



우리나라 급성 호흡부전 치료의 현황

최용준 · 조재화

연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 호흡기내과

Current status of treatment of acute respiratory failure in Korea

Yong Jun Choi, MD · Jae Hwa Cho, MD

Department of Internal Medicine, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Acute respiratory failure (ARF) is one of the most common causes of intensive care unit (ICU) admission and in-hospital mortality. In South Korea, about 25% of patients admitted to the ICU require mechanical ventilation. The in-hospital mortality rate of these patients is 48%. Respiratory failure can be categorized based on pathophysiologic derangements, and the treatment options vary depending on their classification. This study discusses the status and treatment strategies of patients with ARF in Korea.

Current Concepts: The most common treatment for ARF was conventional oxygen therapy, being used at least once in 7.0% of all admitted adult patients and 85.1% of patients admitted with respiratory failure. High-flow oxygen therapy was required in 1.4% of all admissions and 17.2% of respiratory failure-related admissions. High-flow oxygen therapy was attempted in 19.1% of patients who needed invasive mechanical ventilation. Non-invasive positive pressure ventilation (NIV) was used in 0.4% of all admissions and 5.1% of respiratory failure-related admissions. Hypercapnic respiratory failure (57.1%) was the most common reason for NIV use. Invasive mechanical ventilation was required in 2.8% of all admissions and 33.8% of respiratory failure-related admissions.

Discussion and Conclusion: Despite its clinical significance, no large-scale studies have been performed on the etiology, treatment, and prognosis of patients with ARF in South Korea. A multicenter or a Korean National Health Insurance Service database study is necessary to accurately identify the characteristics, diagnose problems, and develop treatment guidelines for patients with ARF in South Korea.

Key Words: Respiratory failure; Republic of Korea; Treatments; Hypercapnic respiratory failure; Hypoxemic respiratory failure

Received: January 20, 2022 Accepted: March 14, 2022

Corresponding author: Jae Hwa Cho

E-mail: jhcho66@yuhs.ac

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

호흡이란 유기체가 주변 환경과 기체 교환을 하는 일련의 과정들을 의미한다. 급성 호흡부전(acute respiratory failure)은 이러한 호흡과정에서 조직으로 산소 전달에 어려움이 있거나, 조직에서 이산화탄소를 잘 제거하지 못하는 경

우를 의미한다. 호흡에는 3가지 과정이 있는데, 흡기와 호기에 의한 대기와 폐포내 공기 간의 기체 교환, 폐포를 경유한 혈액과 폐포내 공기와의 기체 교환 및 심박출 등에 의한 폐포와 조직 간의 기체 이송 과정이다[1]. 급성 호흡부전을 진단하는 절대적인 기준치는 없지만, 일반적으로 60 mmHg 미만의 동맥혈 산소 분압(PaO_2)과 50 mmHg 이상의 동맥혈 이산화탄소 분압(PaCO_2)을 기준으로 평가하며, 이 수치는 개별 환자의 맥락에서 고려해야 한다[2].

호흡부전은 입원의 주요한 요인 중 하나이며, 높은 사망률과도 연관이 있다. 국내 현황을 정확하게 파악하여 문제점을 진단하고 개선하는 것은 매우 중요한 과제이지만, 현재 국내의 급성 호흡부전에 관한 대단위 연구, 통계자료는 미미한 실정이다.

이 논문에서는 급성 호흡부전의 분류, 치료 및 국내외 현황에 관한 문헌고찰과 함께 관련된 논의를 하고자 한다.

급성 호흡부전의 분류

급성 호흡부전은 발병기전에 따라 크게 저산소혈증 호흡부전(hypoxemic respiratory failure, type 1), 과탄산혈증 호흡부전(hypercapnic respiratory failure, type 2), 수술기주위 호흡부전(periooperative respiratory failure, type 3), 쇼크 관련 호흡부전(shock with hypoperfusion, type 4) 4가지로 분류하며, 기전에 따라 호흡부전 치료의 선택이 달라질 수 있기에 초기에 정확한 평가와 진단을 위하여 분류가 중요하다.

