

외과계 중환자실 환자에서 기계적 환기로부터 이탈지표들에 대한 임상적 유용성

아주대학교 의과대학 마취과학교실

이영주 · 김경식 · 문봉기 · 김진수

= Abstract =

Clinical Use of Weaning Indices from Mechanical Ventilation in Surgical Intensive Care Unit Patients

Young Ju Lee, M.D., Kyong Sik Kim, M.D., Bong Ki Moon, M.D., and Jin Soo Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Ajou University, Suwon, Korea

Background: A number of indices have been proposed as accurate predictors of weaning, but several studies have questioned the accuracy of these weaning indices in predicting the capability of independent breathing. The purpose of the study was to assess six standard bedside weaning indices and respiratory rate and tidal volume ratio (RRV_T) of mechanically ventilated patients in the surgical intensive care unit (SICU).

Methods: The study was performed on 90 SICU patients who were mechanically ventilated. According to the outcome of weaning, they were divided into two groups, weaning success ($n = 83$) and weaning failure ($n = 7$). All subjects should have a P_aO_2 above 60 mmHg at an F_iO_2 of 0.4 and PEEP of 3-5 cmH₂O and no PEEP in the extubated patients at the time of the weaning. Bedside weaning indices were respiratory rate (RR), tidal volume (V_T), minute volume (V_E), maximum inspiratory pressure (P_{imax}), vital capacity (VC), PaO_2/FiO_2 and RRV_T . The predictive variables - sensitivity, specificity - of indices were calculated, and the data was also analysed with receiver-operating-characteristic (ROC) curves.

Results: Sensitivity was highest for V_T (0.95), followed closely by the PaO_2/FiO_2 (0.94). Specificity was highest for P_{imax} (0.28). The V_T was the best predictor of successful weaning, and P_{imax} was the best predictor of failure. The order of the area under the ROC curves was VC (0.761) followed by V_E (0.636), V_T (0.631), P_{imax} (0.546), PaO_2/FiO_2 (0.474), RR (0.457), and RRV_T (0.339).

Conclusions: Those weaning indices are good predictors of weaning success, but poor predictors of weaning failure. RRV_T does not predict the weaning outcome. (*Korean J Anesthesiol* 2002; 43: 337~344)

Key Words: Intensive care; predictive value; receiver operative characteristics curve; ventilation; weaning indices.

논문접수일 : 2001년 12월 12일

책임저자 : 이영주, 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5, 아주대학병원 마취과학교실, 우편번호: 442-721

Tel: 031-219-6025, Fax: 031-219-5579, E-mail: leeyj@madang.ajou.ac.kr

서 론

기계적 환기는 호흡 부전 환자의 주 치료 방법이나 장기간 사용 시는 많은 합병증 즉 폐렴, 기도 손상, 기흉, 폐포 과환기 등을 유발할 수 있으므로¹⁾ 가능하다면 빨리 기계적 환기로부터 이탈시켜야 한다. 그러나 너무 이른 환기 이탈과 발관은 심한 호흡 부전이나 호흡 정지로 인하여 재삽관과 환기 보조를 다시 필요로 한다. 이때는 재삽관으로 인해 폐렴의 위험의 증가, 기관 부전(organ dysfunction)의 악화, 추가적인 환기 보조를 필요로 하게된다.²⁾ 따라서 적절한 시기에 환기 이탈과 발관을 할 수 있는 지표가 요구된다. 경험 많은 의사는 환자 개개인마다 성공적으로 환기 이탈할 수 있는 기준을 정하기도 하나 좀더 넓게 사용될 수 있는 지표가 필요하다. 많은 이탈지표들 즉 폐활량(vital capacity, VC),³⁾ 최대 흡기압(maximum inspiratory pressure, Pimax),⁴⁾ 분당 호흡량(minute ventilation, V_E),⁴⁾ 일회 호흡량(tidal volume, V_T), 분당 호흡수(respiratory rate/minute, RR),⁵⁾ 기도 폐쇄압,^{6,7)} 40% 이하의 산소 흡입 하에서 폐포:동맥혈 산소 분압차(AaDO₂) 300-350 mmHg 이하, 호흡일(respiratory work), 횡경막의 기능과 역설적 호흡 운동,⁸⁾ Pi/Pimax 등이⁹⁾ 이탈 기준으로 제시되고 있다. 그러나 많은 연구들에서는¹⁰⁻¹²⁾ 이런 지표들의 예측력에 의문을 제기하여 왔다. 특히 고령의 환자나 오랜 기간 기계적 환기기에 의존해 호흡을 하는 환자들에서 이탈지표들의 예측력의 정확성이 낮게 보고되고 있다.^{11,13)} 또한 이러한 예측인자들을 계측할 때는 환자의 협조가 필요한 경우가 있고, 폐동맥 카테터 삽입이나 흉곽내강의 압력측정 같은 침습적 방법이 필요하여 평가하는데 제한점이 있다. 따라서 환자가 성공적으로 지속적인 자발 호흡과 적절한 산소화의 유지에 대해 예측할 수 있고 쉽고 널리 적용될 수 있는 지표가 요구된다고 생각해왔다. 또한 그런 지표들은 여러 가지 생리적인 기능들의 평가와 환기기에 의존적인 이유를 제공해줄 수 있어야한다. 따라서 새로운 이탈지표의 필요성으로 자발 호흡 양상에 대한 지표인 분당 호흡수: 일회 호흡량의 비(respiratory rate/minute/minute/minute, RRV_T)로 Yang과 Tobin이¹⁴⁾ 제시한 후 여러 연구들에서 그 정확성이 입증되었다.¹⁵⁻¹⁷⁾

