

Original article

Title

Reliability of estimated apnea-hypopnea index determined by continuous positive airway pressure devices in obstructive sleep apnea syndrome patients

表題

閉塞性睡眠時無呼吸症候群における経鼻的持続陽圧呼吸療法機器にて検出可能な残存呼吸イベントの信頼性

著者名

梶原大季

Tomosue KAJIWARA

所属機関名

新潟大学大学院医歯学総合研究科

呼吸器・感染症内科学分野

(主任:菊地利明教授)

Department of Respiratory Medicine and Infectious Diseases, Niigata University

Graduate School of Medical and Dental Sciences

(Director: Prof. Toshiaki KIKUCHI)

Reprint requests to : Tomosue KAJIWARA

Department of Respiratory Medicine and Infectious Diseases

Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

1-757 Asahi-machi-dori, Chuo-ku

Niigata 951-8510 JAPAN

別刷請求先: 〒951-8510 新潟市中央区旭町通 1-757

新潟大学大学院医歯学総合研究科呼吸器・感染症内科学分野

梶原大季

TEL +81-25-368-9325

FAX +81-25-368-9326

Email: alcyone7sebi@yahoo.co.jp

抄録

閉塞性睡眠時無呼吸症候群(OSAS)の治療として、経鼻的持続陽圧呼吸療法(CPAP)が現時点において有効性、安全性ともに確立されており、無呼吸低呼吸指数(AHI)を大幅に改善させる。近年、CPAPは残存する呼吸イベント(eAHI)を検出し、内部データとして記録される。その一方で、eAHIの信頼性に関する情報は不十分である。本研究の目的は、終夜ポリグラフ検査(PSG)を用いてeAHIの信頼性について検討を行い、実臨床におけるCPAP治療の注意点を明らかにし、有効性を高めることである。

対象は、新潟大学医歯学総合病院にてCPAP治療を行っているOSAS患者に対し、2002年5月から2013年11月の間にCPAP効果判定のためのPSG検査を施行した122症例である。CPAPの内部データ、診断時及び効果判定時のPSG検査の結果について分析した。さらに、AHIとeAHIがほぼ一致する正確評価群と一致しない不正確評価群を比較検討した。

AHIは 50.1 ± 21.0 / 時間から 5.9 ± 8.5 / 時間に有意に改善した。AHIとeAHIは良好な相関関係を示した($r = 0.79$; $p < 0.001$)。正確評価群($n = 103$)と不正確評価群($n = 19$)に分けて検討したが、患者背景に差は認めなかった。一方、不正確評価群はCPAP効果判定のためのPSG検査において覚醒反応指数(ArI)が有意に多く($p = 0.008$)、睡眠効率が悪く($p = 0.018$)、低呼吸(Hypopnea)が多いため($p <$

0.001)、残存 AHI が高かった ($p = 0.002$)。さらに、eAHI も有意に高かった ($p = 0.009$)。

CPAP 内部データが示す eAHI と PSG 検査における AHI の相関は良好であり、AHI の解離幅 5 / 時間未満は 103/122 (84%) に認め、CPAP 機器による呼吸イベントの検出は信頼性が高いと考えられた。残りの 16% の解離の要因も検討したところ、背景因子に差を認めず、CPAP 効果が不十分の場合である可能性が示唆された。

キーワード

閉塞性睡眠時無呼吸症候群、経鼻的持続陽圧呼吸療法、終夜睡眠ポリグラフ検査、
残存呼吸イベント、CPAP 内部データ

序文

睡眠時無呼吸症候群 (sleep apnea syndrome; SAS) は、日中過眠 (excessive daytime sleepiness; EDS) や閉塞型無呼吸 (obstructive sleep apnea; OSA) に起因するさまざまな症候のいくつかを伴い、かつ無呼吸低呼吸指数 (apnea-hypopnea index; AHI) が 5 以上であるものと定義されている^{1) 2)}。SAS の有病率は全人口の 2~4% と報告されているが³⁾、EDS も伴わない OSA も含めると男性の 24%、女性の 9% にも達する⁴⁾。日本人においても、一般日本人男性における中等症以上の睡眠呼吸障害 (Sleep-disordered breathing; SDB) が⁵⁾ 22.3% であったとの報告もあり⁵⁾、欧米人と同様に高い水準であると考えられる。

