

## 심장수술 환자를 위한 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜 적용 결과

임영주<sup>1</sup> · 최수정<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 분당서울대학교병원 수간호사

<sup>2</sup> 성균관대학교 임상간호대학원 교수

---

### Results of Applying a Ventilator Weaning Protocol Led by an Advanced Practice Nurse for Cardiac Surgery Patients

Eim, YoungJu<sup>1</sup> · Choi, Su Jung<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Head Nurse, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, South Korea

<sup>2</sup> Professor, Graduate School of Clinical Nursing Science, Sungkyunkwan University, Seoul, South Korea

**Purpose :** This study aimed to assess the effectiveness of an advanced practice nurse (APN)-driven ventilator weaning protocol for patients undergoing cardiac surgeries. **Methods :** A retrospective analysis was conducted on 226 patients admitted to the intensive care unit (ICU) of a tertiary hospital between January and June 2020, following a cardiac surgery. Patients were divided into an APN protocol-applied group (experimental group, n=152) and a control group managed based on doctors' judgment (n=74). Ventilator weaning criteria and clinical outcomes, including duration of ventilation, length of ICU stay, and rate of reintubation, were compared between the two groups. **Results :** Patients in the control group were older and had a higher incidence of massive bleeding from chest tube drainage (>100 cc/hr) at baseline. The average duration of ventilation was significantly shorter in the experimental group compared to the control group (7.44 vs. 21.61 hours,  $p < .001$ ). Furthermore, the mean length of ICU stay was shorter in the experimental group compared to the control group (47.96 vs. 77.97 hours,  $p < .001$ ). There was no difference in the rate of reintubation between the two groups. **Conclusion :** These findings suggest that an APN-driven ventilator weaning protocol can improve clinical outcomes without significant complications. These results support the adoption of APN-driven mechanical ventilator weaning protocols in clinical practice.

**Key words :** Cardiac surgical procedures, Advanced practice nursing, Mechanical ventilators, Ventilator weaning

---

투고일 : 2024. 1. 15 1차 수정일 : 2024. 2. 14 2차 수정일 : 2024. 4. 30 3차 수정일 : 2024. 5. 22 4차 수정일 : 2024. 6. 12  
게재확정일 : 2024. 6. 19

주요어 : 심장수술, 전문간호, 인공호흡기, 인공호흡 이탈

\* 이 논문은 제 1저자 임영주의 석사학위논문을 수정하여 작성한 것임

Correspondence : Choi, Su Jung <https://orcid.org/0000-0003-2171-7441>

Graduate School of Clinical Nursing Science, Sungkyunkwan University, 115, Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 06355, Korea  
Tel : 82-2-2148-9927, Fax : 82-2-2148-9949, E-mail : [sujungchoi@skku.edu](mailto:sujungchoi@skku.edu)

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

심장수술 환자는 정중흉골 절개와 흉관 삽입으로 인해 폐기능이 현저하게 저하되고, 인공심폐기의 사용으로 인해 폐기능의 저하는 가속화되며, 혈관활성 약물 사용으로 불안정한 혈액학적 상태를 보여[1] 수술 후 일정기간 동안 인공호흡기 치료가 필요하다. 하지만 마취에서 깨어 의식이 회복된 후에도 인공호흡기 치료가 지속되면 환자들은 삽입된 기관내관으로 인한 불편감을 심하게 호소하여 스스로 발관할 위험이 높으며[2], 인공호흡기 모드와 호흡이 일치하지 않아 발생하는 불편감도 호소한다[3]. 또한 인공호흡기 사용으로 인해 폐렴이 발생할 가능성이 있으며[4], 사용기간이 길어지면 섬망 발생이 증가하고[5], 섬망은 흉골 불안정성을 증가시켜 흉골 교정술을 받아야 하는 등의 여러 합병증을 야기한다[6].

이에 심장수술 환자에서 인공호흡기 사용으로 인한 합병증을 줄이기 위해 지난 20여년간 인공호흡기 이탈(weaning)과 조기 발관에 대한 시도가 계속되어 왔고[7], 기존의 인공호흡기 이탈 후 발관 전 자가호흡 가능 여부를 측정하는 것과 달리[8], 인공호흡기 이탈과 발관이 동시에 시행되었다[9,10]. 인공호흡기 사용을 최소화하기 위해 미국 흉부외과의사회(The Society of Thoracic Surgeons)는 심장수술 후 6시간 이내 조기 발관을 권고하고 있으며, 조기 발관이 감염성 합병증, 신부전, 뇌졸중, 중환자실 재실기간, 재삽관 및 수술 사망률의 감소와 연관이 있다는 보고[9,11,12]가 이어졌다. 최근에는 3시간 이내 조기 발관 프로토콜도 등장하였으며, 재삽관 부작용을 증가시키지 않으면서도 효과적으로 인공호흡기 적용기간을 감소시키는 것으로 보고되었다[10].

성공적인 인공호흡기 이탈과 조기 발관을 위해서는 이탈 과정을 표준화하여 적정 시점에 이탈이 진행될 수 있도록 하는 이탈 프로토콜이 필요하다[12,13]. 또한 조기 발관을 위해서는 환자간호에 참여하는 모든 의료진들이 팀으로 협력해서 인공호흡기 이탈 시기를 규명하고 일관된 접근을 해야 하는데[14], 특히 간호사가 이탈 과정에 적극적으로 참여하는 간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜 적용 시 의사 단독으로 이탈을 주도한 경우보다 인공호흡기 적용기간이 1.6일 감소하고,

이탈기간은 22시간, 중환자실 재실기간은 2.04일, 병원 재원기간은 2.9일 감소하는 것으로 나타났다[15].

심장수술 환자의 경우에도 수술이나 진료 업무 등으로 인해 중환자실에서 환자를 항상 관찰하기 어려운 의사가 인공호흡기 이탈을 주도한 경우보다 표준화된 인공호흡기 이탈 프로토콜을 정립한 후 간호사, 호흡치료사(respiratory therapist)가 주도하는 프로토콜 하에 이탈 시 합병증이나 사망률의 증가 없이 인공호흡기 적용기간과 발관 시간을 단축시켜 비용 절감에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다[9,16].

국내에서도 의사 단독이 아닌 전문간호사가 이탈과정에 참여하여 적용하는 인공호흡기 이탈 프로토콜이 보고되었으나[17,18], 모두 장기간 인공호흡기를 사용하는 내과중환자실 환자들에게 적용하는 것으로, 아직까지 심장수술 환자를 대상으로 적용할 수 있는 인공호흡기 이탈 프로토콜은 제시되지 않고 있다. 50% 이상 폐질환으로 입실한 환자들에게 적용하는 내과중환자실 환자용 이탈 프로토콜은 이탈 항목이나 기준의 차이, 이탈 프로토콜에 대한 순응도 등이 다르게 나타나[17], 주로 전신마취로 인해 호흡근육들의 기능 저하 상태를 회복하는 기간 동안 인공호흡기를 유지하는 심장수술 환자들[1]에게는 최대흡기압(maximal inspiratory pressure [MIP])항목이나, T-piece를 적용하지 않고 발관 직전 과정까지 이루어지는 등 이탈 기준은 다를 수 있다. 그러므로 심장수술 환자들을 위한 프로토콜을 마련하는 것이 매우 필요하다.

