전신마취제에 의한 혈청 전해질의 변화

경북대학교 의과대학 부속병원 마취과학교실

박진웅

=Abstract=

Changes in Serum Electrolytes Caused by General Anesthetics

Jin Woong Park, M.D.

Department of Anesthesiology, Kyungpook National University Hospital, Taegu, Korea

The changes of the serum potassium, chloride and CO_2 concentration during ether, halothane, enflurane and balanced anesthesia were compared before anesthesia and during anesthesia in 70 surgical patients.

Anesthesia induced by thiopenthal sodium and maintained by ether, halothane, enflurane and nitrous oxide produces little change in the serum sodium, potassium, and chloride concentrations. But the serum potassium concentration falls during balanced anesthesia after 60 minutes.

Except in ether anesthesia, there is a significant decrease in the serum carbon dioxide concentration during halothane, and balanced anesthesia.

서론

인체의 세포내외 세포외의 전해질 농도의 알맞은 균형은 신체 항상성 유지에 필요 불가결한 것이다. 흥분성 세포의 전기생리, 근육의 수축력 그리고 다른 장기들의 기능은 체내의 Na^+ , K^+ 및 Ca^{++} 농도의 변화에 밀접한 관계에 의존되어져 있다¹⁾.

전해질의 장애 및 불균형은 질병의 상태, 수술전 부여되는 약제들, 수술의 종류 및 마취제 부여등에 의해서 유발될 수 있다²⁾. 특히 전해질에 대한 흡입마취제의 영향에 관한 연구는 그렇게 많이되어 있지 않으며 보고된 연구들도 결과들이 대단히 상이하며 복잡하고 다양하다. 그러나 이산화탄소, 근육이완제등의 약제들에 의해서 야기되는 여러가지 전해질의 변화가 이미 평가가 되어졌을 때는 흡입마취제에 대한 전해질의 어떤 변화를 평가해 보는 것도 상당히 중요하다고 생각된다.

이러한 관점에서 여러가지 흡입마취제 즉 ether, halothane, enflurane 및 N_2O 가 혈청 전해질 즉 Na^+ ,

K^+ , Cl^- 및 CO_2 에 어떤 변화를 초래하는가를 마취전과 마취후 15, 30, 45 및 60분으로 나누어서 관찰하여 그 결과를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

재료 및 방법

실험대상은 경북의대 부속병원 마취과에서 전신마취를 받을 환자로써 마취전 검사에서 순환, 호흡, 내분비 및 체내대사기능에 이상이 없고 미국마취과학회 환자상태 분류에 의한 class I 및 II에 속하는 16세에서 65세사이의 환자 70명을 남녀 구별없이 무작위로 선택하여 흡입마취제의 종류에 따라서 ether, halothane, enflurane 및 균형마취군으로 나누어 관찰하였다.

실험대상 환자는 건곤 공허 전처치로서 체중 atropine 0.008 mg/kg 및 valium® 10 mg 을 수술 한시간 전에 근육 주사하고 마취유도전에 상복정맥에서 정맥혈 4 ml 를 채혈하여 측정한 Na^+ , K^+ , Cl^- 및 CO_2 를 대조치로 삼았으며 모든 실험대상에서 체내 전해질에 비교적 영향이 적은 5%포도당액을 서서히 수액하였고 마취유도는 전실험대상에서 공허 thiopenthal 을 5 mg/

Table 1. Demographic Patients Data

	Range	Mean±SD
Age(yr)	16~65	33.86±14.8
Weight(kg)	43~84	56.64±15.73
Hemoglobin(gm%)	10.4~16.4	13.53±3.46
Hematocrit(%)	33~54	39.16±12.06

kg 을 정주후 succinylcholine 1 mg/kg 을 사용하여 기관내삽관하였다.