본 연구에서는 저자들의 지난번 연구에서¹⁸⁾ 적용되었던 이탈지표에 RRV_T를 첨가하고 Pimax를 환기기의 전자 화면이 아닌 도수 작업으로 측정하였고 각각의 지표들의 정확성 여부는 Receiver Operating Characteristic (ROC) 곡선을¹⁹⁾ 사용하여 비교하였다.

대상 및 방법

본 연구는 외과계 중환자실(surgical ICU, SICU)에서 1998년 4월부터 2000년 3월까지 수술 후 2일 이상 기계적 환기(Puritan Bennett 7200ae, Tyco Co., USA)를 사용하여 기계적 환기를 받았던 환자들 중에서 중환자실 전담의나 전공의에 의하여 기계 호흡의 이탈이 시도된 90명의 성인 환자를 대상으로 하였다. 환기 이탈은 사전에 대상 환자를 평가하여 호흡 부전을 초래한 기저질환이 호전되고 승압제나 수축촉진제의 투여 없이 생명징후들이 안정된 상태를 유지하는 환자에서 고려하였으며, 산 염기 및 전해질 불균형이나 영양 실조는 교정 후에 시도하였다. 진정제와 진통제 또는 근이완제 등은 이탈 시도 전에 주입을 정지시켰으며 의사의 언어 명령에 따른 움직임은 확인하였다. 이탈 시 환기 방법은 압력 보조 환기(pressure support ventilation, PSV), 지속적 기도 양압(continuous positive airway pressure, CPAP)을 사용하였다. 기관 내 삽관한 환자는 3-5 cmH₂O의 호기말 양압(positive end expiratory pressure, PEEP)을 유지한 채로 환기 이탈과 동시에 발관을 실시하였다.

환기 이탈시에는 산소지표로는 F_IO₂ 0.4 이하에서 PaO₂ 60 mmHg 이상이며 PaO₂/FiO₂ 200 이상인 환자만을 선택하였으며, 기계적 지표로는 V_E 는 10 L/min 이하, RR은 25회 이하, V_T 는 5 ml/kg 이상, VC는 10 ml/kg 이상, Pimax는 - 30 cmH₂O 이하, RRV_T는 105 이하로 하여 이탈 가부를 결정하였다. Pimax 측정은 calibrated differential pressure transducer (model 78905A, Hewlett-Packard, USA)로 하였다. 측정 방법은 호기관을 20초 동안 막고 세계 흡입하도록 권하여 측정되는 수치 중 가장 낮은 음압을 택하였다.²⁰⁾ V_E 와 RR의 측정방법은 기계적 환기기의 전자 화면에 기록된 것을 사용하였다. V_T 는 V_E 를 RR로 나누어 계산하였고, VC는 협조되는 환자에서 충분한 호기 후에 흡기를 하도록 하여 측정하였다. 그리고 두 측정치(V_T , VC)를 환자의 이상적 몸무게로 교정하였

다. RRV_T 의 측정은 calibrated spirometer (Boehringer Laboratory, Wynnewood, USA)를 기관 내 삽관 튜브에 연결하여 기계적 환기를 멈춘 후 환자가 1분간 대기 중에서 자발호흡을 하는 동안 V_E 를 측정하여 RR 을 V_T 로 나누어 계산하였다. PaO_2/FiO_2 는 환자가 기계적 환기를 받는 동안의 PaO_2 를 FiO_2 로 나누어 계산하였다.

