

# 연속적 자동 맥압변이 측정법: 체계적 문헌고찰 및 메타분석

방 희 영<sup>1,2</sup> | <sup>1</sup>한국보건 의료 연구원 신의료 기술 평가 사업 본부, <sup>2</sup>고려대학교 의과대학 의학 통계 학 교 실

## Continuous automatic pulse pressure variation: a systematic review and meta-analysis

Heeyoung Bang, MS<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Division for New Health Technology Assessment, National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency, <sup>2</sup>Department of Biostatistics, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

The continuous automatic pulse pressure variation (PPVauto) is a test that continuously and automatically measures the pulse pressure of the patients who need fluid therapy among the general anesthesia patients or artificial respiration patients for whom voluntary breathing is impossible during surgical procedure. The objective of this review is to evaluate the safety and effectiveness of PPVauto. The searches were conducted on eight Korean databases including KoreaMed, Medline, Embase, and Cochrane Library. Seven hundred thirty-seven literatures were searched, and total of 20 studies were included for this review. On the basis of current data, we recommend that PPVauto is safe and effective test for patients who need fluid therapy among the general anesthesia patients or artificial respiration patients for whom voluntary breathing is impossible during surgical procedure.

**Key Words:** Pulse pressure variation; Review

### 서론

#### 1. 연구의 필요성

수술 중 환자에서 의도되지 않은 저혈량증과 수액과부하를 방지하는 것은 환자의 예후에 있어서 매우 중요하다. 불안정한 혈역학이 상대적 인 혈관내 용적부분과 관련이 있는가를 진단하고, 적절한 혈관내 용적을 회복하도록 수액을 보충하는 것은 마취관리에 있어서도 중요한 부분이다[1-3]. 수액 주입은 혈역학을 개선시켜 조직으로의 관류와 산소공

급을 향상시킬 수 있으나, 수액부하에 따라 심박출량을 감소시키고 간질액의 축적을 증가시켜 가스교환을 악화시킬 수도 있어, 수액 주입에 따른 혈역학 변화를 잘 예측할 수 있는 지표들이 필요하다[2]. 이에 본 연구는 현재 건강보험요양급여비용 목록에 등재되어 있지 않은 연속적 자동 맥압변이 측정법에 대한 안전성 및 유효성을 체계적 문헌고찰을 통해 평가하였다.

#### 2. 연속적 자동맥압변이 측정법

맥압변이는 호흡주기 내에서 관찰된 최대 맥압과 최소 맥압의 차이를 최대 맥압과 최소 맥압의 평균으로 나눈 값으로 예전에는 주로 수동으로 측정하였다. 맥압변이는 맥파형 분석(pulse wave analysis)이 가능한 모니터(PiCCOplus, LiDCO system)를 이용하여 확인할 수 있으며, 최근에는 연속적 자동 맥압변이 측정법이 가능한 알고리즘이 개발되어 Intellivue MP70 모니터로도 측정가능하다[4]. ROC (receiver

Received: April 14, 2015 Accepted: April 28, 2015

Corresponding author: Heeyoung Bang  
E-mail: a9595a@neca.re.kr

© 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/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

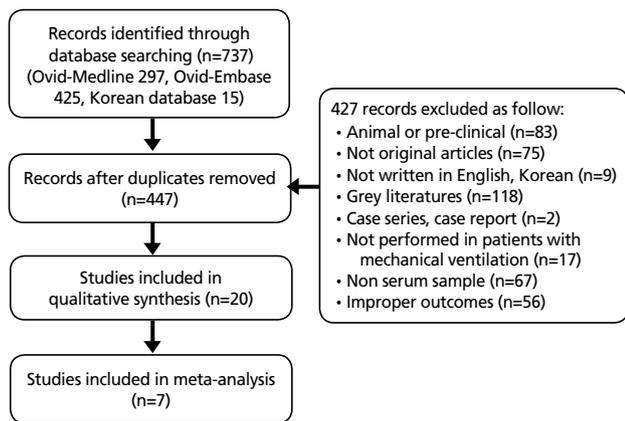


Figure 1. Flow chart of literature selection process.

