

중심성 혈액유입량의 변동에 따른 심혈관계의 변화*

계명대학교 의과대학 생리학교실

박원균 · 채의업 · 배재훈**

서 론

중력에 의해 조성된 정수압(hydrostatic pressure)은 심혈관계에 영향을 미치고, 기립위 및 두부하위와 같은 수동적 체위변동은 생체에 대한 중력의 방향을 변화시켜 정수압의 변동을 초래한다. 동시에 체위변동시 경사도의 변화는 사인함수에 비례하여 정수압의 크기를 결정할 것이다(Loeppky et al, 1987). 따라서 정수압의 방향 및 크기의 변화는 중심성 혈액유입량의 변동을 야기하며, 생체는 정수압의 효과를 완화하는 이차적 조절기전으로 혈액학적 변화가 초래된다(Matalon과 Farhi, 1979). 인체에서 수동적 체위변동시 정수압의 영향에 따라 생체의 항상성 유지를 위한 심혈관계의 조절반응 및 혈액재분포에 대한 연구는 저자 등의 전 보고(채 등, 1992) 및 다른 연구자(Roddie와 Shepherd, 1958; Matalon과 Farhi, 1979; Mark와 Mancina, 1983)에 의해 시행되어 중심성 혈액유입에 따른 심혈관계의 조절은 심폐압력수용체 및 동맥압수용체가 관여한다고 한다. 그러나 인체에서 측정된 결과는 방법상 비관찰적이라는 제한이 있으며, 따라서 폐순환계 및 정맥계의 혈행동태 및 조절양상에 대한 연구에는 어려움이 따른다.

이 연구는 마취된 개를 실험대상으로 하여 두부하위 및 기립위의 체위변동시 경사도에 따른 중심성 혈액유입량의 변동과 이에 따른 체순환계 및 폐순환계의 반응을 관찰함으로써 수동적 체위변동시 경사도에 따른 심혈관계 조절반응의 상관관계를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험은 14~22kg의 한국산 잡종성견 9마리를 암

수구별 없이 사용하였으며, pentobarbital sodium 25mg/kg를 정맥주사하여 마취시킨 후 양와위로 경사대에 고정시켰다. 수술로써 좌측 상완동맥(brachial artery)에 카테타를 삽입하여 이를 압력 변환기에 연결한 다음 Narco Bio Systems사의 physiograph(Mark IV)에서 상완동맥압을 기록하였고, 우측 대퇴정맥을 통하여 Swan-Ganz 카테타를 폐동맥의 위치까지 삽입하여 폐동맥압, 폐동맥폐기압(pulmonary arterial wedge pressure) 및 중심정맥압을 physiograph에 연결하여 측정하였다. 외경정맥압 및 대퇴정맥압은 좌측 외경정맥 및 대퇴정맥에서 정맥혈류의 장애가 없도록 카테타를 삽입하였고, 이를 수주(water manometer)에 연결하여 측정하였다. 교류저항 심장기능 측정기(impedance cardiograph, BoMed사)를 사용하여 심박출량, 일회박출량, 심박수, 확장기말 심실용적, 심근수축지수(acceleration index) 및 흉곽내 체액량의 변동을 연속적으로 측정하였다. 체혈관저항은 평균 상완동맥압과 중심정맥압의 차를 초시 심박출량으로 나누어 계산하였고, 폐혈관저항은 평균 폐동맥압과 폐동맥폐기압의 차를 초시 심박출량으로 나누어 계산하였다.

체위변동은 대조체위인 양와위에서 pentobarbital sodium 5mg/kg를 서서히 정주한 후 20분을 기다려 마취제에 의한 심혈관계의 변화가 일정하게 유지될때 양와위에서 두부하위 -6° , -15° , -30° 의 순으로 각각 10분씩 연속적으로 체위를 변동시켰고, 체위변동의 속도는 초당 $0.5\sim 1^{\circ}$ 로 하였다. 다시 양와위에서 동량의 마취제를 투여한 후 동일한 시간후에 이번에는 양와위에서 기립위 6° , 15° , 30° 의 순으로 체위를 변화시켰다. 단, 두부하위와 기립위의 우선 순위는 무작위로 실시하였다. 실험실의 온도는 $23^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 사이를 유지시켰고, 직장온도를 관찰하여 마취후 장시간의 실험에 의한 체온강하 여부를 확인하였다. 양와위에서 체위변화 직전 측정된 값을

* 이 논문은 1993년도 계명대학교 을종연구비 및 동산의료원 조사연구비로 이루어졌음.

** 제11전투비행단 항공의무전대.

대조치로 하고, 두부하위 및 기립위시 각각 6°, 15°, 30°에서 5분 경과후의 심혈관계 반응을 측정하여 양와위에 대한 변화율로 나타내었다. 각 성적은 통계 처리 하여 평균과 표준오차로써 표시하였고, 양와위에 대한 각 체위변동시의 변화는 paired t-test를 사용하여 유의성을 검정하였다.

성 적

수동적 체위변동시 흉곽내 체액량 및 심박출량의 변화는 그림 1과 같다. 흉곽내 체액량의 변동은 두부하위시 경사도에 비례하여 -6°, -15° 및 -30°에서 각각 평균 29, 108 및 213 ml씩 증가(p<0.05)하였고, 기립위로 체위변동시 6° 및 15°에는 각각 33 및 65ml 감소하나 기립위 30°에서는 15°와 비슷한 수준에서 유지되었으며, 두부하위에 비하여 동일 경사도에 있어서의 변동량은 작았다. 심박출량은 두부하위 -6° 및 -15°에서 양와위의 2.45±0.332 l/min에 비하여 점진적인 증가를 보였으나 -30°에서는 -15°에 비하여 오히려 약간 감소하였다. 기립위로 체위변동시 심박출량은 6°, 15° 및 30°에서 점진적으로 증가하는 경향을 보이거나 유의한 변화는 아니었다.

