

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

臨床麻酔 (2007.03) 31巻3号:574～581.

【麻酔中の人工呼吸法と呼吸管理】 気腹手術の麻酔

鈴木昭広

気腹手術の麻酔

鈴木昭広*

旭川医科大学麻酔・蘇生学教室

<要旨>

気腹による腹腔鏡手術はこの20年間に劇的に増加し、手術方式としての地位を確立した。二酸化炭素による気腹は横隔膜運動の抵抗となり、気道内圧の上昇、酸素化の障害、二酸化炭素の増加などをきたす。ほかにも、時に気胸、皮下気腫、気管支挿管や空気塞栓といった重篤な合併症を生じることもある。気腹手術は今後も増加し続けることが予想される。麻酔科医として知っておくべき気腹の呼吸器系への影響を中心に解説する。

(臨床麻酔 2007; 31: 574-81)

キーワード：腹腔鏡手術、気腹、二酸化炭素

はじめに

胸腔と腹腔は横隔膜という1枚の筋肉により分けられた2つの部屋である。麻酔科医は手術中に患者の呼吸管理を担当し、一方の部屋に存在する患者の肺に酸素と麻酔ガスを投与する。横隔膜は肺の膨張と共にもう一方の部屋(=腹腔側)にシフトし、それを受け入れる。しかし、横隔膜が動いてゆくべき腹腔内に別の気体を注入し、横隔膜運動を妨げて麻酔科医の呼吸管理を邪魔する者がある。気腹手術を行う外科医である。

また、人間は生命維持のため換気が不可欠である。換気により酸素を取り込み、二酸化炭素(CO₂)を排出する。麻酔科医は手術中に適正な換気を行い、患者にとって不要な余剰CO₂を体外に出すように管理する。しかし、患者と麻酔科医が体外に捨てているCO₂を体の中に押し込んで恒常性を乱そうとする者がある。気腹手術を行う外科医である。

このように、気腹手術は麻酔科医の呼吸管理の

常識を覆す、悪くいえば「いやがらせ」に近い手術である。しかし、気腹というテクニックがいくら麻酔科医の管理に不都合でも、最終的に患者に与える恩恵が大であるという。その結果、気腹手術はこの20年間に爆発的な発展を続け、今やあたりまえの手術手技として科の垣根を越えて大きな潮流を形成している。われわれはもはや気腹を拒むことはできない。

しかし、ただ漫然と外科医の要望を受け入れるのではなく、非生理的な気腹がもたらす生理学を理解した上で麻酔管理を行うことが必要である。この稿では気腹手術時の呼吸管理について述べてみたい。

1. 気腹の目的

気腹の目的は腹腔内にガスを注入することで空間を作り出し、視野と術野を確保することである。さらに気腹手術では腹腔鏡下胆嚢摘出術(ラパコレ)における頭高位+左下半側臥位や、婦人科での碎石位+頭低位など特殊な体位をとることで視野を良好にする。

*Akihiro Suzuki

〒078-8510 旭川市緑が丘東二条1-1-1

旭川医科大学麻酔・蘇生学教室

2. 気腹に使われるガス

現在、臨床で用いられる気腹ガスは多くの場合 CO_2 である。 CO_2 は人間にとっては酸素を取り込んだ結果出る排泄物であり、うまく捨てられなければ CO_2 蓄積による呼吸性アシドーシス、交感神経の刺激による頻脈・高血圧が起こる。そこで不要な CO_2 を排出するためのさまざまなからくりがホメオスタシスにも組み込まれている。大気中の CO_2 濃度は無視できるほどの濃度であり、わざわざ CO_2 を体内に投与することは車の排気ガスを車内に取り込むのと似ている。それにもかかわらず、多くの場合気腹に CO_2 が選ばれる理由は、気腹の最大の合併症である空気塞栓時の安全性が空気に比べて5倍高いからである¹⁾。 CO_2 の血液への溶解度は高く、換気を調節することで排泄を促進できる。このように reversible な調節ができ、irreversible な事故に強い特徴から CO_2 が最も好ましい。 CO_2 気腹が不適切と考えられるケースは少ないが、脳圧亢進患者では注意する。気腹のみでも脳圧は上がるが、ガスが CO_2 の場合、ヘリウム気腹と比べてさらに有意な脳圧上昇が起こる²⁾。

