

開胸術 麻醉時 機械的 換氣法에 關한 臨床的 考察

A Clinical Study on the Mechanical Ventilation during Anesthesia for Thoracotomy

서울大學校 醫科大學 麻醉科學教室* 및 胸部外科學教室**

金 聖 德* · 元 榮 千* · 金 周 顯**

緒 論

肺 疾患中 肺癌, 氣管枝擴張, 縱隔洞 腫瘍, 肺膿瘍 및 肺結核 등의 胸部外科 手術의 境遇 대부분 側臥位에서 開胸術을 施行한다.

側臥位가 肺胞換氣 및 肺循環에 미치는 影響에 對해서는 이미 여러 學者에 依해 研究된 바 있으며(Rehder 等, 1972; Nunn, 1977), 側臥位에서 發生할 수 있는 低酸素血症 및 豫防 方法에 對해서도 報告된 바가 많다(Khanam 等, 1973; Katz 等, 1982; 金 等, 1982).

本 서울大學校 醫科大學 麻醉科學教室과 胸部外科學 教室에서는 側臥位에서의 開胸術時 同一한 分時呼吸量

(minute ventilation; 以下 \dot{V}_E)을 維持하면서 一回呼吸量(tidal volume; 以下 V_T)과 分當呼吸數(f)를 變化시킬 때 肺胞一動脈血 酸素分壓差(Alveolar-arterial oxygen tension difference; $AaDO_2$)에 미치는 影響에 關한 臨床的 研究를 하여 開胸術의 麻醉管理時 人工呼吸의 指標로 삼고자 文獻的 考察과 함께 報告하는 바이다.

對象 및 研究方法

18名의 開胸術 患者를 對象으로 하였으며 平均年齡은 43歲이었고, 性別로는 男子 14名, 女子 4名이었으며, 術前診斷 및 手術名은 Table 1과 같다.

Table 1. Diagnosis and name of operation

No.	Age	Sex	Diagnosis	Operation
1	32	M.	Lt. pneumothorax	L.U. lobectomy
2	52	M.	Rt. pulmonary Tb.	Rt. peumonectomy
3	35	F.	Rt. pulmonary Tb.	Rt. peumonectomy
4	42	F.	Rt. pulmonary Tb.	Rt. peumonectomy
5	26	F.	Rt. pulmonary Tb.	Rt. peumonectomy
6	63	M.	Lung cancer	R.U. lobectomy
7	63	M.	Lung cancer	R.U. lobectomy
8	44	F.	Lung cancer	R.U. lobectomy
9	62	M.	Lung cancer	R.U. lobectomy
10	66	M.	Lt. bullae	L.L. lobectomy
11	64	M.	Anterior mediastinal mass	Extirpation
12	22	M.	Lung cancer	R.U. lobectomy
13	49	M.	Lt. peumothorax	Bullae obliteration
14	25	M.	Lung cancer	Rt. peumonectomy
15	30	M.	Posterior mediastinal mass	Extirpation
16	25	M.	Rt. peumothorax	Bullectomy
17	45	M.	Aspergiloma	L.U. lobectomy
18	41	M.	Lung cancer	L.U. lobectomy

Lt.=left Rt.=right L.U.=left upper L.L.=left lower R.U.=right upper

† 접수일자 : 1983. 8. 15.

麻酔前 치치로는 Robinul 0.004mg/kg과 Valium 0.2~0.3mg/kg을 麻酔 1時間前에 筋注하였고, 麻酔는 Sodium thiopental 5mg/kg, succinylcholine 1mg/kg을 靜注한 後, 100% 酸素로 3分間 換氣시킨 後, Shiley 튜브를 氣管内 插管하여 Halothane-N₂O-O₂ 麻酔를 施行하였다.