한편 국외에서 보고되는 호흡치료사 역할을 국내에서는 전문간호사가 시행하고 있으며, 중환자 전문간호사인 호흡치료전문간호사는 인공호흡기 등 호흡치료, 인공호흡기 이탈[19], 인공기도관리, 기관절개환자관리, 특수호흡치료 등 전문지식과 경험이 요구되는 인공호흡기 관련 상급실무를 수행하면서 동료 의사들로부터 이들의 전문성을 인정받고 있다[20]. 선행연구에서 내과중환자실에 입실한 환자[17]나 24시간 이상 인공호흡기를 적용하고 있는 환자[18]를 대상으로 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용하고 있다.

이에 본 연구는 인공호흡기 치료를 정형화하여 최소한의 안전 장치를 마련하고, 환자를 더 가까이서 감시할 수 있는 간호사 또는 호흡치료사에게 인공호흡기 이탈을 위임하여 환자 치료의 질을 높일 수 있음을 고려하여[12], 전문간호사 주도로 심장수술 환자에게 인공

호흡기 이탈 프로토콜을 적용하고 그 결과를 파악하여 인공호흡기 이탈 프로토콜 사용 확대의 근거를 마련하고자 한다.

## 2. 연구목적

본 연구는 심장수술 후 환자에게 전문간호사 주도로 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용한 결과를 파악하기 위함이며, 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용한 실험군과 적용하지 않은 대조군간 대상자의 이탈 관련 특성인 자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표와 발관 시 발관 기준 지표를 비교한다.
- 2) 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용한 실험군과 적용하지 않은 대조군의 인공호흡기 이탈 결과인 인공호흡기 적용기간, 중환자실 재실기간, 재삽관 유무를 비교한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 심장수술 후 인공호흡기를 적용한 환자에게 전문간호사가 주도한 인공호흡기 이탈 프로토콜의 적용 결과를 확인하고자 전자 의무기록을 분석한 후향적 조사연구이다.

### 2. 연구대상

본 연구는 2020년 1월 1일부터 6월 30일까지 경기도에 위치한 상급종합병원인 분당서울대학교병원 외과계중환자실에서 심장수술 후 입실하여 인공호흡기를 적용한 만 18세 이상 성인 환자 중 인공호흡기 이탈을 시도한 경우를 대상으로 하였으며, 의무기록 자료가 누락되거나 중환자실 재입실 환자, 이탈을 시도하였으나 실패한 환자는 제외하였다. 인공호흡기 이탈을 위해 전문간호사가 이탈 프로토콜을 적용하여 별도의 목록에 명단을 기록해 둔 환자를 실험군으로, 전문간호사 1인이 근무하지 않는 시간대에 주로 이탈 프로토콜을 적용하지 않고 기존대로 의사의 판단 하에 이탈을 진행한 환

자를 대조군으로 정하였다.

대상자 수는 G power 3.1 프로그램을 이용하여 t-검정으로 유의수준( $\alpha$ ) .05, 검정력( $1-\beta$ ) .8, 효과크기(d) .5로 하였을 때 필요한 최소표본 크기는 각각 64명씩 총 128명이 필요하다. 해당기간 중 인공호흡기 이탈을 시도한 대상자는 총 255명이었고, 이 중 실험군은 173명, 대조군은 82명이었다. 실험군에서 의무기록 자료의 누락이 있는 경우 17명, 중환자실에 재입실한 경우 4명과, 대조군에서 이탈을 시도하였으나 실패한 경우 8명을 제외한 226명(실험군 152명, 대조군 74명)의 자료를 최종 분석에 사용하였다(Figure 1).

### 3. 인공호흡기 이탈 프로토콜 적용

#### 1) 프로토콜 개발

본 연구의 인공호흡기 이탈 프로토콜은 중환자 전문간호사 1인이 Boles 등[13]이 제시한 인공호흡기 이탈 과정을 토대로 프로토콜 초안을 개발하였다. 프로토콜 초안 개발 후 전문가 그룹(중환자실 흉부외과 전담전문의 1명, 외과계중환자실 수간호사 1명)에 의해 내용에 대한 검토를 받고, 중환자실 흉부외과 전담전문의가 심장수술 환자에게 적용한 기존의 인공호흡기 이탈과정(인공호흡기 모드 변경 및 인공호흡기 parameter 조정)을 추가하여 프로토콜을 확정하였다(Figure 2). 해당 중환자 전문간호사는 총 13년의 임상경력과 보건복지부의 전문간호사 면허를 취득하여, 2018년부터 전문간호사로 활동 중이며 외과계중환자실에 1인이 배치되어 있다. 개발된 심장수술 환자를 위한 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜은 2019년 11월부터 적용하기 시작하였으며, 다음과 같이 이탈 준비 사정 단계, 압력보조환기 모드 적용, 이탈 준비 재사정 단계를 포함하였고, 이탈과 동시에 발관이 진행되어 발관 전 평가 단계, 발관 단계에 대한 내용도 포함되어 있다.

#### (1) 이탈 준비 사정 단계

자발호흡시도(spontaneous breathing trial [SBT])를 위한 준비가 되었는지를 확인하는 단계로, 다음 4가지 주요 영역을 사정한다.

