

전신마취와 척추마취 하에 하지 수술시 구혈기에 의한 혈역학적 변화

계명대학교 의과대학 마취과학교실 및 의과학연구소

김진모 · 전재규 · 도현우 · 최윤정

Hemodynamic Changes Associated with Tourniquet Use Under General or Spinal Anesthesia for Lower Extremities Surgery

Jin Mo Kim, M.D., Jae Kyu Cheun, M.D.,
Hyun Woo Do, M.D. and Yoon Jeong Choi, M.D.

*Department of Anesthesiology,
Keimyung University School of Medicine and Institute for Medical Science,
Taegu, Korea*

= Abstract =

A tourniquet is commonly used to achieve a bloodless field in surgery of the extremities. However, tourniquet use occasionally has been associated with intraoperative hypertension and with circulatory collapse after deflation. The purpose of this study is to define the hemodynamic changes in this setting using thoracic electrical bioimpedance (TEB) device.

Twenty patients of ASA class I, scheduled for lower extremities surgery using a thigh tourniquet, were randomly divided into two groups. Group I underwent general anesthesia (including enflurane) and group II underwent spinal anesthesia (0.5% bupivacaine 12.5 mg). The changes of blood pressure (BP), heart rate (HR), stroke index (SI), cardiac index (CI), systemic vascular resistance index (SVRI), and end-diastolic index (EDI) were measured (1) before induction, (2) just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of it, (4) just before deflation of tourniquet, and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of it.

During a tourniquet inflation, SI, CI and SVRI were markedly changed in group I, but not effectively changed in group II. During a tourniquet deflation, CI and SVRI were changed significantly in group I and only SVRI was decreased effectively in group II ($p<0.05$). However, there were no significant changes in BP, HR, and EDI in both groups during a tourniquet inflation and deflation.

In cases of the use of a thigh tourniquet for lower extremities surgery, the hemodynamic fluctuations of CI and SVRI are obviously less changed in the spinal than in the general

anesthesia during the inflation and deflation of a tourniquet and prominent during 5-10 minutes just after inflation and deflation of a tourniquet. Accordingly, it is suggested that spinal anesthesia is preferred to general anesthesia for the use of a thigh tourniquet in patients scheduled for lower extremities surgery and close observation is required during 5-10 minutes just after inflation and deflation of a tourniquet.

Key Words: Tourniquet, Hemodynamic changes, Thoracic electrical bioimpedance, Lower extremities surgery

서 론

구혈기 (tourniquet)는 상지나 하지의 수술시 출혈을 감소시키고 깨끗한 수술시야를 확보하기 위하여 자주 사용된다 (이상철과 배진호, 1994). 그러나 이것의 사용은 비생리적 (unphysiologic)이며 많은 부작용을 유발한다 (Miller, 1990)고 한다. 구혈기 팽창 (inflation)시에는 사혈 (exanguination)에 의한 순환 혈액량의 증가로 중심 정맥압의 상승이 초래되며 전신 혈관 저항도 증가하게 되어 혈압의 상승이 일어날 수 있으며 구혈기 감압후에는 허혈부위에 재관류가 일어나 중심 정맥압과 혈압의 저하가 초래되며 심한 경우 심정지까지 일어난 경우도 보고 (Miller, 1990; 김수영과 김태환, 1993; 이상철과 배진호, 1994) 되어 있다. 이러한 혈압 저하는 혈액의 말초 저류와 급격한 말초 혈관 저항의 감소, 수술부위 출혈의 증가, 허혈부위에서 생성된 대사산물의 전신순환계 유입에 의해 초래된다 (Miller, 1990; 이상철과 배진호, 1994)고 한다.

대퇴부 구혈기를 사용하는 하지 수술시 구혈기 팽창으로 인한 술중 혈압 상승은 전신마취시보다 부위마취시 빈도가 적은 반면 구혈기 감압시의 혈압 저하는 전신마취에 비해 훨씬 심하다 (Kahn et al, 1992; 이상철과 배진호, 1994)고 알려져 있다. 구혈기를 사용하는 정형외과 하지 수술시 비교적 낮은 부위의 마취만으로 수술이 가능하고 시술이 간단하며, 심부 정맥 혈전증의 빈도를 줄일 수 있다 (Kahn et al, 1992)는 점에서 흔히 부위마취가 행해지고 있고 특히 경막외마취는 술후 통증 조절을 용이하게 한다는 점에서 더욱 선호되고 있다.

본 연구에서는 비침습적이고 연속적인 혈역학적 변화를 볼 수 있는 bioimpedance법을 이용하여 구혈기를 사용하는 정형외과 하지 수술시 전신마취와 척추마취에서 구혈기 팽창시 심박출지수가 최대로 감소하는 시점 및 감압후 10 분내에 심박출지수가 감소하다가 최고로 변화하는 시점에서의 혈역학적 변화를 측정하여 후향성 연구방법으로 관찰하여 보고하고자 한다.

연구대상 및 방법

본 연구는 대퇴부 구혈기를 사용하여 하지의 정형외과 수술을 받는 환자 중 미국 마취과학회 환자분류상 1 급에 속하는 성인 환자 20 명을 대상으로 하였으며 무작위로 enflurane을 사용한 전신마취군 10 명과 0.5% bupivacaine을 사용한 척추마취군 10 명으로 나누었다. 정형외과 수술은 앙와위에서 급격한 혈역학적 변화를 초래하지 않는 진단적 슬관절경 수술을 주 대상으로 하였다.

전신마취군에서는 pancuronium 1 mg으로 precurarization하고 마취유도는 5 분 뒤 pentothal sodium 5 mg/kg을 서서히 정주하여 의식이 소실되면 succinylcholine 1.5 mg/kg을 정주하여 기관내 삽관을 시행하여 마취유도 후, N₂O-O₂(2 L/min, 2 L/min)-enflurane (1.5 vol%)으로 유지하고, pancuronium 0.1 mg/kg의 도움으로 조절호흡을 실시하였다. Enflurane 농도는 혈역학적 측정치의 변화에 영향을 미치지 않기 위하여 1.5 vol%로 일정하게 유지하였다. 척추마취군에서는 척추마취 시행전 10-15 분 동안 Hartman's 용액 10 ml/kg를 정주하였고 좌위에서 26 G 척추천자침을 사용하여 제 3-4요추