환기 이탈 후 대상환자를 24시간 이상 관찰하고 성공 여부를 결정하여 이탈 성공군과 실패군으로 분류하였다. 환기 이탈 실패는 수축기 혈압 20 mmHg 혹은 이완기 혈압 10 mmHg 이상 변화, 맥박이 분당 20회 이상 증가, RR이 분당 30회 이상이거나 10회 이상 증가, V_T 가 5 ml/kg 이하, FiO_2 0.4 이하에서 PaO_2 가 60 mmHg 이하, $PaCO_2$ 가 55 mmHg 이상, 복부 및 흉부 역리호흡(paradoxical breathing) 양상, 심한 발한, 부정맥, 의식 상태 변화, 호흡 곤란 발생 시 실패로 간주하고 기계적 환기를 다시 시작하였다.

기계적 환기 사용 기간이 예측 지표의 정확성에 영향을 미칠 수 있으므로 8일을 기준으로 8일 미만 사용한 군과 8일 이상 사용한 군으로 나누어서 각 지표들을 평가하였다.

각 지표에 대해 ① 예민도(sensitivity)는 이탈 성공한 환자 중 이탈 성공이 예측된 경우, ② 특이도(specificity)는 이탈 실패한 환자 중 이탈 실패가 예

측된 사람인 경우, ③ 양성 예측도(positive predictive value, PPV)는 이탈 성공으로 예측된 환자 중에서 이탈 성공한 경우, ④ 음성 예측도(negative predictive value, NPV)는 이탈 실패로 예측된 환자 중에서 이탈 실패한 경우, ⑤ 정확도(accuracy)는 이탈 시도한 환자 중 이탈 실패로 예측해서 실제 실패한 경우와 이탈 성공으로 예측해서 실제 성공한 경우를 나타냈다. 또한 각 지표의 예측력에 대하여 ROC 곡선으로 평가했다.

통계분석은 SPSS (statistical packages for social science) PC 버전 10.0 프로그램을 사용하였으며, 모든 자료는 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 두 군간의 비교는 Student's t-test와 Chi-square test, Mann-Whitney U test를 이용하여 $P < 0.05$ 를 유의 수준으로 하였다.

결 과

대상 환자들 90명 중 기계적 환기 이탈 성공군은 83명(92%)이었고, 실패군은 7명(8%)이었다. 남녀 비는 59 : 21로 남자가 많았고, 연령은 14세부터 85세 까지이었으며, 평균 연령은 49.3 ± 18.7 세이었다. 기계적 환기 치료 기간은 2일부터 60일까지이었으며, 평균 기계 호흡 기간은 12.6 ± 12.1 일이었다. 기관

Table 1. Demographic Data between Weaning Success and Failure Groups

	Success group	Failure group	Total	P value
Number	83	7	90	
Age* (yr)	48.3 \pm 18.2	60.8 \pm 22.5	49.3 \pm 18.7	0.089
Sex (M/F)	57/26	2/5	59/31	
Duration of MV (day)*	12.5 \pm 12.1	13.5 \pm 8.0	12.6 \pm 12.1	0.350
APACHE III score*	50.2 \pm 20.8	40.58 \pm 13.7	49.5 \pm 20.4	0.234
Tracheostomy	21	3	24	0.091
Type of surgery				
Abdominal	38	2	40	
CNS	29	4	33	
Thoracic	3			
Orthopedic	6			
Others	6	1	7	

*: Values are mean \pm SD. MV: mechanical ventilation, CNS: central nervous system.

절개 환자 중 성공 21명 실패 3명이었다. 수술 종류로는 복부 수술이 40명, 중추신경계 수술이 34명, 흉부 수술이 3명, 사지 수술이 6명, 기타 수술이 7명이었다. 입원 시 APACHE III 점수는 8점에서 134점으로 평균 49.5 ± 20.4 점이었으며, 이탈 성공군과 실패군 간의 연령, 기계호흡 기간, APACHE III 점수 그리고 기관절개 유무에서 유의한 차이는 없었다. 수술별로는 중추신경계 수술을 받은 환자들에서 이탈 실패율이 12%로 제일 높았다(Table 1).

이탈 성공군과 실패군간의 지표들의 평균값은 VC 만 통계적으로 의의가 있었다(Table 2).

각각의 이탈지표들의 예측도에 있어서 예민도는 V_T 0.95, PaO_2/FiO_2 0.94로 높았으며, 특이도는 Pimax 도 0.28로 낮으나 그중 제일 높은 수치였고, PPV는 VC 0.94, Pimax 0.92로 거의 0.9 이상이었고, NPV는 V_T 만이 0.2이며 나머지는 0.1 이하로 낮았다. 정확도

는 V_T 0.89, PaO_2/FiO_2 0.86, VC 0.84이었다(Table 3).

