

整形外科手術이 手術後 動脈血 酸素分壓에 미치는 影響

서울大學校 大學院 醫學科 外科學專攻

李 漢 九 · 金 相 烈

—Abstract—

The Effect of Orthopaedic Operations upon Postoperative Arterial Oxygen Tension

Han Koo Lee, M.D., Sang Yaul Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University

To 48 adult patients general and spinal anesthesia was administered for elective orthopedic (intra-thoracic and extremity) and abdominal (general and gynecological) operations. Radial artery was cannulated and postoperative change of PaO_2 was observed for 7 days. The results are as follows:

- 1) General anesthesia administered for operations on the legs results in a reduction of PaO_2 which is maximal immediately after discontinuation of anesthesia, gradually returns toward normal in a 3-hour period, and becomes normal on the first postoperative day.
- 2) General anesthesia administered for thoracomy and laparotomy is followed by the same early changes, which do not return toward normal in the first 3 hours. Reduction of PaO_2 persists, and PaO_2 continue to deteriorate for several days, not completely returning to normal even 7 days post-operatively.
- 3) When spinal anesthesia is administered for laparotomy, PaO_2 does not begin to fall until several hours after the end of operation. The subsequent course follows as that in 2, above.
- 4) When spinal anesthesia is administered for operation on the legs, PaO_2 does not change significantly throughout the postoperative period.
- 5) Thus, it is concluded that late forms of postoperative hypoxemia is influenced primarily not by the method of anesthesia, but by site of operation.

I. 序 論

手術中 및 手術後 動脈血酸素分壓의 變動은 外科醫 및 麻醉科醫의 關心事가 되어 왔다. 病院에 入院한 患者들의 動脈血酸素分壓은 往往 豫想했던 것 보다 低下되어 있으며 手術中 및 手術後에 더욱 低下된다는 것이

관찰되어 왔다.¹⁻³⁾

手術後의 低酸素症은 그것이 回復을 遲延시키고 生體의 機能障礙를 더욱 惡化시키고, 死亡率을 높이기 때문에, 特히 重要な 問題가 된다. 手術後의 早期低酸素症은 麻醉過程의 逆轉(reverse)에 同伴되는 것으로서 生理的 變動을 反映하는 것이며, 大概의 경우 一過性이다. 그러나 晚期低酸素症은 그렇게 容易하게 逆轉되지 않는다⁴⁾.

現代의 低酸素症 研究는 血液의 酸素 및 二酸化炭素 分壓 測定의 實用化를 可能케 해 준 電極의 開發로써 始作되었다.

本研究의 目的은 手術部位와 麻醉方法이 手術後의 晚期 低酸素症과 어떠한 相關關係를 갖고 있는가를 究明하는 데 있다.

Ⅱ. 研究方法

研究對象은 總 48名의 手術豫定患者(19歲~45歲)이었다. 이 중에서 8名은 前方癒合術을 爲한 開胸術을 받았으며 10名은 全身麻醉下에 胃切除術 또는 膽囊切除術을 10名은 脊椎麻醉下에 子宮摘出術을 10名은 全身麻醉下에 大腿骨骨折整復術을, 10名은 脊椎麻醉下에 各種 整形外科手術을 各各 받았다(Table 1).

研究對象者는 全例에 있어서 呼吸循環 機能障礙가 없었으며, 全身麻醉患者는 麻醉 前投藥으로서 meperidine (1mg/kg) 및 atropine (0.5mg)을, 脊椎麻醉患者는 Valium (0.2mg/kg)을, 麻醉豫定時間 60分前에 筋肉內注射받았다.

Table 1. Site of Operation and Method of Anesthesia

	General	Spinal
Intrathoracic	8	
Intraabdominal	10	10
Legs	10	10

全身麻醉는 靜脈內 thiopental (2.5%, 7mg/kg)로 誘導하고, 50~75mg의 succinylcholine chloride 靜注後 氣管內挿管하여 N₂O-O₂-halothane semiclosed circle absorption system으로 維持하였다.

開胸術 및 開腹術에 있어서는 筋肉弛緩目的으로

pancuronium을 間歇적으로 靜注하였으며, 手術後에는 그것을 reverse시키기 爲해서 atropine 및 neostigmine을 使用하고 隨意呼吸能力의 適正如否를 Bendixen⁵⁾이 推薦한 바와 같이 inspiratory force를 測定하여 判斷하였다.