3. 気腹の呼吸への影響

CO_2 気腹による呼吸系への影響で麻酔科医の管理に直結することは、①気道内圧の上昇、②動脈血酸素分圧の低下、③動脈血 CO_2 分圧の上昇である。

気腹を行うと横隔膜運動は制限され、頭側に押し上げられる。呼吸系のインピーダンスは増加し、気道内圧は上昇する。なお、特殊な手術体位がとられることの多い気腹手術であるが、30度の頭低位や頭高位はコンプライアンスや呼吸抵抗には影響しない³⁾。

横隔膜と一緒に気管分岐部も頭側に移動し、相対的にチューブが1~2cm深くなり気管支挿管

となる場合がある⁴⁾。気腹直後の酸素飽和度の低下ではまず片肺換気を除外する必要がある。

気腹による横隔膜挙上は機能的残気量の減少を招き、酸素化の予備能力は減る。それにより背側無気肺などの発生も懸念されるが、気腹そのものでは肺泡-動脈血酸素分圧較差 ($A-a\text{DO}_2$) は変化しない。

4. 肥満患者と気腹

肥満患者における気腹の呼吸器系への影響については Sprung ら^{3,5,6)} が一連の検討を行っている。肥満患者では健常者に比べ、気腹前に既に有意なコンプライアンスの低下と気道抵抗の上昇を認める。これらは気腹でさらに増悪する。また、肥満による腹腔内圧の上昇、 $A-a\text{DO}_2$ の増大は気腹してもそれ以上の悪化を認めない。

肥満患者における PaO_2 の低下は純粋に肥満そのものによって生じており、体重に反比例して低下する。 PaO_2 は気腹によってそれ以上の低下はなく、逆に頭高位による改善もみられない。さらに肥満患者の PaO_2 は1回換気量や呼吸回数を2倍に増加させても改善しない。唯一、50 cmH_2O までの高い気道内圧と引き続き PEEP (12 cmH_2O) で肺泡を開放すれば動脈血酸素化は一過性に改善するものの、循環抑制が強く、血管収縮薬の投与を要する頻度が増す。したがって、肥満患者の酸素化の悪化は FI_{O_2} の上昇以外に良い解決策がないと結論づけている。

一方、 CO_2 に関しては、肥満患者では CO_2 の吸収は多く、排泄のためにより多くの換気を必要とする⁷⁾。しかし、気腹中の換気の効率は健常者と比べて有意に悪い。健常者では100 ml の TV の増加で PaCO_2 は 5.3 mmHg 低下するが、肥満患者では 3.6 mmHg の低下にとどまり、適正換気の達成に難渋する。

以上の結果は少なくとも BMI > 40 以上という病的な肥満患者で得られたものである。肥満の診断基準自体が本邦と外国で異なり、そのまま当て

はめることはできないが、食生活の欧米化は確実に肥満患者の増加を生んでいる。米国では胃バイパス術など肥満患者の腹腔鏡手術の需要が増しており、将来的にこのような患者は増えてくる。

5. 投与された CO₂ の影響

気腹で投与された CO₂ は当然血液に入り、Paco₂ の上昇をきたす。ヘリウムや N₂O で気腹してもこの上昇はみられないため⁸⁾、気腹による胸壁コンプライアンスの変化やガス交換など換気の変化で生じているわけではなく、純粋に腹膜からの吸収の結果と考えられる。

体外から投与された CO₂ の影響を考えるためには Fick の式を理解するとよい⁹⁾。

$$\Phi_{CO_2} = D \frac{A}{d} (P_{PCO_2} - P_{BCO_2})$$

Φ_{CO₂} : 体内に取り込まれる CO₂ の流量
D : 腹膜-血液間の CO₂ 拡散係数
A : CO₂ にさらされる腹膜の面積
d : 腹膜表面と血管の距離
P_{PCO₂} : 腹膜の CO₂ 分圧
P_{BCO₂} : 血液の CO₂ 分圧

Fig. 1 Fick's law of diffusion for carbon dioxide during pneumoperitoneum.

