

폐쇄성수면무호흡증후군의 무호흡-저호흡 지수에 따른 수면양상의 비교

원광보건대학 임상병리과

진복희

Comparison of Sleep Pattern According to Apnea-Hypopnea Index with Obstructive Sleep Apnea Syndrome

Bok-Hee, Jin

Department of Clinical Laboratory Science, Wonkwang Health Science College, Iksan 570-750, Korea

Obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) is defined by sleep apnea with decreased oxygen saturation, excessive snoring with daytime sleepiness, and frequent awakening during the night time sleep. The present study was performed to investigate how apnea-hypopnea, that possibly causes breathing disturbance during sleep, can affect sleep pattern in patients with OSAS. We included 115 patients (92 men, 23 women) who underwent a polysomnography from January 2006 to May 2007. As the frequency of sleep apnea-hypopnea increases, the proportion of non-rapid eye movement (REM) sleep ($p<0.001$), and stage I sleep ($p<0.001$) increased, while that of stage II sleep ($p<0.001$), stage III and IV sleep ($p<0.01$), and REM sleep ($p<0.05$) decreased. Furthermore, sleep apnea-hypopnea was closely correlated with REM sleep ($r=0.314$, $p<0.001$), stage I sleep ($r=0.719$, $p<0.001$), stage II sleep ($r=-0.342$, $p<0.05$), stage III and IV sleep ($r=-0.414$, $p<0.001$), and REM sleep ($r=-0.342$, $p<0.05$). Stage I sleep could account for the 51% of the variance of apnea-hypopnea. Our study shows sleep apnea-hypopnea affects sleep pattern in pattern with OSAS significantly, and the change of stage I sleep is the most important factor in estimating the disturbance of sleep pattern.

Key Words : Obstructive sleep apnea syndrome, Apnea-hypopnea index, Sleep pattern

I. 서 론

수면은 뇌가 발달된 동물의 중요한 생리기능으로 양적으로나 질적으로 양호한 수면을 얻음으로서 의해 주간 활동의 정상적인 활동을 영위할 수 있다. 그러나 현대인들은 생활패턴의 변화로 인해 평균 수면시간이 양적으로 감소되

었고, 질적으로도 수면장애가 증가하는 추세에 있다(佐藤, 2005).

최근 증가하고 있는 수면무호흡 증후군(sleep apnea syndrome, SAS)은 Guilleminault 등(1976)이 7시간 이상의 수면 중에 10초 이상 지속되는 무호흡이 30회 이상 출현하는 것으로 정의하였다. SAS는 수면 시 상기도 폐쇄에 의한 폐쇄성, 호흡중추 이상에 의한 중추성 및 폐쇄성의 일부로 생각되는 혼합성으로 나누어지며, SAS의 95% 정도는 폐쇄성수면무호흡증후군(obstructive sleep apnea

교신저자 : 진복희, (우) 570-750 전북 익산시 신용동 344-2
원광보건대학 임상병리과
Tel : 063-840-1217
E-mail : bhjin@wkhc.ac.kr

syndrome, OSAS)이다(일본후생성특정질환호흡부전조사 연구반, 1999). OSAS는 수면 시 상기도 폐쇄에 의해 10초 이상 지속되는 일과성 무호흡이 1시간당 5회 이상 발생하며 그것에 따라서 동맥혈산소포화도(SpO₂)의 저하가 반복하여 일어나는 것으로 심한 코골이와 주간의 과도한 졸음(excessive daytime sleepiness, EDS)을 호소하고, 수면 중의 질식감이나 잦은 각성, 숙면감의 결여, 주간 피로감, 집중력 결여 등의 자각증상을 동반하는 증후군이다(川名, 2006; 八木, 1998; 김, 2004). 미국인을 대상으로 한 수면장애에 대한 역학조사에 의하면 성인 남성의 24%, 여성의 9%가 수면호흡장애(sleep breathing disorder, SBD)를 가지고 있다. 이 중 OSAS는 성인 남성이 4%, 여성이 2%라고 하였으며(Young 등, 1993), 일본에서는 성인 남성의 OSAS는 2%~4% 정도라고 보고하였다(岡田, 1994).

