

# 閉塞型睡眠時無呼吸症候群の低呼吸に伴う気管音の検討

—特に低呼吸に伴うイビキ音の特徴について—

天理市立病院内科  
大西 徳 信

## CHARACTERISTICS OF TRACHEAL SOUNDS PRECEDING, DURING AND FOLLOWING HYPOPNEA IN PATIENTS WITH OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA-HYPOPNEA SYNDROME

YOSHINOBU OHNISHI

*Department of Internal Medicine, Tenri City Hospital*

Received October 11, 2000

*Abstract*: The author analyzed night tracheal sounds of hypopnea events in 12 patients with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome (OSAHS). Tracheal sounds were recorded on a video tape recorder through a microphone attached to the anterior neck over the trachea during overnight polysomnography. In each patient ten hypopnea episodes were selected for analysis. Tracheal sounds were analyzed using sound-spectrogram and power spectra. Mean power spectra of inspiratory and expiratory tracheal sounds within a bandwidth of 100 to 2000 Hz were respectively calculated for 3 breaths preceding and following hypopneas as well as during hypopneas.

On inspection of sound-spectrogram, the snoring sounds were observed frequently in the inspiratory phase, especially during hypopnea (91%). Next, when the snoring sound was excluded and only the breath sound was examined, power spectra of tracheal sounds during hypopnea were significantly decreased for both the inspiratory and expiratory phases compared to those while awake ( $p < 0.001$ ). When snoring sounds were not excluded and all tracheal sounds were examined, the power spectra of inspiratory tracheal sounds not only preceding and following hypopnea but also during hypopnea were significantly higher than those while awake, because of the presence of snoring sounds ( $p < 0.01$ ).

Next, the author compared snoring sounds in 10 OSAHS patients with those in 5 simple snorers. On inspection of sound-spectrogram, the variability of snoring was significantly higher in OSAHS patients than in simple snorers ( $p < 0.005$ ). In quantitative analysis of power spectra, the coefficient of variation of the power of the snoring sounds in OSAHS patients was significantly higher than that in simple snorers ( $p < 0.001$ ).

The author concludes that the characteristics of tracheal sounds during hypopnea events in OSAHS patients are the presence of inspiratory snoring sound and high variability of the snoring sounds. (奈医誌. J. Nara Med. Ass. 51, 458~467, 2000)

**Key words**: obstructive sleep apnea syndrome, hypopnea, tracheal sound, snoring sound

## 緒 言

Guilluminault ら<sup>1)</sup>は睡眠中の頻回の無呼吸や日中過剰傾眠などが特徴的な症候群を睡眠時無呼吸症候群 (Sleep Apnea Syndrome : SAS) と提唱している。SAS は中枢型睡眠時無呼吸症候群 (Central Sleep Apnea Syndrome : CSAS) と閉塞型睡眠時無呼吸症候群 (Obstructive Sleep Apnea Syndrome : OSAS) とに分類されるが、日常臨床で遭遇するのはほとんど OSAS で純粋な CSAS はきわめてまれである。OSAS では日中過剰傾眠のため仕事と生活の質とが低下するだけでなく、交通事故の発生率が7倍になるとの報告<sup>2)</sup>があり社会問題になっている。また、本症は内臓型肥満、高血圧<sup>3)</sup>、糖尿病、高脂血症など動脈硬化の危険因子を有する頻度が高いことが報告されており、睡眠時無呼吸症候群による繰り返す低酸素血症、覚醒反応、それに伴う血圧上昇、交感神経系の緊張が加わり、脳血管障害や虚血性心疾患などの死亡率が高い<sup>4)</sup>などの臨床的意義が明らかにされている。鼻CPAP (continuous positive airway pressure) 療法による睡眠呼吸障害治療の継続で、症状が著明に改善し、死亡率が低下すると報告がある<sup>5)</sup>。OSAS の頻度は種々の報告があり、成人男性の4%、成人女性の2%と比較的高いと推定されている<sup>6)</sup>。しかし実際に診療を受けている患者は必ずしも多くはなく、ほとんどは放置されている。その原因は医療者、一般市民ともに本症への関心が低いこと、正確な診断には煩雑な検査法である終夜睡眠ポリグラフ (polysomnograph : PSG) が実施できる施設が限られているためと考えられる。

本症候群患者の受診動機は、睡眠中に同室者にイビキや呼吸の中断を指摘される場合が多い。すなわち呼吸に伴う音の変化は本症候群発見の簡便で重要な手がかりである。実際、本症の呼吸音測定には多くの試みがあり<sup>7-9)</sup>、一部は睡眠呼吸障害簡易診断装置として実用化されている<sup>9-11)</sup>。しかしそれらは呼吸音またはイビキ音の有無を判定するのみで、呼吸音から得られる情報を十分に活用したものではない。中野<sup>12)</sup>は睡眠呼吸障害患者で、無呼吸前後の気管音を音響学的手法で解析し、気管音を用いた新たな診断法を見出し、その有用性を報告し、また気管音終夜記録の自動解析による睡眠呼吸異常の検出の有用性も報告している<sup>13,14)</sup>。

近年 OSAS でみられる低呼吸は無呼吸とほぼ同様の病態的意義を有することが判明し注目されている。無呼吸は完全な換気の停止であるのに対し、低呼吸は換気量の一時的な低下である。しかし低呼吸は無呼吸と同様に繰り返す低酸素血症、換気努力に伴う胸腔内圧の著明な

