Ether-Air 麻酔의 再評價

延世大學校 醫科大學 麻酔科學教室

崔 剛·文 永 三·吳 興 根

=Abstract=

Reappraisal of Ether-Air Anesthesia

Gang Choi, M.D., Yung Sam Moon, M.D. and Hung Kun Oh, M.D.

*Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine
Seoul, Korea*

Air can be used as a carrier for volatile agent, ether, with a clear airway, normal pulmonary function and normal oxygenation.

In 1858 John Snow, the Father of British Anesthesia stated in his book on Chloroform and Other Anesthetics that he believed it to be almost impossible for death to occur from ether administered with ordinary intelligence and attention.

Today ether is probably still the safest anesthetic drug we possess. Ether is cheap and easily obtained; with controlled respiration 3% is adequate. Recovery smooth and rapid. Vomiting may be no different from other agents.

Most machines depend upon cylinders of oxygen and other gases, and there are difficulties of re-filling cylinders and the cost of transporting them. In such circumstances the E.M.O. Inhaler, allowing ether to be vaporized in known concentrations in air, has many advantages as an alternative to the open method administration.

From all types of patients chosen at random 22 patients were studied for ether-air anesthesia. Anesthesia was induced with intravenous thiopental and subsequent endotracheal intubation was performed within 30 seconds with the aid of intravenous succinylcholine.

SatO₂, PaO₂, pH, and Base E. were measured 3 times during pre-anesthesia, immediately after the intubation, and post-operatively by Radiometer, using the oxy-hemoglobin dissociation curve and the Siggard-Anderson alignment nomogram. Vital signs were recorded every 5 minutes.

It is the purpose of this paper to present this series of 22 anesthetics by the use of the E.M.O. Inhaler with air and to discuss the possibility of hypoxia, advantages and limitations that became apparent.

The results obtained may be summarized as follows.

1. It is essential that endotracheal intubation be carried out rapidly and that everything necessary be ready and immediately at hand before starting the anesthetic.
2. In all patients ventilated room air during anesthetic induction, no significant decreases of PaO₂ and SatO₂ were observed immediately after the endotracheal intubation.
3. The duration of any period of complete apnea inflicted on the patient must be carefully controlled.
4. 100% oxygen prevented the possibility of hypoxia on extubation after all the reflexes had returned.

5. Ether-air anesthesia is recommended without hesitation for use where economy and portability of anesthetic machine are needed.

緒 論

1959年 英國 麻醉學의 아버지 John Snow¹⁾는 그의 著書 “On Chloroform and Other Anesthetics”라는 책에서 普通의 지식과 注意만 있으면 ether 麻醉로 因한 生命의 위험은 거의 없을 것이라고 하였다.

오늘날 ether는 아마도 이제까지 우리가 가지고 있는 麻醉劑로서는 가장 安全하며, 따라서 아직 숙달되지 않은 麻醉科 修練初歩者에게는 教育用으로 適當한 藥이라 하겠다.

대개 全身吸入麻醉時는 酸素의 供給源인 酸素를 꼭 必要로 하게 되는데, 경우에 따라 酸素의 準備가 안 되있는 與件下에서 使用할 수 있는 麻醉機로서 E.M.O. (Epstein, Macintosh, Oxford) ether 吸入機²⁾를 들 수 있겠다. 즉, 이 吸入機는 大氣中の 酸素를 唯一한 酸素源으로 삼고 ether 濃度를 比較的 正確히 調整해 가면서 安全하게 麻醉할 수 있는 簡便한 것이다.

著者들은 이 E.M.O. ether 吸入機를 使用하여 麻醉하였을 때 發生할 수도 있는 低酸素症의 合併有無를 究明하기 爲하여 ether-air 麻醉前, 中 및 後의 動脈血中 氣體分壓 및 pH를 分析하여 그 結果를 이에 報告하는 바이다.

