대한마취과학회지 2004; 47: 796～802
Korean J Anesthesiol Vol. 47, No. 6, December, 2004

□ 임상연구 □

간절제술 중 Nitroglycerin을 이용한 저중심정맥압 유지기법 시 저용량 Dopamine 투여에 의한 신기능 변화

계명대학교 의과대학 마취통증의학교실, *외과학교실

유진균 · 장영호 · 김진모 · 김애라 · 강구정*

Changes in Renal Function by Low Dose Dopamine in Patients Undergoing Hepatectomy with Low Central Venous Pressure Maintenance

Jin Gyoon Yoo, M.D., **Young Ho Jang,** M.D., **Jin Mo Kim,** M.D., **Ae Ra Kim,** M.D., and **Koo Jeong Kang,** M.D.*
Departments of Anesthesiology and Pain Management and *Surgery, School of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

Background: The maintenance of low central venous pressure (LCVP) induced by fluid restriction and nitroglycerin administration reduces the overall blood loss during major hepatic resections. We studied the postoperative renal function in hepatectomized patients under LCVP maintenance with nitroglycerin. In addition, the renal effect of low dose dopamine combined with nitroglycerin was evaluated.

Methods: A total of 60 patients were randomly divided into two groups: a nitroglycerin group (n = 30), and a nitroglycerin and dopamine group (n = 30). During the Pringle maneuver the central venous pressure (CVP) was maintained at < 5 mmHg in both groups. The nitroglycerin group received 0.5-1㎍/kg/min nitroglycerin before and during the Pringle maneuver, but in nitroglycerin and dopamine group, 3㎍/kg/min dopamine was administered with nitroglycerin. Mean arterial pressure, CVP, and urine output were measured before, during, and after the Pringle maneuver. BUN and serum creatinine were measured on postoperative days 1 and 3.

Results: No significant differences were observed between the mean arterial pressures, CVPs, or urine outputs of the two groups. In both groups, urine output reduced after the Pringle maneuver but increased more in the nitroglycerin and dopamine group than in the nitroglycerin control group after anesthesia. There was no overall statistical change in either BUN or creatinine in either group.

Conclusions: We conclude that LCVP induced by nitroglycerin with the Pringle maneuver during hepatectomy does not cause postoperative renal dysfunction, and that the use of low dose dopamine with nitroglycerin has no meaning in terms of preventing renal dysfunction in this situation. **(Korean J Anesthesiol 2004; 47: 796～802)**

Key Words: dopamine, hepatic resection, Pringle maneuver.

서 론

간절제술 후 발생되는 대표적인 합병증으로는 폐부종, 폐부전, 복수 형성, 신부전 및 급성 심근경색 등이 있으며, 이들 합병증들은 술 후 사망률과도 직접 관련된다.[1] 특히 복수 및 늑막 삼출액의 형성은 가장 흔한 술 후 합병증이며, 이는 혈장 삼투압의 감소뿐만이 아니라 신기능 감소와도 밀접한 관련이 있다.[2] 간절제술을 위한 마취관리 시 대량 출혈에 의한 수혈 및 간혈류 보존이 가장 중요한 과제이다.[3] 그러므로 간절제술 시 출혈량을 감소시키기 위하여 술중 Pringle 조작법이나 선택적 혈관결찰술 등을 시행하여 간으로의 유입 혈류를 차단시킨다.[4] 또한 간정맥으로부터 간으로 유입되는 혈류를 감소시키기 위하여 수액 투여를 제한하거나 nitroglycerin을 이용한 저중심정맥압 유지기법을 사용하기도 한다.[5,6] 본 교실에서는 Pringle 조작법 시 소량의 nitroglycerin을 투여함으로써 국소 간관류를 효과적으로 회복시킬 수 있음을 보고한 바 있다.[7] 그러나 nitroglycerin은 정맥 긴장도를 감소시켜 전신 순환 혈액량의 재분포를 일으키며 중심정맥압, 전신혈관저항 및 평균 동맥압을 감소시

논문접수일 : 2004년 7월 13일
책임저자 : 장영호, 대구광역시 중구 동산동 194번지
동산의료원 마취통증의학과, 우편번호: 700-712
Tel: 053-250-7287, Fax: 053-250-7240
E-mail: weonjo@dsmc.or.kr
석사학위 논문임.

