

수동적 체위변화가 혈중 Catecholamine 농도 및 심장혈관계에 미치는 영향*

계명대학교 의과대학 생리학교실

윤석근 · 박원균 · 배재훈 · 채의업

=Abstract=

Changes of Plasma Catecholamines and Minute Blood Flow in Large Vessels during Orthostasis and Antiorthostasis

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

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

Many investigators have studied the effect of gravity on cardiovascular homeostasis during orthostasis and antiorthostasis by conventional approaches such as measurements of the heart rate, arterial blood pressure, central venous pressure, cardiac function parameters including stroke volume of the heart, vascular blood flow, peripheral vascular resistance and respiratory rate. Furthermore recently it has been interested to evaluate the hormonal changes in catecholamines, renin-angiotensin-aldosterone and antidiuretic hormone as the indicator of the regulatory mechanisms of both cardiovascular and renal function to postural changes. Catecholamines (norepinephrine and epinephrine) are transmitters of the sympathetic nerve ending and the plasma concentration of catecholamines represents the total activity of the sympathetic nerves in the body.

This study was performed to measure the concentration of plasma catecholamines and the parameters of cardiovascular function in an upright and a head-down position. The aim of this study was to evaluate the effect of catecholamines in conjunction with various cardiovascular responses in the passive tilt. Eleven anesthetized dogs of 8–12kg were examined by passive tilting from the supine position to 77° upright (orthostasis), and from supine position to -90° head-down (antiorthostasis), for 10 minutes on each tilt. The concentration of plasma catecholamines was measured by a modified radioenzymatic method of Peuler and Johnson at every nine to ten minute period when orthostasis and antiorthostasis were accomplished after each tilt. Minute blood flow of the common carotid artery, external jugular vein, femoral artery and femoral vein was continuously measured with an Electromagnetic flowmeter. Arterial blood pressure, heart rate and respiratory rate were also measured. The measurements obtained from the upright and head-down tilt were compared with those from the supine position. The results obtained are as follows:

* 이 연구는 1985년도 중산의료원 조사연구비로 이루어졌음.

In orthostasis, the concentration of plasma norepinephrine and epinephrine was increased from 140 ± 11.5 and 131 ± 12.7 pg/ml in the supine position to 150 ± 12.6 and 120 ± 10.3 pg/ml respectively, however the changes were statistically insignificant. The blood flow of the artery through both head and lower leg was significantly ($p < 0.01$) decreased. Systolic and diastolic blood pressure were significantly ($p < 0.05$) decreased and pulse pressure was also decreased. The heart rate was markedly ($p < 0.05$) increased. The respiratory rate was not changed except for the initial small decrease.

In antiorthostasis, the plasma norepinephrine was significantly ($p < 0.05$) increased to 167 ± 15.2 pg/ml and the epinephrine was slightly increased in comparison with the supine position. The blood flow through head, arterial blood pressure and pulse pressure were not significantly changed, but the blood flow through the lower leg was significantly ($p < 0.05$) decreased. The heart rate was increased and the respiratory rate showed an initial small increase.

In conclusion, it seems that the adaptation of dogs to short term orthostasis after an abrupt passive tilt is maintained through cardiovascular homeostatic mechanism such as baroreceptor and cardiopulmonary receptor reflexes.

서 론

경사대에 의하여 체위변화를 수동적으로 일으킬 경우 수의근의 반사적 수축이 둔해지고, 순환혈액의 심장박출이나 심장에로의 정맥환류는 중력의 방향과 일치될 때는 가속이 되고 역행하는 경우는 감속될 것이다¹⁻⁴. 또한 중력방향으로 내부장기의 위치변화가 일어나며 혈관 및 호흡의 변화에 영향을 미칠수 있다⁴.

기립성울혈(orthostasis)은 중력에 의하여 혈액이 체하부로 이동함으로써 심장혈관계(cardiovascular system)를 통한 전신적인 변화를 초래하는 것을 말하며^{5,6}, Coonan 및 Hope⁷에 의하면 정수압(hydrostatic pressure)은 신체의 어느 한 부분과 다른 부분 사이의 수직높이의 차이에 의해 결정되며 2.5cm의 수직높이는 2 mmHg의 압력에 해당하고 기립시 일반 성인남자의 발에는 심장위치에서의 혈압보다 약 115mmHg 높은 압력이 가해진다고 하였다. 기립성 저혈압은 장기간 위위로 있다가 기립하는 경우에 발생하며, 단순한 수동적 체위 변화시에도 정맥펌프 기능의 감소에 의한 정맥환류의 장애로 야기된다⁸. 또한 근배에는 외계에서 장기간 우주여행 후 중력권에 귀환시 심한 중력감을 느끼며, 일시적인 기립성울혈을 초래한다^{9,10}고 한다.

Trendelenburg 위치와 같은 도립위는 두부에 대한 혈류의 증가를 도모하지만 횡경막의 흉곽내부 방향의 이동으로 호흡운동을 방해할 가능성^{5,6}이 있으며, 두부에서 심장에로의 정맥환류를 억제하여 장시간 도립시 안면홍혈 등이 나타날 수 있을 것

이다.

수동적 체위변화가 생체의 심장 및 혈관계에 미치는 영향은 일차적으로 중력에 의한 심장에로의 정맥환류량의 변화에 의해 야기¹⁻³되며 이어서 심장충만압(cardiac filling pressure)과 심박출량의 변화¹¹로 나타난다. 이러한 심장혈관계의 변화는 경동맥동(carotid sinus)의 압력수용체 및 심장폐수용체(cardiopulmonary receptor)에 의해 감지되고, 생체는 이에 심장혈관계의 조절로써 반응한다¹².