operating characteristic) 분석에서 산출된 맥압변이의 임계값은 대개 12–16% 이상인데, 이 임계값은 궁극적으로 환자의 심박출량을 증가시키는데 대한 용적확대의 반응 여부를 결정하는데 이용된다[5]. 본 연구에서는 임상전문의와 논의를 바탕으로, 신의료기술로 신청된 IntelliVue 모니터를 포함하여 연속적 자동맥압변이 측정이 가능한 모든 모니터를 대상으로 안전성과 유효성을 평가하였다. 상세한 내용은 신의료기술 평가사업본부 홈페이지를 통해 확인 가능하다.

## 연구방법

### 1. 연구설계

본 연구는 교과서로 맥압변이에 대한 임상적 유용성을 검토하고, 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 이용하여 수술 중 전신마취 환자나 자발 호흡이 불가능한 인공호흡 환자 중 수액요법이 필요한 환자에서 연속적 자동 맥압변이 측정법의 안전성 및 유효성을 확인하였다.

연구목적에 따른 patient-index test-comparator-outcome (PICO)는 다음과 같다. 대상환자(P)는 수술 중 전신마취 환자나 자발 호흡이 불가능한 인공호흡 환자이고; 중재검사(I)는 연속적 자동 맥압변이(continuous automatic pulse pressure variation, PPVauto)이며; 비교검사(C)는 중심정맥압(central venous pressure), 폐동맥쇄기압(pulmonary capillary wedge pressure, PCWP), 일회심박출량변이

(stroke volume variation), 수동맥압변이(munually pulse pressure variation)이다. 마지막으로 연구결과(O)는 안전성(사망, 합병증), 유효성(진단정확성, 비교검사와의 상관성, 비교검사와의 일치도)이다.

### 2. 문헌검색

문헌검색은 국내외 데이터베이스로 나누어 수행하였다. 국내 데이터베이스는 KoreaMed, 국립중앙도서관, 국회도서관, 국가자료공동목록시스템, 한국교육학술정보원, 학술데이터베이스검색, 과학기술학회마을, 한국의학논문데이터베이스를 이용하였고, 국외 데이터베이스는 Ovid-Medline, Ovid-Embase, Cochrane Library 및 국외 의료기술평가기구 홈페이지를 이용하였다. 문헌검색일은 2013년 12월 16일이었다. 검색어는 각 데이터베이스의 특성을 고려하여 중재검사에 초점을 맞추어 검색하였으며, 검색과정에서 언어를 제한하지는 않았다. 국내 데이터베이스는 “맥압변이,” “맥압 변이,” “pulse pressure variation”에 초점을 맞추어 광범위하게 검색하였고, 이후 검색된 범위 내에서 불필요한 문헌을 수작업으로 제외하여 15편이 검색되었다. 국외 데이터베이스는 검색어를 다양하게 사용할 수 있기 때문에 선정된 PICO를 중심으로 검색어를 선정하여 “pulse pressure variation,” “delta PP,” “deltaPP”로 검색하였으며, 검색된 문헌은 Ovid-Medline 297편, Ovid-Embase 425편으로 총 722편이었다.

문헌선택은 선택 및 배제 기준에 맞춰 2명의 평가자가 독립적으로 실시하였다. 1차적으로 초록을 중심으로 선택 및 배제를 실시하고, 선택된 문헌과 이견이 있었던 문헌을 2차적으로 전문을 확인하여 선택 및 배제를 하였다. 문헌 선택 기준은 자발호흡이 불가능한 기계호흡 환자를 대상으로 한 연구, 중재검사가 수행된 연구, 적절한 의료결과가 하나 이상 보고된 연구이며, 배제기준은 동물 실험 및 전임상시험 연구, 원저가 아닌 연구, 한국어 및 영어로 출판되지 않은 연구, 회색문헌, 중재연구이었다. 이에 따라 중복 검색된 문헌 290편(국내 8편, 국외 282편)을 제외한 447편을 토대로 선택 및 배제기준을 적용하여 총 20편의 국외문헌이 최종평가에 포함되었다(Figure 1).