사이를 천자하여 뇌척수액의 유출을 확인후 0.5% bupivacaine 12-15 mg을 주입하여 T10 dermatome level을 넘지 않도록 하였으며 그 이상 마취된 환자는 대상에서 제외시키고 마취후 안면마스크로 분당 5-6 L의 산소를 투여하였다. 구혈기는 최소 마취시작 20 분 이후 팽창시켰고 구혈기의 착용은 Esmarch 봉대로 구혈(avsaculization)후 400 mmHg의 압력을 적용하였다. 혈압은 비침습적 자동혈압 측정기 (M1250A omnicare, Hewlett-Packard, U.S.A)를 이용하여 측정하였고, 심박수 (heart rate; HR), 심박출지수 (cardiac index; CI), 일회박출지수 (stroke volume index; SI), 전신혈관저항지수 (systemic vascular resistance index; SVRI), 이완말기심실용적지수 (end diastolic index; EDI)를 bioimpedance법을 이용한 Cardio-Dynamics BioZ system (CardioDynamics, U.S.A)을 이용하여 측정하였다. 마취 유도전에 4 쌍의 표준전극을 흉부와 경부에 부착하는데 thoracic-sensing electrode 1 쌍은 중간액와선 (middle axillary line)과 검상돌기 (xiphoid process)가 만나는 지점에 부착하고 cervical-sensing electrode 1 쌍은 측면 경부 기저부 (neck root)에 부착하였다. 또한 2 쌍의 current-injecting electrode는 cervical-sensing electrode 5 cm 상방, thoracic-sensing electrode 5 cm 하방에 각각 부착하였다.

각 혈역학적 측정치는 (1) 마취 유도전 (2) 구혈기 팽창직전 (3) 구혈기 팽창후 30 초 간격으로 10 분간 기록한 값중 심박출지수의 변화가 가장 심할 때 (4) 구혈기 감압직전 (5) 구혈기 감압후 30초 간격으로 10 분간 기록한 값중 심박출지수

의 변화가 가장 심할 때를 선택하였다.

각각의 측정치는 평균±표준편차로 표시하였으며 측정치의 군간 비교는 paired t-test로 하였고 측정치의 군내 단계간의 비교는 ANOVA test로 검정하였으며 모든 관찰치는 P값이 0.05미만인 경우를 유의성이 있다고 간주하였다.

결 과

대상환자들의 성별, 연령, 신장, 체중 및 구혈기 압박시간은 두 군간에 유의한 차이는 없었다 (Table 1).

1. 수축기혈압, 평균동맥압, 이완기혈압과 심박수의 변화

전신마취군에서 마취 유도전 수축기혈압은 117.8 ± 11.7 mmHg에서 유도후인 구혈기 팽창 직전에 103.8 ± 11.1 mmHg (Figure 1)로, 평균동맥압은 82.6 ± 8.3 mmHg에서 71.9 ± 6.1 mmHg (Figure 2)로 두 값 모두 통계학적으로 유의한 감소가 있었다 ($p < 0.05$). 척추마취군에서는 척추마취 시행 전후로 수축기혈압이 138.0 ± 13.3 mmHg에서 120.7 ± 12.5 mmHg (Figure 1)로 유의한 감소가 있었다 ($p < 0.05$). 그러나 두 군 모두에서 구혈기 팽창 전후 및 감압 전후에는 유의한 차이가 없었다 (Figure 1-4).

두 군간의 각 시기의 측정치 비교시 수축기혈압이 마취 유도전과 구혈기 팽창직전에 전신마취군에서 117.8 ± 11.7 mmHg, 103.8 ± 11.1 mmHg이고 척추마취군에서 138.0 ± 13.3 mmHg, 120.7 ± 12.5 mmHg (Figure 1)로 유의한 차이가 있었고 ($p < 0.05$) 이완기혈압은 구혈기 감압직전 전

Table 1. Demographic data

	General anesthesia	Spinal anesthesia
Number(n)	10	10
Age(years)	35.6 ± 14.6	37.0 ± 17.4
Height(cm)	166.2 ± 11.6	163.2 ± 9.2
Weight(kg)	60.8 ± 9.0	62.5 ± 10.2
Tourniquet time(min)	47.3 ± 17.3	41.0 ± 22.3

All values are presented as mean \pm SD.

신마취군에서 78.4 ± 17.3 mmHg이고 척추마취 군에서 59.8 ± 17.9 mmHg (Figure 3)로 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$).

심박수는 두 군 모두에서 각 단계간에 유의한 차이를 보이지 않았고 혈압과 심박수 모두에서 두 군간의 단계별 비교에서도 유의한 차이는 없었다.

2. 심박출지수와 일회박출지수의 변화

전신마취군에서는 구혈기 팽창직전에 비해 구혈기 팽창후 10 분간 측정한 값중 최소 심박출지수가 3.21 ± 1.28 L/min/m²에서 2.08 ± 0.78 L/min/m²로 유의하게 감소 ($p<0.05$)하였고 구혈기 적용기간동안에는 2.08 ± 0.78 L/min/m²에서 3.11 ± 1.20 L/min/m²로 유의하게 증가 ($p<0.05$)하였으며 구혈기 감압직전에 비해 감압후 10 분간 측정한 값중 최대 심박출지수 값이 3.11 ± 1.20 L/min/m²에서 4.21 ± 1.69 L/min/m²로 유의하게 증가 ($p<0.05$)하였다 (Figure 5). 이에 비해 척추마취군에서는 구혈기 팽창 전후, 구혈기 적용기간동안 및 구혈기 감압 전후 모두에서 심박

출지수의 유의한 차이를 보이지 않았으나 구혈기 감압전에 비해 감압후 3.33 ± 1.06 L/min/m²에서 4.32 ± 1.49 L/min/m²로 다소 증가되는 양상을 보였다 (Figure 5).

일회박출지수는 전신마취군에서 구혈기 팽창전 44.3 ± 27.1 ml/m²에 비해 팽창후 26.2 ± 11.6 ml/m²로 유의한 차이 ($p<0.05$)를 보였으나 척추마취군에서는 64.5 ± 35.4 ml/m²에서 53.3 ± 22.0 ml/m²로 감소한 양상을 보였으나 통계적인 유의성은 없었다. 그 외 두 군 모두에서 구혈기 적용기간동안이나 감압 전후에 유의한 변화는 보이지 않았다 (Figure 6).

두 군간의 각 시기 측정치 비교시 심박출지수와 일회박출지수 모두 구혈기 팽창후의 값이 전신마취군의 2.08 ± 0.78 L/min/m², 26.2 ± 11.6 ml/m²에 비해 척추마취군에서 3.38 ± 1.13 L/min/m², 53.3 ± 22.0 ml/m² (Figure 5, 6)로 높게 나타났다 ($p<0.05$).