変動、覚醒反応、これらに伴う交感神経の興奮、繰り返す体血圧、肺血圧の上昇などをきたす。そのため OSAS の重症度は睡眠時間あたりの無呼吸回数ではなく、無呼吸+低呼吸回数で評価されているのが現状である。1999年に発表された American Academy of Sleep Medicine の特別専門委員会の報告書では成人の睡眠呼吸障害で、無呼吸と低呼吸とは同様の病態意義があるので閉塞型睡眠時無呼吸低呼吸症候群 (Obstructive Sleep Apnea-Hypopnea Syndrome : OSAHS) の診断名が採用されている<sup>15)</sup>。

しかし OSAHS の低呼吸を音響学的に解析した報告はこれまでにない。そこで OSAHS の低呼吸を音響学的に解析し、さらに睡眠呼吸障害を伴わない単なるイビキと OSAHS の低呼吸に伴うイビキとの相違点を検討する。本研究で低呼吸の気管音、イビキの特徴を検討することが今後、気管音を利用した簡便、精密な診断法の開発につながることを期待し、また患者の睡眠中の同室者が単なるイビキなのか、睡眠時無呼吸症候群の低呼吸に伴うイビキであるのかの情報提供・早期発見につながると考え報告する。

本研究では2つの検討を行った。検討1は OSAHS の低呼吸に伴う気管音変化の特徴を各低呼吸の前後3呼吸と低呼吸中との気管音を解析することによって明らかにし、検討2は OSAHS の低呼吸に伴う吸気イビキを単純イビキ症と比較し、その相違点を明らかにする目的で行った。

## 対象および方法

### 検討1の対象

対象は日中過剰傾眠などで睡眠呼吸障害が疑われたため PSG を施行し、無呼吸・低呼吸指数 (Apnea plus Hypopnea Index : AHI) が10以上で閉塞型優位から OSAHS と診断した12例である。内訳は男性10例、女性2例、年齢は  $50.7 \pm 7.2$  歳 (39-62歳)、Body Mass Index (BMI) は  $27.3 \pm 4.2$ 、AHI は  $29.7 \pm 14.3$  であった (Table 1)。高血圧は4例、糖尿病は2例、高脂血症は6例に認めた。

### 検討2の対象

対象は OSAHS 患者10例と単純イビキ症患者5例。OSAHS 患者は日中過剰傾眠などで睡眠呼吸障害が疑われたため PSG を施行し、AHI が10以上で閉塞型優位から OSAHS と診断した10例である。内訳は男性8例、女性2例、年齢は  $50.3 \pm 6.6$  歳 (39-58歳)、BMI は  $27.3 \pm 4.4$ 、AHI は  $30.8 \pm 15.2$  であった。高血圧は3例、糖尿病は2例、高脂血症は6例に認めた。単純イビキ症は日

中過剰傾眠などの症状がなく、AHI が 5 未満から単純イビキ症と診断した 5 例である。内訳は男性 4 例、女性 1 例、年齢は  $33.0 \pm 8.5$  歳(23~41 歳)、BMI は  $26.1 \pm 3.3$ 、AHI は  $3.5 \pm 0.8$  であった(Table 2)。

#### 方法

PSG(Fig. 1)：脳波(C3-A2)、左右電気眼球図、おとがよい筋電図、サーミスター気流曲線(鼻孔、口)、インダクタンスプレシスモグラフィ(Respiratory Inductance Plethysmograph：RIP)(NIMS 社製 Respigraph)の胸郭、腹壁出力を 16 チャンネル脳波計(日本光電)を介し、また指

Table 1. Patients characteristics (Study 1)

Subject No.	Sex	Age	BMI	AHI
1	M	39	28.7	48.4
2	M	54	26.3	14.7
3	M	45	35.4	23.3
4	M	47	21.4	20.6
5	M	53	26.2	20.7
6	M	54	25.0	45.8
7	M	57	28.1	22.8
8	M	58	25.8	52.1
9	M	43	24.6	17.3
10	M	62	30.9	31.0
11	F	42	33.2	45.7
12	F	54	22.5	13.9

BMI：body mass index

AHI：apnea plus hypopnea index

Table 2. Patients characteristics (Study 2)

Subject No.	Diagnosis	Sex	Age	BMI	AHI
1	OSAHS	M	39	28.7	48.4
2	OSAHS	M	54	26.3	14.7
3	OSAHS	M	45	35.4	23.3
4	OSAHS	M	47	21.4	20.6
5	OSAHS	M	53	26.2	20.7
6	OSAHS	M	54	25.0	45.8
7	OSAHS	M	57	28.1	22.8
8	OSAHS	M	58	25.8	52.1
9	OSAHS	F	42	33.2	45.7
10	OSAHS	F	54	22.5	13.9
11	SN	M	25	28.5	4.2
12	SN	M	23	29.4	2.7
13	SN	M	36	22.8	2.9
14	SN	M	41	22.3	3.2
15	SN	F	40	27.5	4.5