제1형 저산소혈증 호흡부전은 가장 흔하게 접하는 호흡부전으로, 저환기, 가스확산의 장애, 단락, 환기-관류 불균형이 주된 기전이며, 폐포내 부종액 유입(alveolar flooding)과 그로 인한 폐내 단락으로 흔히 발생한다. 이러한 폐부종은 폐 미세혈관 압력이 증가된 상태(심부전, 혈관내 용적 과부하), 폐렴, 무기폐, 급성호흡곤란증후군(acute respiratory distress syndrome, ARDS) 등에 의하여 발생할 수 있다[3]. 가장 대표적인 질환군인 ARDS는 심한 저산소성 호흡부전을 일으키는 요인 중 하나로, 급성 염증성 폐손상, 연관된 폐혈

관 투과성 증가, 폐질량 증가, 통기성 폐 조직 감소가 특징적인 증후군이다[4]. 현재 ARDS의 정의는 Berlin 정의를 대부분 따르고 있고, 1주일 이내의 알려진 임상적 유발요인, 흉부 단순방사선 촬영 혹은 전산화 단층 촬영에서 흉수, 폐허탈, 폐결절로 완전히 설명되지 않는 양측성 폐음영, 심부전, 수액과다로 완전히 설명되지 않는 폐부종, 5 cm H_2O 이상의 호기말 양압 또는 지속성 기도 양압 환기에도 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 가 300 mmHg 이하인 경우로 정의한다[5,6].

제2형 과탄산혈증 호흡부전의 주된 기전은 호흡 욕구(respiratory drive) 감소, 일회호흡량 감소, 이산화탄소 생성 증가, 사강(dead space)의 증가이며, 중추 신경성 호흡감소, 호흡기계 근신경 기능 저하, 호흡일 증가에 의한 호흡부전으로 분류하기도 한다. 주요한 원인으로는 만성폐쇄성폐질환, 천식, 약제, 중추 신경성 질환 등이 있다.

제3형 호흡부전은 무기폐에 의한 호흡부전으로 주로 수술 전후에 발생할 수 있어서, 수술기주위 호흡부전이라고도 한다. 전신마취 후, 기능적 잔기용량(functional residual capacity)의 감소로 의존성 위치의 폐의 허탈이 발생하게 되어 발생하는 경우가 많다.

제4형 호흡부전은 쇼크상태의 환자에서 호흡곤란으로 가는 혈액량이 감소하여 발생하는 호흡부전이다. 정상 호흡을 할 때 호흡곤란은 심박출량의 5% 이내의 혈류로 산소를 공급받는데, 폐부종, 젖산혈증(lactic acidosis), 빈혈 등의 호흡곤란 상황에서는 상대적으로 많은, 심박출량의 40% 정도까지의 혈류를 필요하게 되어 발생하는 호흡부전이다.

하지만 실제 임상에서는 여러 형이 복합적으로 존재하는 경우도 흔하여 호흡부전 환자에서 종합적인 접근이 필요하다.

급성 호흡부전의 국내외 역학

최근 Kempker 등[7]의 국외보고에 의하면, 미국에서 2017년 한 해 동안 3,213,030의 퇴원이 급성 호흡부전과 연관이 있었고, 발생률은 100,000인년당 1,275건이었다. 반면, 급성 호흡부전 환자의 국내 역학조사와 초기 및 장

Table 1. Current status of patients with acute respiratory failure at two tertiary hospitals in South Korea.

Group	Total	Hospital A	Hospital B
Beds		2,454	824
Study period	From January 1, 2020 to December 31, 2020		
Patients	All adult patients who admitted the participating hospital		
Methods	Reviewed the electronic medical records of the patients, retrospectively		
Results			
Total patients admitted	89,616	64,256	25,360
Total admission episodes	147,837	109,252	38,585
Admission episodes related acute respiratory failure (excepted cases related anesthesia)	12,152	8,357	3,795
Conventional oxygen therapy	10,339	7,191	3,148
High-flow oxygen therapy	2,093	1,272	821
Non-invasive ventilation	620	132	488
Invasive mechanical ventilation	4,105	3,016	1,089
Extracorporeal membrane oxygenation (in acute respiratory disease)	23	21	2

