

◎原 著◎

## 呼吸筋力と肺コンプライアンスの関係が 換気指標と抜管の成否に及ぼす影響

横山仁志<sup>1)</sup>・横山有里<sup>2)</sup>・武市梨絵<sup>1)</sup>・渡邊陽介<sup>1)</sup>・笠原西介<sup>2)</sup>

キーワード：肺コンプライアンス，呼吸筋力，rapid shallow breathing index，抜管

### 要 旨

人工呼吸器管理中の急性呼吸不全患者 (n=228) を対象として、呼吸筋力 (P<sub>lmax</sub>) と静的肺コンプライアンス (C<sub>st</sub>) が、換気指標と抜管の成否に及ぼす影響を検討した。P<sub>lmax</sub> (カットオフ、25cmH<sub>2</sub>O；尤度比、3.5)、C<sub>st</sub> (カットオフ、30mL/cmH<sub>2</sub>O；尤度比、2.1) とともに単一指標でも、抜管成否の良好な予測指標であった。しかし、両指標が各カットオフをともに上回る場合、rapid shallow breathing index (RSBI) ≤105 回/min/L を示す症例の割合 (97%)、抜管成功例の割合 (98%) は極めて高値を認め、より高い判別精度を示した (尤度比、14.6；正診率、0.78)。多重ロジスティック回帰分析から算出されたモデル式 (Model=-5.592+0.150\*P<sub>lmax</sub>+0.083\*C<sub>st</sub>) においても、抜管の成否を高い精度で判別可能であった (尤度比、3.8；正診率、0.89)。以上のことから、P<sub>lmax</sub> と C<sub>st</sub> は RSBI や抜管成否に強く影響を及ぼすことが明らかとなった。よって、P<sub>lmax</sub>、C<sub>st</sub> の水準、両者の関連を加味したうえで自発呼吸トライアルを実施することは、抜管時における換気能力、抜管成否の理解の一助となるものと推察された。

### 緒 言

長期化する人工呼吸器管理は、人工呼吸器関連肺炎の併発やそれに伴う死亡率の増加を招来する<sup>1-3)</sup>。そのため、人工呼吸器管理の必要性を総合的に評価し、適切な時期に可及的速やかに抜管することが提唱されている。しかし、早期抜管を進めるにあたり、抜管の成否を判断する精度の高い、単一の優れた予測指標が存在しないため、適切な時期の抜管の遂行を困難にしている<sup>4,5)</sup>。このような背景から近年、ウィーニングや抜管の成否をスクリーニングする方法とし、自発呼吸トライアル (spontaneous breathing trial: SBT) が推奨されはじめ、早期抜管への成果をあげている<sup>6)</sup>。しかしながら、SBT を用いた場合でも一定の割合でその

成否を予測できない症例が存在しており<sup>7,8)</sup>、抜管に関連する多くの指標を多角的に理解したうえで、SBT を実施することの重要性が示唆される場所である。

そこで本研究では、換気へ影響を及ぼす呼吸筋力と肺コンプライアンスに着目し、それらが人工呼吸器装着患者の換気指標や抜管の成否に及ぼす影響について明らかにすることを目的として検討を行った。

### I. 方 法

#### 1. 対 象

対象は、2004年から2008年の期間に当院リハビリテーション部がウィーニング目的で介入したすべての挿管下人工呼吸器管理中の急性呼吸不全患者であり、気管チューブの抜管直前の意識が清明、指示動作が十分に可能で、後述する評価が可能であった症例とした。なお、本研究は、聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会の承認 (1967号) を得て実施した。

1) 聖マリアンナ医科大学病院 リハビリテーション部

2) 聖マリアンナ医科大学横浜市西部病院 リハビリテーション部  
[受付日：2011年10月6日 採択日：2012年5月9日]



HI-801 Spirometer (Chest)



Haloscale Respirometer (IMI)

Fig. 1 Measuring instruments

We used the respiratory muscle strength measurement device (left) for measuring the maximal inspiratory pressures ( $PI_{max}$ ) and the ventilatory volume indicator (right) for the ventilation parameters.

