

## Validation of Embletta for Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea

Hoon Chung, Seung Youp Shin, Kun Hee Lee, Joong Saeng Cho and Sung Wan Kim

Department of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, Kyung Hee University School of Medicine, Seoul, Korea

### 폐쇄성 수면 무호흡증 환자의 진단에서 엠블레타의 유용성

정 훈 · 신승엽 · 이건희 · 조중생 · 김성완

경희대학교 의학전문대학원 이비인후과학교실

Received January 16, 2010

Revised June 7, 2010

Accepted June 28, 2010

#### Address for correspondence

Sung Wan Kim, MD  
Department of Otolaryngology-  
Head & Neck Surgery,  
Kyung Hee University  
School of Medicine, 1 Hoegi-dong,  
Dongdaemun-gu, Seoul 130-702,  
Korea

Tel +82-2-958-8471

Fax +82-2-958-8470

E-mail khuent@khmc.or.kr

**Background and Objectives** Overnight polysomnography (PSG) in a sleep laboratory is the standard method of confirming the diagnosis of obstructive sleep apnea (OSA). However, PSG is expensive, time-consuming, uneasily accessible and labor-intensive, so many patients need a more convenient tool that is ambulatory. The aim of this study was to investigate the usefulness of Embletta by comparing the respiratory parameters derived from Embletta with those of PSG.

**Subjects and Method** PSG and Embletta sleep study were performed for 42 patients prospectively. Respiratory parameters, such as apnea index (AI), hypopnea index (HI), apnea-hypopnea index (AHI), and oxygen parameters, such as lowest oxygen saturation (LSAT), mean oxygen saturation (MSAT), and oxygen desaturation index (ODI) were measured automatically from Embletta and by hand from PSG. All parameters of Embletta were compared with those of PSG. In addition, sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), and negative predictive value (NPV) for Embletta were calculated for the diagnosis of OSA.

**Results** Most of the respiratory parameters and the oxygen parameters were well correlated between PSG and Embletta and the correlation coefficients were well correlated and statistically significant as well. The sensitivity, specificity, PPV, and NPV were 90%, 75%, 0.9, and 0.75, respectively, for Embletta for the diagnosis of OSA.

**Conclusion** Embletta might be clinically useful as a screening device of OSA patients based on its high correlation to PSG and positive predictive value.

Korean J Otorhinolaryngol-Head Neck Surg 2010;53:480-5

**Key Words** Obstructive sleep apnea · Polysomnography.

## 서 론

폐쇄성 수면무호흡증 환자는 심혈관계 질환이 증가되고 주간 졸림증이 유발되어 교통사고, 작업장에서 사고율을 높이고 작업 능력 및 삶의 질이 저하된다.<sup>1-3)</sup> 폐쇄성 수면무호흡증의 진단에 가장 유용하고 정확한 검사는 표준수면다원검사(standard polysomnography, PSG)로 수면시간, 구강 및 비강 내 기류, 호흡운동, 산소포화도, 체위, 심전도, 안구운동, 근전도, 뇌파 등을 함께 측정할 수 있다. 그러나 PSG는 시행이 복잡하고 검사가 집과 다른 수면 환경을 가진 검

사실에서 이루어져 평소와는 다른 수면 양상을 보일 수 있으며 인력과 비용이 많이 든다는 단점이 있다.<sup>4)</sup> 이러한 PSG의 불편성 때문에 많은 폐쇄성 수면무호흡증 환자들의 진단에 어려움이 있다.

실제로 폐쇄성 수면무호흡증 환자가 최근 증가하는 추세이지만 중등도 이상의 폐쇄성 수면무호흡증 환자의 경우 여성의 93%, 남성의 82%가 진단되지 않은 상태로 살아간다고 보고되어 있다.<sup>5,6)</sup> 따라서 임상적으로 수면무호흡증이 의심되는 환자들에 대한 선별검사로 비용이 적게 들면서 정확도가 있는 이동식 수면검사에 대한 관심이 증가하

고 있다. 여러 종류의 이동식 수면기기가 있으나 Embletta (Embla Co., Colorado, USA)는 다른 기기들에 비해 수면의 자세를 측정할 수 있고, 환자의 호흡노력을 감지하여 폐쇄성 수면무호흡증과 중추성 수면무호흡증을 감별할 수 있는 장점이 있다. 국내에서 수면무호흡증 환자에서 PSG와 Embletta의 상관관계를 비교한 보고는 없다. 이에 저자들은 수면 중 호흡의 양상을 확인할 수 있는 이동식 수면검사 장비인 Embletta와 PSG와의 비교 분석을 통해 Embletta의 임상적 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 대 상