기 생존율 등에 관한 대규모 코호트 연구는 미미한 실정이다. 2011년부터 2015년까지의 5년간, 국내 중환자실에 입실한 경험이 있는 환자를 대상으로 국민건강보험 전수 자료를 활용한 한 연구보고서[8]에서 관련 내용을 추산할 수 있는데, 인공호흡기가 필요한 호흡부전의 환자는 전체 중환자실 입실환자 1,150,588명 중 306,760명으로 21.4%에 해당하는 결과를 보고하였고, 이 자료를 바탕으로 2015년 한 해 국내인구 49,705,663명 기준, 인공호흡기가 필요한 호흡부전 환자의 국내 유병률은 0.1% (55,702명)로 추산된다. 특히 인공호흡기가 필요한 호흡부전 환자의 48%가 원내 사망하여, 같은 기간 전체 중환자 원내 사망률인 18%와 비교했을 때, 호흡부전은 높은 원내사망률과도 연관되어 있었다. 2018년 1월 한 달 동안 응급실에 방문한 패혈증 환자를 대상으로 시행한 다른 후향적 연구를 보면 동맥혈 산소 분압이 60 mmHg 미만인 경우가 30.6% (285명/932명)이었다[9].

전체 입원환자를 대상으로 급성 호흡부전의 발생을 연구한 국내자료는 없지만, 2020년 1월부터 12월까지, 1년간 국내 상급종합병원(2,500병상, 800병상 규모) A와 B병원의 성인 입원환자를 대상으로 한 자체적인 통계분석에서 총 146,837건의 입원 중 호흡부전과 관련 있는 입원은 12,152건으로 전체 입원의 8.3%에 해당하였다(Table 1).

급성 호흡부전 치료의 종류 및 국내 현황

급성 호흡부전의 치료는 다양한 환기 보조 치료(ventilatory intervention) 및 비 환기 보조 치료(non-ventilatory interventions)에 근거한 단계적 확대 치료 전략(escalation therapeutic strategy)이 필요하다[10]. 치료의 주된 목적은 각 호흡부전의 원인질환에 대한 치료시간을 확보하고, 인공호흡기로 인한 폐손상과 같은 치료로 인한 잠재적 폐손상을 방지/제한하면서 호흡기 급성 손상의 원인을 되돌리는 데 있다[11].

가장 기본적인 급성 호흡부전의 치료는 재래식 산소요법(conventional oxygen therapy)이며, 일반적으로 최대 산소 유량이 15L/분 이하인, 산소 치료 요법을 의미한다. 하지만 심한 호흡곤란 상황에서는 호흡수가 많고, 필요 환기량이 많아지므로, 유입된 공기가 공급하는 산소를 희석시켜서, 폐포내로 도달하는 실제 산소분율(FiO₂)은 감소하게 된다[12]. 때문에 이러한 상황에서는 산소를 효과적으로 전달할 수 없는 단점이 있다.

재래식 산소요법 사용의 현황에 관한 국내자료는 부족하여, 자체로 분석한 자료를 기준으로 호흡부전 환자에서의 산소요법의 사용현황을 추산하였다. 전체 성인 입원환자 기준, 89,616명 147,837건 중 7.0%였고, 기관 별로 분석 시 A 병원은 성인 환자 64,256명 109,252건의 입원 중 7,191건

(6.6%)에서, B병원은 성인 환자 25,360명 38,585건의 입원 중, 3,148건(8.2%)에서 입원 중 1회 이상 재래식 산소요법을 사용한 것으로 조사되었다(Table 1). 이를 전체 호흡부전 입원 건수(12,152건)를 기준으로 분석하였을 때, 호흡부전의 85.1%에서 입원 중 1회 이상 재래식 산소 치료를 시행한 것으로 조사되었다.

고유량 산소요법(high-flow nasal cannula)은 전통적 산소요법으로도 산소 전달이 충분하지 않은 경우 다음 단계로 고려해 볼 수 있다[10,13]. 고유량 산소요법은 산소 유량을 40 L/분부터 최대 60 L/분까지 올릴 수 있어 100%에 가까운 산소분율을 공급할 수 있으며, 기도내 양압 환경을 만들 수 있다. 또한 산소 공급과 호흡근탄을 개선하고, 호흡수와 호흡일을 감소시키는 효과가 있다[14]. 최근에는 고탄산혈증 호흡부전에서의 임상 연구들도 있는데, 상부 하부기도의 해부학적 사강 내의 이산화탄소들을 제거하면서, 재호흡되는 이산화탄소를 줄이는 효과가 있다[15].

