

## 혈역학적으로 불안정한 환자의 관리

세명대학교 의과대학 마취과학교실

김 진 모

Management of the Hemodynamically Unstable Patient

Jin Mo Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Keimyung University School of Medicine, Teagu, Korea

심박수와 리듬의 장애, 저혈압, 고혈압, 심근허혈, 울혈성 심부전 및 저관류상태와 같은 혈역학적으로 불안정한 상태는 마취과 의사나 중환자를 담당하는 의사가 마취중 혹은 술후 중환자실에서 자주 접하게 되는 문제점들이다. 물론 위에서 언급한 문제점들이 동시에 나타나서 환자의 혈역학을 악화시킬 수도 있다. 따라서 마취과 의사와 중환자를 담당하는 의사의 중요한 수기중의 하나가 혈역학적으로 불안정한 환자를 신속히 인지하여 진단하고 처치하는 능력이다. 이와 같은 수기는 심박출량을 결정하는 인자와 주요 장기에 심박출량의 분포상태와 임상증상과 혈관작용약물의 약리적인 상세한 지식에 기본을 두어야 한다.

심혈관계의 기본 역할은 인체조직과 장기에 산소와 영양물질을 공급하고 탄산가스와 대사물질을 제거하는 것이다. 장기의 기능이 정상으로 유지되면 조직의 관류상태가 적당하다는 것을 의미한다. 마취과 의사나 중환자를 담당하는 의사는 심혈관 기능에 이상이 있는 환자와 자주 접하게 된다. 그러므로 이들의 심혈관 기능을 판정하기 위하여 환자의 혈역학적 상태를 직접적인 방법으로 감시하여야 한다.

### 혈역학적으로 불안정한 환자의 인지

정상적인 장기기능을 유지할 수 없는 전(global) 혹은 국소적인(regional) 저관류상태를 넓은 의미로 혈역학적 불안정이라고 정의한다. 혈역학적으로 불안정한 환자를 인지한다는 것은 장기 관류상태의

평가를 의미한다. 관상동맥과 뇌동맥의 혈류 자가조절은 적당한 동맥압에 따른 심근과 뇌조직의 관류상태를 나타내므로 혈역학적으로 불안정한 환자의 치료는 뇌조직과 심근조직의 관류상태를 회복시켜야 한다. 그러므로 혈역학적으로 불안정한 환자를 인지할 수 있는 임상증상을 대부분 저혈압이다.

심장과 뇌조직의 적당한 관류를 위하여 최소한의 동맥압이 유지되어야 한다. 수면시 환자의 동맥압이 약 20% 감소하기 때문에 이 범위를 안전한 범위로 생각할 수 있다. 혈역학적 불안정한 환자의 처치의 우선 순위는 동맥압(수축기압, 평균동맥압, 이완기압)이다. 대다수의 중환자에서 각 장기의 관류를 유지할 수 있는 최소혈압을 결정하는 것은 사실상 상당히 어려운 문제점이다. 적당한 뇌, 심장 및 신장의 관류를 유지하기 위한 동맥압은 개인의 차이가 날 수 있다. 그러므로 정상 혈압범위를 결정하기 위하여 술전 환자의 혈압을 알아 둘 필요가 있다. 대부분의 의사들은 수축기 동맥압에 중점을 두고 치료하는 경향이 있으나 말초부위에서 측정한 수축기 동맥압은 중심부의 수축기 대동맥압과 의미 있는 차이가 날 수 있다. 평균 및 이완기동맥압은 측정 부위에 따라 일관되게 차이를 보이는 경향이 있다. 더욱기, 뇌와 신장혈류 자가조절은 평균동맥압에 의존하지만 관상동맥 혈류량은 이완기동맥압에 영향을 받는다. 이러한 이유로 평균과 이완기동맥압이 장기에 따라 중요한 기능을 한다. 혈역학적으로 불안정한 환자의 가장 흔한 임상증상이 저혈압이지만 적당한 혈압이 적당한 심박출량을 의미하는 것

은 아니다. 평균동맥압은 다음과 같은 공식으로 얻을 수 있다.

$$\text{MBP} = \text{CO} \times \text{SVR} + \text{CVP}$$

(MBP: 평균동맥압, CO: 심박출량, SVR: 전신혈관저항, CVP: 중심정맥압)

그러므로, 적당한 동맥압은 심박출량이 감소하더라도 전신 혈관저항이 높으면 유지될 수 있다. 혈역학적으로 불안정한 환자를 인지하여 치료하기 위하여 심박출량을 평가하여야 하고 요량과 말초관류상태 및 산-염기상태와 같은 임상적인 평가가 도움을 준다. 그러나, 경우에 따라서는 저심박출량의 임상증상이 오진될 수 있으므로 직접적인 방법으로 심박출량을 측정할 필요가 있다.

