

급성 호흡곤란 환자의 감별진단에서 흉부초음파의 Lung Rockets 징후와 이완기 조기 승모판륜 속도에 대한 조기 승모판혈류 속도 비(E/Ea)의 활용

분당제생병원 응급의학과, 아주대학교병원 응급의학과¹

이영근 · 안정환¹ · 김준수 · 전 진 · 신태용 · 김영식 · 하영록

Combining Tissue Doppler Echocardiography and Lung Rockets Sign in the Differential Diagnosis of Acute Dyspnea

Young Geun Lee, M.D., Jung Hwan An, M.D.¹, Jun Su Kim, M.D., Jin Jun, M.D., Tae Yong Shin, M.D., Young Sik Kim, M.D., Young Rock Ha, M.D.

Purpose: We tried (1) to determine the discriminating ability of lung rockets sign in lung ultrasound and E/Ea (the ratio of peak early diastolic mitral inflow velocity to peak early mitral annular velocity measured by tissue Doppler echocardiography) known as an indicator of pulmonary edema in acute dyspnea and (2) to develop a new algorithm using two variables.

Methods: This prospective observational study was performed in an urban emergency department. For the patient with dyspnea at rest, we performed bedside emergency ultrasound assessing the presence of lung rockets sign and measuring the E/Ea. Patients were divided into two groups depending on the cause of dyspnea: pulmonary edema or other cause. We compared the two variables and developed an algorithm using decision tree analysis.

Results: A total of 66 patients (39 pulmonary edema, 27 other causes) were enrolled. By univariate analyses, there were significant differences between the two groups in the presence of lung rockets sign ($p < 0.001$) and E/Ea ($p < 0.001$). The area under the receiver operating characteristic curve of the new scoring system with two variables for detecting pulmonary edema was 0.90 (95% CI, 0.801-0.960). The presence of lung rockets sign and E/Ea > 13.27

had 100% specificity and positive predictive value for pulmonary edema.

Conclusion: Lung rockets sign in lung ultrasound and measurement of E/Ea could be helpful in the differential diagnosis of shortness of breath quickly and easily in ED.

Key Words: Acute dyspnea, Pulmonary edema, Lung rockets, E/Ea

Department of Emergency Medicine, Bundang Jesaeng General Hospital, Seongnam, Korea, Department of Emergency Medicine, Ajou University Hospital, Suwon, Korea¹

서 론

급성 호흡곤란으로 응급센터에 내원한 환자에 대한 신속하고 정확한 감별 진단과 그에 따른 적절한 치료는 환자의 예후와 관련된다. 특히 급성 호흡곤란의 원인이 폐부종에 의한 것인지 다른 원인에 의한 것인지에 대한 감별은 수액 치료를 비롯한 초기 치료 방향의 결정에 매우 중요한 역할을 한다¹⁾.

하지만 임상적으로 폐부종에만 특이적인 병력이나 임상 양상, 이학적 검사, 심전도 소견이 제시된 바가 없으며, 흉부 방사선 사진에서의 변화는 임상적 증상 보다 늦게 출현하는 것으로 알려져 있다²⁾. 폐모세혈관폐기압이 30 mmHg 이상으로 상승한 경우에도 39%에서는 흉부 방사선 촬영에서 폐부종 소견이 발견되지 않을 수 있기 때문에, 흉부 방사선 사진만으로 폐부종을 정확하게 진단하는 것에 한계가 있다³⁾.

이완기 조기 승모판륜 속도에 대한 조기 승모판혈류 속도의 비(E/Ea)는 비침습적으로 좌심실충만압을 예측할 수 있고 호흡부전 환자의 감별진단에 이용할 경우 진단율이 향상될 수 있다고 알려져 있다^{4,5)}. 또한 좌심실 구혈률이 정상이면서 뇌나트륨이뇨펩티드(brain natriuretic peptide, BNP) 수치가 경계선상에 있는 경우에도(100~400 pg/mL) 울혈성 심부전을 비심인성 원인과 구분하는데 도움이 되는 것으로 알려져 있다⁶⁾.

책임저자: 하 영 록
경기도 성남시 분당구 서현동
분당제생병원 응급의학과
Tel: 031) 779-0107, Fax: 031) 779-0839
E-mail: rocky66@dmc.or.kr

접수일: 2010년 6월 17일, 1차 교정일: 2010년 7월 2일
게재승인일: 2010년 8월 1일

폐초음파 검사는 침상옆 검사로서 쉽고 빠르게 시행될 수 있어 응급실에서 활용되기에 유용한 검사법이다. 폐초음파 검사에서의 lung rockets 징후란 수직방향의 허상인 B 선이 여러 개 관찰되는 것을 묘사한 것으로서, 폐부종, 미만성 사이질 폐질환(diffuse interstitial lung disease), 급성호흡곤란 증후군 등에서 관찰되는 폐초음파 소견이며 병태생리학적으로는 소엽사이막(interlobular septa)의 비정상적인 비후나 폐혈관외액(extravascular lung water)에 의해서 발생된다고 여겨진다⁷⁾.

