J. Jpn. Bronchoesophagol. Soc.
Vol. 41 No. 1

日気食会報, 41 (1), 1990
pp. 7—15

小児における睡眠時呼吸障害の重症度定量化方法の比較検討

山口 幹夫*, 宇高 二良*, 竹内 紳一*
加島 健司*, 記本 晃治*, 石田 達也*
小池 靖夫*, 武市 佳代子**

A Comparative Evaluation of Three Quantitative Methods to Assess Respiratory Disturbances during Sleep in Children

Mikio Yamaguchi, M.D.,* Jiro Udaka, M.D.,* Shinichi Takeuchi, M.D.,*
Kenji Kashima, M.D.,* Kouji Kimoto, M.D.,* Tatsuya Ishida, M.D.,*
Yasuo Koike, M.D.,* and Kayoko Takeichi, M.D.**
*Department of Otolaryngology, The University of Tokushima School of Medicine, Tokushima, and **Department of Otorhinolaryngology, Mitsubishi Kobe Hospital, Kobe

We examined three important quantitative parameters to evaluate the sleep disturbances in children.

The subjects were 46 children who had sleep disturbances such as sleep apnea, snoring and sternal retraction. They were examined with an all night polysomnography which included mesopharyngeal pressure, arterial oxygen saturation, air flow, thoracic movement, and snoring sound. We obtained Apnea Index, Sleep Oxygen Desaturation Index (SOD Index) which stood for the average percentage of reduction from arterial O_2 saturation during sleep and mesopharyngeal pressure amplitude (MPA) which stood for the maximum negative pressure amplitude under the obstructed portion in the upper airway.

In 44 cases of obstructive sleep apnea, the relationship among three parameters was investigated with correlation with chest deformity.

The following results were obtained:

(1) The correlation between Apnea Index and SOD Index ($r=0.732$, $P<0.001$) was more significant than that between Apnea Index and MPA ($r=0.371$, $P<0.01$) and than that between Apnea Index and MPA ($r=0.585$, $P<0.001$)).

(2) By evaluating Apnea Index and MPA, two types were identified. The one had high values of both Apnea Index and MPA. The other had low values of Apnea Index (below 5 points) and high values of MPA.

(3) MPA had a significant differentiation ($P<0.01$) between chest deformity cases and no-chest deformity cases. However, neither Apnea Index nor SOD Index had a significant differentiation.

*徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室, **三菱神戸病院耳鼻咽喉科
別刷請求：〒770 徳島県徳島市蔵本町3 徳島大学医学部耳鼻咽喉科学教室 山口幹夫
投稿受付：1989年7月13日

It was considered that MPA was useful for one of the quantitative parameters to evaluate the sleep disturbance in children.

Key words ：obstructive sleep apnea, Apnea Index, oxygen saturation, mesopharyngeal pressure

はじめに

睡眠時呼吸障害の概念は，1975年Guilluminault ら[1]が睡眠時に呼吸が停止し，それに伴って全身に種々の影響を及ぼす病態をsleep apnea syndromeと名付けて発表し，同時にApnea Indexという指標を提唱したことに始まる。それまであまり注目されることのなかった睡眠時の病的状態を広く世にしらしめ，注意を喚起したこと，またApnea Indexという比較的簡単に測定できる指標を提起したことは非常に価値のあることだと考えられる。そしてそれ以後，もっぱらApnea Indexが重症度を計る指標として用いられてきたが，近年その考え方に疑問を持つ向きも少なくない。すなわち，1）apneaはどういう機序で出現するのか，2）Apnea Indexすなわちapneaの頻度と他の呼吸障害に関わる要素とは相関するのか，3）apneaの存在しないような呼吸障害をどのように評価するか，等である。

一方，最近の研究によれば睡眠時呼吸障害の多くが睡眠時の上気道狭窄によって出現し，sleep apneaは，その最も程度の強い一病態であることが分かってきた。そこで，sleep apneaの有無に関わらず，睡眠時呼吸障害を定量的に表現するparameterは何かということで模索が続けられている。その中で岡田らの提唱した，心肺機能への負荷を反映するともいえるSOD Index[2]，石田，武市らの提唱した上気道の圧負荷を表す中咽頭圧値[3]は，比較的簡便で有用な方法であると思われる。