마취유지시 흡입한 흡입마취제의 종류에 따라서 ether 마취군, halothane 마취군, enflurane 마취군 및 균형마취군으로 나누었고 마취유지시 전술에서 다같이 nitrous oxide 와 pancuronium 을 똑같이 사용하였으며 균형마취는 nitrous oxide 와 meperidine 을 사용하였다. 채혈은 마취유도후 15, 30, 45 및 60분의 간격으로 정맥혈 4 ml 씩 각각 채혈하여 혈청 전해질 즉 Na⁺, K⁺, Cl⁻ 및 CO₂치를 측정하였다.

측정방법은 Beckman System E4A를 이용하여 Na⁺, K⁺, Cl⁻ 및 CO₂치를 측정 관찰하였다.

성 적

총 70명의 관찰대상의 환자에서 연령분포는 16세에서 65세 사이로서 평균연령은 33.9±14.8세였고, 혈액소치의 범위는 10.4 gm%에서 16.4 gm%로 평균혈액소치는 13.53±3.46 gm%였고 체중의 범위는 43 kg에서 84 kg 으로서 평균체중은 56.64±15.73 kg 였다 (Table 1).

Ether 마취군에서의 Na⁺, K⁺, Cl⁻ 및 CO₂의 변화는 대조치와의 비교에서 마취후 15, 30, 45 및 60분에서 유의성있는 변화는 볼 수 없었다(Table 2).

Halothane 마취군에서는 Na⁺, K⁺, 및 Cl⁻는 대조치

와의 비교에서 15, 30, 45 및 60분에서 별다른 변화는 볼 수 없었으나 CO₂치는 대조치 23.26±2.08에서 마취후 15, 30, 45 및 60분에서 각각 20.14±2.59, 19.73±2.08, 19.51±2.43 및 19.18±2.13 S로 대조치와의 비교에서 유의성(p<0.05) 있는 감소현상을 나타냈다 (Table 3).

Enflurane 마취군에서는 Na⁺, K⁺ 및 Cl⁻치는 대조치와 비교에서 마취후 15, 30, 45 및 60분에서 별다른 변화는 볼 수 없었으나 CO₂는 대조치 22.99±2.32에서 마취후 45 및 60분에서 자기 19.33±2.42 및 19.33±1.89로서 유의성(p<0.05) 있는 감소 현상을 볼 수 있었다 (Table 4).

균형마취군에서는 Na⁺의 변화는 대조치와 비교에서 마취후 시간이 경과함에 따라 별 변화는 볼 수 없었으나 K⁺은 대조치 3.50±0.72에서 마취후 시간의 경과에 따라 감소하는 경향을 보이다가 60분에서는 2.93±0.56으로써 통계적으로 유의성있는 감소를(p<0.05) 보였다.

또한 Cl⁻는 대조치나 마취후나 별차이를 볼 수 없었으나 CO₂는 대조치 21.932.44로서 마취후 30분에서의 19.17±1.99와의 비교에서 통계적으로 유의성있는 감소(p<0.05)현상을 보였다 (Table 5).

고 찰

인체의 혈액내의 무기질 성분에 대한 흡입마취제의 영향에 관한 연구는 극히 적으며 이 방면의 연구들의 결과들은 대단히 복잡하다. 그러나 이산화탄소, 근육이완제등의 약제들에 의해서 야기되는 여러가지 전해질의 변화가 이미 평가되었을 때는 흡입마취제에 대한 전해질의 어떤 변화를 평가하는 것이 상당히 중요하다고 생각된다.

혈장 Ca⁺⁺농도에 대한 흡입마취제의 영향에 관해서는 Cloetta 등¹⁾에 의해서 상당히 광범위하게 연구 되

Table 2. Changes in Serum Electrolytes during Ether Anesthesia* (N=8)

	Sodium	Potassium	Chloride	CO ₂
Control	124.77±14.06	4.12±0.65	95.85±8.65	21.57±3.45
15 Min.	114.46±14.50	3.48±0.42	94.27±12.50	18.42±3.49
30 Min.	120.05±16.30	3.62±0.34	94.13±12.96	18.48±3.38
45 Min.	119.18±15.04	3.47±0.49	93.95±11.37	19.63±2.90
60 Min.	120.75±14.04	3.51±0.30	94.23±11.99	18.63±3.38

* Values are mean±standard deviation (mmol/L).