**Table 1.** SIGN criteria for assignment of levels of evidence

| Level | Description   |
|-------|---|
| 1++   | High quality meta-analyses, systematic reviews of RCTs, or RCTs with a very low risk of bias  |
| 1+    | Well conducted meta-analyses, systematic reviews, or RCTs with a low risk of bias   |
| 1-    | Meta-analyses, systematic reviews, or RCTs with a high risk of bias   |
| 2++   | High quality systematic reviews of case control or cohort studies   |
| 2+    | High quality case control or cohort studies with a very low risk of confounding or bias and a high probability that the relationship is causal<br>Well conducted case control or cohort studies with a low risk of confounding or bias and a moderate probability that the relationship is causal |
| 2-    | Case control or cohort studies with a high risk of confounding or bias and a significant risk that the relationship is not causal   |
| 3     | Non-analytic studies, e.g. case reports, case series  |
| 4     | Expert opinion  |

SIGN, Scottish Intercollegiate Guideline Network; RCT, randomized controlled trial.

### 3. 문헌의 질 평가

선택된 문헌의 질 평가는 영국 SIGN (Scottish Intercollegiate Guideline Network)의 ‘방법론 체크리스트 (methodology checklist)’를 이용하였다. 질 평가는 연구유형에 따라 필수항목을 선정하고, 질 평가 항목에 거의 모든 또는 모든 기준이 충족되는 경우 ‘++,’ 몇 가지 기준만 충족된 경우 ‘+,’ 거의 모두 또는 모든 기준이 충족되지 않을 때 ‘-’로 평가하였고, 질 평가 결과에 따른 근거의 수준은 Table 1과 같다. 질 평가는 2명의 평가자가 각각 독립적으로 수행하고 평가자간 이견이 있을 경우에는 논의를 통해 조정하는 것을 원칙으로 하였으나, 평가자간 이견이 없었다. 이에 따라 2++가 2편[6,7], 2+가 12편[8-19], 2-가 6편[20-25]이었다. 또한 평가에 사용된 근거의 수준에 따른 권고의 등급은 Table 2와 같다.

### 4. 자료추출

자료추출은 여러 차례에 걸쳐 수행되었다. 자료추출의 서식은 문헌에 기술된 공통된 내용과 결과에 영향을 주는 연구 대상의 특성 및 필수적으로 기술되어야 하는 유효성에 대한 자료 구분 등 평가에 필요한 모든 자료를 빠짐없이 추출하기 위하여, 기본 서식을 작성하여 임상 전문가의 확인을 거쳐 자료추출을 하였다.

**Table 2.** SIGN criteria for assignment of levels of grades of recommendation

| Grade | Description   |
|-------|---|
| A     | At least one meta-analysis, systematic review, or RCT rated as 1++, and directly applicable to the target population; or A body of evidence consisting principally of studies rated as 1+, directly applicable to the target population, and demonstrating overall consistency of results |
| B     | A body of evidence including studies rated as 2++, directly applicable to the target population, and demonstrating overall consistency of results; or Extrapolated evidence from studies rated as 1++ or 1+   |
| C     | A body of evidence including studies rated as 2+, directly applicable to the target population and demonstrating overall consistency of results; Extrapolated evidence from studies rated as 2++  |
| D     | Evidence level 3 or 4; or Extrapolated evidence from studies rated as 2+  |

SIGN, Scottish Intercollegiate Guideline Network; RCT, randomized controlled trial.

### 5. 메타분석

임상전문가와의 논의를 바탕으로 질 평가 결과가 ‘-’인 문헌은 메타분석에서 제외하였다. 메타분석은 진단정확성(민감도, 특이도, area under the curve[AUC])에 대한 결과를 보고한 문헌을 중심으로 실시하고자 하였으나, 민감도와 특이도에 대해서는 메타분석이 가능한 문헌 수가 적어 AUC에 대해서만 수행하였다.

