

개에서 Norepinephrine이 상완 및 대퇴동맥에서의 압력과 혈류량에 미치는 영향

연세대학교 의과대학 마취과학고실

김진호 · 박영환 · 남상범 · 홍용우 · 서문석 · 광영란

= Abstract =

The Effect of Norepinephrine on Blood Pressure and Blood Flow of the Brachial and Femoral Arteries

Jin Ho Kim, M.D., Young Hwan Park, M.D., Sang Beom Nam, M.D.
Yong Woo Hong, M.D., Mun Seok Seo, M.D., and Young Lan Kwak, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Arterial pressure is the most commonly utilized guideline for the management of critically ill patients. However, the site of arterial pressure monitoring can impact the observed pressure. In patients undergoing cardiac surgery, peripheral arterial pressure can underestimate central aortic pressure and vasodilators magnify this phenomenon. There was also a large discrepancy between radial and femoral artery pressure in endotoxemic patients treated with vasopressors or hypothermic patients. We evaluated the effect of the continuous infusion of norepinephrine, the most commonly used vasopressor, on pressure and blood flow in both the brachial and femoral artery in dogs in normal condition.

Methods: Both the brachial and femoral arteries were cannulated for pressure monitoring and the other side arteries were exposed for the measurement of blood flow in 10 dogs. Two doses of norepinephrine (NE), 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ and 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, were infused for 10 minutes each in sequence. Hemodynamic variables and blood flow were measured before the infusion of NE, and immediately after the infusion of the two doses of NE.

Results: NE increased both brachial and femoral arterial pressures with no difference between the two pressures. NE decreased blood flow in both brachial and femoral arteries even though cardiac output was maintained constantly which means NE caused the redistribution of blood flow.

Conclusions: Unlike endotoxemic shock conditions or hypothermic vasoconstriction, NE didn't show different effects on pressure monitoring sites regardless of their diameter in normal condition. NE increased blood pressure and decreased blood flow in the same degree in both the brachial and femoral artery. (Korean J Anesthesiol 2000; 39: 417~422)

Key Words: Measurement techniques, blood flow: brachial artery; femoral artery. Monitoring, blood pressure: brachial artery; femoral artery. Sympathetic nervous system: pharmacology; norepinephrine.

논문접수일 : 2000년 7월 12일

책임저자 : 광영란, 서울시 서대문구 신촌동 134, 연세의료원 마취과, 우편번호: 120-720

Tel: 361-7224, Fax: 364-2951, E-mail: ylkwak@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

조직의 원활한 활동을 위해 충분한 산소와 영양분을 공급할 수 있는 적절한 혈류량의 유지는 환자 관리에 있어 매우 중요한 부분이나 아직까지는 혈류량을 정확하고도 손쉽게, 비침습적인 방법으로 측정할 수 있는 방법이 없다. 혈압은 조직으로의 혈류량을 반영하는 간접적 지표로써 이용될 수 있는데 이는 어떤 조직에서의 관류압과 그 조직으로의 혈류량은 비례관계에 있다는 가정에 기초하고 있다.¹⁾ 이에 기초하여 현재 임상에서는 환자 상태를 감시하고 서술하는 가장 일반적이고도 손쉬운 방법으로 혈압 측정을 사용하고 있으며 특히 수기중이나 전신 상태가 나쁜 환자에서와 같이 혈액학적 상태 변화가 심한 환자에서 혈압은 매우 중요한 치료의 지침으로 이용되고 있다. 그러나 실제 혈압은 측정부위와 환자의 상태에 따라 매우 달라질 수 있으며 혈류량의 변화와 비례적 관계로 변화하지 않을 수도 있는데 이는 혈압과 혈류량의 상관관계사이에서 혈류에 대한 저항이 작용하기 때문이다. 따라서 혈류에 대한 저항을 변화시킬 수 있는 요인들(혈액 점도, 혈관 길이나 내경의 변화)의 작용에 따라 혈압은 혈류량의 변화와는 다른 양상을 보일 수도 있으며²⁾ 측정부위에 따라 다른 값을 나타낼 수도 있다.

