

경두개 도플러를 이용한 두부 하강 체위에 따른 뇌혈류 변화

이화여자대학교 의과대학 마취과학교실

이자경 · 한종인 · 정락경 · 이귀용 · 김종학 · 김치효 · 이춘희

= Abstract =

Effects of Head-Down Tilt Position on Cerebral Blood Flow by Transcranial Doppler

Ja Kyoung Lee · Jong In Han · Rack Kyung Chung · Gui Yong Lee
Jong Hak Kim · Chi Hyo Kim · Choon Hi Lee

Department of Anesthesiology, College of Medicine, Ewha Woman's University

Objectives : The head-down tilt(HDT) position induces changes in cerebral blood flow, intracranial pressure, hemodynamic and respiratory system. This study was performed to evaluate the changes in cerebral blood flow and the onset of autoregulation according to the different degree of HDT.

Methods : The subjects were 12 healthy adult female volunteers. They were divided two groups : 10° HDT(group 1) and 15° HDT(group 2). The systolic, diastolic and mean blood pressure, heart rate, end-tidal CO₂ concentration and cerebral blood flow velocity on middle cerebral artery by transcranial Doppler were measured before positioning and 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11 minute after positioning.

Results : There was no significant changes in cerebral blood flow velocities statistically according to the HDT under 15 degrees. In group 1, mean arterial blood pressure were increased at 5 minutes and returned to control value at 7 minutes after HDT with statistical significances. Diastolic blood pressure in group 1 were increased at 1 and 2 minutes after HDT with statistical significances. In group 2, systolic blood pressure were increased at 5, 7, 9, 11 minutes after HDT statistically significantly.

Conclusion : There were no significant changes of cerebral blood flow under less than 15° HDT. But, systolic blood pressure were increased with 15° HDT in the healthy adults statistically significantly($p < 0.05$) not but clinically. So, we suggested that if HDT is required, we should take care of the patients more than 10 minutes after HDT.

KEY WORDS : Head-down tilt position · Cerebral blood flow · Hemodynamics

서 론

복부 장기를 횡경막 측으로 이동시켜 하복부의 수술 시야를 좋게하기 위하여 사용되었던 두부 하강 체위(head-down tilt : HDT)는 이후 이를 임상에서 일반화시킨 Trendelenburg의 이름을 따라 Trendelenburg 체위로 불리며, 이후 shock 치료의 한 방법으로 이용되기도 하였으며¹⁾, 현재는 복강경 수술이 증가함에 따라 이용 범위가 확대되었고²⁾ 또한 내경정맥 카테테르 거치 등 침습적 감시 장치 거치를 위하여 Trendelenburg 체위를 취하는 일이 많아졌다.

이러한 체위 변동은 호흡 기계와 심혈관계에 영향을 미치며 또한 뇌혈류 및 뇌압에도 영향을 미친다고 연구되어 있다. 정상 성인을 20° 두부 하강 체위를 취하게 하였을 때, 뇌혈류 증가와 경동맥압 증가, 두개강내압 상승을 보이는데 이는 중력에 의해 야기된 경정맥압 상승으로 뇌혈관 저항이 증가된 결과에 의한 것이라고 한다³⁾.

그러나 뇌혈류는 평균 동맥압 50~150mmHg, 동맥혈 이산화탄소 분압 20~60mmHg, 동맥혈 산소분압 50~250mmHg의 범위에서 일정하게 자동 조절되며⁴⁾, 10° 두부 하강 체위를 취한 뒤 중대뇌 동맥 혈류 속도가 9분 뒤 앙와위 수준으로 되돌아 왔다는 연구 결과는 이러한 자동 조절의 개시 시작에는 약간의 시간이 필요함을 알려준다⁵⁾.