しかし，実際の睡眠時呼吸障害に基づく症状との相関，またApnea Indexを含むそれぞれのparameterの相互比較が行われていない等，なお臨床に用いるにはいくつかの解決すべき問題点が残されている。

われわれは従来より扁桃肥大に基づく小児睡眠時呼吸障害例に対して臨床的検討を行ってきたが，今回は上述の点をふまえて，3つのparameterを同時測定し，比較検討を行った。

対象と方法

対象は，イビキ・陥没呼吸・睡眠時無呼吸等の種々の程度の睡眠時呼吸障害を訴えて，徳島大学医学部付属病院耳鼻咽喉科を受診した，幼少児46例（男児34例，女児12例）である。年齢は，1歳6ヵ月より10歳6ヵ月までの平均5歳8ヵ月であった。そのうち8割が他医よりの紹介，または新聞報道により家族が啓蒙されての受診であった。

これらについて初診時に，問診にてイビキ，口呼吸，無呼吸等の睡眠時上気道狭窄症状の有無を確認した。また視診にて漏斗胸，鳩胸等の胸郭変形の有無を確認した。

これら全例に対して，原則として終夜8時間の睡眠ポリグラフ検査を施行した。ポリグラフの項目としては，(1)鼻・口腔よりの換気気流，(2)胸壁運動，(3)経皮的動脈血酸素飽和度，(4)中咽頭圧，(5)イビキ音の5項目である。

換気気流は，鼻・口腔をおおうマスクを顔面に固定し，マスク内に留置したthermisterにより気流の温度変化をとらえてその指標とした。胸壁運動はstrain-gaugeを乳頭を通過する胸郭周囲に装着し，呼吸運動に伴う周囲径の変化で把握した。また一部の例では胸骨剣状突起下部と背部に装着した電極にて胸壁インピーダンスを測定し，胸壁運動の指標とした。経皮的動脈血酸素飽和度は，C.S.I. JAPAN社製パルスオキシメーターCSI501＋のセンサーを右中指に固定し，連続記録した。中咽頭圧については，石田[4]の中咽頭圧検査法に基づき超小型圧transducer（Gaeltec社製D411，sensor部直径1.2 mm）を，経鼻的に口蓋扁桃直下に留置し，呼吸に伴う圧変化を導出した。イビキ音について

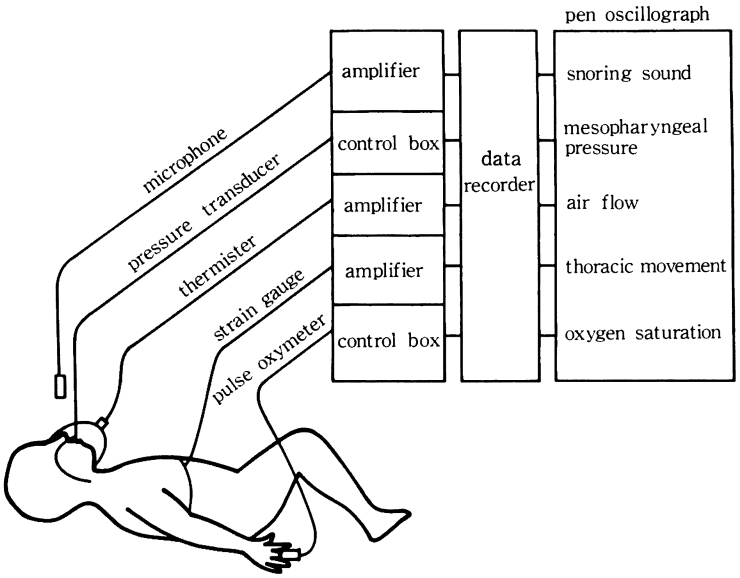


図1　Block diagram

表1　睡眠時呼吸障害の重症度定量化法

1．Apnea Index（A.I.）（Guilleminault, 1977）
　定義：単位時間あたりの10秒以上の無呼吸の出現回数
　評価：6.5時間以上の睡眠時において，5以上を異常とする。
2．Sleep Oxygen Desaturation Index（SOD Index）（岡田，1987）
　定義：経皮的測定による動脈血酸素飽和度(SaO_2)の覚醒時の平均値(A)に対する睡眠時10分間隔の平均値(B)の減少率。

