sleep apnea (OSA). Recently, the American Academy of Sleep Medicine has broadened the indication of split-night PSG from severe to moderate OSA in a time window of 2 hours. However, majority pieces of evidence have been derived from the male predominant study population. The objective of this study was to investigate the diagnostic accuracy of split-night PSG in Korean women. **Methods:** This study included 122 adult women with OSA. Apnea-hypopnea index (AHI) from the first 120 minutes of clock time (T120-AHI) and full-night AHI (FN-AHI) were compared using the concordance correlation coefficient (CCC) method and Bland-Altman plot. Receiver operating characteristic (ROC) curves and the area under the ROC curves were plotted with various cut-off points of AHI. **Results:** The T120-AHI correlated with FN-AHI (CCC=0.77). The area under the ROC curve for T120-AHI with FN-AHI ≥ 15 was 0.865, with a sensitivity of 78.6% and specificity of 82.7%. **Conclusions:** T120-AHI showed a significant correlation with the FN-AHI value in Korean female patients with OSA.

J Sleep Med 2020;17(2):148-153

Key Words: Split-night polysomnography, Polysomnography, Woman, Obstructive sleep apnea, Diagnosis.

서 론

폐쇄수면무호흡은 수면 중 반복적인 상기도의 폐색으로 인해 호흡의 저하나 중단을 야기하며 저산소증이나 각성을 유발한다.¹ 또한, 주간졸림증을 촉발하고 인지기능 저하, 고혈압을 비롯한 심뇌혈관계 질병 및 대사성 질환의 위험인자이다.² 폐쇄수면무호흡을 진단하는 표준방법인 수면다원검사(polysomnography, PSG)는 최근 국내에서 급여화가 시행되어 환자가 부담하는 검사비용 저하로 인해 검사 접근도는 높아졌으나, 검사자원의 한정으로 인해 여전히 검사시행까지의 긴 대기기간이 존재한다. 무호흡의 치료로 양압 환기(continuous positive airway pressure, CPAP) 치료를 선택

하면 자동양압기를 사용하지 않는 한, 원칙적으로 양압 적정(CPAP titration)을 위한 추가적인 PSG가 필요하다. 국내보다 먼저 PSG가 일찍 대중화된 서구선진국에서도 검사 비용, 접근성, 검사 소요 시간 등의 측면이 진단 및 치료의 잠재적인 저해요소로 작용했던 바, 하룻밤의 PSG에서 진단과 치료를 동시에 하는 분할수면다원검사(split-night PSG)의 사용을 권장하고 있다.^{3,4} 초기 미국수면학회에서는 최소 2시간 동안 PSG 검사에서 무호흡-저호흡지수(apnea-hypopnea index, AHI)가 시간당 40회 이상의 환자 또는 AHI가 20회 이상이면서 양압치료가 필요하다고 판단되는 경우, 수면 후 반기에 양압 적정을 시행할 수 있다고 하였으나, 최근에는 AHI가 15회 이상인 경우로 그 적용 범위를 넓힌 바 있다.^{4,5} 하지만 이 근거는 주로 서구에서 진행된 연구에 기반을 두어 동양인을 대상으로 한 연구결과는 부족한 현실이다.⁶⁻⁹ 한국인을 대상으로 한 연구에서는 수면다원검사 시작 후 2시

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.

간 동안의 AHI와 전체 AHI의 일치율이 높다는 결과를 보였다. 하지만 이 연구는 전체 대상 150명 중 남성이 123명으로 남성의 비율(82%)이 여성에 비해 월등히 높았고, 따로 여성 집단에서만 AHI의 일치도를 비교한 결과는 없었다.¹⁰ 여성이 동일한 체질량지수의 남성보다 폐쇄수면무호흡의 중증도가 덜하며, NREM수면에 비해 REM수면 중 폐쇄수면무호흡이 더 심하다는 것을 고려하면, 남성중심의 연구에서 도출한 결과를 여성에게 그대로 적용하는 것이 무리일 수 있다.¹¹⁻¹³ 본 연구는 폐쇄수면무호흡 진단을 위해 PSG를 시행한 여성만을 대상으로 2시간 동안의 AHI와 전체 AHI의 일치도를 확인하고자 하였다.