全例에 있어서 橈骨動脈을 cannulate 하여 麻醉直前(control), 麻醉後 30分(phase 1), 麻醉後 1時間(phase 2), 麻醉後 3時間(phase 3), 麻醉後 1日(phase 4), 麻醉後 3日(phase 5) 및 麻醉後 7日(phase 6)에 動脈血酸素分壓을 測定했다(Table 2).

酸素分壓은 ultra-micro electrode (Instrument Laboratories, IL-213)로 測定하였으며 時間差 및 溫度差⁶⁾를 修正하였다. 體溫은 Telethermometer (Yellow Springs Instrument Company)를 使用하여 直腸에서 測定하였다.

Ⅲ. 結 果

手術後 動脈血酸素分壓의 平均變動은 Table 2 및 Figure 1에 綜合되어 있다.

全身麻醉-開胸術은 手術後 動脈血酸素分壓에 가장 甚한 變動을 일으켰든 바 手術後 7日이 되어도 動脈血酸素分壓은 正常以下로 低下되어 있었다. 全身麻醉-開腹患者의 動脈血酸素分壓은 手術後 數日間 繼續 低下되어 있다가 手術後 7日까지에 正常으로 回復하였다. 脊椎麻醉-開腹術患者에 있어서는 手術後 3時間頃까지 變動이 없다가 低下하여 全身麻醉-開腹術의 경우와 같은 經過를 밟았다.

全身麻醉-下肢手術患者에 있어서는 動脈血酸素分壓이 麻醉完了 直後 顯著하게 低下되었다가 約 3時間後까지 正常方向으로 回復되는 傾向을 보였는데 手術後 1日에는 正常이었다. 脊椎麻醉-下肢手術患者에 있어서는 動脈血酸素分壓에 意義있는 變動을 볼 수 없었다.

Table 2. Mean Change of Arterial Oxygen Tension (torr) Following Surgery

	Control	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6
Thoracotomy	78	-16*	-13*	-8*	-11*	-10*	-8*
Abd. {	General	87	-11*	-7*	-8*	-7*	-3
	Spinal	88	-1	-1	-2	-7	-6*
Legs {	General	92	-10*	-6*	-3	0	0
	Spinal	93	0	0	0		

Phase 1-6: 30 minutes, 1hour, 3hour, 1day, 3days, and 4-7days following surgery.

-: Decrease. O: No change. Abd.: Abdominal operaton. Legs.: Operations on the Legs.

*P<0.05

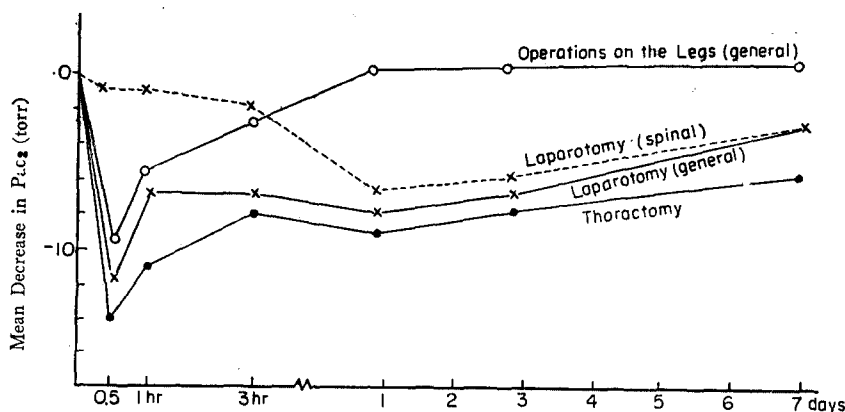


Fig. 1. Effect of Site of Operation and Method of Anesthesia Oxygen Tension

Ⅳ. 考 按

手術後 早期 低酸素症은 比較의 흔히 있는 것으로 알려져 있다^{4, 8, 9}. 手術直後에는 physiological shunt의 增加¹⁰, compliance의 減少¹¹, airway closure¹² 또는 體位¹³ 등으로 말미암아 大氣吸入으로는 大多數의 患者에 있어서 低酸素症을 避할 수 없다. 또한 老人, 慢性, 閉鎖性, 肺疾患, 患者 또는 肺血管疾患 患者에 있어서는 ventilation/perfusion 異常¹⁴을 흔히 볼 수 있다. Hypoventilation이 低酸素症의 原因이 되는 것은 再言의 餘地가 없다.