$$\text{SOD Ratio} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

　評価：6.1～10.4　重　症
　　3.1～ 3.9　中等症
　　2.3～ 2.9　軽　症
3．Mesopharyngeal pressure amplitude（石田・武市，1985）
　定義：口蓋扁桃直下の呼気時・吸気時の中咽頭最大圧差の絶対値
　評価：30 cm H_2O以上　上気道狭窄(＋)
　　20 cm H_2O以下　上気道狭窄(－)

は，口前に置いたマイクロフォンより誘導，記録した。

図1に，block diagramを示す。

以上の手続きにより表1に示すような，Apnea Index，SOD Index，中咽頭圧値を求めた。

なお，無呼吸についてはGuilleminaultの方法に従い中枢性，混合性，閉塞性のいずれであるかを判定した。

これより，三者間の相互比較を行い，さらに上気道狭窄の一部分症状である胸郭変形の有無でもって各定量化法の比較を行った。

結　果

表2に中咽頭圧値の順に並べた全例の一覧表を示す。そのうち症例44，症例45，症例46は，

表2　全症例の一覧表

症 例	年齢(歳，ヵ月)	性 別	Apnea Index	SOD Index	中咽頭圧(cmH_2O)	胸郭変形	無呼吸のtype
1	1,9	男	0.8	5.2	98	FC	
2	1,9	男	70.0	23.4	93	FC	
3	5,0	男	35.2	14.6	88	FC	
4	7,5	男	26.0	3.3	79	FC	
5	4,8	男	0.9	1.5	76	PC	
6	5,4	女	2.8	2.0	68	FC	
7	7,8	女	3.6	1.8	63	FC	
8	7,10	男	0.7	1.9	63	FC	
9	7,2	男	3.4	1.4	58		
10	7,6	男	17.0	4.0	57	FC	
11	8,10	男	2.7	2.4	57	PC	
12	5,4	男	0.3	1.0	57	PC	
13	7,0	男	3.0	2.0	53		
14	2,4	男	2.4	2.0	45	FC	
15	5,9	男	0.0	1.0	41		
16	5,3	男	1.0	2.0	40	PC	
17	4,4	男	0.0	1.2	38	FC	
18	6,6	男	9.1	2.3	35	FC	中枢型
19	7,8	女	17.0	3.1	34	FC	
20	3,10	男	2.8	1.9	33		
21	8,9	女	1.5	1.2	33	FC	
22	5,8	女	3.6	1.3	32	PC	
23	4,2	男	0.8	1.4	30		
24	5,3	女	4.2	2.2	27		
25	2,9	男	4.2	1.9	27	FC	
26	5,11	男	1.3	1.5	24	FC	
27	7,5	男	0.7	2.0	24		
28	6,0	男	2.1	2.5	22		
29	5,8	男	3.0	1.8	22		
30	3,8	女	1.5	1.9	20	FC	
31	6,4	男	1.6	1.4	19	PC	
32	3,9	男	0.4	1.1	19		中枢型
33	7,1	女	0.9	1.2	18		
34	3,9	男	1.2	1.6	16	FC	
35	5,4	女	1.1	1.2	16	FC	
36	4,3	男	0.6	1.4	16		
37	10,6	男	1.2	1.7	15	FC	
38	3,6	男	1.2	1.5	14		
39	9,5	女	0.6	1.1	14		
40	7,6	男	0.0	0.0	14		
41	1,6	女	0.3	1.3	9	FC	
42	4,0	男	6.3	1.3	8	PC	
43	7,1	男	3.1	1.4	7		
44	6,6	男	34.0	3.1	(−)		
45	3,11	男	5.7	2.0	(−)		
46	6,2	女	0.7	1.3	(−)		