혈류직행 폐동맥 카테테르(flow directed pulmonary artery catheter)를 사용하여 열회석법으로 쉽게 심박출량을 측정할 수 있다. 폐동맥 카테테르의 이점에 대한 논쟁이 여전히 있지만 혈역학적으로 불안정한 환자를 합리적으로 치료하기 위하여 심박출량 측정은 필요하다.

### 감별진단 및 생리

장기의 부적절한 관류상태는 저심박출량이나 전신혈관저항의 감소로 일어난다. 그러므로 혈역학적으로 불안정한 환자를 평가하기 위하여 저심박출량 혹은 전신혈관저항의 감소로 인한 것인지를 감별진단을 하여야 한다. 전신혈관저항의 감소로 인한 판류부전은 혈관수축제로 간단히 치치가 될 수 있다. 그러나, 저심박출량의 치료는 여러 요소가 포함되어 있어서 전신혈관저항의 감소처럼 단순하지 않다. 심박출량의 구성 요소는 편리하게 심박수, 전부하, 수축력 및 후부하로 구분한다.

전부하



심박수 및 리듬  $\Rightarrow$  심박출량  $\Leftarrow$  수축력



후부하

#### 1) 심박수 및 리듬

과도한 서맥이나 빈맥은 저심박출량의 원인이 된

다. 빈맥은 좌심실의 이완기가 짧아서 심실 충만이 되지 않아 저심박출량이 된다. 또한 심실 산소요구량이 증가되고 이완기판류시간이 짧아져서 심근의 산소공급이 감소되어 심근허혈이 유발되어 심실 기능부전에 이르게 된다. 한편, 일회박출량에 심박수를 곱한 값이 심박출량이기 때문에 심박수가 감소될 때 심장이 일회박출량을 증가시키지 못하면 심박출량은 감소된다. 적당한 심박수는 개인에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 분당 50~90회를 정상으로 본다. 판막 폐쇄부전 같은 질환은 정상범위내의 상한선인 분당 80~90회가 적당하고 판막협착과 심근허혈 같은 질환은 정상범위내의 하한선인 분당 50~60회가 적당하다고 본다. 적당한 심박출량을 유지하기 위하여 정상 리듬은 필수적인 요소이다. 정상 심장 주기 즉, 심방 수축후 심실 수축이 곧 일어나면 심장수행능력은 향진된다. 가능하면 저심박출 증후군의 치료의 첫 단계가 부정맥을 교정하는 것이라는 것을 명심하여야 한다.

#### 2) 전부하

전부하의 평가는 혈역학적으로 불안정한 환자를 치치하기 위한 가장 단순하고 중요한 수기중 하나이다. 심실 말기이완기용적을 전부하라고 한다. Frank-Starling 법칙에 의하면 심근의 수축력을 심근의 길이가 길어지면 증가된다. 정상인의 심근에서 Frank-Starling 기전이 심박출량의 증가를 위하여 가장 중요한 기전이 된다. 저혈량은 술중뿐만 아니라 중환자실에서 저심박출량과 저혈압의 가장 혼란 원인이 된다.

좌심실 말기이완기용적을 직접적으로 측정하는 것은 술중 경식도 초음파를 임상적으로 이용하기 전에는 어려움이 많았다. 경식도 초음파를 이용하여 좌심실 이완말기용적을 지속적으로 측정할 수 있다. 심초음파를 이용할 수 없으면 이완기말용적 대신에 이완말기압으로 대체할 수 있다. 좌심실 이완말기용적에 대체로 비례하는 좌심실 이완말기압은 좌심방압이나 폐동맥폐쇄압을 측정함으로써 얻을 수 있다. 좌심방압이나 폐동맥 카테테르를 이용할 수가 없으면 우심방압을 측정함으로써 전부하를 측정하기도 한다. 압력을 측정하여 전부하를 평가할 때는 용적과 압력사이의 상관관계는 심실 유순도에 의하여 결정된다는 것을 상기하여야 한다. 유순도는 환자에

따라 차이가 있을 수 있으며 술중 혹은 중환자실에서 측정하는 시기에 따라 변할 수 있다. 더욱기, 압력을 측정하는 부위와 심실사이의 병리상태로 인해 전부하를 측정하는데 오차가 일어날 수 있다. 예를 들면 폐동맥폐쇄압에 의한 좌심실 이완압은 송모판 협착증이 있거나 심한 폐정맥율혈이 있을 경우에 압력과 용적사이에 상관관계가 떨어진다. 심장압전이나 기흉은 전부하는 감소하는 반면 팽만압은 증가될 수가 있다. 마찬가지로, 우심방압에 의한 좌심실 전부하의 측정은 좌우심실기능이 차이가 있을 때는 오차가 날 수 있다.