手術後에는 發熱, 戰慄, disorientation, restlessness 등으로 因하여 酸素消耗가 增加한다. 心筋收縮弱화, 血量減少 末梢血管抵抗增加 등으로 因한 心搏出量の 減少는 肺血管으로 還流하는 血液의 酸素飽和度를 減少시켜 그 結果 既存의 shunt를 더욱 增加한다¹⁵.

이와 같은 手術後 早期低酸素症은 低酸素症의 原因이 되는 麻醉過程의 逆轉에 同伴하는 것으로서 一過性인 生理的 變動을 意味한다. 그러나 手術後 晚期低酸素症은 그렇게 容易하게 逆轉(reverse) 되지 않는다¹⁶.

年令은 많은 學者들에 의하여 手術後 oxygenation에 影響을 미치는 것으로 알려져 있다¹⁸⁻²⁰. 手術後 肺合併症이 女子보다 男子에 있어서 2~3배 더 많은 것은^{18, 19, 21, 22} 男子에 더 많은 氣管支炎等 慢性呼吸器疾患때문일 것이다. 肺疾患이 없더라도 甚한 肥滿 患者에 있어서는 低酸素症^{24, 25}과 二酸化炭素蓄積의 增加²⁶를 흔히 볼 수 있다. 따라서 肥滿患者의 手術後 肺合併症 發生率이 높은 것은 놀랄 바 아니다^{18, 19, 27}.

大部分의 手術後 肺合併症은 肺機能障礙患者에서 發生한다. Rovenstine²⁸의 報告에 依하면 輕症 咽頭炎만

있어도 手術後 肺合併症의 發生率이 增加한다. 其他 많은 學者들이 肺疾患의 手術後 肺合併症에 미치는 影響을 報告하였다^{29, 30}. Palmer 및 Gardiner³¹의 報告에 依하면 手術後 無氣肺를 合併하지 않은 患者들에서는 氣管支炎이 21% 있었는데 比하여 無氣肺를 合併한 患者들의 66%는 이미 氣管支炎을 앓고 있었다 한다. 慢性, 閉鎖性, 肺疾患은 가장 흔한 慢性 肺疾患이며, 手術後 肺合併症의 흔한 原因이 되고 있다. 肺機能障礙患者를 爲한 手術後 肺合併症豫防策으로서는 禁煙, 氣管支擴張劑, 去痰劑, 間歇的 陽壓呼吸의 使用, 深呼吸, 기침, postural drainage 등이 包含된다.

肺換氣 및 肺活量의 減少는 手術後, 特히 開胸 및 開腹手術後의 疼痛에 그 原因이 있다. 그뿐 아니라 疼痛은 患者로 하여금 深呼吸을 하거나 기침을 하는 것을 忌避하게끔 만든다. 手術後 疼痛을 麻藥鎮痛劑로 一律 治療하는 것은 더욱 呼吸을 抑制하는 危險性을 內含한다³²⁻³⁴. 그러나 麻藥鎮痛劑를 操心性 있게 使用하면 深呼吸과 기침을 可能케 하고 肺活量을 增加시킬 수 있다^{31, 35}. 또한 局所麻醉를 使用하면 肺機能 回復이 더욱 效果의으로 成就될 수 있다³⁶⁻³⁷. 開腹手術後 疼痛을 麻藥鎮痛劑 代身에 硬膜外麻酔로 治療하면 低酸素症을 顯著히 輕減시킬 수 있다. 이와 같이 疼痛은 手術後 低酸素症의 重要한 原因이 되며, 適切한 鎮痛劑와 鎮痛方法의 選擇이 低酸素症 治療上 重要하다.

本研究의 結果에 依하면 手術後 晚期 低酸素症은 手術에 使用한 麻醉方法에 關係없이 거의 一定한 經過를 밟으며 手術部位에 따라 低酸素症의 程度 및 經過에 뚜렷한 差異가 생겼다. 即 動脈血酸素分壓의 低下는 麻醉 그 自體보다는 手術自體에 그 原因이 있는 것이다.