(−)：未施行　FC：漏斗胸　PC：鳩胸

中咽頭圧を測定しなかった症例である。胸郭変形は27例にみられ，漏斗胸20例，鳩胸７例であった。無呼吸のタイプについては，症例18，症例32の２症例が換気気流，胸郭運動が同時に停止する中枢型無呼吸であったが，他の症例は閉塞型ないしは混合型無呼吸の混在する閉塞型無呼吸であった。

各定量化手法別の定量値の度数分布を検討した。Apnea Index では病的とされる５以上のもの[5]が９例で，全体の20％を占めた（図２）。SOD Index では，岡田は成人においては健常者の平均値は1.6で，2.3以上を軽症例としている。小児における報告はなく，便宜上，２以上を異常値群と仮定すると，今回の症例群では17例，全体の37％を占めた。一方，岡田の示した重症例10.4よりも高値を示す例も認められた（図３）。中咽頭圧値については，武市[6]の定めた上気道狭窄を示すとされる30 cmH_2O 以上のものを異常値群とした。23例がこれに該当し，全体の53％を占めた（図４）。

図５に，種々のレベルの睡眠時呼吸障害別の代表例の睡眠ポリグラフ図を提示する。

症例８は，７歳10ヵ月の男児で漏斗胸変形を合併しており，Apnea Index，SOD Index は正常範囲ながら，中咽頭圧値のみ異常を示した例である。Apnea Index は0.7と低値を示すが，換気気流，呼吸運動，経皮的動脈血酸素飽和度は軽度ながらも時々，不規則な変化を示し，SOD Index は1.9であった。中咽頭圧には周期的に陰圧負荷が出現し，中咽頭圧値は63 cmH_2O であった。

症例６は，５歳４ヵ月の女児で漏斗胸変形を合併しており，症例８よりも Apnea Index，SOD Index が高値を示した例である。Apnea Index は2.8と正常範囲ながら，症例８に比し無呼吸は多く出現し，換気気流，呼吸運動，経皮的動脈血酸素飽和度ともにより不規則な変化を示した。SOD Index は2.0，中咽頭圧値は68 cmH_2O に達しており，高度な上気道狭窄状態と考えられた。

症例３は，５歳０ヵ月の男児で軽度漏斗胸変形を合併する，Apnea Index，SOD Index，中咽頭圧値すべて極端な高値を示した重症例である。終夜にわたって陥没呼吸，無呼吸を認め，寝