SAS의 진단, 중증도의 판정 및 치료효과의 평가는 수면다원검사(polysomnography, PSG)가 필수적이며 최근 수면의학과 수면무호흡증에 대한 관심과 더불어 PSG를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 PSG에서 확진된 OSAS의 소견을 분석하여 수면 중의 호흡장애를 나타내는 무호흡-저호흡지수(apnea-hypopnea index, AHI)가 수면양상에 어떤 영향을 미치는지 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

2006년 1월부터 2007년 5월까지 이대목동병원 수면다원검사실에서 코골이를 주소로 내원하여 PSG를 받은 115명(남자 92명, 여자 23명)을 대상으로 하였다. 이 중 폐쇄성과 혼합성은 포함하였으나 중추성은 제외하였다.

2. 방법

PSG는 야간 수면 중에 생긴 여러 전기현상을 동시에 기록하기 위해서 수면다원검사기기(Alice 3, Respiromics, Pennsylvania, Pittsburgh, USA)를 이용하였다. 수면단계

를 알기 위해 뇌파는 C₃/A₂, C₄/A₁, O₁/A₂, O₂/A₁에, 안전도는 외안각 외측 1cm 위아래에, 아래턱 근전도는 하악근에 부착하였다. 무호흡 여부와 그 분류를 하기 위해 비강, 구강의 공기흐름은 온도감지센서(thermister)를 이용하였으며, 흉곽 및 복부의 호흡운동은 벨트를 부착하여 측정하였다. 코골이음을 측정하기 위해 마이크로폰을 후두 부위에 부착하였고, 다리 근전도는 양측 전경골근에 부착하였으며, 동맥혈산소포화도(SpO₂)를 측정하기 위해 감지기(pulse oximeter)를 왼손 둘째손가락에 부착하였다. 그 외에 심전도, 체위센서를 부착하여 측정하였다.

무호흡(apnea)은 비강, 구강의 공기흐름이 10초 이상 정지된 상태로 호흡운동 자체는 지속되는 경우로 정의하였고, 저호흡(hypopnea)은 1회 환기량의 50% 이하의 호흡이 10초 이상 계속된 경우로 정의하였다(八木, 1998).

AHI는 수면 1시간당 발생하는 무호흡과 저호흡 횟수의 합에서 구하였다. 보통 이용되는 AHI의 판정기준은 0~5/hr 이하는 정상, 5~15/hr는 경증(mild), 15~30/hr는 중등증(moderate), 30/hr 이상은 중증(severe)으로 분류하였다(AASM, 1999).

뇌파에서 수면단계의 판정은 Rechtschaffen와 Kales의 국제안(1986)에 따라서 각성, 1~4단계 수면 및 REM단계 수면으로 판정하였으며 수면구축에 관한 지표로서 각 수면단계의 비율, 즉 비렘수면비율(% non REM), 1단계 수면비율(% stage 1 sleep), 2단계 수면비율(% stage 2 sleep), 3 & 4단계 수면비율(% stage 3 & 4 sleep), 렘수면비율(% REM), 렘수면잠복기(REM latency), 입면잠복기(sleep latency)를 산출하였다.

3. 통계분석

모든 측정치는 평균±표준편차로 나타냈고, 대상자의 임상특성은 one sample T-test분석을 실시하였으며, AHI에 따른 수면양상 간의 유의성을 평가하기 위해서 ANOVA분석을 실시하였다. 그리고 수면양상과 AHI 두 변수간의 상관관계를 알기 위해 Pearson상관계수(correlation coefficient) 분석을 실시하였다. 각 수면양상에 따른 AHI의 회귀식과 유의도를 얻기 위해 중요한 변수순서로 투입되다가 통계적으로 유의성이 없는 변수만 남게 되면 분석이 중단되는 stepwise방식의 다중회귀분석(multiple

regression)을 실시하였다. 유의수준은 0.05 이하로 하였으며 통계분석은 SPSS Win(ver 11.5)을 이용하였다.

