복강경하 질식 자궁절제술시 기복 전 수액의 전부하가 혈역학에 미치는 영향

성균관대학교 의과대학 삼성제일병원 마취통증의학교실

윤 희 조 · 김 수 미

Effects of a Crystalloid Preload on Hemodynamics after Pneumoperitoneum in Laparoscopically-Assisted Vaginal Hysterectomy (LAVH)

Hea Jo Yoon, M.D., and Soo Mie Kim, M.D.

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Background: Pneumoperitoneum and head-down tilt during a laparoscopic hysterectomy causes significant alterations in the hemodynamics including decreased cardiac output. The aim of this study was to evaluate the effects of a crystalloid preload on the hemodynamics after a hysterectomy (LAVH).

Methods: The patients were randomized to receive either no crystalloid fluid preload (control group: 29 women) or 10 ml/kg of a crystalloid fluid preload over 10 min (preloading group: 30 women) before the pneumoperitoneum. The hemodynamic parameters were measured before inducing anesthesia, immediately after the tracheal intubation, before the skin incision, and 2, 5, 10, 20, and 30 min after the pneumoperitoneum with CO₂ with noninvasive cardiac output measurements using the partial CO₂ rebreathing method.

Results: The cardiac index (CI) was reduced 2 and 5 min after the pneumoperitoneum, and then returned to normal. There were no significant differences in the CI after the pneumoperitoneum between the two groups ($P < 0.05$).

Conclusions: The administration of a 10 ml/kg crystalloid preload did not attenuate the decrease in the CI after pneumoperitoneum. (Korean J Anesthesiol 2005; 49: 513~7)

Key Words: cardiac index, laparoscopically-assisted vaginal hysterectomy, partial CO₂ rebreathing method, pneumoperitoneum, preload.

서 론

복강경수술 시 이산화탄소로 기복을 형성한 후 생기는 심박출량의 감소는 Trendelenburg 자세와 역 Trendelenburg 자세 시 공통적으로 일어난다.¹⁻⁵⁾ 이러한 심박출량의 감소의 기전으로는 정맥환류의 감소,^{6,7)} 하대 정맥 압박,⁸⁾ 하지의 울혈,⁹⁾ 정맥 저항의 증가¹⁰⁾ 등이 제시되었다. 또한, 복강경시 좌심실용적으로 평가된 정맥 환류의 감소는 심박출량의 감소와 평행한 것으로 보고되었다.¹¹⁾

이에 저자들은 복강경 하 자궁절제술 시 기복 전 하트만

용액의 전부하(preloading)를 통해서 정맥 환류를 증가시킨 후 기복 형성 시의 심박출지수, 전신혈관저항지수에 변화가 있는지를 관찰하였다.

대상 및 방법

복강경 하 질식 자궁절제술이 예정된 미국마취과학회 신체등급 분류상 1, 2군에 해당하는 환자 60명을 대상으로 실시하였고, 무작위적으로 30명씩 2군으로 나누었으며, 환자에게 연구의 내용에 대해 설명하고 사전 동의를 구하였고, 병원 윤리위원회의 허가를 받았다. 울혈성 심부전, 고혈압, 심장관막질환, 또는 당뇨의 병력이 있는 환자는 실험에서 제외하였다. 또한 수술 중에 fentanyl 1μg/kg와 흡입마취제 2.5 vol%로 고혈압의 조절이 안 되거나, 심혈관계 약물을 사용한 경우, 출혈이 심한 경우도 실험에서 제외하였다.

수술 전 환자에게 마취 전 투약으로 atropine 0.5 mg과

논문접수일 : 2005년 4월 12일

책임저자 : 윤희조, 서울시 중구 목정동 1-19

삼성제일병원 마취통증의학과, 우편번호: 100-380

Tel: 02-2000-7626, Fax: 02-2000-7784

E-mail: heajo7890@hanmail.net

midazolam 0.05 mg/kg을 1시간 전에 근주하였고, 수술장 도착 후 비침습적 혈압, 심전도, 맥박 산소 포화도의 감시를 시작하였으며, 비침습적 심박출량 감시 장치인 NICO™ (Non-Invasive Cardiac Output using partial carbon dioxide rebreathing technique, fast mode, Novamatrix Medical Systems Inc, USA) sensor를 기관내 튜브와 Y연결관 사이에 부착하였다.

