

Valsalva Maneuver에 따른 정상 성인의 지속적 혈류역동 변화

곽혜원¹ · 김나현²

¹계명대학교 간호대학 박사과정생, ²계명대학교 간호대학 조교수

Continuous Hemodynamic Profiles of Healthy Adults during Valsalva Maneuver

Hye Weon Kwak¹, Na Hyun Kim²

¹Doctoral Student; ²Assistant Professor, College of Nursing, Keimyung University, Daegu, Korea

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the hemodynamic changes in degree and duration that occur during Valsalva maneuver (VM). Furthermore, we wanted to investigate the patterns and mechanisms of physiological hemodynamic control. **Method:** Thirty six healthy college students were recruited from Y university. Each participant was provided with written informed consent. Blood pressure (BP), heart rate (HR), cardiac output (CO) were continuously recorded using the Finometer. **Result:** During the phase I of VM, means of systolic and diastolic pressures were increased by 32.15% and 38.28%, respectively, compared with basal values. HR and CO were decreased by 9.91% and 13.01%, respectively. Immediately after the maneuver (phase III), systolic and diastolic pressures were decreased by 5.05% and 6.24%, respectively, compared with those obtained in the phase II. HR and CO were elevated by 13.33% and 11.93%, respectively, compared to the levels of earlier phases. BPs were represented with overshoot in the phase IV, and recovered by baseline values about 20 sec after VM. **Conclusion:** These results demonstrated that hemodynamic changes are variable in the event of VM even in healthy humans. It will be valuable to accumulate more quantitative hemodynamic information in special populations such as the elderly and the patients with cardiovascular problems.

Key Words : Hemodynamics; Valsalva maneuver

국문주요어 : 발살바 매뉴바, 혈류역동

서 론

1. 연구의 필요성

혈액은 정지하고 있는 액체가 아니라 점성을 갖고 관 내를 이동하고 있는 유체이며, 혈관 역시 탄력성을 갖고 있는 관이기 때문에 다양한 혈류역동 특성을 나타내게 된다. 혈류역동

은 혈액의 유반학적 성질(rheological property)과 혈관계 내에서 혈액유동을 다루는 유체역학의 한 분야로 세부적으로 혈액의 유반학적 성질, 심장과 혈관의 물리적 성질, 혈관과 혈액 유동과의 상호관계 등에 관한 내용을 포함하고 있다(Seo, 1999). 이들 중 간호학 분야와 밀접하게 관련된 영역이 심장, 혈관 및 혈액유동으로 이를 측정할 수 있는 지표로는 혈압, 심박동수, 심박출량, 일회 박출량, 총 말초혈관저항 등이 있으며, 특히 혈압, 심박동수, 심박출량은 간호현장에서 환자의 생리적·병리적 상태를 나타내는 주요 지표로 흔히 사용되고 있다.

혈류역동은 일주기, 기온, 교감신경 흥분도, 다양한 활동 및 건강상태 등에 의해 예민하게 영향을 받으며(Choi, Kim, Park, Choi, & Lee, 2004; Lee, 2004; Lee et al., 2002; Shin &

Corresponding author :

Na Hyun Kim, Assistant Professor, College of Nursing, Keimyung University, 194 Dongsan-dong, Jung-gu, Daegu 700-712, Korea
Tel: 82-53-250-7513 Fax: 82-53-252-6614
E-mail: drkim@kmu.ac.kr

투고일 : 2009년 4월 28일

심사의뢰일 : 2009년 4월 29일

게재확정일 : 2009년 5월 30일

Jo, 1997), 자극 시 상호보완적 보상작용을 통해 인체내 혈류역동 항상성을 유지하게 된다. 따라서 혈류역동의 비정상적 양상은 질병을 초래할 수도 있으며, 반대로 특정 질병의 결과로 혈류역동의 변화를 관찰할 수도 있다. 또한 혈류역동의 변화는 매순간 일어나며 자극이 주어지면 신속한 상호작용을 통해 보상해가므로 혈류역동 기전을 통합적으로 이해하기 위해서는 실시간의 방법으로 접근하는 것이 필요하다.

혈류역동의 변화를 초래하는 다양한 자극 중 Valsalva maneuver (VM)은 무거운 물건을 들어 올릴 때나, 기침, 배변, 구토 등과 같은 일상활동 뿐만 아니라 입원 중인 환자에게 흡인이나 체위변경을 하는 동안에도 빈번하게 일어나는 현상이다(Tiecks et al., 1995). VM으로 인한 순환계의 변화는 잘 알려져 있듯이 4단계의 과정으로 전개되는데, 1단계는 VM 시작 후 흉곽내압의 증가로 인해 혈압이 상승하고 심박동수가 감소하는 시기이고, 2단계는 VM으로 인해 정맥환류량이 감소하면서 혈압이 하강하고 이에 대한 반사성 빈맥이 나타나는 시기이며, 3단계는 VM 직후 흉곽내압 감소로 인해 혈압이 급격히 떨어지고 심박동수가 증가하고, 4단계는 정맥환류량의 증가로 혈압이 다시 상승하여 안정 시보다 혈압이 더 높아지며(overshoot) 반사적 서맥이 나타난다(Badeer, 1984; Liang & Liu, 2006; Porth, Bamrah, Tristani, & Smith, 1984; Smith & Kampine, 1980).