심박출지수의 두 군간의 단계별 비교(Figure 7)시 구혈기 적용기간동안 전신마취군에서의 변

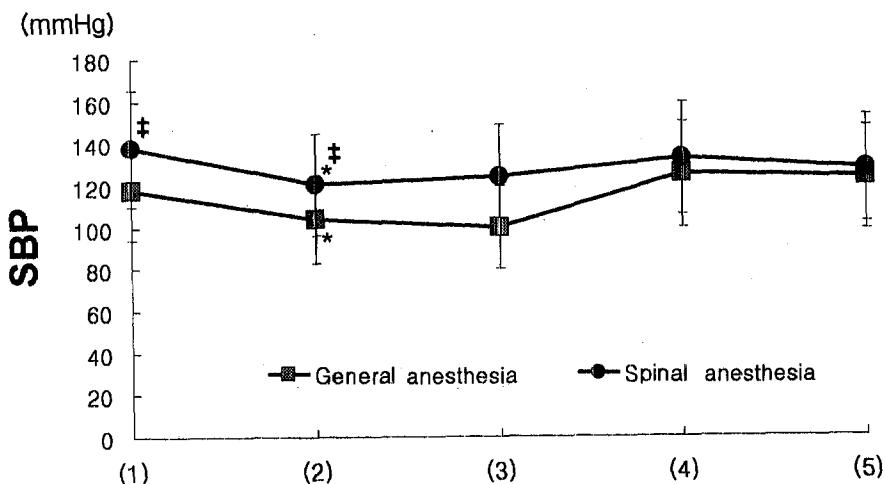


Figure 1. Trends of systolic blood pressure(SBP) associated with the application of a tourniquet.
(1)before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3)at the time of the maximal change of CI within 10minutes after inflation of tourniquet, (4)just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

* $p<0.05$ compared between (1) and (2) Repeated Measures Analysis of variance.
** $p<0.05$ compared between groups by paired T-test.

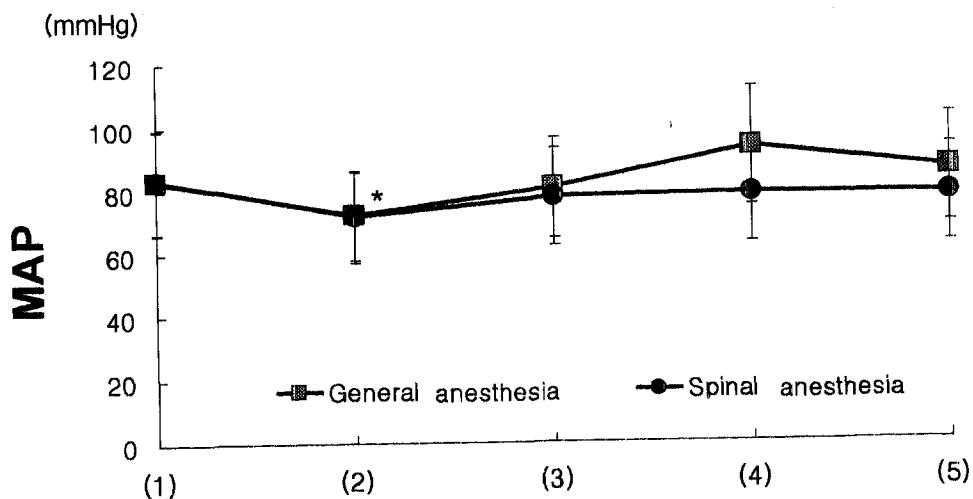


Figure 2. Trends of mean arterial pressure(MAP) associated with the application of a tourniquet.

(1) before induction, (2) just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

* p<0.05 compared between (1) and (2) by Repeated Measures Analysis of Variance.

화가 $1.03 \pm 0.80 \text{ L/min/m}^2$ 이고 척추마취군에서의 변화가 $-0.05 \pm 0.33 \text{ L/min/m}^2$ 로 유의한 변화가 있었다 ($p<0.05$).

3. 전신혈관저항지수와 이완말기심실용적지수의 변화

전신마취군에서는 전신혈관저항지수가 구혈기 팽창 직전 $1961.1 \pm 534.7 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 에서 팽창후 30 초 간격으로 10 분간 측정한 값 중 심박출지수가 최소치일 때 $3484.4 \pm 1449.4 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 유의하게 증가 ($p<0.05$) 하였고 구혈기 감압 전후 $2850.0 \pm 1485.1 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 에서 $2073.3 \pm 1390.5 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 유의하게 감소 ($p<0.05$)하였다. 척추마취군에서는 구혈기 팽창 전후는 $1645.0 \pm 739.9 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 에서 $1985.0 \pm 743.3 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 증가양상은 보이나 통계학적 의의는 없었고 구혈기 감압 전후에 $2096.7 \pm 904.0 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 에서 $1598.3 \pm 678.6 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 유의하게 증가 ($p<0.05$)하는 것으로 나타났다.

$\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 유의하게 감소 ($p<0.05$)하였다 (Figure 8).

이완말기심실용적지수는 두 군 모두에서 구혈기 팽창 전후, 구혈기 적용기간동안 및 구혈기 감압 전후 유의한 차이는 보이지 않았다 (Figure 9).

전신혈관저항지수와 이완말기심실용적지수의 두 군간 각 시기의 비교시 구혈기 팽창후의 값이 전신마취군의 $3484.4 \pm 1449.4 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$, $58.0 \pm 16.9 \text{ ml}/\text{m}^2$ 에 비해 척추마취군에서 $1985.0 \pm 743.3 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$, $90.7 \pm 22.5 \text{ ml}/\text{m}^2$ 로 유의한 차이 ($p<0.05$)가 있었다 (Figure 8,9).

전신혈관저항지수는 두 군간의 단계별 변화 비교 (Figure 10)시 구혈기 팽창 전후의 변화가 전신마취군에서 $1523.3 \pm 1053.9 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 이고 척추마취군에서 $340.0 \pm 282.6 \text{ dynes}\cdot\text{sec}/\text{cm}^5/\text{m}^2$ 로 전신마취군이 척추마취군보다 유의하게 증가 ($p<0.05$)하는 것으로 나타났다.

4. 구혈기 팽창후 및 감압후 혈압, 심박출지수 및 전신혈관저항지수의 변화

구혈기 팽창시 혈압은 전신마취군과 척추마취군 모두에서 미미한 증가 또는 유지되는 양상을 보였고 심박출지수는 전신마취군에서는 팽창후 3.8 ± 3.3 분, 척추마취군에서는 5.8 ± 3.6 분에 최소치에 도달하였고 이후 팽창기간동안 전신마취군에서는 증가양상을, 척추마취군에서는 유지되는 양상을 보였다.

구혈기 감압시 심박출지수는 전신마취군에서 10명 중 4명에서는 감압후 지속적으로 증가하는 양상을 보였고 6명에서 $0.5\text{--}5$ (2.2 ± 1.7)분에 일시적인 감소를 보이다가 $2\text{--}7$ (4.8 ± 1.5)분에 최대 심박출지수에 도달하였고 이후 유지양상을 보였다. 척추마취군에서는 10명 중 8명에서 $0.5\text{--}1$ (0.8 ± 0.3)분에 일시적인 감소후 $1\text{--}6$ (3.0 ± 2.0)분에 최대 심박출지수에 도달하였다. 수축기혈압은 전신마취군에서 10명 중 7명이, 척추마취군에서는 2명이 심박출지수의 감소와 거의 비슷한 시기에 일시적인 감소를 보였고 전신혈관저항지수는 전신마취군에서는 10명 중 2명, 척추마취군에서는 8명에서 일시적인 증가후 지속적인 감소를 보였다.

