개에서 흉추 경막외 마취가 관상동맥혈류 및 심혈관계에 미치는 영향

고려대학교 의과대학 마취과학교실

장성호 · 임혜자 · 강영호 · 김종욱 · 채병국

= Abstract =

Effects of thoracic epidural anesthesia on coronary blood flow and cardiovascular system in dogs

Seong Ho Chang, M.D., Hae Ja Lim, M.D., Young Ho Kang, M.D.
Jong Uk Kim, M.D. and Byung Kook Chae, M.D.

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Korea University

We have been using general anesthesia with thoracic epidural anesthesia to manage intraoperative and postoperative pain for thoracic and cardiac surgery patients.

Hemodynamic changes due to sympathetic block with epidural anesthesia is dependent on the level of sympathetic block.

Thoracic epidural anesthesia block the cardiac sympathetic innervation, so there may be changes of cardiac function and pressure dependent coronary blood flow especially in coronary artery diseases.

To investigate the effects of thoracic epidural anesthesia on coronary blood flow and hemodynamic changes, we performed thoracic epidural anesthesia by injection of 0.5% bupivacaine via a surgically introduced catheter in dogs.

The results were as follows;

1) Coronary blood flow, systolic, mean and diastolic blood pressure, heart rate and cardiac output were decreased at 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 45 min, 60 min, 90 min, 120 min after epidural injection of 0.5% bupivacaine compared to control value ($p < 0.05$).

2) Systemic vascular resistance, central venous pressure, pulmonary artery pressure, pulmonary capillary wedge pressure, stroke volume and pulmonary vascular resistance were not changed after epidural injection of 0.5% bupivacaine.

Key Words : Thoracic epidural, Coronary blood flow, Cardiovascular system

서 론

전신 마취와 경막외 마취의 병용으로 술중 마취 관리와 술후 통증관리를 한 환자군에서 좋은 성적

을 보고¹⁾한 이래 마취의 개념을 수술 자체만을 위한 마취에서 술후 통증 관리의 영역까지 확대하여 전신 마취와 더불어 경막외 마취의 병용이 선호되어 가는 추세이다.

흉부 수술의 경우 술후 통증이 심하여 술후 심혈

관계에 변화를 초래하여 예후에 영향을 미칠 수 있으며 특히 관상동맥질환이나 다른 심질환이 동반된 환자에서 술후 통증이 치명적일 수 있어 적극적인 통증관리는 필수적이라 하겠다. 요즈음 관상동맥질환을 가진 환자를 포함한 심폐회로술을 필요로 하는 환자의 수술에서도 흉추경막의 마취를 전신마취와 병용하여 수술중 및 술후 환자관리를 하는 방법이 사용되고 있다²⁻⁴⁾.

흉추 경막의 마취는 술중 및 술후 통증의 효과적인 예방으로 환자의 정신적 스트레스 반응 및 호흡기계 기능을 개선시키며 특히 심혈관 부전의 발생을 현저하게 감소시키는 것으로 보고되고 있다⁵⁾. 이와 같이 흉추 경막의 마취는 급성 심근경색^{6,7)}과 심실 부정맥의 발생 빈도를 줄이고⁸⁾ 전신 저항을 감소시켜 좌심실의 기능을 개선⁹⁾시키는 반면 교감신경의 차단으로 인한 저혈압 및 이에 따른 관상동맥 관류압의 변화를 초래할 수 있어 심근의 산소공급을 감소시킬 수 있다¹⁰⁾.

이에 흉추 경막의 마취시 관상동맥 혈류를 비롯한 심혈관계에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

몸무게 19 kg-32 kg(평균 24.75 kg)의 한국산 잡견 15마리를 대상으로 마취유도를 위하여 앞다리의 정맥을 확보하여 pentothal sodium 500 mg과 vecuronium 4 mg을 정주하여 기관내 삽관을 시행한 후 호흡수 10-14회/분, 일회 호흡량 10-15 ml/kg로 조절호흡을 시행하면서 실험중 동맥혈 가스 분석을 시행하여 적절량을 조절하였다. 마취 유지는 pentothal sodium과 vecuronium을 사용하였으며 수액은 lactated Ringer's solution을 5-10 ml/kg/hour로 주입하였다.