임상적으로 VM은 자율신경계의 통합성을 나타내주는 주요 지표이기도 하지만(Low, 1993), 흉곽 내 압력 증가로 인한 뇌혈류 변화로(Prabhakar, Bithal, Suri, Rath, & Dash, 2007; Zhang, Crandall, & Levine, 2009) 일시적 뇌허혈이나 현기증을 일으킬 수도 있으며(Porth et al., 1984; Tiecks et al., 1995), 심한 경우 뇌동맥류 파열이나 지주막하 출혈과 같은 치명적인 질병을 초래하기도 한다(Joung et al., 2005; Schievink, Karemaker, Hageman, & van der Werf, 1989; Therrien, 1990; Wendling, Sadel, Jimenez, Rosenwasser, & Buchheit, 1994). 따라서 간호대상자들의 주요 건강문제를 위협할 수 있는 VM 상황에서의 혈류역동에 대한 정교한 고찰이 필요하다. 그러나 VM 자극에 대한 실시간 혈류역동의 변화를 통합적으로 이해하는 데는 여전히 한계가 있는 실정이다(Liang & Liu, 2006).

지금까지의 선행연구는 대부분 어떤 조건하에서 혈류역동의 변화를 일정한 시점에서 일정한 간격으로 측정하거나(Choi, 2006; Choi & Kim, 1986; Choi, Kim & Kim, 1989), 실시간 혈류역동 상태를 측정하였더라도 생리적 조건이 아닌 전자회

로 모형을 이용하여 측정된 자료가 다수 보고되어 있을 뿐(Liang & Liu, 2006; Sun, Mazen, Rechar, & Salvatore, 1997) 사람을 대상으로 생체 내에서의 실시간 혈류역동의 변화를 정량적으로 살펴본 연구는 드물다. 그리하여 생리적 조건하에서의 혈류역동의 변동 폭, 변화지속시간, 회복시점 등에 대한 구체적인 정보가 잘 알려져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 VM 조건하에서 야기되는 혈류역동의 변동 정도와 기간 등을 실시간의 방법으로 측정하여 혈류역동이 조절되는 양상을 파악하고 이를 통해 그 기전을 설명함으로써 특정 조건하에서의 정상 순환기능을 이해하는데 필요한 기초지식으로 제시하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 정상성인의 안정 시 혈류역동과 VM에 의해 유발되는 혈류역동의 변동정도와 기간을 실시간의 방법으로 측정함으로써 혈류역동이 조절되는 양상을 파악하고 그 기전을 규명하여 보다 심도있는 정상 순환기능에 대한 기초지식을 도출하기 위한 것이다.

3. 용어 정의

1) 혈류역동

혈류역동은 혈관 또는 그 속을 흐르는 혈액의 물리적 성상의 변화들이 국소혈류량과 혈압에 영향을 미치는 특성을 의미하며(Guyton & Hall, 2000), 본 연구에서는 Finometer를 이용하여 측정된 VM 시의 혈압, 심박동수, 심박출량의 실시간 변화를 의미한다.

2) Valsalva Maneuver

VM이란 성문을 폐쇄시키고 강제로 흉부근육을 수축시킴으로써 흉곽 내 압력이 현저하게 상승된 상태를 말한다(Liang & Liu, 2006). 본 연구에서는 앉은 자세에서 5분간 안정을 취한 후 숨을 깊이 들이마신 후 성문을 닫고 흉곽 내 압력을 최대한 높은 상태에서 참을 수 있을 때까지 숨을 참는 것을 의미한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 VM 실험 전, 중, 후의 혈류역동학적 변화를 실시간으로 측정하는 원시실험연구이다.

2. 연구 대상

본 연구의 대상자는 평소 순환기계 질환의 과거력이 없는 W시에 소재한 Y 대학 20-30세 대학생 36명을 편의 표출하였다. 연구 대상자들은 본 연구에 자발적으로 참여를 허락한 자이며, 연구 목적과 취지, 정보의 비밀보장 등에 대한 설명을 듣고 연구 참여 동의서에 서명하였다.

3. 연구 도구

1) Finometer

Finometer[®] PRO (Finapres Medical System, Arnhem, Netherlands)는 비침습적 방법을 통해 실시간으로 연속혈압을 측정할 수 있는 장치이다. Finometer[®] PRO의 구조는 Main unit, Frontend unit, 손가락 커프, calibration을 하는 Riva-Rocci cuff, Reference 위치를 알려주는 Height Correction Unit, analog Input/Output unit, 상완 커프 등으로 구성되어 있다.

Finometer[®] PRO의 측정 원리는 비침습적 방법으로, 손가락에 채워진 커프 안쪽의 적외선 감지기를 통해 동맥혈의 흡수량을 측정하여 심박출량, 1회 심박출량, 말초저항 등을 근거로 매 심박동 시 혈압의 변화치를 연속적으로 측정하여 보여주고, 심박출량, 일회박출량, 말초저항 등 12가지 이상의 매개변수를 수치로 변환하여 보여준다.

Finometer로 측정되는 자료가 본 실험조건하에서도 타당한지를 확인하기 위하여 본 실험대상자와 동일한 연령대의 대상자 15명을 대상으로 Finometer 기기와 수동식 수은혈압계를 동시에 사용하여 2회에 걸쳐 혈압을 측정하여 비교한 결과 수축기 혈압은 2.52 ± 1.20 mmHg, 이완기 혈압은 2.13 ± 1.06 mmHg 정도의 차이를 보여 Finometer로 측정한 자료가 타당한 것으로 간주하였다.

4. 자료 수집 및 연구 진행 절차

자료 수집은 연구자가 직접 Finometer를 이용하여 측정하였고, 본 연구의 목적과 취지를 교육받은 연구보조자 1명이 도움을 주었다. 측정방법은 우선 본체와 Frontend unit을 연결하고, Frontend unit에 손가락 커프와 Height Correction unit의 한쪽은 손가락 커프에 붙이고 한쪽은 겨드랑이 사이에 끼워 심장높이를 유지하였다. 실험과 동시에 Finometer를 작동하여 자동적으로 커프에 압력이 가해지도록 하면서

매 심박동마다 혈압, 심박동수, 심박출량 등을 실시간으로 측정하였다. 측정된 자료는 컴퓨터에 자동적으로 저장되도록 하여 엑셀파일로 변환하여 사용하였다.