평균 상완동맥압(그림 2)은 두부하위시 -6°, -15° 및 -30°로 경사도의 증가에 따른 유의한 변화는 없었고, 기립위로 체위변동시에도 유의성 있는 변화는 없었다. 평균 폐동맥압의 변화(그림 2)는 두부하위시 경사도가 증가함에 따라 점진적으로 감소하는 양상을 보여 -30° 두부하위에서는 양와위에 비하여 유의성(p<0.05)이 있었다. 기립위로 체위변동시 폐동맥압은 경사도에 따른 유의한 변화양상을 관찰할 수 없었다.

폐동맥쇄기압과 중심정맥압의 변화는 그림 3과 같다. 폐동맥쇄기압은 양와위의 10.3±1.44 mmHg에서 두부하위 및 기립위로 체위변동시 모두 경사도가 증가함에 따라 감소하는 변화양상을 보였다. 중심정맥압은 1.6±0.56 mmHg에서 두부하위시 경사도의 증가에 따라 점진적으로 감소하는 양상이나 -6°를 제외하고는 유의성이 없었다. 기립위시에는 중심정맥압의 유의한 변화를 관찰할 수 없었다.

두부하위로 체위변동시 경사도에 따라 외경정맥압은 증가하고, 대퇴정맥압은 감소하는 유의한 변화(p<0.01)를 나타내었다. 기립위시 대퇴정맥압은 경사도에 비례하여 증가(p<0.01)하지만 외경정맥압은 유의한 변화없이 유지되는 양상을 보였다(그림 4).

수동적 체위변동시 폐혈관저항 및 체혈관저항의 변화는 그림 5와 같다. 체혈관저항은 양와위의 3.5±0.53 unit에서 두부하위 및 기립위시 모두 유의한 변화양상은 보여주지 못하였다. 폐혈관저항은 두부하위에서는 양와위 0.22±0.040 unit에 비하여 유의한 변화가 없었으나 기립위시에는 경사도가 증가함에 따라 폐혈관저항은 점진적으로 증가하는 양상을 보이며 15° 및 30°에서는 유의성(p<0.05)을 나타내었다.

심박수의 변화(그림 6)는 두부하위시 양와위의 분당 146±5.4회에 비하여 유의한 변화없이 유지되는 양상을 보였다. 기립위로 체위변동시 6°에서는 양와위에 비하여 변화가 없었으나 15° 및 30°로 경사도를 증가하였을 때 심박수는 증가하였고, 30°기립위에서는 유의한 증가(p<0.05)를 나타내었다. 일회박출량(그림 6)은 양와위 16.6±1.79ml에서 두부하위시 경사도가 -6° 및 -15°로 증가하였을 때 증가를 보이다가 -30°에서는 -15°에 비하여 약간 감소하였다. 기립위시에는 경사도가 증가함에도 불구하고 일회박출량의 유의한 변화는 보이지 않았다.

확상기반 심실용적의 변화(그림 7)는 양와위 29.9±2.64 ml에서 두부하위시 -6°에서는 유의한 변화가 없으나 -15° 및 -30°에서는 증가하는 양상을 보였다. 기립위시에는 경사도에 따라 약간 증가하는 경향이나 유의한 변화는 아니었다. 심근수축지수(그림 7)는 두부하위 -6° 및 -15°에서 증가하고 -30°에서는 감소하나 유의한 변화는 아니었다. 기립위시에는 경사도에 따라 약간 증가하는 경향이나 유의성은 없었다.

호흡수(그림 8)는 두부하위로 체위변동시 경사도가 증가함에 따라 호흡수도 증가하였고, 기립위시 6° 및 15°에서 변화가 없으나 30°에서는 감소하였다(p<0.05).

고 찰

인체에서 중력에 의한 정수압의 영향은 체위변동의 경사도에 비례한다(Matalon과 Fahri, 1979). 두부하위로 체위변동시 두부 및 흉곽의 중심성 혈액유입량은 경사도 및 체위변동의 시간에 따라 차이는 있으나 증가하며, 이는 주로 하지에 분포하는 혈액의 이동에 의한다(Hargens, 1983; Loepky et al, 1987). 반대로 기립위로 체위변동시는 하지의 혈액저류(Loepky, 1975)와 함께 중심성 혈액유입량의 감소(Moriya et al, 1987)가 유발된다. 저자 등도

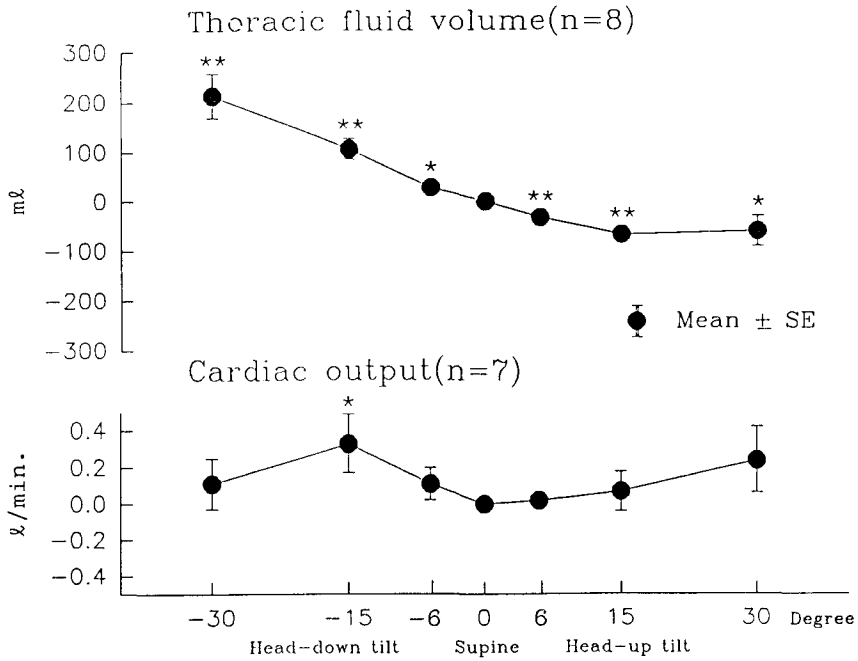


Fig. 1. The changes of thoracic fluid volume and cardiac output at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, for changes compared to the supine.