킬 수 있다.[8,9] 또한 Pringle 조작법 시행 시 중심정맥압을 낮추기 위하여 nitroglycerin을 투여할 경우 혈압의 감소가 흔히 발생된다. 이와 같은 혈역학적 변화로 인하여 폅뇨 혹은 무뇨를 포함한 술 후 신기능 감소가 가능하며,[5] 특히 간경화증을 가진 환자의 간절제술 후에는 신부전을 포함한 다발성 장기 부전의 빈도도 증가된다.[10]

한편 저용량(0.5-3μg/kg/min) dopamine은 논란의 여지가 있기는 하나 신기능 유지를 위하여 혹은 신기능 감소 시 이의 치료를 위하여 임상에서 사용되고 있는 약물이다. 저용량 dopamine은 신장 혈관에 분포되어 있는 dopamine 수용체를 자극하여 신혈관이 확장되고, 신혈류가 증가되며, 사구체 여과가 증가되어 이뇨 작용이 나타난다.[11-13]

따라서 저자들은 술 중 Pringle 조작법과 함께 수액 투여 제한 및 nitroglycerin 사용에 의한 저중심정맥압 유지기법을 시행한 간절제술 후의 신기능 변화를 알아보고자 하였다. 또한 nitroglycerin과 함께 저용량의 dopamine을 투여함에 따른 술 후 신기능 향상 유무를 함께 관찰하였다.

대상 및 방법

선택적 간절제술을 시행받는 미국마취과학회 신체상태 분류 1 또는 2에 속하는 20-70세 환자 60명을 대상으로 하여 본 연구에 대한 취지를 충분히 설명하고 환자의 동의를 구하였다. 술 전 검사상 빈혈, 심폐질환 및 신장질환이 있는 환자들과 쐐기 간절제술을 시행받는 환자들은 연구에서 제외하였다. 마취전처치로 수술 전날 밤에 midazolam 7.5 mg을 경구 투여하고, 수술 30분 전에 midazolam 0.02 mg/kg, glycopyrrolate 0.2 mg을 근주하였다. 수술실 도착 후 심전도 lead II와 경피적 맥박산소계측기를 부착하였다.

마취유도를 위하여 산소 6 L/min로 전산소화한 다음 thiopental sodium 5 mg/kg, fentanyl 1-2μg/kg, rocuronium bromide 0.7 mg/kg을 투여한 후 기관내삽관을 시행하였다. 기관내삽관이 확인된 후 일회호흡량은 8-10 ml/kg, 호흡수는 분당 10회로 하여 기계적 환기(Excel 210SE, Datex-Ohmeda, USA)를 시행하였으며, 호기말 이산화탄소 분압(Capnomac, Datex-Ohmeda, Finland)이 35-40 mmHg가 되도록 환기량을 조절하였다. 마취유도 후 우측 요골동맥에는 지속적 동맥압 감시를 위한 20G 카테터(Angiocatheter, Becton Dickson, USA)를 삽입하였고, 우측 쇄골하 혹은 내경정맥에는 7F 이중관 중심정맥 카테터(Hydrocath™, Becton Dickinson, Singapore)를 삽입하여 중심정맥압이 2-5 mmHg가 되도록 수액 투여를 제한(1-4 ml/kg/hr)하였다. 체온 감시를 위하여 비강내 온도 탐식자를 거치하였으며, 요도 카테터를 거치하여 매 시간당 배뇨량을 관찰하였다. 모든 혈역학적 감시는 마취용 환자감시기(M1041A, Hewlett-Packard, Germany)에 연결하여 지속적으로 감시하였다. 마취유지는 0.5-1.5 vol% isoflurane과 각각 2 L/min의 산소 및 아산화질소를 사용하였다. 술 중 근이완제는 vecuronium bromide 2 mg을 필요에 따라 추가 정주하였다.

간절제술 시 환자 자세는 약 15° 정도 두부하강 자세를 취하였으며, 통상적인 우늑골하 개복방법으로 수술이 시행되었다. 간절제술 시 간으로의 유입 혈류 차단은 한 명의 외과의에 의하여 간혈적 Pringle 조작법으로 시행되었으며, 15분간 차단 후 5분 간격을 두고 간의 완전 절제가 이루어질 때까지 시행되었다. 간실질 절제는 초음파분쇄흡인기를 이용한 분쇄기법으로 시행되었다. 마취유도 직후부터 수액 투여를 제한하면서 중심정맥압이 5 mmHg 이상인 경우는 nitroglycerin을 0.5-1μg/kg/min의 용량으로 연속 정주(STC-527, Terumo, Japan)하여 중심정맥압이 2-5 mmHg가 되도록 하였다. 이때 nitroglycerin 투여없이 중심정맥압이 2-5 mmHg 범위에 속한 환자들은 연구에서 제외하였다. 모든 환자에서 mannitol과 furosemide는 사용하지 않았다. 술 중 중심정맥압을 2-5 mmHg로 유지하면서 요량이 0.5 ml/kg/hr 이하이거나 수축기 혈압이 90 mmHg 이하인 경우에는 1-2 ml/kg/hr의 수액을 추가로 투여하였으며, 추가적인 수액 투여에도 불구하고 수축기 혈압이 감소된 경우에는 ephedrine 8-12 mg을 정주하였다.