BMI：body mass index

AHI：apnea plus hypopnea index

OSAHS：obstructive sleep apnea hypopnea syndrome

SN：simple snorer

尖のパルスオキシメーター(ミノルタ PULSOX 7)のアナログ出力を直接に、A/D 変換器(Canopus ADN 1400)で A/D 変換(14 bit, 50 Hz)しパーソナルコンピュータ(NEC 9801 NSR)に入力した。これらのデータはチャンネル毎に適切な時間軸間引き操作を経て、ハードディスクに収録した。睡眠段階は、収録されたデータをパーソナルコンピュータのディスプレイ上に一画面 15 秒で再生し、Lechtshaffen と Kales の国際基準<sup>16)</sup>で判定した。無呼吸は 10 秒以上の気流停止、低呼吸は、RIP の振幅(胸郭、腹壁の合計)の 50%以上の低下が 10 秒以上持続し 120 秒以内に回復して、4%以上の酸素飽和度低下を伴うか、覚醒反応を伴うものと定義し、コンピュータのプログラムで自動的に検出されたものを、視覚的に確認した。無呼吸は RIP 上、胸郭・腹壁の呼吸運動を伴わないものを中枢型、胸郭・腹壁の奇異性運動を伴うものを閉塞型に分類した。中枢型は呼吸中枢からの呼吸指令の停止によるもので、閉塞型は上気道閉塞によるものである。無呼吸と低呼吸との睡眠 1 時間あたりの回数を AHI とした。なおコンピュータによる一連のデータ収録・解析のプログラムは C 言語で中野<sup>12)</sup>が作成したものをを用いた。

#### 気管音の収録と解析

気管音は、コンデンサ型マイクロホン(SONY ECM 150)をゴム製アダプターを介して空気結合の状態では増幅器で増幅し、家庭用ビデオテープレコーダ(VTR)の音声チャンネルに収録した。VTR には同時に、RIP の呼吸曲線を、その映像チャンネルに収録し、後に睡眠ポリグラフと気管音記録とを重ね合わせる際の指標とした。

#### 検討方法

##### 1) 検討 1

中枢型が疑われるものは除外した各症例の低呼吸 10 個のエピソードを一夜の中でランダムに抽出し、低呼吸 120 ヶ所とその前後とを含む区間を選択した。この区間の VTR の音声ライン出力をサンプリング周波数 50 kHz で A/D 変換してパーソナルコンピュータに入力、デジタルローパスフィルタ(遮断周波数 2 kHz)を通した後、間引きによりサンプリング周波数 5 kHz の時間軸波形データとして、ハードディスクに保存した。気管音の解析には、サウンドスペクトログラム(Sound-Spectrogram：SG)、パワースペクトラムを用いた。これらは、中野<sup>12)</sup>が作成したコンピュータプログラムで解析した。パワースペクトラムは低呼吸前後 3 呼吸と低呼吸中の呼吸とを吸気・呼気別に、100-1200 Hz の周波数帯域の気管音の強さを算出し定量的に解析した。

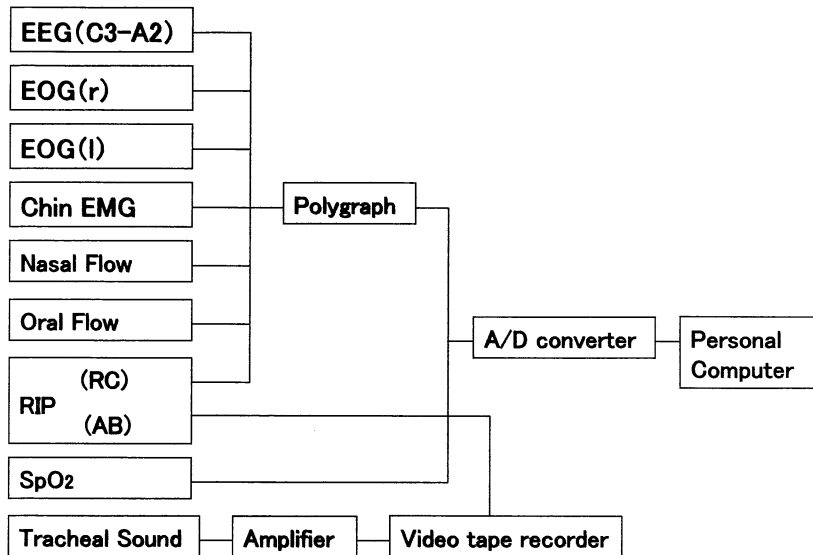


Fig. 1. Block diagram of recording system

RIP : Respiratory inductance plethysmograph

RC : movement of rib cage. AB : movement of abdomen

解析の際は PSG の記録の内、鼻口気流と RIP の胸郭・腹壁運動と RIP の振幅(胸郭、腹壁の合計)と気管音 SG 表示とを対比し行った(Fig. 2)。

マイクロホン、増幅器、VTR を含む気管音測定系は音響校正器(RION NC-73)で、音圧校正を行った。

## 2) 検討 2

OSAHS の低呼吸に伴う気管音は低呼吸が繰り返し認められるが、無呼吸は認められない 5 分区間を各症例で 2~3 カ所、合計 29 カ所(145 分間)採取した。単純いびき症患者の気管音は、睡眠が安定し覚醒反応が認められず、イビキの頻度が高い区間を各症例で 5~6 カ所、合計 26 カ所(130 分間)採取した。なお REM(rapid eye movement)期は充分な区間が得られなかったため、両群とも非 REM 期でイビキの多い吸気のみを対象とした。

検討 1 の結果から、低呼吸に伴うイビキは変動が大きいことが特徴であることが示唆された。この点を明確にする目的で高頻度に認められる吸気イビキについて以下の検討を行った。1) イビキを伴う比率、2) イビキ-非イビキまたは非イビキ-イビキの移行回数と、移行回数をイビキ回数で除したイビキ変動指数(variability index of snoring, VIS)、3) イビキ音圧平均値と変動係数、

4) イビキの基本周波数の平均値と変動係数、5) 不規則雑音型イビキ(基本周波数を同定できないイビキ)の比率を検討した。

## 統計処理

本研究での結果は平均値±標準偏差で表し、パワースペクトルは対数値(dB)で平均値を求めた。統計処理は独立 2 群間比較は 2 標本 t 検定で、多群の平均値の比較は一元配置分散分析と Turkey の多重比較とで行い、危険率 5%未満を有意とした。