본 연구에서는 각각 10°와 15°의 Trendelenburg 체위에서 경두개 도플러를 이용하여 뇌혈류 속도의 변화를 관찰하여 HDT 체위를 필요로 하는 환자의 마취 관리에 도움을 얻고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

26세에서 31세의 12명의 미국마취과학회 신체등급 1, 2인 지원자를 대상으로 하였다. 이들의 평균 연령은 27.5±2.1세, 평균 신장은 164.5±0.7cm, 평균 체중은 55.0±8.5kg였다. 이들은 심혈관계, 호흡 기계, 뇌혈관 질환이 없었으며 약물 투여를 받은 기왕력도 없었고, 실험전 모든 지원자에게 실험 과정을 자세히 설명한 뒤 동의를 구하였다.

2. 연구 방법

수술 방에서 전동 수술대에 지원자를 앙와위로 눕힌 뒤 15분간 안정을 취하게한 뒤 수축기, 이완기 혈압 및 평균 동맥압, 심박수, 심전도(Sirecust 1281, Siemens, USA) 및 8 Fr. feeding tube를 비강 3 cm정도 전진시켜 삽입한 후 호기말 이산화탄소 농도(Datex Normocap, Datex, Filand)를 측정하였다. Transcranial Doppler(Trans-scan, Eden Medical Electronics, Germany) transducer를 우측 측두골의 window의 편평 부위에 위치시킨 뒤 우측 중대뇌 동맥의 대뇌 혈류 속도를 측정하였다. 앙와위에서 이 동맥은 대뇌 반구의 총혈류량의 70% 정도를 차지한다고 알려져있다. 방사된 signal의 각도 변화에 따른 오차를 최소화하기 위하여 연속적 혈류 속도 측정에 같은 Doppler window와 깊이를 사용하였다. 이때 Doppler transducer는 두부 고정 끈을 이용하여 고정한 후 대조치를 측정하였다. 무작위로 지원자를 10°(제1군) 또는 15°(제2군)로 구분하여 각도기를 이용하여 전동 수술대의 각도를 10° 또는 15°의 두부 하강 체위를 취하게 한 뒤, 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11분에 혈압, 심박수, 호기말 이산화탄소 농도 및 대뇌 혈류 속도를 측정하였다.

두부 하강 체위를 취한 뒤 지원자에게 호흡곤란, 비강 울혈, 안면 부종, 어지러움 및 부정맥 등을 관찰하였다.

3. 자료 처리 및 분석

모든 실험 결과는 mean±SD로 표시하였다. 각 군에서의 시간에 따른 측정치의 비교는 Wilcoxon signed ranks test를 이용하였고, 두 군간의 비교는 Mann-Whitney U test로 하여 각 군간 의미 있는 차이를 알아보았다. p값이 0.05 이하일 때 통계적으로 의미 있는 것으로 보았다.

결 과

1. 뇌혈류 속도 변화

10°와 15° HDT에서 뇌혈류의 대조값은 각각 49.2±9.7m/sec, 51.5±10.1m/sec였고 시간에 따른 뇌혈류 속도의 의미 있는 변화는 없었으며, 양 군간에도 의미 있는 변화는 없었다(Table 1).

2. 혈액학적 변화

10° HDT에서 체위 변동 후 1, 2분의 이완기 혈압은

대조값 $65.5 \pm 3.9 \text{ mmHg}$ 에서 68.2 ± 3.4 , $68.2 \pm 3.4 \text{ mmHg}$ 로, 5분의 평균 동맥압은 대조값 $77.7 \pm 5.4 \text{ mmHg}$ 에서 $82.2 \pm 3.9 \text{ mmHg}$ 로 통계적으로 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$).

15° HDT에서 체위 변동 후 5, 7, 9, 11분 수축기 혈압

Table 1. Comparison of CBF velocity values(cm/sec) according to degree of HDT

	10° HDT	15° HDT
Control	49.2 ± 9.7	51.5 ± 10.0
1 min	49.0 ± 7.7	50.8 ± 7.6
2 min	48.2 ± 8.5	51.7 ± 8.9
3 min	48.2 ± 8.8	53.2 ± 10.0
5 min	47.5 ± 7.2	52.5 ± 9.5
7 min	48.7 ± 7.9	51.7 ± 9.0
9 min	49.0 ± 7.9	51.8 ± 8.4
11 min	48.8 ± 6.6	52.7 ± 8.0

