

심한 두부하강 자세가 맥압변이도에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 *마취통증의학과, †마취통증의학연구소

조성아* · 이종석*[†] · 노현영* · 남상범*[†]

Effects of steep head-down position on pulse pressure variation

Sung-ah Cho*, Jong Seok Lee*[†], Hyun-young Noh*, and Sang Beom Nam*[†]

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine, †Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: The effects of head-down position on dynamic hemodynamic variables remain without full understanding. We evaluated the effects of steep head-down position on the pulse pressure variation (PPV).

Methods: Forty patients were positioned at 30° head-down position after anesthesia induction. We measured the heart rate (HR), arterial blood pressure (BP) and PPV before and 2 minutes after the position change.

Results: PPV and HR decreased ($9.3 \pm 3.2\%$ to $4.6 \pm 1.8\%$, 67.2 ± 11.4 to 62.4 ± 7.8 , respectively) after steep head-down position, whereas the BP increased. Baseline PPV was related with decreases of PPV ($r^2 = -0.83$, $P < 0.0001$). An 8% PPV threshold discriminated the patients with more than 5% decreases of absolute PPV value. The area under the receiver operating characteristic curve was 0.98 (95% CI = 0.88 to 1.00, $P < 0.001$).

Conclusions: Steep head-down position caused decreases in PPV. Higher PPV at the supine position decreased more after the position change. Further investigations are required to assess the significance, the duration and the relationship with fluid responsiveness of this change. (*Anesth Pain Med* 2014; 9: 44-47)

Key Words: Head-down position, Pulse pressure variation.

Received: October 10, 2013.

Revised: October 12, 2013.

Accepted: November 14, 2013.

Corresponding author: Sang Beom Nam, M.D., Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Anesthesia and Pain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, 146-92, Dogok-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea. Tel: 82-2-2019-6082, Fax: 82-2-3463-0940, E-mail: sbnam@yuhs.ac

서론

마취 중에 발생할 수 있는 혈액학적 불안정을 예방하거나 치료하기 위한 방법으로 심장의 전부하 상태를 적절한 수준으로 유지하는 것은 가장 기본적인 방침이라 할 수 있다. 수액 투여의 필요성이나 치료 효과를 판정하기 위해 심실충만압을 사용할 수 있는데, 이를 위해 그 동안은 중심정맥압, 폐동맥쇄기압 등과 같은 정적 변수를 많이 사용하여 왔다. 하지만 최근 연구에 따르면 이들 정적 변수들은 수액치료반응성을 예측하는 지표로써는 부정확하며 동적 변수들이 좀더 유용한 정보를 제공하는 것으로 알려져 있다[1-4].

이런 동적 변수 중 하나인 맥압변이도(pulse pressure variation, PPV)는 호흡에 따른 맥압의 변화의 정도를 표시하는 지표로 최근에 여러 임상 상황에서 수액치료반응성을 예측하고 치료효과를 판정하는 데 유용함이 보고되고 있다[4,5]. 하지만 아직 모든 임상 환경에 대한 평가가 완전히 이루어지지 않은 상태이다.

복강경 수술을 비롯한 여러 수술에서 수술 시야의 확보를 위해서 두부하강 자세를 취하기도 한다. 이런 자세의 변화는 혈액학적 변화를 야기하기 되는데, 이에 대한 그 동안의 연구들에서는 주로 정적 변수들에 대해 연구되었고[6,7] 최근에 많이 사용되고 있는 PPV와 같은 동적 변수에 대한 영향은 알려진 바가 아직 많지 않다. 이에 저자들은 심한 두부하강 자세가 동적 변수인 PPV에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 진행하였다.

대상 및 방법

본 연구는 임상윤리위원회의 승인 후 환자들의 동의를 받고 진행하였다. 미국마취과학회 신체등급 분류 1, 2에 속하는 환자로 로봇보조 복강경 근치적 전립선절제술을 시행받는 환자 40명을 대상으로 하였다. 부정맥, 심장판막질환, 좌심실 박출분율 <40%, 말초동맥질환, 심장 내 선트, 폐질환, 외국인, 피험자설명문 및 동의서를 읽을 수 없는 자는 제외하였다.

모든 환자는 전처치실에서 마취전 투약으로 midazolam 0.02 mg/kg, glycopyrrolate 0.002 mg/kg를 정맥 투여하였다. 수술실에 도착한 후 심전도, 비침습적 혈압계, 맥박 산소포화도 감시기, 이중분광계수 감시기를 부착하였다.