觀察對象 및 方法

觀察對象

1972年 9月 以後 麻醉한 22例를 對象으로 하였으며, 그중 男子는 8例, 女子가 14例였고, 年齡分布는 10 및 60代에서 各各 1例였고, 그 外는 大部分이 30代였다. 全身狀態는 良好하고 理學的 所見은 正常이었으며, 特別히 肺機能이 正常인 症例들을 選擇하였다(第 1圖 및 第 2圖).

手術別로 보면 産科에서 輸卵管結紮 3例, 一般外科에서 虫樣突起切除, 膽囊剔除術 및 胃填門部癌의 Grime's 手術等 4例, 整形外科에서 大腿骨 骨折 開放復位手術, 骨髓炎手術等 3例, 婦人科에서 卵巢腫瘍, Meig氏 症候群, 腹部子宮切除手術, 類皮囊胞, 子宮筋腫, 惡性骨盤炎症 및 子宮脫出으로 因한 子宮切除手術等 10例, 神經外科에서 正中神經 손상 1例, 泌尿器科에서 腎石

Fig. 1. Sex distribution.

Fig. 2. Age distribution.

Fig. 3. No. of operation.

1例였다(第 3圖).

麻酔前 投藥 및 麻酔法

14例에서는 麻酔前에 secobarbital 100 mg 과 atropine sulfate 0.4 mg 으로, 4例에서는 demerol 50 mg 과 atropine sulfate 0.4 mg 으로, 4例에서는 atropine sulfate 0.4 mg 만을 投與하였다.

麻酔誘導는 2.5% thiopental 과 succinyl choline-iodide 를 靜注한 後 室內空氣로 約 1分 20秒동안 O.I.B.(Oxford Inflating Bellow)^{1,3)}를 使用하여 充分히 換氣시킨 後 插管을 施行하였는데, 이때 所要된 無呼吸時間은 大概 30秒 以內였다. 그後 ether 로 麻酔를 投與維持시켰으며, 筋肉弛緩劑는 必要에 따라 succinylcholine-iodide 혹은 gallamine 을 追加 靜注하였다.

麻酔時間은 手術이 가장 짧았던 輸卵管結紮을 받은 例로서 50분이 所要되었으며, 가장 길었던 例는 胃噴部癌의 진단하에 Grime's 手術을 받은 例에서 11時間을 麻酔하였으며, 이때의 手術時間은 10時間 30분이었다(第4圖).

Fig. 4.

觀察方法

動脈血中 氣體分壓 및 pH의 變動을 보기 爲하여 heparine을 넣은 注射器와 21 gauge 注射針을 使用하여 股動脈에서 無氣의으로 動脈血을 1~1.5 ml를 採血하였다. 이와 같은 血液 採血은 各 例에서 아래와 같이 3回 施行하였다. 즉,

1) 麻酔前: 麻酔誘導前에 手術室에서 動脈血을 採血.

2) 插管直後: 睡眠量의 thiopental 과 succinylcholine iodide 을 靜脈注射後 室內空氣를 mask 로 投與後 插管直後에 動脈血 採血.

3) 拔管直後: 內管을 拔去한 直後에 患者 自身이 室內空氣로 呼吸할 時 採血.

上記 狀態下에서 採血한 動脈血은 radiometer (Copenhagen, Model pH 27)를 使用하여 動脈血中 氣體分壓 및 pH를 分析하였으며, oxyhemoglobin dissociation curve 및 Siggard-Anderson Alignment nomogram 을 利用하여 酸素포화도 및 base excess 를 各各 表定하였다.

成 績

1) 動脈血中 酸素飽和度

麻酔前, 插管直後 및 拔管直後의 動脈血 酸素飽和度는 各各 平均 $96.6 \pm 0.37\%$, $96.7 \pm 0.34\%$ 및 $96.3 \pm 0.64\%$ 로서 거의 正常値를 나타냈다.

2) 動脈血中 酸素分壓

麻酔前 插管直後 및 拔管直後의 酸素分壓은 各各 平均 98.8 ± 3.0 mmHg, 101.5 ± 5.2 mmHg 및 100.6 ± 3.9 mmHg 로서 모두 正常値를 나타냈다.