본 연구자들은 급성 호흡곤란을 주소로 응급센터에 내원한 환자들을 대상으로 응급의학과 의사가 침상 옆에서 폐초음파 검사로 확인한 lung rockets 징후와 심장 초음파 검사에서 측정된 E/Ea를 함께 이용하는 경우에 호흡곤란의 감별진단 능력이 향상될 것이라는 가설을 세우고 이를 검증하기 위하여 본 연구를 시행하였다. 아울러 두 가지 인자들의 폐부종에 대한 감별 능력의 객관적인 평가와 이들을 이용한 알고리즘을 개발하고자 하였다.

대상과 방법

1. 연구기간 및 대상

2009년 3월부터 10개월 동안 분당제생병원 응급센터에 안정시 호흡곤란을 주소로 내원한 환자들을 대상으로 전향적으로 시행하였다. 입원하지 않은 환자들은 연구에서 제외되었으며 타병원으로 전원되어 최종 진단명을 확인하지 못한 환자, 응급센터 내원 당시 혈중 BNP가 측정되지 않았거나 응급의학과 전공의에 의한 심장 초음파 및 폐 초음파가 시행되지 않은 경우는 제외하였다(Fig. 1).

2. 연구 방법

호흡곤란을 주소로 내원한 환자의 병력 청취, 활력 징후의 측정, 이학적 검사 직후에 초음파 검사를 시행하였다. 이후에 동맥혈 가스 검사, BNP를 포함한 정맥혈 검사를 시행하였으며 단순 흉부 방사선 촬영을 실시하였다. 산소의 공급이 없이 이동 가능한 환자의 경우를 제외하고는 모두 이동형 방사선 장비를 이용하여 앙와위 혹은 반좌위로 촬영하였다. 촬영한 흉부 방사선 영상의 소견은 환자의 병력이나 주소에 대한 정보 없이 영상의학과 전문의가 판독한 결과를 이용하였다.

1) 혈중 BNP의 측정

대상 환자로부터 내원 30분 이내에 정맥혈을 채취하여 EDTA tube에 담아 검사실로 보냈으며 ADVIA Centaur system (Bayer Healthcare LLC, Diagnostics Division, Tarrytown, USA) 장비를 이용하여 혈중 BNP 농도를 측정하였다.

2) 심장 초음파 검사 및 폐 초음파 검사

초음파 검사 장비는 Acuson X500TM (Siemens, Mountain view, USA)를 이용하였고 심장 초음파 검사는 2~4 MHz 탐촉자를, 폐 초음파 검사는 2~6 MHz 탐촉자를 이용하여 응급의학과 전공의가 환자의 침상 옆에서 시행하였다. 본 연구 시행자들은 2년차 이상의 전공의들로, 본원 응급의학과 자체 교육 과정에 의해 4주간의 심장 초음파실 과견 교육을 받고 6개월 이상 격주로 정상 성인을 대상으로 한 실지 훈련식의(Hands on) 심장 초음파 검사 교육을 이수하였다.

좌심실 구혈률(left ventricular ejection fraction:

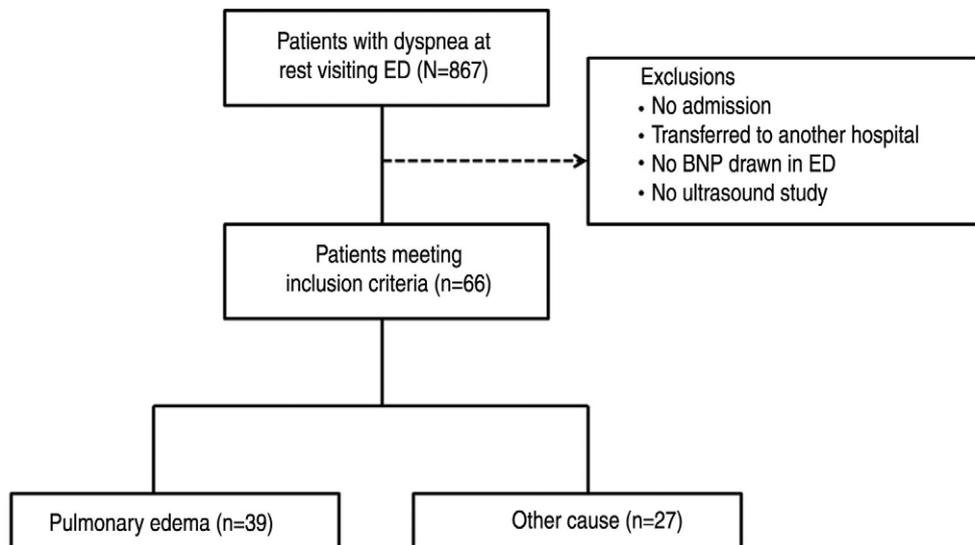


Fig. 1. Enrolled patients flow diagram and final diagnosis

LVEF)은 흉골연 장축 단면도(parasternal long axis view)에서 M방식(M mode) 혹은 심첨 4방 단면도(apical 4 chamber view) 혹은 심첨 2방 단면도(apical 2 chamber view) 상에서 modified simpson's methods 를 이용하여 측정하였다. 승모판 조기 이완기 혈류속도(E)는 심첨 4방 단면도에서 표본용적을 승모판 끝에 위치시키고 간헐 파형 도플러(pulsed wave Doppler)를 이용하여 측정하였고, 조기 이완기 승모판류 속도(Ea)는 심첨 4방 단면도 상에서 증격의 승모판류에 표본용적을 위치시키고 조직 도플러 심초음파를 이용하여 측정하였다. 두 값의 비(E/Ea)는 초음파 기계에서 자동 계산되어 검사 중에 확인 가능하였다.