## 結 果

### 検討 1 の結果

1) SG 表示からの低呼吸前・中・後のイビキ(横縞構造)の頻度

吸気のイビキは、低呼吸前 81%、低呼吸中 91%、低呼吸後 86%と何れも頻度は高く、特に低呼吸中の頻度が高かった。

呼気のイビキは、低呼吸前 34%、低呼吸中 12%、低呼吸後 27%で、イビキ頻度は吸気に比して低かった。吸気とは異なり、呼気のイビキ頻度は低呼吸前後より低呼吸中に低かった。

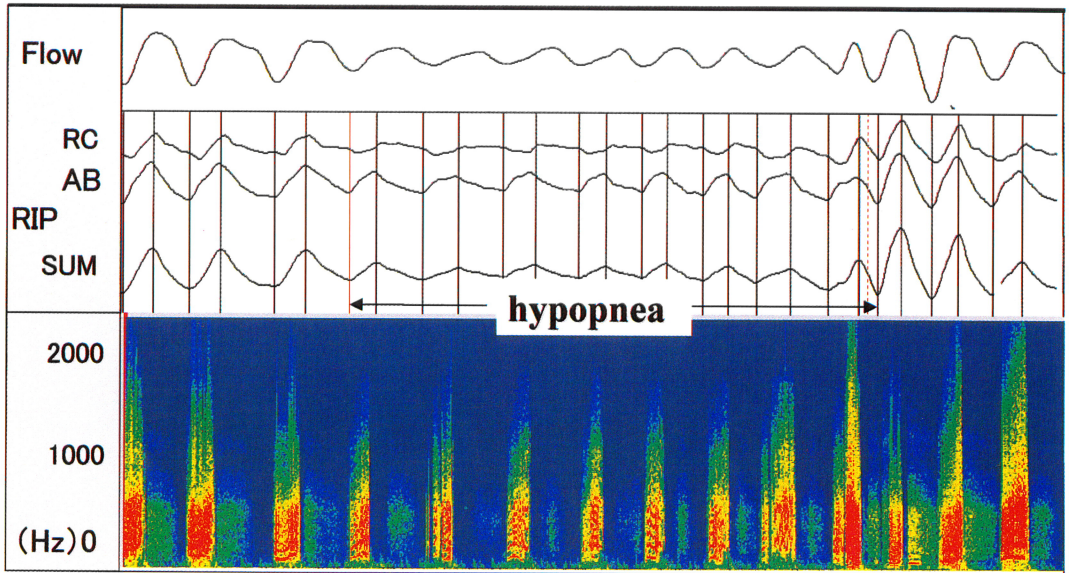


Fig. 2. This figure is the screen used to analyze tracheal sounds at emergence of hypopnea. The upper section shows a naso-oral airflow. The middle section shows respiratory movement of ribcage (“RC”) and abdomen (“AB”) detected by inductance plethysmograph (RIP). “SUM” indicates the sum of ribcage and abdominal movement, the change of which corresponds to the change of lung volume. The lower section shows sound-spectrogram of tracheal sound. The part of the hypopnea was shown by an arrow in the RIP trace. During hypopnea, a marked decrease in breath sound intensity during the expiratory phase and existence of snoring sounds during the inspiratory phase were observed.

同一呼吸中に吸気・呼気ともイビキが認められる、いわゆる往復イビキの頻度は低呼吸前 21%，低呼吸中 2%，低呼吸後 28%で、極めて低かった(Fig. 3)。

低呼吸の前後でイビキを伴わない頻度は 4%，低呼吸中イビキを伴わない頻度は 5%，低呼吸に前・中・後ともイビキを伴わない頻度は 0%であった。

#### 2) SG 表示からのイビキを伴わない呼吸音の変化

吸気呼吸音は一定の傾向が無かったが、呼気呼吸音は低呼吸中に減弱することが特徴的で、その現象は全体の 95%にみられた。

#### 3) パワースペクトル(100-1200 Hz の帯域)の定量的解析(Fig. 4)

覚醒時・低呼吸前後各 3 呼吸と低呼吸中の呼吸とを比較した。

##### a) イビキが存在する区間を含む全気管音パワー

###### i. 覚醒時との比較

吸気は低呼吸前・中・後とも覚醒時に比較して気管音パワーの有意な増加を認めた( $p < 0.01$ )。呼気は低呼吸

前後とも覚醒時に比較して気管音パワーの有意な増加を認めたが( $p < 0.01$ )、低呼吸中は覚醒時と比較して気管音パワーの減少傾向を認めるのみであった。

各呼吸での吸気と呼気との気管音パワーを比較すると、低呼吸前・中・後全てで、吸気が呼気よりも有意に強かった( $p < 0.0001$ )。

###### ii. 低呼吸前後での変動

吸気気管音パワーは低呼吸に移行するとき明らかな変化を認めないが、低呼吸から回復したとき有意な増大を認めた( $p < 0.01$ )。呼気気管音パワーは低呼吸に移行するとき有意の減少を認め( $p < 0.01$ )、低呼吸から回復したとき、有意な増大を認めた( $p < 0.01$ )。