본 연구에의 참여 희망자를 사전에 만나 실험 전 주의사항과 실험과정을 설명하였으며, 실험 전 주의사항으로는 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 음식물이나 음료를 실험 전 2시간 동안 섭취하지 않도록 하였으며 금연하도록 교육하였다.

본 실험에 들어가기 전 대상자로부터 일반적 특성에 대한 설문조사를 실시하고, 체질량지수를 측정하였다. 그런 다음 정확한 VM 자료를 얻기 위하여 연구 대상자에게 개별적으로 VM을 시범보인 후 본 실험과 동일하게 1-2회씩 해보도록 한 후 실험과정을 진행하였다. 실험은 안정 시 혈류역동을 측정 한 후 VM 시의 혈류역동 순서로 측정하였다. 안정 시 혈류역동은 앉은 자세에서 5분 휴식 후 대상자에게 말을 하지 않도록 주의를 주고 대상자의 혈압, 심박동수, 심박출량을 5분 동안 연속 측정하였다. 본 실험은 안정 시 혈류역동 지표들을 측정 한 후, 그 자세에서 30초 동안 VM을 시행하도록 하여 VM을 하고 있는 동안의 혈압, 심박동수, 심박출량의 변화를 연속으로 측정하였다. 이어서 VM이 끝난 이후에도 5분 동안의 혈압, 심박동수, 심박출량을 측정하였다. 실험은 연구자가 직접 진행하였으며, 대상자 1인당 20-30분의 시간이 소요되었다.

5. 자료 분석

자료의 분석 방법은 SPSS WIN 14.0을 이용하여 전산통계

Table 1. General characteristics (N=36)

Variable	Classification	N (%) or Mean (SD)
Age (yr)		22.94
Sex	Male	22 (61.1)
	Female	14 (38.9)
Height (cm)	≤ 160.0	7 (19.4)
	161.0-170.0	8 (22.2)
	171.0-180.0	16 (44.5)
	≥ 181.0	5 (13.9)
Weight (kg)	<50.0	7 (19.5)
	51.0-60.0	8 (22.2)
	61.0-70.0	13 (36.1)
	≥ 71.0	8 (22.2)
BMI (kg/m ²)		21.23 (2.49)
Alcohol	Yes	20 (55.6)
	No	16 (44.4)
Smoking	Yes	3 (8.3)
	No	33 (91.7)
Regular exercise	Yes	19 (52.8)
	No	17 (47.2)

처리하였다.

1) 대상자의 일반적 특성은 평균, 표준편차, 빈도, 백분율로 분석하였다.

2) 대상자의 안정 시, VM, 자세변동 시의 혈압, 심박동수, 심박출량은 평균, 표준편차로 분석하였으며, 부가적으로 VM 실시전과 VM 중, VM 실시 전과 VM 종료 후의 혈류역동 변동 차이는 paired t-test로 검정하였다.

연구 결과

1. 대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 Y대학 학생 36명으로 일반적 특성은 Table 1과 같다. 대상자의 평균 연령은 22.94세였으며, 성별은 남자가 22명(61.1%), 여자 14명(38.9%)이었다. 평균키는 남자 175.55 cm, 여자 160.36 cm, 평균 몸무게는 남자 67.55 kg, 여자 52.21 kg 이었다. 대상자의 평균 체질량지수는 21.23 kg/m²으로 나타났다.

Table 2. Hemodynamics upon resting (N=36)

	Mean (SD)
Systolic blood pressure (mmHg)	115.35 (11.55)
Diastolic blood pressure (mmHg)	68.20 (9.21)
Heart rate (beats/min)	81.80 (12.07)
Cardiac output (L/min)	5.84 (1.36)

2. 안정 시 혈류역동

대상자들의 안정 시 혈류역동은 Table 2와 같다. 안정 시 수축기 혈압은 평균 115.35 mmHg, 이완기 혈압은 68.20 mmHg,

Table 3. Hemodynamics during Valsalva Maneuver

(N=36)