$p > 0.05$

CBF : cerebral blood flow

HDT : head-down tilt position

은 대조값 $110.0 \pm 4.2 \text{ mmHg}$ 에서 $113.3 \pm 4.4 \text{ mmHg}$, $113.8 \pm 6.7 \text{ mmHg}$, $113.5 \pm 5.3 \text{ mmHg}$, $112.5 \pm 3.5 \text{ mmHg}$ 로, 9분 평균 동맥압은 대조값 $78.0 \pm 5.3 \text{ mmHg}$ 에서 $83.3 \pm 5.8 \text{ mmHg}$ 로 통계적으로 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 그러나, 각각의 수치는 2~3%의 증가로 임상적으로는 유의하다고 할 수 없는 수치였다.

3. 호기말 이산화탄소 농도 변화

10° HDT에서 체위 변동후 7분에 호기말 이산화탄소 농도가 대조값 $39.7 \pm 1.2 \text{ mmHg}$ 에서 $41.3 \pm 1.9 \text{ mmHg}$ 로 통계적으로 의미있게 증가한 것 이외에 유의한 변화는 없었다($p < 0.05$).

고 안

두부 하강 체위 즉 Trendelenburg 체위는 30~45° 기울기의 심한 정도(steep head-down tilt : SHDT)와 10~20° 기울기의 경한 정도(mild head-down tilt

Table 2. Changes of hemodynamic, ETCO₂ values following 10° head-down tilt

	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	MBP (mmHg)	HR (min ⁻¹)	ETCO ₂ (mmHg)
Cntrol	109.2 ± 7.6	65.5 ± 3.8	77.7 ± 5.4	62.0 ± 5.0	39.7 ± 1.2
1 min	109.5 ± 8.3	$68.2 \pm 3.4^*$	78.5 ± 2.8	60.0 ± 4.8	40.7 ± 1.5
2 min	107.7 ± 6.8	$68.2 \pm 3.4^*$	78.5 ± 2.8	62.3 ± 4.5	40.5 ± 1.9
3 min	109.5 ± 7.6	66.2 ± 3.2	75.7 ± 8.6	62.2 ± 4.0	40.5 ± 1.5
5 min	110.7 ± 6.1	69.0 ± 5.7	$82.2 \pm 3.9^*$	61.2 ± 4.6	40.2 ± 1.5
7 min	110.5 ± 6.6	67.5 ± 6.6	79.0 ± 5.6	61.5 ± 4.8	$41.3 \pm 1.9^*$
9 min	109.5 ± 5.4	65.8 ± 5.0	78.0 ± 5.1	60.8 ± 3.6	40.7 ± 2.6
11 min	111.0 ± 7.9	64.8 ± 7.3	78.0 ± 4.0	62.7 ± 3.5	41.0 ± 2.4

SBP : systolic blood pressure DBP : diastolic blood pressure

MBP : mean blood pressure HR : heart rate

ETCO₂ : end-tidal CO₂ concentration * $p < 0.05$ vs control

Table 3. Changes of hemodynamic, ETCO₂ values following 15° head-down tilt

	SBP (mmHg)	DBP (mmHg)	MBP (mmHg)	HR (min ⁻¹)	ETCO ₂ (mmHg)
Cntrol	110.0 ± 4.2	67.3 ± 4.9	78.0 ± 5.3	61.0 ± 4.2	39.0 ± 3.9
1 min	107.8 ± 6.8	66.7 ± 2.7	77.8 ± 5.7	63.3 ± 4.7	40.5 ± 2.3
2 min	109.0 ± 5.2	66.8 ± 3.3	79.5 ± 4.1	62.3 ± 2.1	39.8 ± 1.3
3 min	109.2 ± 5.0	69.7 ± 5.3	82.2 ± 4.9	61.5 ± 4.3	40.7 ± 1.6
5 min	$113.3 \pm 4.4^*$	67.8 ± 3.4	79.5 ± 3.3	62.3 ± 2.1	40.5 ± 2.4
7 min	$113.8 \pm 6.7^*$	70.7 ± 5.4	82.5 ± 6.3	62.5 ± 4.2	41.2 ± 1.7
9 min	$113.5 \pm 5.3^*$	70.2 ± 3.8	$83.3 \pm 5.8^*$	62.0 ± 3.0	40.3 ± 2.7
11 min	$112.5 \pm 3.5^*$	69.3 ± 5.4	82.5 ± 6.5	61.0 ± 4.2	41.5 ± 2.3