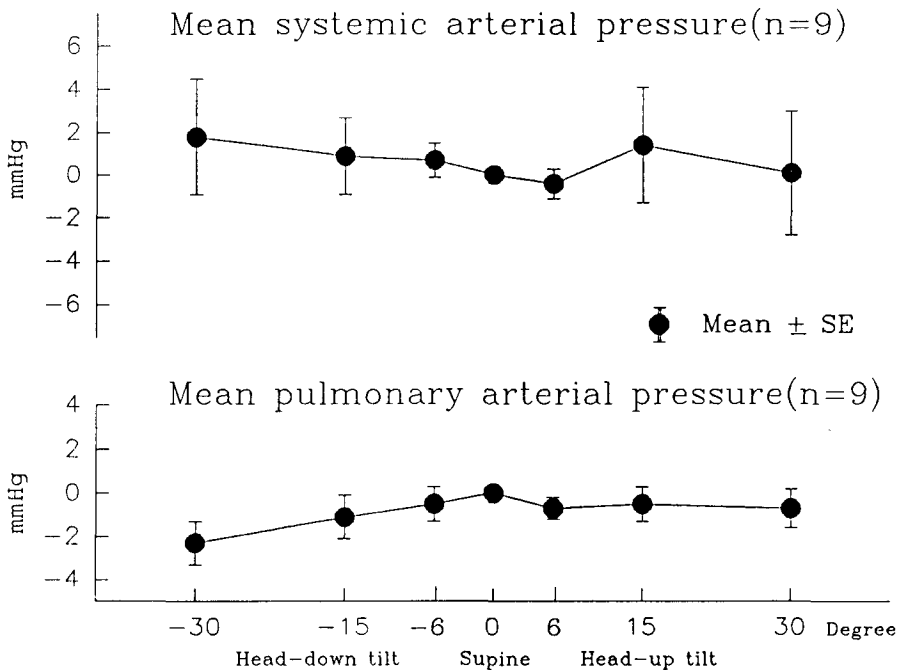


Fig. 2. The changes of systemic and pulmonary arterial pressures at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position.

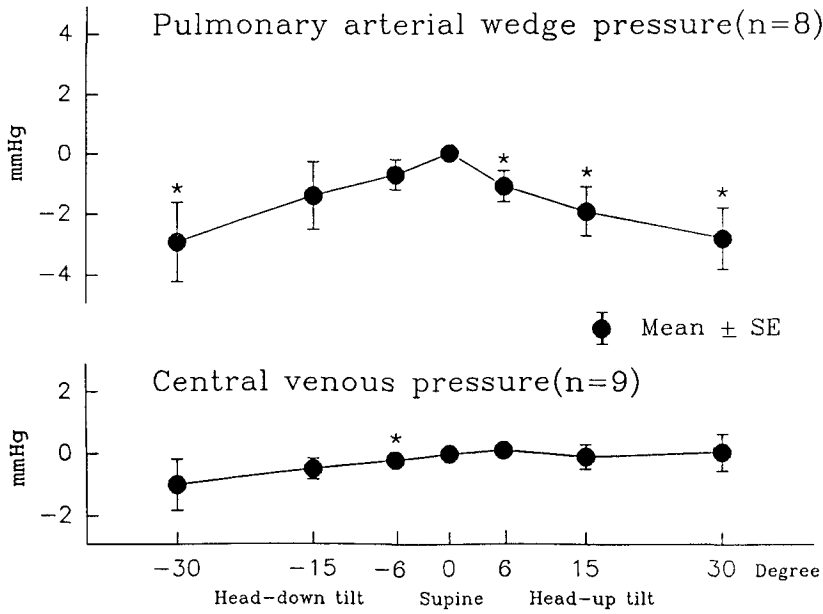


Fig. 3. The changes of pulmonary arterial wedge pressure and central venous pressure at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$ for changes compared to the supine.

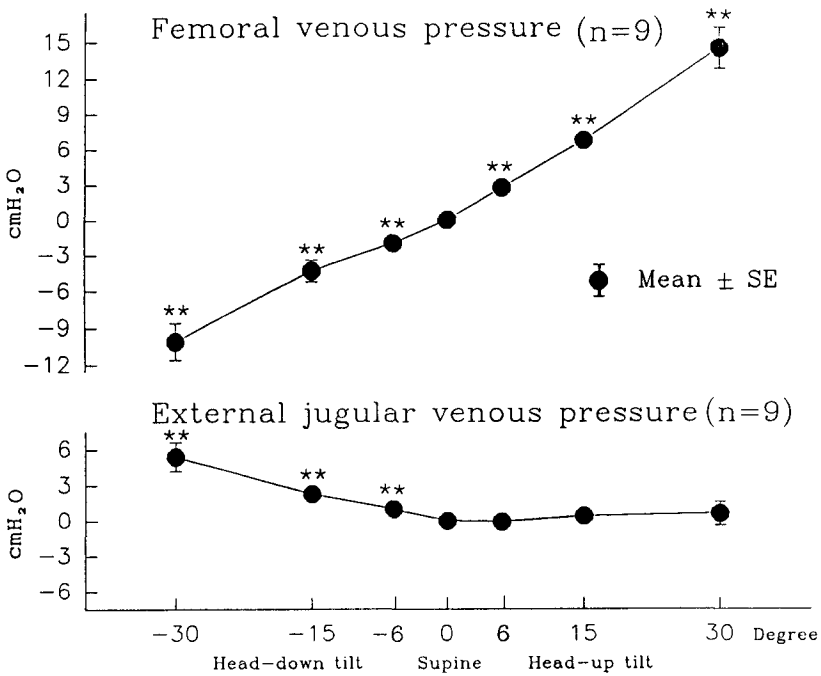


Fig. 4. The changes of femoral and external jugular venous pressures at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. ** $p < 0.01$ for changes compared to the supine.