마취 유도는 remifentanyl 0.1 µg/kg/min을 지속정맥주입하면서 propofol 1.5 mg/kg를 정주한 후 의식이 소실되면 rocuronium 0.6 mg/kg를 투여하고 90초간 마스크 환기를 시행한 후에 기관내 삽관을 하였다. 환자의 폐는 일회호흡량 8 ml/kg로 기계환기를 시키며 호기말 이산화탄소 분압은 30-35 mmHg로 유지하였다. 마취는 remifentanyl 0.05-0.2 µg/kg/min로 지속정맥주입을 하면서 호기말 desflurane 농도 0.8-1 MAC, O₂와 air를 1 : 1로 유지하였다. 마취 유도 후 요골동맥에 20 G 카테터로 삽관한 후 모니터(Intellivue MP70, Philips Medical Systems, Suresnes, France)에 연결하여 지속적으로 동맥압을 감시하면서 PPV를 관찰하였다. PPV는 모니터에서 자체적으로 가지고 있는 알고리즘에 의해[8] 산출되어 모니터에 표시되었다.

마취 유도 후 혈액학적 상태가 안정되면 양와위에서 혈액학적 변수들을 측정하고(T1), 30도로 두부하강 자세를 취한 후 2분에 혈액학적 변수들을 다시 측정하였다(T2). 측정된 혈액학적 변수들은 수축기 동맥압, 이완기 동맥압, 평균 동맥압, 맥박수, PPV이다. 모든 변수는 5초 간격으로 두 번 측정하여 평균값으로 하였다. 마취 유도 후부터 T2에 혈액학적 변수의 측정을 마칠 때까지 환자의 수액 공급은 하트만씨 용액 1 ml/kg/hr로 하여 수액 투여에 따른 영향을 최소화 하였다.

연속 변수는 Kolmogorov-Smirnov test를 통해 정규분포를 하는지 평가하여 평균 ± 표준편차 또는 정중값[사분위값]으로 표시하였다. 두부하강 자세가 혈액학적 변수에 미치는 영향은 paired t-test를 하였다. 양와위에서의 혈액학적 변수와 자세 변동 후 PPV의 변화와 직선적 상관관계를 평가하기 위해 Spearman rank test를 하였다.

두부 하강 후 PPV가 많이 감소한 군과 그렇지 않은 군 사이에 혈액학적 변수에 미치는 영향이 차이가 있는 지 알아보기 위해 자세 변동 후에 PPV의 절대값이 많이 감소한 군과 그렇지 않은 군으로 나누어 결과를 분석하였다. 사전 연구에서 PPV의 평균값은 10.1 ± 4.1이었고, PPV가 표준편차 보다 큰 5% 이상 감소할 때를 PPV가 많이 감소한 것으로 정의하였다. 각 군간에 자세 변동 전 혈액학적 변수가 차이가 있는 지 student t-test를 사용하여 평가하였고, 각 군에서 자세 변동 전 후에 혈액학적 변화가 있는지는 paired t-test를 사용하여 분석하였다. 자세 변동 후 유의 있는 혈액학적 변화가 발생한 변수들에 대해 PPV의 절대값이 5% 이상 감소할 것을 예측할 수 있는지 Receiver operating characteristic (ROC) 곡선을 구하여 area under the curve (AUC)를 계산하여 가장 유의 있는 cut-off 값을 구하였다.

통계분석은 SPSS 20.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)과 MedCalc 12.7.4.0 (MedCalc Software, Ostend, Belgium)를 사용하였고 P값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

40명의 환자에서 연구가 진행되었으며 환자의 평균 연령은 63.3 ± 5.2세이고 평균 신체질량지수는 24.9 ± 2.6 kg/m² 이었다.

두부하강 자세로 변화 후 2분에(T2) PPV는 9.3 ± 3.2%에서 4.6 ± 1.8%로 감소하였다. 맥박수는 감소하였으며 혈압은 증가하였다(Table 1). PPV의 감소의 정도는 양와위에서의 PPV와 상관관계가 높았으나(r² = -0.83, P < 0.001) 맥박수나 혈압과는 상관관계가 없었다.

PPV의 절대값이 5% 이상 감소한 환자는(D군) 19명(47.5%)이었으며 4% 이하로 감소한 환자는(N군)은 21명(52.5%)이었다. D군과 N군 사이에 연령의 차이는 없었으나 신체비만지수는 D군에서 높았다(25.8 ± 3.3 vs. 24.1 ± 1.5, P < 0.05). 자세 변화 전(T1)의 PPV와 맥박수는 D군에서 높았으나 혈압은 두 군간에 차이가 없었다(Table 2).