Pavulon 0.06~0.08mg/kg 靜注後 成人用 人工呼吸器(Ohio Anesthesia Ventilator)로 人工呼吸을 施行하였으나, \dot{V}_E 는 180ml/kg가 되도록 하였으며 맨 처음에는(A群) $V_T=8$ ml/kg, $f=23$ /min로, 다음은(B群) $V_T=10$ ml/kg, $f=18$ /min로, 맨 나중에는(C群) $V_T=15$ ml/kg, $f=12$ /min로 各各 30分間 人工呼吸 實施後에 血液가스 分析을 實施하였으며, 모든 實驗은 開胸後부터 肺動脈 치리前에 施行하였다.

모든 實驗에서 吸入酸素濃度(fractional concentration of oxygen; 以下 $F_{I_{O_2}}$)는 0.5로 하였다.

AaDO₂는 다음 公式에 依하여 算出하였다(金等, 1981).

$$\begin{aligned} \text{AaDO}_2(\text{torr}) &= P_{A_{O_2}} - P_{a_{O_2}} \\ &= \left[(P_B - P_{H_2O}) \times F_{I_{O_2}} - \frac{P_{a_{CO_2}}}{R} \right] - P_{a_{O_2}} \end{aligned}$$

$P_{A_{O_2}}$; partial pressure of O₂ in alveoli

$P_{a_{O_2}}$; partial pressure of O₂ in artery

$P_{a_{CO_2}}$; partial pressure of CO₂ in artery

P_B ; barometric pressure (760 torr)

P_{H_2O} ; vapor pressure of water (47 torr at 37°C body temperature)

R; respiratory quotient (0.8)

또한 各 實驗 結果의 統計學的 檢定은 paired Student's t-test를 使用하였다.

研究 結果

모든 實驗에서 \dot{V}_E 는 180ml/kg로 維持하였으며, AaDO₂는 V_T 8ml/kg, f 23/min인 群(A)에서는 142±55.6torr, V_T 10ml/kg, f 18/min인 群(B)에서는 147±60.5torr, V_T 15ml/kg, f 12/min인 群(C)에서는 141±48.8torr로서 各群에서 留意한 差異는 볼 수 없었다(Table 2).

動脈血 酸素分壓(以下 $P_{a_{O_2}}$)의 結果는 V_T 8ml/kg, f 23/min인 群(A)에서는 177±56.4torr, V_T 10ml/kg, f 18/min인 群(B)에서는 169±62.5torr, V_T 15ml/kg, f 12/min인 群(C)에서는 174±49.5torr로서 A群과 B群에서는 有意한 差異를 볼 수 있었으나($P < 0.05$) 나머지에서는 有意한 差異를 볼 수 없었다(Table 3).

Table 2. Comparison of AaDO₂ (unit : torr)

No.	A Gr.	B Gr.	C Gr.
1	150	125	114
2	172	209	167
3	99	172	146
4	77	85	88
5	177	116	98
6	196	187	170
7	207	211	232
8	141	239	170
9	110	123	133
10	248	255	241
11	193	149	167
12	39	59	102
13	174	187	107
14	119	85	81
15	96	53	98
16	163	150	157
17	143	151	184
18	55	84	89

Mean±S.D. 142±55.6 147±60.5 141±48.8

Differences between A, B and C are not significant.

Table 3. Comparison of PaO₂ (unit : torr)

No.	A Gr.	B Gr.	C Gr.
1	154	180	204
2	143	108	152
3	218	137	164
4	246	240	237
5	153	202	225
6	103	116	144
7	92	96	85
8	183	78	145
9	209	199	184
10	70	60	76
11	171	168	152
12	281	261	220
13	151	140	159
14	198	232	238
15	232	271	229
16	156	167	165
17	177	162	129
18	245	218	220

Mean±S.D. 177±56.4 169±62.5 174±49.5

Difference between A and B is significant. ($P < 0.05$)
Differences between A and C, and between B and C are not significant.