Time	Mean (SD)			
	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	Heart rate (beats/min)	Cardiac output (L/min)
Resting	115.35 (11.55)	68.20 (9.21)	81.80 (12.07)	5.84 (1.36)
During VM	152.44 (15.57)***	94.31 (13.29)***	73.69 (16.45)*	5.08 (1.34)**
1 sec	126.49 (17.65)**	76.74 (16.94)**	82.51 (20.10)	5.78 (1.77)
2 sec	128.11 (17.80)**	76.37 (13.93)**	76.49 (17.46)*	5.67 (1.85)
3 sec	124.83 (18.58)**	75.63 (13.59)**	76.43 (15.22)**	5.23 (1.54)**
4 sec	120.34 (18.85)	72.46 (14.27)	74.94 (14.15)**	4.96 (1.41)***
5 sec	116.26 (20.26)	70.91 (14.65)	77.83 (18.07)	4.83 (1.31)***
6 sec	113.37 (18.90)	68.91 (14.11)	76.71 (16.21)*	4.68 (1.47)***
7 sec	112.00 (19.06)	68.43 (14.51)	78.51 (16.09)	4.60 (1.37)***
8 sec	112.03 (19.25)	68.89 (14.55)	80.11 (16.94)	4.71 (1.38)***
9 sec	115.51 (19.64)	71.17 (15.20)	80.06 (16.88)	4.77 (1.37)***
10 sec	118.52 (19.49)	73.50 (15.35)*	76.47 (17.75)	4.55 (1.33)***
11 sec	118.46 (19.81)	73.74 (17.15)*	78.11 (15.59)	4.58 (1.31)***
12 sec	119.82 (19.27)	74.62 (15.23)**	80.03 (16.17)	4.61 (1.25)***
13 sec	122.82 (18.69)**	77.09 (14.50)***	80.50 (17.46)	4.57 (1.27)***
14 sec	125.06 (18.38)**	78.06 (14.71)***	79.09 (17.15)	4.75 (1.56)***
15 sec	125.26 (18.04)**	78.46 (14.56)***	79.91 (22.37)	4.70 (1.62)***
16 sec	126.34 (17.43)***	78.83 (13.91)***	79.69 (21.36)	4.86 (1.74)***
17 sec	127.80 (16.94)***	78.97 (12.94)***	77.77 (18.19)	4.76 (1.64)***
18 sec	126.60 (16.32)***	79.46 (12.56)***	78.83 (16.41)	4.90 (1.85)**
19 sec	127.57 (16.37)***	79.83 (12.17)***	77.63 (18.12)	4.90 (1.62)***
20 sec	130.75 (18.67)***	81.63 (13.42)***	77.50 (17.40)	4.94 (1.59)***
21 sec	129.21 (16.01)***	81.59 (14.19)***	86.18 (30.49)	5.56 (3.71)
22 sec	131.76 (15.82)***	81.00 (13.57)***	76.06 (17.48)	4.77 (1.45)***
23 sec	132.12 (15.51)***	80.74 (13.93)***	77.59 (20.29)	4.91 (1.81)**
24 sec	131.15 (14.87)***	80.79 (14.03)***	77.62 (17.22)	4.76 (1.48)***
25 sec	128.35 (15.34)***	81.24 (12.55)***	83.65 (24.64)	5.02 (1.95)*
26 sec	128.29 (15.55)***	81.35 (12.82)***	80.50 (17.67)	4.82 (1.49)***
27 sec	129.24 (15.24)***	81.32 (12.99)***	81.24 (18.39)	4.83 (1.48)***
28 sec	130.50 (15.19)***	82.06 (12.37)***	80.38 (17.14)	4.85 (1.49)***
29 sec	129.71 (15.40)***	82.50 (12.94)***	79.68 (17.85)	4.75 (1.43)***
30 sec	129.63 (16.94)***	82.19 (12.57)***	81.55 (19.81)	4.86 (1.38)***

*p<.05; **p<.01; ***p<.001.

SBP: Systolic blood pressure; DBP: Diastolic blood pressure.

심박동수는 81.80회/min, 심박출량은 5.84 L/min로 나타났다.

3. VM에 따른 지속적 혈류역동 변화

1) VM 중일 때의 혈류역동 변화

대상자의 VM에 따른 혈류역동은 Table 3과 같다. VM 시작 직후의 수축기 혈압은 152.44 (15.57) mmHg로 안정 시보다 평균 37.09 mmHg 상승하였고($p < .001$), 이완기 혈압은 평균 94.31 (13.29) mmHg로 안정 시보다 평균 26.11 mmHg가 증가하였다($p < .001$). 비율로는 각각 32.15%와 38.28%가 상승한 것이다. 심박동수는 73.69 (16.45)회/min으로 VM 실시전보다 평균 8.11회/min이 감소하였고(9.91%, $p < .05$), 심박출량은 5.08 L/min으로 안정 시보다 평균 약 0.76 L/min가 감소한 것으로(13.01%, $p < .01$) 측정되었다. 그러나 VM 시작 1-2초 후부터 급격히 혈압이 하강하여 VM 직후보다 수축기 혈압은 약 24.33 mmHg, 이완기 혈압은 17.94 mmHg가 감소하였고 심박동수는 평균 2.8회/min, 심박출량은 평균 0.59 L/min가 증가하였다. VM으로 인한 혈압하강은 지속되어 VM 시작 후 6-7초가 되는 시점에서는 안정 시 혈압 이하로 떨어졌으며, VM 시작 약 10초가 경과한 시점에서는 안정 시의 혈압을 회복한 후 이후부터는 지속적으로 다시 상승하는 특성을 나타내었다. VM 시작 30초가 경과한 시점에서의 수축기 혈압은 129.63 mmHg ($p < .001$), 이완기 혈압은 82.19 mmHg ($p < .001$), 심박출량은 4.86 L/min ($p < .001$)로 안정 시보다 유의하게 높았으나 심박동수는 81.55회/min으로 안정 시와 유사하게 나타났다(Fig. 1).

2) VM 종료 후의 혈류역동 변화

VM 종료 직후의 평균 수축기 혈압 및 이완기 혈압은 각각 123.11 mmHg와 77.06 mmHg로 직전의 VM 시점보다 각각 6.52 mmHg ($p < .05$), 5.13 mmHg ($p < .001$)가 하강하였다. 비율로는 각각 5.03%와 6.24%가 감소한 것으로 나타났다. 심박동수는 81.55회/min에서 92.42회/min로 증가하였고(13.33%, $p < .01$), 심박출량은 4.86 L/min에서 5.44 L/min로 증가하였다(11.93%, $p > .05$). 그러다가 VM 종료 2-3초 후부터 혈압이 다시 급격히 상승하기 시작하여 5-6초가 되는 시점에서 수축기 혈압 152.86 mmHg, 이완기 혈압 86.94 mmHg로 최고조로 상승한 다음 이후 서서히 감소하여 VM 종료 후 약 20초가 되는 시점에서 안정 시 혈압으로 회복되었다. 심박동수는 VM 종료 직후 급격히 상승한 후 점차 감소하여 혈압이 최고조로 상승한 시점부터 안정 시 수준으로 회복되었다.