흔히 임상에서 저혈압이 발생하는 경우 이의 치료는 예상되는 원인에 따라 용적부하 또는 심근수축촉진제, 말초혈관수축제 등의 약물치료를 시행하게 되나 갑작스러운 심한 저혈압의 발생시에는 말초혈관수축제를 사용하여 조직의 관류압을 증가시켜주는 것이 필요한데 이때 가장 흔히 치료의 지침(guideline)으로 사용되는 것이 침습적 방법에 의한 요골동맥압의 지속적 감시이다.³⁾ 하지만 요골동맥압은 체외순환을 시행 받는 환자에서는 체외순환 직후 실제 환자의 중심동맥압보다 매우 낮게 관찰되어 치료상의 오류를 유발할 수 있다고 알려져 있으며^{4,5)} 또한 감염성 속 상태로 고용량의 norepinephrine을 점적주입 받고 있는 환자에서 요골동맥압과 대퇴동맥압을 동시에 측정한 결과 요골동맥압이 대퇴동맥압보다 현저히 낮았으며 대퇴동맥압에 근거하여 norepinephrine의 사용량을 감소시킨 후 오히려 환자의 상태가 호전이 되었다는 보고도 있다.⁴⁾ 그러나 이 경우는

패혈성 속에 의한 혈관저항의 변화가 영향을 미쳤다고 생각하며 혈관수축제의 사용이 말초, 중심동맥압에 각기 다르게 영향을 미치는지에 대해서는 알려진 바가 없다. 이에 저자들은 혈관수축제의 사용시 흔한 감시부위로 사용되는 요골동맥압이 중심동맥압(대퇴동맥압)을 제대로 반영하는지와 조직의 관류압을 증가시켰을 때 이에 상응하는 혈류량의 증가를 초래하는지 또는 혈류량의 재분포를 초래하는지를 개실험 모델을 통하여 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

암수 구분 없이 체중 20 kg 내외의 건강한 한국산 잡견 10 마리를 대상으로 하였다. 펜토바비탈소듐(Entobar[®], 한림제약, 한국) 25 mg/kg을 정주하여 마취 유도 후 양와위에서 기관내 삽관을 시행하였다. 조절호흡은 실시하지 않았고 자발호흡을 살린 상태에서 모든 실험을 진행하였다. 피하에 심전극을 설치하여 심전도를 지속적으로 관찰하였으며 대퇴동맥을 노출시켜 동맥의 굵기를 측정하고 혈류량의 측정이 가능하도록 준비하였다. 혈류량의 측정은 초음파 유량계의 계측기(HT 207 Medical Volume Flowmeter and Probe, Transonic System Inc., USA)를 사용하여 시행하였으며 probe의 크기는 동맥의 크기에 따라 3-4 mm 크기의 것을 이용하였다. 반대측 대퇴동맥에 2 inch 20-gauge teflon (Angiocatheter[®], Becton Dickison, USA)을 삽입한 후 50 inch 길이의 low volume, high pressure tube (MEDCOMEP[®], Harleysville, USA)에 2개의 three-way stopcocks를 이용하여 transducer (H91295A[®], Hewlett-Packard Co., USA)에 연결하고 HP transducer는 Space Labs Medical's Patient Care Management System (PCMS[®], Space Labs Medicals, Inc., USA)에 연결한 후 혈압을 관찰, 기록하였다. 말초동맥압과 혈류량의 측정을 위하여 대퇴동맥에서와 동일한 준비를 요골동맥에서 시행하고자 하였으나 개의 요골동맥이 너무 작고 요골동맥을 손상 없이 노출시키는 것이 기술적으로 어려워 요골동맥 대신에 상완동맥에 압력 측정을 위한 카테테르의 삽입하여 대퇴동맥과 동일한 감시장치에 연결하였으며 반대측 상완동맥을 노출시켜 역시 상완동맥혈류량을 측정할 수 있도록 하였다. 또한 대퇴정맥을 통하여 폐동맥 카테테르(Baxter Swan-Ganz[®], Baxter Healthcare

Co., USA)를 삽입하여 폐동맥압과 심박출량을 측정할 수 있도록 하였다. 심박출량은 온도회석법을 이용하여 3회씩 반복 측정 후 평균하였으며 각각의 측정치가 평균치의 10%를 벗어나는 경우는 계산에서 제외하였다. 직장에 체온계를 넣어 체온을 관찰하였으며 모든 감시 장치의 거치가 완료되고 실험견의 활력 징후가 안정되었을 때 혈액학적 변수 및 대퇴, 상완동맥의 혈류량을 측정하여 대조치로 삼았다.