この数式で D は定数であり、一定で変化しない。A は通常気腹圧を上げるほど接触面積が増えていく。しかし、その変化は最初だけで、圧の上昇と共に腹膜が進展きって接触面積が最大となれば頭打ちとなる。これは気腹圧を上げて直線的に Paco₂ が増加しない理由の 1 つと考えられている。さらに術操作が腹膜外に及ぶ場合や、皮下気腫、気胸などで腹膜以外に接触面積が加算される条件下では A の増加により取り込みは増える。d の距離は通常大きな変化がない。しかし、気腹圧が高まるにつれ、血管は虚脱してゆくので相対的な距離は増加し、CO₂ 吸収は減る。P_{PCO₂} - P_{BCO₂} は腹膜-血液間の CO₂ 分圧較差である。腹膜の分圧は 1 気圧下で 760 mmHg 近く、

一方、血液中では 40 mmHg 程度である。気腹により圧が 10 mmHg 程度増えたところでこのパラメータは大きく変化せず影響は無視できる。

6. 気腹がもたらす生理的变化

通常ラパコレでは気腹を開始してからの Paco₂ の上昇は 15~30 分以内にプラトーに達し¹⁰⁾、手術中持続的に上がり続けるわけではない。気腹中に適正換気を保つには一般には換気量を 20% 程度増やしてやればよい。換気回数を増して補うのが簡単であるが、気腹中は気道内圧が上がり、回数のみを増やしても有効な肺胞換気が増えず、二酸化炭素の排泄も進みにくい場合があることに注意する。

7. 気腹手術の合併症

気腹手術では特徴的な合併症が多く、有事の際には慌てることなく適切な対応を心がけたい。合併症の診断には気道内圧と聴診所見、そして呼気 CO₂、パルスオキシメータが重要である (Table 1)。

1 気管支挿管

前述した横隔膜移動により気腹直後に発症する。頭低位で助長される。

2 「持続する」高二酸化炭素血症

Paco₂ は気腹そのもので上昇し、通常は換気の増加で対応可能である。気腹開始時に換気を増やしておけば、通常 30 分以内にある程度のコントロールがつく。換気を増やしているのに持続し、改善しない高二酸化炭素を認めた場合には何らかの異常があると考えべきである。Fick の式で述べたように、CO₂ と接触する面積 (A) が増えた場合には吸収量が増える。考えるべき病態は主に以下の 3 つであるが、当然その他の原因 (ソーグライムの疲弊、悪性高熱など) は除外することが必要である。

Table ① Common Ventilatory Complication during Laparoscopic Surgery

	気管支挿管	空気塞栓	気胸 [†]	皮下気腫*
SpO ₂	↓	↓	↓	不変
PETCO ₂	不変	↓	↓または↑	↑↑
聴診	左右差	水車用雑音	左右差	不変
バッグ換気	抵抗増	不変	抵抗増	不変
気道内圧	↑	不変	↑	不変
その他	気腹開始, 体位変換が契機	BP ↓, 不整脈	BP ↓も	皮膚の握雪音

†: 緊張性気胸の場合循環変化が起こり得る. CO₂ ガス貯留による気胸では胸腔からのCO₂ 吸収により PETCO₂ は増加する.

*: 皮下気腫は気胸と合併した場合気胸の特徴も併せ持つ.