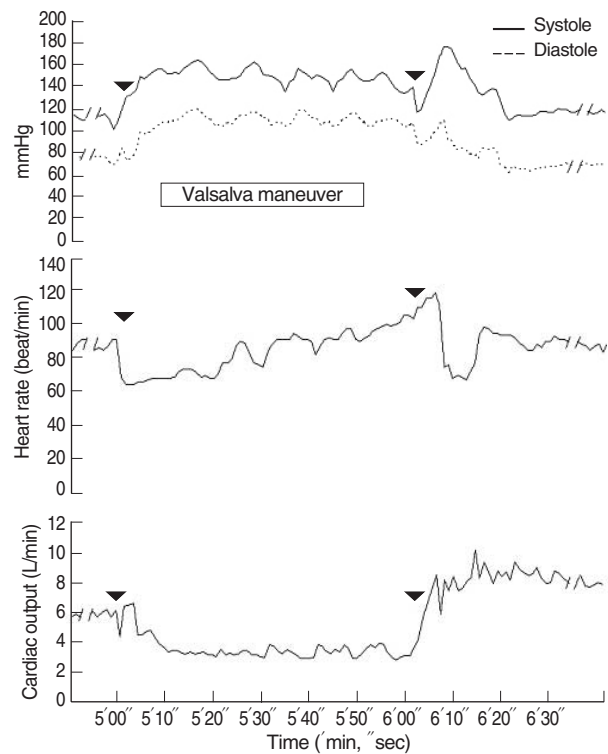


Fig. 1. A representative case of the hemodynamics on Valsalva Maneuver.

심박출량은 VM 종료 후 3초가 되는 시점에서 7.44 L/min로 최고조에 달하였다가 서서히 감소하여 VM 종료 약 2분이 되는 시점에 이르러 안정 시 수준으로 회복되었다(Table 4, Fig. 1).

논 의

본 연구는 정상 성인에서 VM과 자세변동에 의해 야기되는 혈류역동의 변동 정도와 변동되는 기간 등을 실시간으로 조사하여 혈류역동의 조절양상을 정량적으로 파악하고 그 기전을 설명함으로써 정상 순환기능을 이해하는데 기초지식을 제공하기 위해 시도되었다.

VM 중 수축기 혈압은 실험 전에 비해 최대 32.15%, 이완기 혈압은 38.28%가 증가하였고, 심박동수는 8.11회/min가 감소(9.91%), 심박출량은 0.76 L/min가 감소하였다(13.01%). 이러한 결과는 VM 중에는 흉강 내 압력이 증가하여 심장과 폐에 있는 혈액이 짜여지듯 분출하기 때문이며 이러한 압력이 대동맥을 통해 동맥으로 직접 전도되므로 수축기 및 이완기 혈압이 상승하나 심장 내 압력이 증가함에 따라 동방결절이 압박을 받아 심박동수는 감소하기 때문으로(Badeer, 1984; Bannister et al., 1980; Smith & Kampine, 1980) 설명할

Table 4. Hemodynamics after Valsalva Maneuver

(N=36)

Time	Mean (SD)			
	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	Heart rate (beats/min)	Cardiac output (L/min)
Resting	115.35 (11.55)	68.20 (9.21)	81.80 (12.07)	5.84 (1.36)
Immediately after VM	123.11 (23.75)*	77.06 (16.40)***	92.42 (18.91)**	5.44 (1.95)
1 sec	132.72 (20.16)***	78.47 (17.90)***	99.75 (15.98)***	6.83 (2.54)*
2 sec	141.17 (22.16)***	83.83 (19.46)***	94.67 (20.87)**	6.85 (2.31)**
3 sec	148.25 (26.79)***	84.31 (17.14)***	89.22 (16.42)*	7.44 (3.01)***
4 sec	151.03 (29.44)***	85.94 (16.22)***	84.94 (18.66)	6.87 (2.07)**
5 sec	152.86 (29.47)***	86.94 (16.27)***	83.17 (17.57)	6.81 (1.89)***
6 sec	151.78 (28.71)***	86.94 (21.97)***	81.89 (15.38)	6.83 (2.16)**
7 sec	150.44 (31.31)***	82.25 (19.25)***	82.64 (14.58)	7.18 (2.10)***
8 sec	147.58 (30.67)***	81.69 (19.59)***	79.33 (15.35)	6.77 (1.77)***
9 sec	142.94 (28.57)***	78.42 (18.61)***	78.81 (18.50)	6.97 (2.36)**
10 sec	138.86 (25.08)***	75.64 (13.83)***	78.89 (14.59)	6.83 (2.06)***
20 sec	117.17 (19.65)	63.17 (14.35)**	78.39 (11.57)	6.66 (1.79)**
40 sec	117.69 (16.99)	68.25 (11.63)	75.25 (13.03)***	6.06 (1.63)
1 min	116.08 (14.01)	69.67 (10.45)	77.42 (10.49)**	5.93 (1.45)
2 min	113.67 (13.58)	68.17 (9.59)	77.47(12.15)**	5.82 (1.57)
3 min	115.64 (13.76)	69.11 (10.18)	78.33 (11.62)**	5.77 (1.53)
4 min	113.81 (13.78)	68.25 (9.88)	80.86 (12.28)	5.74 (1.56)
5 min	115.64 (11.52)	69.06 (9.09)	79.92 (11.22)	5.89 (1.36)

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

SBP: Systolic blood pressure, DBP: Diastolic blood pressure.