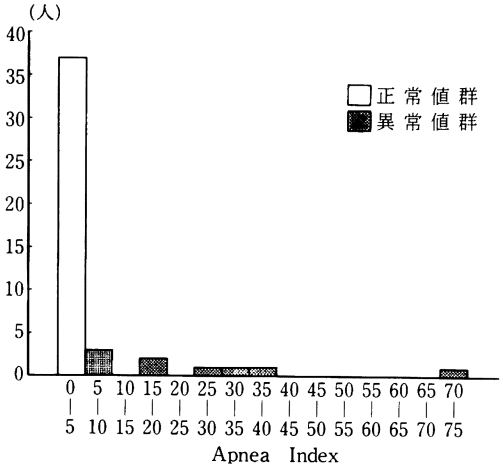


図２　Apnea Index の度数分布図

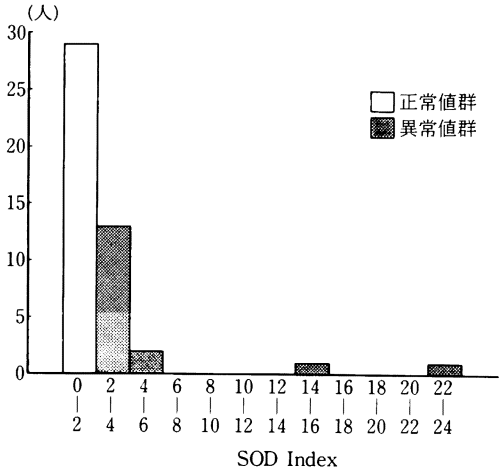


図３　SOD Index の度数分布図

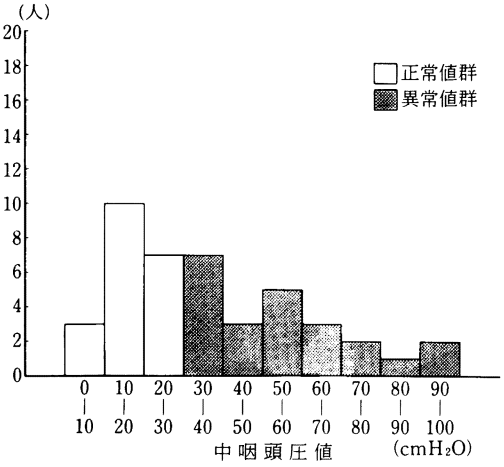


図４　中咽頭圧値の度数分布図

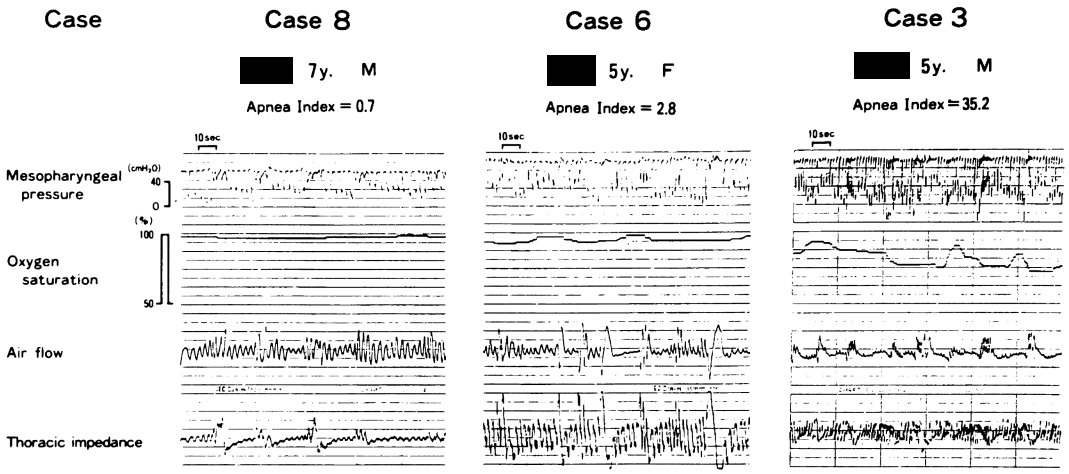


図5　Polysomnograph

汗も顕著であった。昼間の傾眠傾向も認めた。Apnea Index は，35.2と高頻度の無呼吸を認めた。無呼吸時，呼吸努力による微弱な換気気流の変動はあるものの，有効な換気は行われていない。SOD Index は14.6で，周期的な酸素飽和度の低下を認め，覚醒時の98%より，睡眠時は最低で50%に達した。中咽頭圧値も88 cmH_2Oで，終夜にわたる持続的で高度な上気道狭窄状態であると考えられた。

このように症例ごとに，3つの parameter は異なった様相を呈している。

次に，定量化三法の，おのおの二者間の相互比較を行った。なお中枢性無呼吸を呈した2例は，以後の検討より除いた。

おのおのの度数分布より，母集団の型の適合度の検定を行うと，Apnea Index と SOD Index は指数型分布に，中咽頭圧値は Poisson 分布に近似していた。これよりおのおのの値を正規分布に近似するよう変換したうえで相関関係を検討した。

Apnea Index と SOD Index には正の相関が認められた（$r=0.732$，$P<0.001$）（図6）。

Apnea Index と中咽頭圧値には明確な相関は見られなかった（$r=0.371, 0.01<P<0.02$）。Apnea Index 高値のものは，おおむね中咽頭圧値は高いものの，Apnea Index 低値群では，