3) 動脈血中 二酸化炭素分壓

動脈血中 二酸化炭素分壓은 上記 3群에서 各各 平均 34.4 ± 0.64 mmHg, 31.9 ± 1.29 mmHg 및 32.8 ± 1.11 mmHg 로서 插管直後에 조금 감소한 것은 succinylcholine iodide 靜注後에 따른 過換氣에 의한 것으로 생각된다.

Fig. 5. Blood gas study.

- Fig. 6. Normal arrangement of E.M.O. inhaler and oxford inflating bellows.
1 E.M.O. inhaler	2 Concentration control pointer
3 Connecting tubing	4 Oxford Inflating Bellows
5 Breathing tubing	6 Expiratory valve
16 Ether filler knob	17 Ether level indicator
18 Temperature compensator indicator	

4) pH

動脈血中の pH 의變動은 麻酔前, 挿管直後 및 拔管直後에 各各 平均 7.38 ± 0.03 , 7.43 ± 0.07 및 7.37 ± 0.05 로서 모두 正常値를 나타냈다.

5) Base Excess

動脈血中の base excess 의變動은 麻酔前, 挿管直後 및 拔管直後 各各 平均 -3.70 ± 0.89 , -1.63 ± 0.81 및 -4.85 ± 0.47 로서 모두 正常値를 나타냈다.

이와 같이 ether-air 麻酔前, 中 및 後에 動脈血內的 酸素飽和度, 酸素分壓이 正常이었던 것으로 보아 低酸素症의 發生을 볼 수 없었으며, 二酸化炭素分壓 pH 및 base excess 의變動으로 보아 酸鹽基 平衡에 별로 영향을 주지 않았음을 알았다(第 5 圖).

考 按

1941年 Epstein, Macintosh 및 Mendelssohn 이 Oxford ether 蒸發器를 製作하여 戰爭時에 많이 使用하였으나 英國에 平和가 깃든후 麻酔學의 급속한 20年間の 發展으로 因하여 이 간단한 機械는 차츰 사용빈도가 적어져 갔다. 그러나 1956年 Macintosh 와 Epstein 은 이를

더욱 開發하여 E.M.O. (Epstein, Macintosh, Oxford) ether 吸入機라고 命名하였다(第 6 圖). 이것은 直徑이 23 cm, 높이 19 cm, 重量이 5.5 kg 밖에 안된다.

Ether 濃度調節盤(concentration control level), ether filler (ether 注入部), ether level indicator (ether 量表示書) thermo-compensator indicator (溫度補償表示書) 등이 E.M.O. ether 吸入機의 上部에 位置하며, 下部에는 ether jacket filler 가 있다. 空氣의 流通量은 1분에 4~12 liter 이 呼吸時 抵抗은 1분에 40 liter 보낼 때에 12 mmH₂O 이다.

심지(wick)를 飽和시키는 데는 150 ml 의 ether 가 必要하며, 蒸發 chamber 를 채우려 할 때에는 300 ml 가 必要하다. Water jacket(第 7 圖)의 capacity 는 대략 1,250 ml 이다.

參考삼아 E.M.O. ether 吸入機의 使用要項을 서술하면, 우선 ether 濃度を transit position 으로 하고 E.M.O. ether 吸入機를 꺼꾸로 놓고 water filler plug 를 풀어 室溫의 물 1,250 ml 를 서서히 부어 채운 후, 바로 놓은 다음에 ether 注入部를 누르고 ether 를 붓는다. 심지를 飽和시키는데 150 ml 정도 必要하며, 그 後에 ether 量表示機는 서서히 올라간다. 300 ml 를 注入하면 ether 量表示機는 赤色表示가 있는 full 에 도달하게 되는데,

Fig. 7. Diagramatic section of E.M.O. inhaler.