방 법

본 연구는 부산 지역의 한 대학병원 수면클리닉에서 2011년 11월~2019년 6월까지 폐쇄수면무호흡을 의심해 PSG를 시행한 성인 여성 환자들을 대상으로 했다. 자료수집을 위해 부산백병원 윤리심의위원회의 승인을 받았고(IRB No. 202012-046), 후향적 의무기록 조사연구로 동의 수집은 면제됐다.

연구 대상

코골이와 무호흡을 주소로 폐쇄수면무호흡이 의심되어 PSG를 시행한 18세 이상의 한국인 성인남성을 제외한 여자 133명을 대상으로 했다. 1) PSG에서 AHI가 시간당 5회 미만, 2) 수면잠복기(sleep latency)가 90분 이상, 3) 중추성 폐쇄수면무호흡(central apnea $\geq 5/h$), 4) 파일 손상으로 PSG 원본을 확인할 수 없는 경우는 분석대상에서 제외하였다.

연구 도구

야간 수면다원검사(Full-night polysomnography, FN-PSG)

PSG는 Remlogic(Embla Systems, Denver, CO, USA)으로 시행했다. 수면 단계와 각성의 판정은 뇌파(C3-A2, C4-A1, F3-A2, F4-A1, O3-A2, O2-A1), 안전위도(electrooculography), 턱 근전도(chin electromyography)로 했다. 온도감지센서와 압력센서로 호흡량을 측정하였고, 흉곽과 복부벨트를 이용하여 호흡운동을 측정했다. 그 외 맥박산소측정(pulse oximetry), 심전도, 양쪽 앞정강근(tibialis anterior muscle)의 근전도와 체위를 측정했고, 검사 전 과정은 비디오로 기록했다. PSG 당일에는 수면에 영향을 미치는 알코올이나 카페인 함유된 음료를 복용하지 않도록 했다.

수면 단계, 호흡사건 및 각성 등에 대한 판독은 미국 수면학회의 지침에 따랐다.¹⁴ 무호흡(apnea)은 10초 이상 호흡이 멈추거나, 비강의 온도와 압력센서를 통해 공기흐름이 90% 이상 감소하는 경우, 저호흡(hypopnea)은 10초 이상 공기흐름이 30% 이상 감소와 산소포화도가 3% 이상 떨어지거나 각성을 보일 때로 하였다.¹⁴ 폐쇄수면무호흡은 AHI가 5/h 이상인 경우로 정의했다.

설문지

설문지는 수면 클리닉에 처음 방문한 날 작성되었다.

엠피워스졸음척도(Epworth Sleepiness Scale)

주관적인 주간 졸림증(daytime sleepiness)의 정도를 나타내는 척도로, 8가지 상황에서 잠이 들 수 있는 가능성을 0(절대 졸지 않음)에서 3(졸 것 같음) 범위로 평가한다. 총점 0~24점이다. 점수가 클수록 졸림증이 심하고, 10점 이상이면 과도한 주간졸림(excessive daytime sleepiness)이 있음을 의미한다.¹⁵

백 우울 척도(Beck Depression Inventory-II)

지난 2주간 우울함의 정도를 측정하는 것으로 21가지 항목으로 구성된다. 총점은 0~63점이며, 점수가 클수록 우울함을 뜻한다. 한국인을 대상으로 임상적으로 의미있는 우울증상의 총점 절단값(cutoff value)은 17점이다.¹⁶

자료 분석

FN-PSG의 AHI를 기준으로 잡고, 검사를 위해 불을 끈 시점을 PSG 검사 시작시간으로 설정하고, 120분 또는 90분 경과 시점의 AHI(T120-AHI, T90-AHI)와 일치도를 보았다. 일치도의 판정은 일치성 상관관계수(concordance correlation coefficient, CCC)와 블랜드-앨트먼 도표(Bland-Altman plot)를 이용하였다. FN-AHI에 대한 T120-AHI와 T90-AHI의 진단적 민감도 및 특이도를 알아보기 위해 각각 15/h, 30/h, 40/h의 절단값에 대하여 receiver operating characteristics(ROC) curve를 확인했다. 연령대별 FN-AHI와 T120-AHI간의 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 윌콕슨 부호 순위검정(Wilcoxon's signed ranks test)을 이용하였다.