- 가. 혈액학적 안정(hemodynamic stability)
  - 심박수(heart rate [HR]) $\leq$ 100회/min

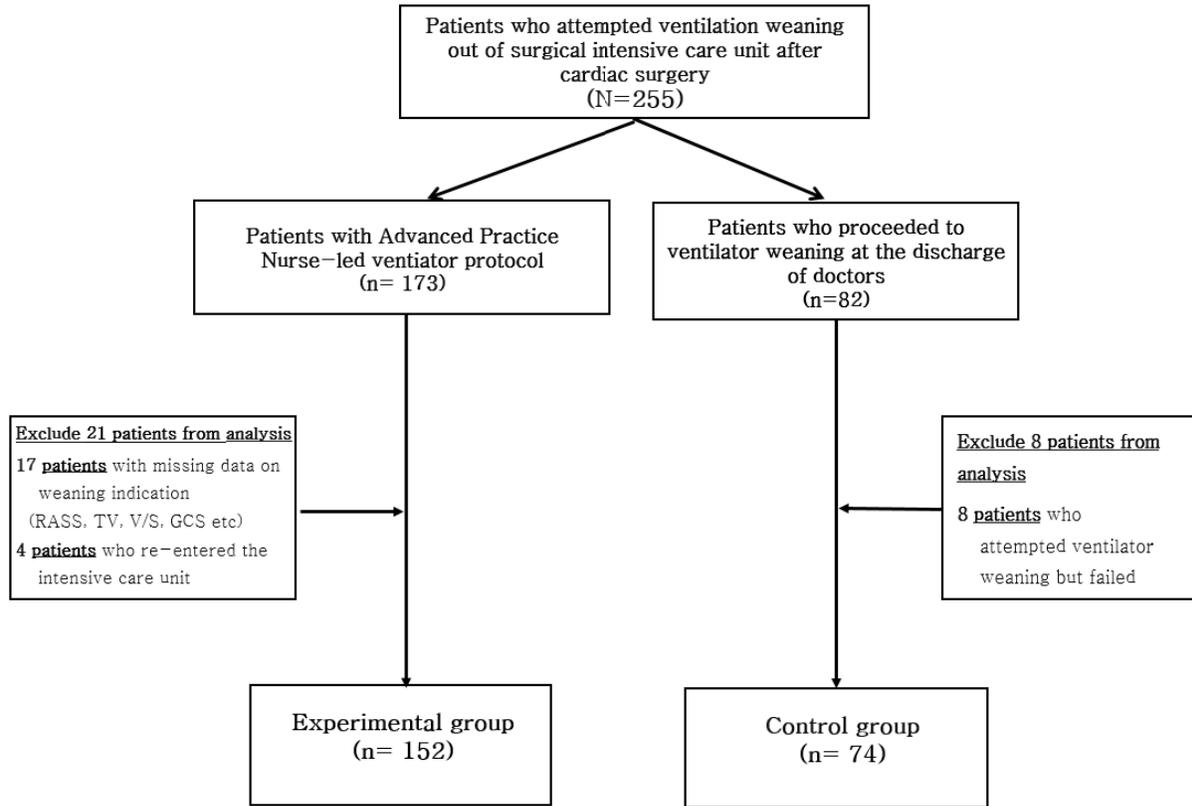


Figure 1. Patient inclusion flow diagram

GCS=Glasgow Coma Scale; RASS=Richmond Agitation-Sedation Scale; TV=Tidal volume; V/S=Vital signs

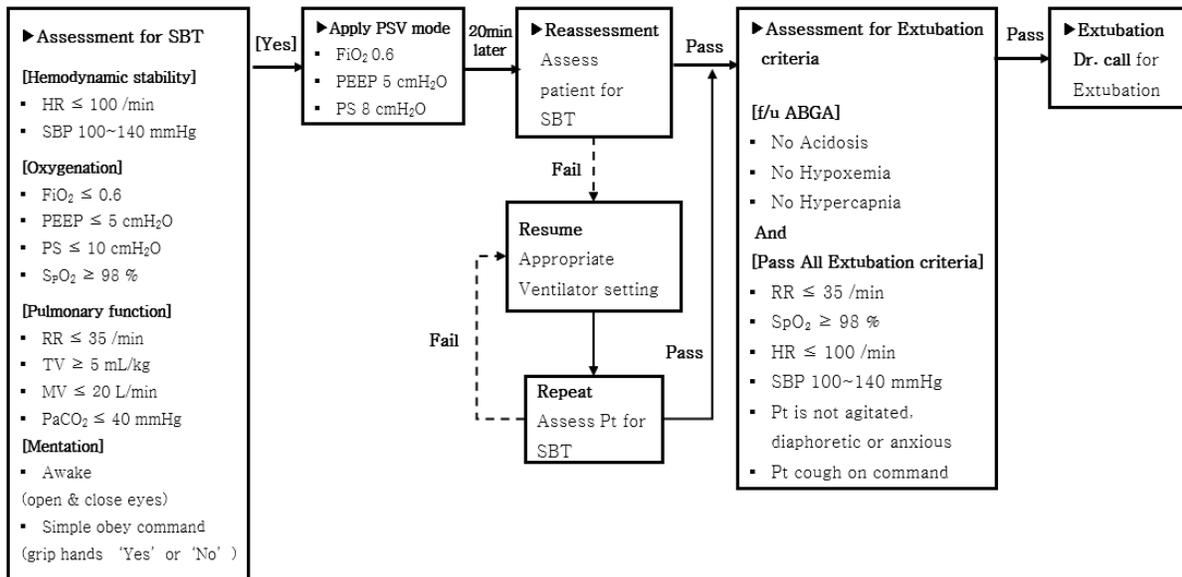


Figure 2. Ventilator weaning protocol

ABGA=Arterial blood gas analysis; FiO<sub>2</sub>=Fraction of inspired oxygen; f/u=Follow up; HR=Heart rate; MV=Minute volume; PaCO<sub>2</sub>=Partial pressure of arterial carbon dioxide; PEEP=Positive end expiratory pressure; PS=Pressure support; pt,=Patient; RR=Respiration rate; SBP=Systolic blood pressure; SBT=Spontaneous breathing trial; SpO<sub>2</sub>=Oxygen saturation of arterial blood; TV=Tidal volume.

- 수축기혈압(systolic blood pressure [SBP])  
100~140mmHg

나. 산소화(oxygenation)

- 흡입산소농도(fraction of inspired oxygen [FiO<sub>2</sub>])≤0.6
- 호기말양압(positive end expiratory pressure [PEEP])≤5cmH<sub>2</sub>O
- 압력보조(pressure support [PS]) ≤ 10 cmH<sub>2</sub>O
- 산소포화도(oxygen saturation of arterial blood [SpO<sub>2</sub>])≥98%

다. 폐기능(pulmonary function)

- 호흡수(respiration rate [RR])≤35회/min
- 일회호흡량(tidal volume [TV])≥5mL/kg
- 분당호흡량(minute volume [MV])≤20L/min
- 동맥혈이산화탄소분압(partial pressure of arterial carbon dioxide [PaCO<sub>2</sub>])≤40mmHg

라. 의식(mentation)

- 자발적으로 눈 뜨기
- 간단한 명령 수행

(2) 압력보조환기 모드 적용

이탈 준비 사정 단계의 기준을 충족하면 인공호흡기를 압력보조환기(pressure support ventilation [PSV])모드로 변경하고, 인공호흡기 parameter를 FiO<sub>2</sub> 0.6, PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, PS 8cmH<sub>2</sub>O로 조정한다.

(3) 이탈 준비 재사정 단계

인공호흡기 모드 변경 후 20분 경과한 시점에 자발호흡시도를 위한 이탈 준비사정을 재확인한다. 이탈기준 충족 시 중환자실 현장검사 기기로 동맥혈가스분석(arterial blood gas analysis [ABGA])검사를 시행한다. 이탈기준을 충족하지 못할 경우 전문간호사가 환자상태 확인 후 적절한 인공호흡기 모드로 변경한다.