고 칠

정형외과나 성형외과의 사지 수술시 사용되는 구혈기는 사지의 혈류를 완전히 차단시켜 출혈을 줄이고 수술시야를 좋게 함으로 많이 사용되나 (Haljamae, 1975; Modig, 1978) 구혈기 사용시 신경이나 혈관, 근육 등에 직접 손상을 주어 하지마비 (Bolton & McFarlane, 1978), 전 파열 외 (Logel, 1976)에 혈압상승과 같은 합병증이 보고되고 있다 (De Jong, 1964; Kaufman & Walts, 1982; Valli *et al*, 1987; Kahn *et al*, 1992). 구혈기 팽창에 의한 혈압상승은 구혈기 팽창시 사혈로 인하여 전체 혈류량의 약 15%정도가 하지에서 전신혈류로 들어가게 되어서 (Kahn *et al*, 1992) 중심정맥압의 상승에 의하여 일시적으로 나타나

며 (Kaufman & Walts, 1982; Valli *et al*, 1987) 심장질환이 있는 경우에는 소량의 혈액량 증가가 심장에 부담을 주므로 더 큰 위험을 초래할 수 있고 구혈기를 계속 팽창시킨 경우에는 시간이 경과 할수록 혈압 상승이 나타나는데 이는 허혈에 의한 통증이 c-섬유로 전달되어 나타난다 (Healy & Copen, 1995)고 하며 전신마취시보다 부위마취시 통증의 차단이 잘 이루어지므로 혈압상승이 덜 나타난다고 한다 (De Jong, 1962; Valli & Rosenberg, 1985; Valli *et al*, 1987). 또한 구혈기팽창에 의한 혈압상승은 전신마취 유도시 기관내삽관 등의 자극으로 심박수와 혈압이 증가될 수 있는 상태에서 마취유도 직후 다시 혈압상승을 단시간내에 초래하게 되므로 정상인보다 고혈압 및 허혈성 심질환 또는 뇌출혈 등의 위험이 더욱 증가하고 심하면 심정지도 발생될 수 있다고 하였다 (Kaufman & Walts, 1982; Valli & Rosenberg, 1985; Valli *et al*, 1987). Fahmy *et al* (1994) 은 관상동맥 환자에서는 정상인에 비하여 구혈기 팽창에 의한 혈압상승이 의미있게 증가하므로 주의해야 한다고 한다. 구혈기 감압후의 혈압하강은 착용한 사지로의 급작스런 혈액의 유입으로 인한 말초혈관저항의 감소, 급작스런 실혈과 허혈성 대사물의 전신 순환계로의 유입 등에 의하여 나타나는 것으로 (Miller, 1994) 심한 경우 심정지까지도 일어날 수 있다 (Valli *et al*, 1987). 구혈기 감압후에도 혈압이나 심박수의 변화가 없고, 또한 마취방법에 따른 차이도 없다고 하는 보고 (Bourke *et al*, 1989)도 있으나 Akata *et al* (1992) 의 연구에서는 전신마취와 경막외마취를 같이 한 군과 경막외마취후 diazepam 2.5–5.0 mg을 처치한 군에서 하지의 구혈기를 감압후 수축기/이완기 혈압이 $-19.0 \pm 13.9\text{--}13.6 \pm 9.45$ mmHg와 $-26.3 \pm 10.3\text{--}13.3 \pm 2.36$ mmHg로 감소가 있었고, 또한 심박수는 $+13.3 \pm 9.69/\text{분}$ 과 $+8.75 \pm 5.06/\text{분}$ 으로 증가하였으나, enflurane 전신마취시 상지에 착용한 구혈기 감압후의 변화는 수축기/이완기 혈압은 $-7.51 \pm 9.87\text{--}4.67 \pm 5.75$ mmHg, 심박수는 $+1.67 \pm$

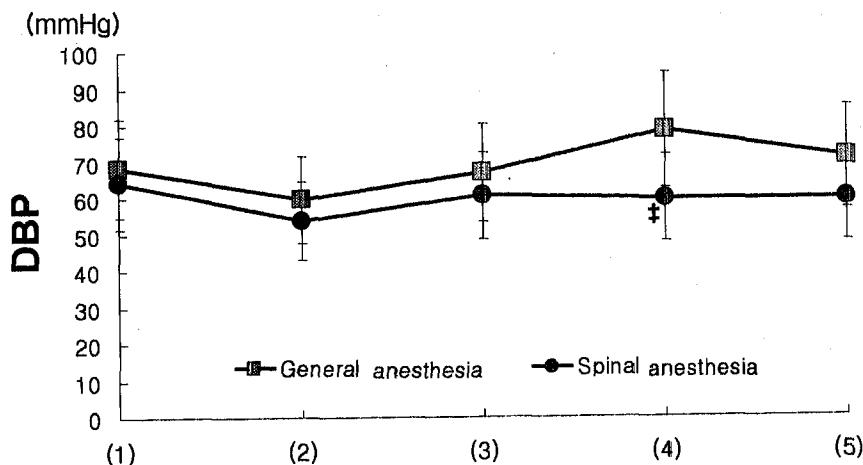


Figure 3. Trends of diastolic blood pressure(DBP) associated with the application of a tourniquet.

(1) before induction, (2) just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

++ $p<0.05$ compared between groups by paired T-test.

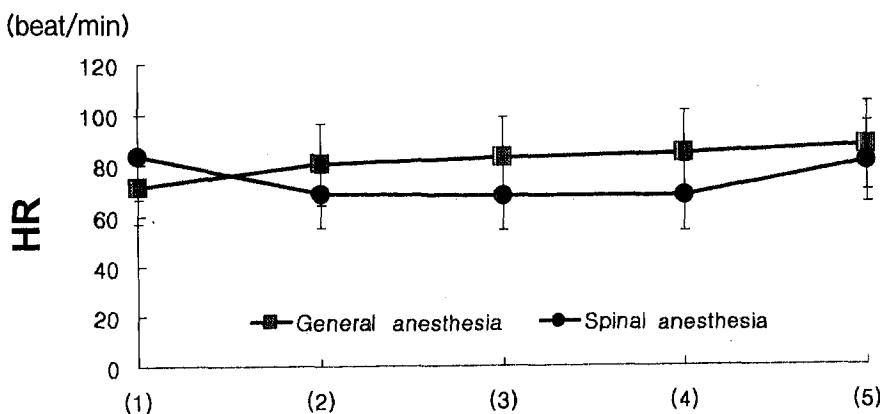


Figure 4. Trends of heart rate(HR) associated with the application of a tourniquet.