- C : Concentration control pointer
- F : Water filler
- L : Vaporizing chamber closing device to prevent spillage of ether during transit and to prevent vaporization while inhaler not in use
- T : Automatic thermo-compensator in outlet of vaporizing chamber
- V : Ether vaporizing chamber lined by wicks.
- W : Water jacket

그 이상 넣으면 ether 농도의調節이 不正確하게 된다. ether를 채운 後 注入마개를 놓으면 外界 차단(closed position)으로 돌아가게 된다.

다음에는 溫度補償機의 良好與否를 檢査하여야 한다. 表示機는 금속 rod로 되어 있는데, 그 위에 黑色 및 赤色の 금속모자를 씌웠다. Rod와 cap은 항상 보여져야 하며, 그렇지 않을 경우는 apparatus가 너무 차다는 증거이다. 黑帶(black band)가 보이면 correct operating 溫度를 말하며, 赤帶(red band)가 보이면 apparatus가 너무 뜨겁다는 증거이다. 차가울 때는 잠시 따뜻한 곳에 두던가 water jacket 內의 물을 비우고 25°C 물로 交換시킨다. 이때 表示機가 나타나지 않으면 이 apparatus는 고장이며, 이 E.M.O. ether吸入機는 使用해

서는 안된다. 또 32°C以上 뜨거워지면 E.M.O. ether吸入機를 식혀 黑帶만이 보일 수 있어야 한다.

O.I.B.는 2個의 一方的(uri-direction) valve가 있고 赤色の 말굽모양의 자석과 stop cock가 그 사이에 位置하고 있다. 이 자석은 一方의 valve를 고정하고자 할 때에만 使用할 수 있으며, 보통 標準呼吸 valve를 使用할 때에는 쓰지 않고 O.I.B.의 out valve를 ruben valve로 使用했을 때에만 使用할 수 있다. 萬若에 酸素를 더 줄 必要가 있을 경우에는 2個의 valve 사이에 있는 stop cock를 틀어 酸素源에 連結한다. 注意할 것은 O.I.B.가 E.M.O. ether吸入機와 患者사이에 位置한다는 것이다.

E.M.O. ether吸入機의 長點은 大自然의 酸素와 安全性이 높은 ether로서 麻酔할 수 있다는 것, 즉 運搬의 容易性(portability), 簡便性(simplicity) 및 低廉性(cheapness)이다. 短點으로는 挿管을 正確히 빨리 하여야 한다는 點과 ether의 量이 많이 든다는 點이다.

E.M.O. ether吸入機의 特徵으로는 蒸發 chamber를 둘러싸고 있는 water jacket이 ether의 蒸發時 소모되는 潛熱(latent heat)를 補償할 수 있으며, 또한 自動式 溫度補償機가 있어서 ether가 蒸發되면서 變化하는 溫度를 調節하므로써 ether의 量을 測定하는 것이다. Ether의 濃度는 2~20 vol%까지 調整할 수 있으며, 8 vol%로 고정時 容器內 濃度 56°F~88°F 사이에서 ± 0.75 vol%의 오차가 있다.

換氣시킬 수 있는 O.I.B.를 E.M.O. ether吸入機에 連結시키면 完全한 麻酔 unit가 되며, 簡單한 腫瘍切開로부터 胸部大手術까지 할 수 있다. 特히 O.I.B.는 小兒麻痺, 多發性神經炎 및 藥物中毒으로 因한 呼吸停止時에 簡單한 人工呼吸機로서 使用할 수 있으며, 그 외에 curare等 筋肉弛緩劑로 tetanus를 치료할 때에도 使用할 수 있다.

低酸素症은 動脈血內에 酸素의 分壓이 감소되는 것을 면하며, 임상중세는 青色症으로도 나타나며, 個個人의 健康狀態, 耐量(tolerance), 身體의 力價(physical activity), 身體의 要件(physical condition), 溫度, 바람, 濕度(humidity), 그리고 高度氣候순응(altitude acclimatization) 등에 의하여 영향을 받는다.

Ikezono等⁴⁾이 E.M.O. ether吸入機와 O.I.B.로 29例에서 ether-air 麻酔한 結果 麻酔中 自發呼吸時 酸素飽和度가 90% 내지 그 이상을 유지하였으며, 調節呼吸時에 95% 달하였다고 했다.