Functional residual capacity의 減少는 closing volume의 增加와 一致하고 그 結果 airway closure,

atelectasis, 및 低酸素症이 생기는 것으로 推測되고 있다. 勿論 이와 같은 續發關係는 麻醉中에 일어나는 것과 類似하나 그 根本的인 原因이나 時間的 經過는 全然 다르게 獨立的으로 일어나는 것이다. 換言하던 麻醉中 測定한 pulmonary shunt 値를 가지고는 手術後 晩期の shunt 値를 全然 predict 할 수 없는 것이다⁴⁾.

低酸素症의 臨床的 徵候로는 血壓上昇, 血壓下降, 頻脈, 遲脈, 心不整脈, 呼吸困難, 頻呼吸, 過呼吸 等 多樣相이 多樣하다. 中樞神經系統의 抑制 또는 興奮도 있을 수 있다. 青色症은 低酸素症 診斷에 있어서 믿을만한 徵候가 못 된다. 왜냐하면 螢光燈照明은 青色症 發見能力에 支障을 주며, 皮膚血管運動調節에 미치는 麻醉劑의 作用은 皮膚色이나 血流의 適切與否 判斷을 不正確하게 만들 수 있는 것이며³⁹⁾, 血管收縮이 있으면 動脈血酸素分壓은 正常이면서도 末梢에 있어서는 青色症이 있는 것 처럼 보일 수도 있다. 低酸素症에 對한 循環系 및 呼吸器系의 反應은 麻醉에 依해서 影響을 받는다³⁹⁾. 麻醉影響下에 있는 重症患者는 過呼吸이나 心搏出量增加로써 低酸素症에 反應하지 못하고 循環呼吸抑制로써 反應할 수 있다.

또한 兩側頸動脈의 thromboendarterectomy 後에는 低酸素症에 對한 反應을 完全히 喪失할 수 있다⁴⁰⁾. 따라서 低酸素症의 臨床的診斷은 desaturation이 極甚해지기 前에는 거의 不可能하며, 動脈血酸素分壓의 測定만이 가장 有益한 情報를 提供해 주는 것이다.

酸素投與는 低酸素症狀를 緩和할 뿐⁴²⁾ 低酸素症의 原因自體를 除去해 주는 것은 아니다. 따라서 酸素投與도 重要하지만 同時에 低酸素症의 原因除去에 努力해야 한다. 即 低酸素症의 가장 重要한 原因인 airway collapse와 無氣肺의 能動的인 豫防 및 治療에 臨해야 하는 것이다. 週期的 및 早期 mobilization을 包含한 stir-up regimen⁴³⁾, 陽壓呼吸⁴⁴⁾ 또는 positive end-expiratory pressure breathing⁴⁷⁾, 二酸化炭素吸入⁴⁶⁾ 또는 dead-space rebreathing⁴⁷⁾, physiotherapy,⁴⁸⁾ mechanical⁴⁹⁾ 또는 drug-induced sighing⁵⁰⁾ 등이 治療에 包含되어야 한다.

酸素療法の 適應은 매우 一般的인 것이다. 왜냐하면 全身麻醉後에는 本質的으로 모든 患者에서 低酸素症이 發生하며 酸素投與의 惠澤을 입을 수 있기 때문이다^{4, 5, 51)}. 長期酸素投與는 必要하지 않으므로 oxygen toxicity의 危險性은 없는 것이다.

Y. 結 論

1) 下肢手術을 爲하여 全身麻醉를 投與하면 動脈血酸

素分壓은 手術直後 最低로 減少했다가, 3時間後까지 거의 正常値로 上昇하여, 手術後 24時間에는 正常으로 完全히 回復한다.

2) 그러나 開胸術이나 開腹術을 爲하여 全身麻醉를 投與하면, 1)에있어서와 같이 手術直後에 最低値로 減少하나, 3時間後까지 거의 정상치로 上昇하지 않고, 正常値로의 完全回復은 手術後 7日에도 이루어지지 않는다.

3) 開腹術을 爲하여 脊椎麻醉를 投與하면 動脈血酸素分壓은 手術後 數時間後까지 變動이 없다가, 後 變動過程은 2)와 類似하다.

4) 下肢手術을 爲하여 脊椎麻醉를 投與하면 動脈血酸素分壓에 顯著的 變動이 생기지 않는다.