국내의 고유량 산소요법의 사용현황에 관한 대단위 연구는 없으며, 자체 조사에서 전체 입원 건수의 1.4%, 호흡부전 연관 입원 건수의 17.2%에서 고유량 산소요법이 필요하였다(Table 1). 특히 침습적 양압 환기(invasive mechanical ventilation)가 필요했던 4,105건 중 786건(19.1%)에서 고유량 산소요법을 시도하였다.

비침습적 양압 환기(non-invasive positive ventilation)는 기관내 삽관을 하지 않은 상태에서 마스크, 헬멧 등의 비침습적인 방법으로 기도를 확보하여 기계 호흡하는 방법이다. 기관내 삽관과 연관된 합병증을 줄일 수 있고, 의식이 있는 상태에서 호흡보조를 하는 방법이므로 의사소통, 식사 등 환자에게 많은 편의성을 줄 수 있는 방법이다[16]. 만성폐쇄성폐질환 급성 악화에서 고탄산혈증을 예방하거나, 치료하는 목적으로 사용할 수 있으며, 이외에도 심인성 폐부종, 면역저하자, 수술 후 환자, 암 환자의 고식적 치료, 손상환자, 기관내 관의 발관 후 발생한 호흡부전 또는 호흡부전 발생의 고위험 환자, 고탄산혈증의 기계 호흡 이탈에서 권장되고 있다[17,18].

마찬가지로 전체 입원환자, 호흡부전 환자를 대상으로 한 국내 통계자료는 없는 실정으로 자체 통계자료에서, 비침습

적 양압 환기가 필요한 경우는 전체 입원의 0.4%에 해당하였고, 호흡부전 환자의 5.1%에 해당하였다. 양압 환기가 필요했던 적응증에 관하여 조사한 국내 연구 중 20개 중환자실, 156명의 환자가 참여한 다기관 연구에 따르면, 국내 중환자실의 가장 흔한 비침습적 양압 환기의 적응증으로는 고탄산혈증 호흡부전(89예, 57.1%)이었고, 기관내 관의 발관 후 발생한 호흡부전으로 인한 적응증이 다음으로 많았다(44예, 28.2%) [19,20].

비침습적 양압 환기의 절대 금기증은 호흡정지, 마스크를 적절하게 적용할 수 없는 경우이며, 상대적인 금기증은 저혈압성 쇼크, 조절되지 않는 허혈성 심질환 또는 부정맥, 조절되지 않는 상부 위장관 출혈, 비협조적인 환자(초조, 불안 등), 기도 보호가 불가능한 경우, 연하 장애, 과도한 분비물, 다발성 장기 부전, 최근의 상부기도 혹은 상부 위장관 수술의 경우이다. 금기증에 해당하는 경우에는 침습적 양압 환기의 방법을 고려하여야 한다[16].

침습적 양압 환기는 기관내관 혹은 기관절개관을 통하여 양압을 폐까지 전달하는 환기방법이다. 무호흡, 천명, 심한 의식저하, 흉곽동요(flail chest), 호흡기계 분비물 제거능력 부족, 하악, 후두, 기관 손상 등의 임상 양상이 동반된 경우와 호흡수 35회/분 이상, 동맥혈 가스 분석에서 기저치보다 PaCO₂ 10 mmHg 이상 증가, 산소 공급에도 PaO₂ 55 mmHg 미만인 상태 등이 침습적 양압 환기의 적응증이다 [21].

국내 인공호흡기 적용현황을 국민건강보험공단 청구자료를 사용하여 분석한 한 보고서에 따르면, 2008년부터 2018년까지 11년간 중환자실 이용 2,965,102건 중 759,833건(25.6%)에서 인공호흡기를 적용하였고, 연간 비율은 비교적 일정하게 유지되었다[22]. 저자들이 자체 조사한 자료에서는 전체 입원의 2.8% 정도에서 인공호흡기가 필요하였고, 호흡부전 관련 입원의 33.8%에서 인공호흡기 치료가 필요한 결과를 보였다.

체외막 산소 공급(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)은 손상된 조직이 회복하는 동안 심폐를 보조하기 위한 장치로, 주로 심장부전에서 사용하는 정맥-동맥 보조(veno-arterial support, VA-ECMO) 방식과 주

로 호흡부전에서 사용하는 정맥-정맥 보조(veno-venous support, VV-ECMO) 방식이 있다.