감시 장치는 좌우 앞다리와 왼쪽다리에 전극을 부착하여 심전도를 측정하였고 고동맥에 polyethylene catheter를 삽입하여 지속적 동맥압을 측정하였다(HEWLETT PACKARD 78354A). 외경정맥에 Swan Ganz catheter을 거치하여 폐동맥압, 폐동맥 쇄기압과 중심정맥압을 측정하고, 열회석법을 이용하여 심박출량을 측정하고 전신혈관저항, 폐혈관 저항을 측정하였다(ARROW: cardiac output computer AI-07350).

시술중 치골상방광절개술(suprapubic cystostomy)을 통해 Foley catheter를 삽입하고 시간당 뇨량을 측정하였다. 체온은 water blanket과 담요를 사용하여 37-38℃를 유지하였다.

이후 관상동맥 혈류량을 측정하기 위하여 개를 우측와위로 눕힌 후 5번째 늑간을 박리하여 심장을 노출시킨 후 anterior descending artery를 외심막에서 박리하고 유량계(flowmeter)의 probe을 거치하였다(Carolina Medical Electronics INC: Clinoflow II model FM701D Electromagnetic blood flowmeter).

흉추 경막의 마취는 제 4, 5 또는 제 5, 6 흉추부위의 피부를 절개하여 laminar를 축지한 후 17 G Tuohy needle을 통해 catheter를 경막외강에 삽입하였으며 경막외강의 확인은 모든 검사치를 얻은 후 실험을 종료하기 전 방사선투시기(fluoroscope)을 이

Figure 1. Lateral peridurogram of dog after epidural injection of Iopamine 370 through epidural catheter into laminae of 5th thoracic vertebrae. Contrast media in extradural space from 1st thoracic to 6th thoracic vertebrae can be seen.

용하여 조영제(Ioparamine 370)를 주입하여 확인 (Figure 1)하였으며 이중 3마리는 경막의강을 확인할 수 없어 실험에서 제외시키고 12마리의 값으로 통계처리하였다.

모든 검사치의 기본값으로 20분간 변화하지 않고 안정되었을 때의 값을 취한 후 0.5% bupivacaine 5 ml를 경막의 catheter를 통해 주입 후 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 45분, 60분, 90분과 120분에 각각의 값을 구하였다.

모든 값의 통계 처리는 Repeated Measure Analysis of Variance를 이용하였으며 평균치의 비교는

SNK 방법(Student-Newman-Keul's procedure)을 이용하여 p값이 0.05 미만인 것을 유의한 것으로 간주 하였다.

결 과

관상동맥 혈류는 bupivacaine 투여 후 5분에 23%의 감소를 보였으며 10분, 15분, 20분, 30분, 45분, 60분, 90분, 120분에 모두 투여 전에 비해 유의있는 감소를 보였다(Table 1, Figure 2).

수축기 혈압, 이완기 혈압과 평균 동맥압은 bupi-

Table 1. Coronary blood flow and hemodynamic changes after epidural injection of 0.5% bupivacaine