III. 결 과

대상자의 평균 연령은 46.31±11.72세로, 주로 40~50대의 중년층이었다. 신장은 168.54±8.51 cm, 체중은 73.73±12.70 kg이었으며, 신장과 체중으로부터 구한 체질량지수(body mass index, BMI)는 25.77±3.06 kg/m²로 비만에 해당 되었다. 코골이음은 68.26±10.94 dB로 환경소음기준인 50 dB보다 컸으며, 목둘레는 39.33±3.32 cm로 보통 정상성인의 목둘레 32~35 cm에 비해 굵었다. AI는 수면 1시간당의 무호흡 횟수로 13.61±20.70 회/hr, HI는 19.39±17.89 회/hr이었고, AHI는 32.97±26.85 회/hr로 중등증에 해당되었다. AHI의 판정기준에 의한 분류에서 정상은 3.25±1.52 회/hr로 15명(13.04%)이었고, 경증은 10.31±2.38 회/hr로 22명(19.13%), 중등증은 22.61±4.47 회/hr로 27명(23.48%), 중증은 46.02±21.68 회/hr로 51명(44.35%)이었다(Table 1).

OSAS의 AHI에 따른 수면양상은 수면단계에서 많은 변화를 보였다. 비렘수면비율(p<0.05)과 1단계 수면비율은 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 증가하였으며(p<0.001), 2단계 수면비율은 감소하였다(p<0.001). 그리고 3 & 4단계 수면비율(p<0.01)과 렘수면비율(p<0.05)은 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 감소하였다. 그러나 렘수면 잠복기와 입면 잠복기는 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 유의한 차이는 볼 수 없었다(Table 2).

Table 1. Clinical characteristics of study subjects

Variables	Mean(range)
Sex (male/female)	92명(80%)/23명(20%)
Age (yrs)	46.31±11.72(14~72)
Height (cm)	168.54±8.51(149~184)
Weight (kg)	73.73±12.70(48~112)
BMI (kg/m ²)	25.77±3.06(18.5~34)
Snoring sound (dB)	68.26±10.94(45~95)
Neck circumference (cm)	39.33±3.32(32~47)
AI	13.61±20.70(0~113.42)
HI	19.39±17.89(0~84.34)
AHI	32.97±26.85(0~115)
<5/hr	15(13.04%)
5~15/hr	22(19.13%)
15~30/hr	27(23.48%)
>30/hr	51(44.35%)

Values are mean±SD (range), BMI (body mass index)=weight (kg)/[height(m)]²

AI : apnea index, HI : hypopnea index, AHI : apnea-hypopnea index

수면양상과 AHI의 상관관계를 알기 위해 상관계수를 분석한 결과 비렘수면비율(r=0.314, p<0.001), 1단계 수면비율(r=0.719, p<0.001), 2단계 수면비율(r=-0.487, p<0.001), 3 & 4단계 수면비율(r=-0.414, p<0.001), 렘수면비율(r=-0.342, p<0.001)은 유의한 상관관계를 나타냈으나 렘수면 잠복기(r=-0.086), 입면 잠복기(r=-0.119)는 상관관계를 나타내지 않았다(Table 3).

Table 2. Comparison of sleep pattern according to apnea-hypopnea index

Variables	<5/hr (n=15)	5~15/hr (n=22)	15~30/hr (n=27)	>30/hr (n=51)	P-value
Non REM (%)	82.42±4.88	86.35±6.96	83.41±4.85	87.28±7.20	<0.05
Stage 1 sleep (%)	19.35±10.66	26.46±9.41	30.22±12.59	48.33±21.41	<0.001
Stage 2 sleep (%)	46.93±11.59	47.15±14.33	40.55±13.35	32.87±15.65	<0.001
Stage 3 & 4 sleep (%)	16.15±10.81	11.39±10.21	12.63±9.64	6.09±7.61	<0.01
REM (%)	17.61±4.91	13.65±6.95	16.57±4.85	12.72±7.20	<0.05
REM latency (min)	111.17±52.27	119.23±68.09	122.98±60.89	101.68±70.64	0.523
Sleep latency (min)	22.07±39.39	18.69±40.37	7.22±5.84	9.27±15.43	0.327