호흡부전에서의 체외막 산소 공급은 일반적으로 저산소혈 증성 호흡부전 환자에서 치료(적절한 호기말 양압의 적용, 복외위 자세 시도)에도 불구하고, PaO₂/FiO₂ <80 mmHg로 유지되거나, 고탄산혈증성 호흡부전 환자에서 적절한 인공호흡기 치료(호흡수 35회/분, 평탄압[plateau pressure] ≤30 cm H₂O)에도 불구하고, pH<7.25인 경우, 폐이식 환자의 이식 전 교량치료(bridge therapy) 혹은 이식편 부전(primary graft failure)일 때 시행한다[23].

국내의 호흡부전 환자에서 체외막 산소 공급 장치의 사용에 관한 다기관 연구로, 2014년 1월부터 2015년 12월까지 2년간 11개 병원이 참여한 연구를 분석하였을 때, 128예의 급성 호흡부전에서 체외막 산소 공급 장치를 사용한 결과를 보였다. 원인질환 별로는 급성 호흡곤란 증후군으로 인한 적용이 65예(50.8%)로 가장 많았고, 다음으로는 간질성 폐질환의 급성 악화(7예, 5.5%), 폐쇄성 호흡 질환의 악화(3예, 2.3%) 순이었다[24].

결론

급성 호흡부전은 임상에서 흔하게 접할 수 있는 질환군으로, 중환자실 입실 및 사망과도 연관된 중요한 의학적, 사회적 문제이다. 특히 최근에는 코로나19 감염병이 호흡부전으로 악화되고 사망에 이르는 만큼 지속적인 관심이 필요하다. 하지만 국내의 급성 호흡부전 전반에 걸친 역학조사 및 실태 조사는 부족한 실정이며, 급성 호흡부전에 관한 유관 학회들을 중심으로 공동연구, 진료지침 등을 마련하고 의료진에게 교육하는 것이 필요하다.

그러므로 공공기관에서 자료를 구축하고, 이를 활용한 국내 연구를 통하여 국내 급성 호흡부전 환자의 정확한 역학 및 치료 실태 및 예후 등을 확인하고, 문제점을 진단하며 국내 실정에 맞는 치료 가이드라인을 제시하는 것이 중요한 시점이라 할 수 있겠다.

찾아보기말: 호흡부전; 대한민국; 치료; 고탄산혈증 호흡부전; 저산소증 호흡부전

ORCID

Yong Jun Choi, <https://orcid.org/0000-0002-6114-2059>

Jae Hwa Cho, <https://orcid.org/0000-0002-3432-3997>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Greene KE, Peters JL. Pathophysiology of acute respiratory failure. *Clin Chest Med* 1994;15:1-12.
- Summers C, Todd RS, Vercruyse GA, Moore FA. Acute respiratory failure. In: Newman MF, Fleisher LA, Ko C, Mythen M, editors. *Perioperative medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier; 2022. p. 576-586.
- Parrillo JE, Dellinger RP. *Critical care medicine: principles of diagnosis and management in the adult*. 2nd ed. St. Louis: Mosby; 2001.
- Bellani G, Laffey JG, Pham T, Fan E, Brochard L, Esteban A, Gattinoni L, van Haren F, Larsson A, McAuley DF, Ranieri M, Rubenfeld G, Thompson BT, Wrigge H, Slutsky AS, Pesenti A; LUNG SAFE Investigators; ESICM Trials Group. Epidemiology, patterns of care, and mortality for patients with acute respiratory distress syndrome in intensive care units in 50 countries. *JAMA* 2016;315:788-800.
- ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, Ferguson ND, Caldwell E, Fan E, Camporota L, Slutsky AS. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA* 2012;307:2526-2533.
- Kim JH. New definition of acute respiratory distress syndrome. *Korean J Crit Care Med* 2013;28:10-16.
- Kempker JA, Abril MK, Chen Y, Kramer MR, Waller LA, Martin GS. The epidemiology of respiratory failure in the United States 2002-2017: a serial cross-sectional study. *Crit Care Explor* 2020;2:e0128.
- Han SH, Kim YS, Park EC, Lee SH, Hong JH, Kim DW. Analysis of factors related to the status of inpatients in the intensive care unit, medical use, survival rate, and prognosis using the National Health Insurance claim data. Goyang: National Health Insurance Service Ilsan Hospital; 2017.
- Jeon K, Na SJ, Oh DK, Park S, Choi EY, Kim SC, Seong GM, Heo J, Chang Y, Kwack WG, Kang BJ, Choi WI, Kim KC, Park SY, Kwak SH, Shin YM, Lee HB, Park SH, Cho JH, Kim B,