결 과

연구 대상 133명 중 11명이 선정기준에서 탈락하여, 성인 여성 122명의 결과를 분석하였다.

일반적 특성 및 수면다원검사 결과

환자들의 나이, 체질량지수, 목둘레를 포함한 인구학적 성격과 설문 및 PSG 결과는 Table 1과 같다. 수면잠복기, 렘수면 잠복기의 평균값은 각각 12.1분, 120.2분이었다. 122명은 폐쇄수면무호흡의 중증도에 따라, 경증 56명, 중등도 42명, 중증 24명으로 분류되었다. 양와위(supine)와 렘수면시 AHI가 증가하는 소견을 보였다.

T120-AHI와 FN-AHI의 일치도

일치성 상관계수를 이용한 T120-AHI와 FN-AHI는 유의한 수준의 일치도를 보였다(CCC=0.773)(Fig. 1A). 블랜드-

앨트먼 도표에서는, T120-AHI와 FN-AHI 차이값에 대한 평균은 0.46으로 0에 가까운 값을 보였다(Fig. 1B). T120-AHI에서 AHI의 절단값 15, 30, 40을 사용한 ROC 커브 아래의 면적(area under the curve, AUC)은 모두 유의했으며, 각각의 민감도와 특이도는 절단값 15일 때 78.6%, 82.7%, 30일 때 79.2%, 90.8%, 40일 때 66.7%, 96.4% 였다(Fig. 2).

T90-AHI와 FN-AHI의 일치도

일치성 상관계수를 이용한 T90-AHI와 FN-AHI에서도 유의한 수준의 일치도를 보였다(CCC=0.739)(Supplementary Fig. 1A in the online-only Data Supplement). 블랜드-앨트먼 도표에서는, T90-AHI와 FN-AHI 차이값의 평균은 0.02로 0에 가까운 값을 보였다(Supplementary Fig. 1B in the online-only Data Supplement). T90-AHI에서 AHI의 절단값 15, 30, 40을 사용한 AUC 값은 모두 유의했으며, 각각의 민감도와 특이도는 절단값 15일 때 77.1%, 86.5%, 30일 때 66.7%, 87.8%, 40일 때 58.3%, 93.6% 였다(Supplementary Fig. 2 in the online-only Data Supplement).

고 찰

본 연구는 한국 성인 여성 폐쇄수면무호흡 환자에서 분할수면다원검사의 진단적 의의를 알아보기 위하여, T120-AHI와 FN-AHI를 비교하였고, T120-AHI의 진단적 유용성을 입증하였다. 이는 이전 연구결과들에서 여성이 남성에 비해 상대적으로 비렘수면 AHI가 낮고, 비렘수면 AHI와 렘수면 AHI의 차이가 심하여,¹¹⁻¹³ 남성에 비해 분할수면다원검사의 진단적 정확도가 떨어질 것이라는 예상과는 다른 결과였다. Won 등은 2057명의 데이터를 사용한 후향적 연구에서, 폐쇄수면무호흡 환자의 성별에 따라 PSG 결과를 비교했을 때, 전체 AHI 값은 남성에서 높고, 특히 비렘수면 AHI 값의 차이가 심하나, 렘수면 AHI는 유의한 차이를 보이지 않는다고 하였다.¹² Zhang 등은 남성보다 여성에서 상대적으로 렘수면 AHI가 높고, 마찬가지로 비렘수면 AHI는 낮은 결과를 보고하였다.¹³ 또한 두 연구 모두에서 남성보다 여성의 렘수면 잠복기가 길었다.^{12,13} 비슷한 체질량지수의 남성이 여성보다 폐쇄수면무호흡의 정도가 심하고, 남성에서 폐쇄수면무호흡의 유병률이 높은 원인은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나, 지방의 분포, 상기도의 해부학적 구조, 호흡 조절, 호르몬, 노화 등의 여러가지 측면에서 차이가 있기 때문이라고 여겨지고 있다.¹⁷ 상기도의 구조에서, 남성에서 더 길고 늘어진(floppy) 구인두를 가지고, 더 크고 지방이 많은 혀를 가지고 있으며,¹⁷ 나이가 들면서, 여성에 비해 남성에서 턱끝혀근의 음압에 대