기계 호흡 기간 8일을 기준으로 8일 미만군과 8일 이상군으로 나누어서 각 지표들을 평가한 결과 전체적으로 예민도와 양성 예측도, 정확도에서는 8일 이상군에서 더 낮게 나왔고, 특이도와 음성 예측도에서는 오히려 더 높게 나왔다(Table 4).

ROC 곡선을 이용한 각 지표들의 이탈 성공 예측력에 대한 판별력의 정도는 VC 0.765, V_E 0.636, V_T 0.631, Pimax 0.543순으로 나타났고 그 외의 지표에서는 판별력이 없는 수치(< 0.5)로 나왔다(Fig. 1).

환기 이탈 시 사용한 환기 방법은 CPAP 19명, PSV 71명이었고, 성공률은 CPAP 89%, PSV 93%로 이탈 성공군과 실패군간에 유의한 차이는 없었다. 이탈 실패의 원인은 저산소증, 빈호흡, 빈맥, 호흡곤란 순이었다.

Table 2. Analysis for Weaning Indices between Success and Failure Groups

Index	Success	Failure	P value
RR (breaths/min)	20.8 ± 5.0	21.1 ± 4.3	0.773
V_T (ml/kg)	7.7 ± 1.9	6.8 ± 1.5	0.252
VC (ml/kg)	15.4 ± 4.6	11.9 ± 3.2	0.049
Pimax (cmH ₂ O)	- 37.6 ± 11.6	- 35.3 ± 12.9	0.706
V_E (LPM)	9.2 ± 2.4	8.0 ± 1.6	0.234
RRV _T (breaths/min/L)	61.2 ± 32.9	72.9 ± 22.5	0.154
PaO_2/FiO_2	332.6 ± 87.5	346.2 ± 110.9	0.819

Values are mean ± SD. RR: respiratory rate, V_T : tidal volume, VC: vital capacity, Pimax: maximum inspiratory pressure, V_E : minute volume, RRV_T: respiratory rate/minute/tidal volume.

Table 3. Predictability of the Indices Used to Predict Weaning Outcome

Index	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV	Accuracy
RR (breaths/min)	0.83	0.15	0.92	0.06	0.78
V_T (ml/kg)	0.95	0.14	0.92	0.2	0.89
VC (ml/kg)	0.89	0.2	0.94	0.11	0.84
RRV _T (breaths/min/L)	0.89	0.14	0.92	0.09	0.82
V_E (LPM)	0.71	0.00	0.89	0.00	0.65
Pimax (cmH ₂ O)	0.67	0.28	0.92	0.07	0.64
PaO_2/FiO_2	0.94	0.00	0.91	0.00	0.86

RR: respiratory rate, V_T : tidal volume, VC: vital capacity Pimax: maximum inspiratory pressure, V_E : minute volume, RRV_T: respiratory rate/minute/tidal volume, PPV: positive predictive value, NPV: negative predictive value.

Table 4. Effect of Duration of Mechanical Ventilation on the Predictability of Indices in Predicting Weaning Outcome

Index	Sensitivity		Specificity		PPV		NPV		Accuracy	
	< 8 days	≥ 8 days	< 8 days	≥ 8 days	< 8 days	≥ 8 days	< 8 days	≥ 8 days	< 8 days	≥ 8 days
RR (breaths/min)	0.89	0.78	0.00	0.20	0.94	0.90	0.00	0.09	0.85	0.72
V _T (ml/kg)	0.97	0.93	0.00	0.20	0.94	0.91	0.00	0.25	0.92	0.86
VC (ml/kg)	0.91	0.86	0.00	0.25	0.97	0.91	0.00	0.17	0.89	0.80
RRV _T (breaths/min/L)	0.89	0.87	0.00	0.20	0.94	0.90	0.00	0.14	0.85	0.80
V _E (LPM)	0.81	0.63	0.00	0.00	0.93	0.85	0.00	0.00	0.76	0.57
Pimax (cmH ₂ O)	0.73	0.63	0.50	0.20	0.96	0.87	0.09	0.05	0.72	0.59
PaO ₂ /FiO ₂	0.95	0.93	0.00	0.00	0.95	0.89	0.00	0.00	0.90	0.84

RR: respiratory rate, V_T: tidal volume, VC: vital capacity, Pimax: maximum inspiratory pressure, V_E: minute volume, RRV_T: respiratory rate/minute/tidal volume, PPV: positive predictive value, NPV: negative predictive value.