이처럼 수동적 체위변화시 나타나는 혈압, 분시 심박수, 혈관저항 및 호흡의 변화와 그 조절에 대하여서는 많은 보고가 있으며, 나아가서 근배에는 심장혈관계의 신경성 조절의 지표가 되는 혈중 epinephrine, norepinephrine 및 dopamine의 농도 측정이 방사성효소 측정법(radioenzymatic method)의 발전으로 가능^{13,14}하게 됨으로서 체위 변화시 혈중 catecholamine의 변화를 측정할 보고¹⁵⁻²⁰도 있다. 그러나 수동적 체위변화에 의한 혈중 catecholamine의 변화는 보고자에 따라 서로 다르다. 이에 저자는 기립 및 도립의 수동적 체위 변화시 심장혈관계에 대한 중력의 영향이 혈중 catecholamine의 농도에 어떠한 방향으로 미치는가를 보기 위하여, 또한 체위변화시 중력의 방향이 두부 및 하지의 분시 혈류량에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료는 체중이 8~12kg의 잡종성견 11마리

불 압수 구별 없이 사용하였고, Secobarbital 30mg/kg 로 하지의 복제정맥(saphenous vein)에 정주하여 마취 시킨 후 경사대에 양와위로 하여 고정시켰다. 수술로써 총경동맥(common carotid artery), 외경정맥(external jugular vein), 대퇴동맥과 대퇴정맥(femoral artery and vein)을 노출시켜 깨끗하게 박리한 후 각 혈관의 직경에 맞는 2.5~3 mm의 flowmeter probe 를 장치하고 이를 Narco Bio System 사의 Electromagnetic flowmeter 에 연결하여 전실험을 통하여 두부 및 하지의 분시 혈류량(ml/min.)을 지속적으로 측정하였다. 또한 심장위치에서의 동맥혈압을 측정하기 위하여 상지의 액와동맥(axillary artery)에 catheter 를 삽입하여 Narco Bio System 사의 Physiograph 에 연결하였고, 혈압의 맥박을 통하여 분시 심박수를 계산하였다. 분시 호흡수는 바늘진극을 이용한 Impedance pneumograph 를 사용하여 측정하였다.

혈중 catecholamine 의 농도는 액와동맥에 삽입한 catheter 를 통하여 혈액을 채취한 후 혈장을 분리하여 영하 70°C 에 보관하였다가 4주 이내에 Peuler and Johnson¹⁰⁾의 방사성효소 측정법을 사용하여 측정하였다.

실험은 수평위에서 안정시의 측정치를 대조치로 삼았고, 10°/sec 의 속도로 기립위, 수평위, 도립위의 순서로 체위변화를 시켰고 각 체위변화의 시간은 10분으로 하였다. 동맥혈압, 분시 심박수 및 분시 혈류량은 각 체위변화의 직후 및 매 1분마다 마지막 10초 사이의 수치를 측정치로 삼았고, 분시 호흡수는 매 1분동안의 호흡수로 표시하였다. 혈중 catecholamine 의 농도는 각 체위변화 후 9분에 채혈한 혈액으로 측정하였다. 각각의 측정치는 평균 및 표준오차로서 표시하였으며 각 체위변화시의 대조 수평위에 대한 변화 정도는 t-검정을 통하여 유의성을 표시하였다.

성 적

수평위에서 기립위 및 도립위로 체위변화시 동맥혈압, 분시 심박수 및 분시 호흡수의 변화는 표 1-3 에서 보는 바와 같다. 수축기 및 확장기 동맥혈압의 변화(그림 1)는 대조 수평위 145±7.5mmHg 및 114±7.3mmHg 에서 기립 직후 112±8.7mmHg 및 87±7.8mmHg 로 급격히 감소하였고, 그후 기립 3분까지 129±5.8mmHg 및 106±5.2mmHg 까지 서서히 증가 후 약간 감소하여 기립 5분부터는 안정된

값을 보였다. 그러나 기립위 10분동안의 수축기 및 확장기 혈압은 대조 수평위에 비하여 유의하게($p < 0.05$) 낮은 상태를 유지하였다. 기립위에서 수평위로 체위변화시에는 수축기 및 확장기 혈압이 증가하여 회복되는 양상을 보였으나 완전히 회복이 되지는 못하였다. 수평위에서 도립위로 체위변화시 수축기 및 확장기 혈압은 체위변화 직후에는 감소하였으나 그후 증가하여 기립위 1분부터는 직전의 수평위에 비하여 약간 높은 수준으로 증가하였으나, 유의한 변화는 아니었다. 또한, 기립위 및 도립위로 체위변화시 평균 동맥혈압의 변화도 수축기 및 확장기 혈압의 변화와 동일한 양상을 보였다.

분시 심박수의 변화(그림 2)는 대조 수평위 174는 11.6/min. 에서 기립 직후, 207±10.4/min. 으로 유의하게($p < 0.01$) 증가하였으며, 기립위 10분동안에도 유의하게($p < 0.05$) 높은 수준을 유지하였고, 다시 수평위로 체위변화시에는 회복되는 양상을 보였다. 도립시 분시 심박수는 수평위에 비하여 다시 증가하였으나($p < 0.05$) 기립시 분시 심박수의 증가보다는 그 변화 정도가 작았다. 분시 호흡수(그림 2)는 대조 수평위 18.8±2.25/min. 에서 기립 초기에는 약간 감소하였으나 그후 회복되는 양상을 보였고, 도립시에는 초기에 약간 증가하였으나 유의한 변화는 관찰되지 않았다.

기립위 및 도립위로 체위변화시 두부 및 하지를 흐르는 동맥 및 정맥의 분시 혈류량의 변화는 표 4-6 및 그림 3과 4에서 보는 바와 같으며 각 분시 혈류량의 변화는 대조 수평위에 대한 백분율로서 표시하였다. 총경동맥을 통한 분시 혈류량은 대조치 100%에 비하여 기립시 63±7.4%로 급격히 감소하였고 시간이 경과함에 따라 서서히 감소하여 기립 10분동안에 유의하게($p < 0.001$) 낮은 상태를 보였다. 다시 수평위시에 분시 혈류량은 회복하여 증가하는 양상을 보이나 수평위 10분동안 완전히 회복되지는 못하였고, 도립위로 체위변화시에는 직전의 수평위에 비하여 약간 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다. 기립시 대퇴동맥을 통한 분시 혈류량은 대조 수평위에서 기립시 유의하게($p < 0.05$) 감소하였으며, 다시 수평위로 체위변화시에는 회복되는 양상을 보이나 도립시 분시 혈류량은 다시 유의하게($p < 0.01$) 감소하였다. 외경정맥을 통한 분시 혈류량은 대조 수평위에서 기립시 유의하게($p < 0.05$) 감소하였으며, 다시 수평위시에 회복되는 양상을 보이지는 않았고, 도립시 분시 혈류량은 약간 증가하나 유의하지는 않았으며 개체간에 심한 변화 양상의 차이를 보였다. 대퇴정맥의 분시 혈류량은