마취유도를 위해 fentanyl 1µg/kg, propofol 2 mg/kg, rocuronium 0.6 mg/kg을 정주하였고, 마스크 환기를 시작하면서 NICO™를 이용하여 혈역학적 지수의 감시를 시작하였으며, 1분 30초 동안 마스크 환기한 후 기관내삽관 하였다.

마취유도 후 우측 내경 정맥에 20 G의 정맥 도관을 삽입하고 중심정맥압의 모양으로 정확한 위치를 확인한 후 중심정맥압의 관찰을 시작하였다. 일회 호흡량 10 ml/kg, 호흡수 12회/분으로 조절 호흡 시키면서, 호기말이산화탄소분압 (P_{ET}CO₂)이 33-36 mmHg가 되도록 호흡수와 일회 호흡량을 조절하였다. 마취유도는 산소 1.5 L/min, 아산화질소 1.5 L/min, enflurane 농도는 1.5-2.5 vol% 사이에서 조절하였다. 평균혈압이 마취유도 전보다 25% 이상 상승한 경우 fentanyl 1 µg/kg을 정주한 후 enflurane 농도를 조절하였다. 2분 이내에 고혈압의 조절이 안되는 경우, nicardipine을 정주하고 실험에서 제외하였다.

마취유도 후, 대조군은 하트만 용액을 유지시킬 정도로 천천히 주입하였고, 실험군(Prelading군)은 10 ml/kg의 하트만 용액을 피부절개까지 10분에 걸쳐서 주입하였고, 그 이후에는 유지만 하였다.

피부 절개 후 트로카를 삽입하고 기복을 시작하면서, 즉시 20°의 Trendelenburg 자세를 취하였고 복강내압이 12 mmHg가 되면 기복형성이 된 것으로 간주하였다.

Table 1. Characteristics of the Patients

	Control (n = 29)	Prelading (n = 30)
Age (yr)	35.3 ± 8.4	35.2 ± 6.7
Height (cm)	160.5 ± 6.8	160.0 ± 7.4
Weight (kg)	62.6 ± 13.2	63.2 ± 11.5
NPO time (hr)	20.0 ± 3.7	18.9 ± 5.5
Volume loaded during NPO time (ml)	1,422 ± 239	1,502 ± 389
Duration of surgery (min)	112.6 ± 28.6	100.1 ± 30.3
Total fluid intake (ml)	1,520 ± 287	2,140 ± 314*
Dose of fentanyl per person used for maintenance of anesthesia (µg)	10 ± 3	11 ± 3

Values are given as mean ± SD. Prelading: preloading with 10 ml/kg of Hartmann's solution. *Significantly different from control: P < 0.05

혈역학적 수치측정은 마취유도 직전에는 평균혈압과 심박수를 측정하였고 마취유도 후 마스크로 용수 환기하면서 평균혈압, 심박수, P_{ET}CO₂ 외에, NICO™를 이용하여 심박출계수, 전신혈관저항지수의 측정을 시작하였다. 기관내삽관 직후(INT), 피부 절개 전(BF), 기복 형성 후 2, 5, 10, 20, 30 분(P2, P5, P10, P20, P30)에 평균혈압, 심박수, 중심정맥압, 심박출계수와 전신혈관저항지수를 측정하였다.

통계 분석은 SPSS 10.0을 사용하였고 모든 측정치는 평균 ± 표준편차로 표시하였고, 각 측정 시점에서의 측정치의 변화는 repeated measures analysis of variance와 Tukey test를 사용하여 마취유도 전의 측정치와 비교하였고(중심정맥압은 그 전의 측정치와 비교), 두 군간의 차이는 unpaired t-test를 사용하여 분석하였으며, P값이 0.05미만인 경우 통계적인 의미가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

각군의 나이, 신장, 체중, 금식 시간, 금식 기간 중 들어간 하트만 용액의 주입량, 수술 시간, 마취유도 후 사용된 fentanyl의 총량은 두 군에서 차이를 보이지 않았고, 수술 중 주입된 하트만 용액의 양은 실험군이 많았다(Table 1). 대조군에서 1명의 환자가 심한 혈압 상승으로 nicardipine을 정주하고 실험에서 제외되었다.