Table 3. Correlation between sleep pattern and apnea-hypopnea index

Variables	Correlation coefficient(r)	P-value
Non REM (%)	0.314**	<0.001
Stage 1 sleep (%)	0.719**	<0.001
Stage 2 sleep (%)	-0.487**	<0.001
Stage 3 & 4 sleep (%)	-0.414**	<0.001
REM (%)	-0.342**	<0.001
REM latency (min)	-0.086	0.359
Sleep latency (min)	-0.119	0.206

Table 4. Multiple regression equation of sleep pattern affecting apnea-hypopnea index

Multiple regression equation	R2	P-value
AHI = -1.986+0.969×S ₁	0.517	<0.001

AHI : apnea-hypopnea index, S₁ : stage 1 sleep

각 수면양상에 따른 AHI의 회귀식과 유의도를 얻기 위해 다중회귀분석을 시행한 결과 가장 먼저 투입되는 변수는 1단계 수면비율로 이때의 설명력은 51.7%로 나타났다. 그 이후에 투입되는 변수는 없었으며 결국 회귀분석은 종결되었다. 이때 산출된 회귀식은 다음과 같다(Table 4).

IV. 고 찰

수면 중 신체의 주요 기능들은 비급속안구운동수면(non rapid eye movement sleep, non REM수면, 비렘수면)과 급속안구운동수면(rapid eye movement sleep, REM수면, 렘수면)에 따라 달라지며 이것은 수면 중 호흡에 있어서도 그대로 적용된다(신과 이, 2004).

수면무호흡은 수면단계에 따라 중추신경계로부터의 조절이 다르고 일부 수면질환은 렘수면 시에만 이상이 나타나므로 PSG에서 수면을 비렘수면과 렘수면으로 구분해야 하고, 비렘수면은 얇은 수면인 1, 2단계와 깊은 수면인 3, 4단계로 나누어 관찰해야 한다(김, 2004; 이와 정, 2005). 일반적으로 수면무호흡은 밤의 수면에 큰 영향을

미치고, 폐쇄성인 경우에 무호흡은 반드시 각성되기 때문에 무호흡이 있을 때마다 각성이 나타나고, 1, 2단계 수면이 많이 나타나며 3, 4단계 수면 및 렘수면이 감소한다(Parkes, 1985). 수면무호흡증의 수면단계는 무호흡에 따라 도중에 각성이 많으며 불안정한 수면패턴을 보이니(岩崎, 1990) 1단계 수면은 정상수면에 비해 분명히 다르다(紫田 등, 1992). 杉田(1987)은 소아의 수면무호흡증에서 깊은 비렘수면이 차지하는 비율은 적고 얇은 비렘수면이 많으며 매우 불안정한 수면과정으로 렘수면의 출현율도 저하한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 OSAS의 AHI에 따른 수면양상을 비교한 결과 수면단계에서 많은 변화를 보였으며 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 비렘수면비율은 증가하였다. 이 중 1단계 수면비율은 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 증가하였다. 이와 같은 것은 수면무호흡증의 수면구조에 관한 여러 지표를 비교한 결과 수면무호흡증의 수면구조는 건강 성인에 비해 수면효율이 유의하게 낮고 1단계 수면비율이 유의하게 증가하였다고 보고한 결과와 일치하였다(井上, 1988). 紫田 등(1992)도 정상 예와 비교하여 수면무호흡증에서 주목되는 변화는 1단계 수면이 증가하였다고 보고하여 본 연구와 일치된 소견을 보였다. 수면무호흡증의 수면구조에서 2단계 수면비율은 유의하게 낮으며(八木 등, 1998), 성인에서 수면무호흡증은 1, 2단계 수면과 렘수면에서만 나타난다고 하였으나(井上, 1988) 본 연구에서 2단계 수면비율은 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 감소하였다. 이는 수면무호흡증이 주로 1, 2단계 수면에서 나타난다는 결과와 일치하였으나(Issa와 Sullivan, 1984) 무호흡이 심할수록 2단계 수면은 증가되었다는 Chervin과 Aldrich(1998)의 연구와는 상반된 결과를 보였다.