대조치의 측정이 끝난 후 폐동맥 카테테르의 side port를 이용하여 norepinephrine 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 을 10분간 정주한 후 다시 두 동맥에서의 혈압과 혈류량을 측정하고 심박동수, 폐동맥압, 심박출량을 기록하였으며 이후 norepinephrine의 주입속도를 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 으로 증가시켜 다시 10분간 정주한 후 변수들을 측정, 기록하였다. 매 측정시기마다 동맥혈가스분석을 함께 실시하였다.

모든 결과는 평균 \pm 표준편차로 표시하였으며, norepinephrine의 점적주입농도 증량에 따른 상완 · 대퇴동맥압과 혈류량의 변화주이의 통계학적 처리는 SAS program의 mixed 모델을 이용한 반복측정자료의 분석법을 이용하였고 $P < 0.05$ 일 때를 통계학적으로 유의하다고 간주하였다.

결 과

약물을 주입하기 전(대조치)의 개의 상완동맥압과 대퇴동맥압은 각각 145 ± 13 , 144 ± 15 mmHg이었

고 norepinephrine 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 을 10분간 정주한 후 (NE-0.05) 측정된 상완, 대퇴동맥압은 157 ± 57 , 153 ± 19 mmHg로 증가하였으며 norepinephrine 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 을 다시 10분간 점적주입한 후(NE-0.1)의 상완, 대퇴동맥압은 각각 160 ± 15 , 159 ± 15 mmHg로 더욱 증가하였다. 약물주입에 따른 대퇴, 상완동맥압의 증가추세는 통계학적으로 유의 있는 변화양상이었다. 이때 심박출량, 폐동맥압과 심박동수는 의미 있는 변화양상을 나타내지 않았다(Table 1). 혈류량의 변화에 있어서는 대조치의 상완, 대퇴동맥 혈류량은 33.6 ± 12.1 , 90.8 ± 50.7 ml/min이었으며 NE-0.05에 측정하였을 때는 25.5 ± 10.3 , 72.3 ± 41.0 ml/min으로, NE-0.1때는 24.2 ± 0.9 , 67.2 ± 39.1 ml/min으로 유의 있게 감소하는 추세를 보였다. 상완과 대퇴동맥혈류량이 전체 심박출량에서 차지하는 비율도 0.9 ± 0.4 , $2.3 \pm 1.2\%$ 대조치에서 0.8 ± 0.5 , $1.9 \pm 0.8\%$ (NE-0.05), 0.7 ± 0.5 , $1.7 \pm 0.8\%$ (NE-0.1)로 감소하는 것으로 관찰되었는데 상완동맥 혈류량의 감소추세는 통계학적으로 의미 있는 변화양상이었던 반면에 대퇴동맥혈류량의 감소양상은 통계학적으로 의미 있는 변화추세는 아니었다(Table 2). 실험기간 동안 개의 호흡수나 혈중산소분압 및 이산화탄소분압은 일정하게 유지되었으며 혈중산소도도 정상으로 유지되었다.

각 변수들의 통계학적 계수와 P 값은 Table 3과 같다. 이러한 실험결과들의 각 약물농도 간의 비교는 본질적인 관계의 몇몇 측정시간에서의 측정치를 비교하는 것이 아닌 지속적 약물주입 및 증감에 따

Table 1. Blood Pressure Changes Following NE Infusion

	Control	N 0.05	N 0.1
Bbp (mmHg)	146 ± 13	157 ± 17	161 ± 15
Fbp (mmHg)	147 ± 12	154 ± 18	161 ± 14
CO (L/min)	3.7 ± 0.8	3.5 ± 1.0	3.6 ± 1.0
HR (beats/min)	180 ± 19	168 ± 25	158 ± 21
PAP (mmHg)	13.8 ± 5.2	14.2 ± 4.8	13.6 ± 5.2

All values are expressed as mean \pm SD.

NE: norepinephrine, N 0.05: continuous infusion of norepinephrine 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ for 10 min, N 0.1: continuous infusion of norepinephrine 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ for 10 min, Bbp: brachial arterial blood pressure, Fbp: femoral arterial blood pressure, CO: cardiac output, HR: heart rate, PAP: pulmonary arterial pressure.

Table 2. Blood Flow Changes Following NE Infusion

	Control	N 0.05	N 0.1
Bfl (ml/min)	33.6 ± 12.1	25.5 ± 10.3	24.2 ± 9.0
Ffl (ml/min)	90.8 ± 50.7	72.3 ± 41.0	67.2 ± 39.1
Bfl/CO (%)	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.5	0.7 ± 0.5
Ffl/CO (%)	2.3 ± 1.2	1.9 ± 0.8	1.7 ± 0.8

All values are expressed as mean \pm SD.