Julius等⁵⁾에 依하면 127例에서 酸素 mixture를 조정 投與하면서 oximeter로 계속 動脈血內의 酸素飽和度를

測定한 결과 酸素飽和도가 80% 以下로 떨어질 때 definite 青色症이 일어났다고 했으며, 이것은 피부의 두께, 색, 小動脈의 확장, 혹은 constriction, dye 나 藥에 의한 plasma 色の變化, 헤모그로빈의 型, 색 및 量에 따라 조금씩 다르다고 했다.

Leatherdale²⁾에 의하면 青色症이 手術中 나타나면 즉시 補助呼吸을 10~15分間 계속하면 임상적 青色症이 없어진다고 報告했다. 著者は 研究結果 麻醉前, 中 및 後의 動脈血內 麻醉飽和도는 97%가 유지되었고 青色症이 없었다. 그러나 萬若에 解剖學的 異常이나 技術的 未熟으로 氣管內 插管이 困難하여 相當時間을 所要하였다면 아마도 青色症에 따른 低酸素症의 發生危險이 있었을지도 모르겠다.

Fujimori 等⁹⁾에 의하면 개에서 大氣로 20分間 過換氣시켜준 群과 100% 酸素로 30秒間 換氣시켜준 群에서 succinylcholine 靜注後 無呼吸狀態에서 腦電圖上에 致命的인 低酸素症의 所見이 發生할 때까지의 時間을 測定한 결과, 大氣로 換氣시켰을 때는 約 4分, 100% 酸素로 30秒間 換氣시켰을 때는 約 12分이었다고 했다. Stanley 等⁷⁾에 의하면 大氣로 換氣시킨 후 呼吸狀態에서 動脈血內 酸素分壓이 1分後 78%, 1分 30秒 後에는 60%로 下降함을 報告하였으며, Fink⁸⁾도 이와 같은 結果를 報告하였다. 特히 1972年 日本 京都에서 열린 世界 麻醉科學會에서 發表한 Suzuki, A.와 Matssura, M. 等⁶⁾은 25% 酸素를 呼吸시킨 후 無呼吸狀態에서 動脈血 酸素分壓의 變動을 觀察한 바 60秒後 酸素分壓이 151.5 mmHg에서 81.8 mmHg로 下降하였으나 大氣呼吸例에서는 45秒 後에 109.5 mmHg에서 68 mmHg로 下降하였다고 報告하였으며, E.M.O. ether 吸入機를 使用時 低酸素症과 呼吸性 alkalosis를 예방하기 爲하여서는 5% O₂의 공급이 必要하다고 報告한 바 있다.

著者들은 대개 1分 20秒間의 過換氣後 30秒 以內에서 插管하였기 때문에 酸素分壓의 變動은 거의 없었던 것으로 思慮된다.

Nolan 等¹⁰⁾에 의하면 麻醉導入上 5分間の 多量の 酸素를 供給해 주면 呼吸停止後 4分間은 動脈血 酸素分壓이 正常値와 비슷하였고, 二酸化炭素의 分壓은 增加하였으나 危險한 程度는 아니었다고 했다.

Morris 等¹¹⁾에 의하면 患者에게 non-rebreathing 換氣를 7.5 l/min로 하면 30秒內에 動脈血 酸素分壓이 104에서 283 mmHg로 增加되고, 1分 後에는 417 mmHg까지 도달하나 다음 2分 後에는 조금 增加할 뿐이라고 했으며, 다시 大氣로 換氣시켰을 때는 2~5分 後에 104 mmHg로 감소했음을 報告했다.

著者들은 動脈血中 酸素飽和도 및 分壓이 麻醉前, 中 및 拔管後에 걸쳐 正常으로 維持되었을 뿐만 아니라 動脈血中 二酸化炭素分壓, pH 및 base excess로 본 酸鹽基平衡에 큰 變動이 없었음은 E.M.O.를 適當히 使用하여 充分한 換氣를 시켜 주고, 插管을 迅速히 施行하므로써 無呼吸狀態의 時間을 最大限으로 短縮시킨 데에 起因했다고 생각되며, 그 結果 安全한 麻醉가 可能하였다고 思慮된다.