Table 1. Changes of arterial blood pressure (B.P.), heart rate and respiratory rate during postural changes in dogs (continued)

	Control	Upright position													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.			
B.P.	Systolic	145	112***	124**	125**	129***	126**	124**	123***	123***	123***	121***	121***	121***	121***
	Mean ± SE	7.5	8.7	6.4	6.3	5.8	5.7	6.1	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4	5.7	
B.P.	Diastolic	114	87***	98*	102**	106**	105*	100**	101**	101**	101**	98**	98**	98**	98**
	Mean ± SE	7.3	7.8	6.3	5.8	5.2	4.5	5.3	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.2	
Heart rate	Mean	124	96***	106**	110**	112**	113**	108**	108**	108**	108**	106**	106**	106**	106**
	Mean ± SE	7.3	8.0	6.2	6.0	5.9	4.7	5.5	5.0	5.0	5.3	5.1	5.1	5.4	
Respiratory rate	Heart rate	174	207**	200**	199*	198*	202**	207**	204*	204*	206*	204**	204**	207**	207**
	Mean ± SE	11.6	10.4	10.5	11.2	10.6	10.0	9.7	9.0	9.0	10.2	9.7	9.7	9.6	
Respiratory rate	Mean	18.8	16.8	18.0	17.2	16.5	16.8	17.3	20.4	20.4	18.5	18.5	18.5	19.4	19.4
	Mean ± SE	2.25	4.42	4.25	3.63	2.66	2.62	2.51	2.80	2.80	2.54	2.13	2.13	3.11	

Significance in changes of the B.P., heart rate and respiratory rate in the postural change: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

Table 2. Changes of arterial blood pressure(B.P.), heart rate and respiratory rate during postural changes in dogs (continued)

	Control	Supine position													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.			
B.P.	Systolic	130*	138*	137*	135*	138*	137*	137*	135**	135**	135**	137**	137**	137*	137*
	Mean ± SE	5.4	5.1	5.9	5.8	5.0	5.5	5.6	6.0	5.7	5.7	6.0	6.0	6.3	
B.P.	Diastolic	99*	110	111	109	111	111	110	109	110	110	111	111	111	111
	Mean ± SE	4.6	4.6	4.9	4.8	4.4	4.8	4.9	5.2	5.0	5.0	5.5	5.5	5.8	
Heart rate	Mean	110*	120	120	118	120	119	119	117*	118*	118*	118	118	120	120
	Mean ± SE	4.9	4.7	5.0	5.1	4.6	5.0	5.1	5.4	5.2	5.2	6.1	6.1	5.9	
Respiratory rate	Heart rate	179	170	167	159	162	162	158	162	162	163	163	163	166	166
	Mean ± SE	10.6	9.2	7.9	9.4	8.8	9.1	9.7	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.1	
Respiratory rate	Mean	20.4	18.2	19.0	18.2	18.2	18.2	17.7	17.8	17.7	17.7	17.8	17.7	17.6	17.6
	Mean ± SE	2.32	2.34	2.34	2.40	2.37	2.47	2.37	2.17	2.24	2.24	2.11	2.11	2.07	

Table 3. Changes of arterial blood pressure (B.P.), heart rate and respiratory rate during postural changes in dogs

n=11

		Head-down position										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.
Systolic	Mean±SE	126 ⁺ 4.1	140	141	140	141	142	141	144	142	143	145
	B.P.											
Diastolic	Mean±SE	100 [*] 3.4	113	116	115	116	117	117	119	117	117	120
	B.P.											
Mean	Mean±SE	109 [*] 3.5	122	124	123	124	125	125	128	124	126	128
	B.P.											
Heart rate	Mean±SE	181	191 [*] 7.5	187 [*] 9.6	190 [*] 8.1	182	183	183	185	185	191	192
	B.P.											
Respiratory rate	Mean±SE	22.3	23.2	23.2	19.9	18.3	18.1	18.4	18.6	18.6	19.2	20.0
	B.P.											

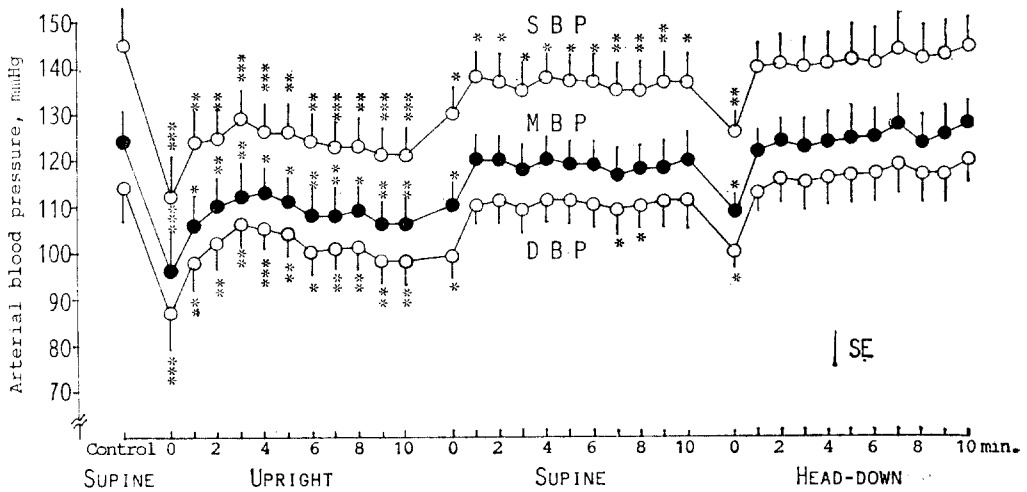


Fig.1. Changes of the systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and mean blood pressure (MBP) in the axillary artery of dogs during the postural changes. Significance in changes of the blood pressure in the postural changes: ^{*}p<0.05, ^{**}p<0.01, ^{***}p<0.001.