폐 초음파 검사는 환자의 임상적 상태에 따라 양와위 혹은 반좌위에서 시행하였으며, 복장뼈와 전액와선의 중간 사이 앞흉곽의 쇄골과 가로막 중간지점(젓꼭지 레벨)인 곳에서 양쪽 각각 한번씩 시행하였다. 화면은 위, 아래 이웃한 늑골 사이로 흉막선(pleural line)이 보이는, 즉 박쥐징후(bat sign)가 보이는 화면에서 분석하여 양쪽 전흉부의 폐

초음파 스캔에서 lung rockets 징후(B 선이 3개 이상, 각각 사이 간격이 7 mm이하) 유무를 판정하였다⁹⁾. 여기서 B 선이란 수직의 해상꼬리 인공물로서 늑막에서부터 시작하는, 잘 구분되며 흐려지지 않고 화면의 끝까지 뻗는 레이저빔 모양의 허상을 의미하며 A 선을 지우며 폐미끄럼현상(lung sliding)과 함께 움직이는 인공물을 뜻한다⁹⁾(Fig. 2).

3) 최종진단명

최종 진단명은 응급센터에서 시행한 검사 및 입원 중에 추가적으로 시행된 영상의학적 검사, 진단검사의학적 검사, 폐기능 검사, 심장 내과 전문의에 의한 심초음파 검사 등을 바탕으로 심장내과 전문의 혹은 호흡기 내과 전문의에 의해 결정된 진단명을 이용하여 폐부종에 의한 호흡곤란과 다른 원인에 의한 호흡곤란 군으로 나누었다(Table 1).

4) 통계

통계분석은 SPSS 12.0 (Apache Software, Chicago,

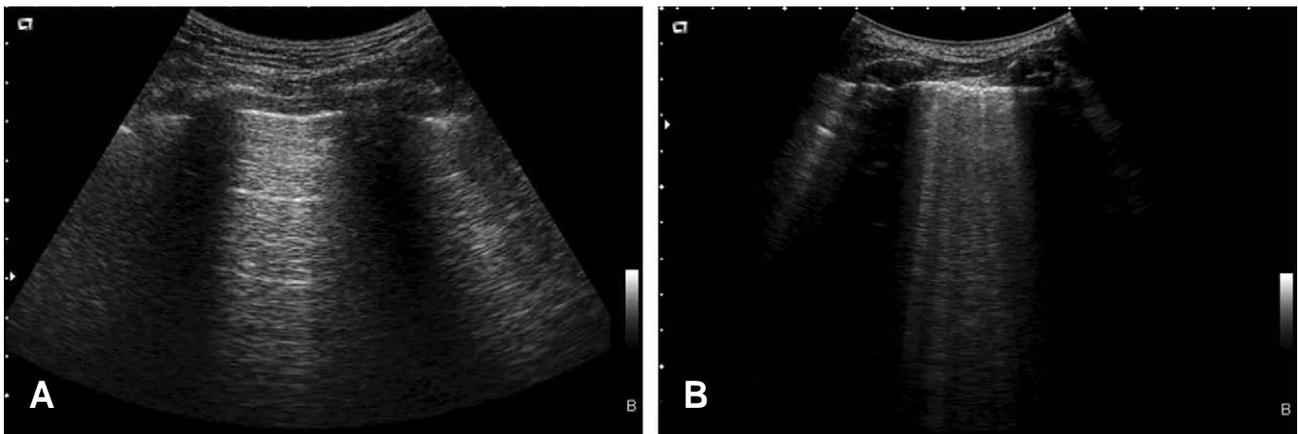


Fig. 2. Scan of normal lung ultrasound (A) which shows lung sliding sign (in real) and A lines and lung rockets sign (B) which consists of multiple B lines.

Table 1. Final diagnoses and category

Category	Final diagnoses	Number (%)
Pulmonary edema	Congestive heart failure	39 (59.1)
	Renal failure with pulmonary congestion	34 (51.5)
		5 (7.6)
Other causes		27 (40.9)
	Normal or inconclusive	6 (9.1)
	Pneumonia	7 (10.6)
	Airway disease (COPD or asthma)	6 (9.1)
	ARDS	1 (1.5)
	Pulmonary embolism	3 (4.5)
	Interstitial lung disease with exacerbation	1 (1.5)
	Pericardial effusion	0 (0.0)
	Large pleural effusion with any etiology	3 (4.5)
	Pneumothorax	0 (0.0)

COPD: chronic obstructive pulmonary disease, ARDS: acute respiratory distress syndrome