## 결과

#### 1. 교과서 검토결과

기존에는 수액요법 시 반응도의 가이드로 중심정맥압이나 폐동맥쇄기압을 사용해왔으나, 최근에는 맥압변이를 수액의 반응도 지표로 이용했을 때 수술결과가 향상되는 것으로 밝혀졌다. 또한 맥압변이는 호기말양압이 적용되는 환자와 폐혈증 환자에서 수액요법 반응도의 우수한 지표로도 알려져 있다[26,27].

#### 2. 체계적 문헌고찰 및 메타분석 결과

연속적 자동 맥압변이의 안전성 및 유효성 평가에 선택된 문헌은 총 20편으로 연구유형은 모두 진단법 평가연구였다 (Table 3)[6-25].

**Table 2.** Study characteristics of included studies

| Author                     | Year | Location    | Indication   | n  | Index test | Comparator        | Level of evidence |
|----------------------------|------|-------------|--|----|------------|-------------------|-------------------|
| Davies et al. [20]         | 2013 | England     | Surgical patient   | 20 | PPVauto    | SVV               | 2-                |
| Kim et al. [8]             | 2013 | Korea       | Surgical patient   | 25 | PPVauto    | SVV               | 2+                |
| Monnet et al. [9]          | 2013 | France      | Norepinephrine infusion patient                              | 35 | PPVauto    | SVV               | 2+                |
| Nordstrom et al. [21]      | 2013 | Sweden      | Surgical patient   | 20 | PPVauto    | SVV               | 2-                |
| Schmid et al. [22]         | 2013 | Austria     | Mechanically ventilated patient                              | 10 | PPVauto    | PPVman            | 2-                |
| Trepte et al. [10]         | 2013 | Germany     | Mechanically ventilated patient                              | 24 | PPVauto    | SVV               | 2+                |
| Cecconi et al. [6]         | 2012 | Italy       | Surgical patient   | 30 | PPVauto    | CVP, SVV          | 2++               |
| Keller et al. [11]         | 2012 | France      | CABG patient   | 46 | PPVauto    | CVP, PCWP         | 2+                |
| Khwannimit et al. [7]      | 2012 | Thailand    | Mechanically ventilated patient                              | 42 | PPVauto    | SVV               | 2++               |
| Oliveira-Costa et al. [12] | 2012 | Brazil      | Mechanically ventilated patient                              | 37 | PPVauto    | CVP, PCWP         | 2+                |
| Willars et al. [23]        | 2012 | England     | Surgical patient   | 70 | PPVauto    | SVV               | 2-                |
| Geerts et al. [13]         | 2011 | Netherlands | Surgical patient   | 24 | PPVauto    | CVP, SVV          | 2+                |
| Muller et al. [14]         | 2011 | France      | Hemodynamically unstable and mechanically ventilated patient | 39 | PPVauto    | CVP               | 2+                |
| Derichard et al. [15]      | 2009 | France      | Surgical patient   | 11 | PPVauto    | SVV, PPVman       | 2+                |
| Cannesson et al. [16]      | 2008 | France      | CABG patient   | 25 | PPVauto    | PCWP, SVV, PPVman | 2+                |
| Cannesson et al. [17]      | 2008 | France      | CABG patient   | 25 | PPVauto    | PCWP, SVV, PPVman | 2+                |
| Huang et al. [18]          | 2008 | Taiwan      | Acute respiratory distress syndrome patient                  | 22 | PPVauto    | CVP, PCWP, SVV    | 2+                |
| Sander et al. [24]         | 2007 | Germany     | Surgical patient   | 40 | PPVauto    | CVP, PCWP, SVV    | 2-                |
| Hofer et al. [25]          | 2005 | Swiss       | CABG patient   | 35 | PPVauto    | CVP, PCWP, SVV    | 2-                |
| Wiesnack et al. [19]       | 2005 | Germany     | CABG patient   | 20 | PPVauto    | SVV               | 2+                |

PPVauto, continuous automatic pulse pressure variation; SVV, stroke volume variation; PPVman, manually pulse pressure variation; CVP, central venous pressure; CABG, coronary artery bypass graft surgery; PCWP, pulmonary capillary wedge pressure.