## 2. 調査・測定項目

抜管前に測定した呼吸筋力、肺コンプライアンス、換気指標、および気管チューブの抜管の成否を診療記録より後方視的に調査した。

### 1) 呼吸筋力

呼吸筋力は、吸気筋力の代替値として活用される最大吸気圧 ( $PI_{max}$ ) を採用した<sup>9,10)</sup>。 $PI_{max}$  の測定は、呼吸器回路 (スミスメディカルジャパン社製カテーテルマウントダブル回転コネクター、COVIDIEN 社製フレックス INF) を装着した Chest 社製 Spirometer HI-801 (Fig. 1) を用い、SBT 試行中に良好な覚醒が得られている時に実施した。測定は、患者から人工呼吸器を一時的に外し、患者に最大呼気位までの十分な呼気努力を指示した後、気管チューブに測定機器を接続した。その状態で患者に最大吸気努力を指示し、その際に生じる陰圧を測定した。測定は3回施行し、最大値を採用した。なお、 $PI_{max}$  の測定値は絶対値で表示した。

### 2) 肺コンプライアンス

肺コンプライアンスは、肺実質と胸郭の総合的な柔軟性を示す静的肺胸郭コンプライアンス ( $C_{st}$ ) を採用した<sup>11~13)</sup>。その測定は、人工呼吸器装着下 (従量式調節換気下) における吸気終末ポーズ法を用い、得られた一回換気量 (tidal volume:  $V_T$ ) を、その際の駆動圧 (吸気終末ポーズ圧 - PEEP) で除して算出した。 $C_{st}$  は、鎮静薬投与下で、視診上自発呼吸を認めない状態における抜管直近の測定値を採用した。

### 3) 換気指標

換気指標には、ゆっくりとした深い呼吸であれば低値を、速く浅い呼吸であれば高値を示し、換気効率の判断にも有効な指標である rapid shallow breathing index (以下、RSBI) を採用し<sup>5,14,15)</sup>、SBT 試行中のものを測定した。換気は IMI 社製 Haloscale Respirometer (Fig. 1) を気管チューブに直接装着し、呼吸数 ( $f$ ) と分時換気量 (MV) を測定した。そして、MV を  $f$  で除して  $V_T$  (L) を求め、得られた値から RSBI ( $f/V_T$ : 回/min/L) を算出した<sup>16)</sup>。RSBI は、105 回/min/L を上回るか否かについてみた。

### 4) 気管チューブの抜管の成否

SBT の試行は、人工呼吸器管理に至った原疾患・合併症、胸部画像所見、および循環動態を含む全身状態が改善傾向を認めることを第一条件とした。そして、意識レベル、咳嗽反射や呼気努力の有無の確認、pressure support ventilation  $\leq 5 \sim 8$  cmH<sub>2</sub>O、continuous positive airway pressure  $\leq 5$  cmH<sub>2</sub>O、T-ピースのいずれかの方法で2時間程度の SBT 試行後、担当医と理学療法士が総合的に判断して、気管チューブの抜管を実施した<sup>6)</sup>。抜管の成否は、抜管後48時間以内に呼吸筋疲労によって再挿管、あるいは NPPV を必要とするか否かで判断した。

## 3. 検討項目および統計的手法

はじめに、 $PI_{max}$ 、 $C_{st}$  の各々の単一指標と抜管の成否との関係を明らかにするため、receiver operating

Table 1 Multivariate logistic regression analysis

Conditions	Logistic Coefficient (β)	Wald	p value	Odds Ratio	95% Confidence Interval
PI <sub>max</sub>	0.150	24.166	p<0.05	1.162	1.095~1.234
C <sub>st</sub>	0.083	15.875	p<0.05	1.086	1.043~1.132
Constant	-5.592	29.259	p<0.05		

A model was calculated by multivariate logistic regression. Success or failure of extubation was determined as the dependent variable and PI<sub>max</sub> and C<sub>st</sub> as independent variables.