평균혈압, 심박수, 중심정맥압, 심박출계수, 전신혈관저항지수는 각 측정시점에서 대조군과 실험군간에 유의한 차이를 보이지 않았다(P > 0.05)(Fig. 1-5). 평균혈압은 마취유도

Fig. 1. Changes in mean blood pressure (MBP). INI: before induction of anesthesia, INT: just after tracheal intubation, BF: before institution of pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, P2, P5, P10, P20, P30: 2, 5, 10, 20, and 30 min after pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, respectively. The results are expressed as mean ± SD. There are no significant differences between groups. *: P < 0.05 compared to INI.

Fig. 2. Changes in heart rate (HR). INI: before induction of anesthesia, INT: just after tracheal intubation, BF: before institution of pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, P2, P5, P10, P20, P30: 2, 5, 10, 20, and 30 min after pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, respectively. The results are expressed as mean $\pm$ SD. There are no significant differences between groups. *: $P < 0.05$ compared to INI.

Fig. 3. Changes in central venous pressure (CVP). BF: before institution of pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, P2, P5, P10, P20, P30: 2, 5, 10, 20, and 30 min after pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, respectively. The results are expressed as mean $\pm$ SD. There are no significant differences between groups. *: $P < 0.05$ compared to INI.

전에 비해 피부 절개 전에 감소하였다($P < 0.05$) 기복 후 증가하였다(Fig. 1). 심박수는 기도삽관 후 마취유도 전에 비해 일시적으로 증가한 후($P < 0.05$) 이후 감소하였다(Fig. 2). 중심정맥압은 기복 후에 급격히 증가하였고($P < 0.05$), 그 이후로 큰 변화를 보이지 않았다(Fig. 3). 심박출계수는 기복 2분, 5분 후에 감소하였다가 이후 회복되는 양상을 보였다(Fig. 4). 전신혈관저항지수는 기복 후 급격히 증가하였고, 기복 5분에 최고치를 이루고, 이후 감소하

Fig. 4. Changes in cardiac index (CI). BF: before institution of pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, P2, P5, P10, P20, P30: 2, 5, 10, 20, and 30 min after pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, respectively. The results are expressed as mean $\pm$ SD. There are no significant differences between groups.

Fig. 5. Changes in systemic vascular resistance index (SVRI). BF: before institution of pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, P2, P5, P10, P20, P30: 2, 5, 10, 20, and 30 min after pneumoperitoneum by CO₂ insufflation, respectively. The results are expressed as mean $\pm$ SD. There are no significant differences between groups.

는 양상을 보였다(Fig. 5). 심박출계수와 전신혈관저항지수의 기관내삽관 직후의 수치는 정확하지 않아 결과에서 제외하였다.

고 찰

이번 연구의 주요 결과는 기복 전의 10 ml/kg 정질액의 전부하가 기복 후의 심박출계수의 감소를 줄이지 못했다는

것이다.

마취유도 후부터 partial CO₂ rebreathing method (이산화탄소 부분 재호흡법)를 이용하여 혈역학 지수의 측정을 시작하였는데, 근이완이 충분히 될 때까지 자발호흡이 있는 경우가 있었고, 분시 환기량이 감소 혹은 증가되거나, 재호흡이 있는 기간 중에는 자발호흡의 노력이 증가하여 NICO™로 측정한 혈역학적 지수의 정확도를 줄이는 결과를 가져왔을 것이다.

Partial CO₂ rebreathing method로 한번 심박출계수 등의 혈역학적 지수를 계산하는데 3분의 시간이 소요되므로 기관내삽관 직후에 측정한 혈역학적 지수는 부정확하다고 생각되어, 기관내삽관 직후의 심박출계수와 전신혈관저항지수는 결과에 포함하지 않았다. 또한 심박출계수와 전신혈관저항지수는 마취유도전의 수치를 구할 수 없었기 때문에 마취유도 후의 각 측정시점에서의 수치와 비교를 할 수 없었다.

복강경하 질식 자궁절제술의 장점은 널리 알려져 있으나, 기복에 따른 심박출량의 감소는 통상적인 혈압이나 심박수의 감시만으로는 부족하다. 저자는 복강경하 질식 자궁절제술시 기복 후 급격한 심박출량의 감소를 보고하였고, 또한 수술 전 혈압이나 기복후의 혈압의 변동으로 예측할 수 없고, 직접적인 심박출량의 측정이 필요하다고 권고하였다.¹⁸⁾

기복 후 심박출량의 감소는 널리 알려져 있으나, 심박출량의 감소를 줄이려는 조치에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. Feig BW 등은¹⁴⁾ nitroglycerin이 심장 혹은 폐질환을 가진 환자에서 전신혈관저항, 심박출량의 개선을 가져왔다고 보고하였으나, 비교적 건강한 사람을 대상으로 한 이번 연구와는 차이가 있다.