SAS のなかでも、最も多いのが閉塞性睡眠時無呼吸症候群 (obstructive sleep apnea syndrome; OSAS) であり、交感神経活動の亢進、酸化ストレス、炎症、血管内皮障害を誘導し、高血圧症や心血管疾患、脳血管疾患に直接関連し^{6) 7)}、死亡率を増加させる^{4) 8) 9)}。治療としては、経鼻的持続陽圧呼吸療法 (continuous positive airway pressure; CPAP) により心血管疾患の発生抑制と予後の改善がもたらされることが示されており^{10) 11)}、現時点において有効性、安全性ともに確立された第一選択の治療法となっている。

CPAP は技術の進歩とともに、無呼吸、低呼吸、上気道抵抗を示唆するフローリミテーション、いびき、リークを検出し、自動的に圧を調節し、至適圧が得られるよう、性

能が向上してきた。本来は終夜ポリグラフ検査 (polysomnography; PSG) により、診断や治療効果の評価が行われるが、PSG 検査は技術専門性が高く、高コストのため、患者数の増加とともに、簡易装置による成人 OSA の診断ガイドライン¹²⁾や、CPAP 機器によるアドヒアランスも含めた治療評価のステートメント¹³⁾が発表されている。PSG 検査の AHI と、CPAP が検出する残存呼吸イベント (estimated apnea-hypopnea index; eAHI) との相関性が報告され¹⁴⁾⁻¹⁶⁾、実臨床においても、簡易装置や CPAP 内部データを用いた診療が広く行われている。しかし、脳波の測定がないため睡眠の評価や覚醒反応を含んだ低呼吸の判定ができないことや、CPAP の機種毎に無呼吸の判定基準の違い¹⁷⁾¹⁸⁾や eAHI を検出するアルゴリズムの違い¹³⁾があることから、適正な使用が必要不可欠であり、その判断材料となる CPAP 内部データの信頼性に関する情報は不十分である。

今回、われわれは、OSAS 患者に対して PSG 検査を施行し、同時に施行した CPAP 内部データとの関連性を後方視的に検討したので報告する。

対象および方法

対象は、新潟大学医歯学総合病院にて CPAP 治療を行っている OSAS 患者のうち、2002年5月から2013年11月の間に CPAP 効果判定のための PSG 検査を施行した 122 症例である。診断的 PSG 検査にて、中枢性睡眠時無呼吸症候群 (central sleep apnea

syndrome; CSAS)と診断した症例は除外した。

PSG は当院に入院のうえ、Somnostar (Sensor Medics, Yorba Linda, CA)を用いて、脳波、眼電図、頤筋筋電図、下肢筋電図、心電図、体位、動脈血酸素飽和度 (SpO₂)、口・鼻気流量、胸腹部運動を測定した。解析ルールは 1999 年の米国睡眠医学会 (American Academy of Sleep Medicine) の提唱する基準¹⁾に基づいて行った。睡眠中の 10 秒以上の気流停止を無呼吸、前後の安定した呼吸に比べ気流が 10 秒以上明らかに減少するとともに基準値から 3%以上の SpO₂の低下、もしくは覚醒反応を伴う場合を低呼吸、無呼吸中に胸腹部運動が消失している場合を中枢型睡眠時無呼吸 (central sleep apnea; CSA)と定義し、AHI \geq 5 を SDB と診断した。全呼吸イベントの 50%以上が CSA がかつ AHI \geq 5 を CSAS と診断した。

評価項目として、診断時及びCPAP効果判定時のPSG検査で測定したAHI, 無呼吸指数 (apnea index; AI), 覚醒反応指数 (Arousal index; Ari), SpO₂ 90%未満の割合 (the percentage of sleep time spent at SpO₂ < 90%; CT90%), CSA, 混合型睡眠時無呼吸 (mixed sleep apnea; MSA), OSA, 低呼吸 (Hypopnea), 平均SpO₂, 最低SpO₂, 総就床時間, 総睡眠時間, 睡眠効率、CPAP装置で検出したeAHI, 残存無呼吸イベント (estimated apnea index; eAI), 残存中枢性無呼吸イベント (estimated central apnea index; eCAI), 平均圧, 最高圧, 使用時間を評価した。