	control	5min.	10min.	15min.	20min.	30min.	45min.	60min.	90min.	120min.
CBF	44.5	34.6*	33.2*	33.3*	32.8*	31.6*	30.4*	29.3*	28.8*	29.1*
(ml/min)	±13.7	±12.2	±12.0	±12.3	±13.9	±13.5	±14.1	±13.6	±13.2	±12.9
HR	126.0	113.0*	110.8*	109.5*	108.8*	108.1*	106.7*	104.8*	102.5*	101.0*
(bts/min)	±21.6	±22.0	±20.1	±21.3	±21.7	±22.0	±21.7	±21.5	±20.4	±21.8
SBP	143.8	122.9*	118.3*	118.3*	118.3*	117.3*	116.2*	115.1*	114.3*	112.6*
(mmHg)	±14.5	±18.1	±22.8	±21.3	±21.2	±21.0	±21.9	±22.2	±23.5	±23.2
MAP	108.8	90.5*	87.4*	88.2*	88.5*	87.3*	86.5*	86.1*	85.0*	83.4*
(mmHg)	±14.8	±17.1	±20.1	±18.3	±18.4	±18.3	±19.1	±19.9	±20.9	±21.5
DBP	91.9	75.4*	72.3*	73.7*	74.1*	73.3*	72.8*	73.0*	72.3*	71.2*
(mmHg)	±16.2	±17.8	±19.6	±18.9	±19.0	±18.8	±18.6	±19.5	±19.7	±19.8
CO	4.23	3.93*	3.59*	3.55*	3.47*	3.28*	3.13*	3.06*	2.86*	2.79*
(l/min)	±1.45	±1.29	±1.43	±1.30	±1.28	±1.06	±0.91	±1.03	±0.83	±0.71
SV	36.8	39.4	38.3	37.3	35.3	33.9	33.4	32.8	32.0	30.7
(ml)	±14.8	±13.8	±14.1	±14.0	±12.6	±12.2	±11.8	±11.3	±10.6	±9.3
SVR	2108.6	1828.9	1870.3	1943.5	2070.3	2136.4	2067.3	2215.4	2261.1	2334.9
(d.s/cm ⁵)	±832.4	±801.0	±922.6	±881.1	±921.3	±934.0	±783.2	±928.9	±878.0	±887.1
CVP	3.58	3.58	3.08	3.33	3.58	3.91	3.50	3.67	4.00	4.17
(mmHg)	±1.73	±1.62	±1.93	±2.02	±2.11	±2.15	±1.98	±1.92	±2.17	±2.29
PCWP	5.12	4.67	4.58	4.50	4.42	4.42	4.75	4.67	4.75	5.00
(mmHg)	±2.17	±2.02	±2.35	±2.32	±2.11	±2.11	±2.18	±2.27	±2.45	±2.22
PVR	204.9	195.9	197.8	218.6	230.1	250.5	244.3	249.0	261.6	291.8
(d.s/cm ⁵)	±90.9	±74.8	±61.9	±91.8	±92.8	±108.7	±103.8	±106.9	±112.2	±114.2
PAP	15.5	14.5	14.2	14.6	14.4	14.5	14.4	14.1	14.3	15.4
(mmHg)	±3.6	±2.5	±2.4	±2.2	±2.5	±2.9	±2.6	±2.9	±2.8	±2.7

CBF: coronary blood flow, SBP: systolic blood pressure, MAP: mean arterial pressure, DBP: diastolic blood pressure, CO: cardiac output, SV: stroke volume, SVR: systemic vascular resistance, d.s/cm⁵: dynes.sec/cm⁵, CVP: central venous pressure, PCWP: pulmonary capillary wedge pressure, PVR: pulmonary vascular resistance, PAP: pulmonary arterial pressure

* : P<0.05 compared to control value

Figure 2. Changes in arterial blood pressure, heart rate, cardiac output and coronary blood flow after epidural injection of 0.5% puvacaine: All values were decreased compared to control ones. *: $p < 0.05$

vacaine 투여 후 5분에 각각 15%, 17%, 16%의 의의 있는 감소를 보였으며 10분, 15분, 20분, 30분, 45분, 60분, 90분 120분값 모두 기준치에 비해 의의있는 감소를 보였다(Table 1, Figure 2).

심박동수는 bupivacaine 투여 5분 후 10%의 감소를 보였으며 투여 후의 값이 투여 전에 비해 의의 있는 감소를 보였다(Table 1, Figure 2).

심박출량은 bupivacaine 투여 5분 후 7%의 감소를 보였으며 투여 후 모든 값이 투여 전에 비해 의의 있는 감소를 보였다(Table 1, Figure 2).

일회 심박출량, 전신혈관저항, 중심정맥압, 폐동맥쇄기압, 폐동맥압과 폐혈관 저항은 각 시간에 의의 있는 차이를 보이지 않았다(Table 1).