혈역학적인 변화가 일어나기 전에 혈역학을 안정시키기 위한 연구는 제왕 절개술을 위한 부위마취 전 정질액이나 교질액을 전부하하는 방법으로 많이 진행되었다. 하트만 용액 1리터의 전부하가 제왕절개술을 위한 척추, 경막외마취 모두에서 심박출량을 증가시켰다는 보고도 있으나¹⁵⁾ Morgan 등은¹⁶⁾ 계통적 분석(systemic review)에서 제왕절개술을 위한 척추 마취 시 정질액의 수액 전부하가 저혈압을 줄이는데 믿을 만한 일치된 결과를 보이지 않았고, 교질액의 투여는 좀 효과적일 것이라고 하였다. 이것은 제왕 절개술을 위한 척추마취 시 전부하액으로 투입한 하트만 용액이 주입 30분 후에는 28%만이 혈관내에 남아 있어서 혈장증량효과가 거의 없기 때문이라고 한다.¹⁷⁾ 또한, 정질액 대신 교질액을 사용하여 혈관내 용적의 확장을 최대화하여도 저혈압의 발생을 완전히 없앨 수는 없다고 한다.¹⁶⁾ 하지만 제왕절개술을 위한 부위마취 시 수액의 전부하가 저혈압에 미치는 영향에 대한 연구는 대부분 저혈압의 발생만 연구했을 뿐, 심박출량의 측정이 동반되지 않아, 심박출량을 주요 관심대상으로 한 이번 연구와 직접적으로 비교하기는 어려워 보인다.

한편, propofol과 fentanyl을 마취유도제로 하여 전신마취한 경우, 정질액의 전투여가 혈압의 감소를 예방하지 못하였는데, 이 또한 정질액의 투여는 급속히 간질과 세포내로 분포되어 전신순환에는 적은 양만이 남아 있기 때문이라고 하였고,¹⁸⁾ 정질액의 급속한 투여에 의한 폐동맥압의 상승은 일시적이어서 15-20분 후에 원래의 수치로 돌아온다는 보고도 같은 이유라 할 수 있다.¹⁹⁾

저자들은 정질액의 혈관내 용적증가효과가 일시적일 것으로 예상하였고, 심박출량이 감소하는 시기도 기복 후 20분 이내일 것으로 생각하여¹³⁾ 하트만 용액을 기복 전에 투여하여 심박출량의 변화 등을 관찰하였다. 그 결과 심박출지수는 기복 2분, 5분, 10분에서 대조군에 비해 실험군이 증가된 양상을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과의 원인으로 본 연구에서 전부하를 증가시킬 목적으로 투여한 10 ml/kg의 하트만 용액이 실제로는 전부하를 의미 있게 증가시키지 못했을 가능성을 고려해봐야 할 것 같다. 본 연구에서는 중심정맥압을 전부하를 반영하는 값으로 생각하고 관찰하였으나 중심정맥압은 실질적인 전부하인 좌심실용적을 정확하게 반영하지 못할 수 있다. 또한 폐동맥 카테터를 삽입하여 폐모세혈관쇄기압을 측정하여도, 복강경시 폐모세혈관쇄기압은 이완기말 좌심실용적과 비례하지 않으므로 역시, 심장의 전부하를 알기는 어렵다.²⁰⁾ 그러므로 정질액의 급속한 정주가 심장의 전부하에 미치는 영향을 알아보기 위해서는 직접적인 좌심실용적의 측정이 필요하다.

전부하 용액을 증량하여 10 ml/kg 이상의 하트만 용액을 투여하는 것은 시간도 많이 소요될 뿐 아니라 Trendelenburg 자세에 의해 중심정맥압이 더욱 상승하여 심장에 지나친 부담을 줄 수 있기 때문에 본 연구에서는 하트만 용액의 부하 용량을 10 ml/kg로 결정하였다.