SBP : systolic blood pressure DBP : diastolic blood pressure

MBP : mean blood pressure HR : heart rate

ETCO₂ : end-tidal CO₂ concentration * $p < 0.05$ vs control

: MHDT)로 나뉘어지며, 현재 임상적으로는 MHDT가 선호되고 있다³⁾. 그러므로 본 실험도 복강경 수술 및 카테테르 거치시에 이용되는 20° 이하인 10°와 15°에서의 체위 변동에 따른 뇌혈류 및 혈액동학의 변화를 보고자 하였다.

Savin 등⁵⁾의 실험에서 건강한 성인 지원자를 10° 두부 하강 체위를 취한 뒤 중대뇌 동맥 혈류 속도는 6% 증가하였으며, 이러한 변화의 대부분은 체위 변동 후 처음 3분 이내에 발생하였다. Muller 등은 이러한 중대뇌 혈류의 변화는 부분적 대뇌 혈류를 반영하며 부분적 대뇌 혈류의 자동 조절이 발현하는데는 3분 이상 9분 이하 정도의 시간이 필요하다고 하였다. Kawai 등⁶⁾은 24시간 동안 6° 두부 하강 자세를 취했을 때 3시간 후 최대 대뇌 혈류 속도가 나타났고 6시간 후 평균 대뇌 혈류 속도는 기준치에 비하여 유의할 만한 차이가 없었다고 하였고, 이러한 정상화는 두부 하강에 따른 두부 쪽으로의 수액 이동에 의한 변화를 보상하는 능력이 대뇌 혈관계에 있음을 가정하였다. Kontos 등⁷⁾은 뇌혈류의 자동 조절 반응의 안정 상태가 1분 이내에 이루어진다고 보았으며 본 실험에서 체위 변동에 따른 뇌혈류 변화를 관찰할 수 없었던 것은 뇌혈류의 변화가 거의 없었거나 있다고 하여도 자동 조절이 1분 이내에 이루어져 관찰되지 않은 것으로 사려된다.

뇌혈류는 동맥압이 50~150mmHg인 범위에서 일정하게 자동 조절되는 데 Shenkin 등⁴⁾은 평균동맥압이 50mmHg 이상이거나 수축기혈압이 80mmHg 이상인 경우 뇌혈류는 자동 조절 기능에 의하여 정상으로 유지되지만 수축기혈압이 80mmHg 이하인 경우에는 뇌혈류가 급속히 감소될 수 있다고 하였다. 본 실험에서 평균 동맥압은 63~88mmHg로 유지되어 있었으므로 뇌혈류 변화에 영향을 주는 요인인 비정상적 평균동맥압은 배제되었다고 생각된다.

두부 하강 체위 변동시 자가 수혈(autotransfusion) 현상으로서 초기에 하지의 500~1000ml의 혈액이 중심 순환으로 빠르게 유입되어 일시적으로 심박출량이 증가되며, 대동맥과 경동맥 분지부의 압력 상승이 압수용체를 자극하여 반사성 전신 혈관 확장을 야기하고 심박출량이 감소되며 중요 장기의 관류가 감소된다. 정상 혈압을 가진 환자에서는 10°의 HDT를 견딜 수 있으며 15° 정도 기울이면 심근의 산소 요구량과 중심 정맥압이

현저히 상승된다고 한다⁸⁾. HDT의 기울기가 급격할수록 혈압이 더욱 저하된다고 하며, 심장 기능이 저하된 환자에서는 정맥환류량과 폐혈류량이 증가하여 급성 심부전의 원인이 될 수 있다고 한다⁹⁾.