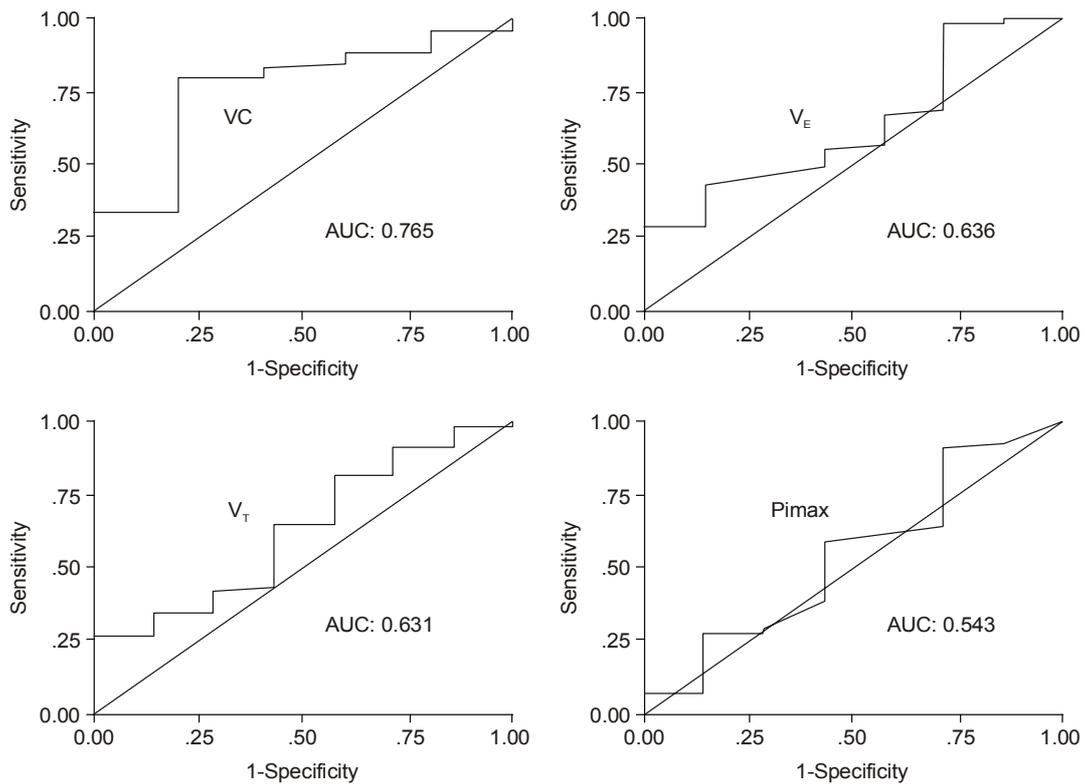


Fig. 1. Receiver operative characteristics (ROC) curves for the weaning indices. AUC is the area under the curve of ROC. Diagonal line is no discriminatory value. RR: respiratory rate, V_T: tidal volume, VC: vital capacity, Pimax: maximum inspiratory pressure, V_E: minute volume, RRV_T: respiratory rate/minute/tidal volume.

고 찰

본 연구에서는 저자들의 지난번 연구에서 활용한 이탈지표에 도수작업으로 측정된 Pimax와 RRV_T 를 추가하였다. 지난번 연구에서는 PaO_2/FiO_2 와 V_E 가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, PaO_2/FiO_2 는 실패군과 성공군에서 모두 기준치 200보다 높았고, V_E 는 실패군에서 11.2 L/min으로 기준치 10 L/min보다 많았다. 이번 연구에서는 거의 모든 환자에서 모든 이탈지표가 만족될 때에 이탈을 시도하였기 때문인지 성공군과 실패군의 평균은 모두 이탈지표보다 높았다. VC만이 성공군과 실패군 사이에 유의한 차이를 보였으나 성공군 15.4 ml/kg, 실패군 11.9 ml/kg으로 실패군도 이탈지표 보다 높았다. 본 연구에서는 VC의 이탈기준치를 10 ml/kg로 하였으나 VC의 이탈기준치를 15 ml/kg을 기준으로 할 때는²¹⁾ 기준치 미달이라고 볼 수 있으므로 기준치를 상향 조정하는 것이 바람직하다고 본다.