본 연구는 2008년 8월부터 2009년 9월까지 코골이 또는 수면무호흡, 과다 주간 졸림증 등을 주소로 본원 수면 호흡장애 클리닉을 방문한 환자 중 PSG를 시행하고 다른 날 Embletta를 사용하여 수면검사를 시행한 환자 42명을 대상으로 하였다. 42명 환자 모두에게서 Embletta 실험에 관한 사전 동의서를 받았고, 임상 윤리 위원회의 심의를 통과하였다. Embletta를 착용하고 수면을 하는 경우 수면다원검사실과 유사한 수면을 방해하지 않는 조용한 상태를 유지하였고, 천식, 폐기종, 만성 기관지염 등의 호흡기 질환을 앓고 있는 환자는 연구 대상에서 제외하였다.

### 방 법

PSG(Embla Co., Reykjavik, Iceland)는 모든 환자를 대상으로 검사실에서 하룻밤 동안 시행하였다. 검사항목으로는 뇌파검사, 안전도, 턱과 경골전부의 근전도, 심전도, 비강 및 구강의 공기의 흐름, 흉부 및 복부의 움직임, 동맥혈 산소포화도, 수면 시의 자세 등을 검사하였다.

Embletta는 크기  $86 \times 116 \times 27$  mm, 무게 0.239 kg의 기계로, 호흡 운동, 비강 및 구강 기류, 체위, 코골이, 혈중 산소 포화도, 심박동 등을 기록할 수 있다(Fig. 1). 호흡 시 흉부 및 복부 움직임을 보기 위해 16개이지 transducer를 환자의 우측 가장 아래쪽 늑골부 피부에 부착한다. 코골이는 비강과 구강 기류의 압력 신호 중 고주파수 성분만을 기록한다. 체위 측정을 위한 센서는 Embletta 장치 내에 설치되어 있고 pulse oximeter를 이용하여 말초 혈류의 산소 포화도와 심박동을 측정하게 된다. Embletta는 벨트를 이용해서 환자의 가슴부위에 부착하게 되며 nasal probe를 코 속으로 연결한 후 고정을 하게 된다. 그 후 환자 또는 환자 보호자에게 잠들기 전에 시작 버튼을 누르고 잠에서 깰 때 멈춤 버튼을 누르도록 교육을 하였다. 결과는



**Fig. 1.** Embletta device. The Embletta automatically analyzes and derives apnea-hypopnea index, flow limitation and snoring and generates a simple, easy to interpret one page report.

Embletta에 저장된 내용이 자동적으로 분석(automated scoring)되어 다음날 아침 주치의에 의해 기록이 되었다. Embletta에서 무호흡은 기류의 90% 이상의 감소가 최소 10초 이상 지속될 때를 기준으로, 저호흡은 기류의 50% 이상의 감소가 최소 10초 이상 지속될 때를 자동으로 기록하여 계산해낸다.

PSG와 Embletta 간에 무호흡지수(apnea index, AI), 저호흡지수(hypopnea index, HI), 무호흡 저호흡 지수(apnea-hypopnea index, AHI), 수면 중 최저 산소포화도(lowest oxygen saturation, LSAT)와 평균 산소포화도(mean oxygen saturation, MSAT), 산소 탈포화지수(oxygen desaturation index, ODI), 수면 중 산소포화도가 90% 이하로 떨어진 시간의 전체 수면 시간에 대한 비율( $\text{SaO}_2 < 90$ )을 측정하여 비교하였다. 또한 AHI의 체위에 따른 변화를 보기 위해 PSG와 Embletta에서의 양외위 AHI와 비양외위 AHI를 비교하였고 PSG를 통해 얻은 AHI 값을 기준으로 질환의 중증도를 나누어 각 중증도에서 AI, HI, AHI 평균값을 비교하였다. 또한 obstructive sleep apnea(OSA)의 진단을  $\text{AHI} > 5$ 로 정의하였을 때 Embletta의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도를 산출하였다.

통계학적 분석은 PSG와 Embletta에서의 AI, HI, AHI, LSAT, MSAT, ODI,  $\text{SaO}_2 < 90$ 의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson correlation과 Spearman correlation을 이용

하였고 통계적인 유의성은  $p < 0.05$ 일 때로 간주하였다.