기립시 대조 수평위에 비하여 약간 감소하였고, 다시 수평위시에 회복되었다가 도립시에는 수평위에 비하여 약간 증가하였으나 기립 및 도립의 체위변화 모두에서 유의한 변화는 없었으며, 외경정맥에서의 차이 개체간의 차이가 심하였다.

수동적 체위변화시 혈중 catecholamine 의 변화는 표 7 및 그림 5에서의 같이 대조 수평위에서는 혈중 epinephrine 및 norepinephrine 의 농도가 120±10.3pg/ml 및 140±11.5pg/ml 였으며, 기립

위로 체위변화시 혈중 epinephrine 및 norepinephrine 모두 131±12.7pg/ml 및 150±12.6pg/ml 로 증가하였으나 유의한 변화는 아니었다. 다시 수평위의 체위시는 각각 116±12.7pg/ml 및 137±7.3pg/ml 로 거의 대조 수평위치로 회복되었으며, 도립시에는 다시 혈중 epinephrine 은 127±9.9pg/ml 까지 약간 증가하였고, 혈중 norepinephrine 농도는 167±15.2pg/ml 로 직전 수평위에 비하여 유의하게(p<0.05) 증가함을 보였다.

Table 4. Percent changes of blood flow through artery and vein of head and lower leg during postural changes in dogs (continued)

Control	Upright position												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.		
C. A. n=11	Mean±SE	100	63*** 7.4	63*** 4.9	58*** 6.9	55*** 5.9	52*** 5.3	53*** 5.4	51*** 5.2	46*** 3.3	47*** 4.4	48*** 4.4	44*** 2.5
E. J. V. n=3	Mean±SE	100	79 33.7	50*** 5.8	45*** 5.0	53*** 5.5	44*** 11.8	41*** 13.5	38*** 10.9	42*** 9.3	52*** 11.8	52* 16.4	55* 13.2
F. A. n=6	Mean±SE	100	63** 10.3	59** 12.2	48*** 10.6	46*** 9.4	48*** 4.4	48*** 6.3	51*** 7.8	50*** 9.1	61** 11.7	60** 11.2	57*** 7.7
F. V. n=4	Mean±SE	100	87 24.2	78 12.2	84 14.8	93 19.1	89 10.9	83 13.0	90 16.1	95 14.4	88 8.9	77* 8.6	83 19.6

Abbreviations of C. A., E. J. V., F. A. and F. V. mean carotid artery, external jugular vein, femoral artery and femoral vein respectively. Significance in changes of the blood flow in the postural changes: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

Table 5. Percent changes of blood flow through artery and vein of head and lower leg during postural changes in dogs (continued)

Control	Supine position											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.	
C. A. n=11	Mean±SE	81* 10.4	73*** 5.2	73*** 3.9	76*** 4.1	79*** 5.0	82* 7.6	84* 7.8	78*** 6.6	81** 6.5	82*** 4.9	83** 5.8
E. J. V. n=3	Mean±SE	23*** 9.8	31** 12.3	47* 15.3	37** 15.9	46* 24.2	38** 14.8	38** 14.8	39** 13.8	46* 15.6	48** 9.3	52* 13.1
F. A. n=6	Mean±SE	171** 20.2	115 11.9	90 17.0	92 19.4	95 21.9	79* 10.2	78* 9.4	87 14.5	93 16.9	93 16.0	93 15.7
F. V. n=4	Mean±SE	133 48.6	111* 4.1	99 8.8	100 7.9	131* 13.3	135* 16.7	118* 6.6	108 11.6	108 13.5	91 11.9	108 8.3

Table 6. Percent changes of blood flow through artery and vein of head and lower leg during postural changes in dogs

		Head-down position										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10 min.
C. A. n=11	Mean±SE	100 17.1	78* 10.1	77** 9.1	81* 9.7	91 13.6	95 17.7	95 15.1	93 18.5	93 17.0	96 18.5	95 15.2
	Blood flow	30** 17.3	76 46.4	62 37.6	73 50.4	68 52.0	72 54.9	87 72.2	82 74.0	67 66.7	76 72.2	76 72.2
F. A. n=6	Mean ±SE	67** 9.5	53** 14.3	45*** 11.2	56** 13.5	40*** 12.1	48*** 10.7	44*** 8.4	49** 13.7	49*** 7.5	56*** 7.5	48** 16.4
	Blood flow	109 37.9	81 25.8	145 58.5	121 16.6	137 27.4	127 22.9	122 18.7	165 55.9	119 17.4	159 31.0	141* 14.6

Table 7. Concentration of plasma catecholamines at 10 minutes after postural changes in dogs

Number	Epinephrine(pg/ml)		Norepinephrine(pg/ml)	
	Supine	Upright	Supine	Upright
1	134	151	146	129
2	108	134	115	199
3	136	159	91	221
4	164	208	167	152
5	169	150	177	81
6	123	115	101	134
7	101	134	143	162
8	79	69	70	117
9	71	81	64	153
10	110	108	88	156
Mean	120	131	116	150
±SE	10.3	12.7	12.7	12.6
				7.3
				15.2

Significance of changes in the concentration of the plasma catecholamines between supine and upright or head-down: * p<0.05.