결론적으로 기복 전 하트만 용액 10 ml/kg의 급속한 정주는 기복 후 심박출량의 감소를 예방할 수 없었다. 앞으로, 좌심실용적의 측정을 동반한 교질액의 수액 전부하가 기복 후 심박출량에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Johannsen G, Andersen M, Juhl B: The effect of general anaesthesia on the haemodynamic events during laparoscopy with CO₂ insufflation. *Acta Anaesthesiol Scand* 1989; 33: 132-6.
2. Torrielli R, Cesarini M, Winnock S, Cabiro C, Mene JM: Modifications hemodynamiques durant la coelioscopie: etude menee par bioimpedance electrique thoracique. *Can J Anaesth* 1990; 37: 46-51.
3. Hirvonen EA, Nuutinen LS, Vuolteenaho O: Hormonal responses

- and cardiac filling pressures in head-up or head-down position and pneumoperitoneum in patients undergoing operative laparoscopy. *Br J Anaesth* 1997; 78: 128-33.
4. Joris JL, Noirot DP, Legrand MJ, Jacquet NJ, Lamy ML: Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1993; 76: 1067-71
 5. Walder AD, Aitkenhead AR: Role of vasopressin in the haemodynamic response to laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth* 1997; 78: 264-6.
 6. Ivankovich AD, Miletich DJ, Albrecht RF, Heyman HJ, Bonnet RF: Cardiovascular effects of intraperitoneal insufflation with carbon dioxide and nitrous oxide in the dog. *Anesthesiology* 1975; 42: 281-7.
 7. Richardson JD, Trinkle JK: Hemodynamic and respiratory alterations with increased intra-abdominal pressure. *J Surg Res* 1976; 20: 401-4.
 8. Takata M, Wise RA, Robotham JL: Effects of abdominal pressure on venous return: abdominal vascular zone conditions. *J Appl Physiol* 1990; 69: 1961-72.
 9. Goodale RL, Beebe DS, McNevin MP, Boyle M, Letourneau JG, Abrams JH, et al: Hemodynamic, respiratory, and metabolic effects of laparoscopic cholecystectomy. *Am J Surg* 1993; 166: 533-7.
 10. Kashtan J, Green JF, Parsons EQ, Holcroft JW: Hemodynamic effect of increased abdominal pressure. *J Surg Res* 1981; 30: 249-55.
 11. Dorsay DA, Greene FL, Baysinger CL: Hemodynamic changes during laparoscopic cholecystectomy monitored with transesophageal echocardiography. *Surg Endosc* 1995; 9: 128-33.
 12. Tachibana K, Imanaka H, Takeuchi M, Takauchi Y, Miyano H, Nishimura M: Noninvasive cardiac output measurement using partial carbon dioxide rebreathing is less accurate at settings of reduced minute ventilation and when spontaneous breathing is present. *Anesthesiology* 2003; 98: 830-7.
 13. Yoon HJ, Oh JI: Correlations between mean arterial blood pressure, cardiac index, and systemic vascular resistance index in laparoscopically-assisted vaginal hysterectomy (LAVH). *Korean J Anesthesiol* 2005; 48: 45-9.
 14. Feig BW, Berger DH, Dougherty TB, Dupuis JF, Hsi B, Hickey RC, et al: Pharmacologic intervention can reestablish baseline hemodynamic parameters during laparoscopy. *Surgery* 1994; 116: 733-9.
 15. Robson SC, Boys RJ, Rodeck C, Morgan B: Maternal and fetal haemodynamic effects of spinal and extradural anaesthesia for elective caesarean section. *Br J Anaesth* 1992; 68: 54-9.
 16. Morgan PJ, Halpern SH, Tarshis J: The effects of an increase of central blood volume before spinal anesthesia for cesarean delivery: a qualitative systematic review. *Anesth Analg* 2001; 92: 997-1005.
 17. Ueyama H, He YL, Tanigami H, Mashimo T, Yoshiya I: Effects of crystalloid and colloid preload on blood volume in the parturient undergoing spinal anesthesia for cesarean section. *Anesthesiology* 1999; 91: 1571-6.
 18. Turner RJ, Gatt SP, Kam PC, Ramzan I, Daley M: Administration of a crystalloid fluid preload does not prevent the decrease in arterial blood pressure after induction of anaesthesia with propofol and fentanyl. *Br J Anaesth* 1998; 80: 737-41.
 19. Askrog V: The cardiovascular response of normal anaesthetized man to rapid infusion of saline. *Br J Anaesth* 1966; 38: 455-8.
 20. Gannedahl P, Odeberg S, Brodin LA, Sollevi A: Effects of posture and pneumoperitoneum during anaesthesia on the indices of left ventricular filling. *Acta Anaesthesiol Scand* 1996; 40: 160-6.