characteristic curve (以下、ROC 曲線) を用いて検討した。そして、抜管の成否を目的変数、PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> を説明変数とする多重ロジスティック回帰分析 (強制投入法) を行い、モデル式を求めた。その式に PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> の実測値を代入し、算出された数値 (以下、Model) から ROC 曲線を求めた。ROC 曲線からは、曲線下面積、抜管の成否を判断するカットオフ値、ならびにカットオフ値における判別精度 (感度、特異度、陽性・陰性適中率、陽性尤度比、正診率) を算出した。なお、カットオフ値の決定には、感度と特異度 (1-偽陽性率) の和が最大となる値を採用した。

次に、PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> の両指標の関係が換気指標、抜管の成否に及ぼす影響について検討を加えた。先に決定した PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> のカットオフ値を参考に、それらの値を超えているか否かで全対象者を4つの区分に分類し、RSBI ≤ 105 回/min/L の症例、抜管成功例の割合について調査、検討した。いずれの統計学的手法も危険率5%を有意水準とした。

## II. 結 果

### 1. 対象の属性

本研究の対象者は247例 (男性146例、女性101例) であった。そのうち抜管後に原疾患の増悪、気道狭窄、顕著な誤嚥徴候による挿管例、および再挿管予防のために抜管直後から非侵襲的陽圧換気法 (non-invasive positive pressure ventilation : NPPV) の使用例である19例は除外し、228例 (男性133例、女性95例) で検討を行った。それらの対象者の年齢は73 (63~78) 歳 (範囲22~94)、身長155 (150~165) cm、抜管時の体重54 (45~64) kg、SBT時のPF ratioは278 (215~354)、そして抜管までの人工呼吸器装着期間は5 (3~9) 日であった (いずれも中央値〈四分位範囲〉)。それらの人工呼吸器管理に至った疾病の内訳は、循環器疾患

93例、呼吸器疾患83例、消化器・代謝疾患24例、中枢神経疾患11例、その他17例であり、外科症例140例、内科症例88例であった。

### 2. PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub>、Modelにおける気管チューブの抜管成否の関係

Table 1には、多重ロジスティック回帰分析の結果を示した。PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> のオッズ比 (95%信頼区間) は、順に1.162 (1.095~1.234)、1.086 (1.043~1.132) といずれも抜管の成否に独立して影響を及ぼす因子であった (P<0.05)。そのモデル式は、Model = -5.592 + 0.150 \* PI<sub>max</sub> + 0.083 \* C<sub>st</sub> であった。

Fig. 2には、ROC 曲線を用いて PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> および Model の各指標と抜管成否の関係を示した。それらの曲線下面積 (標準誤差) は、順に0.86 (0.04)、0.79 (0.04)、0.89 (0.03) であり、有意に高値を認めた (p<0.05)。そして、各々の抜管成否を判別するカットオフ値は、順に25cmH<sub>2</sub>O、30mL/cmH<sub>2</sub>O、0.644であった。いずれも高い判別精度を示していたものの、PI<sub>max</sub>、C<sub>st</sub> に比較して Model において、より高い判別精度を認めた (Table 2)。

### 3. PI<sub>max</sub> と C<sub>st</sub> の関係が換気指標、抜管成否に及ぼす影響

先に明らかにした両指標のカットオフ値を用い、PI<sub>max</sub> が25cmH<sub>2</sub>Oを、C<sub>st</sub> が30mL/cmH<sub>2</sub>Oを上回っているか否かで全対象者を4つの区分に分類した。すなわち、PI<sub>max</sub> < 25cmH<sub>2</sub>O・C<sub>st</sub> < 30mL/cmH<sub>2</sub>OをI群 (n = 24例)、PI<sub>max</sub> < 25cmH<sub>2</sub>O・C<sub>st</sub> ≥ 30mL/cmH<sub>2</sub>OをII群 (n = 37例)、PI<sub>max</sub> ≥ 25cmH<sub>2</sub>O・C<sub>st</sub> < 30mL/cmH<sub>2</sub>OをIII群 (n = 30例)、そしてPI<sub>max</sub> ≥ 25cmH<sub>2</sub>O・C<sub>st</sub> ≥ 30mL/cmH<sub>2</sub>OをIV群 (n = 137例) とした。それらの対象者のプロフィールは Table 3 に示した。