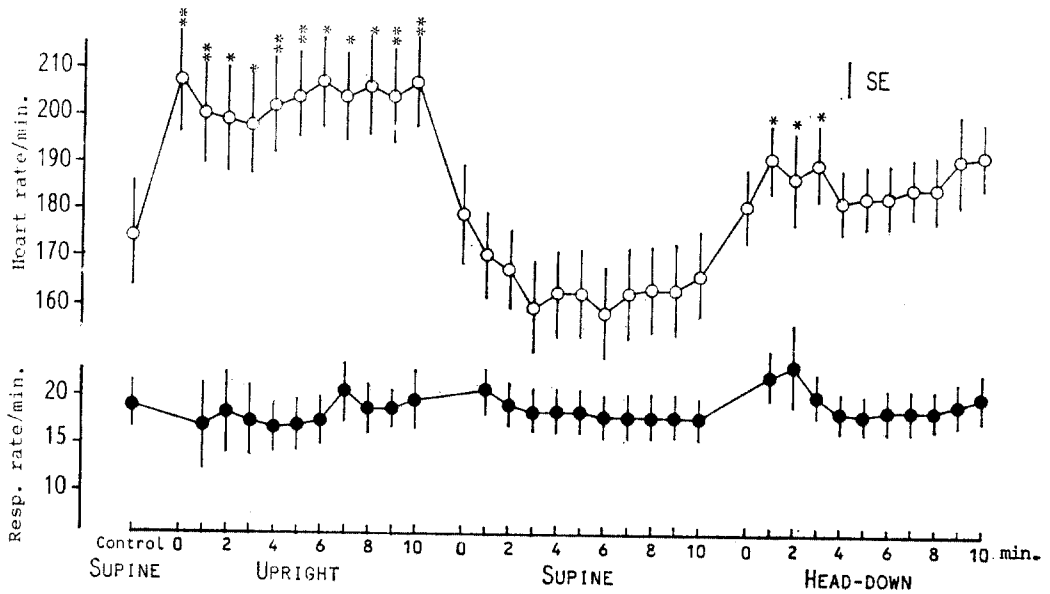


Fig. 2. Changes of the heart rate and the respiratory rate during the postural changes in dogs. Significance of changes in the postural change: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

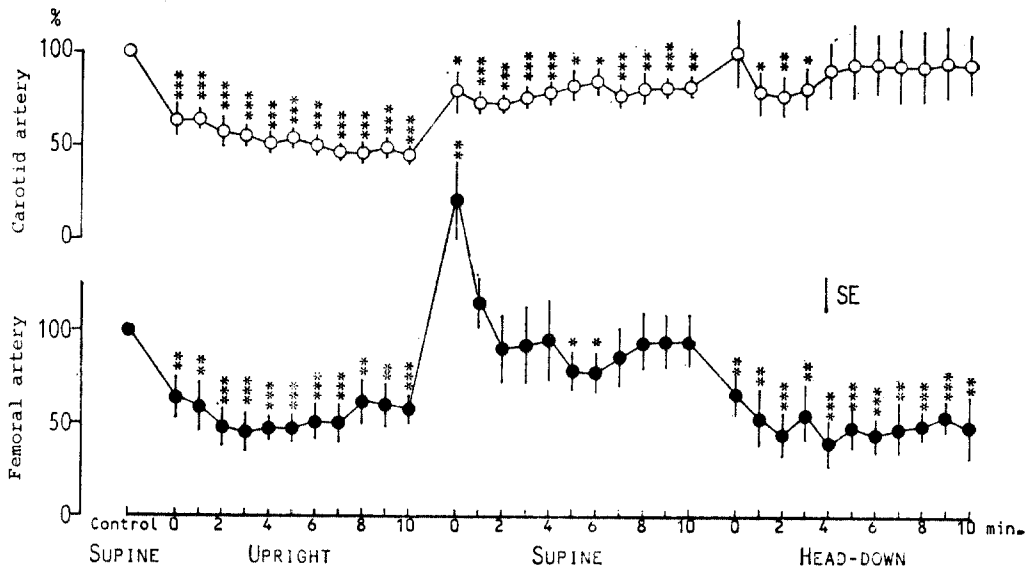


Fig. 3. Percent changes of the blood flow through the artery of head and lower leg during the postural changes in dogs. Significance in changes of the arterial blood flow in the postural change: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

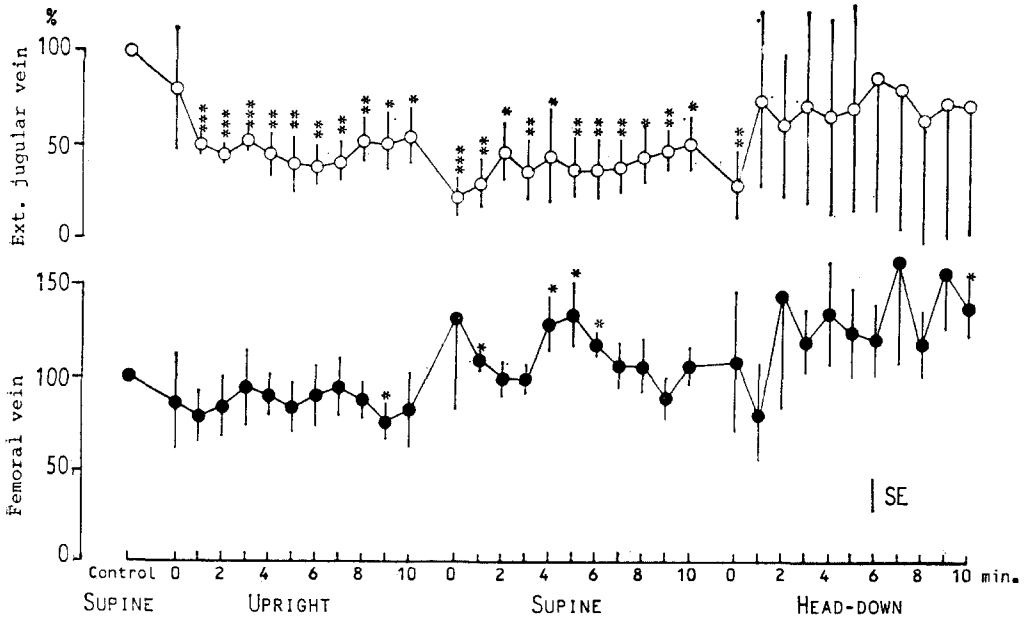


Fig. 4. Percent changes of the blood flow through the vein of head and lower leg during the postural changes in dogs. Significance in changes of the venous blood flow in the postural change: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

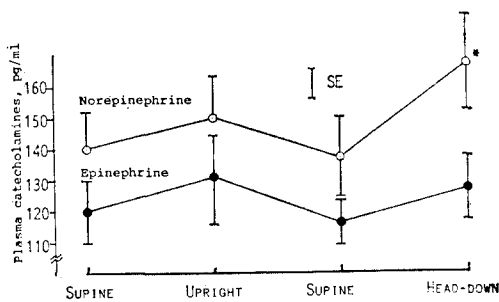


Fig. 5. Concentration of the plasma catecholamines at 10 minutes after the postural changes. Significance of changes in the concentration of the plasma catecholamines between supine and upright or head-down position: * $p < 0.05$.