### 3) 심근 수축력

수축력이란 isolated muscle strip의 단축되는 속도 (velocity of shortening)로 정의한다. 그러나, 전부하와 후부하가 심장에 미치는 영향을 완전히 배제하기가 사실상 어렵기 때문에 정상 심장의 수축력을 평가하기가 어렵다. 수술실에서 수축력을 직접적으로 측정하는 방법은 박출계수나 경식도 초음파를 이용하여 말기수축기용적을 측정한다. 박출계수가 낮거나 말기 수축기용적이 크면 수축력이 떨어진 것으로 생각한다. 경식도 초음파를 이용할 수 없으면 전부하의 증가에 따른 심박출량의 증가를 심실기능곡선 (ventricular function curve)을 이용하여 측정할 수 있다.

### 4) 후부하

심실박출시에 부가되는 외부의 힘을 후부하로 정의한다. 저항을 임상적으로 측정하기가 어렵기 때문에 전신혈관저항을 후부하로 대체하여 이용하고 있다. 전신혈관저항은 엄밀하게 non-pulsatile flow에 적용되므로 대부분의 경우에 후부하를 정확히 반영하지는 않는다.

## 혈역학적으로 불안정한 환자의 약물처치

심박출량을 결정하는 인자를 정상 범위내로 회복시켜 주는 것이 치료의 원칙이다. 심근 수축력과 후부하의 이상은 승압제와 심근 수축제 및 혈관 이완제로 치료할 수 있다.

### 1) 승압제

승압제는 심박출량은 적당하지만 뇌조직과 관상

동맥의 판류가 저하되어 있을 경우 적응이 된다. Phenylephrine은  $\beta$  효능이 거의 없는 강력한  $\alpha$ -adrenergic agonist로서 가장 흔히 사용하는 혈관 수축제이고 마취 유도시나 혹은 심폐 우회술시 일어나는 전신혈관저항의 감소에 가장 흔히 사용하는 약제이다. 또한, amrinone이나 milrinone같은 phosphodiesterase inhibitor 투여시 나타나는 과도한 혈관확장에도 사용한다. 그 외의 승압제로는 methoxamine, calcium, metaraminol과 ephedrine이 있다. 후자의 두 약제는  $\beta$ -adrenergic agonist property를 가지고 있으며 혈관 수축력이 우수하다. Catecholamine보다는 강력하지 않지만 중등도의 저혈압의 치료에 이용된다. Calcium도 역시 혈관 긴장도를 증가시키고 이온화된 혈장 calcium이 낮을 경우 투여하면 심근수축력도 증가시킨다.

### 2) 심근 수축제

심근 수축력을 증가시키는 약물들은 많이 있으나 histamine이나 glucagon같은 약제는 흔히 사용되는 약제는 아니다. 가장 많이 사용하는 catecholamine이나 phosphodiesterase inhibitor에 대하여 말하고자 한다.

수축력을 증가시키는 가장 흔한 catecholamine은 isoproterenol, dopamine, dobutamine, epinephrine 및 norepinephrine이다. 이와 같은 약제는  $\beta$ -adrenergic agonist이고 myocyte 표면에 위치하는  $\beta$ -receptor와 결합한다. 이것이 adenylate cyclase를 자극하여 cyclic adenosine monophosphate(cAMP)의 형성을 증가시켜 수축력을 증가시킨다. Catecholamine은  $\alpha$  및  $\beta_2$ -receptor를 활성화시키는 정도가 서로 다르고 약제들의 혈관에 대한 영향이 주로 임상적인 차이점으로 나타난다. 순수한  $\beta$ -adrenergic agonist 작용에서  $\alpha$ -adrenergic agonist까지의 순서는 isoproterenol, dobutamine, dopamine, epinephrine 및 norepinephrine이다. 순수한  $\beta$ -adrenergic agonist인 isoproterenol은 수축력은 증가시키고 혈관은 확장되는 modulator이고 dopamine과 epinephrine은 저용량에서는 혈관을 확장시키고 고용량에서는 혈관 수축이 일어난다. 또한 norepinephrine은 혈관 수축이 일어난다. Catecholamine의 심박수에 대한 영향도 서로 다르다. 대체로 혈관 긴장도에 대한 영향과 일치하고 isoproterenol은 빈맥을 유발하고 norepinephrine은 심박수의 증가가 거의 없다.