환자를 두 군으로 분류하여 저중심정맥압 유지 시 nitroglycerin을 사용한 군(N군, n = 30)과 nitroglycerin과 저용량 dopamine을 함께 사용한 군(N-D군, n = 30)으로 무작위로 구분하였다. N-D군에서는 dopamine을 3μg/kg/min의 용량으로 nitroglycerin이 사용되는 전기간 동안 연속 정주하였다.

Pringle 조작법 및 간실질 절제와 지혈이 마무리 된 후에는 정질용액과 교질용액을 투여하여 환자를 등용량 상태(중심정맥압 5-10 mmHg)로 유지하였으며, 수혈은 출혈량이 추정 혈액량의 20% 이상으로 판단된 경우 농축 적혈구를 투여하였고, 혈액 검사를 통하여 헤모글로빈이 8 gm/dl 이상 유지되도록 하였다. 출혈량의 측정은 흡입관을 통해 수집된 혈액량과 사용한 거즈의 무게를 측정한 혈액량을 합하여 산출하였다. 수술 종료 후 모든 환자에서 기관내튜브를 발관한 후 회복실로 이송하였으며, 이후 중환자실에서 최소 1일간 집중 관찰하였다.

두 군에서 마취유도 1시간 후, Pringle 조작법 동안, Pringle 조작법 종료 1시간 후 및 수술 종료 3시간 후의 평균 동맥압, 중심정맥압, 배뇨량을 각각 측정 비교하였다. 술 중 출혈량 및 수액 투여량을 측정하였으며, 수술 전과 수술 1일 및 3일 후의 BUN, creatinine을 각각 측정하여 비교 관찰하였다. 모든 통계적 결과는 평균 ± 표준편차로 표시하였고, 통계학적 분석은 SPSS 통계 프로그램(version 10.0)의 t-test를 이용하였으며, P값이 0.05 미만인 경우를 통계적으

로 유의한 차이가 있는 것으로 판정하였다.

결 과

각 군간 환자의 성별, 연령, 체중, 신장, 마취시간, Pringle 조작법 시간 및 nitroglycerin 투여 시간은 두 군 간 유의한 차이가 없었다(Table 1). Pringle 조작법 시 수축기 혈압의 감소로 인하여 N군 2명과 N-D군 1명에게 4-8 mg의 ephedrine을 투여하였다. 대상 환자들의 원인 질환 및 수술 종류에 따른 분류는 각각 Table 2, 3과 같았다.

평균 동맥압은 마취유도 1시간 후 N군 및 N-D군에서 각각 91.2 ± 10.8, 87.6 ± 11.7 mmHg이었으며, Pringle 조작법 동안 각각 71.7 ± 9.6, 69.9 ± 10.0 mmHg로 감소하였

Table 1. Patient Characteristics

	Group N (n = 30)	Group N-D (n = 30)
Age (yr)	56.9 ± 7.1	57.5 ± 7.1
Sex (M/F)	16 / 14	18 / 12
Weight (kg)	61.7 ± 8.3	63.0 ± 13.8
Height (cm)	162.5 ± 7.9	163.7 ± 7.4
Anesthetic duration (hr)	5.4 ± 1.4	5.8 ± 1.9
Pringle duration (min)	39.3 ± 13.1	42.0 ± 22.7
Duration of nitroglycerin administration (min)	60.57 ± 41.7	53.8 ± 28.3
Ephedrine injection	2	1

Values are mean ± SD or the number of patients. Group N: nitroglycerin group, Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. No statistical differences between the two groups.

Table 2. Distribution of Pathologic Diagnoses

Diagnosis	Group N (n = 30)	Group N-D (n = 30)
Hepatocellular carcinoma	15	13
Intrahepatic duct stone	6	5
Peripheral cholangiocarcinoma	5	4
Metastatic carcinoma	2	3
Gallbladder carcinoma	2	2
Cystadenoma	0	2
Hemangioma	0	1

Group N: nitroglycerin group, Group N-D: nitroglycerin and dopamine group.

Table 3. Distribution of Operations Performed

Procedure	Group N (n = 30)	Group N-D (n = 30)
Hepatectomy	11	17
Segmentectomy	4	6
Sectionectomy	15	7

Group N: nitroglycerin group, Group N-D: nitroglycerin and dopamine group.

