

## 체위변화에 의한 심박출량, FRC 및 교감신경-부신계의 반응\*

계명대학교 의과대학 생리학교실

### 차 의 업

=Abstract=

## Responses of Cardiac Output, FRC and Sympathoadrenal System to Postural Changes

E Up Chae, MD

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

On the gravisphere of the earth as a planet, human beings live under the influence of the gravity. The responses of the gravity to the body may be altered by the changes in body position or the changes of the magnitude of the gravity itself during spaceflight, which in turn alters cardiopulmonary function. Two major effects of deconditioning phenomena in the weightlessness in space crews are central fluid shift and decrement of physical activity demonstrated by the hypokinesia.

Head-down tilt(HDT) to -6° has been commonly used as the experimental model of weightlessness in both man and animals. The purpose of this study was to observe the transient changes of cardiopulmonary responses including cardiac output( $\dot{Q}$ ) and functional residual capacity(FRC), and of sympathoadrenal activity response to -6° HDT within a relatively early period of the passive tilt.

This study was done on 10 healthy young adult males. The postural changes were performed from the sitting to the supine control position(SCP). Minus 6° HDT which followed SCP lasted for 30 minutes. The subjects were returned to the supine recovery position(SRP) and remained for 10 minutes. The  $\dot{Q}$  was determined by the CO<sub>2</sub> rebreathing method using the computerized cardiopulmonary exercise system. Blood pressure (BP) was measured by BP monitor on the left upper arm and heart rate(HR) was also measured. Total peripheral vascular resistance(R) was calculated by dividing respective mean BP values by the  $\dot{Q}$ . The FRC, minute ventilation( $\dot{V}_E$ ), tidal volume(TV), respiratory rate(f), vital capacity(VC), expiratory reserve volume(ERV) and inspiratory capacity(IC) were measured by computerized spirometer. The N<sub>2</sub> wash-out test with 100% oxygen was employed for FRC measurement. The concentration of plasma catecholamines(CA) was measured by a modified radioenzymatic method of Peuler and Johnson.

The results obtained are as follows:

In the postural changes from the sitting to SCP, BP, HR and R were decreased( $p<0.01$ ) and  $\dot{Q}$  was increased ( $p<0.05$ ). VC was decreased( $p<0.01$ ). FRC was decreased( $p<0.01$ ) about 26% at the SCP. In HDT after SCP, BP was maintained at SCP level. HR was decreased( $p<0.01$ ) and CA was decreased insignificantly.  $\dot{V}_E$ , TV

\* 이 연구는 1988년도 계명대학교 동산의료원 특수과제연구비로 이루어져 졌음.

and VC were decreased( $p<0.05$ ). FRC was declined about 3% in HDT than that of SCP. In SRP,  $\dot{Q}$  was decreased( $p<0.05$ ), and BP, R and HR were increased, in comparison with the values at 30 minutes of HDT. TV was also increased( $p<0.05$ ).

From the above results, it may be suggested that depressor reflex causing the decrease of R, HR and CA during HDT, and pressor reflex causing the increase of R and HR during SRP, are triggered by the cardiopulmonary baroreceptors.

## 서 론

무중력에 노출시 일어나는 생리적 현상들을 관찰하기 위하여  $-6^\circ$  두부하위는 무중력의 모의실험으로써 널리 이용되고 있다(Bломqvist 및 Stone, 1983). 무중력이 생체에 미치는 작용은 두부 및 체중심부로의 혈액이동과 저운동성(hypokinesia)이며 (Bломqvist 및 Stone, 1983; Guyton, 1986), 그로 인하여 심폐기능과 교감신경-부신계를 비롯한 내분비계 등에 영향을 미칠 것이다. 중심성 혈액이동은 케도 우주비행의 조기에 일어나므로(Nixon 등, 1979), 장시간의 연구 못지않게 조기의 생체반응에 관한 연구도 중요하다. 그러나, 조기의 생리적 반응에 대한 연구는 그리 많지 않으며, 무중력의 모의실험에서 나타나는 생체 심폐기능의 변화들은 실험방법의 선택, 체위변화의 각도, 대조체위 및 실험기간 등에 따라 일정치 않다(London 등, 1983; Tomaselli 등, 1987).

현재 혈장 catecholamine의 농도는 그 측정방법의

발전으로 체위변화 및 모의무중력 실험에서 심장혈관계의 신경성 조절을 나타내는 지표로써 이용되고 있다(London 등, 1983).

이에 본 실험에서는  $-6^\circ$  두부하위를 무중력의 모형으로 사용하여 30분내의 비교적 조기에 나타나는 심폐기능의 변화와 함께, 혈장 catecholamine농도의 변화를 관찰함으로써, 무중력에 노출시 또는 체위변화시 생체내에서 나타나는 생리적 반응과 그 조절 및 적응기전을 규명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 평소 건강한 남자 대학생 10명을 대상으로 실시하였으며, 피검자의 신체적 특성은 연령 22.5 $\pm$ 2.29(평균 $\pm$ 표준오차)세, 신장 172.9 $\pm$ 4.66 cm, 체중 65.2 $\pm$ 6.42 kg, 그리고 체표면적은 1.78 $\pm$ 0.095 m<sup>2</sup>이었다.