AHIとeAHIについて分析するとともに、CPAP内部データの信頼性に影響を与える

因子を評価するために、AHIとeAHIの差が 5 /時間以内の正確評価群と誤差が5よりも大きい不正確評価群に分けて検討した。

統計数値は平均値 ± 標準偏差で表記し、AHI と eAHI の相関を Pearson の積率相関係数 r を用いて両側検定、2 群に分けての比較は Mann-Whitney 検定を行った。統計解析には SPSS Statistics22 (IBM, Armonk, NY) を用い、有意水準を 5% とした。

結果

対象は男性 95 例、女性 27 例で、診断的 PSG 検査施行時の年齢は 59.8 ± 13.3 歳 (範囲 30-82)、BMI は 27.6 ± 5.1 kg/m² (範囲 16.8-45) であり、AHI 50.1 ± 21.0 /時間 (範囲 21.2-100.9) の OSAS であった。CPAP 使用状況が良好となり、CPAP 効果判定のための PSG 検査の CPAP の設定は固定圧設定が 17 例で固定圧 9.4 ± 3.0 cmH₂O、Auto 設定が 105 例で設定圧 $4.0 \pm 0.0 \sim 17.5 \pm 4.2$ cmH₂O であった (表 1)。

CPAP 効果判定のための PSG 検査の結果と同時に測定した CPAP 内部データを表 2、3 に示す。CPAP 治療により、AHI は 5.9 ± 8.5 /時間に改善していた。CPAP 内部データでも eAHI は 4.9 ± 5.7 /時間と良好であった。PSG 検査施行時の平均 CPAP 使用時間は 479.1 ± 85.4 分とアドヒアランスは良好であった。AHI と eAHI の関係は良好な相関関係を認めた ($r = 0.79$; $p < 0.001$) (図 1)。

さらに、CPAP 効果判定のための PSG 検査時の AHI と eAHI の差で分けた正確評価群 (n = 103) と不正確評価群 (n = 19) について、診断的 PSG 検査における患者背景・所見の比較を行った (表 4)。両群間において、性別、年齢、BMI、PSG 検査所見には有意差を認めなかった。CPAP 効果判定のための PSG 検査では、正確評価群が AHI 3.8 ± 2.6 / 時間、低呼吸イベント 18.0 ± 14.9 個に改善していたのに対し、不正確評価群では AHI 17.5 ± 16.5 / 時間、低呼吸イベント 61.9 ± 45.2 個と有意に残存する呼吸イベントを多く認めた ($p = 0.002$ および < 0.001)。また、不正確評価群は Ari が有意に多く ($p = 0.008$)、睡眠効率が悪かった ($p = 0.018$) (表 5)。

CPAP 内部データでは、正確評価群が eAHI 3.7 ± 2.7 / 時間、eAI 1.3 ± 1.4 / 時間であったのに対し、不正確評価群では eAHI 11.3 ± 11.3 / 時間、eAI 6.1 ± 8.2 / 時間と有意に高かった ($p = 0.009$ および 0.028) (表 6)。

考察

OSAS 患者に対する CPAP の治療効果は高く、CPAP 機器から得られる情報は臨床において有益であるが、信頼性に関する情報は不十分であり、臨床応用については検討を要する。今回、CPAP 機器による呼吸イベント検出の信頼性について、同日の CPAP 効果判定のための PSG 検査のパラメーターとの比較、検討を行った。eAHI と AHI の相関は良好で、84% が AHI の解離幅 5 / 時間未満であり、CPAP 機器による

呼吸イベントの検出は信頼性が高いと考えられた。残りの 16%の解離の要因も検討したところ、背景因子に差を認めず、CPAP 効果が不十分の場合である可能性が示唆された。

CPAP 内部データにおける eAHI の信頼性については、CPAP 効果判定のための PSG 検査で得られた AHI と良好な相関関係を認めた。このことは過去の報告とも一致^{14) 19) 20)}するが、同程度の高い相関関係($r = 0.74 \sim 0.958$)^{14) 16) 19)}ではなかった。これらは単一 CPAP 機器により研究されていたが、当院では、ResMed、Phillips Respironics、Koike Medical、Tyco Healthcare 各社の CPAP 機器を用いて OSAS の治療を行っている。CPAP 機種により残存呼吸イベント検出アルゴリズムが異なっており¹³⁾、結果に影響している可能性がある。われわれとしては、実際の臨床において複数の種類の CPAP 機器を治療に用いており、実臨床に即した本研究は重要だと考えている。