각성과 수면시간을 단순히 비교한 수면효율보다는 3과 4단계 수면인 서파수면비율과 렘수면비율로 정의된 수면구조의 변화가 폐쇄성수면무호흡증의 호흡장애지수를 더 잘 반영한다(김, 2001). 따라서 수면구조는 보통 3과 4단계 수면인 서파수면비율과 렘수면비율로 평가할 수 있다. 폐쇄성수면무호흡증에서 3과 4단계 수면인 서파수면비율과 렘수면비율이 모두 저하되는 것은 호흡장애지수가 증가하면 서파수면과 렘수면이 1, 2단계의 얇은 수면으로 바뀌어서 나타나는 현상으로 생각된다(김, 2001). 본 연구에서 3과 4단계 수면비율은 무호흡-저호흡

의 정도가 심할수록 감소하였다. 이는 성인을 대상으로 한 수면무호흡증의 연구에서 3과 4단계가 전혀 나타나지 않으며(紫田 등, 1992; Issa와 Sullivan, 1984), 수면무호흡증에서 서파수면비율이 감소하였다는 Rey 등(1994)과 Parkes(1985)의 결과와 일치된 소견을 보였다. 또한 3과 4단계 수면인 서파수면비율과 렘수면비율은 폐쇄성수면무호흡증에서 정상치에 비해 감소되어 있으며(김, 2001; Chervin과 Aldrich, 1998), 수면무호흡증의 수면구조는 건강 성인에 비해 3, 4단계 수면비율이 유의하게 감소하였다는 井上(1988)의 결과와도 일치된 소견이다. 수면무호흡증은 입면시간이 단축하고 서파수면은 거의 출현하지 않는 특징이 있다. 따라서 1, 2단계 수면은 증가하지만 서파수면 중에는 무호흡이 생기기 어렵고 렘수면 중에는 무호흡 횟수가 증가하며 지속시간도 길어지는 경향이 있다(中沢, 1986). 八木 등(1998)은 수면무호흡증의 수면구조는 수면효율, 2단계 수면비율, 3과 4단계 수면비율, 렘수면비율은 유의하게 낮았다고 보고한 바 있다.

수면과 관련된 환기장애의 대부분이 렘수면 단계에서 가장 심각하게 나타나며 무호흡도 더욱 길고 빈번하게 나타난다(Wiegand 등, 1991). 이는 수면 중에 증가하는 호흡저항에 대한 환기기능의 보상작용이 렘수면 단계에서 가장 감소하기 때문이다(Wiegand 등, 1988). 본 연구에서 렘수면비율은 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 감소하였다. 이는 무호흡이 심할수록 렘수면비율이 감소하고 3과 4단계 수면인 서파수면이 감소하며(Chervin과 Aldrich, 1998; Parkes, 1985) 수면무호흡증의 수면구조는 건강 성인에 비해 수면 효율이 유의하게 낮고 렘수면 단계의 비율이 유의하게 감소한다는 井上(1988)의 결과와 일치된 소견이나 수면무호흡증은 주로 렘수면 단계에 걸쳐 나타난다는 Issa와 Sullivan(1984)의 결과와는 상반된 소견을 보였다.