## 결 과

환자의 연령분포는 29세에서 67세였으며 평균나이는  $43.4 \pm 13.9$ 세였다. 성별 분포는 남자가 36명, 여자가 6명이었고 평균 체질량지수(body mass index, BMI)는  $25.0 \pm 4.6$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )이었다. PSG에서 환자들의 총 침상 안정시간은  $383 \pm 64$ 분, 총 수면 시간은  $345 \pm 71$ 분, 무호흡-저호흡 지수(apnea-hypopnea index, AHI)는  $17.72 \pm 14.23$ 이었다(Table 1). PSG를 통해 측정한 환자의 분포는 총 42명 중 AHI 5 이상의 수면무호흡증 환자가 30명, AHI 5

**Table 1.** PSG data of obstructive sleep apnea patients (n=42)

	Mean $\pm$ SD
Age (years)	$43.4 \pm 13.9$
Sex (female/male)	6/36
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$25.0 \pm 4.6$
TIB (min)	$383 \pm 64$
TST (min)	$345 \pm 71$
AHI (PSG)	$17.72 \pm 14.23$

BMI: body mass index, TIB: time in bed, TST: total sleep time, AHI (PSG): apnea hypopnea index by polysomnography

**Table 2.** Comparison between PSG and Embletta data

	PSG	Embletta
AI	$8.68 \pm 8.56$	$8.46 \pm 9.58$
HI	$9.03 \pm 9.41$	$12.83 \pm 14.54$
AHI	$17.72 \pm 14.23$	$20.68 \pm 17.93$
MSAT	$95.32 \pm 1.53$	$95.60 \pm 2.07$
LSAT	$84.25 \pm 4.92$	$85.28 \pm 6.21$
SaO <sub>2</sub> <90	$10.97 \pm 21.46$	$12.28 \pm 24.99$
ODI	$27.09 \pm 29.99$	$20.81 \pm 19.32$

PSG: polysomnography, AI: apnea index, HI: hypopnea index, AHI: apnea hypopnea index, MSAT: mean oxygen saturation, LSAT: lowest oxygen saturation, SaO<sub>2</sub><90: percentage below oxygen saturation 90%, ODI: oxygen desaturation index

이하가 12명이었다. PSG와 Embletta를 비교한 결과 AI는  $8.68 \pm 8.56$  vs.  $8.46 \pm 9.58$ , HI는  $9.03 \pm 9.41$  vs.  $12.83 \pm 14.54$ , AHI는  $17.72 \pm 14.23$  vs.  $20.68 \pm 17.93$ , MSAT는  $95.32 \pm 1.53$  vs.  $95.60 \pm 2.07$ , LSAT는  $84.25 \pm 4.92$  vs.  $85.28 \pm 6.21$ , SaO<sub>2</sub><90은  $10.97 \pm 21.46$  vs.  $12.28 \pm 24.99$ , ODI는  $27.09 \pm 29.99$  vs.  $20.81 \pm 19.32$ 로 측정되었다(Table 2).

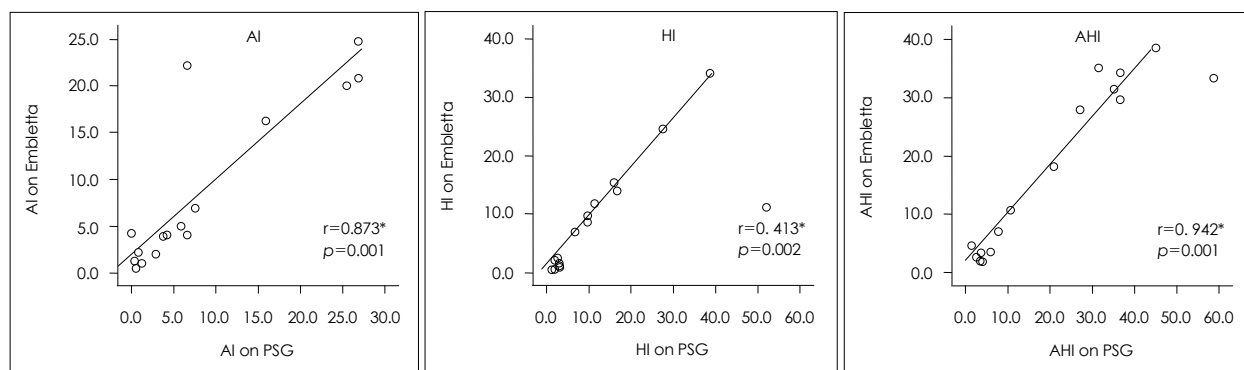
PSG와 Embletta의 AI, HI, AHI 값의 상관관계를 분석해보면 두 검사 간의 상관계수는 각각  $0.873$  ( $p=0.001$ ),  $0.741$  ( $p=0.002$ ),  $0.942$  ( $p=0.001$ )로 나타나 모두 통계적으로 유의하며 높은 상관관계를 나타내었다(Fig. 2).