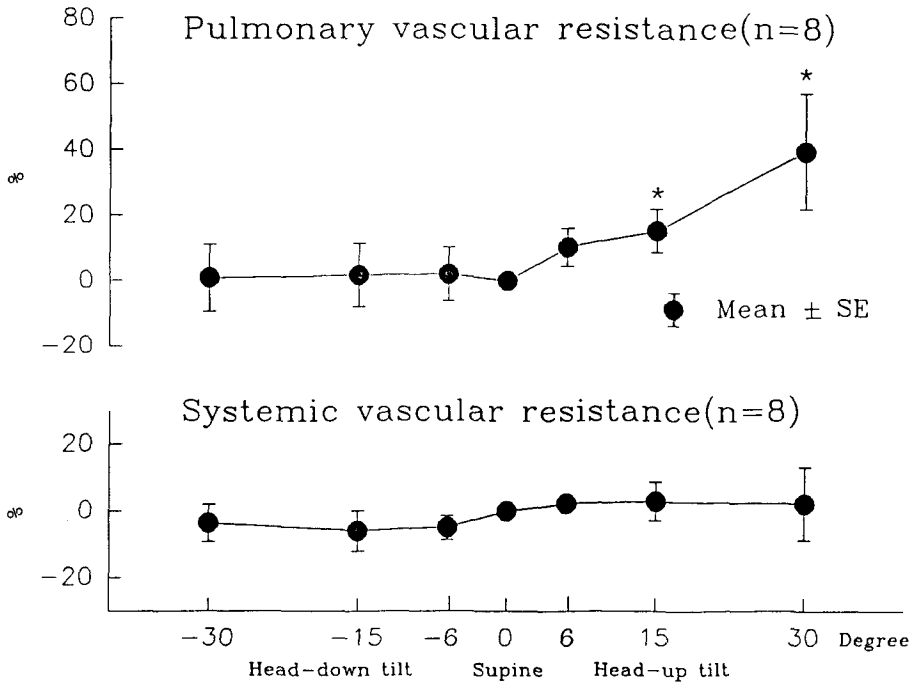


Fig. 5. The changes of systemic and pulmonary vascular resistances at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$ for changes compared to the supine.

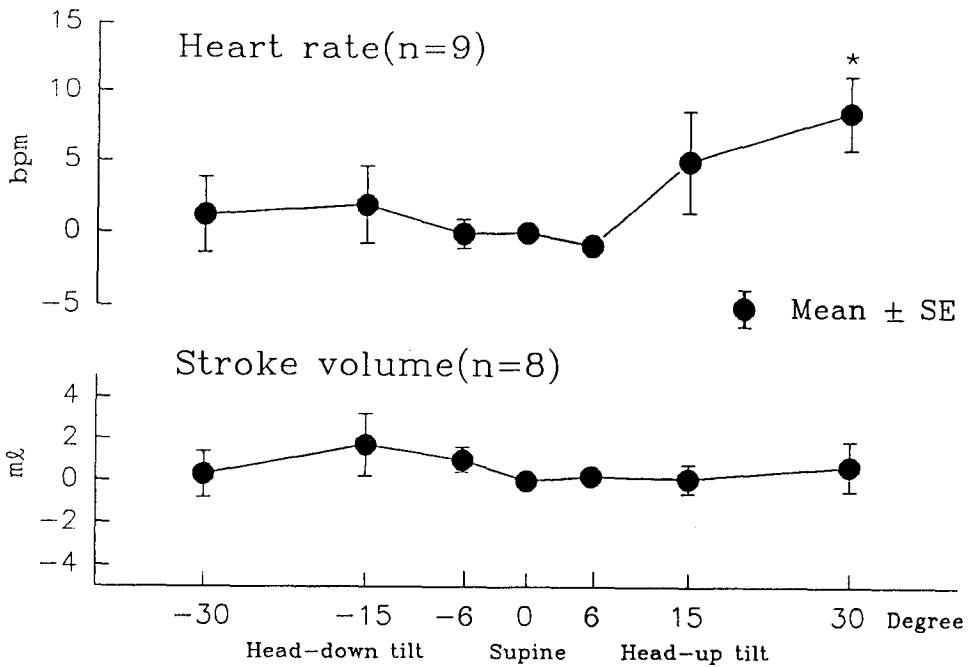


Fig. 6. The changes of heart rate and stroke volume at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$ for changes compared to the supine.

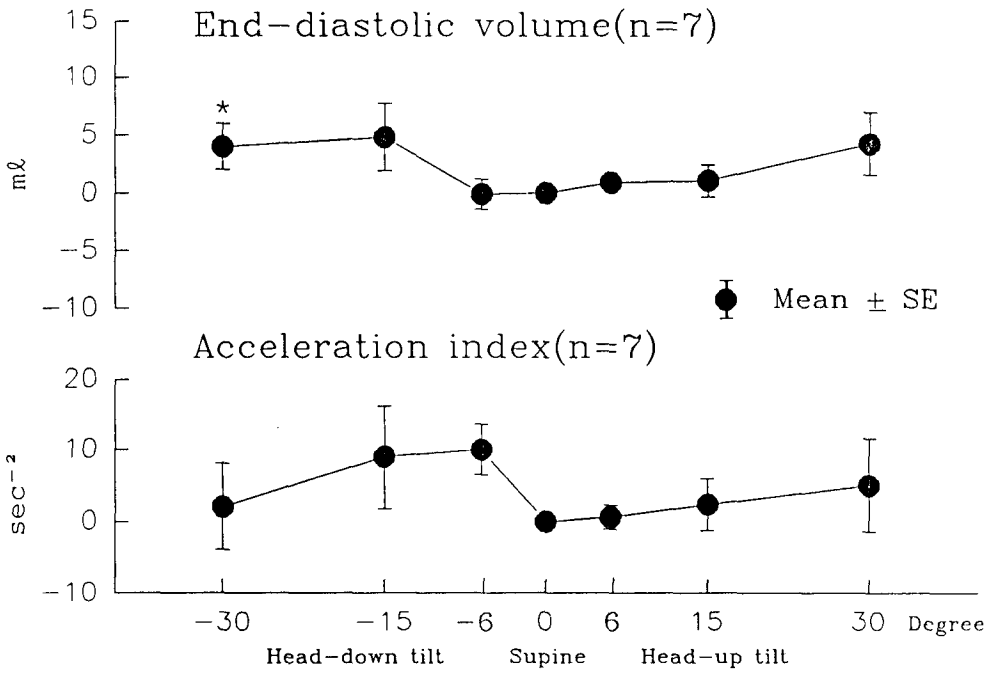


Fig. 7. The changes of end-diastolic volume and acceleration index at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$ for changes compared to the supine.