체위변화시 심폐기능의 변화 및 혈장 catecholamine농도의 관찰은 Fig 1에서와 같으며, 심폐기능을 측정한 시간에 대해서는 이미 보고된 채등(1989)에

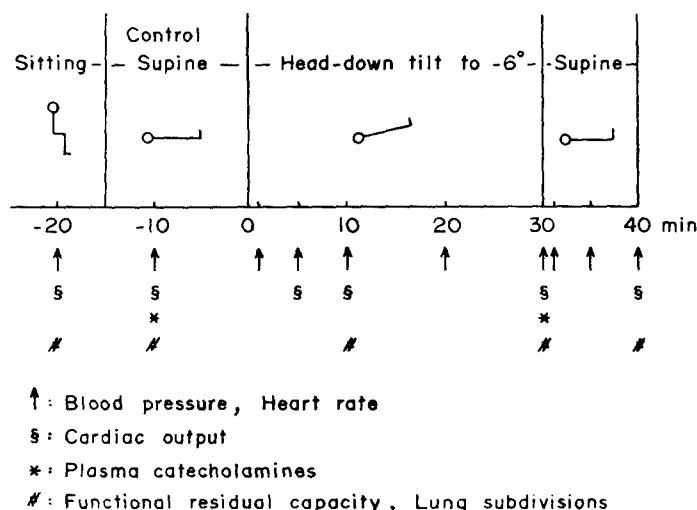


Fig 1. Experimental protocol for measurements at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^\circ$ .

서 기술된 바 있다.

좌위 및 대조앙와위에서 각각 안정시의 생리적 현상을 관찰한 후, 경사대를 이용하여  $-6^{\circ}$  두부하위로 체위변화를 시켜 30분간 유지시키고 다시 앙와위로 하여 회복기 10분간을 관찰하였다.

체위변화시 심박출량은 Gould사의 computerized cardiopulmonary exercise system(9000MM)을 사용하여 간접 Fick원리에 의한  $\text{CO}_2$  재호흡법의 평형법(Equilibrium method)으로 측정(Collier, 1956)하였으며, 혈압 및 심박수는 Nissei사의 자동혈압기록계(DS 70)로 좌측 상반에서 측정하였고, 전말초혈관저항은 평균혈압을 초시심박출량으로 나누어 계산(채등, 1973)하였다.

체위변화시 분식환기량, 일회호흡량, 호흡수, 폐활량, 호식성예비용적 및 흡식용량은 Gould사의 computerized spirometer(System 82)로 측정하였으며, 기능적잔기량(이하 FRC라 함)의 측정은 open circuit method(개방회로법)에 의한  $\text{N}_2$  wash-out method(질소제거법)로 시행하였다.

교감신경-부신계의 반응정도를 관찰하기 위하여 앙와위에서 피검자의 전주와(antecubital fossa)의 정맥에 catheter를 삽입하고, 혈액응고를 방지하고 자생리식염수를 소량씩 계속 주입되게 장치한 후 최소한 30분 이상이 경과한 상태에서 대조앙와위 및 두부하위 30분에 채혈하였다. 채혈한 혈액은 혈장을

분리하여 Peuler 및 Johnson(1978)의 방사성효소법(radioenzymatic method)으로 혈장 catecholamine, 특히 norepinephrine 및 epinephrine 농도를 측정하였다.

이상의 성적들은 평균과 표준오차로 표시하였으며, 좌위, 대조앙와위 및 두부하위 30분에 대해 각각 paired Student t-test로 유의성을 표시하였다.

## 성  적

좌위, 대조앙와위,  $-6^{\circ}$  두부하위 및 회복기앙와위로 체위변화시 심박출량, 일회심박출량 및 심박수의 변화는 Fig 2와 같다. 심박출량은 대조앙와위시  $6.1 \pm 0.31 \text{ l/min}$ 으로 좌위의  $5.1 \pm 0.16 \text{ l/min}$ 보다 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 증가하였다. 두부하위로 체위변화시 심박출량은 초기에는 감소하는 경향이나, 30분에는  $6.1 \pm 0.36 \text{ l/min}$ 으로 회복되는 양상이었으며, 회복기앙와위 10분에는  $5.5 \pm 0.38 \text{ l/min}$ 으로 두부하위 30분보다 유의하게 ( $p < 0.05$ ) 감소하였다. 일회심박출량의 변화는 심박출량과 동일한 양상이었다.

심박수는 대조앙와위로 체위변화시 좌위에 비해 분당 약 10회 감소( $p < 0.01$ )하였으며, 두부하위 초기에는 유의한 변화가 없었으나, 두부하위 10분 이후 서서히 감소( $p < 0.01$ )하였고, 30분에는 대조앙와위 수준으로 회복되었다.