(1) before induction, (2) just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

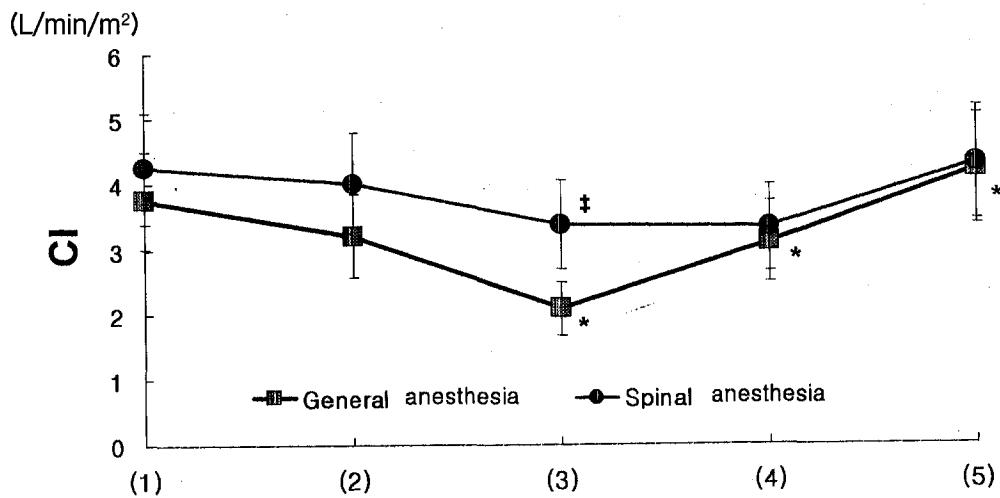


Figure 5. Trends of cardiac output(CI) associated with the application of a tourniquet.
(1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

*p<0.05 compared between (2)-(3), (3)-(4) and (4)-(5) by Repeated Measures Analysis of Variance.

++p<0.05 compared between groups by paired T-test.

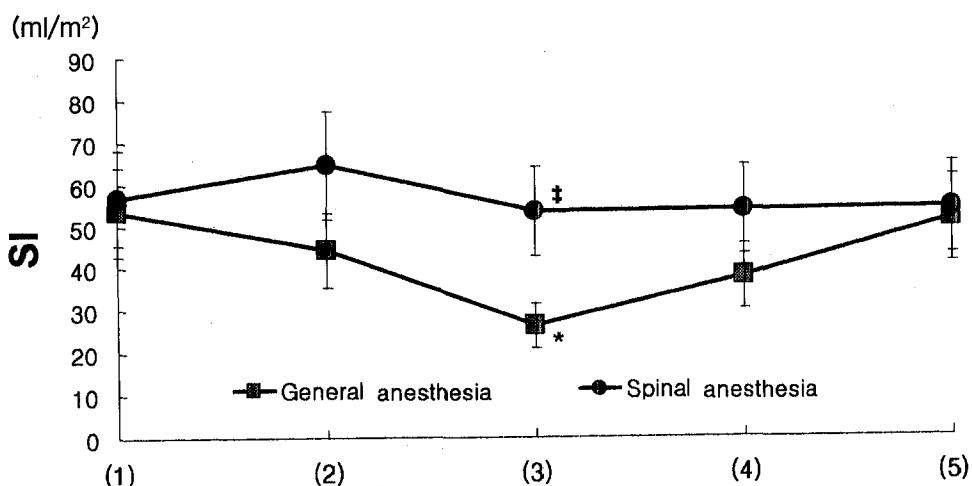


Figure 6. Trends of stroke index(SI) associated with the application of a tourniquet.
(1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

*p<0.05 compared between (2)-(3) by Repeated Measures Analysis of Variance.

++p<0.05 compared between groups by paired T-test.

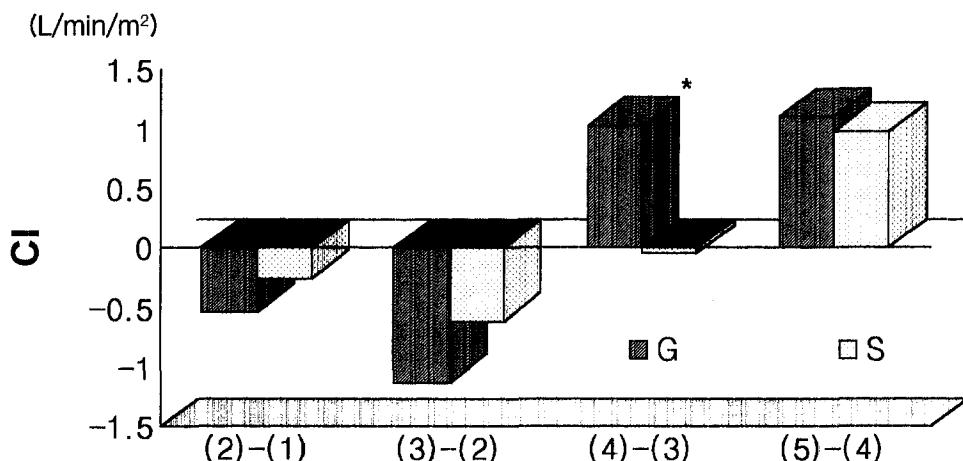


Figure 7. Changes between steps of cardiac index(CI).

(1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

* $p<0.05$ compared between groups by Repeated Measures Analysis of Variance.

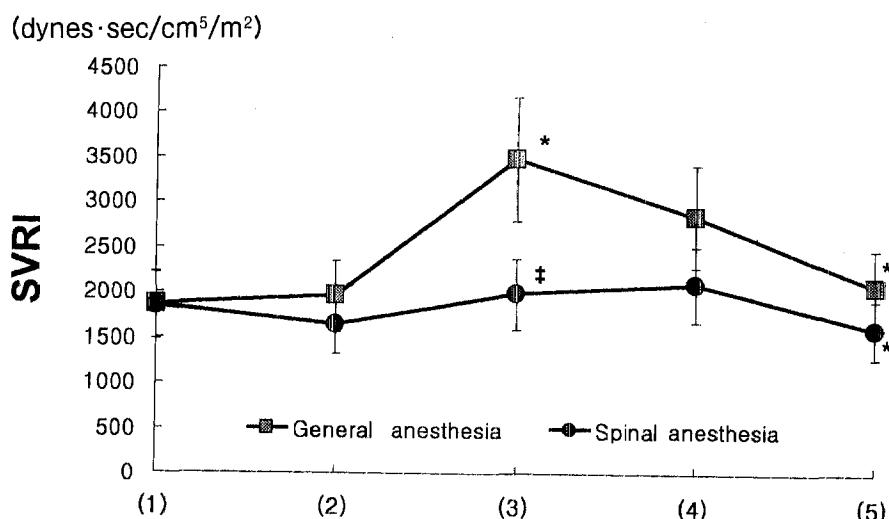


Figure 8. Trends of systemic vascular resistance index(SVRI) associated with the application of a tourniquet.