렘수면에서는 상기도의 운동신경과 확장근육의 긴장도와 활성도가 저하되고 상기도 저항은 증가하면서 환기가 감소한다(Becker 등, 1999). 따라서 렘수면에서 호흡장애의 일종인 폐쇄성수면무호흡증은 렘수면에서 주로 발생해야 하나 수면무호흡증은 대개 여러 수면단계에 걸쳐서 나타난다. 본 연구에서 렘수면 잠복기는 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 유의한 차이는 볼 수 없었다. 이는 폐쇄성수면무호흡증을 정상군과 비교한 연구에서 렘수면잠복

기가 증가되었으며(김 등, 2001), 경도의 수면무호흡증의 패턴을 분류한 연구(O'Connor, 2000)에서 경도의 SAS와 렘수면 의존성 SAS가 반드시 일치하지 않는다는 결과와는 상반된 소견이다.

야간 PSG에서 입면 잠복기에 대한 선행연구들의 결과는 매우 다양하다. 야간 PSG에서 호흡장애지수가 클수록 입면 잠복기는 감소(Rohers 등, 1989)하나 관계가 없다는 보고도 있다(Chervin, 1995). 또한 폐쇄성수면무호흡증을 정상군과 비교한 김 등(2001)의 연구에서는 입면 잠복기가 증가한다고 하였으나 본 연구에서 입면 잠복기는 무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 유의한 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 김 등(2001)의 연구와는 상반된 소견이다. 입면 잠복기는 과도한 주간 졸음증이 있는 폐쇄성수면무호흡증에서 입면 잠복기 반복검사(multiple sleep latency test, MSLT)를 실시하면 입면 잠복기가 감소되므로 야간 PSG에서 졸음증의 평가에 참조할 수 있는 변인으로서 입면 잠복기가 이용되기도 한다(Chervin, 1995).

폐쇄성수면무호흡증에서 3과 4단계 수면인 서파수면비율과 렘수면비율은 호흡장애지수와 음의 상관관계가 있으나 폐쇄성수면무호흡증에서 호흡장애지수와 입면 잠복기는 유의한 상관관계가 없다(김 등, 2001). 이는 수면양상과 AHI의 상관관계를 알기 위해 상관계수를 분석한 결과 3과 4단계 수면비율과 렘수면비율은 음의 상관관계가 있으나 입면 잠복기는 상관관계를 나타내지 않은 본 연구와 일치된 소견을 보였다. 호흡장애지수는 무호흡과 저호흡을 합한 횟수의 시간당 평균을 나타내므로 폐쇄성수면무호흡증에서 호흡장애지수는 서파수면비율과 렘수면비율이 수면구조를 반영한다고 규정할 수 있다.

본 연구에서는 OSAS에서 수면 중 호흡장애를 일으키는 무호흡-저호흡이 수면양상에 미치는 영향을 알아보아 다음과 같은 결과를 얻었다.

무호흡-저호흡의 정도가 심할수록 비렘수면비율, 1단계 수면비율은 증가하였으며, 2단계 수면비율, 3과 4단계 수면비율, 렘수면비율은 감소하였다. 또한 비렘수면비율, 1단계 수면비율, 2단계 수면비율, 3과 4단계 수면비율, 렘수면비율은 유의한 상관관계가 있었으며, 1단계 수면비율은 AHI의 분산을 51.7% 설명하는 것으로 나타나 OSAS에서 무호흡-저호흡은 수면양상에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2007년 원광보건대학 연구비 지원에 의해서 연구됨