만성 심부전이나 심폐우회술 중에는 심근의  $\beta$ -recep-

tor의 수도 감소(down regulation)하고 또한  $\beta$ -agonist에 대한 반응이 감소(desensitization)한다. 이와 같은 변화때문에 작용기전이 catecholamine과 달리  $\beta$ -receptor에 의존하지 않고 심근의 수축력을 증가시키는 약제가 필요하다. Amrinone과 milrinone과 같은 phosphodiesterase inhibitor가 inodilator이고 앞에서 언급한 기전에 적합한 약제이다. Phosphodiesterase inhibitor는 c-AMP의 파괴를 억제함으로써 c-AMP를 증가시킨다. 이 결과 수축력을 증가시키고 혈관을 확장시킨다. 정맥과 동맥의 확장은 전부하와 전신혈관저항의 증가를 정상화시킬 수 있다. Amrinone과 milrinone을 투여시 loading dose와 continuous dose가 필요하다. Catecholamine과는 달리 반감기가 아주 짧아서 효과를 신속히 적정하는데는 부적합하다. Phosphodiesterase inhibitor의 주요 장점은 adrenergic receptor과 관계없이 심근의 수축력을 증가시키는 것이다. 또한 catecholamine과 같이 투여할 경우 효과가 상승하는 것이다. 마취과와 중환자를 담당하는 대부분 의사들은 이차적으로 수축력이 저하된 저심박출시의 치료에 이와 같은 약물적인 치료가 가장 효과가 있다고 믿는다.

### 3) 혈관 확장제

상대적으로 반감기가 짧은 약제는 혈압을 엄격하게 조절하기 위하여 titrate하여 사용하여야 한다. 혈관 확장제는 nitroglycerine, sodium nitroprusside 및 nicardipine이 포함된다.

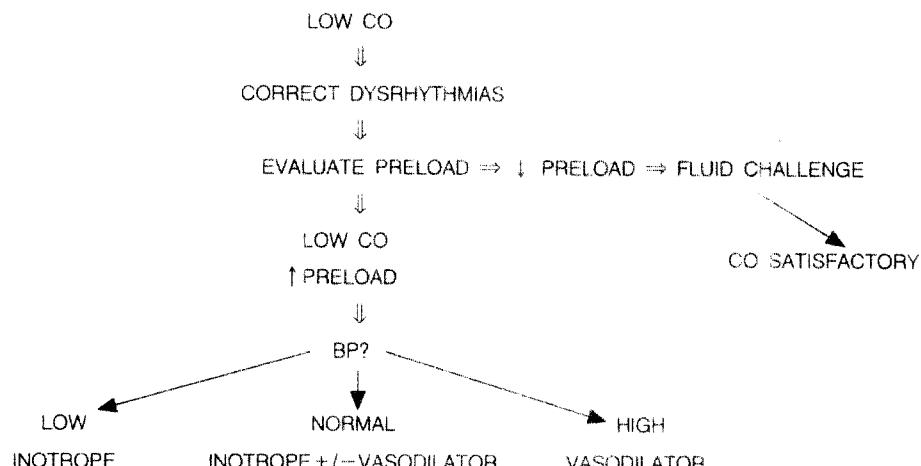
Nitroglycerine과 nitroprusside의 혈관 확장은 guanylate cyclase를 자극하는 nitric oxide에 의하여 유발된다. Cyclic guanosine monophosphate(c-GMP)는 sarcoplasmic reticulum 속으로 calcium을 uptake시켜서 smooth muscle을 이완시킨다. Nitroglycerine은 소량에서는 강력한 정맥혈관 확장제이고 전부하가 유지되지 않으면 실제로 심박출량을 감소시킬 수 있다.

전부하가 높은 상태의 폐율혈과 심근허혈을 치료하기 위하여 nitroglycerine을 투여한다. Nitroprusside는 nitroglycerine보다 강한 동맥 확장제이다. 심장의 후부하가 높으면 전부하가 유지되는 한 심박출량은 증가될 수 있다. 혈압의 변동이 심하면 전부하가 불충분하다는 것을 의미한다. Nitroprusside에 대한 반응은 환자에 따라 변동이 심하기 때문에 저용량(0.25 mcg/kg/min)으로 시작하여 titrate하여 사용하는 것이 좋다.