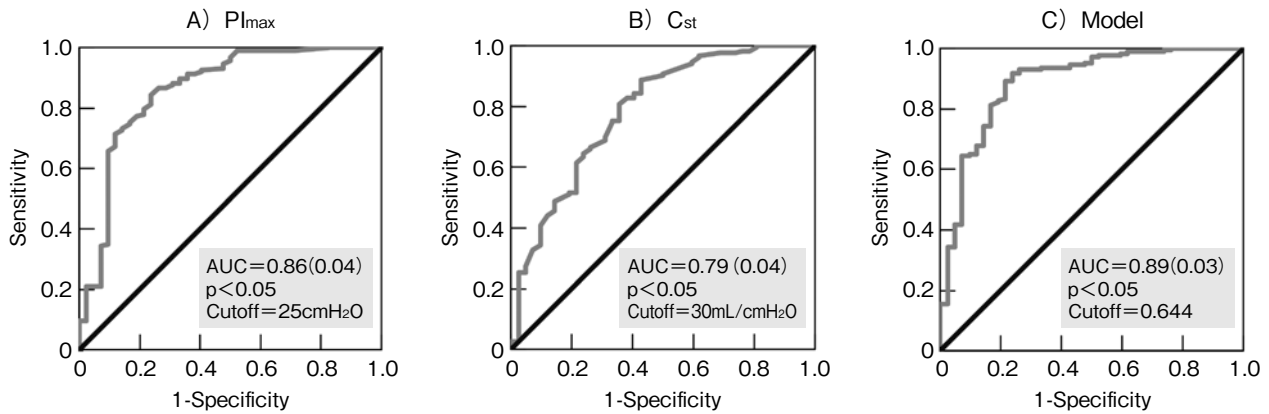


Fig. 2 ROC curves

We used ROC curves to calculate AUC (SE) and cutoff volumes to determine success or failure of extubation. The AUC and cutoff volumes were as follows : A)  $PI_{max}$  0.86 (0.04), 25cmH<sub>2</sub>O ; B)  $C_{st}$  0.79 (0.04), 30mL/cmH<sub>2</sub>O ; C) Model 0.89 (0.03), 0.644.

Table 2 Accuracy of determining success or failure of extubation with indices

Conditions	Sensitivity	False positive (Specificity)	PPV	NPV	LR	Accuracy
$PI_{max} \geq 25\text{cmH}_2\text{O}$	0.84	0.24 (0.76)	0.94	0.52	3.5	0.80
$C_{st} \geq 30\text{mL/cmH}_2\text{O}$	0.84	0.40 (0.60)	0.90	0.46	2.1	0.83
$Model \geq 0.644$	0.92	0.24 (0.76)	0.94	0.68	3.8	0.89
<hr/>						
$PI_{max} \geq 25\text{cmH}_2\text{O}$ and $C_{st} \geq 30\text{mL/cmH}_2\text{O}$	0.73	0.05 (0.95)	0.99	0.44	14.6	0.78

PPV, positive predictive value ; NPV, negative predictive value ; LR, likelihood ratio.

Model =  $-5.592 + 0.150 * PI_{max} + 0.083 * C_{st}$

We examined the accuracy of values for determining success or failure of extubation when indices of  $PI_{max}$ ,  $C_{st}$ , model, and both  $PI_{max}$  and  $C_{st}$  were beyond the cutoff volumes.

各群におけるRSBI $\leq$ 105回/min/Lの割合は、I群は33% (8例/24例)、II群は78% (29例/37例)、III群は70% (21例/30例)、そして、IV群では97% (133例/137例)であり、I群で低値を、IV群で高値を示していた。

次に、各群における抜管の成否の関係を Fig. 3 に示した。抜管成功例の割合は、I群から順に29% (7例/24例)、59% (22例/37例)、73% (22例/30例)、98% (135例/137例)とRSBIと同様、I群で低値を、IV群で極めて高い成功率を示していた。そこで、 $PI_{max}$ 、 $C_{st}$ の両指標がカットオフ値を上回る条件を満たした場合 (IV群) の抜管成否の判別精度を Table 2 下段に示した。正診率は0.78とmodelに比較し低値を示すものの、陽性適中率は0.99、陽性尤度比では14.6と極めて高い判別精度を示した。