Table 1. Demographic and polysomnographic characteristics of study subjects (n=122)

Variables	Values
Demographic variables	
Age (yr)	57.3±12.77
Body mass index (kg/m ²)	25.1±3.78
Neck circumference (cm)	35.0±2.72
Current smoking	6 (4.9)
Alcohol use	41 (33.6)
Sedatives use in test night	22 (18.0)
Epworth Sleepiness Scale	7.7±5.11
Beck Depression Inventory	14.4±10.05
Polysomnographic parameters	
Time in bed (min)	474.9±46.55
Total sleep time (min)	396.7±64.56
Sleep latency (min)	12.1±12.71
REM latency (min)	120.2±66.33
Sleep efficiency (%)	82.1±10.15
REM sleep (%)	19.3±11.39
NREM sleep (%)	
N1 sleep	22.7±10.41
N2 sleep	57.1±10.97
N3 sleep	4.5±6.46
AHI (/h)	20.3±13.40
REM-AHI (/h)	29.1±18.05
NREM-AHI (/h)	18.0±14.47
Supine AHI (/h)	28.3±19.7
Lowest SaO ₂ (%)	83.0±6.21
Arousal Index (/h)	22.0±21.61
5/h≤AHI<15/h	56 (45.9)
15/h≤AHI<30/h	42 (34.4)
30/h≤AHI	24 (19.7)

Values are presented as mean±standard deviation or number (%). AHI: apnea-hypopnea index

Figure 1. Agreement between AHI derived from T120 and FN. (A) Scatter plot of the AHI derived from T120 and FN. The concordance correlation coefficient for these data was 0.773, indicating a moderate degree of correlation. The dashed line is the $y=x$ line, and the solid line is the trend line. (B) Bland-Altman plot for the AHI derived from T120 and FN. The dotted line indicates the mean of the differences or bias, and the dashed lines indicate the lower and upper 95% limits of agreement. AHI: apnea-hypopnea index.

Figure 2. Receiver operating characteristic curves and the area under the curves according to each cut-off point for the apnea-hypopnea index in T120. AUC: area under the curve.

한 반응이 떨어지면서, 기도가 폐쇄되기 쉽다.¹⁸ 또한 비렘수면에서 상기도 저항이 증가하였을 때, 자발적 각성 이후 여성에 비해 저항기되고 기도 폐쇄성(collapsibility)이 증가하는 등의 각성 이후 발생하는 상기도의 불안정성으로도 일부 설명하고 있다.^{12,19-21} 성호르몬의 역할도 주요하게 여겨지는데, 폐경 이전에 비해 폐경기 및 폐경기 이후 AHI가 급격히 높아지고, 폐경기 이후의 여성에서 폐쇄수면무호흡의 유병률이 높다.²²⁻²⁴ 이러한 폐경기 전후로의 급격한 변화는 에스트로겐과 프로게스테론이 환기를 자극하고 상기도를 확장하는 작용을 하여, 폐쇄수면무호흡에 저항적인 작용을 할 것이라는 연구결과들이 있으나, 그 기전이 아직 명확히 밝혀지지 않는 것이다.^{24,25} 한 연구에서는, 폐경 이후 여성에서 호르몬 치료를 시행하지 않을 시 시행하는 군보다 폐쇄수면무호흡

의 위험도가 4배 이상 증가한다고 발표했다.²⁶ 또한 수술 후 발생한 폐경에서, 에스트로겐/프로게스테론 복합 호르몬 치료를 시행한 후 AHI가 감소했다는 연구결과도 있었다.²² 폐경 이후 호르몬의 변화로, 여성에서 몸통의 지방이 증가하여, 남성의 지방분포와 같이 변화하는 것 또한 폐쇄수면무호흡의 주요 위험인자로 밝혀지고 있다.^{27,28}

본 연구에서도, 렘수면 AHI가 비렘수면 AHI보다 높았고 평균 렘수면 잠복기는 120.2분, T120에 렘수면이 있었던 환자가 60명, 그 중 양와위 렘수면이 포함된 경우는 45명이었으나, T120-AHI가 FN-AHI와 높은 일치도를 보였다(Supplementary Table 1 in the online-only Data Supplement). 본 연구대상의 평균 연령이 57세로 높고, 대부분 폐경기 이후의 여성임을 고려하면, 연령에 의해 남녀의 AHI 차이가

Figure 3. Distribution of the AHI between T120 and FN in four subgroups according to the AHI in T120. AHI: apnea-hypopnea index.