고 안

척추마취와 경막의 마취시 교감신경 차단으로 인한 순환계 변화는 많이 알려져있다. 경막의 마취시 척추마취에 비해 보다 서서히 그리고 경미한 교감신경 차단이 이루어져 순환계 안전성이 척추마취시 보다 좋으며 부위별 마취가 가능하여 다양한 양상을 나타낸다¹¹⁾.

흉추 하부나 요부에 국한되어 있는 경막의 마취 경우 말초 교감신경이 차단되는데 내장신경섬유(제 6 흉추-제 1 요추)가 차단되면 장기에 혈액의 저류가 일어나서 심장으로의 환류가 감소되어 우심방압이 감소하고 따라서 심박출량도 감소하게 된다. 이때 혈류의 저류로 인한 저혈압은 심교감 촉진 신경섬유가 활성화됨에도 불구하고 우심방압의 감소를 초래하고 심부교감긴장을 증진시켜 심박수는 변하지 않거나 오히려 감소하게 된다¹²⁾. 상부 흉추 경막의 마취시에는 심교감신경 차단으로 맥박수를 조절하는 압수용체 기능이 저하된다¹³⁾. 경막의 마취하의 심박수 변화는 많은 보고에서 서로 다른 양상을 보이고 있다¹⁴⁻¹⁶⁾.

심장의 심박수와 수축력의 조절은 주로 혈관 운동중추에서 이루어져 심교감신경(제 1-4 흉추)을 통해 전달되며 20% 정도는 혈관 운동중추와 관계없이 제 1-4 흉추 부위의 척수에서 반사 작용으로 이루어진다¹⁷⁾. 그러므로 상부 흉추까지의 경막의 마취(제

4 흉추 이상)시 내장신경의 차단으로 부신피질에서의 catecholamine 분비가 차단되고 내장 혈관수축 신경섬유와 신체 하부의 혈관수축 신경섬유가 차단될 뿐 아니라 제 1-4 흉추에 이르는 심 분절반사가 차단되어 혈관 운동중추로 부터의 심장의 교감신경 자극전도(outflow)를 차단하며 두경부와 상지의 혈관수축신경을 차단하게 되어 심혈관계 지수의 변화뿐만 아니라 관상동맥 혈류 및 심근의 기능에도 영향을 미칠 수 있다.

경막의 마취시 유발되는 저혈압은 그 정도에 따라 혈압에 비례하는 관상동맥 혈류를 갖는 관상동맥 질환자에게 치명적일 수 있다. 특히 전신마취와 병용시 보상기전이 차단되어 보다 많은 정도의 감소를 보이는 병용마취시 더욱 치명적일 수 있다. 수술 전후 심근 경색의 빈도는 사람에서 전신 마취와 경막의 마취에서 비슷한 비율을 보인다. 경막의 마취시 심허혈의 발생은 교감신경 차단의 범위에 따라 영향을 받는데 상부 흉추 경막의 마취로 심장의 교감신경이 차단되면 심장으로의 환류가 감소하여 심박출량이 감소하고 관상동맥 관류압이 감소하게 된다. 뿐만아니라 흉추부위보다 낮은 부위의 경막의 마취시에도 하부 교감신경 차단에 의해 상부교감신경의 반사작용으로 관상동맥 긴장을 증가시켜 관상동맥 혈류를 감소시킬 뿐 아니라 이미 존재해있는 협착을 악화시킨다고 하였다. Saada 등¹⁸⁾은 요추 경막의 마취시 동맥압의 감소 특히 이완기 동맥압의 감소에 의해 관상동맥의 관류가 감소하여 심장의 분절벽운동(segmental wall motion)의 변화를 보고하면서 심허혈부위는 분절벽운동이 감소(hypokinesia)하며 관상동맥환자나 정상환자의 정상 심벽은 과운동증(hyperkinesia)이 초래된다고 하면서 이는 좌심실의 부하조건(loading condition)변화에 의하는 것으로 설명하였다. Baron 등¹⁹⁾은 안정된 심근경색 환자에서 요추 경막의 마취시 좌심실 부하(loading)의 감소로 오히려 좌심실의 부분적인 기능이 증진된다고 하였다.