참고 문헌

- American Academy of Sleep Medicine Task Force. Sleep-related breathing disorders in adults : Recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. *Sleep* 22:667-689, 1999.
- Becker HF, Piper AJ, Flynn WE, McNamara SG, Grunstein RR, Peter JH, Sullivan CE. Breathing during sleep in patients with nocturnal desaturation. *Am J Respir Crit Care Med* 159:112-118, 1999.
- Chervin RD, Aldrich MS. The relation between multiple sleep latency test finding and the frequency of apneic events in REM and non-REM sleep. *Chest* 113:980-984, 1998.
- Chervin RD, Kraemoer HC, Guilleminault C. Correlate of sleep latency on the multiple sleep latency test in a clinical population. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 95:147-153, 1995.
- Guilleminault C, Tijkian A, Dement WC. The sleep apnea syndrome. *Ann Rev Med* 27:465-484, 1976.
- Issa FG, Sullivan CE. Upper airway closing pressures in obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 57:520-527, 1984.
- O'Connor C, Thornley KS, Hanly PJ. Gender difference in the polysomnographic features of obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med* 161:1465-1472, 2000.
- Parkes JD. Sleep and its disorders, Sanders press, London, p361, 1985.
- Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington DC, 1986.
- Rey M, Philip-Joet F, Reynaud M, Porri F, Saadjian M, Arnaud A. Relationship between polysomnographic parameters and apnea index in obstructive sleep apnea syndrome. *Respiration* 61:14-18, 1994.
- Rohers T, Zorick F, Witting R, Conway W, Roth T. Predictor of objective level of daytime sleepiness in sleep-related breathing disorders. *Chest* 95:1202-1206, 1989.
- Wiegand L, Zwillich CW, White DP. Sleep and the ventilatory response to resistive loading in normal men. *J Appl Physiol* 64:1186-1195, 1988.
- Wiegand L, Zwillich CW, Wiegand D, White DP. Changes in upper airway muscle activation and ventilation during phasic REM sleep in normal men. *J Appl Physiol* 71: 488-497, 1991.
- Young T, Palta M, Dempsey J. The Occurrence of sleep disordered breathing among middle-aged adults. *N Engl J Med* 328(17):1230-1235, 1993.
- 岡田 保. 日本人の睡眠呼吸障害. 東海大学出版会, 東京, 1994.
- 杉田義郎. 睡眠時呼吸障害を示す小児の治療前・後の臨床症状および睡眠脳波の変化. *臨床脳波* 29:594-598, 1987.
- 柴田健一, 堀 敬一, 杉原和泉, 岩藤郁者, 片山幸子, 安梅 努. 睡眠時無呼吸症候群に関する研究. *医学検査* 41(5):900-904, 1992.
- 岩崎和泉. 睡眠時無呼吸症候群の3小児例. *岡山済生会総合病院雑誌* 22:83-91, 1990.
- 井上英雄. 睡眠時無呼吸過眠症候群の1例. *岡山済生会総合病院雑誌* 20:89-99, 1988.
- 佐藤 誠. 睡眠時無呼吸症候群の病態. *Med Technol* 33(5):450-457, 2005.
- 中沢洋一. Sleep apnea DOES syndrome. *睡眠・覚醒障害の臨床*. 医学書院, 東京, p131, 1986.
- 川名ふさ江. 終夜睡眠記録の導出・記録のポイント. *検査と技術* 34(6):515-523, 2006.
- 八木朝子, 野田明子, 伊藤理恵子, 山田 広, 中島伸夫, 横田允弘, 古池保雄. 睡眠時無呼吸症候群患者における自覚的眠気と終夜睡眠ポリグラフ所見との関係. *臨床病理* 46(11):1168-1172, 1998.

24. 厚生省特定疾患「呼吸不全」調査研究班. 呼吸不全-診断と治療のためのガイドライン. メディカルレビュー-社, 東京, 1999.
25. 김석주, 박두흠, 김용식, 우종인, 하규섭, 정도연. 수면다원기록법으로 확진된 폐쇄성수면무호흡증 환자의 임상특성. 그리고 호흡장애지수와 수면 구조간의 상관관계. 수면·정신생리 8(2):113-120, 2001.
26. 김우성. 폐쇄성수면무호흡증후군의 진단과 치료. 제9회 비만학회 연수강좌, p219-224, 2004.
27. 신철, 이현주. REM수면 관련 수면호흡장애. 수면·정신생리 11(1):10-16, 2004.
28. 이주영, 정도연. REM수면 의존성 폐쇄성수면무호흡증후군의 1례. 수면·정신생리 12(1):68-71, 2005.