さらに、両指標と抜管成否の関係を散布図より詳細にみた場合、 $PI_{max}$ がカットオフ値を上回っているにもかかわらず、抜管に失敗した10例中8例 (80%) が $C_{st}$ のカットオフ値を下回っていた。逆に、 $PI_{max}$ がカットオフ値を下回っているにもかかわらず、抜管に成功した29例中22例 (76%) が $C_{st}$ のカットオフ値を上回っていた。同様に、 $C_{st}$ がカットオフ値を上回っているにもかかわらず、抜管に失敗した17例中15例 (88%) が $PI_{max}$ のカットオフ値を下回る症例であった。逆に、 $C_{st}$ がカットオフ値を下回っているにもかかわらず、抜管に成功した29例中22例 (76%) が $PI_{max}$ のカットオフ値を上回る症例であった。

Table 3 Patient characteristics

	Group I	Group II	Group III	Group IV	F value (* : $\chi^2$ )	p value
	PI <sub>max</sub> < 25cmH <sub>2</sub> O C <sub>st</sub> < 30mL/cmH <sub>2</sub> O	PI <sub>max</sub> < 25cmH <sub>2</sub> O C <sub>st</sub> ≥ 30mL/cmH <sub>2</sub> O	PI <sub>max</sub> ≥ 25cmH <sub>2</sub> O C <sub>st</sub> < 30mL/cmH <sub>2</sub> O	PI <sub>max</sub> ≥ 25cmH <sub>2</sub> O C <sub>st</sub> ≥ 30mL/cmH <sub>2</sub> O		
Subjects (n)	24	37	30	137	(-)	(-)
Sex (Male/Female)	4/20	19/18	9/21	101/36	41.1*	p < 0.05
Age (yrs)	77.7 ± 12.6	69.1 ± 13.2	70.9 ± 12.1	67.7 ± 13.8 <sup>a</sup>	4.0	p < 0.05
Height (cm)	147.8 ± 7.4	156.4 ± 8.8 <sup>a</sup>	153.8 ± 8.8	159.1 ± 9.5 <sup>a, b</sup>	10.8	p < 0.05
Body weight (kg)	44.3 ± 10.7	52.6 ± 9.5 <sup>a</sup>	49.3 ± 14.6	58.4 ± 12.9 <sup>a, b, c</sup>	11.9	p < 0.05
Duration of mechanical ventilation (days)	8.9 ± 5.2	7.5 ± 7.5	6.7 ± 4.0	7.8 ± 11.6	(-)	ns
Main diagnosis (n)						
Cardiovascular	9	11	13	60		
Respiratory	9	11	9	54		
Gastrointestinal/Metabolic	3	5	4	12	(-)	ns
Neurological	2	3	2	4		
Miscellaneous	1	7	2	7		
Arterial blood gas						
pH	7.44 ± 0.05	7.45 ± 0.04	7.45 ± 0.05	7.46 ± 0.04	3.1	p < 0.05
Paco <sub>2</sub> (Torr)	44.9 ± 9.5	40.0 ± 6.4	40.6 ± 7.6	38.1 ± 5.7 <sup>a</sup>	7.6	p < 0.05
P/F ratio	285 ± 75	293 ± 111	269 ± 89	302 ± 108	(-)	ns
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mEq/L)	29.7 ± 4.1	27.3 ± 3.4	27.6 ± 4.7	27.1 ± 3.5 <sup>a</sup>	3.5	p < 0.05

Mean ± SD. ns, not significant.

<sup>a</sup> p < 0.05 vs Group I. <sup>b</sup> p < 0.05 vs Group II. <sup>c</sup> p < 0.05 vs Group III.

All subjects were divided into 4 groups according to whether they exceeded the cutoff volumes of PI<sub>max</sub> (25cmH<sub>2</sub>O) and C<sub>st</sub> (30mL/cmH<sub>2</sub>O). Basic attributes, disease information, and arterial blood gas data are shown for each group.