수면다원검사와 Embletta에서 산소와 관련된 지표인 MSAT, LSAT, SaO<sub>2</sub><90, ODI값의 상관관계를 분석한 결과 두 검사간의 상관계수는 각각  $0.847$  ( $p=0.000$ ),  $0.642$  ( $p=0.004$ ),  $0.796$  ( $p=0.001$ ),  $0.484$  ( $p=0.005$ )로 모든 항목에서 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다(Fig. 3).

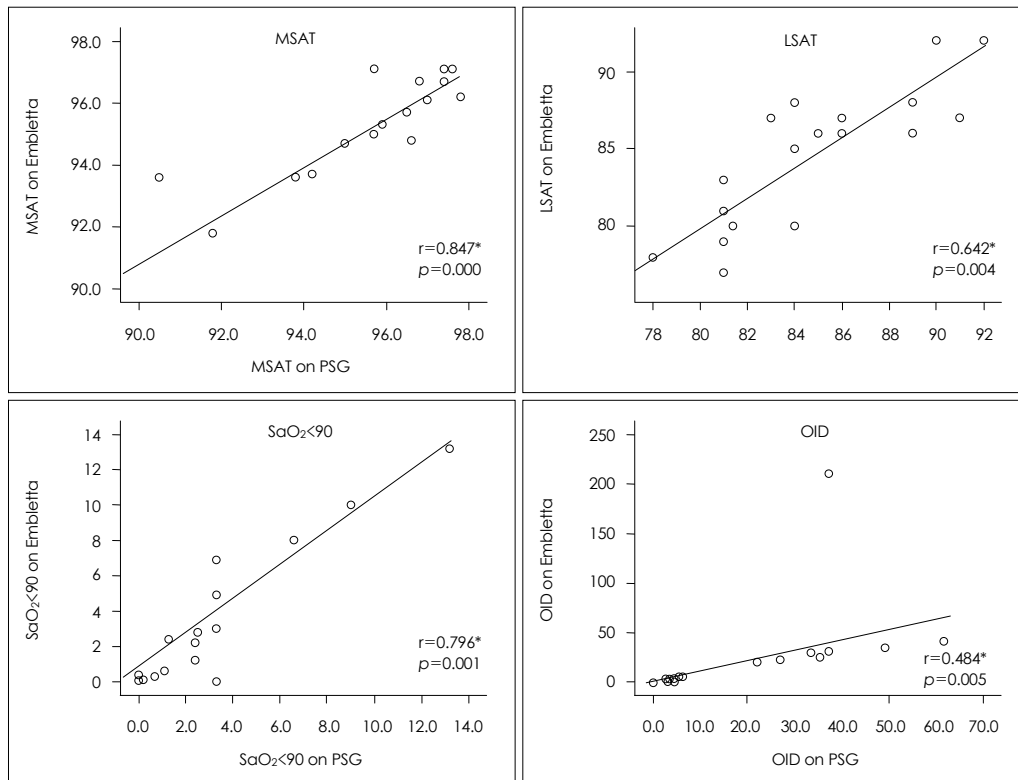
수면 자세에 따른 AHI를 측정한 결과 PSG와 Embletta에서 각각 양와위 AHI는  $35.48 \pm 27.70$  vs.  $36.87 \pm 28.98$  이었고 비양와위 AHI는  $6.74 \pm 8.59$  vs.  $8.62 \pm 9.18$ 로 모두 Embletta군에서 약간 높게 측정되었으나 통계적 유의한 차이는 없었다(Table 3).