고 찰

수동적 체위변화는 중력에 의한 혈액의 이동에 의하여 심장혈관계에 영향을 미치며, 기립위에서는 중력에 의한 혈액의 체하부로의 이동에 의하여, 도립위에서는 흉곽내와 두부로의 이동에 의하여 심장혈관계에 영향을 미친다^{4,11)}.

기립시에는 정맥환류량의 감소에 의하여 중심 정맥압이 감소^{4,21)}하고, 흉곽내의 혈액량도 300~500

ml 감소한다⁷⁾고 한다. 따라서 심장으로 들어가는 혈액량의 감소는 좌심실의 확장기말 용지 및 압력(end-diastolic volume and pressure)의 감소¹¹⁾, 심장계수(cardiac index)의 감소^{22,23)}, 일회 심박출량(stroke volume)의 감소¹¹⁾와 함께 동맥혈압의 감소^{4,21,23)}로 나타난다고 하였다. 전 및 채²¹⁾는 기립위로 체위변화시 두부로 가는 순환혈액의 감소는 경동맥동의 압력수용체에 작용하고, 압력수용체의 감압반사는 혈관운동중추로 전달되어 교감신경은 흥분되고 부교감 신경은 억제되어 혈관의 긴장은 상승하고 분시 심박수는 증가한다고 하였다. Convento 등²⁴⁾도 기립시 수축기 혈압은 변하지 않으나 확장기 혈압은 상승한다고 하였고, 채 등²³⁾은 전진 혈관저항의 증가를 보고하였다.

박 및 채²⁵⁾는 기립시 총경동맥 및 대퇴동맥의 분시 혈류량이 수평위에 비하여 각각 63% 및 12% 감소한다고 하였고, 두부의 분시 혈류량의 감소는 하지에서 보다 더 크다고 하였다. Campese 등¹⁵⁾은 인체에 있어서 기립의 10분에 수축기 및 확장기 혈압은 감소하며, 혈중 norepinephrine 및 epinephrine 농도는 유의하게 증가하고, 혈중 renin 활성도 및 aldosterone의 농도도 증가한다고 하였다. Cryer 등¹⁶⁾은 기립시 혈중 norepinephrine 농도는 유의하게 증가하나 epinephrine 농도는 유의한 변화

가 없었다고 하였고, Creager 등¹⁷⁾도 혈중 norepinephrine 농도는 유의하게 증가한다고 하였다. 본 실험에서의 기립시 대조 수평위에 대한 동맥혈압의 감소 및 분시 심박수의 증가는 위의 보고들^{4,11,21,23,25)}과 일치함을 보이며, 초기 3분 동안에는 압력수용체의 조절반사²¹⁾에 의하여 일시적으로 약간의 동맥혈압의 증가 및 분시 심박수의 감소를 보이다가 5분 이후에는 안정된 양상을 보였다. 기립시 두부 및 하지의 분시 혈류량은 감소함을 보여 간접적으로 기립위에 의하여 전체 혈액량이 감소한다는 위의 보고들^{4,7,25)}과 일치하나, 박 및 채²⁵⁾의 두부를 흐르는 분시 혈류량의 감소가 하지에서 보다 더 큰 현상은 본 실험에서는 관찰할 수 없었다. 혈중 norepinephrine 및 epinephrine의 농도는 대조 수평위에서 각각 $140 \pm 11.5 \text{ pg/ml}$ 및 $120 \pm 10.3 \text{ pg/ml}$ 였으며 Campese 등¹⁵⁾의 210 및 25 pg/ml 이나 Cryer 등¹⁶⁾의 182 및 44 pg/ml 의 수평위 농도보다 혈중 norepinephrine의 농도는 약간 낮으나 epinephrine의 농도는 높았다. 그러나 이러한 보고들¹⁵⁻¹⁷⁾은 인체를 대상으로 한 것으로 본 실험과 같이 개의 혈중 catecholamine의 농도와는 차이가 있을 수 있으며, 또한 인체의 안정시 혈중 catecholamine의 농도도 보고자에 따라 차이가 있어 혈중 norepinephrine의 농도는 $150-250 \text{ pg/ml}$, epinephrine은 $25-50 \text{ pg/ml}$ 사이의 농도를 보인다²⁶⁾고 하였다. 그럼에도 불구하고 본 실험에서의 대조 수평위의 혈중 epinephrine 농도는 약간 높은 것으로 생각되며 이는 마취중 수술에 의한 부신수질의 epinephrine의 분비가 증가한 것으로 사료된다. 기립위로 체위변화시 본 실험에서의 혈중 norepinephrine 농도는 증가하였고, 다른 보고¹⁵⁻¹⁷⁾와 대개 일치하나 유의한 변화는 아니었다. 기립시 혈중 epinephrine 농도는 Campese 등¹⁵⁾은 유의하게 증가한다고 하였으나 Cryer 등¹⁶⁾은 유의한 변화가 없었다고 하였으며, 본 실험에서는 유의하지는 않으나 혈중 epinephrine 농도는 약간 증가하였다.

도립위에서는 중력에 의한 혈액의 두부 및 유연한 폐조직에로의 이동^{4,7,21)}으로 심장혈관계에서 영향을 미친다. Gazenko 등¹¹⁾은 기립과는 반대로 도립시는 폐동맥압이 증가하고 좌심실의 확장기말 용적 및 압력도 증가한다고 하며 이는 정맥환류량의 증가와 폐중심부의 혈액량 증가에 기인한다고 하였고, 채 등²³⁾도 폐의 혈액지류로 인한 폐혈류저항의 감소를 보고한 바 있다. 그러나 폐중심부의 혈액량 증가에 의한 심근의 과도한 부탄은 좌심실의 수축력을 감소시킬

수 있다^{11,23)}고 하였다. 실제로 도립시 동맥혈압은 약간 증가한다는 보고¹²⁾와 오히려 약간 감소한다는 보고^{4,21,23)}도 있으나, 전반적으로 유의한 변화는 없는 것^{11,19)}으로 보인다. 동시에 도립위에서의 분시 심박수도 보고자에 따라 약간 감소^{4,11)}하거나 약간 증가^{21,24,27)}한다고 하였다.