(1) 腹膜外操作

まず, 手術が腹膜外に及んでいないかどうかを術野モニターで観察する. 婦人科手術のリンパ郭清などで腹膜外を操作している場合に起こり得る.

(2) 皮下気腫

前胸部や頸部の握雪音が認められれば確定する. 皮下気腫があれば術者に報告し, 可能なら気腹圧を下げる. それが多い場合には頸部への進展状況を常に監視する. 頸部に進展した皮下気腫は時に咽頭気腫を招き, 抜管後に気道閉塞をきたす可能性があるため, 抜管前には必ず喉頭展開を行って気腫が咽頭に及んでいないか観察する. 症状によっては気腫が吸収・改善するまで挿管のまま管理すべきである. 一方, 皮下気腫は次に述べる気胸の前駆症状, あるいは併存症として発現することもある. いずれにせよ必要と考えれば頸部~胸部にかけてXP撮影を行って判断する.

(3) 気胸

気胸は術操作で横隔膜を傷つけた場合, 先天的に腹腔-胸腔間に交通がある場合, 横隔膜の欠損, 大静脈の通過する部位の周囲からのガスの胸腔内進入などで生じる. CO₂ による気胸の場合は高CO₂血症が持続する. 気道内圧の上昇などで肺胞が破綻した結果生じる気胸も可能性としてはあり得る. その場合, 胸腔内ガスは吸入ガスと同じ

組成となりCO₂の上昇はきたしにくい. 症状と程度に応じ, 緊急の穿刺ドレナージやチューブ留置を考える.

③ CO₂ ガス塞栓

気腹手術で常に念頭におくべき合併症である. いかにもCO₂ガスの安全性が高いとはいえ吸収量が多いと致死的となる. 一度に大量に入り込んだガスは容易に大血管をブロックし, 静脈還流の減少による心拍出量の低下を招く. ラパコレにおけるガス塞栓の好発時期は, 気腹開始直後と胆嚢を肝床から剝離するときであるとされる¹¹⁾. また, 腹部手術の既往がある場合には気腹開始直後のガス塞栓リスクが高いという¹²⁾. その他, 術操作で血管を損傷した場合にも腹腔内圧 (= 気腹圧) が静脈圧より高ければ, 出血ではなく空気の流入が生じ得る.

ガス塞栓では死腔の増大, 心拍出量減少によりPETCO₂が減少し, 酸素化が障害され, 循環抑制も生じる. ガス塞栓を疑った場合も, 基本に戻って胸部の聴診を行うことが大事で, 独特の水車用雑音が聴取できる.

発症を疑ったらただちに術者に報告し, 気腹を中止する. 100%酸素投与し, 対症療法を行いながら左側臥位とし, 残存空気の把握と中心静脈カテーテルによる吸引が必要である. 手術継続の

判断は現在の症状のみならず、残存空気の把握、卵円口開存を介した右左シャントによる合併症（冠動脈塞栓、脳塞栓）も念頭におき慎重に行う。なお、酸素化の障害はしばらく続く場合がある。

8. 麻酔管理の実際

現在、筋弛緩薬を使用し気管挿管での管理が一般的と考えられるので以下に述べる。

1 腸管の膨張を防ぐ努力を怠らない

気腹手術では麻酔導入時のマスク換気が重要である。高い気道内圧は避けて胃内にガスを入れられないような換気を心がける。もしガスが入った場合は早めに吸引し、ガスが小腸レベルに進むことを避ける。

なお、亜酸化窒素による腸管膨張が懸念されるが、ラパコレでは外科医は亜酸化窒素を使ってもそれを見破ることはできないというデータがある¹³⁾。しかし、婦人科その他の手術では亜酸化窒素を使用してよいという根拠もないので使用は控え、フェンタニルなどで鎮痛効果を代用する。昨今は小児の気腹手術も行われる。小児では腸管の血流が成人より発達していることもあり、亜酸化窒素の影響を受けやすいと考えられるため使用は控えるべきである。