(4) 발관 전 평가 단계

ABGA검사 결과 산성혈증(acidosis), 저산소혈증(hypoxemia), 과탄산혈증(hypercapnia)이 없는 것을 확인하고, 발관 기준(extubation criteria)을 충족하는지 확인한다. RR≤35회/min, SpO<sub>2</sub>≥98%, HR≤100회/min, SBP 100~140mmHg가 충족 범위에 있는지, 환자는 불

안해하거나, 발한, 불안정한 모습이 보이지 않으며, 기침을 해 보라는 지시에 따를 수 있어야 한다.

(5) 발관 단계

발관 전 평가 단계 항목을 모두 충족하면, 중환자실 흉부외과 전담전문의에게 보고하여 진행 경과를 알리고, 전담전문의가 최종 확인 후 직접 인공호흡기를 제거함과 동시에 발관을 시행한다.

2) 인공호흡기 이탈 과정

실험군의 경우는 전문간호사에 의해 프로토콜에 명시된 방법에 따라 인공호흡기 이탈 전체 과정과 발관 직전 단계까지 수행되었으며, 대조군의 인공호흡기 이탈은 중환자실 흉부외과 전담전문의 또는 당직의의 판단에 의해 기존 방식대로 이루어졌다. 대조군의 경우 의사에 의해 수술 직후 동조간헐강제환기 압력조절(synchronized intermittent mandatory ventilation pressure control [SIMV PC])모드로 인공호흡기를 적용하다가, 환자의 자발 호흡이 시작되면 PSV 모드로 변경하고, 인공호흡기 parameter를 FiO<sub>2</sub>≤0.6, PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, PS≤8cmH<sub>2</sub>O로 조정하였다.

4. 연구도구

연구자가 선행 연구 및 문헌고찰을 통해 대상자의 특성, 이탈 관련 특성(자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표, 발관 시 발관 기준 지표) 및 이탈 결과를 포함하여 작성한 조사표를 이용하였다.

1) 대상자의 특성

본 연구에서 대상자의 특성으로는 성별, 나이, 진단명, 동반 기저질환으로 고혈압, 당뇨, 뇌질환 유무를 조사하였다. 또한 환자의 중환자실 입실 당시 상태를 알 수 있는 수술 전 시행한 폐기능검사, American Society of Anesthesiologists Classification (ASA class), 수술 후 흉관 배액을 통한 출혈량, 중환자실 중증도 분류 도구인 Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) II 점수를 조사하였다. 수술 후 중환자실에 도착한 시점부터 흉관 배액을 통한 출혈량이 100 cc/hr 초과 시 발관 기준에서 제외되어 발관이 지

연되므로[21] 조사에 포함하였다. ASA class는 수술 전 환자의 건강상태를 분석하여 수술 후에 이환율 및 사망률을 예측할 수 있는 도구로[22], ASA 등급이 높은 환자는 등급이 낮은 환자에 비해 수술 후 합병증 및 사망률의 위험도가 높음을 의미한다[22].

## 2) 인공호흡기 이탈 관련 특성

### (1) 자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표

자발호흡 시작 시에 측정된 이탈 과정 지표의 기준은 프로토콜에 명시된 혈액학적 안정, 산소화, 폐기능, 의식상태 지표이다. 의식상태 지표는 글래스고우 혼수척도(Glasgow Coma Scale [GCS])[23]의 기록으로 평가하였는데 자발적으로 눈 뜨기는 GCS 항목 중 개안반응이 3점 이상이면 유, 2점 이하면 무로 하였고, 간단한 명령 수행하기는 운동반응이 6점 이면 유, 5점 이하면 무로 판단하였다.

### (2) 발관 시 발관 기준 지표

발관 기준 지표는 프로토콜 내 발관 전 평가 단계에 명시된 지표로, 발관 전에 측정된 기록 중 RR, SpO<sub>2</sub>, HR, SBP가 발관 기준 지표에 부합하는지를 판단하였고, 환자의 상태 불안정 여부는 Richmond agitation-sedation scale (RASS)로 측정된 점수가 -1~+1점 이내이면 안정적인 것으로, 의식상태(자발적으로 눈 뜨기, 간단한 명령 수행하기)를 포함한다.

## 3) 인공호흡기 이탈 결과

본 연구에서 인공호흡기 이탈 결과는 선행연구[24]에 근거하여 인공호흡기 적용기간, 중환자실 재실기간, 재삽관 유무를 조사하였다. 인공호흡기 적용기간은 인공호흡기를 적용한 시점부터 기관내관을 발관한 시점까지의 총 시간을 조사하였고, 선행연구[25]에 근거하여 인공호흡기 적용기간에 따라 6시간 미만, 6~12시간, 12시간 초과로 세 군으로 분류하였다. 중환자실 재실기간은 중환자실 입실시점부터 퇴실시점까지의 총 시간이며, 재삽관은 인공호흡기 이탈과 동시에 발관이 이루어진 이후부터 중환자실 퇴실 전까지 재삽관을 시행했는지 여부를 조사하였다.

## 5. 자료수집 방법

자료 수집을 위해 연구대상 병원의 기관윤리심의위원회(Institutional review board, IRB)의 승인을 받아 시행하였고(IRB 승인번호: B-2103/673-105), 후향적 연구로 환자에게 직접적 위해가 가해지지 않으며 사망하거나 추적이 불가능한 환자가 있을 수 있으므로 동의 면제를 신청하였다. 자료 수집은 2020년 대상 환자의 전자의무기록을 통해 수집하였으며, 개인정보 보호를 위해 신분을 확인할 수 있는 모든 정보는 삭제하여 수집하고, 수집된 자료는 암호 처리하여 잠금 장치가 있는 곳에 보관하였으며, 분석 후에는 관련 법규 및 기관 규정에 따라 일정 기간 보관 후 폐기 처리할 예정이다.

## 6. 자료분석

자료는 SPSS 통계프로그램(ver. 25.0)을 이용하여 유의수준 .05로 분석하였으며, 구체적인 분석방법은 다음과 같다.

- 1) 대상자의 특성, 인공호흡기 이탈 관련 특성 및 이탈 결과는 평균과 표준편차, 실수와 백분율을 이용하였다.
- 2) 실험군과 대조군간 대상자 특성, 인공호흡기 이탈 관련 특성의 차이는 연속형 변수의 경우 정규분포 여부에 따라 t-test 또는 Mann-Whitney U test 로 분석하였고, 범주형 변수는 Chi-square test 또는 Fisher's exact test 로 분석하였다.
- 3) 실험군과 대조군간 인공호흡기 이탈 결과의 차이는 연속형 변수의 경우 정규분포를 보이지 않아 Mann-Whitney U test로 분석하였고, 범주형 변수는 Chi-square test 또는 Fisher's exact test 로 분석하였다.