희석되었을 가능성도 고려할 수 있다(Supplementary Table 2 in the online-only Data Supplement).

처음 2시간 혹은 3시간의 동안의 AHI와, 수면다원검사의 AHI간의 높은 일치도를 통해 분할수면다원검사의 진단적 정확도가 높은 것은 이미 알려져 있으나, 주로 서양인들을 대상으로 한 연구결과였다.⁶⁻⁹ Kim 등은 한국인 남자 123명을 포함한 한국인 150명의 데이터를 분석한 결과, 처음 두시간 동안의 AHI와, 수면다원검사의 AHI가 유의한 차이가 없었다.¹⁰ 본 연구를 통해, 여성을 포함한 한국인 폐쇄수면무호흡 환자에 대한 분할수면다원검사의 진단적 의의가 더욱 명확해질 것이라 생각한다.

또한, T120에서 AHI 15, 30, 40의 절단값을 사용하였을 때, 절단값이 높아질수록 민감도가 감소하였고, 특히 절단값 40일 때 66.7%의 낮은 민감도를 나타내, 중등도 이상의 폐쇄수면무호흡에서 분할수면다원검사를 권고하는 최근의 권고사항을 지지할 수 있는 결과이다.

본 연구에서는, 이전 연구들에서 많이 사용하지 않은, 처음 90분 동안의 AHI의 진단적 유용성을 함께 검토하였으며, 흥미롭게도 T90-AHI도 T120-AHI와 유의한 차이가 없었으며, FN-AHI와 높은 일치도를 보였다. 두 시간 미만의 진단적 수면다원검사를 통한 분할수면다원검사에 대한 연구는 아직 미미하나, 이후에도 이러한 결과들이 반복된다면, 추후 분할수면다원검사의 진단적 수면검사에 사용하는 시간을 줄이고, 양압 적정에 배분하는 시간을 늘려 양압 적정의 성공률을 높이는 데 보탬이 될 수도 있을 것이다.

본 연구는 단일 상급종합병원 수면센터에서 PSG를 시행한 성인 여성 환자만을 대상으로 한 후향적 연구이며, 모든 환자들의 폐경 여부를 명확히 확인하지 못하였고, 검사를 시행한 연령대 또한 높아, 대부분의 환자가 폐경기 혹은 폐경

기 이후의 연령대에 해당하여 여성 폐쇄수면무호흡 환자 전체를 대표하지 못한다(Supplementary Table 2 in the online-only Data Supplement).

또한 성인 남성 및 정상 대조군의 데이터가 없어 비교할 수 없으며, T120에서 AHI를 제외한 수면다원검사 결과를 함께 제시하지 않아, T120과 FN의 AHI 일치도를 보려는 목적에는 부합하나, 폭넓은 정보를 제공하지 못한 아쉬운 점이 있다.

본 연구를 통해, 폐쇄수면무호흡이 의심되는 성인 여성을 대상으로 한 분할수면다원검사의 진단적 의의를 확인할 수 있었다. 앞으로 여성 폐쇄수면무호흡 환자에서 분할수면다원검사의 유용성을 정립하기 위해, 그리고 두시간 이내의 분할수면다원검사의 진단 도구로서의 효용성에 대한 더 많은 연구들이 필요할 것이다.

Supplementary Materials

The online-only Data Supplement is available with this article at <https://doi.org/10.13078/jsm.200027>.

Acknowledgments

None.

Conflicts of Interest

The authors have no potential conflicts of interest to disclose.