USA)을 이용하였다. 최종진단명에 따른 단변량 분석은 인자들이 연속변수인 경우와 순서형 변수인 경우에는 Mann-Whitney u test를 이용하였고, 명목변수인 경우에는 피셔의 정확검정법을 이용하였다. 단변량 분석에서 p 값이 0.10이하인 인자를 선택하여 의사결정나무분석을 이용하여 최종진단명의 예측인자를 추출하였다. 의사결정나무분석은 SPSS Answer tree 3.1 (Apache Software, Chicago, USA)프로그램을 이용하였고 CHAID (Chi-square automatic interactive detection)알고리즘을 이용하였다. 최소 사례수는 부모마디(parent node)에서 9, 자식마디(child node)에서 3으로 설정하였고, 마디의 종료 단계를 결정하는 maximum tree depth는 5로 설정하였다. 분리(splitting)와 병합(merging)의 알과값은 모두 0.10으로 설정하였다. 의사결정나무분석에서 추출된 예측인자들 중에서 연속변수는 의사결정나무에서 추출된 경계값을 기준으로 하여 이분화하였다. 의사결정나무의 분지결정 규칙의 중요도에 따라 각각 가중치를 1, 2점으로 예측인자들에 점수를 부여하였고, 각

점수들을 합산하여 폐부종의사결정점수라고 정의하였다. 폐부종의사결정점수에 따른 최종진단명에 대한 예측 능력을 분석하기 위하여 receiver operating characteristic (ROC) 곡선 분석법을 이용하여 특이도, 민감도, 양성예측도(positive predictive value), 음성예측도(negative predictive value), 경계값(cut-off value)을 추출하였다. ROC 곡선 분석법은 MedCalc (ver. 7.4, MedCalc Software, Mariakerke, Belgium)을 이용하였다.

결 과

1. 연구대상의 일반 특성 및 단변량 분석

본 연구에 포함된 환자는 전체 66명이었다. 평균 연령은 66.0 ± 17.6 세이었고 이 중 여자환자가 30명으로 45.5%를 차지하였다. 기저질환으로는 고혈압이 39명(59.1%)으

Table 2. Univariate analyses between pulmonary edema and other causes in acute dyspnea

Variables	Pulmonary edema (n=39)	Other causes (n=27)	<i>p</i> -value
Age (yrs)	67.8 ± 18.2	64.9 ± 16.8	0.318
Women	18 (46.2)	12 (44.4)	1.000
Prior history			
Diabetes	18 (46.2)	6 (22.2)	0.115
Hypertension	24 (61.5)	15 (55.6)	1.000
CHF	14 (35.9)	4 (14.8)	0.097
Arrhythmia	2 (5.1)	2 (7.4)	0.644
Coronary arterial disease	8 (20.5)	5 (18.5)	1.000
Asthma	1 (2.6)	4 (14.8)	0.074
COPD	1 (2.6)	3 (11.1)	0.292
CRF	7 (17.9)	2 (7.4)	0.465
ILD	1 (2.6)	1 (3.7)	1.000
Vital signs			
Systolic blood pressure (mmHg)	159.1 ± 33.2	149.0 ± 29.9	0.238
Diastolic blood pressure (mmHg)	83.6 ± 18.0	84.5 ± 17.3	0.705
Heart rate (beats/min)	90.7 ± 24.9	92.6 ± 21.4	0.814
Respiratory rate (times/min)	24.6 ± 5.7	24.1 ± 6.3	0.347
Body temperature (°C)	36.5 ± 0.5	36.7 ± 0.9	0.448
Laboratory			
pH	7.36 ± 0.13	7.42 ± 0.11	0.037
PaCO ₂ (mmol/L)	36.3 ± 10.8	34.7 ± 12.2	0.578
PaO ₂ (mmol/L)	64.4 ± 27.4	74.7 ± 40.3	0.466
SaO ₂ (%)	86.5 ± 12.8	89.6 ± 12.6	0.075
BNP (pg/mL)	$1,160 \pm 1,125$	349 ± 525	<0.001
Echocardiographic			
LVEF (%)	41.1 ± 21.1	55.2 ± 16.4	0.006
E/Ea	16.2 ± 7.2	9.5 ± 4.1	<0.001
Pulmonary congestion (+) on X ray	16 (24.2)	2 (3.0)	0.004
Lung rockets (+)	33 (50.0)	5 (7.6)	<0.001

LVEF: left ventricular ejection fraction, E/Ea: peak early diastolic mitral inflow velocity/peak early diastolic mitral annular velocity measured by tissue Doppler echocardiography

로 가장 많았고, 당뇨 24명 (36.4%), 심부전 18명 (27.3%) 순이었다. 호흡곤란의 원인이 폐부종이었던 경우는 전체 66명중에 39명 (59.1%)이었으며, 단변량 분석에서는 좌심실 구혈률 ($p=0.006$), lung rockets 유무 ($p<0.001$), E/Ea ($p<0.001$), pH ($p=0.037$), BNP ($p<0.001$), 흉부 방사선 사진상 폐울혈 소견 ($p=0.004$) 이 폐부종군과 폐부종이 아닌 군에서 유의한 차이를 보였다 (Table 2).