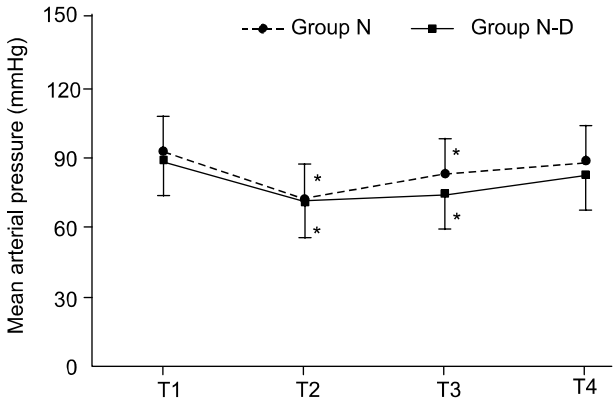

Fig. 1. Changes in mean arterial pressure in patients undergoing hepatectomy with Pringle maneuver. Group N: nitroglycerin group. Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. T1: 1 hr after anesthetic induction, T2: during Pringle maneuver, T3: 1 hr after Pringle maneuver, T4: 3 hours after surgery. *: P < 0.05 compared with T1. No statistical differences between the two groups.

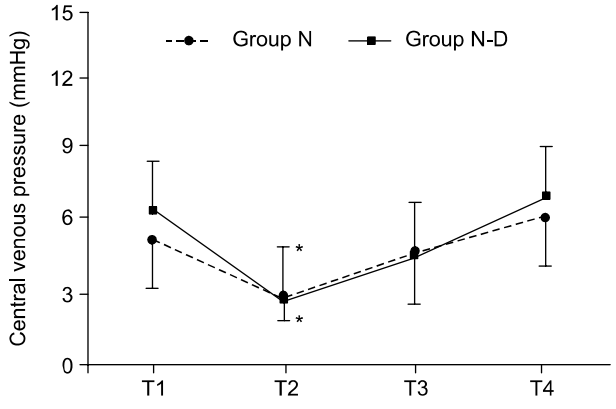

Fig. 2. Changes in central venous pressure in patients undergoing hepatectomy with Pringle maneuver. Group N: nitroglycerin group. Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. T1: 1 hr after anesthetic induction, T2: during Pringle maneuver, T3: 1 hr after Pringle maneuver, T4: 3 hours after surgery. *: P < 0.05 compared with T1. No statistical differences between the two groups.

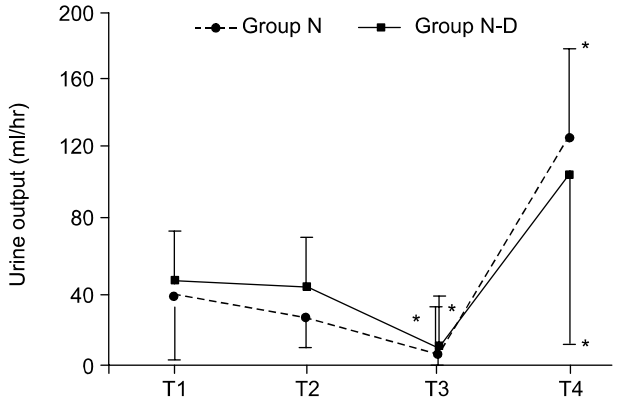

Fig. 3. Changes in urine output in patients undergoing hepatectomy with Pringle maneuver. Group N: nitroglycerin group. Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. T1: from anesthetic induction to Pringle maneuver, T2: during Pringle maneuver, T3: from end of Pringle maneuver to end of surgery, T4: during 3 hrs after anesthesia. *: P < 0.05 compared with T1. No statistical differences between the two groups.

Table 4. Intraoperative Blood Loss, Fluid Administration, and Transfusion during the Hepatectomy with Pringle Maneuver

	Group N (n = 30)	Group N-D (n = 30)
Blood loss (ml)	893 ± 965	955 ± 1,017
Fluid administration crystalloid (ml)	2,568 ± 642	2,757 ± 1,415
Colloid (ml)	545 ± 147	667 ± 365
Transfusion* (U)	1.4 ± 1.9	1.6 ± 2.5

Values are mean ± SD. Group N: nitroglycerin group, Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. *: Packed red cell. No statistical differences between the two groups.

다. Pringle 조작법 종료 1시간 후 각각 81.8 ± 8.2, 73.3 ± 12.6 mmHg로 감소 상태를 유지하였으며, 수술 종료 3시간 후 각각 86.2 ± 9.5, 81.1 ± 10.7 mmHg로 회복되었고, 두 군간 유의한 차이는 없었다(Fig. 1).

중심정맥압은 마취유도 1시간 후 N군과 N-D군에서 각각 5.3 ± 1.9, 6.5 ± 2.6 mmHg이었으며, Pringle 조작법 동안 각각 2.9 ± 1.0, 3.8 ± 2.5 mmHg로 감소하였고, 수술 종료 3시간 후 각각 6.4 ± 2.2, 7.1 ± 2.5 mmHg로 대조치 수준으로 회복되었으며, 두 군 간 유의한 차이는 없었다(Fig. 2).