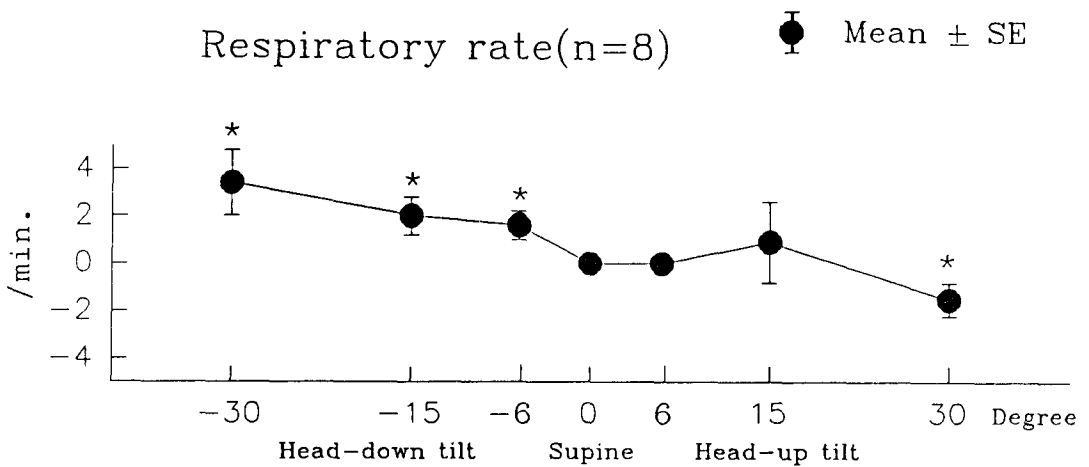


Fig. 8. The changes of respiratory rate at 5 minutes after the serial body tilts to head-down and to head-up from the supine position. * $p < 0.05$ for changes compared to the supine.

인체에 대한 체위변동 실험의 보고(채 등, 1992)에서 경사도에 따른 흉곽내 체액량의 변동은 두부하위시 -15° 및 -30° 에서 각각 평균 55 및 107ml씩 증가하고, 기립위시 15° , 30° , 60° 에서 각각 72, 204, 382ml씩 감소하였다. 마취하의 개를 대상으로한 이 실험에서 수동적 체위변동시 각각 6° , 15° 및 30° 로 경사도가 증가함에 따라 흉곽내 체액량은 두부하위시는 비례적으로 증가하였고, 기립위시 감소하는 양상을 보여 인체를 대상으로한 위의 보고들과 동일한 변화 양상이었고, 마취개에서 수동적 체위변동은 생체에 미치는 중력의 방향 및 정수압의 크기에 비례하여 중심성 혈액유입량의 변동을 야기함을 알 수 있었다.

두부하위로 체위변동시 인체와 개에서 실험결과의 차이중 하나는 중심정맥압의 변화이다. 인체에서는 두부하위시 초기 수시간 동안 중심정맥압은 증가한다(Blomqvist와 Stone, 1983; Löllgen et al, 1984)고 한다. 그러나 개를 대상으로한 실험에서 두부하위시 중심정맥압은 유의한 변화없이 점진적으로 감소하는 경향(채 등, 1992; 채 등, 1993)을 보인다. 저자의 실험에서도 두부하위시 경사도에 따른 중심정맥압의 점진적 감소경향은 두부하위시 두부혈관의 확장으로 HIP(hydrostatic indifference point)가 우심실의 수준에서 두부방향으로 점진적으로 이동한 결과(Loeppky et al, 1987)이며, 동시에 중심정맥압과 함께 우심장의 기능평가의 지표가 되는 폐동맥압이 감소하는 변화에서 나타난 바와 같이 정맥환류량의 유의한 증가가 없었던 결과로 생각된다. 기립위로 체위변동시는 반대로 인체에서는 정맥환류량의 감소로 중심정맥압 및 폐동맥압의 감소가 예상되었으나 저자의 마취개의 실험에서는 중심정맥압 및 폐동맥압의 유의한 변화를 관찰할 수 없어 중심성 혈액유입량의 감소에도 정맥환류량은 유지되는 양상을 보였고, 정수압에 의한 HIP의 하지방향으로의 이동 및 하지혈관의 확장으로 인한 기대결과와 일치하지 않았다. 이는 인체에서의 결과와는 달리 두부하위시 중심성 혈액량의 변동이 기립위에 비하여 더 큰 양상과 함께 개의 신체적 특성(서와 채, 1971; 윤 등, 1987)과 연관이 있는 것으로 생각된다.