## III. 연구결과

### 1. 대상자의 특성

대상자의 나이는 실험군 64.20±11.94세이고, 대조군 68.31±12.36세로 두 군간 유의한 차이를 보였다( $z=-2.18, p=.029$ ). 성별은 두 군 모두 남성의 비율이

높았고, 진단명은 대동맥질환이 실험군 48명(31.6%), 대조군 34명(45.9%)으로 가장 높은 빈도였고 그 다음으로 관상동맥질환, 판막질환 순이었으며 두 군간 유의한 차이는 보이지 않았다. 동반 기저질환은 고혈압이 가장 많았으며 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다. 중환자실 입실 전에 폐기능검사 결과 정상인 비율과 ASA class 점수 비율도 두 군간 유의한 차이는 없었다.

수술 후 흉관 배액을 통한 출혈량이 100cc/hr 를 초과한 경우는 실험군 18명(11.8%), 대조군 27명(36.5%)으로 두 군간의 유의한 차이를 보였다( $\chi^2=18.95, p < .001$ ). 중환자실 입실 당시 중증도인 APACHE II 점수는 실험군  $29.73 \pm 5.29$ 점, 대조군  $31.00 \pm 5.06$ 점으로 두 군간 유의한 차이가 없었다.

## 2. 인공호흡기 이탈 관련 특성

### 1) 자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표

자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표 중 혈액학적 안정 항목인 SBP 수치가 실험군  $132.35 \pm 19.63$ mmHg, 대조군  $127.12 \pm 20.74$ mmHg로 두 군간 유의한 차이를 보였으나( $z=-2.31, p=.021$ ), SBP를 구간별로 나누어 빈도를 분석한 결과는 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다. 산소화와 폐기능 이탈 과정 지표는 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다. 의식상태 항목에서 자발적 각성이 있는 경우는 실험군 47명(30.9%), 대조군 50명(67.6%)으로 두 군간 유의한 차이를 보였다( $\chi^2=27.28,$

Table 1. Characteristics of Subjects

(N=226)

Characteristics	Categories	Experimental group	Control group	Z or $\chi^2$	p
		(n=152)	(n=74)		
		M $\pm$ SD or n(%)	M $\pm$ SD or n(%)		
Age (year)		64.20 $\pm$ 11.94	68.31 $\pm$ 12.36	-2.18	.029*
Sex	Male	101(66.4)	43(58.1)	1.50	.221
	Female	51(33.6)	31(41.9)		
Diagnosis	Aortic disease	48(31.6)	34(45.9)	4.68	.196
	Coronary disease	47(30.9)	20(27.0)		
	Valvular disease	43(28.3)	15(20.3)		
	Others	14(9.2)	5(6.8)		
Comorbidity					
Hypertension	Yes	94(61.8)	44(59.5)	0.11	.730
	No	58(38.2)	30(40.5)		
Diabetes	Yes	44(28.9)	22(29.7)	0.01	.903
	No	108(71.1)	52(70.3)		
Cerebral disease	Yes	20(13.2)	9(12.2)	0.04	.834
	No	132(86.8)	65(87.8)		
Pulmonary function test (n=175)	Normal	73(53.7)	27(69.2)	2.99	.084
	Abnormal	63(46.3)	12(30.8)		
ASA class (n=221)	II	1(0.5)	0(0.0)	.302 <sup>†</sup>	
	III	42(28.4)	15(26.3)		
	IV	102(68.9)	58(79.5)		
	V	3(2.0)	0(0.0)		
Bleeding from chest tube drainage (cc/hr)	$\leq$ 100	134(88.2)	47(63.5)	18.95	<.001
	>100	18(11.8)	27(36.5)		
APACHE II		29.73 $\pm$ 5.29	31.00 $\pm$ 5.06	-1.36	.088*

\* Mann-Whitney U test, <sup>†</sup>Fisher's exact test.

APACHE II=Acute physiology and chronic health evaluation; ASA class=American Society of Anesthesiologists Classification.

$p < .001$ ), 간단한 지시에 따를 수 있는 경우가 실험군 39명(25.7%), 대조군 49명(66.2%)으로 두 군간 유의한 차이를 보였다( $\chi^2=34.43, p < .001$ ) (Table 2).

### 2) 발관 시 발관 기준 지표

발관 시 발관 기준 지표를 비교한 결과 RR은 두 군 모두 35회/min 미만의 기준을 유지하였으며, SpO<sub>2</sub>, HR, SBP, RASS, 의식상태는 두 군간 유의한 차이는 없었다 (Table 2).

### 3. 인공호흡기 이탈 결과

인공호흡기 적용기간은 실험군 7.33±13.07시간, 대조군 21.61±29.31시간으로 두 군간 유의한 차이를 보였다( $z=-6.92, p < .001$ ). 적용기간이 6시간 미만인 경우는 실험군 102명(67.1%), 대조군 16명(21.6%)이며, 6~12시간은 실험군 22명(14.5%), 대조군 15명(20.3%), 12시간 초과는 실험군 28명(18.4%), 대조군 43명(58.1%)으로 두 군간 유의한 차이를 보였다( $\chi^2=45.70, p < .001$ ). 중환자실 재실기간은 실험군 47.96±37.12시간, 대조군 77.97±78.38시간으로 두 군간 유의한 차이를 보였고( $z=-3.39, p < .001$ ), 재삽관 시행은 두 군간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

Table 2. Weaning Process Criteria

(N=226)

Components	Variables	Categories	Experimental group (n=152)	Control group (n=74)	Z or $\chi^2$	p
			M±SD or n(%)	M±SD or n(%)		
Initiated spontaneous breathing trial						
Hemodynamic stability	HR (/min)	≤100	142(93.4)	65(87.8)	2.02	.156
		>100	10(6.6)	9(12.2)		
	SBP (mmHg)	<100	132.35±19.63	127.12±20.74	-2.31	.021*
		100~140	8(5.3)	2(2.7)		
		>140	93(61.2)	55(74.3)		.153 <sup>†</sup>
Oxygenation	FiO <sub>2</sub>	≤0.6	137(90.1)	65(87.8)	0.28	.599
		>0.6	15(9.9)	9(12.2)		
	PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	≤5	134(88.2)	64(86.5)	0.13	.720
		>5	18(11.8)	10(13.5)		
	PS (cmH <sub>2</sub> O)	≤10	70(46.1)	37(50.0)	0.31	.577
		>10	82(53.9)	37(50.0)		
	SPO <sub>2</sub> (%)	≥98	151(99.3)	71(95.9)		.104 <sup>†</sup>
<98		1(0.7)	3(4.1)			
RR (/min)		≤35	152(100)	74(100)		
		>35	0(0.0)	0(0.0)		
Pulmonary function	TV (mL/kg)	≥5	143(94.1)	73(98.6)		.172 <sup>†</sup>
		<5	9(5.9)	1(1.4)		
	MV (L/min)	≤20	152(100)	74(100)		
		>20	0(0.0)	0(0.0)		
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	≤40	124(81.6)	58(78.4)	0.32	.569	
	>40	28(18.4)	16(21.6)			
Mentation	Awake	Yes	47(30.9)	50(67.6)	27.28	<.001
		No	105(69.1)	24(32.4)		
	Simple obey command	Yes	39(25.7)	49(66.2)	34.43	<.001
		No	113(74.3)	25(33.8)		