N; Number of patients.

Table 3. Changes in Serum Electrolytes during Halothane Anesthesia* (N=24)

	Sodium	Potassium	Chloride	CO ₂
Control	132.76 ± 9.63	4.03 ± 0.46	102.13 ± 6.13	23.26 ± 2.08
15 Min.	129.40 ± 13.32	3.80 ± 0.40	101.82 ± 9.16	20.14 ± 2.59#
30 Min.	130.98 ± 11.97	3.94 ± 0.57	103.83 ± 8.41	19.73 ± 2.08#
45 Min.	129.63 ± 13.09	3.78 ± 0.62	101.80 ± 9.26	19.51 ± 2.43#
60 Min.	130.19 ± 12.15	3.83 ± 0.58	102.92 ± 8.29	19.18 ± 2.13#

* Values are mean ± standard deviation (mmol/L).

N; Number of patients.

#p < 0.05 Compared with control.

Table 4. Changes in Serum Electrolytes during Enflurane Anesthesia* (N=16)

	Sodium	Potassium	Chloride	CO ₂
Control	125.41 ± 6.87	3.89 ± 0.29	96.70 ± 5.60	22.99 ± 2.32
15 Min.	121.89 ± 7.28	3.68 ± 0.32	95.21 ± 5.50	20.01 ± 2.06
30 Min.	121.99 ± 4.52	3.79 ± 0.36	94.83 ± 3.52	20.19 ± 2.08
45 Min.	121.60 ± 6.74	3.72 ± 0.43	95.84 ± 5.76	19.33 ± 2.42#
60 Min.	122.88 ± 5.83	3.60 ± 0.41	96.89 ± 4.76	19.33 ± 1.89#

* Values are mean ± standard deviation (mmol/L)

N; Number of patients.

#p < 0.05 Compared with control.

Table 5. Changes in Serum Electrolytes during Balanced Anesthesia* (N=22)

	Sodium	Potassium	Chloride	CO ₂
Control	114.97 ± 17.16	3.50 ± 0.72	87.69 ± 12.94	21.93 ± 2.44
15 Min.	112.59 ± 17.60	3.16 ± 0.61	88.81 ± 13.62	19.89 ± 1.48
30 Min.	112.14 ± 18.55	3.23 ± 0.67	88.01 ± 13.76	19.17 ± 1.99#
45 Min.	113.90 ± 17.50	3.24 ± 1.10	89.75 ± 13.27	19.82 ± 1.66
60 Min.	110.11 ± 18.13	2.93 ± 0.56#	86.74 ± 13.78	19.64 ± 2.65

* Values are mean ± standard deviation (mmol/L).

N; Number of patients.

#p < 0.05 Compared with control.

어졌다. 그들은 인간을 포함해서 많은 종류의 동물들에서 마취시 Ca⁺⁺의 농도는 마취하기 전의 농도보다 10%까지 지속적으로 감소한다고 믿었다. 또한 그들은 Ca⁺⁺농도가 떨어지는 속도는 사용한 마취제의 작용속도에 의존한다고 했다. 그러나 Lissac 등¹⁾은 마취전 실험 개에서 확산성 호흡 동안에는 혈장 Ca⁺⁺농도에 어떠한 변화도 관찰할 수 없었다. 본 실험에서는 Ca⁺⁺농도를 측정지 못했기 때문에 어떤 언급도 할 수는 없다.

Na⁺에 대한 마취제의 영향은 Fay 등²⁾에 의해서 실험

개에서 관찰되었으며 그 정도는 적은 양이었으나 약간의 감소현상이 있다고 보고했다. Na⁺농도의 변화는 모든 실험동물에서 관찰됐을지라도 결과들은 어떤 일정한 변화를 볼 수 없었다. Arends 등³⁾ 및 Billings 및 Brown⁴⁾은 실험 개에서 흡입 가스중에 고농도의 이산화탄소의 투여는 혈장용량을 20%까지 감소시킨다고 했으며 또한 그러한 사실이 혈장 Na⁺농도의 변화를 기대할 수 있을 것이라고 보고했다.