(1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

* $p<0.05$ compared between (2)-(3) and (4)-(5) by Repeated Measures Analysis of Variance.

† $p<0.05$ compared between groups by paired T-test.

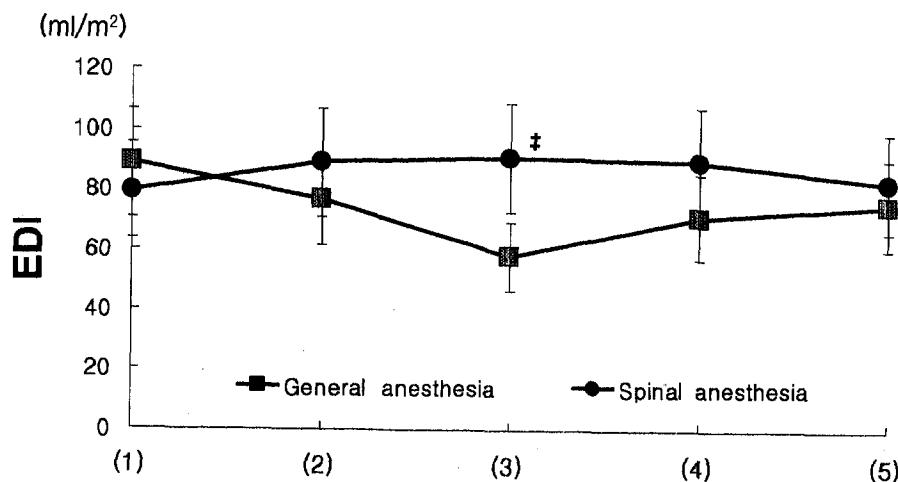


Figure 9. Trends of end-diastolic index(EDI) associated with the application of a tourniquet.
 (1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4)just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

++p<0.05 compared between groups by paired T-test.

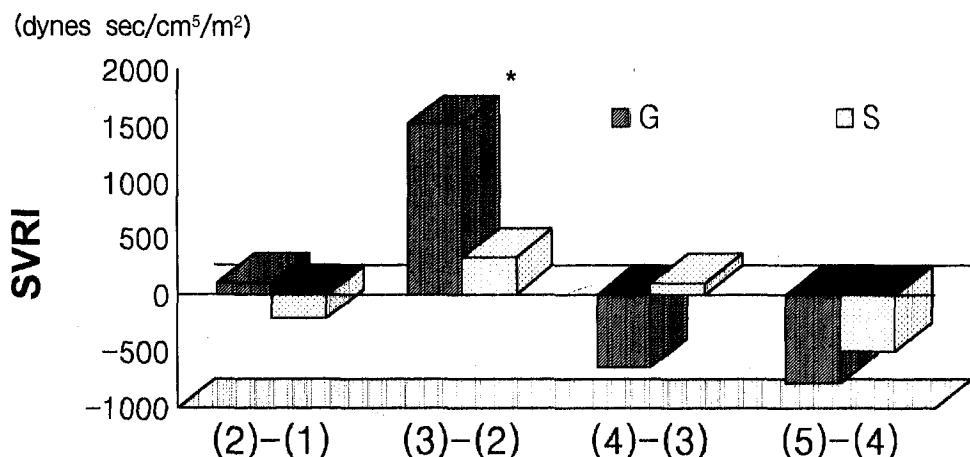


Figure 10. Changes between steps of systemic vascular resistance index(SVRI)

G: general group S: spinal group

(1) before induction, (2)just before inflation of tourniquet, (3) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after inflation of tourniquet, (4) just before deflation of tourniquet and (5) at the time of the maximal change of CI within 10 minutes after deflation of tourniquet.

*p<0.05 compared between groups by Repeated Measures Analysis of Variance.

2.59로 변화가 적었다고 한다. 구혈기에 의한 고혈압은 전신마취하에 흔히 나타나는 것으로 보고되고 있으나 본 실험에서는 두 군 모두에서 마취유도전에 비하여 마취유도후 수축기혈압과 평균동맥압이 유의하게 감소하였으며 구혈기 팽창후 심박출지수가 최고로 감소한 시점과 구혈기 감압직전까지의 기간동안 서서히 증가하는 양상을 보였고, 전신마취군에 비하여 척추마취군에서 혈압상승이 미미하였으나 유의성은 없었다. 구혈기 감압직전과 감압직후 수축기혈압과 평균동맥압의 변화는 전신마취군에서는 10명 중 7명에서 구혈기 감압직후 30초 - 1분 사이에 심박출지수의 감소와 거의 같은 시기에 감소 후 심박출지수가 증가하는 시점에 다시 증가되는 양상을 보였으나 척추마취군에서는 10명 중 8명에서 8명의 환자에서는 감압직전과 직후 수축기혈압과 평균동맥압의 변화가 거의 없었으며 2명에서 감소 후 증가하는 양상을 보였다. 전신혈관저항지수는 전신마취군에서는 10명 중 8명에서 구혈기 감압직전에 비하여 감소하여 심박출지수가 최대로 증가하는 시점까지 유지되는 양상을 보였으며 2명에서는 증가후 감소하는 양상을 보였으며 척추마취군에서는 10명 중 8명에서 감압직후 증가하였다가 심박출지수가 최대로 증가하는 시점까지 감소하였고 2명에서는 감압후 지속적으로 감소하는 양상을 보였다. 본 실험에서 전신마취와 척추마취시 구혈기 팽창과 감압 후의 심박출량에 따른 혈압과 전신혈관저항의 변화는 척추마취군에 비하여 전신마취군에서 구혈기 팽창시 발생한 통증을 완전히 차단하지 못하여 통계적으로는 유의성이 없으나 척추마취군에 비하여 전신마취군에서 수축기혈압과 평균동맥압이 상승한 것으로 생각되며 본 실험에서의 평균 구혈기 팽창기간이 전신마취군은 평균 47분 척추마취군은 평균 41분으로 구혈기 팽창기간이 단기간으로 구혈기 팽창으로 인한 통증이 심하지 않았기 때문으로 생각되며 장기간 팽창시킬 경우에는 유의한 차이가 있을 것으로 사료되었다.