박 및 채²⁵⁾는 도립시 중경동맥의 분시 혈류량은 유의한 변화가 없으나, 대퇴동맥을 통한 분시 혈류량은 감소하였고, 분시 심박수는 약간 증가하나 유의하지는 않다고 하였다. Gharib 등²⁰⁾은 무중력 상태에 대한 모형으로 도립시 중력에 의한 혈액의 두부로의 이동은 압력수용체의 자극에 의한 분시 심박수 및 혈류저항등의 변화와 양쪽 심방의 압력증가에 의한 Gauer-Henry 반사 즉, renin-angiotensin-aldosterone system, vasopressin 및 catecholamine의 분비억제를 이론적 근거로하여 10° 도립시의 그 변화를 관찰한 결과 도립위 10분에서 30분사이의 혈중 norepinephrine 농도는 약간 감소하며 epinephrine은 유의하게 감소한다고 하였다. 그러나 이 보고는 대조 체위로써 좌위를 취한 다음 도립시의 변화를 관찰한 것으로 보고자²⁰⁾ 자신도 대조위로써 수평위를 취할 경우에는 그 자체로서 혈액의 두부방향 이동을 야기하는 게위이므로 도립위로 체위변화시 심장혈관계의 미다른 변화가 관찰되지 못하더라도 그리 놀랄만한 것이 되지 않는다고 하였다. 또한 Pequignot 등¹⁸⁾이나 Goldsmith 등¹⁹⁾도 수평위에서 6° 및 30° 의 도립시는 기립시와는 달리 혈중 catecholamine 농도의 큰 변화는 없다고 하였다.

본 실험에서는 도립시 동맥혈압, 두부 및 하지 분시 혈류량의 변화는 박 및 채²⁵⁾나 다른 보고^{11,12,19)}와 일치하였고, 도립시 두부의 분시 혈류량은 큰 변화가 없음에 비하여 하지의 분시 혈류량의 감소는 도립시 심장에서부터 대퇴동맥까지의 높이에 미치는 중력의 영향 때문으로 생각되며, 이는 개에서 도립시 대퇴동맥의 혈압이 감소한다는 보고^{4,21,23)}와 일치한다. 그러나 분시 심박수는 도립시 크게 증가함을 보여 다른 보고들과^{4,11)} 달리 나타났으며, 혈중 norepinephrine 및 epinephrine 농도의 증가, 특히 도립시 norepinephrine 농도가 기립시보다 더 높고 유의한 증가를 보임은 Goldsmith 등¹⁹⁾의 보고와는 차이가 있었다. 즉 본 실험에서의 분시 심박수, 혈중 catecholamine 농도의 증가는 도립위에 의하여 교감신경성 흥분이 촉진됨을 알 수 있었으며, 이러한 양상은 좌위나 기립위와 같은 생체의 장축을 따라서 중력의 영향이 미치는 체위가 일상

생활에서의 생리적인 체위로서 이에 대한 내성이 발달된 신체⁷⁾와는 달리 본 실험의 대상인 개는 기립위 등에 대한 조절기능이 발달되지 않았으며, 특히 도립에 대한 조절기능의 미비에 의하여 생길 수 있는 생리반응으로 생각할 수 있을 것이며, 본 실험과 같이 개를 사용한 채 동²¹⁾의 보고도 도립시 전제현류지형이 기립시보다 도립시에 더 크게 증가한다고 하였고, Hukuhara 등¹²⁾도 토끼를 대상으로 체위변화를 시킨 결과 기립 및 도립시 모두에서 교감신경성 흥분을 관찰하여 본 실험의 도립시 혈중 catecholamine의 증가와 일치한다. 이러한 결과는 Gharib 등²⁰⁾이나 Pequignot 등¹⁸⁾ 및 Goldsmith 등¹⁹⁾의 실험과 같은 35° 이하의 도립시에는 정맥환류량과 심장박출량의 증가효과를 기대할 수 있으나, 75° 이상의 도립시에는 부구멍향으로 혈액저류로 오히려 정맥 환류량이 감소한다는 Coonan 및 Hope⁷⁾의 보고로 비추어 본 실험에서와 같은 90°의 도립은 개의 도립에 대한 대상능력의 미비 및 부부의 혈액저류로 인한 심장혈관계의 일반적인 조절기능 이외의 stress 요인이 작용한 것으로 사료되는 바이다.

요 약

기립 및 도립의 수동적 체위변화가 혈중 catecholamine 농도 및 심장혈관계에 미치는 영향을 관찰하고자 개를 정사태에 수평위로 고정하여 수동적으로 기립 및 도립위로 체위를 변화시키고, 각 체위에서 10분간 유지시켜 총정맥맥, 외경정맥, 내외정맥 및 정맥의 분지 혈류량, 동맥혈압, 분지 심박수, 분지 호흡수 및 혈중 catecholamine (epinephrine 및 norepinephrine) 농도를 측정하여 수평위와 비교 관찰하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

직립시 수축기 및 확장기 동맥혈압은 유의하게 ($p < 0.05$) 감소하였고, 두부 및 하지의 분지 혈류량도 유의하게 ($p < 0.05$) 감소하였으며, 분지 심박수 혈중 norepinephrine 및 epinephrine 농도는 증가하였다.

도립시는 수축기 및 확장기 혈압은 유의한 변화가 없었고, 두부의 분지 혈류량도 유의한 변화가 없었으나, 하지의 분지 혈류량은 감소하였다. 또한 분지 심박수, 혈중 norepinephrine 및 epinephrine 농도도 증가하였으며, 특히 norepinephrine 농도의 증가를 유의($p < 0.05$)하였다.