NE: norepinephrine, N 0.05: continuous infusion of norepinephrine 0.05 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ for 10 min, N 0.1: continuous infusion of norepinephrine 0.1 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ for 10 min, Bfl: brachial blood flow, Ffl: femoral blood flow, Bfl/CO: ratio of brachial blood flow for cardiac output, Ffl/CO: ratio of femoral blood flow for cardiac output.

Table 3. Solution for Fixed Effects of Norepinephrine Infusion

	Estimate	Standard error	P-value
Bbp (mmHg)	7.83	1.49	0.0001
Fbp (mmHg)	8.10	1.50	0.001
Bfl (ml/min)	-4.86	0.79	0.001
Ffl (ml/min)	-8.33	3.53	0.033
Bfl/CO (%)	-0.99	0.36	0.0144
Ffl/CO (%)	-2.60	1.24	0.05

Bbp: brachial blood pressure, Fbp: femoral blood pressure, Bfl: brachial blood flow, Ffl: femoral blood flow, Bfl/CO: ratio of brachial blood flow for cardiac output, Ffl/CO: ratio of femoral blood flow for cardiac output.

른 변화의 추이를 살펴보고자 하여 mixed 모델을 이용한 반복측정자료분석법을 사용하였다. 이를 위해서는 여타 변수들이 일정하게 유지되어야 하는데 본 실험에서는 심박출량, 폐동맥압과 심박동수가 특별한 변화추이 없이 일정하게 유지되어 이러한 통계분석을 가능하게 하였다.

고 찰

요골동맥압의 관찰은 중환자 관리 영역에서 가장 흔하게 이용되는 감시방법의 하나로써 수기가 용이하고 합병증이 적으며 비용이 저렴하면서도 중심동맥압을 제대로 반영한다고 알려져 있기 때문이다.^{8,9)} 물론 동맥압은 혈관계의 임피던스(impedance)와 조화공명(harmonic resonance)과 같은 물리적 성질의 영향으로 측정부위에 따라 차이가 나서 말초로 갈수록 수축기동맥압은 증가되고 이완기동맥압은 감소되는 맥압의 증가현상이 나타나나 평균동맥압은 거의 차이가 없다고 알려져 있다.¹⁰⁾ 그러나 개심술을 시행받는 환자에서 체외순환 직후에 요골동맥압(수축기, 이완기, 평균)이 중심동맥압보다 의미 있게 낮을 수 있으며 이러한 현상을 숙지하고 있지 않으면 환자 치료시 잘못된 결정을 내릴 수도 있음은 이미 잘 알려진 사실이다.¹¹⁾ 이 외에도 Dorman 등은⁴⁾ 고용량의 혈관수축제로 치료받고 있는 감염성 쇼크 환자에서도 요골동맥압이 대퇴동맥압보다 현저히 낮아 과도한 혈관수축제의 사용을 초래했다고 보고한 바 있다. Dorman 등의⁴⁾ 연구 결과는 감염성 쇼크 상태에 있

는 환자를 대상으로 한 것으로 이는 개심술을 시행받는 환자에서 재개시 말초혈관으로의 혈류량의 증가와 확장에 의해 혈압이 감소하게 되는 것과 비슷한 현상에 의해 요골동맥압이 실제 중심동맥압보다 낮아진 것으로 생각되며 패혈증으로 말초혈관의 혈관수축제에 대한 반응정도가 감소되는 것과도^{12,13)} 깊은 관계가 있다고 생각되나 이 실험에서 혈류량을 측정하거나 다른 원인들을 규명하지는 않았기 때문에 정확한 원인을 알기는 어렵다. Maruyama 등도¹⁴⁾ 혈관확장제 사용시 요골동맥압이 중심동맥압보다 낮아지는 현상이 심화된다고 보고한 바 있다. 이와는 반대로 혈관수축제가 말초, 중심동맥압에 미치는 영향에 대해서는 알려진 바가 없으며 다만 Hynson 등이¹⁵⁾ 저체온에 의한 말초혈관의 수축시 요골동맥압이 급격히 상승하여 중심동맥압보다 현저하게 높아진다고 보고한 바 있어 혈관수축제의 사용은 중심동맥압보다는 말초동맥압을 더욱 상승시키고 이는 혈류량의 분포에도 영향을 미칠 것이라고 예상되었었다. 이에 저자들은 말초, 중심동맥압간의 차이를 보고한 여타의 조건, 즉 체외순환 직후나 패혈성 쇼크, 저체온 상태와 같이 심혈관계가 불안정하거나 심장기능의 장애가 초래될 수 있는 상태 등과 달리 심혈관계의 기능과 체온이 안정적으로 유지되고 심박출량과 폐동맥압, 심박동수가 모두 일정하게 유지되는 상태에서 혈관수축제가 다른 부위와 굵기의 두 동맥에 미치는 단독의 영향을 직접적으로 관찰할 수 있도록 본 실험을 고안하였으며 예상과 달리 정상상태의 개에서 혈관수축제 자체는 말초, 중심동맥압을 같은 정도로 상승시킴을 알 수 있었다. 따라서 혈관수축제에 의한 말초-중심동맥압의 반응의 정도의 차이는 환자의 전신 상태에 따라 영향을 받으며 말초, 중심동맥 자체의 반응정도가 다른 것은 아님을 알 수 있었다.