Components	Variables	Categories	Experimental group	Control group	Z or $\chi^2$	p
			(n=152)	(n=74)		
			M±SD or n(%)	M±SD or n(%)		
The time to extubation						
	RR (/min)	≤35	152(100)	74(100)		
		>35	0(0.0)	0(0.0)		
	SPO <sub>2</sub> (%)	≥98	147(96.7)	69(93.2)	1.41	.234
		<98	5(3.3)	5(6.8)		
	HR (/min)		84.05±14.24	86.43±16.25	1.12	.262
		≤100	131(86.2)	59(79.7)	1.54	.213
		>100	21(13.8)	15(20.3)		
	SBP (mmHg)		131.09±18.34	132.38±18.81	0.49	.624
		<100	6(3.9)	4(5.4)	2.03	.361
		100~140	103(67.8)	43(58.1)		
		>140	43(28.3)	27(36.5)		
	RASS	<-1	13(8.6)	5(6.8)	3.45	.177
		-1~1	138(90.8)	66(89.2)		
		>1	1(0.7)	3(4.1)		
	Mentation					
	Awake	Yes	152(100)	74(100)		
		No	0(0.0)	0(0.0)		
	Simple obey command	Yes	151(99.3)	74(100)		.484 <sup>†</sup>
		No	1(0.7)	0(0.0)		

\* Mann-Whitney U test, <sup>†</sup>Fisher's exact test.

FiO<sub>2</sub>=Fraction of inspired oxygen; HR=Heart rate; MV=Minute ventilation; PaCO<sub>2</sub>=Partial pressure of arterial carbon dioxide; PEEP=Positive end expiratory pressure; PS=Pressure support; RASS=Richmond Agitation-Sedation Scale; RR=Respiration rate; SBP=Systolic blood pressure; SPO<sub>2</sub>=Oxygen saturation of arterial blood; TV=Tidal volume.

Table 3. Weaning Outcomes of Mechanical Ventilation

(N=226)

Outcomes	Categories	Experimental group	Control group	Z or $\chi^2$	p
		(n=152)	(n=74)		
		M±SD or n(%)	M±SD or n(%)		
Duration of mechanical ventilation (hour)		7.44±13.07	21.61±29.31	-6.92	<.001*
	<6	102(67.1)	16(21.6)	45.70	<.001
	6~12	22(14.5)	15(20.3)		
	>12	28(18.4)	43(58.1)		
Length of ICU stay (hour)		47.96±37.12	77.97±78.38	-3.39	<.001*
Reintubation	Yes	2(1.3)	1(1.4)		>.999 <sup>†</sup>
	No	150(98.7)	73(98.6)		

\*Mann-Whitney U test, <sup>†</sup>Fisher's exact test.

ICU=Intensive care unit.

## IV. 논 의

본 연구는 심장수술 환자에게 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용한 실험군과 대조군의 임상적 특성과 결과를 비교하여 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜의 효과를 확인하고자 시도된 후향적 조사 연구이다. 본 연구 결과를 토대로 다음과 같이 논의하고자 한다.

먼저, 본 연구 대상자의 특성 중 대조군이 실험군에 비해 나이가 더 많고, 수술 후 흉관 배액 출혈량이 100cc/hr를 넘는 비율이 더 많은 것으로 나타났다. 심장수술 후 인공호흡기 적용기간이 긴 군에서 나이가 많다는 보고나[11], 흉관 배액량이 많을 시 발관 기준에서 제외하여 발관이 지연될 수 있어[21] 대조군의 특성이 인공호흡기 이탈에 영향을 주었을 가능성이 있다. 그러나, 대상자의 중증도를 평가하는 ASA class 점수나 APACHE II 점수는 두 군간 차이가 없었으며, 나이가 사망률이나 재삽관과 같은 주요 합병증에 영향을 주는 요인은 아니라는 보고[25]를 고려하면 두 군간 대상자 특성의 차이가 임상 결과에 크게 영향을 주지 않았을 가능성도 있다.

대상자의 인공호흡기 이탈 관련 특성 중 인공호흡기 이탈을 시작하는 시점인 자발호흡 시작 시 이탈 과정 지표의 경우 호흡수 및 분당호흡량 항목을 제외하고, 두 군 모두에서 혈액학적 안정, 산소화, 폐기능, 의식지표 대부분에서 기준을 충족하지 않은 상태에서 인공호흡기 이탈이 시작된 대상자들이 있는 것으로 확인되었다. 이 탈 과정 지표 미충족은 발관 기준 평가 단계에서도 일부 지표에서 확인되었는데, 본 연구가 후향적 자료수집이라 이유를 명확히 확인할 수는 없으나, 아마도 전문간호사나 의사가 이탈조건을 확인하고 이탈을 시작한 시점의 지표값과 담당간호사가 이를 기록으로 남긴 시점의 지표값이 차이가 있어 비롯된 결과라고 추정되어, 이탈 시 의료진간 정확한 의사소통이 이루어진 후 시행할 것과, 이탈을 진행하는 전문간호사도 이탈관련 지표에 대한 기록을 남겨야 할 필요가 있을 것으로 생각된다. 또한 이탈 과정 지표 중 의식상태 지표의 충족 비율이 실험군에서 대조군보다 절반 수준에 불과한 것으로 조사되었다. 심장수술 환자를 위한 인공호흡기 이탈 프로토콜 선행연구들[9,12]에서도 이탈 과정 지표로 의식

지표가 포함되어 있으나 구체적으로 의식을 평가하는 방법에 대한 제시는 없다. 본 연구에서 실험군과 대조군 모두에서 의식조건을 충족하지 않은 상태로 이탈을 진행했음에도 불구하고 성공적으로 이탈이 진행되었음을 볼 때, 심장수술 후 환자들은 내과계 중환자에 비해 인공호흡기 적용 시간이 길지 않은 상태에서 의식이 깨어 움직이기 시작하고 인공호흡기 세팅과 충돌하는 자가호흡이 관찰되면 GCS 기준을 충족하지 않아도 이탈을 준비했을 가능성이 높다. 환자 곁에 상주하는 전문간호사는 상주가 어려운 의사에 비해 환자가 보내는 이탈 시점에 민감하게 반응해서 빠르게 이탈을 시작했을 것으로 추정된다. 이를 토대로 향후 심장수술 후 환자의 이탈 프로토콜 적용 시 의식상태 충족 여부를 고려는 하되[9], 혈액학적 안정, 산소화, 폐기능 등의 항목들이 이탈기준을 충족할 경우 이탈을 시작할 수 있도록 이탈 준비 사정 단계의 지표를 조정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