자세 변화에 따른 혈액학적 변화를 두 군에서 각각 비교하여 보면 두 군 모두 T2에서 PPV와 맥박수는 감소하고 혈압은 증가하였으나(Table 2), 변화의 정도의 차이는 PPV만 D군에서 더 많이 감소하였고(-7.0 ± 1.5 vs. -2.7 ± 1.4, P < 0.001) 맥박수와 혈압의 변화 정도는 두 군간에 차이가 없었다.

T1에서의 PPV가 심한 두부하강 자세로 인해 PPV의 절대값이 5% 이상 감소하는 것을 예측하는 능력에 대해 ROC 곡선을 구하면 AUC는 0.983 ± 0.014 (95% CI: 0.878-1.000, P < 0.0001)이었다. Cut-off 값을 8%로 하였을 때 민감도는 100%, 특이도는 90%였다. 다른 변수들은 자세 변동 후 PPV의 절대값이 5% 이상 감소하는 것을 예측할 수 없었다.

Table 1. Hemodynamic Variables before and 2 min after Steep Head-down Position (HDP)

Variables	Before HDP	After HDP	P
HR (beats/min)	67.2 ± 11.4	62.4 ± 7.8	<0.001
SBP (mmHg)	103.0 ± 11.5	121.9 ± 18.0	<0.001
MBP (mmHg)	72.0 ± 9.8	90.6 ± 14.7	<0.001
DBP (mmHg)	53.5 ± 8.4	74.3 ± 12.1	<0.001
PPV (%)	9.3 ± 3.2	4.6 ± 1.8	<0.001

Values are mean ± SD. HR: heart rate. SBP: systolic blood pressure, MBP: mean blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, PPV: pulse pressure variation.

Table 2. Hemodynamic Variables in Group D and Group C before and 2 min after Steep Head-down position (HDP)

Variables	Group	Before HDP	After HDP	P
HR (beats/min)	D (n = 19)	71.0 ± 13.1	64.9 ± 9.0	0.001
	N (n = 21)	63.8 ± 8.5*	60.2 ± 5.9	0.013
SBP (mmHg)	D (n = 19)	102.9 ± 10.8	122.9 ± 19.9	<0.001
	N (n = 21)	103.1 ± 12.3	121.0 ± 16.6	0.001
MBP (mmHg)	D (n = 19)	71.4 ± 8.4	91.3 ± 15.6	<0.001
	N (n = 21)	72.5 ± 11.1	90.0 ± 14.2	<0.001
DBP (mmHg)	D (n = 19)	51.4 ± 6.2	74.2 ± 13.5	<0.001
	N (n = 21)	55.3 ± 9.7	74.4 ± 11.0	<0.001
PPV (%)	D (n = 19)	12.1 ± 2.0	5.1 ± 2.0	<0.001
	N (n = 21)	6.8 ± 1.4*	4.1 ± 1.5	<0.001

Values are mean ± SD. Group D: more than 5% decrease of absolute pulse pressure variation (PPV) value 2 min after HDP, Group N: less than 5% decrease of absolute PPV value 2 min after HDP, HR: heart rate, SBP: systolic blood pressure, MBP: mean blood pressure, DBP: diastolic blood pressure. *P < 0.05 between hemodynamic variables in group D and group N.

고 찰

본 연구에서는 마취된 환자에서 심한 두부하강 자세는 PPV를 감소시키며 맥박수의 감소와 혈압의 상승을 동반하였다. 또한 심한 두부하강 자세를 하기 전 앙와위에서 PPV가 높을수록 자세 변화 후 PPV가 많이 감소하였으며 자세 변화 전 PPV가 8% 이상인 환자에서는 심한 두부하강 후에 PPV의 절대값의 감소가 5% 이상일 것으로 예측할 수 있었다.

두부하강 자세는 처음에는 하복부와 골반강의 수술에서 수술 시야를 좋게 하기 위한 자세로 소개되었지만 이 자세를 취하면 정맥환류가 늘어 심박출량을 증가시킨다고 생각되어 1차 세계대전 중에 쇼크 상태의 환자에서 심박출량을 증가시키는 방법으로 사용되었다. 하지만 그 후에 그 효용성에 대한 논란이 있었지만 아직도 두부하강 상태로의 자세 변화는 저혈량이 의심되는 상황에서 흔히 처음으로 시도되는 수기이다. 또한 복강경 수술을 비롯한 여러 수술에서 수술 시야의 확보를 위해서 두부하강 자세를 취하기도 한다.