수면다원검사를 통해 얻은 AHI 값을 기준으로 경도( $5 \leq \text{AHI} < 15$ ) 및 중등도군( $15 \leq \text{AHI} < 30$ )과 중증군( $\text{AHI} \geq 30$ )으로 나눈 후 각 군에서 AI, HI, AHI의 평균값을 비교해 보았을 때 표준수면다원검사에 비해 Embletta를 시행하여 얻은 값이 비교적 높은 측정값을 나타내는 경향을 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 상관관계를 분석한 결과 경도 및 중등도군에서는 AI, AHI 값이 통계적으로 유의한 상관관계를 보였고, 중증군에서는 모든 측정값에서 유의한 상관관계를 보였다(Table 4).

수면다원검사에서 수면무호흡증의 진단기준인  $\text{AHI} \geq 5$ 인 30명의 환자 중 Embletta로 측정하였을 때  $\text{AHI} \geq 5$ 인 환



**Fig. 2.** Correlation of respiratory parameters between PSG and Embletta. \* $p < 0.05$ . PSG: polysomnography, AI: apnea index, HI: hypopnea index, AHI: apnea hypopnea index.



**Fig. 3.** Correlation of oxygen parameters between PSG and Embletta. \* $p < 0.05$ . PSG: polysomnography, MSAT: mean oxygen saturation, LSAT: lowest oxygen saturation,  $\text{SaO}_2 < 90$ : percentage below oxygen saturation 90%, ODI: oxygen desaturation index.

**Table 3.** AHI according to position

	PSG	Embletta
Total AHI	$17.72 \pm 14.23$	$20.68 \pm 17.93$
Supine AHI	$35.48 \pm 27.70$	$36.87 \pm 28.98$
Non-supine AHI	$6.74 \pm 8.59$	$8.62 \pm 9.18$

PSG: polysomnography, AHI: apnea hypopnea index

자는 27명이었으며, 수면다원검사서 AHI<5였던 환자 12명 중 Embletta에서 AHI<5로 나온 환자는 9명이었다. 따라서 산술적으로 계산된 Embletta를 이용한 검사의 민감도는 90%, 특이도는 75%였으며 양성 예측도는 0.9, 음성 예측도는 0.75였다(Table 5).

## 고찰

최근 수년간 폐쇄성 수면무호흡증의 유병률과 사망률은 증가하는 추세이며 이로 인해 공공의료 부문의 사회적 비용이 증가되고 있다.<sup>6,7)</sup> 이를 해결하기 위해 더 많은 폐쇄성 수면무호흡증 환자들을 선별할 수 있어야 한다. 폐쇄성 수면무호흡증의 진단에는 현재 병력, 이학적 검사, 영상검사, 수면다원검사 등이 이용되며 그 중 PSG가 수면무호흡증의 중증도의 결정과 기능적 이상을 발견하는 데 가장 적

합한 것으로 알려져 있다.<sup>8)</sup> 그러나 PSG는 장비의 수가 제한되어 있고 시간과 비용이 많이 들어 많은 수의 수면무호흡증 환자들이 진단되지 못한 경우가 있다. 따라서 수면무호흡증 환자 진단에 있어 PSG를 대체할 수 있는 이동식 수면다원검사 기기에 대한 관심이 증가되고 있다.

다양한 이동식 수면기기를 사용한 연구들이 있었다. 이동식 수면다원검사 기기인 MESAM IV(Martinsried, Germany)를 사용한 연구에서 수동분석을 시행한 결과 민감도가 98% 특이도는 78%였고 AHI, ODI 값이 PSG와 통계적으로 의미 있는 차이가 없었으나, 자동분석을 시행한 경우 민감도가 78%까지 떨어지고 부정맥이 있는 환자에서 심박동수를 기록하지 못하고 산소포화도가 50% 이상 떨어지는 경우 기록하지 못한다는 단점이 있다고 하였다.<sup>9)</sup> 다른 기기인 Somnocheck(Astro-Med Inc., USA)를 사용한 연구에서도 수동분석을 한 경우 민감도 97% 특이도 100%, PSG와 AHI 상관계수가 0.98이었으나 자동분석을 시행한 경우 민감도 83%, 특이도 95%, PSG에서의 AHI와 상관계수는 0.83로 감소하였다.<sup>10)</sup> 그러나 본 연구에서는 자동분석을 시행한 결과 PSG와 Embletta의 AI, HI, AHI 값의 상관계수는 0.87, 0.74, 0.94였고 MSAT, LSAT,  $\text{SaO}_2 < 90$ , ODI 값의 상관계수는 각각 0.84, 0.64, 0.79, 0.48로 모두