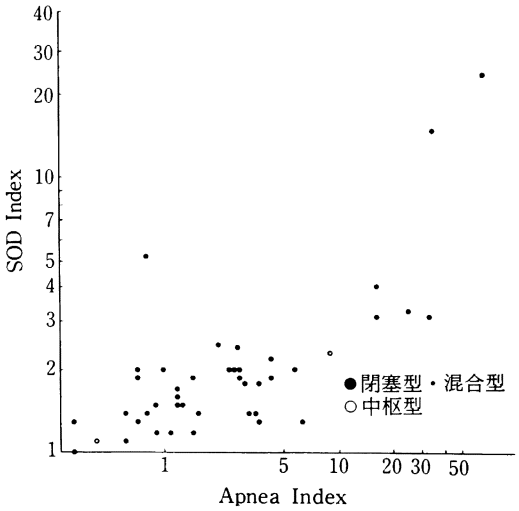


図6　Apnea Index と SOD Index
Apnea Index，SOD Index ともに対数目盛で示す。

種々の中咽頭圧値を示した（図7）。

SOD Index と中咽頭圧値では若干の相関がみられた（$r=0.585$，$P<0.001$）（図8）。

各定量化手法ごとに，胸郭変形の有無別に，平均値，標準誤差を求めた（表3）。

平均値ではいずれも胸郭変形群の方が高値であった。胸郭変形群と非変形群は対応のない関係であり，正規分布に近似させたおのおのの値

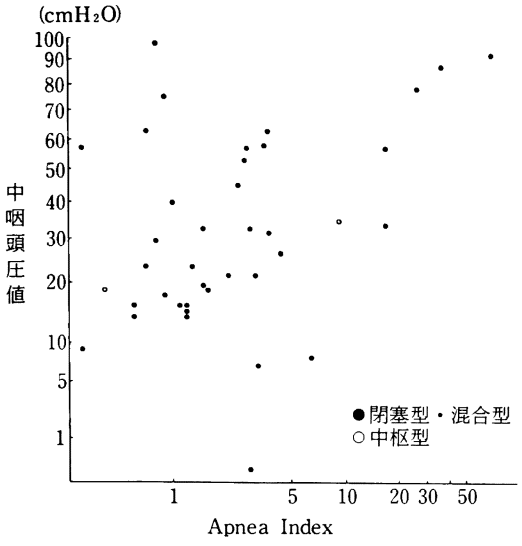


図7　Apnea Index と中咽頭圧値
Apnea Index が 5 未満の正常値群であっても，中咽頭圧値が30以上の上気道狭窄例を認める。なお，Apnea Index は対数目盛で，中咽頭圧値は指数目盛で示す。

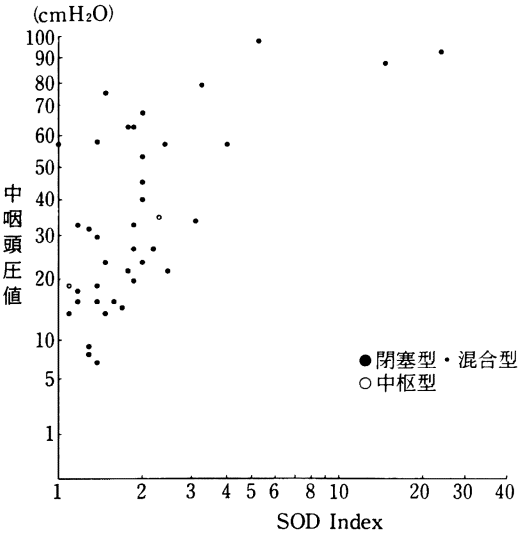


図8　SOD Index と中咽頭圧値
SOD Index は対数目盛で，中咽頭圧値は指数目盛で示す。

表3　胸郭変形と睡眠時呼吸障害重症度定量化手法

定量化法	胸郭変形	症例数	定量値	有意差
中咽頭圧値	(+)	26	45±5.3	*
(cmH2O)	(−)	15	26±3.8	
Apnea Index	(+)	26	7.5±3.0	N.S.
	(−)	18	3.7±1.8	
SOD Index	(+)	26	3.3±0.96	N.S.
	(−)	18	1.6±0.16	