2. 의사결정나무분석에 의한 예측인자 추출

단변량 분석에서 폐부종군과 폐부종이 아닌 군에서 의미 있는 차이를 보였던 좌심실 구혈률, Lung rockets 유무, E/Ea, pH, BNP, 흉부 방사선 사진상 폐울혈 소견을 이용하여 의사결정나무분석을 시행한 결과, Lung rockets 징후의 유무와 E/Ea를 이용하는 것이 의사결정에서 중요한 예측인자로서 선별되었으며, 가장 큰 영향을 미치는 요인은 Lung rockets의 유무였다. 또한, BNP수치는 의사결정나무에서 주요 결정인자의 역할을 하지 않는 것으로 분석되었다. E/Ea의 경계값은 13.27로 분석되었다. Lung rockets 징후가 있고 E/Ea가 13.27이상인 경우에는 호흡곤란의 원인이 모두 폐부종에 의한 것이었다 (Fig. 3).

3. 추출된 예측인자의 예후 예측력

의사결정나무분석에서 추출된 예측인자들의 중요도에 따라 Lung rockets이 있는 경우는 2점으로 E/Ea가 13.27 이상인 경우에는 1점으로 배정하였고, 두 예측인자 모두가 있는 경우에는 3점으로 배정하였다. 0점, 1점, 2점, 3점은 각각 25명 (37.8%), 3명 (4.5%), 14명 (21.2%), 24명 (36.3%)이었다. ROC 곡선하면적은 0.90 (95% CI, 0.801~0.960)이었으며, 폐부종의사결정점수의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성 예측도는 87.2%, 85.1%, 82.9%, 80% 이었고, 경계값은 1점 초과, 즉 2점 이상이었다 (Fig. 4).

고찰

본 연구 결과 폐부종에 의한 급성 호흡곤란의 경우에서 Lung rockets 징후와 E/Ea의 상승 소견이 유의하게 관찰되는 것이 확인되었으며, 이들을 급성 호흡곤란 환자의 감별진단에 유용하게 이용할 수 있음을 알 수 있었다. 특히 Lung rockets 징후가 있고, E/Ea가 13.27이상인 경우는 폐부종에 대한 특이도, 양성예측도가 모두 100%이어서, 호흡곤란의 원인이 폐부종에 의한 것임을 확인하는 데에 매우 유용한 판별 방법임을 알 수 있었다. 즉 응급센터에

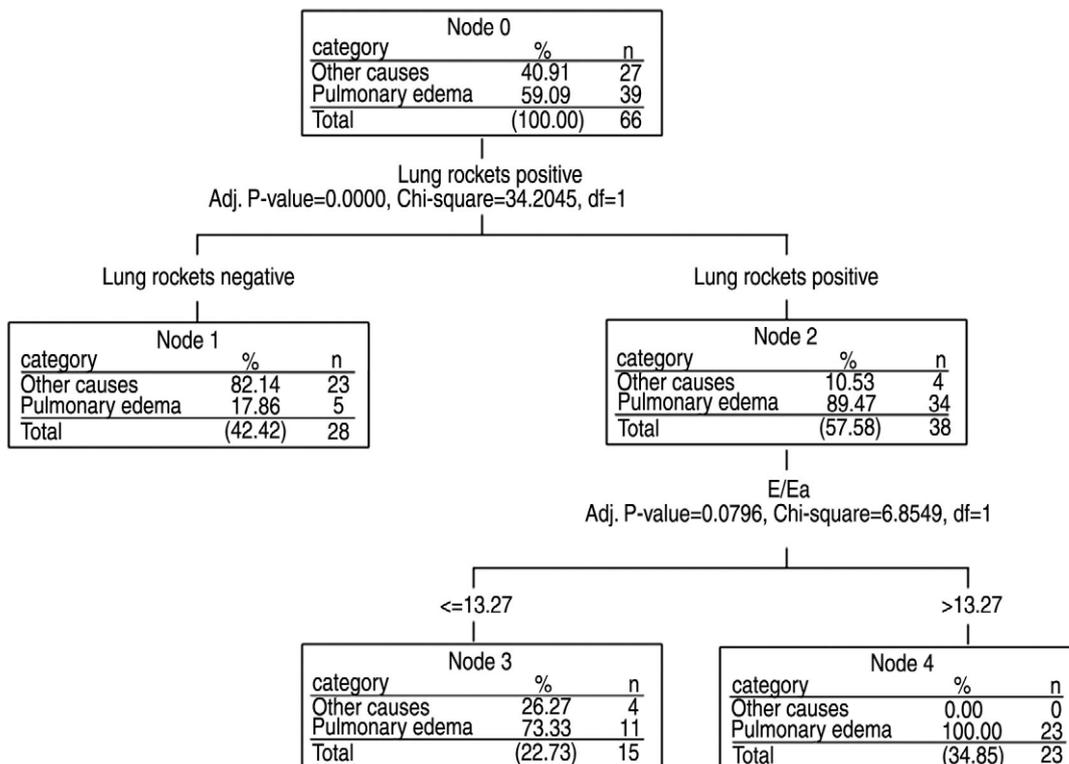


Fig. 3. Extraction of predictors by decision making tree analysis.