##### b) イビキ存在部分を除外した純粋な呼吸音のみの気管音(100-1200 Hz)パワー

###### i. 覚醒時との比較

吸気の気管音パワーは低呼吸前後とも覚醒時と明らかな差を認めなかったが、低呼吸中は覚醒時と比較して有意な減少を認めた( $p < 0.01$ )。

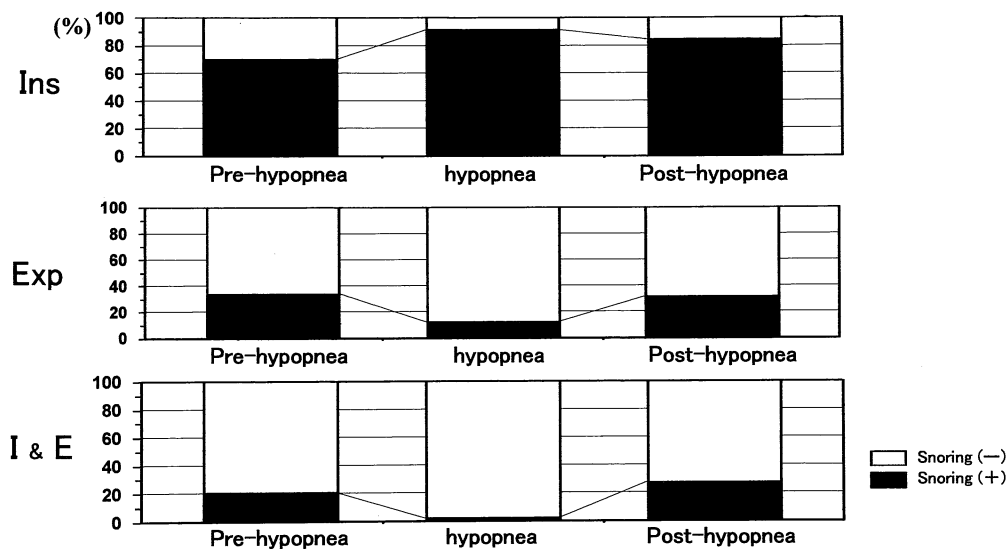


Fig. 3. The frequency of occurrence of snoring sounds during hypopnea and three successive breaths preceding and following hypopnea. The upper section shows the frequency of occurrence of snoring sounds during the inspiratory phase, the middle section shows that of the expiratory phase and the lower section shows that of both the inspiratory and expiratory phases in the same breath. The frequency of occurrence of snoring during the inspiratory phase was high, 81% preceding hypopnea, 91% during hypopnea, 86% following hypopnea.

Ins : inspiratory phase, Exp : expiratory phase

I&E : both inspiratory and expiratory phase in the same breath

Pre-hypopnea : preceding hypopnea, Post-hypopnea : following hypopnea

呼吸気管音パワーは低呼吸前後とも覚醒時に比較して有意な増加を認めた( $p < 0.01$ )。低呼吸中は覚醒時に比較して有意な減少を認めた( $p < 0.01$ )。

#### ii. 低呼吸前後での変動

吸気・呼気とも気管音パワーは低呼吸に移行するとき、有意の減少を認め( $p < 0.01$ )、低呼吸から回復するとき、有意の増大を認め( $p < 0.01$ )。各々の呼吸で吸気と呼気との気管音パワーを比較すると、低呼吸前後は明らかな差を認めなかったが、低呼吸中では吸気と比較して呼気で有意に減弱していた( $p < 0.0001$ )。

c) イビキが存在する呼吸のみを選択した気管音(100-1200 Hz)パワー

#### i. 低呼吸前後での変動

吸気気管音パワーは低呼吸に移行するとき有意の減少を認め( $p < 0.05$ )、低呼吸から回復するとき、有意の増大を認め( $p < 0.01$ )。呼気気管音パワーは低呼吸に移行するときも低呼吸から回復するときも明らかな変化は認めなかった。

#### 検討 2 の結果

##### 1) 吸気イビキを伴う頻度

低呼吸に伴う気管音(吸気回数 2016 回)中では  $74.0 \pm 13.3\%$  (47.0~89.3%)、単純イビキ症の気管音(吸気回数 1950 回)では  $92.6 \pm 11.3\%$  (72.5~98.7%) で吸気イビキを認めた。

##### 2) イビキの変動率(Fig. 5)

イビキの変動率は低呼吸に伴う気管音は  $28.4 \pm 10.8\%$  (10.9~50.4%)、単純イビキ症では  $7.3 \pm 7.7\%$  (2.6~21.0%) と低呼吸に伴う気管音で有意に高かった( $p < 0.005$ )。

##### 3) イビキ音圧と変動係数(Fig. 6)

イビキ音圧は低呼吸に伴う気管音で  $106.1 \pm 10.5$  dB で、単純イビキ症では  $101.9 \pm 4.4$  dB と低呼吸に伴う気管音で高い傾向を認めた。イビキ音圧の変動係数は低呼吸に伴う気管音で有意に高値であった( $p < 0.001$ )。