수 있었다.

처음 VM 직후 1단계에서는 흉곽 내 압력이 증가하여 일시적으로 혈압이 급격히 상승하고 심박동수는 하강하였다가 약 1-2초 후부터 급격히 혈압이 감소하여 VM 직후보다 수축기와 이완기가 각각 24.33 mmHg, 17.94 mmHg가 하강하고 심박동수와 심박출량이 증가하였는데, 이는 우심장으로의 정맥 귀환량이 감소하고 심박출량과 평균 동맥혈압이 하강함으로써 이에 대한 자율신경성 보상기전으로 교감신경에 의해 심박동수가 증가하였기 때문이다(Liang & Liu, 2006). 그러나 이때의 심박동수 증가는 안정 시보다 크게 증가하지 않아 심박출량은 안정 시 수준보다 적은 것으로 나타났다. 특이할만한 내용으로 VM 2단계에서는 VM 직후 초기 급격한 혈압상승에 이어 곧바로 혈압이 급격하게 하강하여 VM 6-7초가 되는 시점에서는 안정 시 혈압 이하로 떨어졌다가 다시 상승하여 VM이 끝날 때까지 안정 시보다 높은 혈압을 유지하는 것으로 나타났다. 그 기전으로는 VM 후 급하강했던 혈압에 대한 보상작용으로 교감신경성 혈관수축과 심근의 수축력이 증가되면서(Liang & Liu, 2006) 반동성으로 동맥압이 상승되었기 때문으로 해석된다. 정리하면 VM을 하고 있는 중에도 혈압은 급상승-급강하-하강-재상승-유지 등과 같이 역동적으로 조절되고 있음을 알 수 있었다.

VM 중일 때의 맥박 수는 VM시작과 동시에 급격히 감소하

였다가 곧바로 상승한 후 혈압의 변화에 따른 보상방향으로 소폭의 변화가 있었다. 그러나 혈압의 변동폭에 비하여 심박동수는 74-81회/min 사이로 변동폭이 유의하게 크지 않았으며, 심박출량도 안정시 5.84 L/min보다 낮은 수준에서 심박동수와 비례하여 조절되고 있음을 알 수 있었다.

VM 2단계에서의 혈류역동은 또한 뇌 혈류역동에도 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, VM으로 인한 흉곽 내압의 증가로 경정맥의 혈류가 폐쇄되어 두개강 내압이 증가하고(Porth et al., 1984; Tiecks et al., 1995) 뇌혈류량과 뇌관류압은 현저하게 감소하여(Wendling et al., 1995) 현기증이 나타나게 된다(Tiecks et al., 1995). 뇌혈류량과 뇌관류압의 변동정도는 동맥압의 변화폭보다 훨씬 크며(Porth et al., 1995), 뇌 내 혈류역동 변화로 인해 자동조절기전(auto regulation)이 활성화되지만 충분하지 않다(Tiecks et al., 1995). 따라서 정상인에게서 VM 중일 때의 두개강내압 상승 및 뇌관류압 저하는 대부분 임상적 문제를 초래하지 않지만 노인이나 두개 내 병소가 존재 시, 혹은 순환계의 잠재적 문제를 가지고 있는 경우에는 VM으로 인한 혈류역동 변화양상이 정상적으로 이루어지지 않아 동맥류 파열이나 뇌출혈 및 재출혈을 일으킬 수 있으며(Schievink et al., 1989; Therrien, 1990; Wendling et al., 1994), 최근에는 잦은 VM과 이로 인한 두개강내압 상승은 치매를 유발할 수 있다는 보고도 있다(Wostyn, Aude-

naert, & De Deyn, 2009).

VM이 끝난 직후 3단계에서는 흉곽내압이 급격히 감소하면서 직전의 VM 시점보다 수축기 평균 6.52 mmHg (5.03%), 이완기 평균 5.13 mmHg (6.24%)가 하강하였고, 맥박수는 10.87회/min (13.33%), 심박출량은 0.58 L/min (11.93%)가 증가하였다. 그러나 VM 종료 후 2-3초 경과 후부터 혈압이 급격히 상승하기 시작하여(4단계) 5-6초가 되는 시점에서 최고조에 이른 다음 다시 서서히 감소하는 특성을 보였다. 이것은 VM 종료로 인해 정맥회환량이 급격히 증가하고 자율신경성 조절기전이 회복되면서 혈압이 상승하고, 이어서 지연된 교감신경 활성화로 인해 심근수축력과 혈관수축이 뒤따르면서 동맥압의 급상승(overshoot)이 나타나기 때문이다. 이때 미주신경성 흥분이 과다하게 작용하면서 음성적 급하강(negative overshoot)이 일어나 맥박 수는 현저하게 감소하게 된다(Liang & Liu, 2006).