ORCID iDs

Mi-Ri Kang <https://orcid.org/0000-0002-9833-023X>
Ki-Hwan Ji <https://orcid.org/0000-0002-5371-5398>

Author Contributions

Conceptualization: Ki-Hwan Ji. Data curation: Mi-Ri Kang. Formal analysis: Mi-Ri Kang. Investigation: Mi-Ri Kang. Methodology: Mi-Ri Kang, Ki-Hwan Ji. Writing—original draft: Mi-Ri Kang, Ki-Hwan Ji. Writing—review & editing: Mi-Ri Kang, Ki-Hwan Ji.

REFERENCES

- Young T, Palta M, Dempsey J, Skatrud J, Weber S, Badr S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med* 1993;328:1230-1235. <https://doi.org/10.1056/NEJM199304293281704>.
- Shahar E, Whitney CW, Redline S, et al. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: cross-sectional results of the Sleep Heart Health Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:19-25. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.1.2001008>.
- BaHammam AS, ALAnbay E, Alrajhi N, Olaish AH. The success rate of split-night polysomnography and its impact on continuous positive airway pressure compliance. *Ann Thorac Med* 2015;10:274-278. <https://doi.org/10.4103/1817-1737.160359>.
- Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler T, et al. Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005. *Sleep* 2005;28:499-521. <https://doi.org/10.1093/sleep/28.4.499>.
- Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, et al. Clinical practice guideline for diagnostic testing for adult obstructive sleep apnea: an American Academy of Sleep Medicine clinical practice guideline. *J Clin Sleep Med* 2017;13:479-504. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6506>.
- Khawaja IS, Olson EJ, van der Walt C, et al. Diagnostic accuracy of split-night polysomnograms. *J Clin Sleep Med* 2010;6:357-362. <https://doi.org/10.5664/jcsm.27877>.
- McArdle N, Grove A, Devereux G, Mackay-Brown L, Mackay T, Douglas NJ. Split-night versus full-night studies for sleep apnoea/hypopnoea syndrome. *Eur Respir J* 2000;15:670-675. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.2000.15d08.x>.
- Rodway GW, Sanders MH. The efficacy of split-night sleep studies. *Sleep Med Rev* 2003;7:391-401. <https://doi.org/10.1053/smr.2002.0272>.
- Strollo PJ Jr, Sanders MH, Costantino JP, Walsh SK, Stiller RA, Atwood CW Jr. Split-night studies for the diagnosis and treatment of sleep-disordered breathing. *Sleep* 1996;19:S255-S259. https://doi.org/10.1093/sleep/19.suppl_10.s255.
- Kim DK, Choi J, Kim KR, Hwang KG, Ryu S, Cho SH. Rethinking AASM guideline for split-night polysomnography in Asian patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 2015;19:1273-1277. <https://doi.org/10.1007/s11325-015-1158-2>.
- Subramanian S, Hesselbacher S, Mattewal A, Surani S. Gender and age influence the effects of slow-wave sleep on respiration in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 2013;17:51-56. <https://doi.org/10.1007/s11325-011-0644-4>.
- Won CHJ, Reid M, Sofer T, et al. Sex differences in obstructive sleep apnea phenotypes, the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Sleep* 2020;43:zs274. <https://doi.org/10.1093/sleep/zs274>.
- Zhang Z, Cheng J, Yang W, Zou H, Su C, Miao J. Gender differences in clinical manifestations and polysomnographic findings in Chinese patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 2020;24:1019-1026. <https://doi.org/10.1007/s11325-019-01943-y>.
- Berry RB, Brooks R, Gamaldo CE, et al. The AASM manual for the scoring of sleep and associated events. Rules, Terminology and Technical Specifications, Darien, Illinois, American Academy of Sleep Medicine, 2012;176.
- Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 1991;14:540-545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>.
- Park K, Jaekal E, Yoon S, Lee SH, Choi KH. Diagnostic utility and psychometric properties of the Beck Depression Inventory-II among Korean adults. *Front Psychol* 2020;10:2934. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02934>.
- Lin CM, Davidson TM, Ancoli-Israel S. Gender differences in obstructive sleep apnea and treatment implications. *Sleep Med Rev* 2008;12:481-496. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2007.11.003>.
- Malhotra A, Huang Y, Fogel R, et al. Aging influences on pharyngeal anatomy and physiology: the predisposition to pharyngeal collapse. *Am J Med* 2006;119:72.e9-72.e14. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2005.01.077>.
- Jordan AS, Eckert DJ, Catcheside PG, McEvoy RD. Ventilatory response to brief arousal from non-rapid eye movement sleep is greater in men than in women. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;168:1512-1519. <https://doi.org/10.1164/rccm.200302-1500C>.
- Jordan AS, Wellman A, Edwards JK, et al. Respiratory control stability and upper airway collapsibility in men and women with obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol (1985)* 2005;99:2020-2027. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00410.2004>.
- Jordan AS, McEvoy RD, Edwards JK, et al. The influence of gender and upper airway resistance on the ventilatory response to arousal in obstructive sleep apnoea in humans. *J Physiol* 2004;558:993-1004. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2004.064238>.
- Pickett CK, Regensteiner JG, Woodard WD, Hagerman DD, Weil JV, Moore LG. Progestin and estrogen reduce sleep-disordered breathing in postmenopausal women. *J Appl Physiol (1985)* 1989;66:1656-1661. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.66.4.1656>.
- Mirer AG, Young T, Palta M, Benca RM, Rasmuson A, Peppard PE. Sleep-disordered breathing and the menopausal transition among participants in the Sleep in Midlife Women Study. *Menopause* 2017;24:157-162. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000000744>.
- Popovic RM, White DP. Upper airway muscle activity in normal women: influence of hormonal status. *J Appl Physiol (1985)* 1998;84:1055-1062. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.3.1055>.
- Pillar G, Malhotra A, Fogel R, Beauregard J, Schnall R, White DP. Airway mechanics and ventilation in response to resistive loading during sleep: influence of gender. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162:1627-1632. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.5.2003131>.
- Bixler EO, Vgontzas AN, Lin HM, et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in women: effects of gender. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:608-613. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.163.3.9911064>.
- Trémollières FA, Pouilles JM, Ribot CA. Relative influence of age and menopause on total and regional body composition changes in postmenopausal women. *Am J Obstet Gynecol* 1996;175:1594-1600. [https://doi.org/10.1016/s0002-9378\(96\)70111-4](https://doi.org/10.1016/s0002-9378(96)70111-4).
- Toth MJ, Tchernof A, Sites CK, Poehlman ET. Effect of menopausal status on body composition and abdominal fat distribution. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:226-231. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801118>.