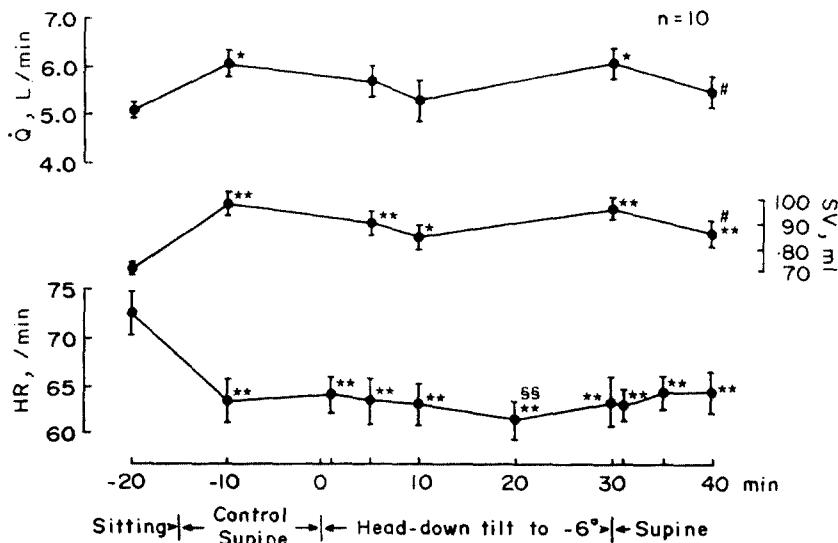


Fig 2. Cardiac output( $\dot{Q}$ ), stroke volume(SV) and heart rate(HR) at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^{\circ}$ . \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  compared to sitting: §§  $p < 0.01$  compared to control supine: #  $p < 0.05$  compared to the value at 30 min of head-down tilt.

혈압 및 전말초혈관저항의 변화는 Fig 3과 같다. 평균혈압은 좌위의  $91.2 \pm 2.38$  mmHg에서 대조양와 위로 체위변화시  $75.5 \pm 1.78$  mmHg로 하강( $p < 0.01$ ) 하였으며, 두부하위에서는 대조양와위 수준을 유지하였고, 회복기양와위로 체위변화시 상승( $p < 0.01$ )하였다. 한편, 수축기 및 확장기혈압의 변화도 평균혈압의 변화와 비슷한 경향을 보였다.

전말초혈관저항은 대조양와위에서 좌위보다 낮은 값( $p < 0.01$ )을 보였고, 두부하위로 체위변화시 초기에는 증가하였으나 이후 대조양와위 수준으로 회복

되었으며, 회복기양와위에서는 두부하위 30분에 비해 유의하게( $p < 0.01$ )증가하였다.

대조양와위 및 두부하위 30분에 피검자의 개인별 혈장 catecholamine농도의 변화는 Fig 4와 같다. 대조양와위에서 norepinephrine 및 epinephrine 농도는 각각  $220.5 \pm 59.49$  pg/ml,  $67.8 \pm 13.12$  pg/ml였으며, 두부하위 30분에 혈장 norepinephrine농도가  $202.7 \pm 45.31$  pg/ml, epinephrine농도는  $62.6 \pm 17.43$  pg/ml로 유의한 변화는 아니었으나 대체적으로 감소하는 양상을 보였다.

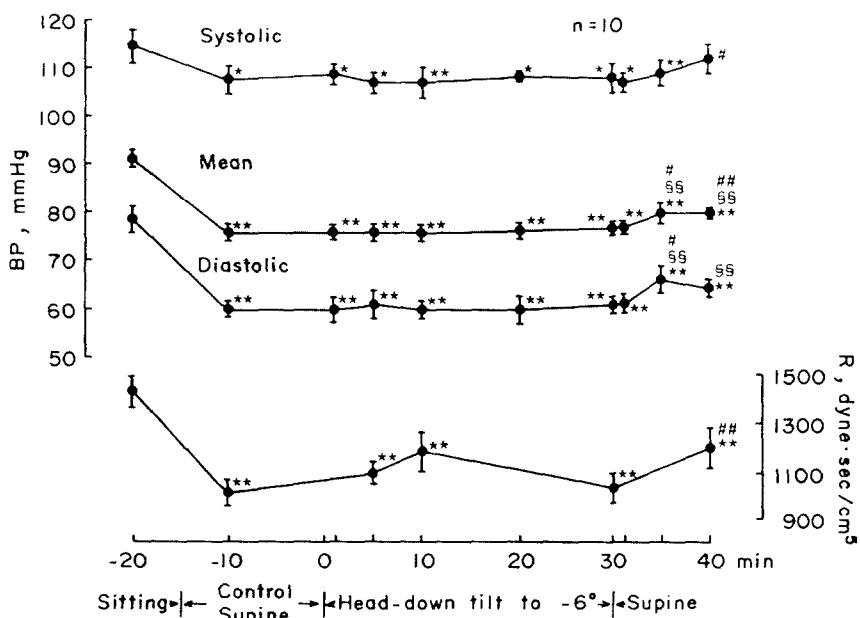


Fig 3. Blood pressure(BP) and total peripheral vascular resistance (R) at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^\circ$ . \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  compared to sitting: §§  $p < 0.01$  compared to control supine: #  $p < 0.05$ , ##  $p < 0.01$  compared to the value at 30 min of head-down tilt.