Giebisch 등⁵⁾은 신경절제술을 시행한 개에서 그농도

의 이산화탄소의 투여는 Na^+ 농도를 적어도 10 mEq/L 까지 증가함을 발견했으며 그 이유로서는 신장이 항상성 유지에 필요 불가분의 관계가 있음을 암시했다. 그러나 저자의 실험에서는 정상 이산화탄소의 유지하에서는 마취제가 Na^+ 농도에 아무런 영향이 없음을 관찰할 수 있었으며 흡입마취제의 종류나 마취의 시간에 따른 아무런 변화도 볼 수 없었다.

한편 Denis와 Morton⁹⁾은 실험에서 흡입마취제나 마취유도 방법에 관계없이 Na^+ 의 감소현상이 있다고 했으며 이러한 사실은 마취유도형태나 그때 사용한 근이완제 및 전처치하는 약제들과 아무런 상관관계가 없는 것 같다고 했다.

이와같이 마취제에 대한 Na^+ 농도의 변화는 실험을 했던 연구자들의 다양성과 함께 그 결과도 상이해서 상당히 복잡하다고 사료되었다.

흡입마취제에 대한 혈청 K^+ 농도의 변화는 다른 혈청 전해질보다 불안정하게 보인다. 그러므로 결과를 위해 잦은 혈액의 채취를 하지 않는다면 정확한 농도의 변화를 평가하기는 어렵다.

Stevenson¹⁰⁾은 개실험에서 사용한 마취제의 종류에 따라서, 다소간 K^+ 농도의 감소를 보았으며 ether나 cyclopropane 마취제 사용시 보다 N_2O 및 thiopental 마취시에 더 많이 감소했다고 보고했다. 마취동안 K^+ 농도의 유의있는 감소 현상은 아직은 완전하게 알려져 있지는 않으나 신진대사의 변화로 인해서 K^+ 가 조직 세포내로 들어가는 경향이 있는 것같이 보인다. Brewster 등¹¹⁾은 ether 마취시 혈장 K^+ 농도의 감소는 adrenalline을 지속적으로 주입시 볼 수 있는 것과 비슷한 순서로 감소했다고 믿었으며 또한 그들은 실험 개에서 ether 마취 유도전에 높은 수준의 높이까지 경막 외신경 차단을 했을때는 혈장 K^+ 농도의 변화는 결코 감소현상을 관찰할 수 없었다고 했다.

본 실험에서도 ether, halothane 및 enflurane 마취시 시간에 따른 혈청 K^+ 농도의 변화는 약간 감소하는 경향은 볼 수 있으나 유의있는 감소는 아니었으며 다만 균형마취군에서 마취후 60분에서 대조치 보다 통계적으로 유의성있는 감소를 볼 수 있었다. 이러한 결과는 Stevenson¹⁰⁾의 결과와 일치한다고 생각된다.

전신마취동안 일어날 수 있는 여러가지 부작용으로 전해질 불균형과 마찬가지로 이산화탄소의 분압변화도 그 책임을 돌릴려는 경향이 있다. 그러나 Dripps 및 Severinghaus¹²⁾가 지적했듯이 전신마취동안 동맥혈 이산화탄소 분압이 보통은 상당히 높아져 있다고 지적했다. 또한 Stevenson¹⁰⁾도 ether 마취를 제외하고 다

른 마취제로서의 마취동안은 전혈액 이산화탄소함량이 증가했다고 보고했다.