다음으로 인공호흡기 이탈 결과를 살펴본 결과, 인공호흡기 적용기간은 실험군이 대조군에 비해 평균 약 14시간 정도 유의하게 짧았다. 임상환경에 따라 의료진간 역할이나 환자 특성이 차이가 있을 수 있어 직접적 비교는 어렵지만, Danckers 등[26]의 연구에서 간호사 주도의 이탈 시간이 의사 주도의 이탈과 비교하여 2시간 13분 더 빠르다고 보고한 것보다 본 연구결과가 더 큰 차이를 보였다. 인공호흡기 적용기간이 6시간 미만인 비율도 실험군이 67.1%로 대조군 21.6%에 비해 3배 이상 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 대조군의 인공호흡기 적용기간은 평균 21.61시간으로 선행연구들[9,25,27]의 대조군에서 중위수 6.40~7.40 시간인 것에 비해 현저히 더 길었다. 또한 본 연구 대조군에서 인공호흡기 적용기간이 12시간을 초과한 대상자가 58.1%로 과반수 이상을 차지하였는데, 의사에 의해 이탈이 진행된 대조군의 경우 의사가 수술 등으로 인해 환자를 보는 시간이 지연되면서 이탈도 지연되었을 가능성이 있다. 심장수술 후 환자에서 인공호흡기 적용기간이 12시간을 초과하면 환자의 30일 사망률이 2.7배, 재삽관률이 2.1배 증가하는 등[11]이탈 지연으로 인해 환자 결과가 악화될 수 있으므로 보다 적극적으로 프로토콜을 도입할 필요가 있음을 시사한다. 특히 국내는 흉부외과를 비롯해 외과계 의사가 부족한 것이 사회적인 문제임을 고려하면[28] 심장수술 환자 외에도 외과환자들을

위한 표준화된 이탈 프로토콜을 적극적으로 적용할 필요가 있다.

두번째로 이탈 결과 중 중환자실 재실 기간은 실험군이 대조군에 비해 30시간 정도 짧은 것으로 나타났다. 이는 인공호흡기 이탈 프로토콜이 정착된 이후 중환자실 재원일이 1.2일 감소되었다는 Briner [24]의 연구와 유사한 결과이다. 또한 Cove 등[21]의 연구에 따르면 인공호흡기 이탈 프로토콜을 적용한 경우 적용하지 않은 군에 비해 발관 시간을 35% 줄이고, 중환자실 재실 기간은 프로토콜 적용 전 2일에서 적용 후 1일로 감소하는 것으로 보고되었다.

마지막으로 이탈 결과 중 재삽관 여부는 두 군간 유의한 차이가 없었다. 조기 발관 시 증대한 부작용이 재삽관임을 고려하면[29], 전문간호사 주도의 이탈 프로토콜 적용이 재삽관 같은 부작용의 증가 없이도 인공호흡기 이탈을 보다 신속하게 진행할 수 있음이 확인되었다. 본 연구 결과에 근거하여 인공호흡기를 비교적 짧게 적용하는 수술 후 외과중환자실 환자를 대상으로도 전문간호사 주도의 이탈 프로토콜을 적용해 볼 수 있을 것으로 기대되나, 현재 의료법상 중환자 전문간호사는 처치·주사 등 중환자 진료에 필요한 업무를 할 경우 의사의 지도하에 수행되어야 함이 명시되어 있으므로 가능한 업무범위 안에서 적용이 가능할 것으로 생각된다[20].

본 연구의 제한점으로는 후향적 연구로 기록에 의존해서 이탈 과정 지표를 평가하여서 이탈 과정 지표의 충족 여부가 명확하지 않을 가능성이 있다. 또한 실험군과 대조군 간 나이와 수술 후 흉관 배액을 통한 출혈량의 차이가 있어 대상자의 특성이 이탈 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 마지막으로 본 연구는 단일기관에서 수행된 결과이므로 프로토콜 결과를 해석함에 있어 신중을 기할 필요가 있으며, 수술시간, 수술 중 출혈량, 수술 후 혈액학적 안정을 위해 사용된 약물 등을 고려하지 않아 대상자의 평가에 제한이 되었을 가능성이 있어, 추후 반복 연구를 통해 연구 도구의 신뢰도의 재평가가 필요하다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 심장수술 환자에게 전문간호사 주도의 인

공호흡기 이탈 프로토콜을 적용 시 인공호흡기 적용기간, 중환자실 재실기간 및 재삽관 여부를 파악하고자 하였다. 연구결과 재삽관 시행을 높이지 않으면서, 인공호흡기 적용기간과 중환자실 재실기간을 단축시키는 효과가 있음을 확인하였다. 이는 심장수술 환자에서 전문간호사 주도의 인공호흡기 이탈 프로토콜이 치료효과를 개선시키면서 안전하게 사용할 수 있음을 확인한 결과로 향후 프로토콜 적용 확대를 위한 근거가 될 것으로 생각된다.

본 연구의 결과를 토대로 다음과 같이 제언하고자 한다. 첫째, 본 연구에서 사용한 이탈 과정 지표 중 의식지표가 임상적으로 크게 중요하지 않은 지표로 판단된다면 전문가들의 합의를 거쳐 프로토콜을 수정 보완 후 그 효과를 평가하는 연구가 필요하다. 둘째, 후향적 의무기록 검토로 인한 오류 가능성을 배제하기 위해 전향적 반복연구가 필요하다. 셋째, 심장수술 외에도 다른 외과적인 수술 후 환자에게도 적용할 수 있는 인공호흡기 이탈 프로토콜의 이탈기준 설정에 대한 연구가 필요하다.

## Conflict of interest

Su Jung Choi has been the president of the Korean Society of Critical Care Nursing since February 2024. She was not involved in the review process. Otherwise, no potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## Funding

This study received no external funding.