그 동안 두부하강 자세로 인한 혈액학적 변화에 대한 여러 연구가 있었지만 그 결과들은 일정하지 않았다[6,7,9,10]. 본 연구에서는 두부하강 자세 후에 맥박수는 감소하고 혈압은 증가하였는데 다른 연구들에선 맥박수나 혈압의 변화가 일정하지 않고 여러 가지 상충된 결과를 보이고 있다. 그런 결과를 보인 가장 큰 이유는 대상 환자군이나 관찰한 혈액학적 변수들이 다양하고 측정 시기도 일정하지 않다는 데 있다. 또한 두부하강을 하는 각도도 일정하지 않았다. 본 연구와 같이 30도의 심한 두부하강이 혈액학적 변수에

미치는 영향에 대한 연구에서도[9,10] 수술 후 저혈량 상태이거나 건강한 자원자가 마취되지 않은 상태에서 관찰하거나 하는 등, 연구의 조건이 다양하여서 일률적으로 그 영향을 결정하기가 쉽지 않다. 또한 이런 변화는 시간에 따라 그 결과가 다르게 나타나는데, Geerts 등은[11] 두부하강에 대한 13개의 연구를 종합하여 자세 변화에 의한 혈액학적 변화는 2분후에는 감소되는 것으로 보고하였다. 이 결과를 바탕으로 본 연구에서는 자세 변동 후 2분까지 혈액학적 변화를 관찰하였으나, Geerts 등이 분석한 연구들의 조건들이 일정하지 않고 측정 변수들도 PPV와는 다르므로 자세 변동이 PPV에 미치는 영향의 지속 시간이나 시간의 경과에 따른 변화의 양상 등에 대해서는 다른 연구가 필요하리라 생각된다.

최근에 로봇을 이용한 복강경하 전립선암 수술이 크게 증가하고 있는데 대부분의 병원에서 심한 두부하강 자세에서 수술이 이루어지고 있다. 이 자세에서의 혈액학적 변화에 대한 대부분의 연구는 두부하강 자세와 기복증을 같이 한 상태에서 이루어졌기 때문에[12,13] 본 연구와 같이 기복증을 실시 하지 않고 심한 두부하강 자세만의 영향을 연구한 것과는 차이가 있다. 특히, 기복증하에서의 동적 변수에 대한 연구들은 그 결과가 상충하고 있어[13-15] 기복증과 두부하강을 함께 실시한 경우에서의 동적 변수의 역할에 대한 결론과 심한 두부하강 자세와 같은 자세 변동 자체가 PPV를 비롯한 동적 변수에 미치는 영향에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

PPV는 최근에 수액치료반응성을 예측하는 지표로 알려져서 이에 대한 많은 연구 결과가 보고 되고 있다. 이들에 따르면 마취 하에서 인공호흡을 하는 환자들에서 수액치료반응성을 예측하는데 중심정맥압이나 폐동맥쇄기압 같은 정적 변수들보다 우수한 것으로 알려지고 있다. 그러나 부정맥, 자발호흡, 흥부유순도의 감소, 복압의 증가 등 여러 환경에서는 이의 유용성이 감소하는 것으로 알려지고 있지만 [16,17], 본 연구에서와 같이 심한 자세의 변화가 미치는 영향에 대한 정보는 아직까지는 없다. 본 연구에서는 수액치료반응성을 직접 관찰하지 않았지만 자세 변경 후에 PPV가 감소한 것은 두부하강 자세로 인한 자가수혈효과에서 기인하였다고 생각된다. 한편, 본 연구에서는 앙와위에서 PPV가 8% 이상인 환자에서 심한 두부하강에 따른 PPV의 변화가 심했는데 이런 결과와 수액치료반응성과의 연관 관계에 대해서는 앞으로 잘 계획된 연구가 필요하리라 생각된다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 먼저, 마취된 환자에서 진행된 연구이므로 마취가 되지 않은 환자에서의 반응과는 차이가 있을 것으로 생각된다. 또한 비교적 혈액학적 상태가 안정적인 환자에서 연구를 하였기 때문에 심한 저혈량 상태를 비롯한 혈액학적 상태가 불안정한 환자에서도 그 결과가 다르리라 생각된다. 다음으로, 심한 두부하강 자