**Table 4.** Correlation between PSG and Embletta in the group according to severity of the disease on PSG

		PSG	Embletta	Correlation
Mild to moderate	AI	8.61 ± 7.4	9.61 ± 7.2	r=0.78* p=0.005
	HI	8.41 ± 6.2	10.31 ± 8.1	r=0.22* p=0.414
	AHI	15.8 ± 8.7	21.7 ± 17.4	r=0.68* p=0.021
Severe	AI	26.3 ± 17.7	31.1 ± 24.4	r=0.54* p=0.032
	HI	17.2 ± 11.2	19.2 ± 12.7	r=0.59* p=0.017
	AHI	35.8 ± 18.8	41.9 ± 21.2	r=0.91* p=0.001

\*p&lt;0.05. PSG: polysomnography, AI: apnea index, HI: hypopnea index, AHI: apnea hypopnea index

**Table 5.** Numbers of OSA patients according to AHI on PSG and Embletta

	AHI>5 on Embletta	AHI<5 on Embletta
AHI>5 on PSG	27	3
AHI<5 on PSG	3	9

PSG: polysomnography, AHI: apnea-hypopnea index, OSA: obstructive sleep apnea

의미 있는 상관관계를 보였고 민감도와 특이도는 각각 90%, 75%로 나타나 Embletta는 자동분석을 시행하여도 수면무호흡증의 선별검사로서의 사용에는 무리가 없을 것이라 생각된다.

Ng 등<sup>11)</sup>은 80명의 환자를 대상으로 Embletta를 시행하였는데 AHI 값이 5 이상인 경우를 수면무호흡증으로 정의하였을 때 민감도 92.4%, 특이도 85.7%였으나 AHI 값이 20 이상인 경우를 수면무호흡증으로 정의하였을 때에는 민감도가 85.3% 감소하고 특이도는 95.7%로 증가하는 결과를 보였다고 보고하였다. 본 연구에서는 특이도가 75%로 낮게 나왔으나, 환자들의 분포가 경도 중등도의 환자가 많았고, 수면무호흡증이 아닌 환자들도 많이 포함되어 있어, 중증의 수면무호흡증환자를 더 많이 포함한다면 특이도가 더 상승할 것으로 예상된다.

Kim 등<sup>12)</sup>은 이동식 수면검사 기기인 ApneaLink™(RE-SMED, Inc., USA)으로 자동분석을 시행할 경우 AI, HI, AHI 값 모두 PSG와 통계적으로 유의하며 높은 상관관계를 보인다고 보고하였다. 하지만 이 기기는 수면자세에 따른 AHI를 측정할 수 없고, 호기-흡기 노력을 측정할 수 있는 센서가 없어서 중추성과 폐쇄성 수면무호흡증을 감별할 수 없다는 단점을 갖는다.

본 연구에서 표준수면다원검사의 AHI 값을 기준으로 경도 및 중등도군과 중증군으로 나누었을 때 중증군에서는 AI, HI, AHI 값 모두 높은 상관관계를 보였고 경도 및 중등도군에서는 AI와 AHI 값이 높은 상관관계를 보였다. 이는 Embletta가 특히 중증의 폐쇄성 수면무호흡증 환자에서 더 정확하며 중증의 환자를 진단하는 데 유용할 것으로 생각된다. 경도-중등도의 수면무호흡 환자에서 PSG의 HI와 상관관계가 낮은 것은 저호흡의 기준이 두 기계 장치에서 다르기 때문이라 생각된다. 하지만 Embletta의 결과를

Somnologica 소프트웨어를 사용하면 수동분석이 가능하므로, 검사자들이 수동분석을 병행한다면 보정할 수 있을 것이라 생각된다.

Embletta 사용 시 제한점으로는 자동분석을 이용하면 기기가 공기의 흐름에 너무 예민하게 반응하거나, 구호흡 시 무호흡으로 나타나 수치가 증가할 수 있고, 검사 시 뇌파가 기록되지 않으므로 정확한 수면의 시작과 끝을 알 수 없다. 본 연구에서는 표준수면다원검사에서의 총 수면시간이 평균 345±71분, Embletta에서의 총 수면시간은 373±74분으로 Embletta에서 다소 길게 나타났으나 통계적으로 의미있는 차이는 보이지 않았다.