Mean ±S.E.
*：$P<0.01$，N.S.：有意差なし

について等分散の検定を行うと，Apnea Index，SOD Index，中咽頭圧値すべて 5 %の確率で分散に差があると考えられ，平均値の検定には welch-t-test を行った。これより中咽頭圧値のみ，胸郭変形群と非変形群の間に 1 %の危険率で有意差を認めた。

考　察

従来より，睡眠時呼吸障害の病態把握のために，脳波，換気気流，胸郭運動，心電図，血液ガス分析，胸腔内圧(食道内圧)，舌骨上筋群の筋電図，電気眼位図等を併用した睡眠ポリグラフや video-fluoroscopy, fiberscope による上気道形態の観察などが行われてきた[4]（表 4）。しかし，手技が複雑で被検者に与える苦痛が大きかったり，また必ずしも定量化が容易でなく，臨床の場においては，個々の症例について，これらの結果を持ち寄って，総合的に重症度が判断されているのが現状である。

そのような中にあって，これら睡眠時呼吸障害に対して，積極的に重症度を一般化，定量化しようという試みが進められている。最も早くから行われているものとしては睡眠時の無呼吸をとりあげ，無呼吸を換気気流の停止が10秒以上続くものと定義したうえで，この出現頻度を定量化する「Apnea Index」や周期性無呼吸出現時間の全睡眠時間に対する比をみた「睡眠時無呼吸出現率」[7]等がある。

しかし，無呼吸だけをとりあげて，睡眠時呼吸障害の重症度として代表させてよいものかどうかには疑問が残る。

表4　睡眠時呼吸障害に対する睡眠時検査

1．Polygraph法
　1．胸郭・腹部の運動（strain gauge法）
　2．鼻・口腔における換気気流（thermister法）
　3．脳波
　4．心電図
　5．舌骨上筋群の筋電図
　6．電気眼位図
　7．動脈血酸素飽和度
　8．呼気ガスの観察（gas analyser法）
　9．血行動態の観察（Swan-Ganz catheterの挿入）
　10．食道内圧（圧transducer法）
　11．中咽頭圧（圧transducer法）

2．Video-fluoroscopy法
　Fiberscopy法

（石田（1985）より改変）

一方，睡眠時呼吸障害時には低酸素血症，高炭酸ガス血症や動脈血酸素飽和度の低下[8]が起こるが，岡田らは，近年のエレクトロニクスの発達により比較的容易に終夜の動脈血酸素飽和度の連続記録が可能となったことを利用して，SOD Indexを発表した。これは換気障害により2次的に生じた酸素分圧低下の度合いを基準化したものといえる。apneaなどの換気障害が高度になれば，SOD Indexに反映されるものと想像される。今回の検討においても，両者間にはある程度の有意な相関を示した。

次いで，中咽頭圧値とApnea Index，中咽頭圧値とSOD Indexについて比較すると，中咽頭圧値は，

① Apnea Index，SOD Indexに比して広い（正規分布に近い）分散が得られる。

② 一般にApnea Index，SOD Indexが高値のものは中咽頭圧値も高値をとる。逆にApnea IndexやSOD Indexが低値をとるものでは，中咽頭圧値は種々の値を示している。

以上の関係が得られた。以下，この関係について考察を加えてみたい。

中咽頭圧値は，上気道を中心とした呼吸器系の影響をみている。中咽頭圧値が高値をとるということは，上気道狭窄が亢進した状態であり，極限となったとき，完全閉塞すなわちapneaが出現すると考えられる。また，中咽頭圧値が高いながらも体の他の部位の代償が働いている間はSOD Indexは上昇せず，代償できなくなった時SOD Indexが高値となってくるのであろう。すなわち，病的状態が強くなるとApnea Index，SOD Indexも上昇するが，それ以前の比較的病状の軽度の時にはApnea Index，SOD Index上では異常が出現しにくいのであろう。換言すれば，軽度の状態をとらえるためにはApnea Index，SOD Indexよりも中咽頭圧値の方が良いであろう。このことは，武市[6]の「中咽頭圧値は，いびき，陥没呼吸などとよく相関する」との報告にも述べられているとおりである。