N군과 N-D군에서 수술 동안의 총 출혈량은 각각 893 ± 965, 955 ± 1.017 ml이었으며, 정질용액은 각각 2,568 ± 642, 2,757 ± 1,415 ml 투여되었고, 교질용액은 각각 545 ± 147, 667 ± 365 ml 투여되었다. 수혈은 N군에서 1.4 ± 1.9 units, N-D군에서는 1.6 ± 2.5 units의 농축 적혈구가 각각 투여되었으며, 두 군 간 총 출혈량, 투여된 수액량 및 수혈에는 유의한 차이가 없었다(Table 4).

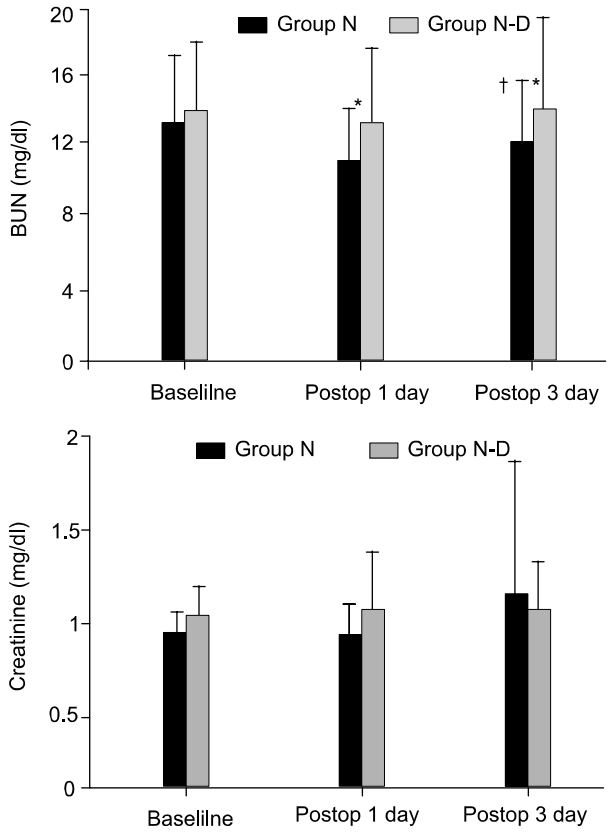

Fig. 4. Changes in BUN and serum creatinine in patients undergoing hepatectomy with Pringle maneuver. Group N: nitroglycerin group, Group N-D: nitroglycerin and dopamine group. *: P < 0.05 compared with baseline. †: P < 0.05 compared with group N-D.

마취유도 후부터 Pringle 조작법 직전까지 배뇨량은 N군과 N-D군에서 각각 39.8 ± 33.3, 48.8 ± 48.5 ml/hr이었고, Pringle 조작법 이후 각각 6.0 ± 21.9, 10.7 ± 24.4 ml/hr로 감소하였다가 수술 후에는 각각 130.2 ± 147.1, 108.0 ± 65.5 ml/hr로 대조치 이상으로 증가하였으나 두 군 간 유의한 차이는 없었다(Fig. 3).

술 전 N군과 N-D군에서 BUN은 각각 13.6 ± 4.2, 14,4 ± 3.8 mg/dl이었으며, 수술 1일째 각각 11.4 ± 3.4, 13.6 ± 5.3 mg/dl이었다. 수술 3일째 N군과 N-D군에서 각각 12.5 ± 3.5, 14,4 ± 5.6 mg/dl로 두 군 간 유의한 차이가 나타났으나 모두 정상 범위 이내였다. 술 전 creatinine은 N군과 N-D군에서 각각 0.9 ± 0.1, 1.0 ± 0.2 mg/dl이었으며, 수술 1일째 각각 0.9 ± 0.2, 1.0 ± 0.3 mg/dl, 수술 3일째 각각 1.2 ± 1.9, 1.0 ± 0.3 mg/dl로 두 군 간 유의한 차이는 없었다(Fig. 4).

고 찰

간절제술 후 발생되는 신부전은 빈도가 높지는 않으나 치명적인 술 후 합병증 중의 하나로 출혈량이 증가할 경우 신부전 발생 가능성이 증가하게 된다.[14,15] 따라서 간절제술 시 발생되는 대량 출혈은 마취관리의 중요한 사항이 되며, 술 후 사망률과도 직접 관련된다.[16,17] 대부분의 외과적 출혈은 동맥혈 출혈로 중심정맥압과의 관련성이 적지만 간절제술 시 발생되는 출혈은 정맥혈 출혈로 중심정맥압과 밀접한 연관성을 가지므로[18] 적절한 중심정맥압의 관리가 요구된다.