본 실험에서도 10° HDT시 이완기 동맥압은 3분에 정상화되었으며, 15° HDT인 경우 체위 변동 후 5분부터 11분까지 비록 임상적으로 유의한 변화는 아니라 할지라도 통계적으로 유의하게 수축기 혈압의 상승을 보였으며 신체 건강한 지원자들은 흉통, 호흡곤란, 부정맥 등의 호소없이 잘 견디었지만, 뇌 및 심혈관계 질환이 있는 환자의 경우에 악영향을 미칠 수 있음을 조심하여야 하며 따라서 HDT가 필요한 경우 15° 이내가 추천할 만하다고 할 수 있겠다.

호흡에 대한 HDT의 영향은 35° 두부 하강 체위를 취한 지원자 실험에서 얇은 마취시 분시호흡량과 pH의 변화는 없었으며, 45° 두부 하강시 기능적 잔기용량(functional residual capacity), 총폐용량(total lung volume) 및 폐탄성 감소와 함께 생리적 사강의 감소, 확산능의 증가를 보고하였다¹⁰⁾. 자발 호흡을 하는 젊은 환자에서 이러한 폐용량의 변화는 가스 교환의 주된 변화를 초래하지는 않는데 이는 호흡수의 보상적 증가와 가끔씩의 깊은 한숨으로 정상 수준의 산소화와 이산화탄소 농도를 유지하기 때문이다⁹⁾.

본 실험에서 지원자들은 각성 상태에서 자발 호흡을 하였으며, 비공에 삽입시킨 feeding tube를 통한 호기말 이산화탄소 농도는 일정 수준을 유지하였다. Walldau 등¹⁰⁾의 연구에 의하면 호기말 이산화탄소 농도는 측정 부위에 따라 유의할 만한 차이를 보인다는 견해도 불구하고 인후두부 카테테르에 의한 호기말 이산화탄소 농도와 동맥혈 이산화탄소 분압 간의 차이는 작다고 하였으며, 본 실험의 지원자들도 실험 기간 동안 정상 수준의 호기말 이산화탄소 농도를 유지한 것으로 보아 정상수준의 동맥혈 이산화탄소 분압을 유지하였을 것이라고 생각된다. Harper 등¹¹⁾은 동맥혈 이산화탄소 분압이 40mmHg에서 80mmHg로 상승하면 대뇌혈류는 100% 증가하고 반면에 20mmHg로 감소하면 40% 감소하는 것을 보고하였고, Smith 등¹²⁾은 동맥혈 이산화탄소 분압이 1mmHg씩 변함에 따라 뇌혈류는 1~2ml/100g/min씩 변한다고 하였으며 동맥혈 이산화탄소 분압이 20~70mmHg인 범위에서 1mmHg 상

승할때마다 대뇌혈류가 3%씩 증가한다고 하였다. 본 실험에서는 호기말 이산화탄소 농도의 유의할만한 변화가 없어 동맥혈 이산화탄소 농도의 유의할 만한 변화가 없을 것으로 예측되어 동맥혈 이산화탄소 분압에 따른 뇌혈류변화에 미치는 영향은 배제되었다고 생각된다.

따라서 본 실험의 결과 15° 이내의 HDT는 건강한 성인에서 직접적으로 뇌혈류의 변화를 야기하지 않지만, 10° HDT에서 체위 변동 후 1, 2분의 이완기 혈압과 5분의 평균동맥압 및 15° HDT에서 체위 변동 후 5, 7, 9, 11분의 수축기 혈압이 비록 임상적으로 유의한 수치가 아니라 할지라도 통계학적으로 의미 있는 변화를 보였으므로 체위 변동 후 약 10여분간 세심한 주의가 요구되며 이는 심혈관계 질환이나 혈액학적으로 불안정한 환자, 혹은 뇌질환이나 복압이 증가되어 있는 환자에서 HDT를 요하는 경우에는 더욱 각별한 주의를 하여야하겠다.

요 약

목 적 :

두부 하강 체위는 뇌혈류와 뇌압 및 혈액학적 변화를 초래한다고 알려져 있다. 이러한 체위 변동시 변화 정도에 따른 대뇌혈류 변화 정도와 뇌혈류의 자동 조절 기능의 발현 시간의 차이 정도를 알아보고자 한다.