반면 저자의 실험에서는 ether 마취를 제외하고는 halothane 마취시는 시간에 따른 CO_2 의 변화는 대조치와의 비교에서 감소했으며 유의성도 있었다. 그러나 enflurane 마취시는 마취후 45 및 60분에서 유의있는 감소를 보였으며 균형마취시는 30분에서 감소현상을 보였다. 이러한 결과는 Stevenson¹⁰⁾의 실험 결과와는 반대의 결과였다. 이와같이 마취제의 전해질과의 관계는 대단히 복잡하고 결과가 서로 상이해서 결론적인 현상을 말하기는 대단히 어렵다고 사료된다.

요 약

총 70명의 환자에서 마취제의 종류 및 시간의 경과에 따른 혈청 전해질의 변화를 관찰한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

Na^+ 농도의 변화는 마취제의 종류 즉 ether, halothane, enflurane 및 Na_2O +meperidine 과 관계없이 아무런 변화를 볼 수 없었고 마취후 시간의 경과에 따른 변화도 볼 수 없었다.

K^+ 농도의 변화는 균형마취군을 제외한 다른 ether, halothane 및 enflurane 마취군에서는 아무런 변화를 볼 수 없었다. 균형마취군에서도 마취후 60분에서 유의있는 감소를 볼 수 있었다.

Cl^- 의 변화는 전 마취군에서 아무런 변화도 볼 수 없었다.

CO_2 의 변화는 ether 마취군에서는 시간에 따른 아무 변화는 없었으나 halothane 마취군에서는 시간에 따른 유의있는 감소현상을 보였으며 enflurane 마취군에서는 마취후 45 및 60분에서 유의있는 감소를 보였고 균형마취군에서는 마취후 30분에서 유의있는 감소를 보였다.

참 고 문 헌

- 1) Wong KC: Cation in Anesthesia, K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Li^+ , Mg^+ . ASA Annual Refresher Course Lectures 105-1, 1978
- 2) Wong KC, Wetstone D, Martin WE, et al: Hypokalemia during anesthesia: The effects of d-tubocurarine, gallamine, succinylcholine, thiopental and halothane with or without respiratory alkalosis. AAnesth & Analg 52:522-

528, 1973

- 3) Cloetta M, Thomann H, Fischer H: *Die verteilung und die wirkung des magnesiums im organismus und deren beeinflussung durch calcium*. Arch Exp Path Pharmac 200:6, 1942
- 4) Lissac J, Pocidallo JJ, Finetti P, et al: *Modifications des cations plasmatiques au cours de I, Hyperventilation aigüe chez le chien*. C R Soc Biol, Paris 151:2068, 1958
- 5) Fay M, Andersch M, Kenyon MB: *Blood studies under anesthesia I: Ether administered to the dog by open drop and in a closed systems*. J Pharmacol 66:224, 1939
- 6) Arends RL, Chambers CJ, Draper NB, et al: *Effect of diffusion respiration and of the inhalation of high concentrations of CO_2 on plasma volume, thiocyanate space, blood cells and O_2 capacity*. Am J Physiol 171:507, 1952
- 7) Billing HH, Brown EB Jr: *Effect of splenectomy on changes in plasma and blood volume produced by inhalation of 30% and 40% CO_2 in dogs*. Am J Physiol 180:363, 1955
- 8) Giebisch G, Berger L, Pitts RF: *The extrarenal response to acute acid-base disturbances of respiratory origin*. J Clin Invest 34:231, 1955
- 9) Denis LB, Morton R: *Changes in total serum Ca^{++} , Na^+ and K^+ with administration of succinylcholine*. Anesthesiology 9:361-363, 1978
- 10) Stevenson DE: *Changes caused by anesthesia in the blood electrolytes of the dog*. Br J Anaesth 32:353, 1960
- 11) Brewster WR, Bunker JP, Beecher HK: *Metabolic effects on anesthesia 4: Mechanism of metabolic acidosis during ether anesthesia in the dog*. Am J Physiol 171:37, 1952
- 12) Dripps RD, Severinghaus JW: *General anesthesia and respiration*. Physiol Rev 35:741, 1955