세를 취한 후 혈역학적 변화를 2분까지만 관찰하였기 때문에 이 변화의 지속 시간이나 그 후의 변화 등에 대해서는 알 수 없다. 그러나 마취된 상태에서 혈압을 증가시킬 필요가 있을 경우에 다른 방법을 준비하는 동안에 초기에 혈압을 증가시키는 효과는 가져올 수 있으리라 생각된다. 그리고, 본 연구는 혈역학적 변수를 맥박수, 혈압과 PPV만 관찰하여서 PPV 감소의 기전이나 자세 변화에 따른 다른 혈역학적 변화에 대해서는 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로 마취된 환자에서 심한 두부하강 자세로의 변화는 초기에 PPV를 감소시키며 맥박수의 감소와 혈압의 상승이 동반된다. 또한 양와위에서 PPV 값이 높을수록 심한 두부하강 후에 PPV가 더 많이 감소한다. 이런 변화의 지속 시간이나 수액치료반응성의 예측도 등에 미치는 영향에 대해서는 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Kwak YL. Monitoring for fluid management: dynamic guides and fluid responsiveness. *Anesth Pain Med* 2013; 8: 1-8.
2. Manoach S, Weingart SD, Charchafli J. The evolution and current use of invasive hemodynamic monitoring for predicting volume responsiveness during resuscitation, perioperative, and critical care. *J Clin Anesth* 2012; 24: 242-50.
3. Biaias M, Ouattara A, Janvier G, Sztark F. Case scenario: respiratory variations in arterial pressure for guiding fluid management in mechanically ventilated patients. *Anesthesiology* 2012; 116: 1354-61.
4. Marik PE, Cavallazzi R, Vasu T, Hirani A. Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: a systematic review of the literature. *Crit Care Med* 2009; 37: 2642-7.
5. Derichard A, Robin E, Tavernier B. Automated pulse pressure and stroke volume variations from radial artery: evaluation during major abdominal surgery. *Br J Anaesth* 2009; 103: 678-84.
6. Ostrow CL, Hupp E, Topjian D. The effect of Trendelenburg and modified Trendelenburg positions on cardiac output, blood pressure, and oxygenation: a preliminary study. *Am J Crit Care* 1994; 3: 382-6.
7. Terai C, Anada H, Matsushima S, Shimizu S, Okada Y. Effects of mild Trendelenburg on central hemodynamics and internal jugular vein velocity, cross-sectional area, and flow. *Am J Emerg Med* 1995; 13: 255-8.
8. Aboy M, McNamers J, Thong T, Phillips CR, Ellenby MS, Goldstein B. A novel algorithm to estimate the pulse pressure variation index deltaPP. *IEEE Trans Biomed Eng* 2004; 51: 2198-203.
9. Jennings T, Seaworth J, Howell L, Tripp L, Goodyear C. Effect of body inversion on hemodynamics determined by two-dimensional echocardiography. *Crit Care Med* 1985; 13: 760-2.
10. Reuter DA, Felbinger TW, Schmidt C, Moerstedt K, Kilger E, Lamm P, et al. Trendelenburg positioning after cardiac surgery: effects of intrathoracic blood volume index and cardiac performance. *Eur J Anaesthesiol* 2003; 20: 17-20.
11. Geerts BF, van den Bergh L, Stijnen T, Aarts LP, Jansen JR. Comprehensive review: is it better to use the Trendelenburg position or passive leg raising for the initial treatment of hypovolemia? *J Clin Anesth* 2012; 24: 668-74.
12. Lestar M, Gunnarsson L, Lagerstrand L, Wiklund P, Odeberg-Wernerman S. Hemodynamic perturbations during robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy in 45° Trendelenburg position. *Anesth Analg* 2011; 113: 1069-75.
13. Chin JH, Lee EH, Hwang GS, Choi WJ. Prediction of fluid responsiveness using dynamic preload indices in patients undergoing robot-assisted surgery with pneumoperitoneum in the Trendelenburg position. *Anaesth Intensive Care* 2013; 41: 515-22.
14. Bliacheriene F, Machado SB, Fonseca EB, Otsuke D, Auler JO Jr, Michard F. Pulse pressure variation as a tool to detect hypovolaemia during pneumoperitoneum. *Acta Anaesthesiol Scand* 2007; 51: 1268-72.
15. Hoiseth LO, Hoff IE, Myre K, Landsverk SA, Kirkeboen KA. Dynamic variables of fluid responsiveness during pneumoperitoneum and laparoscopic surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2012; 56: 777-86.
16. Monnet X, Bleibtreu A, Ferré A, Dres M, Gharbi R, Richard C, et al. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in patients with low respiratory system compliance. *Crit Care Med* 2012; 40: 152-7.
17. Mahjoub Y, Touzeau J, Airapetian N, Lorne E, Hijazi M, Zogheib E, et al. The passive leg-raising maneuver cannot accurately predict fluid responsiveness in patients with intra-abdominal hypertension. *Crit Care Med* 2010; 38: 1824-9.