Table 4. Comparison of PaCO₂ (unit : torr)

No.	A Gr.	B Gr.	C Gr.
1	42	41	31
2	33	32	30
3	32	38	37
4	25	25	24
5	29	31	33
6	46	43	34
7	46	40	32
8	26	32	33
9	30	28	32
10	31	33	32
11	34	32	30
12	27	29	28
13	25	24	24
14	32	32	30
15	23	26	24
16	27	32	28
17	30	35	35
18	45	44	38
Mean±S.D.	32±7.5	33±6.0	31±4.1

Difference between A and B is not significant.
 Difference between A and C is significant. (P<0.05)
 Difference between B and C is significant. (P<0.01)

動脈血 二酸化炭素分壓(以下 PaCO₂)의 結果는 V_T 8ml/kg, f 23/min인 群(A)에서는 32±7.5torr, V_T 10ml/kg, f 18/min인 群(B)에서는 33±6.0torr, V_T 15ml/kg, f 12/min인 群(C)에서는 31±4.1torr로서 A 群과 B 群사이에는 留意한 差異가 없었으나 A 群과 C 群, B 群과 C 群사이에는 留意한 差異를 볼수 있었다. (各各 P<0.05, P<0.01) (Table 4)

考 按

開胸術 施行時의 患者位置는 側臥位가 많은데, 側臥位의 長點으로는 一側胸廓의 全部位를 施術할 수 있고, 切開部의 延長이 可能한 點이다. 問題點으로는 肺胞 換氣 및 肺循環의 變化가 豫想된다는 點이다. 胸部 肺手術時 肺循環 및 肺胞 換氣는 흔히 非正常 狀態가 되며, 비록 二酸化炭素는 調節呼吸으로 排出이 容易하나 動脈血의 低酸素血症은 자주 볼수 있게 된다. (Khanam 等, 1973).

麻醉中の 適當한 PaCO₂ 値에 對해서는 論難이 많은

데 過呼吸하여 正常 範圍보다 減少시키는 것이 좋다. 그 理由로는 첫째, 過呼吸보다 低呼吸에 의한 害가 더 많고, 둘째, 肺胞虛失의 機會가 적고, 셋째, 無呼吸 狀態는 麻醉時 좋은 點이 있는데 이는 PaCO₂ 減少로 維持 可能하고, 네째, 低二酸化炭素血症과 알칼리症은 一部 藥物의 分布와 作用時間의 變化를 가져오고, 다섯째, 心不整脈의 頻도가 적고, 여섯째 過呼吸으로 二酸化炭素가 腦를 覺醒시키는 效果를 抑制할 수 있는 것 등이다(Nunn, 1977).

側臥位에서 開胸術時 動脈血 低酸素血症을 豫防하기 위한 方法으로는 氣管内插管을 利用한 一側肺 麻醉法(金 等, 1982) 및 二孔 튜브(double lumen tube)를 利用한 方法이 紹介되고 있다. 一側肺 麻醉時에도 間歇的 陽壓呼吸法(IPPB; intermittent positive pressure breathing), 呼氣末陽壓法(PEEP; positive end expiratory pressure), 吸氣 및 呼氣時間의 變化, 病變肺 虛失(collapse)時期 等に 관한 研究가 報告되고 있다.

側臥位때 肺胞換氣에 미치는 影響은 意識狀態에서 自發呼吸을 하는 境遇에는 항상 依存肺(dependent lung)가 非依存肺(non dependent lung)보다 換氣가 잘 된다. 이는 下部肺의 一回呼吸量과 機械的殘氣容量(FRC)의 減少로 橫隔膜이 胸廓內에서 더 上位에 있으므로 活動이 더 容易해지기 때문인데, 麻醉中 自發呼吸의 境遇에도 마찬가지이다. 麻醉中 人工呼吸을 할때는 橫隔膜의 位置는 더 以上 肺換氣에 도움이 되지 않을 뿐만 아니라, 縱隔洞이 下部肺의 膨脹을 抑制하고 下部肺와 胸廓의 彈性이 減少되기 때문에 兩側肺 換氣는 비슷해진다. 그런데 開胸時에는 兩側肺 換氣는 反對가 되어 非依存肺가 오히려 過換氣가 되는데 이는 牽引器나 手術操作의 抑制가 없는한 肺自體의 彈性만이 作用하기 때문이다(Rehder 等, 1972).