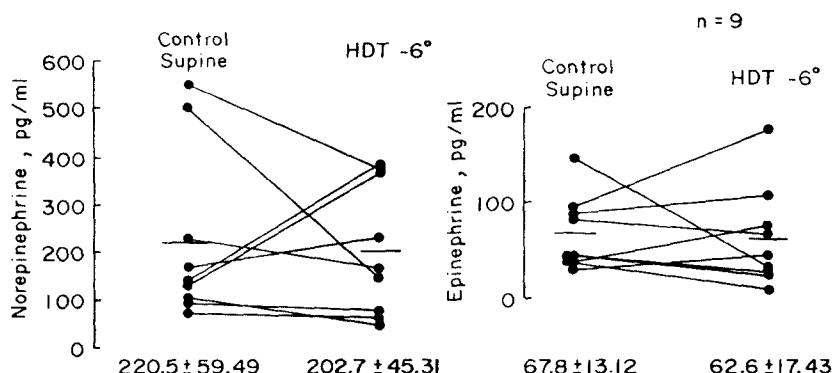


Fig 4. Concentration of plasma catecholamines in control supine and at 30 min after head-down tilt(HDT). Each average value is indicated by a horizontal line.

분시환기량, 일회호흡량 및 호흡수의 변화는 Fig 5와 같다. 분시환기량은 좌위에서 대조양와위로 체위변화시 감소하였고, 두부하위 초기에는 유의한 변화가 없었지만 30분에는 좌위 및 대조양와위에 비해 유의한( $p<0.01$ ) 감소를 보였으며, 회복기양와위에는 회복되는 경향이었다. 일회호흡량은 두부하위 30분에 유의한( $p<0.01$ ) 감소를 보였으며, 회복기양와위로 체위변화시 다시 증가( $p<0.05$ ) 하였다. 호흡수는 체위변화 전반에 걸쳐 유의한 변화는 없었다.

폐활량, 호식성예비용적 및 흡식용량의 변화는 Fig

6과 같다. 폐활량은 대조양와위시  $4.6 \pm 0.20$  ℥로 좌위의  $4.8 \pm 0.18$  ℥보다 감소( $p<0.01$ ) 하였으며, 두부하위에서는 대조양와위에 비해 더욱 감소하여 유의한( $p<0.05$ ) 변화를 보였다. 좌위에서 대조양와위 및 두부하위로 체위변화시 호식성예비용적은 감소( $p<0.01$ ) 하였으며, 흡식용량은 증가( $p<0.05$ )하였다.

FRC, 폐내질소제거시간 및 폐내질소제거지수의 변화는 Fig 7과 같다. FRC는 좌위의  $3.49 \pm 0.280$  ℥에서 대조양와위로 체위변화시  $2.74 \pm 0.182$  ℥로 26%가 감소( $p<0.01$ ) 하였으며, 두부하위에서는 대조양와위에

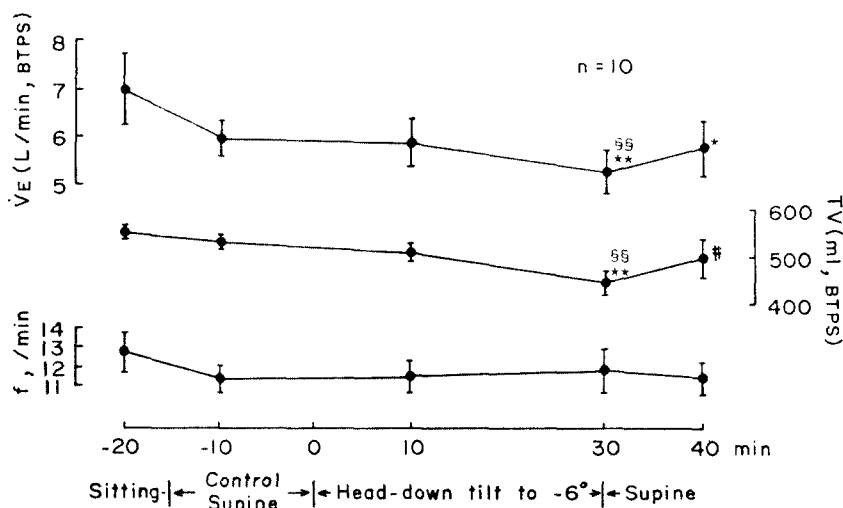


Fig 5. Ventilation( $\dot{V}_E$ ), tidal volume(TV) and respiratory rate(f) at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^\circ$ . \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$  compared to sitting; §§  $p<0.01$  compared to control supine. #  $p<0.05$  compared to the value at 30 min of head-down tilt. BTPS: body temperature and pressure saturated with water vapor.

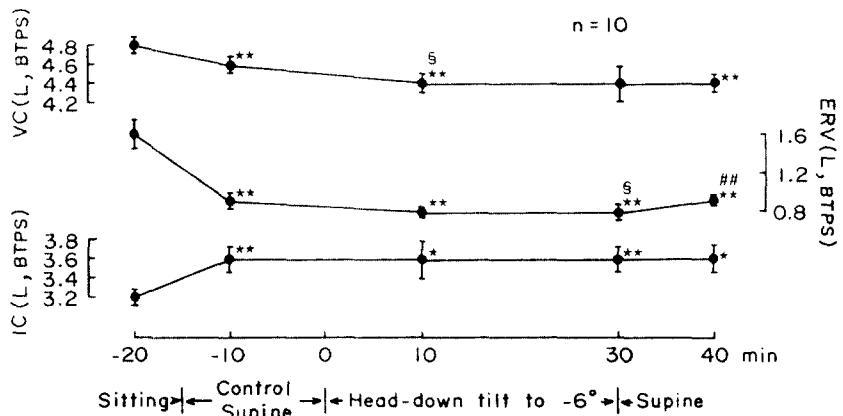


Fig 6. Vital capacity(VC), expiratory reserve volume(ERV) and inspiratory capacity(IC) at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^\circ$ . \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$  compared to sitting; §§  $p<0.05$  compared to control supine; §§§  $p<0.01$  compared to the value at 30 min of head-down tilt. BTPS: body temperature and pressure saturated with water vapor.