VM 종료 후의 전반적인 혈류역동 양상은 선행연구와 유사하게 나타났으나, VM 종료 후 혈압이 하강하였다가 재상승하는 시점에 있어서는 차이가 있었다. 선행문헌에서는 VM종료 5-6초 후 시점에서는 정맥회환량과 심근수축력이 증가하고 교감신경이 활성화되면서 VM 실시 전보다 혈압이 더욱 높아진다고 하였으나(Badeer, 1984; Smith & Kampine, 1980) 본 실험에서는 이보다 빠른 VM 종료 후 1-2초부터 혈압이 다시 급격히 상승하여, 5-6초가 되는 시점에서 최고조에 달하였다. 이러한 차이는 우선 실험방법의 차이로 추정되는데, 선행문헌에서는 일정 간격으로 혈압을 측정하였거나 실시간으로 측정하였더라도 전자회로를 이용한 전산화된 심혈관 모형으로부터 혈류역동 자료를 측정한 반면(Liang & Liu, 2006; Sun et al., 1997), 본 연구에서는 사람을 대상으로 생리적 조건에서 측정하였기 때문이다. 그러나 사람을 대상으로 한 실험이었기 때문에 VM이나 심리적 긴장, 스트레스 등 혈류역동에 영향을 줄 수 있는 다양한 외생변수가 개입되었을 가능성이 있고 또한 알려져 있지 않은 다른 기전들과의 상호관련성 등을 배제할 수 없을 것이다. 따라서 본 연구 결과의 타당성을 확립하기 위해서는 추후 더 큰 모집단을 대상으로 한 반복연구를 통해 자료를 축적해나가야 할 필요가 있다. VM에 따른 혈류역동의 변화는 VM이 끝난 후에도 지속되다가 약 20초 후가 되어야 실험 전의 값으로 회복됨을 알 수 있었다.

한편, 혈류역동의 변화 정도와 관련하여 Choi와 Kim (1986)의 연구에서는 안정 시에 비해 VM이 끝난 후 수축기 혈압은 약 6.0 mmHg, 이완기 혈압은 약 4.5 mmHg가 증가하였고,

심박동수는 약 3.5회/min 증가한 것으로 보고하였으나, 본 연구에서는 VM이 끝난 후 수축기 혈압은 안정 시보다 평균 약 7.76 mmHg, 이완기 혈압은 약 8.86 mmHg, 심박동수는 약 10.62회/min가 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 차이는 Choi와 Kim (1986)의 연구에서는 VM을 10초간 실시하고 2초간 정상호식을 하는 방법을 1분간에 걸쳐 반복적으로 5회 실시하여 호식하는 중간 중간 어느 정도의 혈류역동 보상기전이 작용하였기 때문으로 사료된다. 또한 혈압측정을 실시간 연속측정이 아닌 VM 전과 후 2회에 걸쳐 측정함으로써 혈류역동의 변화과정이 모두 반영될 수 없었던 점도 관련이 있을 것으로 보인다.

따라서 VM은 그 자체로도 상당한 정도로 혈압을 상승시키지만 VM을 실시 중에 있거나 끝난 후에도 혈압하강 및 재상승과 같은 역동적인 변화가 나타나며, 이러한 과정은 VM 종료 후 약 20초 정도가 경과해야만 VM으로 인해 변화가 일어난 혈압, 심박동수 및 심박출량이 안정 시의 수준으로 회복됨을 알 수 있었다. VM을 통해 살펴본 혈류역동의 변화는 다양한 기전에 의해 동시에, 혹은 순차적으로 조절되고 있으며, 그 과정에서 순간적으로 보상작용이 과다하게 나타나기도 하지만 항상성을 유지하는 방향으로 신속하게 조정되고 있었다. 본 연구의 결과는 정상인뿐만 아니라 혈관이나 심장에 문제를 가진 사람들, 노인과 같이 혈관의 탄력성이 저하된 사람들에게 있어서 VM으로 인한 혈류역동의 변동 정도와 기간을 예측하여 이로 인해 올 수 있는 문제점들을 예방하고 관리하는 기초자료로서 중요한 의미가 있을 것으로 기대된다.

결론 및 제언

본 연구는 정상인에서 VM에 의하여 야기되는 혈류역동의 변동 정도와 변동되는 기간 등을 실시간의 방법으로 측정하여 혈류역동이 조절되는 양상과 그 기전을 규명함으로써 정상 순환기능을 이해하는데 기초지식을 제공하고자 시도된 원시 실험연구이다. 연구 대상은 평소 고혈압 등의 혈압 이상이 없는 자로 20-30세의 대학생 36명을 대상으로 하였으며 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) VM 시작 직후 1단계에서의 수축기 및 이완기 혈압은 각각 안정 시보다 32.15%와 38.28%가 증가하였다. 심박동수는 9.91%가 감소하였고, 심박출량은 13.01%가 감소하였다.

2) VM시작 1-2초 후에는 급격히 혈압이 하강하여 VM 직후보다 수축기 혈압은 약 24.33 mmHg, 이완기 혈압은 17.94

mmHg가 감소하였고 심박동수는 평균 2.8회/min, 심박출량은 평균 0.59 L/min가 증가하였다.

3) VM 시작 후 6-7초가 되는 시점에서는 안정 시 혈압 이하로 떨어졌으며, VM 시작 약 10초가 경과한 시점에서는 안정시의 혈압을 회복한 이후부터는 지속적으로 다시 상승하는 특성을 나타내었다.

4) VM 종료 직후 3단계에서의 평균 수축기 및 이완기 혈압은 직전의 VM 중일 때보다 각각 5.03%와 6.24%가 하강하였으며, 심박동수와 심박출량은 각각 13.33%와 11.93%가 증가하였다.

5) VM 종료 2-3초 후부터 혈압이 다시 급격히 상승하기 시작하여 5-6초가 되는 시점에서 수축기 혈압 152.86 mmHg, 이완기 혈압 86.94 mmHg로 최고조로 상승한 다음 이후 서서히 감소하여 VM 종료 후 약 20초가 되는 시점에서 안정 시 혈압으로 회복되었다. 심박동수는 VM 종료 직후 급격히 상승한 후 점차 감소하여 혈압이 최고조로 상승한 시점부터 안정 시 수준으로 회복되었다. 심박출량은 VM 종료 후 3초가 되는 시점에서 7.44 L/min로 최고조에 달하였다가 서서히 감소하여 VM 종료 약 2분이 되는 시점에 이르러 안정 시 수준으로 회복되었다.