また、CPAP 内部データの信頼性に影響を与える因子について検討を行った。

CPAP の最適な治療は $AHI < 5$ /時間、良好な治療は $AHI \leq 10$ /時間とされている²¹⁾。今回の研究では AHI と eAHI の差が 5 /時間以内を正確評価群とした。患者背景、診断的 PSG 検査結果に違いはなく、治療前に eAHI の信頼性低下を予測することは困難であった。治療開始後では、CPAP 治療を行っているにも関わらず、CPAP では感知できない覚醒反応を含んだ低呼吸の残存が多いと、睡眠効率の低下、残存

する AHI が増大し、CPAP が正確に呼吸イベントを検出できなかった。CPAP 治療中にも関わらず、残存 AHI 高値、覚醒反応高値や睡眠効率低下といった CPAP 効果が不十分の場合や、CPAP 内部データにて eAHI が高い症例は、CPAP の内部データの信頼性が低下している可能性が示唆された。過去の報告でも、CPAP 機器における低呼吸の検出力の低さが指摘されており¹⁴⁾⁻¹⁶⁾、今後、技術の進歩とともに低呼吸の検出力が向上し、CPAP 内部データの信頼性がさらに向上していくことを期待したい。

本研究の限界として、まず後方視的研究であること、次に単一施設での研究であること、CPAP 機種による効果の差について検討できていないこと、さらに CSAS は除外したものの肺胞低換気症候群、心不全、慢性閉塞性肺疾患といった併存症についての検討をおこなっていないことがあげられる。また、呼吸は化学調節系、神経調節系、行動調節系によって調節されており、OSA にも狭小化し虚脱性の高い上気道、呼吸制御システムの過剰反応性、上気道開大筋群の低い反応性、低い覚醒閾値という 4 つの要素による多様性がある^{22) 23)}。しかし、多様性の判断法はまだ研究の段階であり、臨床応用されておらず、本研究では 4 つの要素の影響については検討していない。将来的には OSA の多様性の観点も含め、多施設にて前方視的研究を行い、信頼性への寄与を検討していきたい。

結論

OSAS 患者 122 名における CPAP 内部データの信頼性について検討した。eAHI は AHI と良好な相関関係にあり、解離も少なく、臨床において信頼できる指標であると考えられた。その一方で、CPAP 内部データにて eAHI が高い症例、CPAP 治療中に関わらず残存 AHI 高値、覚醒反応高値や睡眠効率低下といった CPAP 効果が不十分な症例においては、CPAP の内部データの信頼性が低下している可能性が示唆された。CPAP 効果判定のための PSG 検査や至適な CPAP 設定調節は重要であり、CPAP 内部データの適切な使用が必要であると考えられた。

謝辞

本研究において、データの収集および解析のサポートをしていただいた菊谷多鶴子氏、大嶋康義先生に深く感謝申し上げます。また、ご指導賜りました菊地利明教授、成田一衛教授、高田俊範教授、各務博准教授、中山秀章准教授、鈴木涼子先生、穂苅諭先生に厚く感謝申し上げます。

図表

表 1 患者背景

	n=122
性別(男性/女性)	95/27
年齢(歳)	59.8±13.3
BMI(kg/m ²)	27.6±5.1
診断的PSG検査	
AHI(/時間)	50.1±21.0
AI(/時間)	31.5±22.7
Ari(/時間)	46.9±17.6
CT90%(%)	24.1±26.5
睡眠効率(%)	73.3±13.6
CPAPの設定	
Fixed/Auto	17/105
固定圧(cmH ₂ O)	9.4±3.0
Auto 最小圧(cmH ₂ O)	4.0±0.0
Auto 最大圧(cmH ₂ O)	17.5±4.2

表 1. 患者背景

BMI; body mass index, PSG; polysomnography, AHI; apnea-hypopnea index, AI; apnea index, Ari; Arousal index, CT90%; the percentage of sleep time spent at SpO₂<90%,

CPAP; continuous positive airway pressure

表 2 CPAP効果判定のためのPSG検査結果

AHI(/時間)	5.9±8.5
AI(/時間)	1.9±6.1
Ari(/時間)	20.0±10.5
CT90%(%)	1.2±7.0
総就床時間(分)	490.2±84.3
総睡眠時間(分)	387.3±89.6
睡眠効率(%)	79.0±13.1