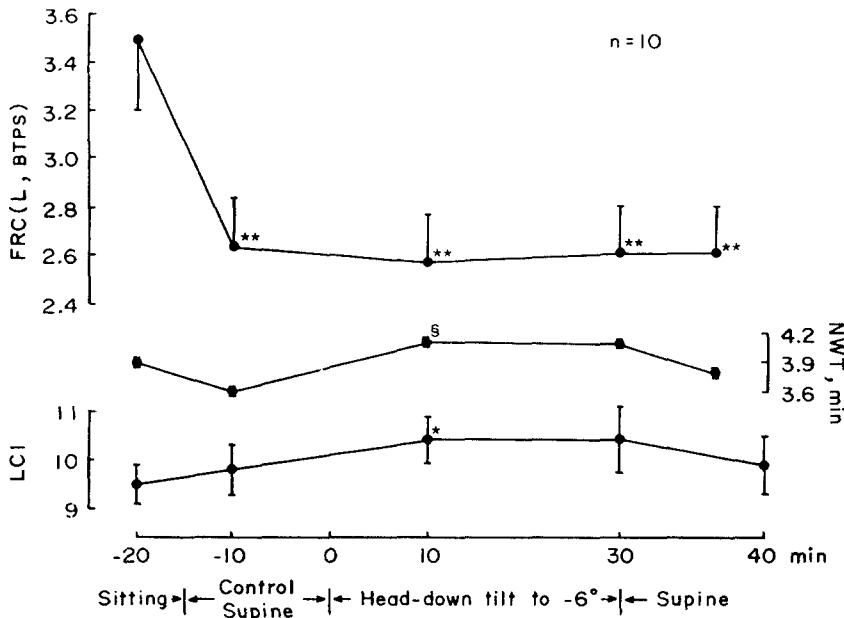


Fig 7. Functional residual capacity(FRC), nitrogen wash-out time (NWT) and lung clearance index(LCI) at sitting and before, during and after head-down tilt to  $-6^{\circ}$ . \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$  compared to sitting; §  $p<0.05$  compared to control supine. BTPS: body temperature and pressure saturated with water vapor.

비해 약 3% 감소하였으나 유의성은 없었다. 폐내 질소제거지수 및 폐내 질소제거시간은 두부하위시 좌위 및 대조양와위에 비해 모두 증가하였으며, 회복기 양와위에서는 회복되는 양상이었다.

## 고 칠

좌위에서  $\text{CO}_2$  재호흡법으로 측정시 심박출량은 배등(1988)이 5.1  $\ell/\text{min}$ , Arieli 등(1986)이 5.3  $\ell/\text{min}$ 였다고 하여, 본 실험에서는 5.1  $\ell/\text{min}$ 으로 이들과 비슷한 값을 보였다. 채등(1989)의 보고에서는 5.9  $\ell/\text{min}$ 로서 다소 높은 값을 보였다. 이는  $\text{CO}_2$  재호흡법이 동맥혈 및 혼합정맥혈의  $\text{Pco}_2$ 를 간접적으로 측정하므로, 혼합가스를 재호흡할 동안에 피검자의 정확한 실험참여가 부족함에 따라 약간의 오차(Klausen, 1968; Muijsen 등, 1968)가 생길 수 있으며, 그 오차의 요인으로 인해  $\text{Pvco}_2$ 가 미달된 결과로 사료된다.

좌위에서 양와위 및 두부하위로 체위변화시 심박출량은 유의한 증가를 보였고, 심박수 및 전말초혈관저항이 감소한 것은 좌위에서  $-6^{\circ}$  두부하위를 취한

Pendergast 등(1987)이나  $-10^{\circ}$  두부하위를 취한 Gha-

rib 등(1988)의 보고와 모두 일치되는 소견을 보였다. 이는 하지로 부터의 혈액이 체중심부로 이동되어 심박출량이 증가하였으며, 중심성 혈액량 증가에 대해 압력수용체들이 감압반사를 유발하여 심박수 및 전말초혈관저항을 감소시킨 것으로 사료된다(London 등, 1983; Gharib 등, 1988; 채등, 1989).

대정맥과 우심방, 그리고 폐정맥과 좌심방의 접합부에 주로 위치하며, 구심성 신경이 미주신경의 myelinated fiber(유수섬유)로 이루어진 심폐압력수용체가 자극을 받으면 Bainbridge 반사를 일으켜 심박수가 증가하고, 폐혈관, 심방 및 심실에 널리 분포하고 있으면서 구심성 신경이 미주신경의 unmyelinated fiber(무수섬유)인 압력수용체는 심박수 및 전말초혈관저항을 감소시키는 감압반사를 유발한다(Bloomqvist 및 Stone, 1983; Mark 및 Mancia, 1983). 심폐 압력수용체의 구심성 신경 중 myelinated fiber만을 선택적으로 자극하는 경우에는 심박수가 증가하는 경향이나, unmyelinated fiber와 함께 자극시에는 심박수가 감소하며, 전말초혈관저항의 감소와 더불어 감압반사를 일으킨다(Abel 및 McCutcheon, 1979; Mark 및 Mancia, 1983)고 하였다.