### 1) 안전성

연속적 자동 맥압변이의 안전성은 1편의 문헌을 근거로 검사로 인한 사망 및 합병증을 평가하고자 하였으나, 사망에 대해 보고한 문헌은 없었다. 검사로 인한 합병증은 1편에서 수술 환자 24명을 대상으로 연속적 자동 맥압변이 측정법에 대한 합병증은 없었다고 보고하였다[13].

### 2) 유효성

연속적 자동 맥압변이의 유효성은 20편의 문헌을 근거로 비교검사별 진단정확성, 비교검사와의 상관성, 비교검사와의 일치도를 평가하였다. 첫째, 연속적 자동 맥압변이와 중심정맥압을 비교한 연구는 10편이었다. 연속적 자동 맥압변이의 민감도는 0.53-0.88, 특이도 0.71-1.0, 중심정맥압의 민감도는 0.44-0.77, 특이도는 0.57-0.78이었다. 둘째, 연속적 자동 맥압변이와 폐동맥쇄기압을 비교한 연구는 7편이었다. 연속적 자동 맥압변이의 민감도는 0.53-0.88, 특이도 0.87-1.0, 폐동맥쇄기압의 민감도는 0.50, 특이도는 0.67이었다. 셋째, 연속적 자동 맥압변이와 일회심박출량변이를 비

교한 문헌은 14편이었다. 연속적 자동 맥압변이의 민감도는 0.61-0.93, 특이도 0.71-1.0, 일회심박출량변이의 민감도는 0.63-0.93, 특이도는 0.64-0.91이었다. 연속적 자동 맥압변이와 일회심박출량변이의 상관성은 0.72-0.96으로 통계적으로 유의한 상관관계가 있었으며, 일치도는 bias 0.35-1%, 정밀도 2-4.02%로 보고하였다. 넷째, 연속적 자동 맥압변이와 수동 맥압변이를 비교한 문헌은 4편이었다. 연속적 자동 맥압변이의 민감도는 0.87-0.89, 특이도 0.89-1.0, 수동 맥압변이의 민감도는 0.82-0.88, 특이도는 0.88-0.92이었다. 연속적 자동 맥압변이와 수동 맥압변이의 상관성은 0.82-0.88으로, 통계적으로 유의한 상관관계가 있었으며, 일치도는 bias -2.1 to 0.7%, 정밀도 1.65-3.4%로 보고하였다.

### 3) 메타분석

AUC에 대한 메타분석은 표준오차를 보고하거나 계산이 가능한 문헌 7편을 근거로 수행하였다(Table 4). 첫째, 연속적 자동 맥압변이와 중심정맥압에 대해 메타분석이 가능한 연구는 4편이었다. 연속적 자동 맥압변이와 중심정맥압에 대

**Table 4.** Meta analysis result

| Author             | Index test  |   |                    |                     | Comparator  |   |                    |                     |
|--------------------|-------------|---|--------------------|---------------------|-------------|---|--------------------|---------------------|
|                    | Measurement | n | I <sup>2</sup> (%) | AUC (95% CI)        | Measurement | n | I <sup>2</sup> (%) | AUC (95% CI)        |
| PPV vs. CVP        | PPV         | 4 | 0                  | 0.912 (0.861-0.962) | CVP         | 3 | 0                  | 0.655 (0.515-0.796) |
| PPV vs. PCWP       | PPV         | 3 | 0                  | 0.921 (0.865-0.977) | PCWP        | 3 | 7.3                | 0.533 (0.396-0.669) |
| PPV vs. SVV        | PPV         | 4 | 0                  | 0.902 (0.848-0.955) | SVV         | 3 | 0                  | 0.901 (0.839-0.963) |
| PPVauto vs. PPVman | PPVauto     | 2 | 0                  | 0.933 (0.864-1.0)   | PPVman      | 2 | 0                  | 0.932 (0.861-1.0)   |