간절제술 시 발생되는 출혈량을 줄이기 위해 Pringle 조작법, 총간혈관격리술(total hepatic vascular exclusion), 선택적 유입혈류차단술 및 상복강 대동맥차단법 등이 이용된다.[19-23] 이중 Pringle 조작법이 비교적 간단하여 임상에서 가장 많이 이용되고 있다.[24,25] 그러나 Pringle 조작법이 간절제술 시 출혈량을 의미있게 감소시키기는 하지만 간정맥으로부터 역류되는 출혈을 예방할 수는 없으며,[26] 술 후 bilirubin과 간효소치가 증가하고,[27] 재관류 손상의 발생 가능성으로 인해 반드시 필요하지 않다는 주장도 있다.[28]

간절제술을 위한 마취 시 대량 출혈에 대비하여 과거에는 등용량 혹은 과용량 상태로 수액을 투여하는 것이 일반적인 경향이었다. 그러나 이로 인한 중심정맥압의 증가는 중심정맥을 확장시켜 주요 간정맥으로부터 발생되는 출혈을 오히려 증가시키게 된다. 따라서 중심정맥압을 감소시키는 저중심정맥압 유지기법을 이용하면 대정맥 확장이 예방되어 간정맥 출혈이 감소됨과 동시에 간의 동원(mobilization) 및 주요 간정맥 절개를 용이하게 할 수 있다.[5,29] Pringle 조작법 동안 발생되는 출혈은 중심정맥압과 직접 관련이 있으며,[30] 가장 적절한 저중심정맥압 유지 범위는 1-5 mmHg로 알려져 있다.[5]

간절제술 동안 저중심정맥압 유지기법을 시행하기 위해서는 수액 투여를 제한하거나 필요에 따라 저용량 nitroglycerin을 투여하는 방법을 함께 사용하게 된다. Pringle 조작법 시 투여된 nitroglycerin이 혈압을 감소시킬 수 있으나 본 연구에서 투여된 dopamine은 혈압 상승을 위한 목적이 아니며, 신기능 향상을 위한 목적이므로 혈역학에 미치는 영향이 거의 없는 정도의 저용량(3μg/kg/min)을 사용하였다. 그러나 저용량 dopamine이 아직까지 임상에서 많이 이용됨에도 불구하고 인체에서 신부전을 감소시킨다는 직접적인 증거가 없어 이의 효과에 대해서는 아직까지 많은 논란이 있다.[31-34] 연구 결과 Pringle 조작법 시 nitroglycerin과 함께 저용량 dopamine을 투여하였으나 술 후 신기능 보호를 위한 효과는 발견할 수 없었다.

이번 연구 대상 환자들에서 N군과 N-D군에서 각각 평균 39.3 및 42.0분의 Pringle 조작법이 시행되었다. Pringle 조작법을 이용해서 간으로 유입되는 혈류를 차단하면 정맥환류량과 심박출량이 감소되고 전신혈관저항은 증가하므로 마취 시 각별한 주의를 요하게 된다. 연구 결과 평균 동맥압은 Pringle 조작법 시 대조치에 비하여 N군은 21%, N-D군은 20% 감소하였으며, 혈압 감소로 인하여 N군 2명과 N-D군 1명에서 ephedrine이 투여되었다. 혈압의 감소는 신장에서 경도의 상피세포 손상을 유발할 수 있다고 알려져 있으며,[35] 특히 장시간의 혈압 감소는 신기능을 감소시키고 신전 요독증 및 급성 신부전을 일으킬 수 있으므로[36] 마취관리 시 혈압 관리에 각별한 주의가 요구된다.

저자들은 nitroglycerin을 투여하여 저중심정맥압 유지기법과 Pringle 조작법을 동시에 시행한 경우 정맥 환류량 감소에 따른 혈압 감소가 술 후 신기능에 부정적 영향을 미치지 않는 지를 확인하고자 하였다. 연구 결과 Pringle 조작법 후에 배뇨량의 감소가 발생되었으나 술 후 대조치 이상으로 완전 회복되었으며, 이는 혈압 감소에 의한 배뇨량 감소보다는 전신마취에 의한 배뇨 억제 작용이 보다 주요한 원인으로 작용하였을 것이라 생각된다. 또한 술 후 BUN과 creatinine의 증가는 나타나지 않았으며, 두 군 간 술 후 3일째 BUN의 차이가 있었으나 두 군 모두 정상 범위 이내이므로 의미있는 차이로 볼 수는 없다. 따라서 Pringle 조작법 시 수액 투여 제한 및 nitroglycerin을 투여한 저중심정맥압 유지기법은 술 후 신기능을 감소시키지는 않으며, nitroglycerin과 저용량 dopamine을 함께 사용했을 때 신기능 향상 효과는 나타나지 않음을 확인할 수 있었다. 따라서 술 후 신기능 저하를 예방하기 위해서는 약물의 선택 보다는 혈압 하강의 예방 및 Pringle 조작법 후 순환 혈액량의 적절한 유지가 더욱 중요하다.