두부하위 10분 이후 심박수가 감소하였고, 전말초

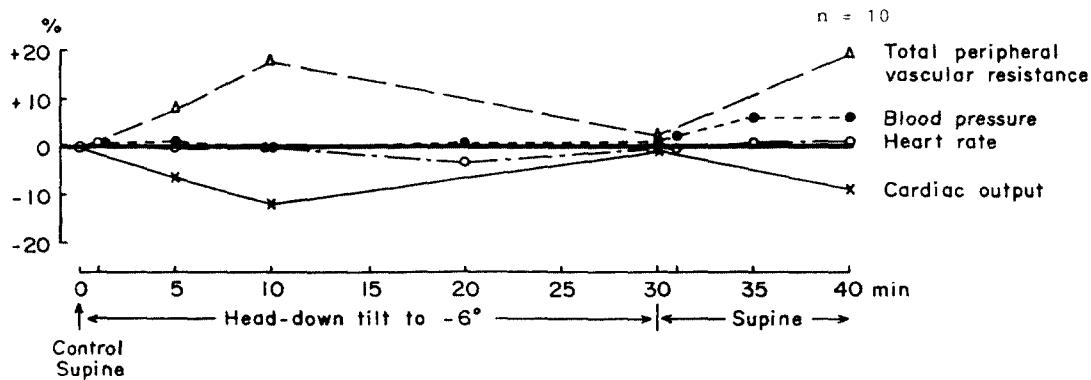


Fig 8. Diagram of early responses to 0-g simulated by head-down tilt (-6°).

혈관저항 및 혈장 catecholamine농도는 유의하지는 않았으나 감소하는 경향을 보인 것(Fig 8)은 중심성 혈액량 증가에 의해 교감신경계 억제를 통한 심폐압력수용체의 감압반사가 초래된 때문으로 보인다. 두부하위 1분에 유의한 변화는 아니라 심박수의 증가 경향은 갑자기 정맥환류량이 증가함으로 인한 심폐압력수용체의 반응중 Bainbridge반사의 가능성성이 있다고 사료되며, 채등(1989)의 보고에서 -6° 두부하위 초기에 유의한 심박수 증가는 Bainbridge반사와 심박출량 측정시의 일시적 긴장효과가 가미되어 나타난 결과로 추측된다. 본 실험에서는 두부하위 초기에 심장혈관계 반응들을 측정할 때, 시간경과(time course)에 여유를 두어 피검자의 긴장효과를 최대한으로 줄여 측정하고자 하였다.

두부하위에서 다시 회복기양화위로 체위변화시 두부하위 30분에 비해 혈압, 심박수 및 전말초혈관 저항이 증가한 것(Fig 8)은 중심성 혈액량이 감소하여, 심박출량이 감소하였고, 심폐압력수용체에 가해졌던 정수압의 소실로 감압반사가 유발된 결과(Matalon 및 Farhi, 1979; Nixon 등, 1979; 송등, 1987)로 사료된다. 본 실험이나 채등(1989)의 보고에서 회복기양화위시 심박수는 1분에 일시적 감소 경향을 보였다. 이는 Bainbridge반사를 일으키는 심폐압력수용체의 반사는 중심성 혈액량의 감소시에는 심박수 감소를 초래하는 감압반사를 일으키지 않는다는 보고(Rowell, 1986)로 미루어, 심폐압력수용체의 작용으로 보기에는 어려울 것으로 사료된다.

대조양화위 및 -6° 두부하위 30분에 측정한 혈장 catecholamine농도가 유의한 변화를 보이지 않은 것이 심폐압력수용체의 교감신경계 억제작용이 일어나지 않았다는 것은 아니며(Goldsmith 등, 1985), 혈장

catecholamine, 특히 norepinephrine농도는 국소에서 분비되는 양이 차이가 있으므로 혈액을 채혈한 부위에 따라 다를 수 있으며, 아울러 분비된 상당한 부분, 약 80%가, 분비된 신경말단으로 재흡수되고 일부만이 혈장으로 유입되어 전신으로 순환된다(Guyton, 1986). 또한, 두부하위로의 체위변화로 교감신경계 활동에 대한 심폐압력수용체의 억제작용은 인체에서 피부 및 근육혈관 등에 선택적으로 작용하고(Rowell, 1986), 혈장으로 유입된 norepinephrine 및 epinephrine도 비교적 단기간에 대사되므로(Guyton, 1986), 체위변화의 정도가 미미하다는 점에서 유의한 변화를 볼 수 없었다고 사료된다(Table 1).

Nunn(1987)은 FRC의 크기는 기립위, 좌위, 앙와위의 순이며, -30° 두부하위에서는 더욱 감소한다고 하였으며, 채등(1989)은 좌위, 앙와위 및 -6° 두부하위로 체위변화시 폐활량, 호식성예비용적 및 FRC는 감소하였고, 흡식용량은 증가하는 것을 관찰하였다. 본 실험에서도 좌위에서 앙와위로, 그리고 -6° 두부하위로 체위변화시 폐용적이 감소함을 보여 여러 보고들(Arborelius 등, 1972; Loepky 및 Ulrich, 1975)과 일치하였으며, Agostoni 및 Mead(1964)와 Loepky 등(1987)과의 차이점은 채등(1989)의 보고에서 기술된 바 있다.