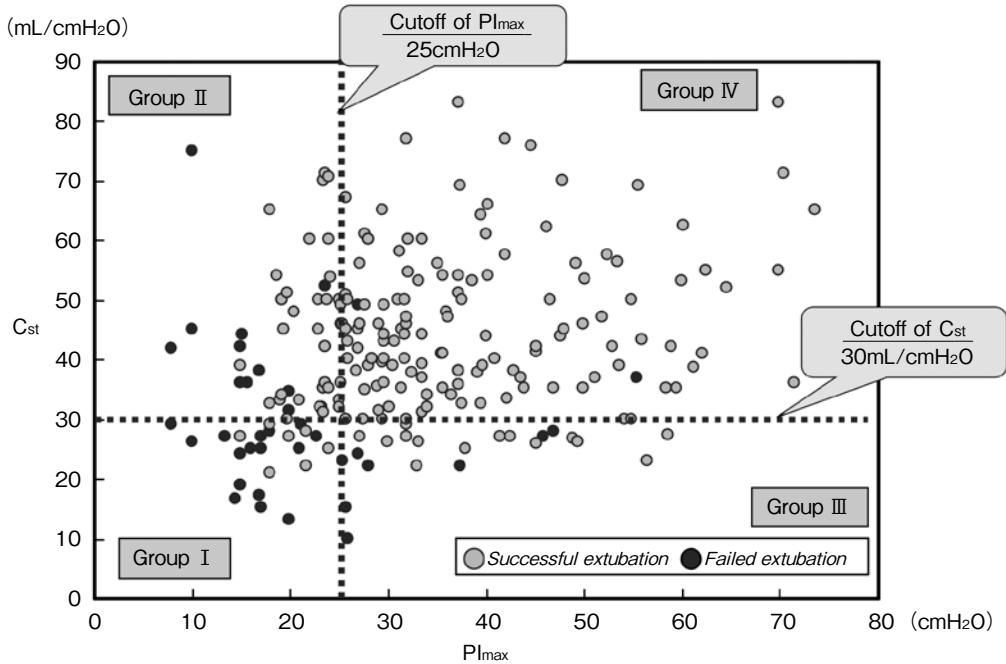


Fig. 3 Relations between PI<sub>max</sub> and C<sub>st</sub> and success or failure of extubation

This scatter plot shows relations between PI<sub>max</sub> and C<sub>st</sub> and success or failure of extubation.

○ indicates successful extubation, and ● indicates failed extubation.

### Ⅲ. 考 察

ウィーニングや抜管では、その成否を判断する精度の優れた単一の予測指標が存在しないため、それらに関わる諸指標を総合的に理解することの重要性が提唱されている。本研究では、それらに関わる諸指標のなかでも、換気に影響を及ぼす換気ドライブ側の代表的因子である呼吸筋力、被ドライブ側の代表的因子である肺コンプライアンスに着目し、両者の関係が換気指標や抜管成否に及ぼす影響について明らかにすることを目的として検討を行った。

まず、 $PI_{max}$  と  $C_{st}$  の単一の指標において、ROC 曲線を用いて抜管成否の予測指標としての有用性を検討した結果、いずれも臨床的意義のある水準を含んだ有用性の高い指標であることが明らかとなった。今回提示した各々のカットオフ値は、先行研究<sup>5,6,11,17)</sup>のものに近似する水準であったが、いずれも従来のものに比較し、高い曲線下面積や判別精度を示しており、特に、 $PI_{max}$  で顕著な傾向であった。このことは、本研究の対象が十分に覚醒した状態から得られた評価であったことが関与したものと考えられた。そのような点から、抜管前に十分な覚醒を促すことの重要性<sup>18)</sup>の再確認と、その状態における呼吸筋の予備能を反映する  $PI_{max}$  の評価は、抜管の成否を判断する有用な指標となりうることを推察された。さらに本研究では、多重ロジスティック回帰分析から求めた Model を抜管予測に用いた結果、単一の指標の判別精度よりも高い曲線下面積や正診率を示し、良好な判別精度であった。以上のことから、抜管の際に両指標を加味した Model の活用の有用性が示唆された。