또 한가지 본 실험을 통하여 확인할 수 있었던 사실은 혈압을 상승시키는, 즉 조직으로의 관류압을 높여주는 것이 반드시 혈류량의 증가를 유발하지는 않는다는 점이다. 그 동안 혈관수축제의 사용과 관련하여 강력한 말초동맥수축제인 norepinephrine이 말초혈관을 수축시켜 말초동맥압은 상승시키나 이러한 동맥수축효과의 결과로 오히려 조직으로의 혈류량을 감소시킬 수 있다는 논란이 제기되어 왔다.^{16,17)} 본 연구에서도 말초혈관수축제인 norepinephrine이 관류

압을 증가시켰으나 상완동맥혈류량과 대퇴동맥혈류량은 모두 혈압의 증가에 비례하여 감소함을 확인할 수 있었는데 심박출량이 일정하게 유지됨에도 불구하고 사지로의 혈류량이 감소한 것은 norepinephrine에 의해 혈류량의 재분포가 일어난 것으로 생각된다. 흥미로운 것은 이러한 혈류량의 감소가 말초혈관 뿐만 아니라 대퇴동맥에서도 나타났다는 점인데 이는 norepinephrine에 의한 혈류량의 재분포가 동맥의 굵기보다는 장기에 따라 다르게 일어남을 의미하는 것으로 보여진다. Schaer 등이나¹⁶⁾ Szabo 등의¹⁷⁾ 보고와 달리 Martin 등이나¹⁸⁾ Meier-Hellmann 등은¹⁹⁾ 감염성 속 상태의 환자에서 norepinephrine이 내장혈관영역(splanchnic vascular bed)으로의 혈류량을 증가시킨다고 보고하였으며 Maddens 등도²⁰⁾ 혈장내 norepinephrine의 농도가 증가하면 심혈관 및 대뇌로의 혈류량이 증가한다고 보고한 것으로 미루어 norepinephrine에 의한 혈류량의 재분포 양상 역시 환자의 상태에 따라 영향을 받는다고 여겨지며 본 연구 결과로 미루어 정상상태에서는 사지로의 혈류량을 감소시킨다고 사료된다.

본 연구에서는 애초의 의도와는 달리 기술적인 어려움으로 요골동맥압 대신 상완동맥압을 측정하였으며 이로 인해 진정한 말초동맥압을 보여 주지는 못하였는데 실제 측정된 상완동맥의 직경은 2.4 ± 0.2 mm, 대퇴동맥의 직경은 4.0 ± 0.9 mm로 사람에서의 요골, 대퇴동맥간의 크기의 차이와는 많은 차이가 있어 실제 사람에서와는 차이가 있다고 보여진다. 또한 본 실험에서 두 동맥에서의 압력은 동시에 측정하였으나 혈류량은 유량계가 하나인 관계로 상완, 대퇴동맥에서 순차적으로 측정하였는데 본 실험의 통계처리 방법이 어느 한 시점에서의 절대적인 측정값을 두 동맥간에 비교해보는 것이 아닌 두 측정부위에서의 변화의 양상이 의미 있는 경향을 보이는가를 살펴보는 것이었기에 결과에 영향을 미치는 문제는 아니라고 본다.