AUC, area under the curve; CI, confidence interval; PPV, pulse pressure variation; CVP, central venous pressure; PCWP, pulmonary capillary wedge pressure; SVV, stroke volume variation; PPVauto, continuous automatic pulse pressure variation; PPVman, manually pulse pressure variation.

한 메타분석 결과, 이질성의 통계량값은 모두 I<sup>2</sup>=0%로 연구 간 이질성이 매우 낮았으며, 통합 AUC는 연속적 자동 맥압변이 0.912 (95% confidence interval [CI], 0.861–0.962), 중심정맥압 0.655 (95% CI, 0.515–0.796)이었다. 둘째, 연속적 자동 맥압변이와 폐동맥쇄기압에 대해 메타분석이 가능한 문헌은 3편이었다. 연속적 자동 맥압변이와 폐동맥쇄기압에 대한 메타분석 결과, 이질성의 통계량 값은 PPVauto I<sup>2</sup>=0%, PCWP I<sup>2</sup>=7.3%로 연구간 이질성은 매우 낮았으며, 통합 AUC는 PPVauto 0.921 (95% CI, 0.865–0.977), PCWP 0.533 (95% CI, 0.396–0.669)이었다. 셋째, 연속적 자동 맥압변이와 일회심박출량변이에 대해 메타분석이 가능한 연구는 4편이었다. 연속적 자동 맥압변이와 일회심박출량변이에 대한 메타분석 결과, 이질성의 통계량 값은 모두 I<sup>2</sup>=0%로 연구간 이질성이 매우 낮았으며, 통합 AUC는 PPVauto 0.902 (95% CI, 0.848–0.955), 일회심박출량변이 0.901 (95% CI, 0.839–0.963)이었다. 넷째, 연속적 자동 맥압변이와 수동 맥압변이에 대해 메타분석이 가능한 문헌은 2편이었다. 연속적 자동 맥압변이와 수동 맥압변이에 대한 메타분석 결과, 이질성의 통계량 값은 모두 I<sup>2</sup>=0%로 연구간 이질성이 매우 낮았으며, 통합 AUC는 PPVauto 0.933 (95% CI, 0.864–1.0), 수동 맥압변이 0.932 (95% CI, 0.861–1.0)이었다.

## 결론

본 연구는 교과서로 맥압변이에 대한 임상적 유용성을 검토하고, 체계적 문헌고찰 및 메타분석을 이용하여 연속적 자동 맥압변이 측정법의 안전성 및 유효성을 평가하였다. 첫째,

이미 맥압변이는 수액요법의 반응도 지표로 널리 사용되고 있어 임상적 유용성이 있다고 판단하였다. 둘째, 연속적 자동 맥압변이는 동맥관 카테터를 이용해서 체외에서 모니터링 하는 기술이므로 안전한 검사라고 평가하였다. 셋째, 연속적 자동 맥압변이는 중심정맥압 및 폐동맥쇄기압과 비교 시 진단정확성이 높고, 일회심박출량 및 수동 맥압변이와 비교 시, 진단정확성이 유사한 수준이었다. 이에 동 기술은 수술 중 전신마취 환자나 자발호흡이 불가능한 인공호흡 환자 중에서 수액요법이 필요한 환자를 대상으로 맥압을 지속적이고 자동적으로 측정하는 목적으로 사용하는 검사로서 안전성과 유효성이 있는 의료기술로 평가하였다(권고등급 C).

## Acknowledgement

This work was funded by NECA (HTA-2014-18).