채 등(1992)은 마취개에서 -6° 두부하위로 체위변동시 중심정맥압의 변화없이 외경정맥압은 증가하고 대퇴정맥압은 감소한다고 하였다. 이 실험에서도 두부하위시 -6° , -15° 및 -30° 의 경사도에 비례

하여 외경정맥압은 증가하고 대퇴정맥압은 감소함으로써 두부하위로 체위변동시 중력에 의한 정수압이 체하부에서 두부방향으로 작용함을 관찰하였으며, 반대로 기립위로 체위변동시 경사도에 따른 대퇴정맥압의 비례적인 증가는 정수압이 체하부 방향으로 작용함을 알 수 있다. 그러나 기립위에서 외경정맥압은 감소하지 않고 유지되는 현상은 정수압에 대한 혈관계의 이차적인 조절을 의미한다. 실제 실험개에서 우심방에서 외경정맥압의 측정부위까지의 길이가 평균 22cm, 대퇴정맥압 측정부위까지는 29cm였고, 체위변동시 경사도의 사인함수에 의한 계산된 정수압과 실제 정맥압의 변동량과 일치하지 않으며, 동일한 정맥에서도 두부하위나 기립위로의 체위변동에 따라 정맥압의 변화율에는 차이가 난다. 이는 체위변동시 정맥압을 결정하는데 정수압과 더불어 정맥혈관의 동태가 중요한 요인으로 작용하기 때문이다(Rowell, 1986). 따라서 저자의 실험결과는 마취개에서 두부하위시 두부의 정맥혈관은 확장하고, 기립위에서는 하지 정맥혈관의 수축이 정수압의 변동에 대한 이차적 조절로 나타난 것으로 생각되며, 위의 중심정맥압 및 폐동맥압의 변화 양상과 일치한다.

인체나 개에서 두부하위로 체위변동시 심혈관계의 변화는 -5° 에서 -10° 사이의 작은 경사도에서 심박출량은 유의한 변화가 없으나(Blomqvist et al, 1980; Löllgen et al, 1984; 채 등, 1992), 경사도가 커질 수록 초기에 심박출량이 유의하게 증가한다(Katkov et al, 1979; 채 등, 1992). 일회박출량은 증가(Katkov et al, 1979; Blomqvist et al, 1980; London et al, 1983; Löllgen et al, 1984)하며, 심박수는 보고에 따라 차이(송 등, 1987; 채 등, 1990; 채 등, 1992)가 있으나 전반적으로 평균동맥압의 유의한 변화는 없다(Blomqvist et al, 1980; London et al, 1983; Löllgen et al, 1984; 송 등, 1987). 저자의 실험에서 -6° 및 -15° 두부하위로 체위변동시 심박출량 및 일회박출량의 증가경향, 전신동맥압의 유의한 변화없이 체혈관저항이 유지되는 경향은 위의 보고와 비슷한 결과이다. 인체에서 단시간의 두부하위로 체위변동시 그 조절은 심폐압력수용체에 의하며 심박수의 감소가 주된 변화(Löllgen et al, 1984; Tomaselli et al, 1987; Cunningham et al, 1987; Schultz et al, 1992)였다. 그러나 마취개를 대상으로한 다른 보고(채, 1990)는 저자의 실험과 같이 심박수의 유의한 변화는 관찰할 수 없었다. 이는 **pento-**

barbital sodium의 마취시 항콜린성 작용에 의한 심박수의 증가현상이 나타나며 오랫동안 지속되므로 (Higuchi와 Asakawa, 1983), 마취개의 실험에서 두부하위시 중심성 혈액유입량의 증가가 심폐압력수용체에 의한 서맥의 기전은 상대적으로 약화되기 때문으로 생각되며, 상대적으로 일회박출량의 변동이 심박출량에 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다. -30° 두부하위시 -15° 와 비교하여 심박출량 및 일회박출량이 오히려 감소하는 현상을 관찰하였으며, 이는 -35° 의 두부하위까지는 정맥환류량의 증가에 의한 심박출량이 증가하나 -75° 이상에서는 정맥환류의 장애에 의하여 오히려 심박출량이 감소될 수 있다는 보고(Coonan과 Hope, 1983)와 같이 경사도의 차이는 있으나 개에서 -30° 보다 더 큰 각도로의 두부하위는 정맥환류의 장애에 의한 심박출량의 감소가 올 수 있음을 시사한다. 이러한 양상은 개의 신체적 특성(서와 채, 1971; 윤 등, 1987)상 두부하위로 체위변동시 체하부에서 두부방향으로의 혈액이동은 그 양이 많지 않아 짧은 시간내에 이루어지며, 시간이 경과함에 따라 정수압 및 이에 따른 심폐압력수용체의 조절이 유연한 폐조직으로의 혈액저류 및 두부혈관의 확장을 일으키므로 혈액의 재분포가 이루어지면서(Löllgen et al, 1984) 상대적으로 순환에 참여하는 혈액량은 감소된 결과로 생각된다. 동시에 심근수축지수가 감소하는 경향과 함께 확장기 말 심실용적이 상대적 증가를 보임은 좌심실 박출기능의 역제도 부분적으로는 관여할 것으로 보인다. 그러나 이러한 심실의 기능저하가 심장에 대한 정수압의 직접적인 영향인지 혹은 폐내 혈액저류에 의한 것인지는 확실하지 않다.

인체에서 15° 에서 60° 사이의 기립위로 체위변동은 경사도에 비례하여 심박출량 및 일회박출량은 감소하며, 심박수 및 체혈관저항은 비례적으로 증가한다 (Matalon과 Fahri, 1979; 채 등, 1992)고 하였다. 저자의 실험에서 두부하위와는 반대로 기립위시 대퇴정맥압은 경사도에 비례하여 증가하고, 흉곽내체액량의 점진적 감소 등 기립위시 중력에 의한 체하부로의 혈액이동이 야기됨을 보였으나 외경정맥압, 중심정맥압, 심박출량 및 심근수축지수 등의 유의한 감소현상은 관찰하지 못하여 인체를 대상으로한 보고(Matalon과 Fahri, 1979; 채 등, 1992)와는 차이가 있었다. 이는 마취개에서 기립위시 체하부로의 혈액이동에 대한 이차적 조절기전에 의하여 심장으로의 정맥환류량이 상대적으로 증가된 양상으로 생