본 연구에서 각각 이탈지표들의 예측력은 예민도가 V_T 0.95, PaO_2/FiO_2 0.94 등으로 대체로 0.80 이상이며 PPV도 전체적으로 0.9 이상으로 이탈성공을 예측하는데는 정확한 지표로 나타났다. 그러나 전체적으로 이탈실패에 대한 예측력은 0.2 이하로 낮게 나타났다. 다른 연구들에서도 이탈실패에 대한 예측력은 낮게 보고하고 있다.¹⁴⁻¹⁷⁾

Pimax의 예측력에 대하여 Sahn과 Lakshminarayan은⁴⁾ 100명의 외과환자를 대상으로 한 결과 Pimax가 - 22 cmH₂O 이하인 경우 이탈 실패율이 100%이며 - 25 cmH₂O 이하인 경우 특이도 1.0으로 100% 성공하였다고 한다. 그러나 Dehaven 등은²²⁾ 예민도는 0.49로 낮으나 특이도는 1.0으로 이탈실패 예측력만이 높다고 하였다. Chatila 등은¹⁵⁾ Pimax가 - 30 cm H₂O 이하인 경우 예민도는 0.67이었으나 특이도는 0.69로 비교적 높게 보고하였다. 그러나 Millbern 등은²¹⁾ 예민도 0.25, 특이도 0으로 예측력이 거의 없다고 하였으며, Tahvanainen 등은¹²⁾ 예민도 0.68, 민감도 0, Yang과 Tobin은¹⁴⁾ 예민도 0.76, 특이도 0.25로 이탈실패 예측을 할 수 없다고 하였다. 본 연구에서 Pimax는 예민도 0.67로 이탈지표 중 가장 낮았으며 특이도는 0.28로 이탈지표 중에서 제일 높게 나타났으나 예측력은 없다고 보겠다.

RRV_T 의 예측력에 대하여 Yang과 Tobin은¹⁴⁾ 100명의 내과환자를 대상으로 한 결과 PPV 0.78, NPV 0.95로 그들의 연구에서 다른 지표보다 RRV_T 가 이탈 실패 예측력이 가장 높다고 하면서, 이는 호흡계의 신경근적 예비력과 요구량 사이의 불균형을 반영하여 이탈결과를 예측할 수 있다고 하였다. 본 연구에서 RRV_T 는 PPV 0.92, NPV 0.09로 기존의 다른 지표와 마찬가지로 이탈 성공은 예측할 수 있으나 이탈 실패의 예측력은 없다고 보겠다. 또한 다른 연구들은 RRV_T 의 측정 방법에서 특정 시점의 조사보다는 추세를 감시하거나,²³⁾ 자발 호흡 후 30분 후에 측정하거나,¹⁵⁾ 3시간 후에 측정하는 것이 이탈성공의 예측력이 높으며 노인에서는 105보다는 130 이하가 예측력이 높다고 하였다.²⁴⁾

장기간의 기계적 환기가 예측지표의 정확성에 미치는 효과는, Yang과 Tobin은¹⁴⁾ 8일을 기준으로 한 결과 RRV_T 는 PPV는 큰 변화가 없으나 NPV는 감소하였으며, Krieger 등은²⁴⁾ 7일을 기준으로 한 결과 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서 8일을 기준으로 한 결과 8일 이상군에서 이탈성공 예측력은 감소하나 이탈실패 예측력은 임상적으로 의의는 없으나 숫자적으로는 증가되었다. Anzueto 등은²⁵⁾ 건강한 원숭이를 대상으로 한 연구에서 장기간 환기기 사용은 폐의 기저질환과는 별개로 횡경막의 내구성과 장력의 심한 손상을 가져온다고 보고하였다. Glick과 Corigan도¹³⁾ 장기간 환기기를 유지하는 환자에서는 RRV_T 의 이탈결과 예측력이 감소한다고 보고하였다.

ROC 곡선 분석은 환자들의 두 군 사이에서 지표의 분별력을 평가하는데 중요한 수단이다. 이 곡선은 분석의 각각의 기준치에 대한 위양성(false positive) 결과에 대한 진양성(true positive) 결과의 비율에 따라서 이루어진다. 각각의 이탈지표는 정해진 기준치가 있으므로 기준치에 따라서 지표들의 정확성이 달라질 수 있다. 그러나 ROC 곡선은 이러한 기준치 없이 지표의 예측력에 판별력을 평가할 수 있다. 각 지표에 대한 ROC 곡선 아래 영역은 이탈결과를 예측하는 데 있어 각 지표의 능력을 나타낸다.^{19,26)} 본 연구에서는 VC (0.765), V_E (0.636), V_T (0.631), Pimax (0.543)이 판별력이 있는 것으로 나왔고, 특히 VC와 Pimax가 높게 나왔다. Yang과 Tobin은¹⁴⁾ RRV_T 가 0.89로 가장 판별력이 있는 것으로 보고하였고 Chatila 등과¹⁵⁾ Jacob 등은¹⁶⁾ RRV_T 가 각기

0.74와 0.76으로 높게 보고하였으나 본 연구에서는 0.37로 가장 낮게 나왔다.