두부하위로의 체위변화시 폐장내 공기용량 감소는 폐장내 혈액량 증가에 의한 공기용량의 상대적 감소와 중력에 의한 횡격막의 흉곽내부 방향 이동에 기인한 것(배 및 채, 1974; 채등, 1989; 김, 1970)으로서, 본 실험에서 나타난 폐용적의 감소도 이러한 이유들에 의한 것으로 사료된다. 폐내질소제거시간은 그 시간이 짧을수록, 질소제거지수는 적을수록 폐장내 가스교환의 양호함을 나타낸다(배 및 채, 1974).

Table 1. Relevant literature summary concerning plasma catecholamines during head-down tilt(HDT).

Authors	Year	Control Position	Study Position and Duration	Plasma NE	Catecholamines* E
London et al.	1983	Supine	HDT -10° & 60cm leg elevation(30 min)	↓**	
Löllgen et al.	1984	20° Right anterior oblique	HDT -6°(60 min) (105 min)	NV NSIT	NV NV
Pequignot et al	1985	Supine	HDT -6°(60 min)	NV	NV
Goldsmith et al.	1985	Supine	HDT -30°(60 mim)	NV	-
Gharib et al.	1988	Sitting	HDT -10°(30 min) (60 min)	NSDT ↓	↓ ↓
Present study	1989	Supine	HDT -6°(30 min)	NV	NV

Note: NE: Norepinephrine, E: Epinephrine, \*: Measured by radioenzymatic method, \*\*: Total catecholamines,  
-: Not measured, ↓: Significant decrease, NSIT: Non-significant increasing trend, NSDT: Non-significant decreasing trend, NV: No variation.

두부하위시 질소제거시간이 증가한 것은 아마도 가스교환이 자연된 결과로 보이며, 폐침부로의 혈액이 동 증가로 폐침부 세기관지의 확장 및 환기가 감소함으로 온 결과(Arborelius 등, 1972; Tomaselli 등, 1987)로 추측된다. 질소제거지수가 증가한 것은 FRC의 감소가 영향을 미친 것(배 및 채, 1974; 채 등, 1989)으로 사료된다. 두부하위 10분에 분시환기량이나 호흡수는 양와위에 비해 큰 변화가 없었으며, 채 등(1989)에서도 10분에 호흡수는 증가하였으나, 환기량은 증가하는 경향이나 유의한 변화는 보이지 않았다. 이로 미루어 두부하위시 폐용적의 감소와 정맥환유량의 증가에 기인한 분시환기량의 증가는 초기에 회복이 되며(Asmussen 등, 1940; Loepky 등, 1987), 30분에 환기량 감소는 두부하위 초기의 환기량 증가에 의하여 절진적으로 호흡이 안정상태에 도달한 때문(채 등, 1989)으로 사료된다.

## 요 약

본 실험은 무중력의 모의실험인 -6° 두부하위로 체위변화시 30분 이내에 나타나는 심폐기능의 변화와 조절기전을 관찰하고, 교감신경-부신개 반응의 지표인 혈장 catecholamine농도를 관찰함으로써 무중력에 노출시 조기의 생리적 적응기전을 규명해 보고자 하였다.

평소 건강한 남자 대학생 10명을 대상으로 하였으며, 체위변화는 좌위, 대조양와위, -6° 두부하위 및

회복기양와위의 순으로 하였다. 순환반응으로 혈압, 심박수, 전말초혈관저항 및 심박출량 등을 관찰하였다. 심박출량은 간접 Fick 원리에 의한 CO<sub>2</sub> 재호흡법의 평형법으로 측정하였다. 호흡반응으로는 FRC를 비롯한 폐용적들을 관찰하였고, FRC는 개방회로법에 의한 질소제기법으로 측정하였다. 아울러 혈장 catecholamine농도는 방사성호소법으로 측정하였다.

좌위에서 양와위로 체위변화시 심박출량은 증가하였으며, 혈압, 심박수 및 전말초혈관저항은 감소하였다. 폐활량, 호식성예비용적 및 FRC는 감소하였으며, 흡식용량은 증가하였고, 분시환기량은 유의한 변화를 보이지 않았다.

양와위에서 두부하위로 체위변화시 심박출량, 혈압, 전말초혈관저항 및 혈장 catecholamine농도는 유의한 변화는 보이지 않았고, 심박수는 10분 이후 감소하였다. 폐활량, 호식성예비용적, 분시환기량, 일회호흡량은 절진적으로 감소하였으며, FRC는 대체적으로 감소하여 유지되었다. 두부하위시 폐내질소제기시간 및 질소제거지수는 증가하는 양상을 보였다.

두부하위에서 회복기양와위로 체위변화시 10분에 심박출량은 감소하였으며, 혈압, 전말초혈관저항은 증가하였다. 호식성예비용적 및 일회호흡량은 증가하였으며, 호흡수는 체위변화 전반에 걸쳐 큰 변동이 없었다.