간절제술 시 사용되는 흡입마취제 종류도 신기능에 영향을 미칠 수 있다. Isoflurane이 심근 억제가 적고 혈관 확장 효과를 가지므로 간절제술 시 가장 많이 이용된다.[37] Sevoflurane의 경우에는 가역적이기는 하지만 혈압 감소 시 신세뇨관 기능의 장애를 가져올 수 있다고 알려져 있다.[38] 따라서 본 연구에서는 모든 환자에서 isoflurane을 이용하여 마취를 시행하였다.

연구 결과 간절제술을 위한 Pringle 조작법 시 nitroglycerin을 이용한 저중심정맥압 유지기법은 술 후 신기능을 감소시키지 않았다. 또한 신기능 감소를 염려하여 저용량 dopamine을 nitroglycerin과 함께 투여한 것은 신기능 향상에 효과가 없었으므로 임상적 의미가 없었다.

참 고 문 헌

1. Dimick JB, Pronovost PJ, Cowan JA Jr, Lipsett PA: Post-operative complication rates after hepatic resection in Maryland hospitals. Arch Surg 2003; 138: 41-6.
2. Matsumata T, Taketomi A, Fujiwara Y, Shimada M, Takenaka K, Sugimachi K: Renal function after elective hepatic resection. Hepatogastroenterology 1996; 43: 602-7.
3. Fraid H, O'Connell T: Hepatic resections: changing mortality and morbidity. Am Surg 1994; 10: 748-53.
4. Otsubo T, Takasaki K, Yamamoto M, Katsuragawa H, Katagiri S, Yoshitoshi K, et al: Bleeding during hepatectomy can be reduced by clamping the inferior vena cava below the liver. Surgery 2004; 135: 67-73.
5. Melendez JA, Arslan V, Fischer ME, Wuest D, Jarnagin WR, Fong Y, et al: Perioperative outcomes of major hepatic resections under low central venous pressure anesthesia: blood loss, blood transfusion, and the risk of postoperative renal dysfunction. J Am Coll Surg 1998; 187: 620-5.
6. Rees M, Plant G, Wells J, Bygrave S: One hundred and fifty hepatic resections: evolution of technique towards bloodless surgery. Br J Surg 1996; 83: 1526-9.
7. YJ Choi, YH Jang, SH Yang, JM Kim, JK Cheun, HK Yoo, et al: The effect of low dose nitroglycerin on hemodynamics and local liver perfusion following an occlusion and reperfusion of the hepatic artery and portal vein in experimental dogs. Korean J Anesthesiol 2002; 43: 763-73.
8. Abrams J: Nitroglycerin and long-acting nitrates. N Engl J Med 1980; 302: 1234-7.
9. Mutch WA, Culligan JD, Cote DD, Thomson IR: Hemodynamic effects of intravenous nitroglycerin: importance of the delivery system. Anesth Analg 1982; 61: 927-32.
10. Ueki M, Yokono S, Taie S, Nogaya J, Komatsu H, Ogli K: Effects of ulinastain on postoperative renal function in hepatectomized patients with liver cirrhosis. Masui 1997; 46: 251-5.
11. Schwartz LB, Gewertz BL: The renal response to low dose dopamine. J Surg Res 1988; 45: 574-88.
12. ter Wee PM, Smit AJ, Rosman JB, Sluiter WJ, Donker AJ: Effect of intravenous infusion of low-dose dopamine on renal function in normal individuals and in patients with renal disease. Am J Nephro 1986; 6: 42-6.
13. Parker S, Carlton GC, Isaacs M, Howland WS, Kahn RC: Dopamine administration in oliguria and oliguric renal failure. Crit Care Med 1981; 9: 630-2.
14. Edwards WH Jr., Blumgart LH: Liver resection in malignant disease. Semi Surg Oncol 1987; 3: 1-11.
15. Yanaga K, Kanematsu T, Takenaka K, Matsumata T, Yoshida Y, Sugimachi K: Hepatic resection for hepatocellular carcinoma in elderly patients. Am J Surg 1988; 155: 238-41.
16. Nagao T, Inoue S, Goto S, Mizuta T, Omori Y, Kawano N, Morioka Y: Hepatic resection for hepatocellular carcinoma: Clinical features and long-term prognosis. Ann Surg 1987; 205: 33-40.
17. Ekberg H, Tranberg KG, Andersson R, Jeppsson B, Bengmark S: Major liver resection: perioperative course and management. Surgery 1986; 100: 1-8.
18. Sharrock NE, Mineo R, Urquhart B, Salvati EA: The effect of two levels of hypotension on intraoperative blood loss during total hip arthroplasty performed under lumbar epidural anesthesia. Anesth Analg 1993; 76: 580-4.
19. Belghiti J, Noun R, Zante E, Ballet T, Sauvanet A: Portal triad clamping or hepatic vascular exclusion for major liver resection. A controlled study. Ann Surg 1996; 224: 155-61.
20. Huguet C, Addario-Chieco P, Gavelli A, Arrigo E, Harb J, Clement RR: Technique of hepatic vascular exclusion for extensive liver resection. Am J Surg 1992; 163: 602-5.
21. Bismuth H, Castaing D, Garden OJ: Major hepatic resection under total vascular exclusion. Ann Surg 1989; 210: 13-9.
22. Makuuchi M, Mori T, Gunven P, Yamazaki S, Hasegawa H: Safety of hemihepatic vascular occlusion during resection of the liver. Surg Gynecol Obstet 1987; 164: 155-8.
23. Stephen MS, Sheil AG, Thompson JF, Wilson T, Boland SL: Aortic occlusion and vascular isolation allowing avascular hepatic resection. Arch Surg 1990; 125: 1482-5.
24. Man K, Fan ST, Ng IO, Lo CM, Liu CL, Wong J: Prospective evaluation of Pringle maneuver in hepatectomy for liver tumors by a randomized study. Ann Surg 1997; 226: 704-11.
25. Nagasue N, Uchida M, Kubota H, Hayashi T, Kohno H, Nakamura T: Cirrhotic livers can tolerate 30 minutes ischaemia at normal environmental temperature. Eur J Surg 1995; 161: 181-6.
26. Kim YI, Ishii T, Aramaki M, Nakashima K, Yoshida T, Kobayashi M: The Pringle maneuver induces only partial ischemia of the liver. Hepatogastroenterology 1995; 42: 169-71.
27. Taniguchi H, Takahashi T, Shioaki Y, Itoh A, Oguro A: Vascular inflow exclusion and hepatic resection. Br J Surg 1992; 79: 672-5.
28. Koo A, Komatsu H, Tao G, Inoue M, Guth PH, Kaplowitz N: Contribution of no-reflow phenomenon to hepatic injury after ischemia-reperfusion: evidence for a role for superoxide anion. Hepatology 1992; 15: 507-14.
29. Cunningham JD, Fong Y, Shriver C, Melendez J, Marx WL, Blumgart LH: One hundred consecutive hepatic resections. Blood loss, transfusion, and operative technique. Arch Surg 1994; 129: 1050-6.
30. Smyrniotis V, Kostopanagiotou G, Theodoraki K, Tsantoulas D, Contis JC: The role of central venous pressure and type of vascular control in blood loss during major liver resections. Am J Surg 2004; 187: 398-402.
31. Linder A: Synergism of dopamine and furosemide in diuretic-resistant oliguric acute renal failure. Nephron 1983; 33: 121-6.