睡眠時呼吸障害と胸郭変形の合併は，臨床の場においてよく経験するものである。上気道狭窄の改善によって，胸郭変形が改善する症例があることより[9]，両者の関係にも注目してみた。胸郭変形の有無別に各定量化方法を検討すると，中咽頭圧値でのみ有意差があらわれた。睡眠時呼吸障害の中には，イビキ，陥没呼吸があるが，これらでは慢性の上気道狭窄により胸郭の変形をきたすものと思われる。特に幼少児では，咽頭扁桃，口蓋扁桃肥大による上気道狭窄をきたしやすく，また脆弱な胸郭を持つために，apneaによる心肺機能の低下をもたらす以前に，胸郭変形をきたすものと思われる。さらに，胸郭だけでなく気管支変形の合併[10]も報告されている。

胸郭変形の鑑別には，上気道狭窄の重症度定量化方法としての中咽頭圧値測定が最も有用であり，小児における呼吸障害の重症度判定においては，単に無呼吸を観察するのみでなく，中咽頭圧値の測定が必要であろう。

ま と め

無呼吸，いびき，陥没呼吸等の種々の程度の睡眠時呼吸障害を示す幼少児46例について，睡眠ポリグラフ検査を施行し，(1)中咽頭圧値（石田・武市，1985），(2) Apnea Index（Guilleminault，1977），(3) Sleep Oxygen Desaturation Index（SOD Index）（岡田，1987）を求め，相互比較を行うとともに，胸郭変形との関連性も検討した。

その結果，① Apnea Index，SOD Index は，指数型分布に近似し，中咽頭圧は Poisson 分布に近似した。

② Apnea Index と SOD Index（$r=0.732$）が，Apnea Index と中咽頭圧値（$r=0.371$），SOD Index と中咽頭圧値（$r=0.585$）に比し，高い相関を認めた。

③ Apnea Index 高値群では，いずれも中咽頭圧値も高値を示す。一方，Apnea Index は低値であっても中咽頭圧値が高値を示す群が認められた。

④ 胸郭変形の有無による差異を検定（welch-t-test）すると，Apnea Index，SOD Index ともに有意差は認めず（$P>0.1$），中咽頭圧値のみ，胸郭変形群で有意に高値を示した（$P<0.01$）。

なお，本論文の要旨は第40回日本気管食道科学会総会，第14回日本睡眠学会学術集会にて発表した。

文　献

1）Guilleminault, C., et al.: The sleep apnea syndrome. Ann. Rev. Med., 27：465-484, 1976.
2）Okada, T., Nakahara, D., Ozaki, N., et al.: A "Sleep Oxygen Desaturation Index (SOD Index) in the Study on Sleep Apnea Syndrome. Jpn. J. Psychiatry and Neurol., 42：124, 1988.
3）石田達也：上気道狭窄と中咽頭圧検査．耳鼻臨床，78：411-432，1985.
4）石田達也，宇高二良：耳鼻咽喉科領域における睡眠時呼吸障害．耳鼻臨床，77：1929-1940，1984.
5）Guilleminault, C.: Sleep and Its Disorders in Children, pp. 213-224, Raven Press, New York, 1987.
6）武市佳代子：小児における睡眠時呼吸障害の検討．日耳鼻，91：88-100，1988.
7）片山宗一，木村泰三，石井重利：睡眠時無呼吸症候群．臨床精神医学，14：615-620，1985.
8）Guilleminault, C., Eldridge, F.L., Simmon, F. B., et al.: Sleep apnea syndrome; Can it induce hemodynamic changes? West J. Med., 123：7-10, 1975.
9）Olsen, D.K., et al.: Pectur excavatum: Resolution after surgical removal of upper airway obstruction. Laryngoscope, 90：832-837, 1980.
10）武市佳代子，石田達也，宇高二良・他：睡眠時呼吸障害児における問題点―胸郭変形を中心として―．日気食会報，40：422-430，1989.