**찾아보기말:** 맥압변이; 체계적 문헌고찰

## ORCID

Heeyoung Bang, <http://orcid.org/0000-0002-5542-8050>

## REFERENCES

1. Forget P, Lois F, de Kock M. Goal-directed fluid management based on the pulse oximeter-derived pleth variability index reduces lactate levels and improves fluid management. *Anesth Analg* 2010;111:910-914.
2. Kwak YL. Monitoring for fluid management: dynamic guides and fluid responsiveness. *Anesth Pain Med* 2013;8:1-8.
3. Vos JJ, Kalmar AF, Struys MM, Wietasch JK, Hendriks HG, Scheeren TW. Comparison of arterial pressure and

- plethysmographic waveform-based dynamic preload variables in assessing fluid responsiveness and dynamic arterial tone in patients undergoing major hepatic resection. *Br J Anaesth* 2013;110:940-946.
4. Hofer CK, Cannesson M. Monitoring fluid responsiveness. *Acta Anaesthesiol Taiwan* 2011;49:59-65.
  5. Sondergaard S. Pavane for a pulse pressure variation defunct. *Crit Care* 2013;17:327.
  6. Cecconi M, Monti G, Hamilton MA, Puntis M, Dawson D, Tuccillo ML, Della Rocca G, Grounds RM, Rhodes A. Efficacy of functional hemodynamic parameters in predicting fluid responsiveness with pulse power analysis in surgical patients. *Minerva Anestesiol* 2012;78:527-533.
  7. Khwannimit B, Bhurayanontachai R. Prediction of fluid responsiveness in septic shock patients: comparing stroke volume variation by FloTrac/Vigileo and automated pulse pressure variation. *Eur J Anaesthesiol* 2012;29:64-69.
  8. Kim KM, Gwak MS, Choi SJ, Kim MH, Park MH, Heo BY. Pulse pressure variation and stroke volume variation to predict fluid responsiveness in patients undergoing carotid endarterectomy. *Korean J Anesthesiol* 2013;65:237-243.
  9. Monnet X, Guerin L, Jozwiak M, Bataille A, Julien F, Richard C, Teboul JL. Pleth variability index is a weak predictor of fluid responsiveness in patients receiving norepinephrine. *Br J Anaesth* 2013;110:207-213.
  10. Trepte CJ, Eichhorn V, Haas SA, Stahl K, Schmid F, Nitzschke R, Goetz AE, Reuter DA. Comparison of an automated respiratory systolic variation test with dynamic preload indicators to predict fluid responsiveness after major surgery. *Br J Anaesth* 2013;111:736-742.
  11. Keller G, Sinavsky K, Desebbe O, Lehot JJ. Combination of continuous pulse pressure variation monitoring and cardiac filling pressure to predict fluid responsiveness. *J Clin Monit Comput* 2012;26:401-405.
  12. Oliveira-Costa CD, Friedman G, Vieira SR, Fialkow L. Pulse pressure variation and prediction of fluid responsiveness in patients ventilated with low tidal volumes. *Clinics (Sao Paulo)* 2012;67:773-778.
  13. Geerts BF, Maas J, de Wilde RB, Aarts LP, Jansen JR. Arm occlusion pressure is a useful predictor of an increase in cardiac output after fluid loading following cardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol* 2011;28:802-806.
  14. Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, Riu-Poulenc B, Louart G, Candela D, Zoric L, Suehs C, de La Coussaye JE, Molinari N, Lefrant JY; AzuRea Group. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: the mini-fluid challenge study. *Anesthesiology* 2011;115:541-547.
  15. Derichard A, Robin E, Tavernier B, Costecalde M, Fleyfel M, Onimus J, Lebuffe G, Chambon JP, Vallet B. Automated pulse pressure and stroke volume variations from radial artery: evaluation during major abdominal surgery. *Br J Anaesth* 2009;103:678-684.
  16. Cannesson M, Desebbe O, Rosamel P, Delannoy B, Robin J, Bastien O, Lehot JJ. Pleth variability index to monitor the respiratory variations in the pulse oximeter plethysmographic waveform amplitude and predict fluid responsiveness in the operating theatre. *Br J Anaesth* 2008;101:200-206.
  17. Cannesson M, Sliker J, Desebbe O, Bauer C, Chiari P, Henaine R, Lehot JJ. The ability of a novel algorithm for automatic estimation of the respiratory variations in arterial pulse pressure to monitor fluid responsiveness in the operating room. *Anesth Analg* 2008;106:1195-1200.
  18. Huang CC, Fu JY, Hu HC, Kao KC, Chen NH, Hsieh MJ, Tsai YH. Prediction of fluid responsiveness in acute respiratory distress syndrome patients ventilated with low tidal volume and high positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med* 2008;36:2810-2816.
  19. Wiesenack C, Fiegl C, Keyser A, Prasser C, Keyl C. Assessment of fluid responsiveness in mechanically ventilated cardiac surgical patients. *Eur J Anaesthesiol* 2005;22:658-665.
  20. Davies SJ, Minhas S, Wilson RJ, Yates D, Howell SJ. Comparison of stroke volume and fluid responsiveness measurements in commonly used technologies for goal-directed therapy. *J Clin Anesth* 2013;25:466-474.
  21. Nordstrom J, Hallsjo-Sander C, Shore R, Bjorne H. Stroke volume optimization in elective bowel surgery: a comparison between pulse power wave analysis (LiDCORapid) and oesophageal Doppler (CardioQ). *Br J Anaesth* 2013;110:374-380.
  22. Schmid M, Pretenthaler H, Weger C, Smolle KH. Evaluation of a novel automated non-invasive pulse pressure variation algorithm. *Comput Biol Med* 2013;43:1583-1589.
  23. Willars C, Dada A, Hughes T, Green D. Functional haemodynamic monitoring: the value of SVV as measured by the LiDCORapid in predicting fluid responsiveness in high risk vascular surgical patients. *Int J Surg* 2012;10:148-152.
  24. Sander M, Spies CD, Berger K, Grubitzsch H, Foer A, Kramer M, Carl M, von Heymann C. Prediction of volume response under open-chest conditions during coronary artery bypass surgery. *Crit Care* 2007;11:R121.
  25. Hofer CK, Muller SM, Furrer L, Klaghofer R, Genoni M, Zollinger A. Stroke volume and pulse pressure variation for prediction of fluid responsiveness in patients undergoing off-pump coronary artery bypass grafting. *Chest* 2005;128:848-854.
  26. Agro FE. *Body fluid management: from physiology to therapy*. New York: Springer; 2013.
  27. Payen D, Pinsky MR, editors. *Functional hemodynamic monitoring*. Berlin: Springer; 2005.

### Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 문헌고찰 및 메타분석을 이용하여 자발호흡 없이 인공호흡기로 치료 중인 환자의 수액요법에서 연속적 자동 맥압변이 측정법의 안전성 및 유효성을 확인한 메타분석에 대한 고찰이다. 상기 감시 방법의 안전성을 사망과 합병증의 측면에서, 유효성을 진단정확성, 비교 검사와의 상관성 및 일치도 측면에서 살펴보고자 하였다. 이를 위해, 이를 위해 본 연구는 교과서를 통한 검증뿐만 아니라 현재 임상에서 이용되고 있는 중심정맥압, 폐모세혈관쇄기압 및 일회심박출량 변이도 등과 연속적 자동 맥압변이 측정법을 비교한 국내외 논문들을 검색하고 결과들을 메타분석을 이용하여 체계적으로 분석하였으며, 그 결과 수액요법을 위한 연속적 자동 맥압변이 측정법의 안전성과 유효성을 제시하였다. 본 논문의 결과는 적절한 수액요법이 누구보다도 필요한 인공호흡기로 치료 중인 수술 환자 및 중환자 관리에 매우 중요한 의미를 지니며, 임상에서 유용하게 활용될 수 있는 근거를 제공 하고 있다고 생각한다.

[정리: 편집위원회]