32. Graziani G, Cantaluppi A, Casati S, Citterio A, Scalamogna A, Aroldi A, et al: Dopamine and furosemide in oliguric acute renal failure. Nephron 1984; 37: 39-42.
33. Polson RJ, Park GR, Lindop MJ, Farman JR, Calne R, Williams R: The prevention of renal impairment in patients undergoing orthotopic liver grafting by infusion of low dose dopamine. Anaesthesia 1987; 42: 15-9.
34. Paul MD, Mazer CD, Byrick RJ, Rose DK, Goldstein MB: Influence of mannitol and dopamine on renal function during elective infrarenal aortic clamping in man. Am J Nephrol 1986; 6: 427-34.
35. Endoh M. Takamura T. Shiga T. Ogawa R: Effect of intraoperative fluid on renal function during hypotensive anesthesia with trimethaphan. Masui 1996; 45: 15-20.
36. Stone EA, Rawlings CA, Finco DR, Crowell WA: Renal function after prolonged hypotensive anesthesia and surgery in dogs with reduced renal mass. Am J Vet Res 1981; 42: 1675-80.
37. Schwinn DA, McIntyre RW, Reves JG: Isoflurane-induced vasodilation: role of the alpha-adrenergic nervous system. Anesth Analg 1990; 71: 451-9.
38. Hara T, Fukusaki M, Nakamura T, Sumikawa K: Renal function in patients during and after hypotensive anesthesia with sevoflurane. J Clin Anesth 1998; 10: 539-45.