Calcium 통로차단제인 nicardipine은 최근에 혈관 확장제로서 목록에 기재된 약제이다. Nicardipine은 negative inotropic 약제이지만 후부하의 감소로 심박출량을 의의 있게 증가시킨다. Nicardipine의 주된 장점은 정맥확장 효과를 최소화 할 수 있다는 것이다. 그러므로 경도의 hypovolemia나 심실이완기 기능부전과 같은 전부하에 의존하는 환자에서 바라는 효과를 titration하여 사용할 수 있다.

### 혈역학적으로 불안정한 환자의 치료 순서

혈역학적으로 불안정한 환자의 합리적인 치료 순



서의 첫 단계인 저혈압 치료는 심박출량을 평가하는 것이다. 대체로 심장지수가  $3.0 \text{ L/min/m}^2$  이상으로 적당하면 승압제의 투여가 합리적이다. 심장지수가 낮을 때 혈압이나 심박출량에 따라 다음 표의 순서대로 처치하면 된다.

### 심근 수축제와 혈관 확장제의 선택

환자의 심박수와 혈관 긴장도가 적절히 관련되는 심근 수축제를 선택하는 것이 아주 중요하다. 다음 표는 가장 흔히 사용하는 심근 수축제의 혈역학적 효과를 요약한 것이다.

| DRUG                | HR  | SVR | BP |
|---------------------|-----|-----|----|
| isoproterenol       | ↑↑↑ | ↓↓  | ↓  |
| dobutamine          | ↑↑  | ↓   | ↔  |
| dopamine            | ↑   | ↑   | ↑  |
| epinephrine         | ↑   | ↔   | ↑  |
| norepinephrine      | ↔   | ↑↑  | ↑↑ |
| amrinone, milrinone | ↔   | ↓   | ↓  |

위에서 표시한 혈역학적 반응은 전형적으로 관찰할 수 있는 것이다. 그러나, 개개인의 약제에 대한 반응은 서로 차이가 날 수 있다. 어느 한 약제가 항상 최선의 선택이라고 할 수는 없다.

최선의 약제는 개개인의 병태생리와 환자에 따라 다를 수 있다. 특히, 심근 수축제에 대한 반응은 심실 기능부전의 정도에 따라 다를 수 있고 수축력이 아주 저하되어 있을 때는 inodilator나 vasodilator와 같이 vasodilator property를 가진 약제가 효과적일 수 있다. Vasodilator를 사용할 때 혈압이 하강할 수 있지만 수축력이 현저히 저하되어 있으면 vasodilation

으로 인한 forward flow가 현저히 증가하여 혈관저항의 감소로 인한 저혈압을 거의 대상할 수 있다. 반대로 수축력의 감소가 현저하지 않을 경우에는 후부하의 감소는 일회박출량을 현저히 증가시키지 않으면서 혈압은 떨어진다.

사전에 약제에 대한 hemodynamic profile을 예측할 수 있으며 약제 투여 후 뇌(혈압), 관상동맥(혈압과 심박수), 신장(혈압과 심박출량) 및 장간막(심박출량)의 적절한 판류상태를 유지하기 위하여 환자의 혈역학적 반응을 감시하는 것이 필수적이다.

### 참 고 문 헌

- 1) Kaplan JA: Cardiac anesthesia. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders 1993; pp 1168-91.
- 2) Levy JH: Support of the perioperative failing heart with preexisting ventricular dysfunction. J Cardiothoracic Vasc Anesth 1993; 7: 46-51.
- 3) Zaloga GP, Priellip RC, Butterworth JF, Royster RL: Pharmacologic cardiovascular support. Crit Care Med 1993; 9: 335-62.
- 4) Levy JH, Bailey JM: Amrinone: its effects on vascular resistance and capacitance in human subjects. Chest 1994; 105: 62-4.
- 5) Butterworth JF, Priellip RC, Royster RL, et al.: Dobutamine increases heart rate more than epinephrine in patients recovering from aortocoronary bypass surgery. J Cardiothoracic Anesth 1992; 6: 535-41.
- 6) Royster RL, Butterworth JF, Priellip RC, et al: Combined inotropic effects of amrinone and epinephrine after cardiopulmonary bypass in humans. Anesth Analg 1993; 77: 662-72.
- 7) Bailey JM, Levy JH, Kikura K, et al: Pharmacokinetics of intravenous milrinone in patients undergoing cardiac surgery. Anesth 1994; 81: 616-22.