방 법 :

건강한 성인 여자 12명을 대상으로 두 군으로 나누어 10° (제 1군) 또는 15° (제 2군) 두부 하강 체위를 취하게 한 뒤 혈압, 심전도, 심박수, 호기말 이산화탄소 농도 및 경두개 도플러를 이용한 중대뇌 동맥 혈류 속도를 체위 변경전, 변경후 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11분에 측정하여 비교, 분석하였다.

결 과 :

10° 및 15° 두부 하강 체위시와 각 체위간 뇌혈류 속도의 통계적으로 유의한 변화는 없었다. 제 1군에서 1, 2분의 이완기 혈압, 5분의 평균 동맥압, 7분의 호기말 이산화탄소 농도 및 2군에서 5, 7, 9, 11분의 수축기 혈압, 9분의 평균 혈압은 통계학적으로 의미있게 증가하였다.

결 론 :

심혈관계가 안정되고 뇌혈류나 뇌압의 이상이 없는

건강한 성인에서 각각 10°와 15°의 두부 하강 체위시 뇌혈류의 유의한 변화는 없었다. 그러나 혈액학적 변화는 임상적으로 유의 하다고 할 수 없었으나 통계적으로 유의한 변화를 보였다. 따라서 심혈관계 질환을 가진 환자나 심혈관계가 불안정한 경우, 혹은 뇌질환이나 뇌손상이 있는 환자에서 HDT를 필요로 하는 경우에는 주의를 요하며 꼭 필요한 경우에는 15° 이내로 제한하는 것이 바람직하다고 할 수 있겠으며 체위 변동후 최초 10여분간 혈액학적 변화에 주의를 기울여야 하겠다.

References

- 1) Sandra W, Leroy DV : *Alas, poor Trendelenburg and his position. Anesth Analg* 1988 ; 67 : 574-578
- 2) 변지수 : 산부인과 영역에서 치료적 복강경. 대한 의학협회지 1990 ; 33 : 406-410
- 3) Martin JT : *The Trendelenburg position : a review of current slants about head down tilt. J Am Ass Nurs Anesth* 1995 ; 63 : 29-36
- 4) Shenkin HA, Bouzaurth WF : *Clinical methods of reducing intracranial pressure. role of cerebral circulation. N Engl J Med* 1970 ; 282 : 1451-1465
- 5) Savin E, Bailiart O, Checoury A, Bonnin P, Grosin C, Martineaud JP : *Influence of posture on middle cerebral artery mean flow velocity in human. Eur J Appl Physiol* 1995 ; 71 : 161-165
- 6) Kawai Y, Murthy G, Watenpaugh DE, Breit GA, Deroshia CW, Hargens AR : *Cerebral blood flow velocity in human exposed to 24h of head-down tilt. Physiologist* 1992 ; 35 : 186-187
- 7) Kontos HA, Wei EP, Navari RM, Levasseur JE, Rosenblum WI, Patterson JL : *Response of cerebral arteries and arterioles to acute hypotension and hypertension. Am J Physiol* 1978 ; 234 : 371-383
- 8) Kubal K, Komatsu T, Sanchala V, Kumar V, Shibutani K : *Trendelenburg position used during venous cannulation increases myocardial oxygen demand. Anesth Analg* 1984 ; 63 : 239
- 9) Scott DB, Slawson KB : *Respiratory effects of prolonged Trendelenburg position. Br J Anaesth* 1968 ; 40 : 103-107
- 10) Waldau T, Oberg B, Larsen VH : *Reliability of CO₂ measurements from the airway by a pharyngeal catheter in unintubated, spontaneously breathing subjects.*

Acta Anesth Scand 1995 ; 39 : 637-642

- 11) Harper AM, Glass HI : *Effect of alternations in the arterial carbon dioxide tension on the blood flow through the cerebral cortex at normal and low arterial blood pressure. J Neurol Neurosurg Psychiatry*

1965 ; 28 : 449

- 12) Smith AL, Wollman H : *Cerebral blood flow and metabolism : Effects of anesthetic drugs and techniques. Anesth* 1972 ; 36 : 378-400