각된다. 15° 및 30° 의 기립위시 흉곽내 체액량의 감소는 약 65ml 및 60ml로 경사도가 증가함에 따른 더 이상의 감소가 없었고, 같은 경사도인 두부하위시의 108 및 213ml 증가와 비교하여 그 변동량이 작았으며, 폐동맥압 및 중심정맥압도 유지되는 경향을 보였다. 기립위시 체혈관저항의 유의한 변화없이 심박수가 증가하고, 폐혈관저항의 증가하는 현상은 중심성 혈액유입량의 감소에 따른 심폐압력수용체의 조절이 참여한 결과로 생각된다. 그러나 기립위시 정수압에 의한 하지혈관의 확장으로 하지에서의 혈액저류가 예상됨에도 불구하고 실제 정맥환류량 및 정맥압의 변화양상은 이차적 조절기전에 의한 혈액동원, 특히 capacitance vessel인 정맥의 수축으로 정맥의 혈액이 순환에 참여한 것으로 보이는 현상이며, 여기에는 전신적인 압력수용체의 조절 이외에도 국소적인 혈관조절기전의 영향이 고려되어야 할 것이다. 즉, 혈관의 횡단압력(transmural pressure)이 증가할때 유발되는 국소혈관반응으로 혈관근의 고유한 성질인 근원성반응(Bayliss effect, myogenic response)이 있으며(Johnson et al, 1959), 정맥내압이 증가했을 때 하지 근육의 긴장이 증가하여 정맥환류를 촉진하는 반사도 있다(Thompson et al, 1983). 그러므로 저자의 실험에서 기립위시 심혈관계의 반응은 심폐압력수용체에 의한 중심성 혈관긴장도의 증가와 함께 심장보다 상대적으로 낮은 곳에 위치한 혈관에서 나타나는 정수압에 대한 국소적 조절기전의 영향도 관여할 것으로 사료된다.

수동적 체위변동시 폐내공기량의 변화는 횡경막의 이동과 견부 및 상지의 흉곽운동에 대한 간섭(Rao, 1968)이라 하고, 두부하위시 기능적잔기량의 감소는 폐장내 혈액량의 증가로 폐내공기량의 2차적인 감소와 횡경막의 상승으로 초래된다(배와 채, 1974)고 하였다. 저자의 실험에서 두부하위로 체위변동시 경사도에 따른 호흡수의 증가와 기립위로 체위변동시 두부하위와는 반대로 호흡수의 감소하는 양상을 보여 체위변동시 횡경막의 변화 및 폐장내 혈액량의 변화 등의 요인에 의한 폐용적의 감소가 호흡수를 증가시키는 기전에 의하여 일시적인 호흡수의 변동을 야기하며, 시간이 경과함에 따라 환류되는 정맥혈의 산소 및 이산화탄소 분압의 변화에 의하여 화학수용체를 통한 호흡의 이차적 조절기전이 작용하여 호흡이 안정되는 방향으로 변화(Loeppky et al, 1987; 채 등, 1989)할 것으로 사료된다.

요 약

두부하위 및 기립위시 경사도에 따른 중심성 혈액 유입량의 변동과 체순환 및 폐순환계 조절반응의 관계를 살펴보고자 마취개 9마리를 사용하여 양와위에 서 두부하위 -6° , -15° , -30° 혹은 기립위 6° , 15° , 30° 로 각각 10분씩 연속적으로 체위를 변동시켰고 상완동맥압, 폐동맥압, 폐동맥뻘기압, 중심정맥압, 외경정맥압, 대퇴정맥압, 심박출량, 일회박출량, 심박수, 확장기말 심실용적, 심근수축지수, 흉곽내체액량, 체혈관저항 및 폐혈관저항을 측정 한 결과 마취개에서 수동적 체위변동은 중력의 방향 및 정수압에 비례하여 중심성 혈액유입량의 변동을 야기하였고, 두부하위는 중심성 혈액량의 증가로 심폐압력수용체를 통한 두부혈관의 확장을 일으키며, 기립위는 하지의 혈액저류로 중심성 혈액유입량이 감소하나 심폐압력수용체와 함께 국소조절기전을 통하여 하지의 혈관을 수축시킴으로써 정맥환류량은 유지되는 양상을 보였다.

참 고 문 헌

- 박성호, 채의업: 수동적 체위변화가 분시환기량, FRC 및 폐내질소콜리어란스에 미치는 영향. 경북 의대잡지 1974; 15(2): 203-211.
- 채의업, 송대규, 배재훈: 두부하위(-6°)의 체위변동에 따른 심폐기능의 변화. 대한스포츠의학회지 1989; 7(1): 91-108.
- 채의업: 체위변화에 의한 심박출량, FRC 및 교감신경-부신계의 반응. 계명의대논문집 1990; 9(1): 51-60.
- 채의업, 서영성, 박원균, 송대규: 수동적 체위변동과 경사도에 따른 혈력학적 반응. 계명의대논문집 1992; 11(2): 195-203.
- 채의업, 박원균, 이상범: 두부하위(-6°)로의 체위변동에 의한 심혈관계 반응 및 부교감신경차단제의 영향. 최신의학 1992; 35(3): 18-32.
- 채의업, 박원균, 배재훈, 송대규: 중심성 혈액유입에 의한 심혈관계 및 내분비계 반응. 계명의대논문집 1993; 12(1): 13-24.
- 서석완, 채의업: 체위변화에 수반되는 심맥관계 반응에 관한 연구. 대한생리학회지 1971; 5(2): 71-78.
- 송대규, 배재훈, 박원균, 채의업: 도립(-6°)이 혈장 catecholamine 및 심장혈관계에 미치는 영향. 대한생리학회지 1987; 21(2): 211-223.
- 윤석근, 박원균, 채의업: 수동적 체위변화가 혈중 catecholamine 농도 및 심장혈관계에 미치는 영향. 계명의대논문집 1987; 6: 14-25.
- Blomqvist CG, Nixon JV, Johnson RL, et al: Early cardiovascular adaptation to zero gravity simulated by head-down tilt. *Acta Astronautica* 1980; 7: 543-553.
- Blomqvist CG, Stone HL: Cardiovascular adjustments to gravitational stress, in Shepherd JT, Abboud FM, Geiger SR(eds): *Handbook of Physiology, Section 2: The Cardiovascular System, Peripheral Circulation and Organ Blood Flow*. Bethesda, Md, American Physiol Society, 1983, pp 1025-1063.
- Coonan TJ, Hope CE: Cardiorespiratory effects of changes of body position. *Can Anesth Soc J* 1983; 30: 424-437.
- Cunningham DA, Petrella RJ, Paterson DH et al: Comparison of cardiovascular reponse to passive tilt in young and elderly men. *Can J Physiol* 1987; 66: 1425-1432.
- Hargens AR: Fluid shifts in vascular and extravascular spaces during and after simulated weightlessness. *Med Sci Sports Exer* 1983; 15: 421-427.
- Higuchi M, Asakawa T: Effects of pentobarbital anesthesia on the plasma catecholamines and renin activity as reflected in the hemodynamic changes in dogs. *Jpn J Pharmacol* 1983; 33: 209-217.
- Johnson JM, Brengelman GL, Rowel LB: Interaction between local and reflex influences on human forearm skin blood flow. *J Appl Physiol* 1976; 4: 826-831.
- Katkov VE, Chestukhin VV, Lapteva RI, et al: Central and cerebral hemodynamics and metabolism of the healthy man during head-down tilting. *Aviat Space Environ Med* 1979; 50(2): 147-153.
- Loeppky JA: Cardiorespiratory responses to orthostasis and the effects of propranolol. *Aviat Space Environ Med* 1975; 46: 1164-1169.