##### 4) イビキの基本周波数と変動係数

イビキの基本周波数は低呼吸に伴う気管音で  $114.9 \pm$

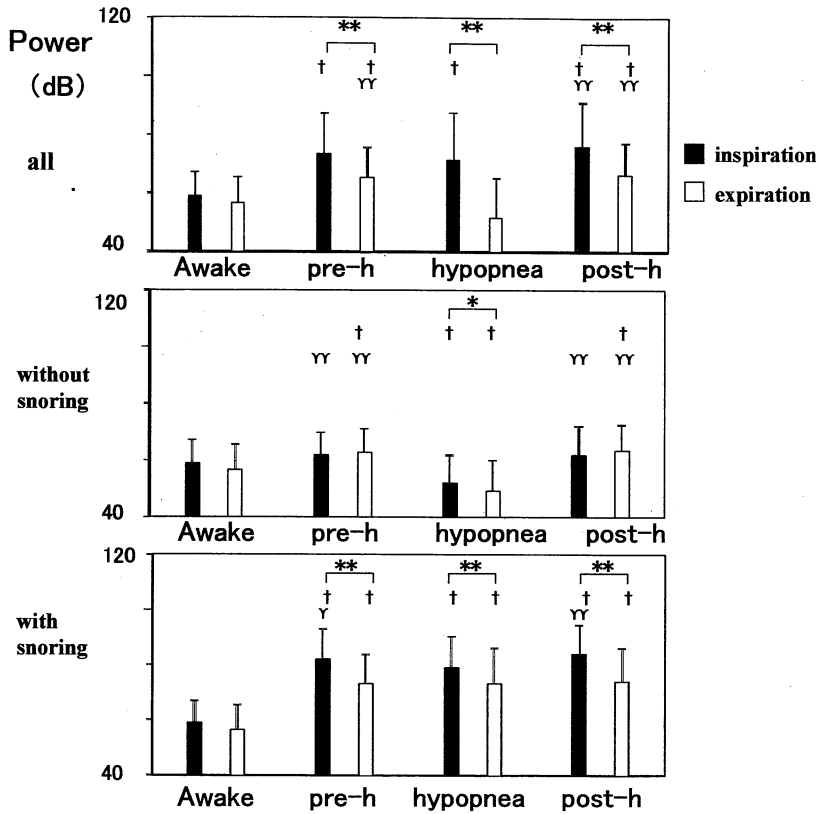


Fig. 4. The quantitative analysis of the power spectra (100-1200 Hz band)

The average power spectra of 3 breaths preceding, following hypopneas, and the average power spectra during hypopnea and while awake respectively were compared.

**Upper section)** All tracheal sounds were analyzed. Power spectra of tracheal sounds during the inspiratory phase not only preceding and following hypopnea but also during hypopnea were significantly higher than those while awake, because of the presence of snoring sounds ( $p < 0.01$ ).

**Middle section)** Tracheal breath sounds were analyzed excluding snoring sound. Power spectra of tracheal sounds during hypopnea were significantly decreased both during the inspiratory and expiratory phases compared to those while awake ( $p < 0.01$ ).

**Lower section)** Tracheal sounds only when snoring was contained were analyzed. During hypopnea, the power spectra of inspiratory tracheal sounds were significantly decreased ( $p < 0.05$ ). When recovering from hypopnea, power spectra of tracheal sounds during the inspiratory phase were significantly increased ( $p < 0.01$ ).

Pre-h : preceding hypopneas, Post-h : following hypopneas,

\*, \*\*: The data of inspiration are statistically different from that of expiration. (\* :  $p < 0.001$ , \*\* :  $p < 0.0001$ )

† : The data are statistically different from the data while awake. ( $p < 0.01$ ).

r, rr : the data is statistically different from the data during hypopneas. (r :  $p < 0.05$ , rr :  $p < 0.01$ )

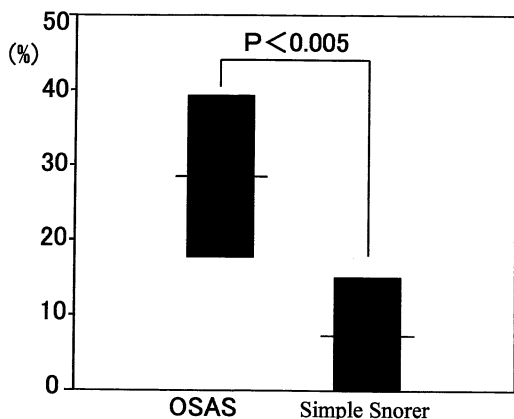


Fig. 5. The variability index of snoring (VIS). VIS was defined by the following formula.  

$$\text{VIS} = \frac{\text{number of transitions to snoring status}}{\text{number of snorings}} \times 100$$
 The number of transitions to snoring means the total number of times snoring emerged and disappeared. The VIS in OSAHS patients was significantly higher than in simple snorers ( $p < 0.005$ ).  
 VIS was analyzed only for the inspiratory phase.

38.2 Hz, 単純イビキ症では  $93.4 \pm 20.8$  Hz と両群間で差を認めなかった。イビキ基本周波数の変動係数は低呼吸に伴う気管音で大きい傾向を認めた。

5) 不規則雑音型イビキ(基本周波数を同定できないイビキ)の比率

不規則雑音型イビキの比率は低呼吸に伴う気管音で  $67.3 \pm 20.5$  %, 単純イビキ症では  $56.9 \pm 17.3$  % と、両群間で差を認めなかった。

## 考 察

OSAHS の低呼吸に伴う気管音の詳細な検討はこれまで報告はない。OSAHS で低呼吸は無呼吸とほぼ同様の病的意義を有するが、無呼吸と低呼吸に伴う気管音は異なる。すなわち、無呼吸中は換気が消失するので気管音はほぼ消失するが<sup>12)</sup>、低呼吸中は換気が残存するので、気管音上呼吸音の残存と上気道狭窄を反映したイビキとを認める。本検討ではそのイビキと呼吸音とを定量的に解析した。