환기 이탈 시 환기방법은 T-piece,²⁷⁾ SIMV,⁸⁾ PSV,²⁹⁾ CPAP³⁰⁾ 주로 사용되고 있다. 본 연구에서는 대상 환자의 79%에서 PSV, 21%에서 CPAP을 사용하였으며 이탈 방법에 따른 성공률의 유의한 차이는 없었다. 최정은 등은³¹⁾ 환기 이탈 시 간헐적 강제환기 (intermittent mandatory ventilation, IMV)와 IMV + PSV를 적용한 결과 양군의 이탈결과에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. PSV는 환자의 자발적 호흡 시 인공호흡기가 보조해주는 것으로서 정상 폐의 경우 5 cmH₂O의 압력으로 보조해 주면 기관 내 튜브와 인공 호흡기 회로에서 발생하는 저항으로 인한 호흡일의 증가를 상쇄시킨다고 한다.³²⁾ 본 연구에서도 대부분의 경우에 5 cmH₂O 이하의 압력으로 호흡을 보조해 주었다.

환기 이탈 후 실패율은 보고자마다 다양하며 Tahvanainen 등¹²⁾ Kreiger 등은¹¹⁾ 0%, Sassoon 등은⁶⁾ 8.8%, Sahn과 Lakshminarayan은⁴⁾ 17%, Yang과 Tobin은¹⁴⁾ 28%, Yang은⁹⁾ 52% 등으로 다양한 결과를 보고하였다. 본 연구에서는 8%로 지난번 연구의 14% 보다 낮게 나타났다. 이는 대상 환자에서 거의 모든 이탈지표가 만족될 때에 이탈을 시도한 것, 중환자전담의 경험 축적, 폐보호 전략(lung protective strategy)의 사용 등으로³³⁾ 실패율이 감소하였다고 사료된다. 이탈 실패 환자 중에 특히 중추신경계 수술을 받은 환자가 많은데 이는 기도유지와 폐 합병증이 이런 환자들에게 빈도가 높기 때문이다.^{34,35)} 그러나 William 등은³⁶⁾ 중추신경계 손상 환자에서도 이탈 기준에 도달했을 때 이탈과 발관을 늦출 필요가 없다고 보고하고 있다.

결론적으로 일반적으로 침상에서 쉽게 사용 가능한 이탈지표 가운데 VC와, Pimax, V_E, V_T가 이탈결과에 대한 예측의 판별력을 가진 것으로 나타났으나, 각각의 지표들 모두에서 이탈 실패에 대한 예측은 낮게 나타나므로 어느 특정 이탈지표가 이탈 결과를 정확하게 예측하지는 못한다고 하겠다. 그리고 RRV_T에 대해서는 본 연구에서는 이탈 실패의 예측력이 낮으므로 향후 시간대에 따른 연구가 필요하며, 새로운 이탈지표의 개발이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Zwillich CW, Pierson DJ, Creagh CZ, Sutton FD, Schatz E, Petty TL: Complication of assisted ventilation, A prospective study of 354 consecutive episodes. *Am J Med* 1974; 57: 161-70.
2. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB: Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 1997; 112: 186-9.
3. Feeley TW, Hedley WJ: Weaning from controlled ventilation and supplemental oxygen. *N Eng J Med* 1975; 292: 903-6.
4. Sahn A, Lakshminarayan S: Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest* 1973; 63: 1002-5.
5. Morganroth ML, Morganroth JL: Criteria for weaning from prolonged mechanical ventilation. *Arch Intern Med* 1984; 144: 1012-6.
6. Sassoon CS, Te TT, Mahutte CK, Light RW: Airway occlusion pressure: an important indicator for successful weaning in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 107-13.
7. Fernandez R, Cabrera J: P0.1/Pimax; an index for assessing respiratory capacity in respiratory failure. *Intensive Care Med* 1990; 16: 175-9.
8. Cohen CA, Zigelbaum G, Gross D, Roussou CH, Macklem PT: Clinical manifestation of inspiratory muscle fatigue. *Am J Med* 1982; 73: 308-16.
9. Yang KL: Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure ratio; a predictor of index of weaning outcome. *Intensive Care Med* 1993; 19: 204-8.
10. Fiastro TF, Habib MP, Shon BY, Campell SC: Comparison of standard weaning parameters and the mechanical work of breathing in mechanically ventilated patients. *Chest* 1988; 94: 232-8.
11. Krieger BP, Ershowsky PF, Becker DA, Gazerogm HB: Evaluation of conventional criteria for predicting successful weaning from mechanical ventilatory support in elderly patients. *Crit Care Med* 1989; 17: 858-61.
12. Tahnavanani J, Salmenpera M, Nikki P: Extubation criteria after weaning from intermittent mandatory ventilation and continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 1983; 11: 702-7.
13. Glick EH, Corigan L: Predicting eventual success or failure to wean in patients receiving long-term venti-