E/Ea: peak early diastolic mitral inflow velocity/peak early diastolic mitral annular velocity

호흡곤란 환자가 내원한 경우, 응급의학과 의사가 침상 옆에서 바로 초음파 검사로 폐와 심장을 평가하여 호흡곤란의 원인을 쉽고 빠르게 감별진단할 수 있다는 것이다.

호흡곤란 환자에서 전통적으로 가장 흔히 사용되는 영상 검사인 흉부 방사선 촬영은 폐부종에 대하여 특이도에 비해 민감도가 낮다고 알려져 있다¹¹. 특히, 이동형 방사선 영상으로 판독하는 경우에는 폐부종의 방사선적 발현을 감지하기 어려운 것으로 알려져 있다^{10,11}. 본 연구에서도 흉부 방사선 영상이 폐울혈이나 폐부종으로 판독된 경우가 두 군에서 유의한 차이를 나타내지는 하였으나(Chi-squared test, $p < 0.05$), 판독 결과의 민감도는 41%로서 역시 낮게 평가되었다. 본 연구에서와 같이 흉부 방사선 영상의 판독이 영상의학과 전문의에 의해 시행되었음에도 불구하고, 응급센터에서 촬영된 흉부 방사선 영상은 폐부종 진단에 대한 초기 선별검사로서의 역할을 하기에는 제한점이 많은 검사로 사료된다.

Steg 등¹²은 급성 호흡곤란 환자에서 BNP의 울혈성 심부전증에 대한 진단능력이 심장초음파검사의 좌심실 구혈률보다 뛰어나며 두 방법을 함께 사용할 경우 진단율을 현저하게 높일 수 있음을 보고한 바 있으며, 최근 현장검사 장비의 보급으로 인해 BNP 결과를 신속하게 확인할 수 있어서 심부전의 감별진단에 널리 이용되고 있다. Korenstein 등¹³은 이전의 연구들을 종합하여, BNP 경계값을 100~105 pg/mL로 한 경우에 심부전 진단의 민감도 및 특이도가 각각 90%, 74%, 음성 우도비가 0.14이고, 경계값을 300~400 pg/mL로 택한 경우에는 민감도 및 특이

도가 81%, 90%이고 양성 우도비가 7.6이어서, BNP가 100 pg/mL 미만일 경우 심부전증을 배제할 수 있고 400 pg/mL 이상일 경우에는 울혈성 심부전증으로 진단할 수 있다는 제안을 한 바 있다. 그러나 중간 범위의 BNP 값에 대해서는 아직 정확한 결론이 내려지지 않았다. 본 연구에서는 BNP의 혈중 수치가 단변량 분석에서는 두 군에서 유의한 차이를 보였으나(Mann-Whitney u test, $p < 0.05$) ROC 분석으로 구한 곡선하 면적은 0.789(95% CI, 0.671~0.880)로 lung rockets 징후(0.862, 95% CI, 0.755~0.934)와 E/Ea(0.804, 95% CI, 0.688~0.892)에 비해서 판별능력이 떨어지는 것으로 관찰되었다. 또한 ROC 분석에서 구한 BNP의 경계값이 517 pg/mL로 확인되었으며 폐부종에 대한 민감도와 특이도는 각각 66.7%, 81.4%이었다. 이전의 결과들에 비해 매우 높은 값으로 결정되었는데, 저자들의 판단으로는, 우선 전체 표본수가 충분하지 않았으며, 대상 환자들이 입원치료가 필요한 중등도 이상의 환자들만을 대상으로 시행된 점, 그리고 만성심부전 환자의 비율이 높아서 BNP 혈중 레벨에 영향을 주었을 가능성 등 때문인 것으로 생각된다(9명, 13.6%).

폐초음파 검사상 lung rockets 징후는 여러 개의 혜성꼬리허상(B 선)으로서, 비후된 소엽사이막(interlobular septa)에 의해 발생된다고 알려져 있다⁷. 이 징후는 폐혈관 외액의 진단에 매우 유용하며 폐모세혈관쇄기압과 유의한 상관관계를 보인다고 보고되었다¹⁴⁻¹⁶. Lichtenstein과 Mézière¹⁷는 이 징후를 확인함으로써 호흡부전의 원인으로 심인성 폐부종을 악화된 만성 폐쇄성 폐질환과 구분할 수 있다고 보고하였으며 Volpicelli 등¹⁸의 연구에 따르면, 응급센터에 내원한 호흡곤란 환자의 방사선학적 폐포 사이질증후군(alveolar interstitial syndrome)을 진단하는데 있어서 lung rockets 징후의 민감도와 특이도가 각각 85.7%, 97.7%임을 제시하였다. Lichtenstein 등¹⁹은 B 선이 관찰되지 않는 경우에 폐모세혈관쇄기압이 13 mmHg 이하라고 예상할 수 있으며 이때 민감도 90%, 특이도 67%, 양성 예측도 91%, 음성 예측도 65%로 보고하였다.