5) 以上 實驗結果를 綜合하여 보면 手術後 晩期 低酸素症에 影響을 미치는 主要因子로서는, 麻醉方法보다는 手術部位가 더욱 重要하다고 結論할 수 있겠다.

參 考 文 獻

- 1) Bjork Vo, Hilty HJ: *The arterial oxygen and carbon dioxide tension during the post-operative period in cases of pulmonary resections and thoracoplasties.* J Thorac Surg 27:455,
- 2) Maier HC, Cournand A: *Studies of arterial oxygen saturation in the postoperative period after pulmonary resection.* Surgery 13:199, 1943.
- 3) Bergren SM: *The oxygen deficiency of arterial blood caused by nonventilated parts of the lung.* Acta physiol Scand suppl 11, 1942.
- 4) Marshall BE, Wychie MQ: *Hypoxemia during and after anesthesia.* Anesthesiology 37:178, 1972.
- 5) Bendixen HH, Surtees AD, Oyama T, Bunker JP: *Postoperative disturbances in ventilation following the use of muscle relaxants in anesthesia.* Anesthesiology 20:121, 1959.
- 6) Kelman GR, Nunn, JF: *Nomograms for correction of blood PO₂, PCO₂, and pH and base excess for time and temperature.* J. Appl Physiol 21:1484, 1966.
- 7) Severinghaus JW: *Blood gas calculator.* J. Appl Physiol 21:1108, 1966.
- 8) Nunn JF, Payne JP: *Hypoxia after general anesthesia.* Lancet 2:631, 1962.
- 9) Spence AA, Alexander JI: *Mechanisms of*

- postoperative hypoxemia. *Proc Roy Soc Med* 65: 12, 1972.
- 10) Colgan FJ, Mohoney PD: *The effects of major Surgery on cardiac output and shunting. Anesthesiology* 31:213, 1969.
 - 11) Westbrook PR, Stubbs SE, Sessler AD, Rehdei K, Hyatt RE: *Effects of anesthesia and muscle paralysis on respiratory mechanics in normal man. J Appl Physiol* 34:81, 1973.
 - 12) Don HF, Wahba WM, Craig DB: *Airway closure, gas trapping, and the functional residual capacity during anesthesia. Anesthesiology* 36:533, 1972.
 - 13) Don HF, Craig DB, Wahba WM, Couture JG: *The measurement of gas trapped in the lungs at functional residual capacity and effects of posture. Anesthesiology* 35:582, 1971.
 - 14) Kitamura AH, Sawa T, Ikezono E: *Post-operative hypoxemia the contribute of age to the maldistribution of ventilation. Anesthesiology* 36:244, 1972.
 - 15) Philbin DM, Sullivan SF, Bowan FO, Malm JR, Papper EM: *Post-operative hypoxemia: contribution of the cardiac output. Anesthesiology* 32:136, 1970.
 - 16) Marshall BE, Millar RA: *Some factors influencing postoperative hypoxemia. Anaesthesia* 20:408, 1965.
 - 17) Stephen CR, Talton I: *Immediate postoperative care with particular reference to blood gas studies. Canad Anaesth Soc J* 11:586, 1964.
 - 18) Cahill JM: *Respiratory problems in surgical patients. Ann Surg* 116:362, 1968.
 - 19) Gaensler EA: *Respiratory acidosis as seen following Surgery. Am J Surg* 103:289, 1962.
 - 20) Payne JP, Conway CM: *Hypoxaemia after surgery and anaesthesia. Post Grad Med J* 42: 341, 1966.
 - 21) Anscombe AR: *Pulmonary Complications of Abdominal Surgery. Chicago, Year Book Medical Publishers, 1957.*
 - 22) Brock RC: *Postoperative chest complications: A clinical study. Guys Hosp Rep* 86:191, 1936
 - 23) Wightman JAL: *A Prospective survey of the incidence of post-operative pulmonary complications. Br J. Surg* 55:85, 1968.
 - 24) Soid SI: *Abnormalities of pulmonary gas-exchange in obesity. Ann Intern Med* 53:1121, 1960.
 - 25) Barrera F, Reidenberg MM, Wintees WL. et al: *Ventilation-perfusion relationships in the obese patient. J. Appl Physiol* 26:420, 1969.
 - 26) Naimark A, Cherniack RM: *Compliance of the respiratory system and its components in health and obesity. J Appl Physiol* 15:377, 1960.
 - 27) Zollinger RM, Passi R: *Observations on pre and post-operative care. Am J Surg* 112:716, 1966.
 - 28) Rovonstine EA, Taylor IB: *Postoperative respiratory complications: Occurrence following 7874 anesthetics. Am J Med Sci* 191:807, 1936.
 - 29) Bunker JP, Bendixen HH, Sykes MK, et al: *A comparison of ether anesthesia with thiopental-nitrous oxide succinylcholine for upper abdominal surgery. Anestology* 20:745, 1959.
 - 30) Steward DJ, Stoan IAJ: *Recent upper respiratory infection and pulmonary clamping in the aetiology of postoperative respiratory complications. Can Anaesth Soc J* 16:57, 1969.
 - 31) Palmer KNV, Gardiner AJS, McGregor MH: *Hypoxaemia after partial gastrectomy. Thorax* 20:73, 1965.
 - 32) Gillies IDS, Bird RD, Norman J, et al: *The effect of anesthesia on the oxyhemoglobin dissociation curve. Br J Anaesth* 42:561, 1970.
 - 33) Keats AS, Girgis KZ: *Respiratory depression associated with relief of pain by narcotics, Anesthesiology* 29:1006, 1968.
 - 34) Egbert LD, Bendixen HH: *A possible factor in atelectasis. JAMA* 188:485, 1964.
 - 35) Bromage PR: *Spirometry in assessment of analgesia after abdominal surgery. Br Med J* 2:589, 1955.
 - 36) Guis JA: *Paravertebral procaine block in the treatment of postoperative atelectasis. Surgery* 8:832, 1940.
 - 37) Sdence AA, Smith G: *Postoperative analgesia and lung function: A Comparison of morphine with epidural Block. Br J Anaesth.* 43:144, 1971.
 - 38) Cullen DJ, Egger EI, Gregory GA: *The cardio-*