- Lim CM; Korean Sepsis Alliance (KSA) study group. Characteristics, management and clinical outcomes of patients with sepsis: a multicenter cohort study in Korea. *Acute Crit Care* 2019;34:179-191.
10. Scala R, Heunks L. Highlights in acute respiratory failure. *Eur Respir Rev* 2018;27:180008.
 11. Narendra DK, Hess DR, Sessler CN, Belete HM, Guntupalli KK, Khusid F, Carpati CM, Astiz ME, Raoof S. Update in management of severe hypoxemic respiratory failure. *Chest* 2017;152:867-879.
 12. Wagstaff TA, Soni N. Performance of six types of oxygen delivery devices at varying respiratory rates. *Anaesthesia* 2007;62:492-503.
 13. Scala R. Challenges on non-invasive ventilation to treat acute respiratory failure in the elderly. *BMC Pulm Med* 2016;16:150.
 14. Park S. High-flow nasal cannula for respiratory failure in adult patients. *Acute Crit Care* 2021;36:275-285.
 15. Nam KH, Kang HK, Lee SS, Park SH, Kang SW, Hwang JJ, Park SY, Kim WY, Suh HJ, Kim EY, Seo GJ, Koh Y, Hong SB, Huh JW, Lim CM. Effects of high-flow nasal cannula in patients with mild to moderate hypercapnia: a prospective observational study. *Acute Crit Care* 2021;36:249-255.
 16. Nava S, Hill N. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009;374:250-259.
 17. Rochweg B, Brochard L, Elliott MW, Hess D, Hill NS, Nava S, Navalesi P Members Of The Steering Committee, Antonelli M, Brozek J, Conti G, Ferrer M, Guntupalli K, Jaber S, Keenan S, Mancebo J, Mehta S, Raoof S Members Of The Task Force. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J* 2017;50:1602426.
 18. Seol YM, Park YE, Kim SR, Lee JH, Lee SJ, Kim KU, Cho JH, Park HK, Kim YS, Lee MK, Park SK, Kim YD. Application of noninvasive positive pressure ventilation in patients with respiratory failure. *Tuberc Respir Dis* 2006;61:26-33.
 19. Nam H, Cho JH, Choi EY, Chang Y, Choi WI, Hwang JJ, Moon JY, Lee K, Kim SW, Kang HK, Sim YS, Park TS, Park SY, Park S; on behalf of Korean NIV Study Group. Current status of noninvasive ventilation use in Korean intensive care units: a prospective multicenter observational study. *Tuberc Respir Dis* 2019;82:242-250.
 20. Kim T, Kim JS, Choi EY, Chang Y, Choi WI, Hwang JJ, Moon JY, Lee K, Kim SW, Kang HK, Sim YS, Park TS, Park SY, Park S, Cho JH; on behalf of the Korean NIV Study Group. Utilization of pain and sedation therapy on noninvasive mechanical ventilation in Korean intensive care units: a multicenter prospective observational study. *Acute Crit Care* 2020;35:255-262.
 21. Slutsky AS. Mechanical ventilation. American College of Chest Physicians' Consensus Conference. *Chest* 1993;104:1833-1859.
 22. Lee JM, Han CH, Lee SM, Lee SC, Hong JH, Park HY, Park HH, Tae ES, Shin DG, Par SY. Analysis of the status of use of adult intensive care units according to severity and the status of treatment by nursing institution. Goyang: National Health Insurance Service Ilsan Hospital; 2020.
 23. Tonna JE, Abrams D, Brodie D, Greenwood JC, Rubio Mateo-Sidron JA, Usman A, Fan E. Management of adult patients supported with venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO): guideline from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). *ASAIO J* 2021;67:601-610.
 24. Kim WY, Park S, Kim HJ, Baek MS, Chung CR, Park SH, Kang BJ, Oh JY, Cho WH, Sim YS, Cho YJ, Park S, Kim JH, Hong SB. Extended use of extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a retrospective multicenter study. *Tuberc Respir Dis* 2019;82:251-260.