본 연구에서도 이 폐 초음파 소견이 의사결정나무의 분기 결정 규칙에서 중요도가 가장 큰 인자로 확인되었다. 즉 응급센터에 내원한 급성 호흡곤란 환자에서 폐부종 유무를 감별하기 위해서 일차적으로 확인하여 의사결정에 이용해야 한다는 것이다. 게다가 폐 초음파 검사는 무엇보다도 기술적인 숙련도가 많이 요구되지 않으면서 신속하게 침상 옆에서 바로 확인할 수 있는 장점이 있는 검사인 만큼 응급의학과 의사에게 매우 유용한 검사라고 생각된다. 하지만 lung rockets 징후는 폐부종에서만 관찰되는 것이 아니라 미만성 사이질 폐질환이나 급성호흡곤란증후군 등에서도 관찰될 수 있기 때문에, 심장 자체에 대한 부가적 검사가 동반된다면 더 정확한 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

E/Ea는 비침습적으로 좌심실 충만압을 예측할 수 있는

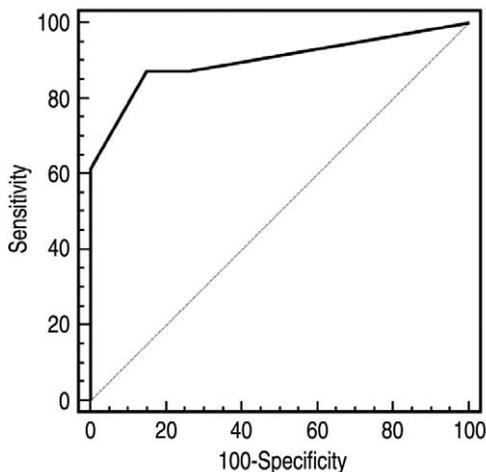


Fig. 4. Receiver operator characteristic (ROC) curve for diagnosing pulmonary edema in acute dyspnea using the new developed score by decision tree analysis. We gave one point to high E/Ea and two points to lung rockets sign along the weigh on the decision tree analysis. Area under the curve is 0.900. E/Ea: peak early diastolic mitral inflow velocity/peak early diastolic mitral annular velocity

방법으로 알려져 있다. Dokainish 등²⁰⁾은 중환자실 환자에서 E/Ea이 BNP보다 폐모세혈관폐기압과 더 좋은 상관관계가 있음을 보고하였다. BNP 값만으로 진단이 확실하지 않은 경우에 확진 검사로 E/Ea 측정이 권장된다^{6,21)}. E/Ea가 11~16보다 큰 경우에는 대상부전의 (decompensated) 울혈성 심부전증을 의미하고, 8 미만인 경우에는 좌심실 이완기 평균압이 정상이었다고 제시된 바 있다^{6,22)}. 본 연구에서는 의사결정나무에서 lung rockets 징후 다음으로 중요도를 갖는 이차 검사로 판정되었으며 특히 lung rockets 징후가 양성이면서 E/Ea가 13.27보다 큰 값으로 측정되는 환자는 100%가 폐부종 환자로 판별되는 것을 관찰할 수 있었다. 저자들이 의사결정나무 분지결정 규칙에 따라 중요도 가중치를 주어서 두 징후를 함께 이용하는 방법을 평가한 결과, 폐부종 진단에 대한 민감도와 특이도가 각각 87.2%, 85.2%이었고 ROC 분석의 곡선하 면적이 0.90으로, 폐부종에 대한 판별 능력이 우수한 것으로 평가되었다.

본 저자들은 응급센터에 내원한 호흡곤란 환자에서 병력 청취 및 이학적 검사를 하고 침상 옆에서 곧바로 시행할 수 있는 폐 초음파 및 심장 초음파 검사가 흉부 방사선 영상이나 BNP 측정과 같은, 결과 확인에 시간이 요구되는 검사들보다 폐부종 진단에 대한 의사결정에 있어서 오히려 더 우월한 방법임을 확인할 수 있었다. 심장 초음파 검사는 검사자의 숙련도에 의존도가 높고 재현성이 떨어지는 단점이 있지만 조직 도플러 심장 초음파의 경우는 고식적인 심장 초음파검사에 비해 쉽게 익힐 수 있고, 검사 시간도 짧으면서 재현성에서도 믿을 만 하다고 알려져 있다²³⁾. 폐 초음파 검사 역시 검사에 소요되는 시간이 매우 짧으며 쉽게 익힐 수 있을 뿐 아니라 장비의 제한이 적고 재현성이 뛰어나서 조직 도플러 심장 초음파와 함께 응급의학과 의사들이 임상에서 쉽게 이용할 수 있을 것으로 생각된다^{7,18,24)}.

본 연구의 제한점으로는 연구대상의 표본수가 적어서 의사결정나무 분류에 따른 가중치를 정확하게 산정하지 못한 점과 폐 초음파 및 심장 초음파 소견에 대한 시행자간 일치 정도를 확인하지 않은 점을 들 수 있겠다. 이전의 연구들에서 폐 초음파 검사가 시현성과 재현성 (feasibility and reproducibility)이 훌륭한 것으로 평가되었으며, Volpicelli 등¹⁸⁾은 시행자간 해석의 불일치율이 4.9%라고 보고한 바 있다. 또한, 실제 연구를 진행하면서 초음파를 시행하는데 경험적으로 7분 이내의 시간이 소요되었지만, 실제로 술기 시간을 객관적으로 측정할 통계 자료가 없어 실제로 신속하게 시행할 수 있는 검사인지에 대한 여부는 추후의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

폐 초음파 검사의 lung rockets 징후와 조직 도플러 심

장 초음파 검사를 이용한 E/Ea는 응급센터에 내원한 급성 호흡곤란 환자에서 폐부종에 의한 호흡곤란을 신속하고 손쉽게 감별 진단할 수 있는 효과적인 검사법이다.