심박수의 변화는 전신마취군에는 마취유도전에 비하여 마취후 구혈기 팽창시점부터 감압후까지 미

미하게 증가되는 양상을 보였으나 척추마취군에서는 마취유도전에 비하여 구혈기 팽창후부터 수술이 완료된 후 구혈기 감압직전까지 감소하다가 구혈기 감압후 심박출지수와 같이 감소하였다가 감압후 10분내에 심박출지수가 최대로 증가하는 시점에 마취유도전 상태로 심박수가 증가되었다. 이는 전신혈관저항의 감소, 구혈기 팽창시 허혈부위의 재판류로 인한 정맥성 용적의 증가, 반응성 충혈, 실혈, 교감신경자극의 감소와 대사성 산물의 천신성 순환 등에 기인한다고 사료되었다. Bradford (1969)는 구혈기 팽창 후 45 - 60분 이후 구혈기 설치부위에서 통증이 발생된다고 하였는데 본 연구에서는 구혈기 적용시간이 전신마취군은 평균 47분 척추마취군은 평균 41분으로 통증을 유발하여 혈압 및 심박수의 증가를 초래할 만큼 길지않으며 Kahn *et al* (1992)은 혈압의 저하가 발생하는 모든 환자에서 심박수의 변화는 혈압의 저하와는 별로 연관성이 없다고 하였고 문순홍 등 (1988)도 전신마취하에서 구혈기 팽창후 평균 동맥압과 심박수가 증가했으나 유의성은 없다고 하였다. 또한 구혈기 감압후 혈압의 감소로 대동맥궁과 경동맥의 압수용체가 이를 감지하여 보상작용으로 심박수가 상승한 것으로 사료되며 척추마취군에는 교감신경의 차단으로 인하여 심박수의 변화가 적고 또한 부위마취를 받은 환자에서 서맥이 더 잘 일어날 수 있다는 보고도 있다 (Linden, 1973).

일반적으로 혈압이 감소하면 대동맥궁과 경동맥의 압수용체가 이를 감지하여 보상적으로 빈맥이 발생한다. Lynn *et al* (1986)은 소아에서 하지에 착용한 구혈기를 감압후 심박수가 10-15% 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서 구혈기 감압후 10분까지 전신마취군에서는 심박출지수가 최대인 시점까지는 구혈기 감압직전의 심박수에 비하여 심박수의 변화는 미미하였으나 척추마취군에서는 구혈기 감압직전에 비하여 심박수가 증가되었다.

심박출지수는 일회박출량 × 심박수 / 체표면적으로 전반적인 체내 순환상태를 알아보는 가장 좋은 지표로써 좌심실에서 대동맥으로 보내는 혈액의 양

을 나타내고 이는 정맥의 환류량과 비슷하다 (Guyton, 1991). 심박출지수의 변화는 전신마취군에서 마취유도전에 비하여 구혈기 팽창후 평균 3.78 분에 2.08 ± 0.78 L/min/m²로 최대로 통계학적으로 유의한 감소를 보이다가 이후 구혈기 감압직전까지 증가하였고 감압후 일시적으로 감소하는 양상을 보이다가 평균 4.78 분에 통계적으로 유의하게 증가하였다. 반면에 척추마취군에서는 전신마취군과는 달리 심박출지수의 감소는 전신마취군과 비교하여 의의있는 변화는 볼 수 없었으며 구혈기 감압후 전신마취군과 같이 혈압과 심박출지수가 일시적으로 감소하지만 전신마취군에 비하여 심하지는 않았다. 이는 척추마취시 교감신경 차단에 대한 보상으로 뇌혈관을 제외한 차단부위 상부에서의 반사적인 혈관 수축 (전재규, 1988)과 체항상성 (body homeostasis)이 전신마취보다 빠르게 이루어진 것이 아닌가 생각되며, 또한 부위마취를 받은 환자에서 서맥이 더 잘 일어날 수 있다는 보고도 있다 (Linden, 1973). Parmet *et al* (1994)에 의하면 슬관절 치환성형술을 받은 환자 34 명의 연구에서 isoflurane-O₂-fentanyl을 이용하여 마취후 thermodilution법으로 구혈기 착용 전후의 심박출지수와 전신혈관저항지수를 측정한 결과 변화가 없다고 하였다. 성미현 등 (1992)에 의하면 halothane 흡입마취시 심박출지수는 마취전과 비교하여 halothane 흡입 30 분 후와 마취중 의의있게 감소하였다고 한다. 본 연구에서도 구혈기 팽창중에는 전신마취 유도전에 비하여 심박출지수가 감소하였으며 이는 구혈기 팽창후 압력에 의한 통증으로 전신혈관저항이 척추마취시보다 증가한 원인도 있으나 마취유도전에 비하여 심박출지수의 감소는 enflurane의 심근수축력의 억제, 말초혈액 저류 등의 영향으로 생각되며 전신마취군에 비하여 척추마취군에서는 심박출지수의 감소가 적었으며 특히, 심박출지수가 최대로 감소하는 시점에서는 전신마취군에서 척추마취군에 비하여 통계적으로 의의있게 감소하였다. 두 군 모두에서 구혈기 감압직후 혈압의 감소 및 심박출지수의 일시적인 감소는 전신성 산혈증으로 인한 직접적인 심근수축력의 억제와 전

신혈관저항의 감소가 원인으로 생각되며 이후 허혈성 부위에 관류상태가 정상적으로 이루어지고 허혈성 대사물질이 교정된 후 다시 혈압과 심박출지수가 정상으로 회복되는 것으로 사료되었다.

요 약

구혈기는 상지나 하지의 수술시 출혈을 감소시키고 깨끗한 수술시야를 확보하기 위하여 자주 사용되며 대퇴부 구혈기를 사용하는 하지 수술시 구혈기 팽창으로 인한 솔증 혈압의 상승 및 감압시의 혈압 저하 및 기타 혈역학적 지표의 변화를 비침습적인 bioimpedance법을 이용하여 관찰하여 보고자 하지의 정형외과 수술을 받는 환자를 대상으로 전신마취군과 척추마취군으로 나누어 (1) 마취 유도전 (2) 구혈기 팽창직전 (3) 구혈기 팽창 후 30 초 간격으로 10 분간 기록한 값중 심박출지수의 변화가 가장 심할 때 (4) 구혈기 감압직전 (5) 구혈기 감압후 30 초 간격으로 10 분간 기록한 값중 심박출지수의 변화가 가장 심할 때 다섯 시기의 혈역학적 지표를 측정하였다.

- 1) 전신마취군에서 마취유도전 수축기혈압, 평균동맥압은 마취유도후인 구혈기 팽창직전에 두 값 모두 통계적으로 유의한 감소를 나타내었으며 척추마취군에서는 척추마취 시행전후로 수축기혈압의 유의한 감소가 있었다. 그러나 두 군 모두에서 구혈기 팽창전후 및 감압 전후에는 유의한 차이가 없었다.
- 2) 심박출지수는 전신마취군에서만 구혈기 팽창 전후, 적용기간동안 및 감압 전후 유의하게 변화하였으며 전신마취군에서의 구혈기 팽창후의 측정치가 척추마취군에 비해 유의하게 작게 나타났고 구혈기 적용기간동안 심박출지수가 척추마취군에 비해 전신마취군에서 유의하게 변화하였다.
- 3) 전신혈관저항지수는 전신마취군에서는 구혈기 팽창 전후 및 감압 전후 유의하게 변화하였으며 척추마취군에서는 구혈기 감압 전후에만 유의한 차이를 보였으며 구혈기 팽창후의 측정치는 전신마취군이 척추마취군에 비해 유의하게 높았고 구

혈기 팽창전후의 전신혈관저항지수가 척추마취군에 비해 전신마취군에서 유의하게 변화하였다.