表 2. CPAP 効果判定のための PSG 検査結果

AHI; apnea-hypopnea index, AI; apnea index, Ari; Arousal index, CT90%; the percentage of sleep time spent at SaO₂<90%

表 3 CPAP効果判定のためのPSG検査時のCPAP内部データ

eAHI(/時間)	4.9±5.7
eAI(/時間)	2.0±3.7
eCAI(/時間)	0.4±0.5
平均圧(cmH ₂ O)	8.0±2.5
最高圧(cmH ₂ O)	11.0±3.7
使用時間(分)	479.1±85.4

表 3. CPAP 効果判定のための PSG 検査時の CPAP 内部データ

eAHI; estimated apnea-hypopnea index, eAI; estimated apnea index, eCAI; estimated central apnea index

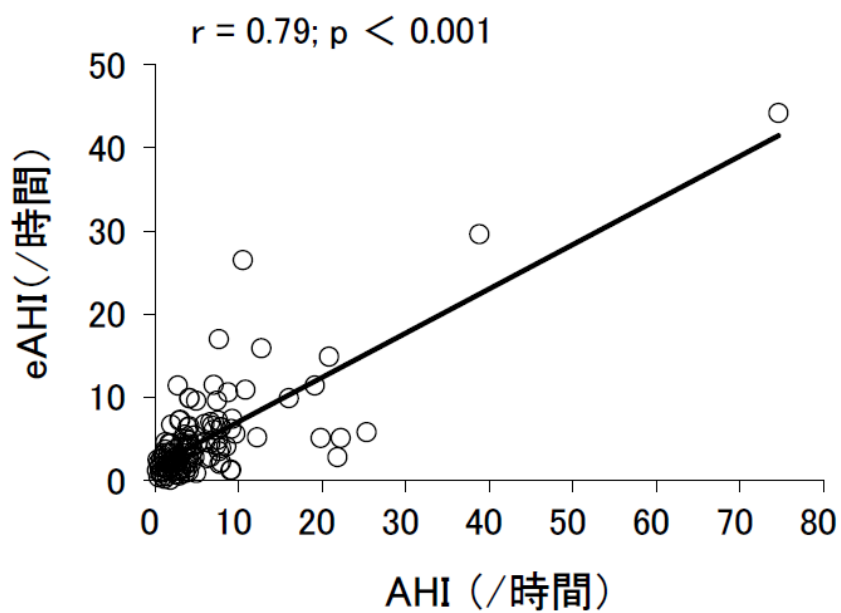


図 1 AHIとeAHIの関係

図1. AHI と eAHI の関係

AHI と eAHI の間に有意な相関を認めた($r = 0.79$; $\beta = 0.53$; $p < 0.001$)。

AHI; apnea-hypopnea index, eAHI; estimated apnea-hypopnea index

表 4 AHI評価状況別の診断的PSG検査施行時の患者背景

	正確評価群 n=103	不正確評価群 n=19	P value
男性/女性	79/24	16/3	0.473
年齢(歳)	58.2±12.8	59.8±15.3	0.650
BMI(kg/m ²)	27.1±5.1	27.6±4.2	0.733
診断的PSG検査			
AHI(/時間)	49.0±20.0	56.1±25.3	0.176
AI(/時間)	30.3±22.4	37.7±23.8	0.208
Ari(/時間)	46.6±17.5	48.7±18.7	0.650
CT90%(%)	23.1±25.6	29.8±31.2	0.323
CSA(個)	12.1±39.7	10.8±14.4	0.890
MSA(個)	26.6±47.7	35.1±59.8	0.508
OSA(個)	152.9±127.6	186.4±131.7	0.309
Hypopnea(個)	116.6±101.1	93.8±60.0	0.357
平均SpO ₂ (%)	92.3±3.7	91.6±3.9	0.528
最低SpO ₂ (%)	74.9±10.9	72.8±15.0	0.481
睡眠効率(%)	73.4±13.8	72.6±12.6	0.815

表 4. AHI 評価状況別の診断的 PSG 検査施行時の患者背景

性別、年齢、BMI、診断 PSG 検査結果に有意差は認めなかった。

BMI; body mass index, PSG; polysomnography, AHI; apnea-hypopnea index, AI; apnea

index, Ari; Arousal index, CT90%; the percentage of sleep time spent at SpO₂<90%,