참고문헌

1. Wang CS, FitzGerald JM, Schulzer M, Mak E, Ayas NT. Does this dyspneic patient in the emergency department have congestive heart failure? JAMA 2005;294:1944-56.
2. Tintinalli JE, Kelen GD, Stapczynski JS. Emergency medicine. A comprehensive study guide. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 2004. p.364-7.
3. Chakko S, Woska D, Martinez H, de Marchena E, Futterman L, Kessler KM, et al. Clinical, radiographic, and hemodynamic correlations in chronic congestive heart failure: conflicting results may lead to inappropriate care. Am J Med 1991;90:353-9.
4. Kasner M, Westermann D, Steendijk P, Gaub R, Wilkeshoff U, Weitmann K, et al. Utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of diastolic function in heart failure with normal ejection fraction: a comparative Doppler-conductance catheterization study. Circulation 2007;116:637-47.
5. Arques S, Roux E, Sbragia P, Pieri B, Gelisse R, Luccioni R, et al. Usefulness of bedside tissue Doppler echocardiography and B-type natriuretic peptide (BNP) in differentiating congestive heart failure from noncardiac cause of acute dyspnea in elderly patients with a normal left ventricular ejection fraction and permanent, nonvalvular atrial fibrillation: insights from a prospective, monocenter study. Echocardiography 2007;24:499-507.
6. Arques S, Roux E, Sbragia P, Pieri B, Gelisse R, Ambrosi P, et al. Accuracy of tissue Doppler echocardiography in the diagnosis of new-onset congestive heart failure in patients with levels of B-type natriuretic peptide in the midrange and normal left ventricular ejection fraction. Echocardiography 2006;23:627-34.
7. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. Am J Respir Crit Care Med 1997;156:1640-6.
8. Lichtenstein DA, Lascols N, Mézière G, Gepner A. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. Intensive Care Med 2004;30:276-81.
9. Lichtenstein DA, Mézière G, Lascols N, Biderman P, Courret JP, Gepner A, et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. Crit Care Med 2005;33:1231-8.
10. Halperin BD, Feeley TW, Mihm FG, Chiles C, Guthaner DF, Blank NE. Evaluation of the portable chest

- roentgenogram for quantitating extravascular lung water in critically ill adults. *Chest* 1985;88:649-52.
11. Eisenberg PR, Hansbrough JR, Anderson D, Schuster DP. A prospective study of lung water measurements during patient management in an intensive care unit. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:662-8.
 12. Steg PG, Joubin L, McCord J, Abraham WT, Hollander JE, Omland T, et al. B type natriuretic peptide and echocardiographic determination of ejection fraction in the diagnosis of congestive heart failure in patients with acute dyspnea. *Chest* 2005;128:21-9.
 13. Korenstein D, Wisnivesky JP, Wyer P, Adler R, Ponieman D, McGinn T. The utility of B-type natriuretic peptide in the diagnosis of heart failure in the emergency department: a systematic review. *BMC Emerg Med* 2007;7:6.
 14. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005;127:1690-5.
 15. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol* 2004;93:1265-70.
 16. Picano E, Frassi F, Agricola E, Gligorova S, Gargani L, Mottola G. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J Am Soc Echocardiogr* 2006;19:356-63.
 17. Lichtenstein D, Mézière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet -tail artifact. *Intensive Care Med* 1998;24:1331-4.
 18. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med* 2006;24:689-96.
 19. Lichtenstein DA, Mezière GA, Lagoueyte JF, Biderman P, Goldstein I, Gepner A. A-Lines and B-Lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest* 2009;136:1014-20.
 20. Dokainish H, Zoghbi WA, Lakkis NM, Al-Bakshy F, Dhir M, Quinones MA, et al. Optimal noninvasive assessment of left ventricular filling pressures: a comparison of tissue Doppler echocardiography and B-type natriuretic peptide in patients with pulmonary artery catheters. *Circulation* 2004;109:2432-9.
 21. Arques S, Roux E, Sbragia P, Ambrosi P, Taieb L, Pieri B, et al. Accuracy of tissue Doppler echocardiography in the emergency diagnosis of decompensated heart failure with preserved left ventricular systolic function: comparison with B-type natriuretic peptide measurement. *Echocardiography* 2005;22:657-64.
 22. Huang CH, Tsai MS, Hsieh CC, Wang TD, Chang WT, Chen WJ. Diagnostic accuracy of tissue Doppler echocardiography for patients with acute heart failure. *Heart* 2006;92:1790-4.
 23. Kim YJ. Doppler tissue imaging. *J Korean Soc Echocardiogr* 2003;11:63-9.
 24. Fagenholz PJ, Gutman JA, Murray AF, Noble VE, Thomas SH, Harris NS. Chest ultrasonography for the diagnosis and monitoring of high-altitude pulmonary edema. *Chest* 2007;131:1013-8.