- lation. *Chest* 1996; 110: 1018-24.
14. Yang KL, Tobin MJ: A prospective study of indices predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Eng J Med* 1991; 324: 1445-50.
 15. Chatila W, Jacob B, Gnanlione D, Constantine AM: The unassisted respiratory rate:tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome. *Am J Med* 1996; 101: 61-7.
 16. Jacob B, Chatila W, Manthous CA: The unassisted respiratory rate:tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients. *Crit Care Med* 1996; 25: 253-7.
 17. Epstein SK: Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing index. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 545-9.
 18. 이영주, 김행재, 배택환, 한상진, 정금희, 윤장운 등: 기계적 환기 치료 환자에서 이탈지표에 관한 비교분석. *대한중환자의학회지* 1998; 13: 79-84.
 19. Metz CE: Basic principle of ROC analysis. *Semin Nucl Med* 1978; 8: 238-98.
 20. Marini JJ, Smith TC, Lamb V: Estimation of inspiratory muscle strength in mechanically ventilated patients: the measurement of maximal inspiratory pressure. *J Crit Care* 1986; 1: 32-8.
 21. Millbern SM, Downs JB, Jumper LC, Modell JH: Evaluation of criteria for discontinuing. *Arch Surg* 1978; 131: 1441-3.
 22. Dehaven CB Jr, Hurst JM, Branson RD: Evaluation of two different criteria: attributes contributes to success. *Crit Care Med* 1986; 14: 92-4.
 23. Breitenbucher A, Ershowsky P, Krieger B: Rapid-shallow-breathing as a predictor of weaning outcome in the elderly. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145: A520.
 24. Krieger BP, Isber J, Breienbucher A, Throop G, Ershowsky P: Serial measurements of the rapid-shallow-breathing index as predictor of weaning outcome in elderly medical patients. *Chest* 112: 1029-34.
 25. Anzeueto A, Peters JI, Tobin MJ, Lossantos RD, Seidenfeld JJ, Moore G, et al: Effects of prolonged controlled mechanical ventilation on diaphragmatic function in healthy adult baboons. *Crit Care Med* 1997; 25: 1987-90.
 26. Henley J, Mckeil B: The meaning and use of the area under a receiver operating characteristics (ROC) curve. *Radiology* 1982; 143: 29-36.
 27. Stenen ED, Richard LK: Spontaneous breathing with a T-piece circuit. *Anesthesiology* 1982; 56: 449-52.
 28. Down JB, Perkins H, Modell JH: Intermittent mandatory ventilation. *Arch Surg* 1974; 109: 519-23.
 29. Nathan SD, Ishaaya AM: Prediction of minimal pressure support during weaning from mechanical ventilation. *Chest* 1993; 103: 1215-9.
 30. Venus B, Copiozo GB: Continuous positive airway pressure; the use of low levels in adult patients with artificial airways. *Arch Surg* 1980; 115: 824-8.
 31. 최정은, 고윤석, 조원경, 임채만, 김우성, 박평환 등: 기계적 호흡 치료로부터의 이탈 방법으로서 Intermittent Mandatory Ventilation 단독 사용과 Pressure Support를 병용한 Intermittent Mandatory Ventilation의 비교. *결핵 및 호흡기 질환* 1994; 41: 372-8.
 32. Macintyre N, Nishimura M, Usada Y, Tokioka H, Takezawa J, Shimada Y: The Nagoya conference on system design and patient-ventilator interactions during pressure support ventilation. *Chest* 1990; 97: 1463-6.
 33. Marino PL: *The ICU Book*. 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins. 1998, pp 426-7.
 34. Aseih AH, Bishop MJ: Pneumonia following closed head injury. *Am Rev Respir Dis* 1992; 146: 290-4.
 35. Ewing S, Torres A, Elebiary M, Fabregas N, Hernandez C, Gonzalez J, et al: Bacterial colonization patterns in mechanically ventilated patients with traumatic and medical head injury; incidence, risk factors and associated with ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 188-98.
 36. William MC, David JP, Kathy DC, David WN, Gordon DR: Implication of extubation of delay in brain-injury patients meeting standard criteria. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 1530-6.