CSA; central sleep apnea, MSA; mixed sleep apnea, OSA; obstructive sleep apnea

表 5 AHI評価状況別のCPAP効果判定のためのPSG検査結果

	正確評価群 n=103	不正確評価群 n=19	P value
AHI(/時間)	3.8±2.6	17.5±16.5	0.002**
AI(/時間)	0.9±1.4	7.1±14.2	0.084
Ari(/時間)	18.4±8.9	28.4±14.3	0.008**
CT90%(%)	0.2±0.5	6.4±17.1	0.128
CSA(個)	2.2±6.6	8.2±19.6	0.202
MSA(個)	0.2±0.6	0.4±1.2	0.480
OSA(個)	3.1±5.2	32.6±92.3	0.181
Hypopnea(個)	18.0±14.9	61.9±45.2	<0.001**
平均SpO ₂ (%)	96.2±1.3	94.2±2.2	0.002**
最低SpO ₂ (%)	90.1±3.3	87.5±5.5	0.054
総就床時間(分)	490.2±86.7	490.1±72.1	0.996
総睡眠時間(分)	393.1±87.2	355.1±98.6	0.098
睡眠効率(%)	80.2±12.0	72.5±16.8	0.018*

表 5. AHI 評価状況別の CPAP 効果判定のための PSG 検査結果

AHI、Ari、Hypopnea、平均 SpO₂、睡眠効率に有意差を認めた。

(** : p < 0.01, * : p < 0.05)

AHI; apnea-hypopnea index, CPAP; continuous positive airway pressure, PSG; polysomnography, AI; apnea index, Ari; Arousal index, CT90%; the percentage of sleep time spent at SpO₂<90%, CSA; central sleep apnea, MSA; mixed sleep apnea, OSA; obstructive sleep apnea

表 6 AHI評価状況別のCPAP内部データ

	正確評価群 n=103	不正確評価群 n=19	P value
Fixed/Auto	11/92	6/13	0.080
eAHI(/時間)	3.7±2.7	11.3±11.3	0.009**
eAI(/時間)	1.3±1.4	6.1±8.2	0.028*
eCAI(/時間)	0.4±0.5	0.6±0.5	0.584
平均圧(cmH ₂ O)	8.0±2.5	8.3±2.3	0.577
最高圧(cmH ₂ O)	11.0±3.7	10.7±3.9	0.738
使用時間(分)	481.3±86.2	467.2±82.1	0.510

表 6. AHI 評価状況別の CPAP 内部データ

eAHI、eAI に有意差を認めた。

(** : p < 0.01, * : p < 0.05)

AHI; apnea-hypopnea index, CPAP; continuous positive airway pressure, eAHI; estimated apnea-hypopnea index, eAI; estimated apnea index, eCAI; estimated central apnea index

参考文献

- 1) The Report of an 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.
- 2) 睡眠呼吸障害研究会: 成人の睡眠時無呼吸症候群診断と治療のためのガイドライン, 株式会社メディカルレビュー社, 東京, 2005.
- 3) Young T, Peppard PE, Gottlieb DJ: Epidemiology of obstructive sleep apnea: a population health perspective. *Am J Respir Crit Care Med* 165: 1217–1239, 2002.
- 4) 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* 328: 1230–1235, 1993.
- 5) Nakayama-Ashida Y, Takegami M, Chin K, Sumi K, Nakamura T, Takahashi K, Wakamura T, Horita S, Oka Y, Minami I, Fukuhara S, Kadotani H: Sleep-disordered breathing in the usual lifestyle setting as detected with home monitoring in a population of working men in Japan. *Sleep* 31: 419–425, 2008.

- 6) Peppard PE, Young T, Palta M, Skatrud J: Prospective study of the association between sleep-disordered breathing and hypertension. *N Engl J Med* 342: 1378–1384, 2000.
- 7) Shahar E, Whitney CW, Redline S, Lee ET, Newman AB, Nieto FJ, O'Connor GT, Boland LL, Schwartz JE, Samet JM: Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: cross-sectional results of the Sleep Heart Health Study. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 19–25, 2001.
- 8) Young T, Finn L, Peppard PE, Szklo-Coxe M, Austin D, Nieto FJ, Stubbs R, Hla KM: Sleep disordered breathing and mortality: eighteen-year follow-up of the Wisconsin sleep cohort. *Sleep* 31: 1071–1078, 2008.
- 9) Punjabi NM, Caffo BS, Goodwin JL, Gottlieb DJ, Newman AB, O'Connor GT, Rapoport DM, Redline S, Resnick HE, Robbins JA, Shahar E, Unruh ML, Samet JM: Sleep-disordered breathing and mortality: a prospective cohort study. *PLoS Med* 6: e1000132, 2009.
- 10) Marin JM, Carrizo SJ, Vicente E, Agusti AG: Long-term cardiovascular outcomes in men with obstructive sleep apnoea-hypopnoea with or without treatment with continuous positive airway pressure: an observational study. *Lancet* 365: 1046–1053, 2005.