결론적으로 저자들은 본 실험을 통하여 norepinephrine의 점적주입은 상완동맥압과 대퇴동맥압을 같은 정도로 상승시켜 저체온시와 같은 두 동맥압의 차이를 유발하지는 않으며 심박출량이 일정하게 유지되는 상태에서도 혈압의 상승과는 반비례하여 사지로의 혈류량을 감소시키는 혈류의 재분포를 유발함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Bulls: Vascular pressures and critical care management. *Nurs Clin North Am* 1981; 16: 225-39.
2. 홍용우: 동맥압 측정. 최신 중환자 의학, 연세대학교 의과대학 마취과학고실 편. 서울, 아카데미아. 1996, pp 60-1.
3. Lake CL: Cardiovascular anesthesia. New York, Springer-Verlag. 1985, pp 8.
4. Dorman T, Breslow MJ, Lipsett PA, Rosenberg JM, Balsler JR, Almog Y, et al: Radial artery pressure monitoring underestimates central arterial pressure during vasopressor therapy in critically ill surgical patients. *Crit Care Med* 1998; 26: 1646-9.
5. Pauca AL, Hudspeth AS, Wallenhaupt SL, Tucker WY, Kon ND, Mills SA, et al: Radial artery-to-aorta pressure difference after discontinuation of cardiopulmonary bypass. *Anesthesiology* 1989; 70: 935-41.
6. Urzua J: Aortic-to-radial arterial pressure gradient after bypass. *Anesthesiology* 1990; 73: 191.
7. Gravlee GP, Brauer SD, O'Rourke MF, Avolio AP: A comparison of brachial, femoral and aortic intra-arterial pressures before and after cardiopulmonary bypass. *Anaesth Intensive Care* 1989; 17: 305-11.
8. Slogoff S, Keats AS, Arlund C: On the safety of radial artery cannulation. *Anesthesiology* 1983; 59: 42-7.
9. Reich DL, Moskowitz DM, Kaplan JA: Hemodynamic monitoring. *Cardiac Anesthesia*, 4th ed. Edited by Kaplan JA, Konstadt SN, Reich DL. Philadelphia, W.B. Saunders Co. 1999, pp 323-5.
10. Remington JW, Wood EH: Formation of peripheral pulse contour in man. *J Appl Physiol* 1956; 9: 433-42.
11. 광영란, 홍용우, 방서욱, 유은숙, 장정화, 한승연 등: 관상동맥우회술 및 관막대치술 환자에서 체외순환 전·후의 대퇴·요골동맥압간의 차이의 변화 비교. *대한마취과학회지* 1997; 32: 260-6.
12. Bellomo R, Kellum JA, Wisniewski SR, Pinsky MR: Effects of norepinephrine on the renal vasculature in normal and endotoxemic dog. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1186-92.
13. Breslow MJ, Miller CF, Parker SD, Walman AT, Traystman RJ: Effect of vasopressors on organ blood flow during endotoxin shock in pigs. *Am J Physiol* 1987; 252: H291-300.
14. Maruyama K, Horiguchi R, Hashimoto H, Ohi Y, Okuda M, Kurioka T, et al: Effect of combined infusion of nitroglycerin and nicardipine on femoral-to-radial arterial pressure gradient after cardiopul-

- monary bypass. *Anesth Analg* 1990; 70: 428-32.
15. Hyson JM, Sessler DI, Moayeri A, Katz JA: Thermoregulatory and anesthetic-induced alterations in the differences among femoral, radial and oscillometric blood pressures. *Anesthesiology* 1994; 81: 1411-21.
 16. Schaer GL, Fink MP, Parrillo JE: Norepinephrine alone versus norepinephrine plus low-dose dopamine: enhanced renal blood flow with combination pressor therapy. *Crit Care Med* 1985; 13: 492-6.
 17. Szabo L, Kovach AG, Babosa M, Greenberg JH, Revich M: Effect of sustained norepinephrine infusion on local cerebral blood flow in the rat. *Circ Shock* 1983; 10: 101-17.
 18. Martin C, Papazian L, Perrin G, Saux P, Gouin F: Norepinephrine or dopamine for the treatment of hyperdynamic septic shock? *Chest* 1993; 103: 1826-31.
 19. Meier-Hallmann A, Specht M, Hannemann L, Hassel H, Bredle DL, Reinhart K: Splanchnic blood flow is greater in septic shock treated with norepinephrine than in severe sepsis. *Intensive Care Med* 1996; 22: 1354-9.
 20. Maddens M, Sowers J: Catecholamines in critical care. *Crit Care Clin* 1987; 3: 871-82.
-