이와 같이 경막의 마취는 직접적인 심교감신경 차단으로 인한 관상동맥 관류압의감소나 말초 교감신경의 차단으로 인한 저혈압으로 심허혈이 유발되거나 악화될 수 있는 반면 심교감신경 차단으로 자

을 신경계의 영향을 받는 관상동맥의 이완으로 혈류가 증진될 수 있다. Bromberg 등²⁰⁾은 소량의 국소 마취제로 심교감신경 자극전도를 선택적으로 차단 시 협착된 부위의 직경이 늘어나는 것을 보고하였고 Davis 등²¹⁾은 흉추 경막의 마취시 심근의 산소소모 감소와 심허혈 손상의 감소뿐 아니라 심정색의 크기가 감소한다고 하였다.

관상동맥 협착증 환자에서 관상동맥의 수축으로 인한 관상동맥 혈류의 감소시 심교감신경의 증진된 활성화도에 의해 관상동맥 혈관수축이 더욱 증가되어 심근경색이 악화될 수 있는데 Heusch 등²²⁾은 전신 마취하에 관상동맥 혈류가 감소된 돼지에서 제 7 경추에서 제 6 흉추에 경막의 공간에 procaine을 주사하여 심교감신경 섬유를 차단하여 혈압이나 심박수는 변화하지 않으면서 관상동맥 혈관 수축작용이 감소하고 심근 젖산 소모를 줄여 심허혈을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

또한 Klassen 등²³⁾은 흉추 경막의 마취로 인한 심교감신경 차단시 심외막 혈류에 대한 심내막 혈류의 비율 증진시키고 이러한 변화는 관상동맥 혈류의 감소가 있거나 특히 심근경색 초래 후 보다 많은 비율로 증진되어 심기능을 증진시킨다고 하였으며 Reiz 등²⁴⁾은 제 1 에서 제 12 흉추에 걸친 광범위한 경막의 마취시 혈압의 저하와 함께 관상동맥 혈관저항의 감소를 보일 뿐 아니라 젖산 소모와 산소소모를 감소시킨다고 하였다. 이와같은 심장의 보호기능은 심근의 산소소모 상태를 알 수 있는 자유지방산의 측정으로 알 수 있는데²⁵⁾ Hotvedt 등¹⁶⁾은 흉추 경막의 마취시 자유지방산의 감소를 보고하면서 이같은 감소는 심근경색이나 외과적 스트레스 외상과 같이 자유지방산이 증가되어 있는 상태에서 보다 많은 감소를 보여 흉추 경막의 마취가 심근 기능을 증진시킨다고 보고하였다. 이와같이 경막의 마취가 관상동맥협착이 있는 환자에게 도움이 될수도 있으나 흉추부위만을 차단하는 경막의 마취와 달리 요추에서 상부흉추까지의 경막의 마취시에는 전체 교감신경 차단으로 심각한 저혈압이 초래되어 심각한 관상동맥 혈류의 감소를 초래하여 심허혈이 악화될 수 있다. Sivarajan 등¹⁰⁾은 원숭이에서 경막의 마취시 관상동맥 혈류를 측정하였는데 제1흉추 부

위까지의 마취시 45%의 혈압과 40-60%의 관상동맥 혈류가 감소하며 제 10 흉추 부위까지의 마취시에는 10-40%의 관상동맥 혈류와 10%의 혈압감소를 보고하였다.

관상동맥 질환을 가진 환자는 술중 및 술후 높은 합병증 및 사망율을 보인다. 올바른 관상동맥 질환자의 술중 마취관리 및 술후 통증관리는 환자의 예후에 중요한 영향을 미친다고 할 수 있다.