- 11) He J, Kryger MH, Zorick FJ, Conway W, Roth T: Mortality and apnea index in obstructive sleep apnea. Experience in 385 male patients. *Chest* 94: 9–14, 1988.
- 12) Collop NA, Anderson WM, Boehlecke B, Claman D, Goldberg R, Gottlieb DJ, Hudgel D, Sateia M, Schwab R; Portable Monitoring Task Force of the American Academy of Sleep Medicine: Clinical guidelines for the use of unattended portable monitors in the diagnosis of obstructive sleep apnea in adult patients. Portable Monitoring Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med* 7: 737–747, 2007.
- 13) Schwab RJ, Badr SM, Epstein LJ, Gay PC, Gozal D, Kohler M, Lévy P, Malhotra A, Phillips BA, Rosen IM, Strohl KP, Strollo PJ, Weaver EM, Weaver TE; ATS Subcommittee on CPAP Adherence Tracking Systems: An official American Thoracic Society statement: continuous positive airway pressure adherence tracking systems. The optimal monitoring strategies and outcome measures in adults. *Am J Respir Crit Care Med* 188: 613–620, 2013.
- 14) Ueno K, Kasai T, Brewer G, Takaya H, Maeno K, Kasagi S, Kawana F, Ishiwata S, Narui K: Evaluation of the apnea–hypopnea index determined by the S8 auto–CPAP, a continuous positive airway pressure device, in

patients with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. J Clin Sleep Med 6: 146-151, 2010.

- 15) Prasad B, Carley DW, Herdegen JJ: Continuous positive airway pressure device-based automated detection of obstructive sleep apnea compared to standard laboratory polysomnography. Sleep Breath 14: 101-107, 2010.
- 16) Ikeda Y, Kasai T, Kawana F, Kasagi S, Takaya H, Ishiwata S, Narui K: Comparison between the apnea-hypopnea indices determined by the REMstar Auto M series and those determined by standard in-laboratory polysomnography in patients with obstructive sleep apnea. Intern Med 51: 2877-2885, 2012.
- 17) 酒井健好: Auto-CPAP装置のアルゴリズム. Clinical Engineering 19: 1169-1172, 2008.
- 18) 大嶋康義, 中山秀章, 大平徹郎, 佐藤誠: すべての患者にauto CPAPは妥当か? 睡眠医療 6: 83-87, 2012.
- 19) Desai H, Patel A, Patel P, Grant BJ, Mador MJ: Accuracy of autotitrating CPAP to estimate the residual Apnea-Hypopnea Index in patients with obstructive sleep apnea on treatment with autotitrating CPAP. Sleep Breath 13: 383-390, 2009.

- 20) Cilli A, Uzun R, Bilge U: The accuracy of autotitrating CPAP-determined residual apnea-hypopnea index. *Sleep Breath* 17: 189-193, 2013.
- 21) Kushida CA, Chediak A, Berry RB, Brown LK, Gozal D, Iber C, Parthasarathy S, Quan SF, Rowley JA; Positive Airway Pressure Titration Task Force: Clinical guidelines for the manual titration of positive airway pressure in patients with obstructive sleep apnea. *J Clin Sleep Med* 15: 157-171, 2008.
- 22) Wellman A, Edwards BA, Sands SA, Owens RL, Nemati S, Butler J, Passaglia CL, Jackson AC, Malhotra A, White DP: A simplified method for determining phenotypic traits in patients with obstructive sleep apnea. *J Appl Physiol* 114: 911-922, 2013.
- 23) 山内基雄: 睡眠時無呼吸症候群に関連する呼吸生理学的研究の動向. *睡眠医療* 7: 433-439, 2013.