2 術操作をよくみる

すべての手術にいえるが、とくに気腹手術はモニターで手術を術者と同じ視点で共有できる利点があり、活用したい。気腹開始時には鉗子挿入用のポートを挿入するが、それまでに胃管を介して胃内容と胃内の空気を吸引する。これにより視野を改善し、気腹開始後はモニター画面と気腹装置の気腹圧の観察を怠らないようにする。また、気腹中は $Paco_2$ を適正に保つ換気設定とする。

3 筋弛緩を十分に

気腹手術では腹壁を介したポートからの鉗子操

作が行われる。予期しない体動は鉗子による臓器損傷の危険があり適切な筋弛緩の維持が必要である。不十分な筋弛緩は腹壁の緊張により術操作に支障をきたすのみならず、コンプライアンスの低下による胸壁側の抵抗の増加を招き、呼吸管理上も好ましくない。

4 抜管前の注意

手術終了時には外科医に可及的に腹腔内の CO_2 を吸引してもらう。理由の1つは残存 CO_2 による術後疼痛の増加で、patient-controlled analgesia (PCA) を利用する頻度が増える¹⁴⁾。もう1つの理由は腹腔内の残存 CO_2 は術後も腹膜から吸収され続け、高 CO_2 血症による呼吸仕事の増加が生じることである。とくに慢性閉塞性呼吸疾患 (COPD) などの患者では問題となる。自発呼吸が十分だからといって呼気 CO_2 が高いまま抜管することのないよう注意したい。

9. 麻酔管理上の疑問

1 従量式呼吸か従圧式呼吸か？

近年は従量式のみならず従圧式換気を備えた麻酔器も利用可能となった。同じ換気量を得るために低い最高気道内圧で済む従圧式は一見、呼吸管理上好ましいが、その反面、気腹・筋弛緩状態・術操作により絶えず換気量が変化する欠点も有する。これは気腹中の適正な $Paco_2$ の管理には不向きであり、合併症のモニタリングとしての $PETCO_2$ が従量式に比べて頼りにならなくなる結果を生む。常に変動し続ける呼吸状態の変化に、より多くの観察時間を割く必要が生じる従圧式換気は気腹手術には不適であると筆者は考えている。

2 気道確保法の選択は？

気管挿管 (TT) 以外に現在各種の気道確保法があり、中でもラリンジアルマスク (LMA) の使用は気腹手術で長年議論となっている。胃内容の逆流の危険は LMA で問題とされやすいが、気

腹でリスクは増えないとされる¹⁵⁾。ただし、大規模な比較試験は行われておらず、誤嚥の頻度自体がLMA, TTとも同程度に稀なため結論は出にくい。誤嚥の危険に関しては個々の麻酔科医が判断するしかない。また、挿管、LMAいずれで陽圧換気した場合も胃の膨張度は外科医の判断では有意な差がなく、むしろ挿管の症例で膨張による胃内容除去を依頼されたという報告もある。近年はシール圧が高く、胃管挿入が容易なProSeal LMA (PLMA) が利用可能である。従来型のclassic LMA (CLMA) と比べた場合、CLMAはPETCO₂を適正に保つだけの十分な換気が維持できないことがあり、使うならPLMAが好ましい¹⁶⁾。

Maltbyら¹⁷⁾がPLMAをTTと比較した場合、SpO₂, PETCO₂, 胃の膨張はTTと差がなく、PLMAのリーク圧は平均34 cmH₂Oであった。肥満のない患者であればいずれの気道確保法でも問題ないとしているが、肥満患者でPLMAは術中の突然のエアリークや気道内圧の上昇による除外症例を含むため、安全性に疑問が残るといえる。

現段階では、肥満のない患者の気腹手術にPLMAを使うことは可能と考えられる。婦人科手術では、PLMAで管理すれば筋弛緩が不要で、気道確保時の血圧変動が少なく、咽頭痛も少なく、回復から抜管までの時間が3分短くなる(8分 vs 5分)とする報告がある¹⁸⁾。