본 실험에서 관상동맥 혈류의 감소는 혈압과 심박출량의 감소와 같은 양상을 나타내어 이완기 혈압과 심박동수의 감소에 인한 것으로 사료된다. 요추에서 흉추까지의 경막의마취와는 달리 전신혈관저항의 감소는 보이지 않았으며 혈압의 변동도 15% 정도로 나타나고 심박동수의 감소로 미루어 말초혈관 확장으로 인한 혈저류에 의한 것보다 심교감신경 차단에 의한 심근의 기능저하에 의한 것으로 생각된다. 이러한 혈압과 심박수의 감소로 관상동맥 혈류는 감소되나 경막의 마취에 의한 심근의 산소소모, 심근의 대사산물의 변화가 측정되지 않아 관상동맥 혈류의 감소만으로 흉추 경막의 마취가 심허혈이나 심근경색을 초래 또는 악화시킨다고 말할 수 없을 것으로 보인다. 따라서 보다 더 자세한 연구가 필요하기는 하나 요추로부터 흉추에 이르는 경막의 마취로 인한 보다 광범위한 저혈압이 발생하는 경우는 관상동맥 혈류의 감소가 심교감신경 차단으로 인한 심근의 산소소모의 감소를 능가할 수 있어 심허혈이나 심정색을 초래 또는 악화시킬 수도 있으리라 사료된다. 앞으로 혈압의 감소에 의한 관상동맥 혈류의 감소로 초래되는 심기능의 감소와 심교감신경의 차단으로 인한 심근의 활동저하 사이의 관계를 보고자 젖산의 소모나 자유지방산의 검사가 아울러 이루어져야 할 것으로 사료된다. 또한 관상동맥 수축으로 협착증이나 심근경색이 있는 환자에서 관상동맥회로술을 필요로 하는 경우나 심근경색으로 인한 통증완화에의 적용을 위하여 관상동맥 협착이 있는 경우에서의 연구가 필요하리라 사료된다.

결 론

한국산 잠견 12마리에서 0.5% bupivacaine을 경막 외강에 주입하여 상부 흉추 경막의 마취를 시행하여 관상동맥 혈류와 심혈관계 지수에 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 관상동맥혈류, 수축기 혈압, 평균 동맥압, 이완기 혈압, 심박동수와 심박출량은 0.5% bupivacaine 주입 5분, 10분, 15분, 20분, 30분, 45분, 60분, 90분, 120분에 대조치에 비해 유의있는 감소를 보였다.

2) 전신혈관저항, 중심정맥압, 폐동맥쇄기압, 폐동맥압, 일회 심박출량과 폐혈관저항은 각 시간에 유의있는 변화를 보이지 않았다.