結 論

各種 手術을 받은 22例에서 E.M.O. ether 吸入機로 大氣만을 酸素源으로 하여 全身麻醉를 했을 때 麻醉前, 插管直後 및 拔管直後의 動脈血의 酸素飽和도, 酸素分壓, 二酸化炭素分壓, pH 및 base excess를 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 酸素의 別途供給이 전혀 없으므로 動脈血中の 酸素飽和도 및 分壓을 正常으로 維持시켜 주기 爲하여서는 適當한 用手的 補助換氣가 꼭 必要하다.
- 2) 全例에서 30秒 以內에 插管하였으며, 插管直後 酸素飽和도나 酸素分壓의 變動은 거의 없었다.
- 3) 拔管은 防禦反射機能이 돌아왔을 때 하였으므로 拔管時 유발할 수도 있는 低酸素症을 豫防할 수 있었다.
- 4) 經濟적이고 簡便하여 運搬이 容易한 E.M.O. ether 吸入機의 依한 麻醉가 有用함을 認定하였다.

REFERENCES

- 1) Cole, P.V.: *Use of the E.M.O. ether inhaler and Oxford inflating Bellows. Nuffield department of Anesthetics. Radcliffe Infirmary Oxford.*
- 2) Leatherdale, R.A.L.: *The E.M.O. ether inhaler. Anesthesia, 21:504, 1966.*
- 3) Macintosh, R.R.: *Oxford inflating Bellows. Brit. M.J. 2:202, 1953.*
- 4) Ikezeno, E.: *Pulmonary ventilation and arterial O₂ saturation during ether-air anesthesia. Anesthesiology 20:597, 1959.*
- 5) Julius H. Comroe, Jr.: *The unreliability of cyanosis in the recognition of arterial anoxia. Am. J. Med. Sci. 214:1, 1947.*
- 6) Fujimori, M. and Virtue, R.W.: *The value of oxygenation prior to induced apnea Anesthesio-*

- logy 21:46, 1962.
- 7) Stanley, W.W. and King, R.D.: *The rate of arterial oxygen desaturation during apnea in human. Anesthesiology* 20:624, 1959.
- 8) Fink, R.B.: *Diffusion anoxia. Anesthesiology* 16: 511, 1955.
- 9) Suzuki, A. and Matssura, M.: *Reappraisal of ether-air anesthesia. Excerpta Medica* p105, Sept. 1972.
- 10) Nolan, R.T.: *Preoxygenation and thiopentone-suxamethonium induction. Brit. J. of Anesth.* 39:794, 1967.
- 11) Morris, L.H. and Watson, T.R.: *Arterial oxygenation during transition from 100% O₂ to air breathing, polarographic PaO₂ study. Anesthesiology* 22:385, 1961.
- 12) Epstein, H.G. and Macintosh, R.R.: *Anesthetic inhaler with automatic thermo-compensation. Anesthesia* 11:83, 1956.
- 13) Faulconer, A., Jr. and Lattrell, K.E.: *Tension of oxygen and ether vapor during use of semi-open air-ether method of Anesthesia. Anesthesiology* 10:247, 1949.
- 14) Crow, T.J. and Kelman, G.R.: *Effect of mild hypoxia on human short-term memory. Brit. J.* 43:548, 1971.
- 15) John, J.D., Joseph, F.W. and David, G.: *Apnea, suction, and hyperventilation effect on arterial O₂ saturation. Anesthesiology* 22:29, 1961.
- 16) Frumin, J.M.: *Diffusion anoxia. Anesthesiology* 31:243, 1969.
- 17) Hanks, C.E. and Fink, R.B.: *The respiratory threshold for carbon dioxide in anesthetized man. Anesthesiology* 22:393, 1961.
- 18) Cecil-Loeb: *Text book of Medicine, 2 Edition. p.* 1715.