側臥位때 肺循環에 미치는 影響은 自發呼吸을 하는 境遇 依存肺가 肺循環이 더 잘되는데 이는 人工呼吸의 境遇에도 마찬가지이다. 이는 肺循環에 影響을 주는 因子로 重力, 心搏出量, 그리고 肺血管抵抗 등이 있는데 重力에 의한 效果때문이다. 肺循環系는 low-pressure system이므로 血壓變化에는 手動的反應을 하는 반면, 重力差異에 의해 下部로의 肺血流가 더 많다(West, 1970). 이는 病變肺 操作時 發生 可能한 低酸素血症에 對한 自己防禦機能과도 關係되는 바, 重力에 의해 肺血流가 正常的인 依存肺로 많이 가는 것을 說明해준다. 또 하나의 自己防禦機能으로 低酸素性肺血管收縮反應이 있는데, 이는 肺循環系의 獨特한 面으로서 神經을 除去한 肺나 穩全한 肺에서 모두 나타나는데 肺胞酸素分壓의 變化에 의해 肥滿細胞에서 작은 肺動

脈의 α -受容器에 作用하는 物質을 分泌하기 때문이다. 이 低酸素性肺血管收縮反應은 胎兒에서 顯著히 나타난다.

Khanam이 一側肺 痲醉時 呼吸方法의 變化에 대한 報告에 의하면 一定 f 를 維持하면서 V_T 를 增加시키면, PaO_2 는 減少하고 $AaDO_2$ 는 增加하는데 이는 無氣肺로 的肺循環과 心搏出量 減少에 依한 混合靜脈血의 酸素含量 減少가 原因이다. 또 死腔率은 增加하지만 $PaCO_2$ 는 減少한다.

一定한 f 를 維持하면서 V_T 를 減少시키면, 死腔率과 $AaDO_2$ 의 變化없이 PaO_2 는 減少하고 $PaCO_2$ 는 增加하는데, 다시 V_T 를 增加시키면 PaO_2 와 $PaCO_2$ 가 正常으로 回復되는 바 低換氣에 依한 無氣肺가 原因이다.

一定한 \dot{V}_E 를 維持하면서 V_T 는 減少, f 는 增加시키면, $PaCO_2$ 의 變化는 없지만 PaO_2 는 약간 減少하는데 特히 老人患者 또는 術前 肺機能 低下가 심한 境遇에는 無氣肺를 招來할 수 있다.

一定한 \dot{V}_E 를 維持하면서 V_T 는 增加 f 는 減少시키면, $PaCO_2$ 의 減少만이 나타나는데 이는 吸氣時間의 增加 때문이다. 그러나 吸氣壓이 增加하여 心搏出量의 減少와, 肺胞壓이 增加하여 無氣肺로 的肺循環 再分布가 發生할 수 있다.

結 論

側臥位 開胸術時 肺胞換氣 및 肺循環에 여러 變化가 可能하므로 이에 따른 低酸素血症 및 過炭酸血症의 發生을 豫防하기 위하여 適切한 V_T 및 f 의 決定을 위하여 臨床的 研究을 하였기에 文獻的 考察과 더불어 報告하는 바이다.

1. $AaDO_2$ 는 A群, B群, C群 사이에 差異가 없었다.

2. PaO_2 는 A群과 B群 사이에는 留意한 差異가 있었으나 A群과 C群, B群과 C群 사이에는 差異가 없었다.

3. $PaCO_2$ 는 A群과 C群, B群과 C群 사이에는 留意한 差異가 있었으나 A群과 B群 사이에는 差異가 없었다.