次に、換気に影響を及ぼす  $PI_{max}$  と  $C_{st}$  の双方の因子の関係と換気指標、抜管成否との関連性をみるために、先に得られた  $PI_{max}$ 、 $C_{st}$  のカットオフ値を用い、全対象を4群に分類し、 $RSBI \leq 105$  回/min/L の症例、抜管成功例の割合をみた。まず  $RSBI \leq 105$  回/min/L の割合は、双方がカットオフ値を上回るIV群ではほぼ全例で下回り、双方ともカットオフ値を下回るI群では30%程度と低率であった。また、II、III群のようにいずれか一方の指標がカットオフ値を下回り、他方が十分な値を示した場合には、 $RSBI \leq 105$  回/min/L の症例が70~80%の割合で存在していた。これらのことは、肺や胸郭の柔軟性の面から換気に影響を与える  $C_{st}$ 、換

気量を発生させる原動力である  $PI_{max}$  の各々が、互いに関連し合って換気指標や換気効率といった換気能力に強く影響を与えていることを裏付けるものであった。したがって、RSBI等の換気能力を評価する際には、両指標の評価を加味することによって、換気能力に悪影響を及ぼす問題の所在の把握やその対処方法を判断するための有益な情報となるものと考えられた。

また、各群における抜管成功率においても、 $RSBI \leq 105$  回/min/L の割合とはほぼ同等の結果を認めた。RSBIは、抜管時に活用される予測指標の中でも、抜管の成否を判断する最も精度の高い指標として有用視されている<sup>5,14,15)</sup>。このことが今回の類似する結果に導いたものと考えられた。今回、両指標がカットオフ値とともに上回るIV群では、極めて高い抜管成功率を認めた。その判別精度は、特異度、陽性適中率ならびに陽性尤度比は極めて高値を示していたものの、感度や正診率については低値を示し、前述した Model において優れた結果を認めた。以上の結果から、通常の抜管時には高い正診率を示す Model を参考とし、複数回にわたる抜管トライアル時、様々な理由で再挿管が困難な症例など確実な抜管成功が必要とされる抜管トライアル時には、両指標がともにカットオフ値を上回るか否かを参考にすべきと考えられた。

近年、早期抜管を目指した SBT が、評価や方法の簡便性や結果の解釈が容易な面から臨床で汎用されている<sup>6)</sup>。本研究結果から、 $PI_{max}$ 、 $C_{st}$  の水準や両者の関連性は、RSBIや抜管の成否に強く影響を及ぼすことが明らかとなった。したがって、SBT 試行の際、これらの評価を加味することによって、RSBIをはじめとする換気能力の詳細な把握、抜管の成否予測の一助となることを推察された。

最後に、後方視的研究である本研究では、換気に関わる他因子の詳細な検討が不十分であった点、各指標に性別や体格といった因子が加味されていない点、 $PI_{max}$ 、 $C_{st}$  の詳細な測定精度の検証など少なからず問題点を有していた。今後は、人工呼吸器装着患者の呼吸管理に対するより有益なデータ提示のために、本研究を基に、前向き研究を行う必要があるものと考えられた。

#### 参考文献

- 1) Dodek P, Keenen S, Cook D, et al : Evidence-based clinical practice guideline for the prevention of ventilator-associated pneumonia. *Ann Intern Med.* 2004 ; 141 : 305-313.