Embletta의 장점으로는 호기-흡기 노력을 측정할 수 있는 벨트를 장착하여 폐쇄성 수면무호흡증과 중추성 수면무호흡증을 감별할 수 있고 수면의 자세를 측정할 수 있는 센서가 기기에 내장되어 있으며 산소포화도를 측정할 수 있는 장치가 있다. 또한 호흡 시 공기의 흐름을 측정할 수 있는 방법으로 비강압력측정 장치를 사용하는데, 이것은 열전대(thermistor)나 가스용적측정기(pneumotachometer)보다 저호흡이나 호흡노력관련각성을 감지하는 데 민감도가 더 높다고 보고되어 있다.<sup>13)</sup>

폐쇄성 수면무호흡증의 진단을 위해서는 원칙적으로 PSG를 실시하여야 한다. Embletta는 뇌파를 측정할 수 없기 때문에 수면다원검사에서의 정확한 수면의 시작과 끝을 알 수 없고 환자가 집에서 스스로 이동식 수면기기를 작동시킬 경우 오작동을 시키는 경우가 발생할 수 있다는 제한점을 가지고 있다. 하지만 수면다원검사에 비해 쉽게 시행할 수 있다는 장점이 있고 다른 이동식 수면기기에 비해서 수면의 자세를 반영할 수 있고 폐쇄성 수면무호흡증과 중추성 수면무호흡증을 감별할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 장점들과 검사의 편리성으로 인하여 수면무호흡의 증상

이 심해 치료를 받아야 하지만 수면검사실에서 검사를 받지 못하는 환자, 진단되지 않은 수면무호흡증 환자의 선별 검사에는 유용할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

- 1) Flemons WW, Littner MR, Rowley JA, Gay P, Anderson WM, Hudgel DW, et al. Home diagnosis of sleep apnea: a systematic review of the literature. An evidence review cosponsored by the American Academy of Sleep Medicine, the American College of Chest Physicians, and the American Thoracic Society. *Chest* 2003;124 (4):1543-79.
- 2) Ross SD, Sheinhardt IA, Harrison KJ, Kvasz M, Connelly JE, Shea SA, et al. Systematic review and meta-analysis of the literature regarding the diagnosis of sleep apnea. *Sleep* 2000;23 (4):519-32.
- 3) Lam JC, Ip MS. An update on obstructive sleep apnea and the metabolic syndrome. *Curr Opin Pulm Med* 2007;13 (6):484-9.
- 4) Hida W, Shindoh C, Miki H, Kikuchi Y, Okabe S, Taguchi O, et al. Prevalence of sleep apnea among Japanese industrial workers determined by a portable sleep monitoring system. *Respiration* 1993;60 (6):332-7.
- 5) 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.
- 6) 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 (17):1230-5.
- 7) Findley LJ, Weiss JW, Jabour ER. Drivers with untreated sleep apnea. A cause of death and serious injury. *Arch Intern Med* 1991;151 (7):1451-2.
- 8) Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler T, Alessi CA, Bailey D, Coleman J Jr, et al. Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: an update for 2005. *Sleep* 2005;28 (4):499-521.
- 9) Esnaola S, Durán J, Infante-Rivard C, Rubio R, Fernández A. Diagnostic accuracy of a portable recording device (MESAM IV) in suspected obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 1996;9 (12):2597-605.
- 10) Ficker JH, Wiest GH, Wilpert J, Fuchs FS, Hahn EG. Evaluation of a portable recording device (Somnocheck) for use in patients with suspected obstructive sleep apnoea. *Respiration* 2001;68 (3):307-12.
- 11) Ng SS, Chan TO, To KW, Ngai J, Tung A, Ko FW, et al. Validation of Embletta portable diagnostic system for identifying patients with suspected obstructive sleep apnoea syndrome (OSAS). *Respirology* 2010;15 (2):336-42.
- 12) Kim SH, Eun YG, Kim MG, Cho JS, Kim SW. Clinical value of apneaLink™ in the diagnosis of obstructive sleep apnea syndrome. *Korean J Otolaryngol-Head Neck Surg* 2008;51 (10):878-82.
- 13) Ayappa I, Norman RG, Krieger AC, Rosen A, O'malley RL, Rapoport DM. Non-Invasive detection of respiratory effort-related arousals (REras) by a nasal cannula/pressure transducer system. *Sleep* 2000;23 (6):763-71.