以上の 結果로 보아 本 研究에서 使用한 180ml/kg의 \dot{V}_E 및 8~15ml/kg의 V_T 는 측와위에서의 開胸術 痲醉時 比較的 安全한 方法이라고 生覺되는 바이다.

—ABSTRACT—

A clinical study on the mechanical ventilation during anesthesia for thoracotomy

Seong Deok Kim*, Young Cheon Won*,
Joo Hyun Kim**

Departments of Anesthesia* and Thoracic Surgery**,
College of Medicine, Seoul National University,
Seoul, Korea

Many of the lung cancer, bronchiectasis, mediastinal tumor, lung abscess and pulmonary tuberculosis are treated occasionally by the surgical operation and most of the cases are performed in the lateral position.

Several studies were reported about the effect of lateral position on the pulmonary ventilation and perfusion and about the preventive methods of hypoxia which may be issued in the lateral position.

Recently we have studied the influence of the changes of tidal volume and frequency at the same minute volume in the lateral position on the $AaDO_2$. In spite of changes of tidal volume and frequency, we could not find any differences in the arterial oxygenation and the CO_2 elimination at the same minute volume.

參 考 文 獻

- Arborelius, M., Lundin, G., Svanberg, L. and Defares, J.G.: *Influence of unilateral hypoxia on blood flow through the lungs in man in lateral position. J. Appl. Physiol.*, 15:595-597, 1960.
- Benumof, J.L.: *One-lung ventilation: Which lung should be PEEPed? (editorial views). Anesthesiology*, 56(3):191-163, 1982.
- Defares, J.G., Lundin, G., Arborelius, M., Sromblad, R. and Svanberg, L.: *Effect of "unilateral hypoxia" on pulmonary blood flow distribution in normal subjects. J. Appl. Physiol.*, 15:169-174, 1960.
- Katz, J.A., Laverne, R.G., et al.: *Pulmonary oxygen exchange during endobronchial anesthesia. Effect of*

- tidal volume and PEEP. Anesthesiology*, 56:164-171, 1982.
- Khanam, T. and Branthwaite, M.A.: *Arterial oxygenation during one-lung anesthesia(1). A study in man. Anesthesia*, 28:132-138, 1973.
- Khama, T. and Branthwaite, M.A.: *Arterial oxygenation during one-lung anesthesia(2). Anesthesia*, 28:280-290, 1973.
- 金聖德：急性失血時 텍스트란이 膠質滲透壓, 組織의 酸素利用度 및 肺선트率에 미치는 影響에 關한 實驗的研究. 大韓麻醉科學會誌, 14(4):361-371, 1981.
- 金聖德, 趙大舜, 金鍾聲, 鄭聖良, 郭一龍：氣管內 挿管을 利用한 一側肺麻醉 2例. 서울醫大學術誌, 26(3):509-513, 1982.
- Norman, A. Bergman: *Effect of different pressure breathing patterns on alveolar-arterial gradients in dogs. J. Appl. Physiol.*, 18:1049-1052, 1963.
- Nunn, J.F.: *Applied Respiratory Physiology. 2nd ed. London and Tonbridge, Butterworth & Co. Ltd.*, 1977.
- Rehder, K., Hatch, D.J., Sessler, A.D. and Fowler, W.S.: *The function of each lung of anesthetized and paralyzed man during mechanical ventilation. Anesthesiology*, 37:16-26, 1972.
- Theye, R.A. and Fowler, W.S.: *Carbon dioxide balance during thoracic surgery. J. Appl. Physiol.*, 14:552-556, 1959.
- West, J.B.: *Ventilation/Blood flow and Gas exchange. 2nd ed. Phila., F.A. Davis Co.*, 1970.
- Wood, R.E., Campbell, D., Razzuk et al.: *Surgical advantages of selective unilateral ventilation. Ann. Thorac. Surgery*, 14:173-180, 1972.