4) 구혈기 팽창시 심박출지수는 전신마취군에서는 팽창후 3.8 ± 3.3 분, 척추마취군에서는 5.8 ± 3.6 분에 최소치에 도달하였고 이후 팽창기간동안 전신마취군에서는 증가양상을, 척추마취군에서는 유지되는 양상을 보였다. 구혈기 감압시 심박출지수는 전신마취군에서 10 명 중 6 명에서 0.5 ± 5 (2.2 ± 1.7)분에 일시적인 감소를 보이다가 $2-7$ (4.8 ± 1.5)분에 최대 심박출지수에 도달하였고 척추마취군에서는 10 명 중 8 명에서 $0.5-1$ (0.8 ± 0.3)분에 일시적인 감소후 $1-6$ (3.0 ± 2.0)분에 최대 심박출지수에 도달하였다.

본 연구의 결과에서 전신마취군과 척추마취군에서 구혈기 팽창과 감압직후의 혈역학적 변화는 통계적으로 의의있는 변화가 있을지라도 정상 범위내의 수치이고 구혈기 감압후 수 분내에 마취유도전 상태로 회복되었다. 본 연구는 대부분 급격한 혈역학적 변화를 초래하지 않고 단시간에 수술이 종료되는 진단적 슬관절경 수술을 대상으로 시행하였으므로 구혈기 팽창에 의한 통증의 영향이 적었을 것으로 사료되었으며 구혈기 감압후 일어날 수 있는 재관류손상 등 대사적 변화에 의한 혈역학적 변화가 포함되지 않았으므로 이에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료되었으며 혈역학적 지표의 변화가 전신마취군에서 척추마취군에 비해 현저하게 나타났으며 각 혈역학적 지표의 변화가 구혈기 팽창 및 감압후 5-10 분 동안 현저하게 변화하며 이후에는 어느 정도 유지되는 양상을 보이는 바 하지 구혈기를 사용하는 수술의 경우 혈역학적인 변화가 적은 척추마취가 더 바람직한 마취방법인 것으로 생각되며 기존의 심폐질환을 가진 환자의 경우 심정지까지도 보고된 바 있으므로 구혈기 팽창 및 구혈기 감압후 5-10 분 정도 환자의 혈역학을 세심히 관찰하여야 하며 혈압저하에 즉각적으로 대처할 수 있도록 준비가 되어 있어야 한다고 사료된다.

참고문헌

- 김수영, 김태환: 척추마취시 공기 지혈대 제거후 동맥혈 가스 분압 및 혈청 전해질의 변화. *대한마취과학회지* 1993;26:1178-1182.
- 문순홍, 이승환, 강화자, 이두익, 신판일: 성인에서 하지의 지혈대가 대사에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1988;21:446-451.
- 성미현, 백운이, 홍정길, 박진웅, 김병권: Halothane 마취시 bioimpedance를 이용한 혈역학적 변화. *대한마취과학회지* 1992;25:275-280.
- 이상철, 배진호: 척추마취하에 전술관절 성형술시 구혈기에 의한 활력증상의 변화. *대한마취과학회지* 1994;27:1348-1353.
- 전재규: 척추마취의 임상. 학문사, 1988, p 69.
- Akata T, Tominaga M, Sagiyama M, Taniyama T, Inaba S, Takahashi S: Changes in end tidal CO₂ level following tourniquet deflation during orthopedic surgery. *J Anesth* 1992;6:9-16.
- Bolton CF, McFarlane RM: Human pneumatic tourniquet paralysis. *Neurology* 1978; 28:787-793.
- Bourke DL, Silberberg MS, Ortega R, Willock MM: Respiratory responses associated with release of intra-operative tourniquet. *Anesth Analg* 1989;69:541-544.
- Bradford EMW: Hemodynamic changes associated with the application of lower limb tourniquets. *Anaesthesia* 1969;24:190-197.
- De Jong RH: Tourniquet pain during spinal anesthesia. *Anesthesiology* 1962;23:881-882.
- De Jong RH: Tourniquet pain. *Anesthesiology* 1964;25:247-248.
- Fahmy NR, Sunder N, Patel D: The pneumatic tourniquet can be hazardous in patients with coronary artery disease. *Anesth Analg* 1994;78:S105.
- Guyton AC: *Textbook of medical physiology*. 8th

- ed, Philadelphia, WB Saunders, 1991, p 221.
- Haljamae E: Human skeletal muscle energy metabolism during and after complete tourniquet ischemia. *Ann Surg* 1975; 182:9-14.
- Healy TEJ, Copen PJ: *A practice of Anesthesia*. 6th ed, London, Edward Arnold, 1995, pp 172-188.
- Kahn RL, Marino V, Urquhart B, Sharrock NE: Hemodynamic changes associated with tourniquet use under epidural anesthesia for total knee arthroplasty. *Reg Anesth* 1992;17:228-232.
- Kaufman RD, Walts LF: Tourniquet-induced hypertension. *Br J Anaesth* 1982;54: 333-336.
- Linden RJ: Function of cardiac receptors. *Circulation* 1973;48:463-480.
- Logel RJ: Rupture of the long tendon of biceps brachii muscle. an unusual case related to use of pneumatic tourniquet. *Clin Orthop* 1976;212:217-221.
- Lynn AM, Fischer T, Brandford HG, Pendergrass TW: Systemic responses to tourniquet release in children. *Anesth Analg* 1986;65:865-872.
- Miller RD: *Anesthesia*, 3th ed, New York, Churchill Livingstone, 1990, pp 1962-1968.
- Miller RD: *Anesthesia*, 4th ed, New York, Churchill Livingstone, 1994, p 2136.
- Modig J, Kolstad K, Wigren A: Systemic reaction to tourniquet ischemia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1978;22:609-614.
- Parmet JL, Horrow JC, Singer R, Berman AT, Rosenberg H: Echogenic emboli upon tourniquet release during total knee arthroplasty: pulmonary hemodynamic changes and embolic composition. *Anesth Analg* 1994;79:940-945.
- Valli H, Rosenberg PH: Effects of three anesthesia methods on haemodynamic responses connected with the use of thigh tourniquet in orthopaedic patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985;29:142-147.
- Valli H, Rosenberg PH, Kyttä J, Nurminen M: Arterial hypertension associated with the use of a tourniquet with either general or regional anesthesia. *Acta Anesthesiol Scand* 1987;31:279-283.