### 1. 低呼吸に伴うイビキの頻度

本研究の検討 1 から、低呼吸前・中・後に全くイビキ

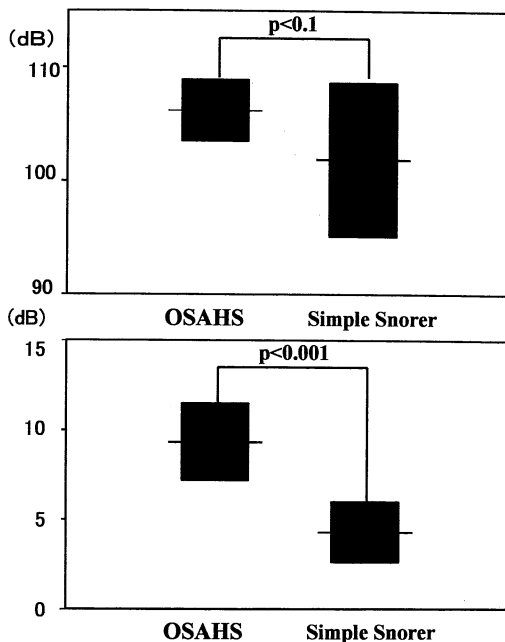


Fig. 6. (Top panel) The average power spectra (100-2000Hz) of snoring sounds during the section including repetitive hypopnea events in OSAHS patients and those of snoring sounds in the simple snorers are shown. The average power spectra of snoring sounds in OSAHS patients were higher than those in simple snorers ( $p < 0.1$ ). (Bottom panel) The coefficient of variation of the power spectra of snoring sounds during the section including repetitive hypopnea events in OSAHS patients and those of snoring sounds in simple snorers are shown. The coefficient of variation of the snoring sound power spectra in OSAHS patients was significantly higher than in simple snorers ( $p < 0.001$ ).

を伴わない頻度は0%であった。また無呼吸の場合と異なり、低呼吸前・中・後ではイビキを認める頻度は高率で、低呼吸中吸気で91%と最も高率であった。イビキは一般に吸気時に認められることが多いが、低呼吸に伴うイビキも同様であった。中野<sup>12)</sup>はOSHASの無呼吸前後でのイビキの頻度が50%前後であると報告しているので、低呼吸の方が無呼吸よりイビキを高率に伴うことが明らかになった。このことは無呼吸では気流が完全に停止するが、低呼吸では気道は狭窄しているが気流が継続するためと考えた。



## 2. 低呼吸に伴う気管音パワー

低呼吸の呼吸音で、イビキの存在部分を除外して純粋な呼吸音のみを検討すると、低呼吸中は吸気・呼気とも覚醒時と低呼吸前後とに比較して気管音パワーの有意な減少を認めている。正常気管呼吸音は気道系の乱流雑音であり<sup>17)</sup>、正常気管呼吸音のパワーは流速の4乗に比例する<sup>18)</sup>ので、流速が2倍になると音圧は12 dB 増強する。このことから低呼吸中の気管音パワーの減少は低呼吸に伴う換気の減少によるものと考えられる。これに対して低呼吸前後の呼吸音パワーは覚醒時に比して有意に増強を認めている。これは上気道径の減少による局所線流速の増加あるいは低呼吸を代償する換気の増加のいずれかまたは両方を反映している可能性がある。

これに対してイビキが存在する区間を含め全気管音で検討すると、吸気は、低呼吸前・中・後とも覚醒時に比較して気管音パワーの有意な増加を認めている。これはイビキが高率に存在することによると考えられる。前述の呼吸音と異なり、イビキ音は主に軟口蓋等の上気道壁振動による音と考えられるので、イビキ音が発生した場合は流速とは無関係にパワーの著しい増強が認められる。この事実は気管音モニタリング上重大な意味を有している。無呼吸中は気管音パワーの著しい低下としてとらえることが可能だが、低呼吸中はイビキ音が高率に存在するため、気管音パワーが低下しない場合があり、気管音解析で低呼吸を検出する際、単に閾値を設定する方法は不適當であることを示している。

## 3. 低呼吸に伴うイビキと単純いびき症のイビキの比較

OSAHS に高率に認められるイビキが、呼吸異常を伴わない通常のイビキとどのように異なるかが問題になる。検討1では低呼吸前後でイビキの強さの変化を高率に認める。これは上気道狭窄の程度や換気努力の変化を反映していると考えられ、低呼吸のイビキに特有の現象である可能性がある。この点を明らかにする目的で検討2では、高頻度に認められる吸気イビキについて OSAHS の低呼吸に伴うイビキと単純イビキ症の呼吸異常を伴わないイビキとを比較検討した。イビキ-非イビキまたは非イビキ-イビキの移行回数をイビキ回数で除したイビキの変動指数は低呼吸で単純イビキ症に比して有意に高かった。またイビキ音圧は両群間で明らかな差を認めなかったが、イビキ音圧の変動係数は低呼吸に伴う気管音で有意に高値であった。この事実は単純イビキ症に伴うイビキは比較的規則的であるのに対して低呼吸に伴うイビキは不規則であることを示している。

本研究で、睡眠時低呼吸ではイビキは著明に高率に伴

う現象であること、またそのイビキは単純性イビキ症のイビキと異なり、強さ、性状が変動に富んでいることを客観的に証明できた。今後 OSAHS の診断とスクリーニングとに気管音解析を用いる場合は無呼吸に対応する、気管音の中断だけではなく、低呼吸に伴うイビキの不規則性を考慮した解析システムの開発が必要と考える。また、本研究で示した低呼吸に伴うイビキと単純イビキ症のイビキとの差異についての情報を広く提供する事で SAHS の患者の早期受診に貢献することができると考える。

## 結 語

今回の研究は OSAHS 患者の無呼吸時と同程度の臨床的意義があるとして最近注目されているが、その詳細な検討が行われていない低呼吸時の気管音を音響学的に検討した。さらに低呼吸時と単純イビキ症との気管音上吸気イビキ音を比較して以下の新知見を得た。