## ORCID

Eim, YoungJu : <https://orcid.org/0000-0001-5331-4941>

Choi, Su Jung : <https://orcid.org/0000-0003-2171-7441>

## REFERENCES

1. Kim YJ. Cardiac Surgery. Seoul: Korea Medical Book Publishing Company; 2011. p.109-10
2. Cho YS, Yeo JH. Risk factors for deliberate self-extubation. Journal of Korean Academy of Nursing. 2014;44(5):573-80. <https://doi.org/10.4040/jkan.2014.44.5.573>

3. Wang Y, Li H, Zou H, Li Y. Analysis of complaints from patients during mechanical ventilation after cardiac surgery: a retrospective study. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2015;29(4):990-4.  
<https://doi.org/10.1053/j.jvca.2015.01.036>
4. Papazian L, Klompas M, Luyt CE. Ventilator-associated pneumonia in adults: a narrative review. *Intensive Care Medicine*. 2020;46(5):888-906.  
<https://doi.org/10.1007/s00134-020-05980-0>
5. Habeeb-Allah A, Alshraideh JA. Delirium post-cardiac surgery: incidence and associated factors. *Nursing in Critical Care*. 2021;26(3):150-5.  
<https://doi.org/10.1111/nicc.12492>
6. Kumar AK, Jayant A, Arya VK, Magoon R, Sharma R. Delirium after cardiac surgery: a pilot study from a single tertiary referral center. *Annals of Cardiac Anaesthesia*. 2017;20(1):76-82.  
<https://doi.org/10.4103/0971-9784.197841>
7. Cheikhrouhou H, Kharrat A, Derbel R, Ellouze Y, Jmal K, Jmaa B, et al. Implication of early extubation after cardiac surgery for postoperative rehabilitation. *The Pan African Medical Journal*. 2017;28:81.  
<https://doi.org/10.11604/pamj.2017.28.81.11432>
8. Borges LGA, Savi A, Teixeira C, de Oliveira RP, De Camillis MLF, Wickert R, et al. Mechanical ventilation weaning protocol improves medical adherence and results. *Journal of Critical Care*. 2017;41:296-302.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2017.07.014>
9. Chan JL, Miller JG, Murphy M, Greenberg A, Iraola M, Horvath KA. A multidisciplinary protocol-driven approach to improve extubation times after cardiac surgery. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2018;105(6):1684-90.  
<https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.02.008>
10. Helwani MA, Copeland C, Ridley CH, Kaiser HA, De Wet CJ. A 3-hour fast-track extubation protocol for early extubation after cardiac surgery. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery Open*. 2022;12:299-305.  
<https://doi.org/10.1016/j.xjon.2022.07.006>
11. Crawford TC, Magruder JT, Grimm JC, Sciortino C, Conte JV, Kim BS, et al. Early extubation: a proposed new metric. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016;28(2):290-9.  
<https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2016.04.009>
12. Fitch ZW, Debesa O, Ohkuma R, Duquaine D, Steppan J, Schneider EB, et al. A protocol-driven approach to early extubation after heart surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;147(4):1344-50.  
<https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.10.032>
13. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, et al. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. 2007;29(5):1033-56. <https://doi.org/10.1183/09031936.00010206>
14. Ellis MF, Pena H, Cadavero A, Farrell D, Kettle M, Kaatz AR, et al. Reducing intubation time in adult cardiothoracic surgery patients with a fast-track extubation protocol. *Critical Care Nurse*. 2021;41(3):14-24. <https://doi.org/10.4037/ccn2021189>
15. Hirzallah FM, Alkaissi A, do Céu Barbieri-Figueiredo M. A systematic review of nurse-led weaning protocol for mechanically ventilated adult patients. *Nursing in Critical Care*. 2019;24(2):89-96.  
<https://doi.org/10.1111/nicc.12404>
16. Serena G, Corredor C, Fletcher N, Sanfilippo F. Implementation of a nurse-led protocol for early extubation after cardiac surgery: a pilot study. *World Journal of Critical Care Medicine*. 2019;8(3):28-35. <https://doi.org/10.5492/wjccm.v8.i3.28>
17. Nam JM. Evaluation of protocol-directed weaning from mechanical ventilation [master's thesis]. Seoul: Sungkyunkwan University; 2014. p. 22-25.
18. Won SY. Application of spontaneous awakening trial protocol and spontaneous breathing trial protocol for weaning from mechanical ventilation [master's thesis]. Seoul: Sungkyunkwan University; 2021. p. 24-32.
19. Kim MY, Choi SJ, Kim JH, Leem CS, Kang YA. Intention to delegate clinical practice of medical specialists in accordance with the enactment of the scope of practice for advanced practice nurses. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2023;53(1):39-54.  
<https://doi.org/10.4040/jkan.22098>
20. Choi AJ, Choi SJ, Kim ES, Park JH, Won SY. Job performance of advanced practice nurses, perceived difficulty and importance, and willingness to legally delegate clinical practices to advanced practice nurses by health care professionals. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2020;26(2):217-31.  
<https://doi.org/10.22650/JKCNr.2020.26.2.217>
21. Cove ME, Ying C, Taculod JM, Oon SE, Oh P, Kollengode R, et al. Multidisciplinary extubation protocol in cardiac surgical patients reduces ventilation time and length of stay in the intensive care unit.

- The Annals of Thoracic Surgery. 2016;102(1):28-34. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.02.071>
22. Mayhew D, Mendonca V, Murthy BVS. A review of ASA physical status—historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia*. 2019;74(3):373-9. <https://doi.org/10.1111/anae.14569>
  23. Middleton PM. Practical use of the glasgow coma scale: a comprehensive narrative review of GCS methodology. *Australasian Emergency Nursing Journal*. 2012;15(3):170-83. <https://doi.org/10.1016/j.aenj.2012.06.002>
  24. Briner C. EB54 implementation of an early extubation protocol for cardiovascular surgery patients. *Critical Care Nurse*. 2014;34(2):e4. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&AN=95328055&site=ehost-live>
  25. Richey M, Mann A, He J, Daon E, Wirtz K, Dalton A, et al. Implementation of an early extubation protocol in cardiac surgical patients decreased ventilator time but not intensive care unit or hospital length of stay. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018;32(2):739-44. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2017.11.007>
  26. Danckers M, Grosu H, Jean R, Cruz RB, Fidellaga A, Han Q, et al. Nurse-driven, protocol-directed weaning from mechanical ventilation improves clinical outcomes and is well accepted by intensive care unit physicians. *Journal of Critical Care*. 2013;28(4):433-41. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2012.10.012>
  27. Flynn BC, He J, Richey M, Wirtz K, Daon E. Early extubation without increased adverse events in high-risk cardiac surgical patients. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2019;107(2):453-9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.09.034>
  28. Jung SM. Medical charges and the cold reality of surgeons of Korea. *Journal of the Korean Medical Association*. 2018;61(11):638-42. <https://doi.org/10.5124/jkma.2018.61.11.638>
  29. Grawe E, Wojciechowski PJ, Hurford WE. Balancing early extubation and rates of reintubation in cardiac surgical patients: where does the fulcrum lie?. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2015;29(3):549-50. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2015.02.024>