3 筋弛緩薬を使うかどうか

術操作の妨げにならないのであれば筋弛緩を使わないでPLMAで管理することも可能ではあるが、外科医の十分な理解が必要である。文献を読むと筋弛緩を使用してPLMAやCLMAで管理するものも見受けられるが、気腹時の使用に関するエビデンスは未だ十分とはいえない。「喘息患者など気道刺激を避けたい」、「挿管・抜管時の咳嗽や循環変動を避けたい」、「筋弛緩の拮抗薬を使いたくない」、「声を使う仕事など患者の希望で声門への刺激を最小限にしたい」、「突然の挿管困難

でやむを得ず代替策としてPLMAを用いる」など何か特別な理由がないのであれば十分な筋弛緩を行い、気管挿管で管理するほうがより安全で、合併症発生時の対応も速やかにできるように思える。

4 硬膜外を使うかどうか

ラパコレは今や胆嚢摘出術の標準的の手技で、日帰りで行う施設もある。そもそも傷も小さく少ない創痛であるため、苦勞して硬膜外カテーテルを留置して1日程度ですぐ抜去されるという状況なら、神経損傷のリスクを冒してまで入れる必要はない。呼吸機能に関してはラパコレで硬膜外を行ってもとくに改善はなく、血中のコルチゾールの上昇も抑えない¹⁹⁾。

5 吊り上げ式手術での注意点は?

これまで述べてきた気腹とは異なり、腹壁に鋼線を刺して引き上げることで術野を確保する「吊り上げ式」は、本邦で主に婦人科領域で用いられることがある。吊り上げの場合、腹腔内圧は低く維持でき、肺コンプライアンスは高く、呼吸抵抗(気道内圧)は低いまま維持できる^{20,21)}。CO₂の上昇に備えて換気を増す必要もなく、同じ腹腔鏡手術とはいえ通常の麻酔管理と同じでよい。ただし、気腹に比べて視野が悪くなりがちなため、麻酔導入時のマスク換気で胃に空気が入らないように細心の注意を払うべきである。

以上、気腹手術中の呼吸管理について概説した。気腹手術は今後も増加の一途をたどると予想され、気道の管理者たる麻酔科医は呼吸管理の問題点についてよく知っておく必要がある。

文 献

- 1) Graff TD, Arbogast NR, Phillips OC, et al: Gas embolism: a comparative study of air and carbon dioxide as embolic agents in the systemic venous system. *Am J Obst Gynec* 1959; 78: 259-65
- 2) Schob OM, Allen DC, Benzel E, et al: A comparison of the pathophysiologic effects of carbon dioxide, nitrous oxide, and helium pneu-