1. SG 表示では、イビキ音は吸気に高率にみられ、特に低呼吸中に 91 % と最も高率に認められた。
2. パワースペクトルの定量的解析での、イビキ音を除去した検討では、低呼吸中は覚醒時に比較して吸気・呼気ともパワーの有意な減少を認め、特に低呼吸中呼気のパワーの減少が顕著であった。イビキを含めた全気管音の検討では、吸気パワーはイビキの存在のために、低呼吸前後のみならず、低呼吸中も覚醒時に比較して有意な増加を認めた。
3. イビキの変動指数は、低呼吸に伴う気管音で有意に高率であった。
4. イビキ音圧の変動係数は、低呼吸に伴う気管音で有意に高値で、低呼吸に伴うイビキの不規則性が確認された。

以上から、OSAHS 患者の低呼吸時にはイビキを高率に伴い、そのイビキが変動に富むという特性を新しく見いだすことができた。

この論文の要旨は平成 12 年の呼吸器学会総会で発表した。

## 謝 辞

稿を終えるに当たり、御指導、御校閲を賜った奈良県立医科大学内科学第 2 講座成田亘啓教授、御校閲賜った耳鼻咽喉学講座細井裕司教授、総合医療・病態検査学講座中村忍教授に深謝いたします。本研究遂行にあたり直接御指導頂いた天理市立病院副院長前川純子先生、前内科医長中野博先生(現国立療養所南福岡病院内科)、睡眠検査に御協力頂いた林功、石井良子、松澤邦明、山内基

雄, 鈴木崇浩の各先生, 城志郎, 苗加貞男, 千崎香の検査技師諸兄姉に感謝致します。

## 文 献

- 1) **Guillemainault, C., Tillkian, A. and Dement, W. C.** : The sleep apnea syndrome. *Ann. Rev. Med.* **27** : 468-484, 1976.
- 2) **Findley, L. J., Unverzagt, M. E. and Suratt, P. M.** : Automobile accidents involving patients with obstructive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.* **138** : 337-340, 1988.
- 3) **Carlson, J. T., Hedner, J. A., Ejnell, H. and Peterson, L. E.** : High prevalence of hypertension in sleep apnea patients independent of obesity. *J. Respir. Crit. Care Med.* **150** : 72-77, 1994.
- 4) **He, j., Kryger, M. H., Zorick, F. J., Conway, W. and Roth, T.** : Mortality and apnea index in obstructive sleep apnea. *Chest* **94** : 9-14, 1988.
- 5) **Young, T.** : The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *New Engl. J. Med.* **328** : 1230-1235, 1993.
- 6) **Krumpe, P. E. and Cummiskey, J.** : Use of laryngeal sound recordings to monitor apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.* **122** : 797-801, 1980.
- 7) **Cummiskey, J., Williams, T. C., Krumpe, P. E. and Guillemainault, C.** : The detection and quantification of sleep apnea by tracheal sound recordings. *Am. Rev. Respir. Dis.* **126** : 221-224, 1982.
- 8) **Peirich, J. and Shepard, J. W. J.** : Automated apnoea detection by computer : Analysis of tracheal breath sounds. *Med. Biol. Eng. Comput.* **21** : 632-635, 1983.
- 9) **Hida, W., Miki, H., Kikuchi, Y., Miura, C., Iwase, N., Shimizu, Y. and Takishima, T.** : Home sleep monitor for detecting apnea episodes by nasal flow and tracheal sound recordings. *Tohoku J. Exp. Med.* **156 (Suppl)** : 137-142, 1988.
- 10) **Penzel, T., Amend, G., Meinzer, K., Peter, J. H. and von Wichert, P.** : MESAM : A heart rate and snoring recorder for detection of obstructive sleep apnea. *Sleep* **13** : 175-182, 1990.
- 11) **Issa, F. G., Morrison, D., Hadjuk, E., Iyer, A., Feroah, T. and Remmers, J. E.** : Digital monitoring of sleep-disordered breathing using snoring sound and arterial oxygen saturation. *Am. Rev. Respir. Dis.* **148** : 1023-1029, 1993.
- 12) **中野 博** : 睡眠時無呼吸症候群における無呼吸前後の気管音の解析, 奈良医誌, **46** : 570-578, 1995.
- 13) **中野 博, 大西徳信, 前川純子, 石井良子, 中村武彦, 松澤邦明, 成田亘啓** : 気管音終夜記録の自動解析による睡眠呼吸異常の検出, 日胸疾会誌, **37** : 765-770, 1996.
- 14) **中野 博, 松澤邦明, 前川純子, 成田亘啓** : 気管音解析による睡眠時呼吸異常・いびき検出システムの作成, *Therapeutic Research* **18** : 2999-3003, 1997.
- 15) **American Academy of Sleep Medicine** : Sleep-related breathing disorders in adults ; recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. *Sleep* **22** : 667-689, 1999.
- 16) **Rechtschaffen, A. and Kales, A.** : A manual of standardized terminology, techniques and scoring systems for sleep stages of human subjects. National Institute of Health, Publ. No. 2041, 1968.
- 17) **Sanchez, I. and Pasterkamp, H.** : Tracheal sound spectra depend on body height. *Am. Rev. Respir. Dis.* **148** : 1083-87, 1993.
- 18) **中野 博, 中谷泰弘, 前川純子, 大西徳信, 佐野公彦, 成田亘啓** : 第 17 回肺音(呼吸音) 研究会討議録, p1, 1992.