이와 같은 혈압과 심박동수의 감소로 심박출량과 관상동맥 혈류의 감소가 초래되어 심기능의 저하가 우려되기는 하나 이와 아울러 전신 혈류의 감소와 심근의 산소소모 저하와의 상호 관계에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Yeager MP, Glass DD, Neff RK, et al. Epidural anesthesia and analgesia in high-risk surgical patients. *Anesthesiology* 1987; 66: 729-736.
- Baron JF, Bertrand M, Barre E, et al. Combined epidural and general anesthesia versus general anesthesia for abdominal aortic surgery. *Anesthesiology* 1991; 75: 611-618.
- Temeck BK, Schafer PW, Park WY, et al. Epidural anesthesia in patients undergoing thoracic surgery. *Arch Surg* 1989; 124: 415-418.
- 김형미, 채병국, 신정순. 개심술시 전신마취와 병용된 흉추 경막의 마취가 술중 및 술후 stress hormone과 심혈관계 지수 변화에 미치는 영향. 고려대학교 의과대학 논문집 1993; 30: 331-344.
- 신봉호, 조현, 공명훈 등. Fentanyl과 Bupivacaine 혼합 약제의 경막의 지속적 주입이 개흉술후 진통에 미치는 영향. 대한마취과학회지 1991; 24: 1198-1205.
- Davis RF, DeBoer LWV, Rude RE, Maroko PR. Myocardial infarct size reduction by thoracic epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1980; 53: S99.
- Vik-Mo H, Ottesen S, Renck H. Cardiac effects of thoracic epidural analgesia before and during acute coronary artery occlusion in open-chest dogs. *Scand J Clin Lab Invest* 1978; 38: 737-746.
- Bromberg S and Ricksten SE. Thoracic epidural anesthesia decrease the incidence of ventricular arrhythmias during acute myocardial ischemia in the anesthetized rat. *Acta Anesthesiol Scand* 1988; 65: 711-717.
- Kock M, Blomberg S, Emanuelsson H, et al. Thoracic epidural anesthesia improves global and regional left ventricular function during stress-induced myocardial ischemia in patients with coronary artery disease. *Anesth Analg* 1990; 71: 625-630.
- Sivarajan M, Amory DW, Lindbloom LE. Systemic and regional blood flow during epidural anesthesia without epinephrine in the rhesus monkey. *Anesthesiology* 1976; 45: 300-310.
- Cousins MJ, Bridenbaugh PO. Neural blockade in clinical anesthesia and management of pain. 2nd ed, Philadelphia: JB Lippincott. 1988; 277-294.
- Baron JF, Decaux-Jacolot A, Edouard A, et al. Influence of venous return on baroreflex control of heart rate during lumbar epidural anesthesia in humans. *Anesthesiology* 1986; 64: 188-193.
- Dohi S, Tsuchida H and Mayumi T. Baroreflex control of heart rate during cardiac sympathectomy by epidural anesthesia in lightly anesthetized humans. *Anesth Analg* 1983; 62: 815-820.
- Bonica JJ, Akamatsu TJ, Berges PU, et al. Circulatory effects of peridural block. *Anesthesiology* 1971; 34: 514-522.
- Sjögren S, Wright B. Circulatory changes during continuous epidural blockade. *Acta Anaesth Scandinav* 1972; 16: 5-25.
- Hotvedt R, Platou ES and Refsum H. Effects of thoracic epidural analgesia on cardiovascular

- function and plasma concentration of free fatty acids and catecholamines in the dogs. *Acta Anesthesiol Scand* 1984; 28: 132-137.
17. Malliani A, Perterson DF, Bishop VS, et al. *Spinal sympathetic cardiocardiac reflexs. Circ Res* 1972; 30: 158-165.
18. Saada M, Duval AM, Bonnet F, et al. *Abnormalities in myocardial segmental wall motion during lumbar epidural anesthesia. Anesthesiology* 1989; 71: 26-32.
19. Baron Jf, Coriat P, Mundler O, et al. *Left ventricular global and regional function during lumbar epidural anesthesia in patients with and without angina pectoris influence of volume loading. Anesthesiology* 1987; 66: 621-627.
20. Bromberg S, Emanuelsson H, Kvist H, et al. *Effects of thoracic anesthesia on coronary arteries and arterioles in patients with coronary artery disease. Anesthesiology* 1990; 73: 840-847.
21. Davis RF, Deboer LWV, Maroko PR. *Thoracic anesthesia reduces myocardial infarct size after coronary artery occlusion in dogs. Anesth Analg* 1986; 65: 711-717.
22. Heusch G, Deussen A and Thamer V. *Cardiac sympathetic nerve activity and progressive vasoconstriction distal to coronary stenosis: feed-back aggravation of myocardial ischemia. J Auto Nerv Sys* 1985; 13: 311-326.
23. Klassen GA, Bramwell RS, Bromage PR, et al. *Effects of acute sympathectomy by epidural anesthesia on the canine coronary circulation. Anesthesiology* 1980; 52: 8-15.
24. Reiz S, Nath S, Rais O. *Effects of thoracic epidural block and prenalterol on coronary vascular resistance and myocardial metabolism in patients with coronary artery disease. Acta Anaesth Scand* 1980; 24: 11-16.
25. Mjos OD, Kjekshus JK, Lekven J. *Importance of free fatty acids as a determinant of myocardial oxygen consumption and myocardial ischemic injury during norepinephrine infusion in dogs. J Clin Invest* 1974; 53: 1290-1279.
-