- moperitoneum on intracranial pressure. *Am J Surg* 1996 ; 172 : 248-53
- 3) Sprung J, Whalley DG, Falcone T, et al : The impact of morbid obesity, pneumoperitoneum, and posture on respiratory system mechanics and oxygenation during laparoscopy. *Anesth Analg* 2002 ; 94 : 1345-50
 - 4) Inada T, Uesugi F, Kawachi S, et al : Changes in tracheal tube position during laparoscopic cholecystectomy. *Anaesthesia* 1996 ; 51 : 823-6
 - 5) Sprung J, Whalley DG, Falcone T, et al : The effects of tidal volume and respiratory rate on oxygenation and respiratory mechanics during laparoscopy in morbidly obese patients. *Anesth Analg* 2003 ; 97 : 268-74
 - 6) Whalen FX, Gajic O, Thompson GB, et al : The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery. *Anesth Analg* 2006 ; 102 : 298-305
 - 7) Nguyen NT, Wolfe BM : The physiologic effects of pneumoperitoneum in the morbidly obese. *Ann Surg* 2005 ; 241 : 219-26
 - 8) Rademaker BM, Odoom JA, de Wit LT, et al : Haemodynamic effects of pneumoperitoneum for laparoscopic surgery : a comparison of CO₂ with N₂O insufflation. *Eur J Anaesthesiol* 1994 ; 11 : 301-6
 - 9) Lister DR, Rudston-Brown B, Warriner CB, et al : Carbon dioxide absorption is not linearly related to intraperitoneal carbon dioxide insufflation pressure in pigs. *Anesthesiology* 1994 ; 80 : 129-36
 - 10) Baraka A, Jabbour S, Hammoud R, et al : End-tidal carbon dioxide tension during laparoscopic cholecystectomy. Correlation with the baseline value prior to carbon dioxide insufflation. *Anaesthesia* 1994 ; 49 : 304-6
 - 11) Derouin M, Couture P, Boudreault D, et al : Detection of gas embolism by transesophageal echocardiography during laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1996 ; 82 : 119-24
 - 12) Cottin V, Delafosse B, Viale JP : Gas embolism during laparoscopy : a report of seven cases in patients with previous abdominal surgical history. *Surg Endosc* 1996 ; 10 : 166-9
 - 13) Taylor E, Feinstein R, White PF, et al : Anesthesia for laparoscopic cholecystectomy. Is nitrous oxide contraindicated? *Anesthesiology* 1992 ; 76 : 541-3
 - 14) Fredman B, Jedeikin R, Olsfanger D, et al : Residual pneumoperitoneum : a cause of postoperative pain after laparoscopic cholecystectomy. *Anesth Analg* 1994 ; 79 : 152-4
 - 15) Halevy A, Kais H, Efrati Y, et al : Continuous esophageal pH monitoring during laparoscopic cholecystectomy. *Surg Endosc* 1994 ; 8 : 1294-6
 - 16) Lu PP, Brimacombe J, Yang C, et al : ProSeal versus the Classic laryngeal mask airway for positive pressure ventilation during laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth* 2002 ; 88 : 824-7
 - 17) Maltby JR, Beriault MT, Watson NC, et al : The LMA-ProSeal is an effective alternative to tracheal intubation for laparoscopic cholecystectomy. *Can J Anaesth* 2002 ; 49 : 857-62
 - 18) Miller DM, Camporota L : Advantages of ProSeal and SLIPA airways over tracheal tubes for gynecological laparoscopies. *Can J Anesth* 2006 ; 53 : 188-93
 - 19) Rademaker BM, Ringers J, Odoom JA, et al : Pulmonary function and stress response after laparoscopic cholecystectomy : comparison with subcostal incision and influence of thoracic epidural analgesia. *Anesth Analg* 1992 ; 75 : 381-5
 - 20) Lindgren L, Koivusalo AM, Kellokumpu I : Conventional pneumoperitoneum compared with abdominal wall lift for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Anaesth* 1995 ; 75 : 567-72
 - 21) Carry PY, Gallet D, Francois Y, et al : Respiratory mechanics during laparoscopic cholecystectomy : The effects of the abdominal wall lift. *Anesth Analg* 1998 ; 87 : 1393-7

< Feature Article >

Ventilatory Methods and Respiratory Managements during
Subspecialty Anesthesia

Anesthetic Management of Laparoscopic Surgery Using
Pneumoperitoneum

Akihiro Suzuki

*Department of Anesthesiology and Critical Care Medicine,
Asahikawa Medical College*

The number of laparoscopic surgery performed in the world has increased dramatically over the past two decades. Laparoscopic surgery usually requires abdominal insufflation with CO₂ (pneumoperitoneum). Pneumoperitoneum can cause many physiologic effects on respiratory system such as decrease in respiratory system compliance, increase in respiratory resistance. Respiratory managements which anesthesiologists should understand during laparoscopic surgery are discussed here.

(J Clin Anesth (Jpn) 2007 ; 31 : 574-81)

Key words : Laparoscopic surgery, Pneumoperitoneum,
Carbon dioxide

*

*

*