- vascular effects of cyclopropane in man. *Anesthesiology* 31:398, 1969.
- 39) Cullen DJ, Egger EI: *The effects of halothane on respiratory and cardiovascular responses to hypoxia in dogs; a dose response study.* *Anesthesiology* 33:487, 1979.
 - 40) Wade JG, Larson CP, Hickey RF, Ehrenfeld WK, Severinghaus JW: *Effect of carotid endarterectomy on carotid chemoreceptor and baroreceptor function in man.* *New. Engl J Med* 282:823, 1970.
 - 41) Bendixen HH, Egbert LD, Hedley-White J, Laver MB. Pontoppidan H: *Respiratory Care.* St. Louis, The C. V. Mosby Company, 1974.
 - 42) Flenley DC: *The rationale of oxygen therapy.* *Lancet* 1:270, 1967.
 - 43) Dripps RD, Waters RM: *Nursing care of surgical patients. I. The "stir-up".* *Am J Nurs* 41:530, 1941.
 - 44) Asbaugh DG: *Effect of ventilatory methods and patterns on physiologic shunt.* *Surgery* 69:99, 1970.
 - 45) Cheney F.W. Hornbein TF, Crawford EW: *The effect of expiratory resistance on the blood gas tensions of anesthetized patients.* *Anesthesiology* 28:670, 1967.
 - 46) Dripps RD, Deming MVN: *Postoperative atelectasis and pneumonia.* *Ann Surg* 124:94, 1946.
 - 47) Schwartz SI, Dale A, Rahn H: *Deadspace rebreathing tube for prevention of atelectasis,* *JAMA* 163:1249, 1957.
 - 48) Stein Casara EL: *Preoperative pulmonary evaluation and therapy for surgery patients.* *JAMA* 211:797, 1970.
 - 49) Rovin MB: *Value of deep breaths in reversing postoperative hypoxemia.* *NY State J Med* 66:244, 1966.
 - 50) Virtue R.W, Myers D, Idrete JA: *Postanesthetic administration of doxapram hydrochloride and/or oxygen at an altitude of 1 mile.* *Anesth Analg (Cleve)* 51:1, 1972.
 - 51) Bay J, Nunn JF, Prys-Roberts C: *Factors influencing arterial PO₂ during recovery from anesthesia.* *Br J Anaesth* 40:398, 1968.