결론적으로 본 연구를 통해 VM 중일 때에도 혈압은 급상승, 급강하, 하강, 재상승, 유지 등과 같이 역동적으로 조절되는 특성을 보였으며, VM이 종료된 후에도 약 20초 동안 하강, 급상승, 하강의 과정을 거치면서 안정 시 혈압수준을 회복하였다. 이때의 혈류역동은 정맥귀환량, 심근수축력, 심박동수, 심박출량, 자율신경성 조절, 혈관수축 등의 유기적인 기전을 통해 실시간으로 보상반응을 나타내었다.

이상의 연구 결과를 토대로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

1) VM으로 인한 혈류역동 변화가 연령, 성별, 질환에 따라 어떤 특성으로 나타나는지를 확인하기 위해 다양한 그룹을 대상으로 반복연구가 필요하다.

2) 자세변동이나, 운동, 중력, 온도 등과 같이 다양한 조건 하에서의 실시간 혈류역동 변화를 규명 함으로써 정량적 혈류역동에 대한 이해의 폭을 넓히는 것이 필요하다.

참고문헌

- Badeer, H. S. (1984). *Cardiovascular physiology*. New York: Karger.
- Bannister, R. (1980). *Arterial blood pressure and hypertension*. Sleight P, editer. Oxford UK: Oxford Univ Press.
- Choi, K. S. (2006). A study on variation body composition, blood pressure, VO2max, after a contest in the bodybuilders. *Korea Sport Res*, 17, 217-226.
- Choi, M. A., Kim, J. H., Park, M. J., Choi, S. M., & Lee, K. S. (2004). *Physiology (ed 4)*. Seoul: Hounmoonsa Publishing.
- Choi, M. A., & Kim, J. I. (1986). A study on effect of repeated valsalva maneuver on the circulation of healthy adults. *J Nur Acad Soc*, 16, 49-54.
- Choi, M. A., Kim, J. I., Kim, H. L. (1989). Effect of changing position from supine to standing upright on the circulation in healthy adults. *J Nur Acad Soc*, 19, 285-298.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2000). *Medical physiology (11th eds)*. Philadelphia: W. B. Saunders company.
- Joung, I. G., Oh, M. J., Youn, J. S., Kim, J. O., Lee, I. W., Kim, M. G., & Gang, G. S. (2005). The effects of exercise types and valsalva maneuver on cerebral arterial blood flow. *J sport leisure studies*, 23, 403-410.
- Lee, J. H., Cha, T. J., Kim, J. L., Gang, W. C., Yang, S. L., Lee, C. R., & You, C., I. (2002). Cohort study on effect of long-term noise exposure on the blood pressure. *The Korean J Prev Med*, 35, 205-213.
- Lee, S. M. (2004). Cardiac output measurement. *J Korean Soc Anesthesiol*, 46, 1-9.
- Liang, F., & Liu, H. (2006). Simulation of hemodynamic responses to the Valsalva Maneuver: An integrative computational model of the cardiovascular system and the autonomic nervous system. *J Physiol Sci*, 56, 45-65.
- Low, P. A. (1993). Autonomic nervous system function. *J Clin Neurophysiol*, 10, 14-27.
- Porth, C. J., Bamrah, V. S., Tristani, F. E., & Smith, J. J. (1984). The Valsalva Maneuver: mechanisms and clinical implications. *Heart Lung*, 13, 507-518.
- Prabhakar, H., Bithal, P. K., Suri, A., Rath, G. P., & Dash, H. H. (2007). Intracranial pressure changes during Valsalva manoeuvre in patients undergoing a neuroendoscopic procedure. *Minim Invasive Neurosurg*, 50, 98-101.
- Schievink, W. I., Karemaker, J. M., Hageman, L. M., & van der Werf, D. J. (1989). Circumstances surrounding aneurysmal hemorrhage. *Surg Neurol*, 32, 266-272.
- Seo, S. H. (1999). Computational fluid dynamic approach to the field of hemodynamics. *1999 KSCFE fall Conference*, 1-6.
- Shin, M. G., & Jo, W. S. (1997). *Human physiology*. Seoul: Hounmoonsa Publishing.
- Smith, J. J., & Kampine, J. P. (1980). *Circulatory physiology: The essentials*, Baltimore: Williams and Wilkins.
- Sun, Y., Mazen, B., Rechar, J. L., & Salvatore, A. C. (1997). A comprehensive model for tight-left heart interaction under the influence of pericardium and baroreflex. *Am J Physiol*, 272, H1499-1515.
- Therrien, B. (1990). Position modifies carotid artery blood flow velocity during straining. *Res Nurs Health*, 13, 69-76.
- Tiecks, F. P., Lam, A. M., Matta, B. F., Strebel, S., Douville, C., & Ne-

- well, D. W. (1995). Effects of the Valsalva Maneuver on cerebral circulation in healthy adults. *Stroke*, *26*, 1386-1392.
- Wendling, W., Sadel, S., Jimenez, D., Rosenwasser, R., & Buchheit, W. (1994). Cardiovascular and cerebrovascular effects of the applied Valsalva manoeuvre in anaesthetized neurosurgical patients. *Eur J Anaesthesiol*, *11*, 81-87.
- Wostyn, P., Audenaert, K., & De Deyn, P. P. (2009). The Valsalva maneuver and Alzheimer's disease: is there a link? *Curr Alzheimer Res*, *6*, 59-68.
- Zhang, R., Crandall, C. G., & Levine, B. D. (2009). Cerebral hemodynamics during the Valsalva Maneuver-insights from ganglionic blockade. *Stroke*, *35*, 843-847.