- 2) Fagon JY, Chastre J, Domart Y, et al : Nosocomial pneumonia in patients receiving continuous mechanical ventilation, Prospective analysis of 52 episodes with use of a protected specimen brush and quantitative culture techniques. *Am Rev Respir Dis.* 1989 ; 139 : 877-884.
- 3) Tablan OC, Anderson LJ, Besser R, et al : Guideline for preventing health-care- associated pneumonia 2003 ; Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. *MMWR Recomm Res.* 2004 ; 53 : 1-36.
- 4) Conti G, Montini L, Pennisi MA, et al : A prospective, blinded evaluation of indexes proposed to predict weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 2004 ; 30 : 830-836.
- 5) Meade MO, Guyatt GH, Cook DJ, et al : Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest.* 2001 ; 120 : S400-S424.
- 6) MacIntyre NR, Cook DJ, Ely EW, et al : Evidence-based Guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support. A collective task force facilitated by the American college of chest physicians ; the American Association for Respiratory Care ; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest.* 2001 ; 120 : S375-S395.
- 7) Vallverdu I, Calaf N, Subirana M, et al : Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trials in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998 ; 158 : 1855-1862.
- 8) Esteban A, Alfa I, Gordo F, et al : Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997 ; 156 : 459-465.
- 9) ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002 ; 166 : 518-624.
- 10) 横山仁志 : 呼吸筋力—評価と改善方法—. 人工呼吸管理実践ガイド. 道又元裕編. 東京, 照林社, 2009, pp317-321.
- 11) Tobin MJ : Respiratory monitoring in the intensive care unit. *Am Rev Respir Dis.* 1998 ; 138 : 1625-1642.
- 12) 諏訪邦夫, 勝屋弘忠 : 呼吸療法に必要なモニター. 呼吸療法テキスト. 三学会合同呼吸療法士認定委員会編. 東京, 克誠堂, 1992, pp317-348.
- 13) 横山仁志, 近藤美千代, 森尾裕志ほか : 人工呼吸器装着患者における肺コンプライアンス測定の有用性—肺コンプライアンスと換気量, ウィーニングの関係—. *理学療法科学.* 2007 ; 22 : 373-378.
- 14) Yang KL, Martin J, Tobin MJ : A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *New England J Med.* 1991 ; 324 : 1445-1450.
- 15) Tobin MJ, Jubran A : Variable performance of weaning-predictor tests : role of Bayes' theorem and spectrum and test-referral bias. *Intensive Care Med.* 2006 ; 32 : 2002-2012.
- 16) 相馬一玄 : 非侵襲的な呼吸モニタリング. チーム医療のための呼吸循環管理マニュアル. 塚本玲三, 相馬一玄編. 東京, 医学書院, 2002, pp82-94.
- 17) Jacob B, Chatila W, Constantine AM : The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients. *Crit Care Med.* 1997 ; 25 : 253-257.
- 18) Kpess JP, Pohlman AS, O'Connor F, et al : Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med.* 2000 ; 342 : 1471-1477.

### The influence of respiratory muscle strength and lung compliance on ventilatory parameter and extubation outcomes

Hitoshi YOKOYAMA<sup>1)</sup>, Yuri YOKOYAMA<sup>2)</sup>, Rie TAKEICHI<sup>1)</sup>  
Yosuke WATANABE<sup>1)</sup>, Yusuke KASAHARA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Rehabilitation Medicine, St.Marianna University School of Medicine Hospital

<sup>2)</sup> Department of Rehabilitation Medicine, St.Marianna University School of Medicine  
Yokohama City Seibu Hospital

Corresponding author : Hitoshi YOKOYAMA

Department of Rehabilitation Medicine, St.Marianna University School of Medicine  
Hospital  
2-16-1, Sugao Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa, 216-8511, Japan

Key words : lung compliance, respiratory muscle strength, rapid shallow breathing index, extubation

**Abstract**

This study examined the effects of respiratory muscle strength ( $PI_{max}$ ) and static lung compliance ( $C_{st}$ ) on ventilatory parameters and extubation outcomes in patients with acute respiratory failure on mechanical ventilatory support (n=228).  $PI_{max}$  (cutoff, 25cmH<sub>2</sub>O ; likelihood ratio, 3.5) or  $C_{st}$  (cutoff, 30mL/cmH<sub>2</sub>O ; likelihood ratio, 2.1), even when used alone, was a favorable predictor of extubation outcome as well as when used in combination. However, when both indices exceed their respective cutoff values, an extremely high proportion of patients with rapid shallow breathing index (RSBI)  $\leq 105$  breaths/min/L (97%) and with successful extubation (98%) were observed, indicating high accuracy in determining successful extubation (likelihood ratio, 14.6 ; accuracy, 0.78). A model (model=  $-5.592+0.150 * PI_{max}+0.083 * C_{st}$ ) analyzed with multivariate logistic analysis also showed high accuracy for determining success or failure of extubation (likelihood ratio, 3.8 ; accuracy, 0.89). The findings of this study show that  $PI_{max}$  and  $C_{st}$  strongly affect RSBI and extubation outcome. Performing a spontaneous breathing trial with consideration of the interrelation between the values of  $PI_{max}$  and  $C_{st}$  may aid in the understanding of ventilation ability and extubation outcomes at extubation.