A **B**

Supplementary Figure 1. Agreement between AHI derived from T90 and FN. (A) Scatter plot of the AHI derived from T90 and FN. The concordance correlation coefficient for these data was 0.739, indicating a moderate degree of correlation. The dashed line is the $y=x$ line, and the solid line is the trend line. (B) Bland-Altman plot for the AHI derived from T90 and FN. The dotted line indicates the mean of the differences or bias, and the dashed lines indicate the lower and upper 95% limits of agreement. AHI: apnea-hypopnea index.

Supplementary Figure 2. Receiver operating characteristic curves and the AUC according to each cut-off point for the apnea-hypopnea index in T90. AUC: area under the curve.

Supplementary Table 1. Polysomnographic characteristics of subjects with REM sleep in T120 (n=60)

Variables	Values
Total sleep time (min)	98.2±17.45
REM sleep (%)	15.2±11.69
Patients with supine REM sleep	45 (75)
Supine REM sleep (%)	13.1±9.86
AHI (/h)	18.3±12.63
REM-AHI (/h)	35.7±24.90

Values are presented as mean±standard deviation or number (%).

AHI: apnea-hypopnea index

Supplementary Table 2. The mean values of T120-AHI and FN-AHI according to age group

Age (yr)	n (%)	T120-AHI	FN-AHI	<i>p</i>
18–39	10 (8.2)	18.5±11.52	18.8±11.59	0.515
40–49	14 (11.5)	18.4±18.17	15.2±10.19	0.753
50–59	41 (33.6)	19.2±18.63	18.5±12.52	0.722
60–89	57 (46.7)	22.8±17.74	23.0±22.78	0.794

Values are presented as mean±standard deviation or number (%).
p value for T120-AHI vs. FN-AHI. AHI: apnea-hypopnea index