- Loeppky JA, Hirshfield DW, Eldridge MW: The effects of head-down tilt on carotid blood flow and pulmonary gas exchange. *Aviat Space Environ Med* 1987; 58: 637-664.
- London GM, Levenson JA, Safar ME, et al: Hemodynamic effects of head-down tilt in normal subjects and sustained hypertensive patients. *Am J Physiol* 1983; 245: H194-H202.
- Löllgen H, Gebhardt U, Beier J, et al: Central hemodynamics during zero gravity simulated by head-down bed rest. *Aviat Space Environ Med* 1984; 55: 887-892.
- Mark AL, Mancia G: Cardiopulmonary baroreflexes in humans. in Shepherd JT, Abboud FM, Geiger SR(eds): *Handbook of Physiology, Section 2: The Cardiovascular System, Peripheral Circulation and Organ Blood Flow*. Bethesda, Md, American Physiol Society, 1983; pp 795-813.
- Matalon SV, Farhi LE: Cardiopulmonary readjustments in passive tilt. *J Appl Physiol* 1979; 47: 503-507.
- Moriya E, Kawakami K, Sudoh M, et al: The effect of body position on ventilation and perfusion in the lung. *Physiologist* 1987; 30: S60-S61.
- Rao S: Respiratory responses to head stand posture. *J Appl Physiol* 1968; 24: 697-702.
- Roddie IC, Shepherd JT: Receptors in the high-pressure and low-pressure vascular systems—their role in the reflex control of the human circulation. *Lancet* 1958; 8: 493-496.
- Rowell LB: *Human Circulation Regulation during Physical Stress*, New York, Oxford University Press, 1986; pp 19-29, 96-116, 137-173.
- Schultz H, Hillebrecht A, Karemarker JM, et al: Cardiopulmonary function during 10 days of head-down bedrest. *Acta Physiol Scand* 1992; 144(S604): 23-33.
- Thompson FJ, Yates BJ, Franzen O, et al: Lumbar spinal cord responses to limb vein distention. *J Auton Nerv Sys* 1983; 9: 531-546.
- Tomaselli CM, Kenny RA, Frey MAB, et al: Cardiovascular dynamics during the initial period of head-down tilt. *Avia Space Environ Med* 1987; 58: 3-8.

=Abstract=

Cardiovascular Responses to Changes of Central Blood Volume in Dogs

Won Kyun Park, MD; E Up Chae, MD; Jae Hoon Bae, MD

*Department of Physiology, Keimyung University
School of Medicine, Taegu, Korea*

The relationship between the changes of the central blood volume and the hemodynamic responses of systemic and pulmonary vessels to passive body tilts was studied. Nine dogs were passively tilted from supine to 6°, 15° and 30° head-up(HU) or to -6°, -15° and -30° head-down(HD) serially for 10 minutes in each grade. Pressures of systemic artery(SAP), pulmonary artery(PAP), pulmonary arterial wedge(PAWP), right atrium(CVP), external jugular vein(EJVP) and femoral vein(FVP) were measured. And cardiac output(CO), stroke volume(SV), heart rate(HR), end-diastolic volume(EDV), cardiac acceleration index(CAI) and thoracic fluid volume(TFV) were measured by a impedance cardiograph(BoMed Co.). Systemic vascular resistance(SVR) and pulmonary vascular resistance(PVR) were calculated by Ohm's principle.

At the tilts to -6°, -15° and -30° HD, TFV increased gradually by 29, 108 and 213 ml respectively, whereas it reduced by 33, 65 and 60 ml at 6°, 15° and 30° HU respectively. CO increased at -6° and -15° HD and did not change at HU. HR did not change at HD, but increased at HU. SAP and SVR did not show the significant changes at both tilts. PAP decreased gradually at HD and PVR increased at HU. PAWP decreased gradually at both tilts and CVP decreased gradually at HD. EJVP increased and FVP decreased with proportion to the tilting degree at HD. But FVP decreased proportionally, whereas EJVP showed no change at HU. CAI reduced with elevated EDV at -30° HD.

In summary, a passive body tilt produces the alteration of thoracic blood volume with progress to the direction and the magnitude of a hydrostatic pressure. It seems that the cephalic vasodilation is mediated by the cardiopulmonary baroreceptors at HD tilts, and the vasoconstriction of lower extremities is mediated by the local control mechanisms as well as the cardiopulmonary receptors and arterial baroreceptors at HU tilts.

Key Words : Head-down tilt, Head-up tilt, Pulmonary vascular hemodynamics, Systemic vascular hemodynamics