두부하위 10분 이후 심박수는 감소하였고, 전말초혈관저항 및 혈장 catecholamine농도가 유의한 변화

는 아니었으나 감소하는 경향을 보인 것은 중심성 혈액량의 증가에 의한 심폐압력수용체의 감압반사가 초래된 결과로 보인다. 또한, 두부하위에서 회복기 양와위로 체위변화시 혈압, 심박수 및 전말초혈관저항이 증가한 것은 중심성혈액이 말초로 이동되어 심박출량이 감소하고, 심폐압력수용체에 가해졌던 정수압의 소실로 가압반사가 일어난 결과로 사료된다. 좌위에서 양와위, 그리고 두부하위로 체위변화시 폐용적의 감소는 폐장내 혈액량 증가에 의한 공기 용량의 상대적 감소와 횡격막의 흉곽내부로의 이동으로 초래된 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

- Abel FL, McCutcheon EP: *Cardiovascular Function*, ed 1. Boston, Little Brown Co, 1979; pp 319-336.
- Agostoni E, Mead J: Statics of the respiratory system, in Fenn WO, Rahn H(eds): *Handbook of Physiology, Section 3: Respiration*. Washington, DC, American Physiol Society, 1964; pp 387-409.
- Arborelius M Jr, Balldin VI, Lilja B, et al: Regional lung function in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med* 1972; 43: 701-707.
- Arieli R, Boutellier U, Farhi LE: Effect of water immersion on cardiopulmonary physiology at high gravity(+Gz). *J Appl Physiol* 1986; 61: 1686-1692.
- Asmussen E, Christensen EH, Nielsen M: The regulation of circulation in different postures. *Surgery* 1940; 8: 604-616.
- 배재훈, 송대규, 박원균, 채의업: 한국인 남자 대학생의 최대산소섭취량과 심박출량. *대한스포츠의학회지* 1988; 6: 171-184.
- 배성호, 채의업: 수동적 체위변화가 분시환기량, FRC 및 폐내 질소 클리어ان스에 미치는 영향. *경북의대잡지* 1974; 15: 203-210.
- 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.
- 채의업, 이석강, 배성호: 체위변화에 수반되는 순환 및 호흡반응. *대한생리학회지* 1973; 7: 1-9.
- 채의업, 송대규, 배재훈: 두부하위(-6°)의 체위변화에 따른 심폐기능의 변화. *대한스포츠의학회지* 1989; 7: 91-108.
- Collier CR: Determination of mixed venous CO<sub>2</sub> tensions by rebreathing. *J Appl Physiol* 1956; 9: 25-29.
- Gharib C, Gauquelain G, Pequignot JM, et al: Early hormonal effects of head-down tilt(-10°)in humans. *Aviat Space Environ Med* 1988; 59: 624-629.
- Goldsmith SR, Francis GS, Cohn JN: Effects of head-down tilt on basal plasma norepinephrine and renin activity in humans. *J Appl Physiol* 1985; 59: 1068-1071.
- Guyton AC: *Textbook of Medical Physiology*, ed 7. Philadelphia, WB Saunders Co, 1986; p 536.
- 김정금: 체위변화가 폐내공기용량, 심전도 및 혈압에 미치는 영향. *경북의대잡지* 1970; 11: 357-367.
- Klausen K: Comparison of CO<sub>2</sub> rebreathing and acetylene methods for cardiac output. *J Appl Physiol* 1968; 20: 763-766.
- Loepky 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: 637-644.
- Loepky JA, Ulrich CL: Fluctuations in O<sub>2</sub> stores and gas exchange with passive change in posture. *J Appl Physiol* 1975; 39: 47-53.
- 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.
- 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.
- 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.
- Muijesan G, Sorbin GA, Sollis E, et al: Comparison of CO<sub>2</sub>-rebreathing and direct Fick methods for determining cardiac output. *J Appl Physiol*

- 1968; 24: 424-429.
24. Nixon JV, Murray RG, Bryant C, et al: Early cardiovascular adaptation to simulated zero gravity. *J Appl Physiol* 1979; 46: 541-548.
25. Nunn JF: *Applied Respiratory Physiology*, ed 3. London, Butterworth Co, 1987; pp 36-40.
26. Pendergast DR, Claybaugh J, Farhi LE: Cardiorespiratory-hormonal integration during head-down tilt (Abstract). *The Physiologist* 1987; 30: 206.
27. Pequignot JM, Guell A, Gauquelin G, et al: Epinephrine, norepinephrine and dopamine during a 4-day head-down bed rest. *J Appl Physiol* 1985; 58: 157-163.
28. Peuler JO, Johnson CA: Simultaneous single isotopic radioenzymatic assay of plasma norepinephrine, epinephrine and dopamine. *Life Sci* 1978; 21: 625-636.
29. Rowell LB: *Human Circulation Regulation during Physical Stress*. New York, Oxford University Press, 1986; pp 19-29, 96-116, 137-173.
30. 송대규, 배재훈, 박원규, 채의업: 도립(-6°)이 혈장 catecholamine 농도 및 심장혈관계에 미치는 영향. *대한생리학회지* 1987; 21: 211-223.
31. Tomaselli CM, Kenney RA, Frey MAB, et al: Cardiovascular dynamics during the initial period of head-down tilt. *Aviat Space Environ Med* 1987; 54(suppl 12): 31-41.