이런의 결과에서 기립에 의한 순환혈액의 중력방

향의 이동은 심장혈관계의 압력수용계 및 심장패수용계 반사에 의하여 내성이 이득어지고 있으며 이는 혈중 catecholamine 농도의 변화와 일치하나, 도립시에는 심장혈관계의 반사에 의한 대상능력은 충분하지 못하였고, 이외에도 도립에 의한 stress 요인이 작용하는 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. Abel FL, Waldhausen JA: Influence of posture and passive tilting on venous return and cardiac output. *Am J Physiol* 1968; 215: 1058—1066.
2. Sannerstedt R, Julius S, Conway J: Hemodynamic response to tilt and beta-adrenergic blockade in young patients with borderline hypertension. *Circulation* 1970; 42: 1057—1064.
3. Berry MR, Horton BT, Maclean AR: The importance of standing, the postural response of the blood pressure and heart rate, with a note on the method of taking the blood pressure in the erect posture. *Med Clin North Am* 1940; 24: 1095—1102.
4. 서석원, 채의업: 체위변화에 수반되는 심박관계 반응에 관한 연구. 대한생리학회지 1971; 5: 71—78.
5. Hurst JW, Logue RB, Schlant RC, Wenger NK: *The heart*, ed 4. New York, McGraw Hill, 1978, pp 705—716.
6. Lamb LE: Cardiopulmonary Aspects of Aerospace Medicine, in *Aerospace Medicine*, ed 2. Baltimore, HW Randel, William Wilkins, 1971, pp 448—513.
7. Coonan TJ, Hope CE: Cardio-respiratory effects of change of body position. *Canad Anaesth Soc J* 1983; 30: 424—437.
8. Colkin RE: Circulatory and respiratory reflexes in the rabbit during tipping. *Am J Physiol* 1946; 147: 661—668.
9. Chernyshov M: In the flight against weightlessness. *Aviat Space Environ Med* 1978; 49: 1235—1236.
10. Lovell JA Jr: A reflective review of man's venture into space. *Aviat Space*

- Environ Med* 1979; 50: 63-67.
11. Gazenko OG, Shumakou VI, Kakurin LI, Katkov VE, Chestukhin VV, Mikhailov VM, Troshin AZ, Nesvetov VN: Central circulation and metabolism of the healthy man during postural exposures and arm exercise in the head-down position. *Aviat Space Environ Med* 1980; 51: 113-120.
 12. Hukuhara T, Kimura N, Takano K: Effect of gravity on neural outflow from the central respiratory and vasomotor control mechanisms in the rabbit. *Physiologist* 1984; 27(suppl): 17-20.
 13. DaPrada M, Zürcher G: Simultaneous radioenzymatic determination of plasma and tissue adrenaline, noradrenaline and dopamine within the femtomole range. *Life Sci* 1976; 19: 1161-1174.
 14. Peuler JO, Johnson CA: Simultaneous single isotope radioenzymatic assay of plasma norepinephrine, epinephrine and dopamine. *Life Sci* 1978; 21: 625-636.
 15. Campese VM, Romoff M, DeQuattro V, Massry SG: Relationship between plasma catecholamines, plasma renin activity, aldosterone, and arterial pressure during postural stress in normal subjects. *J Lab Clin Med* 1980; 95: 927-933.
 16. Cryer PE, Santiago JV, Shah S: Measurement of norepinephrine and epinephrine in small volumes of human plasma by a single isotope derivative method: Response to the upright posture. *J Clin Endocrinol Metabol* 1974; 39: 1025-1032.
 17. Creager MA, Faxon DP, Rockwell SM, Melby JC, Gavras H, Coffman JD: Effect of renin-angiotensin system on limb circulation in normal subjects. *Am J Physiol* 1984; 246: H239-244.
 18. Pequignot JM, Guell A, Gauquelin G, Jarsaillon E, Annat G, Bes A, Peyrin L, Gharib C: Epinephrine, norepinephrine, and dopamine during a 4-day head-down bed rest. *J Appl Physiol* 1985; 58: 157-163.
 19. Goldsmith SR, Francis GS, Cohn JN: Effect of head-down tilt on basal plasma norepinephrine and renin activity in humans. *J Appl Physiol* 1985; 59: 1068-1071.
 20. Gharib C, Gauquelin G, Geelen G, Cantin M, Gutkovska J, Mauroux JL, Guell A: Volume regulation hormones (renin, aldosterone, vasopressin and natriuretic factor) during simulated weightlessness. *Physiologist* 1985; 28(suppl): 30-33.
 21. 전상년, 채의업 : 수동적 체위변화에 따른 순환 및 호흡반응에 미치는 부교감신경 차단제의 영향. 경북의대잡지 1979; 20: 281-290.
 22. Weissler AM, Leonard JJ, Warren JV: Effects of posture and atropine on the cardiac output. *J Clin Invest* 1957; 36: 1656-1662.
 23. 채의업, 이석강, 배성호 : 체위변화에 수반되는 순환 및 호흡반응. 대한생리학회지 1973; 7: 13-21.
 24. Convertino VA, Montgomery LD, Greenleaf JE: Cardiovascular response during orthostasis: Effect of an increase in $\dot{V}O_2$ max. *Aviat Space Environ Med* 1984; 55: 702-708.
 25. 박원균, 채의업 : 체위변화가 두부 및 하지의 분지 혈류량에 미치는 영향. 대한생리학회지 1985; 19: 139-153.
 26. William RH: *Textbook of Endocrinology*, ed 5. Philadelphia, WB Saunders Co, 1974, p 309.
 27. 김형수, 채의업 : 중등도 저산소증하에 체위변화에 따른 호흡 및 순환반응. 경북의대잡지 1971; 12: 405-412.
 28. Kudo SH, Cody RT: Circulatory autoregulation in chronic congestive heart failure: Responses to head-up tilt in 41 patients. *Am J Cardiol* 1983; 52: 512-518.
 29. Bungo MW, Johnson PC: Cardiovascular examinations and observations of deconditioning during the space shuttle orbital flight test program. *Aviat Space Environ Med* 1983; 54: 1001-1004.