

腹腔鏡下手術における二酸化炭素排出量の連続測定

唐澤正弥*, 早瀬貴臣*, 佐々木 健*
菊田好則*, 岡田和夫*

要 旨

この装置は呼気CO₂濃度と呼気流速の連続的計測から測定, 記録できるユニークなモニターである。腹腔鏡下胆嚢摘出手術では腹腔内CO₂注入により腹腔内圧が12~16 mmHgに陽圧負荷され, これの血中移行, 血中吸収が起きる。体内で産生されたCO₂の他に腹腔から血中に吸収されたCO₂がさらに加わる結果となる。この後者がどれ位の量かを定量的に本装置で計測して, 体内でみかけ上増加したCO₂産生量に対し, 換気量を調節して呼気終末CO₂濃度を一定にする基礎データとして, 呼気CO₂排泄量を腹腔鏡下手術で測定した。その結果, 対照群とした開腹胆嚢摘出手術との比較により, 気腹状況が続く期間, 血中への吸収が続くことがわかった。臨床においてCO₂ homeostasisは, CO₂移行, 吸収差の予測とPaCO₂上昇の防止のために換気動態を調節する配慮が重要である。

はじめに

手術侵襲を軽減するために開腹手術を腹腔鏡手術で行うことが実施され, 術後の在院日数の短縮も含めて医療費の削減のためにも有効とされており, この術式の手術症例が増加している。ただ開腹術に比べて遜色のない安全性が確保されているかに関しては, 血行動態(血圧, 心拍数, 心拍出量)が主に検討されている。しかし腹腔に二酸化炭素の吹き込み, 腹腔内圧上昇, 体位変換などで静脈還流阻害, また横隔膜圧迫による肺循環, 肺ガス交換の阻害なども問題になってくる¹⁾。

手術中に終末呼気CO₂濃度が上昇し, 一回換気量か呼吸回数を増加して呼気CO₂を一定に保とうとする経験をすることが多い。そこで今回, 呼気CO₂モニターと呼気流速のパラメータを同時測定し, 一回呼気CO₂が刻々と測定できる新しい装置(VenTrak[®] Novamatrix社)を使用することにより腹腔鏡手術でのCO₂排泄動態を測定して, 腹腔に吹き込まれたCO₂の血中に移行する動態を検討した。

対象と方法

ASA I~IIの20人のうち, 開腹胆嚢摘出術患者10名(34歳~71歳), 腹腔鏡下胆嚢摘出術患者10名(29歳~93歳)の2群に分け, 呼気CO₂排泄量(VenTrak[®] 使用), 呼気終末CO₂濃度, 血圧, 脈拍数を測定した。両群の年齢, 身長, 体重に差は無かった。胸椎第8~10の間で硬膜外カテーテルを挿入し, チオペンタール, ベクロニウムで導入後気管内挿管し, 維持は笑気, 酸素, セボフルランとし, 硬膜外麻酔(1%メピバカイン)を適時投与した。そして術中は全て調節呼吸下で管理し, 気管内チューブとY字管の間に呼気CO₂測定プローブおよび流量センサーを装着して呼気CO₂濃度を30 mmHg±5 mmHgの範囲になるよう調節した。換気量は適時このCO₂レベルを一定に維持しながら増減した。気腹圧は12~16 mmHgの範囲で, 術中体位は仰臥位から頭部挙上位とした。

今回呼気CO₂排泄量測定に使用したVenTrak[®]は, 内蔵するコンピュータで呼気流量と呼出CO₂濃度を掛け合わせて, 呼吸毎のCO₂排出量を求めることができる装置である(写真1)。図1にこの原理のシェーマを示す(図1)。吸気ガスの組成に干渉されずCO₂濃度が測定でき, CO₂排

*帝京大学医学部麻酔科学講座

泄量, 呼気終末 CO₂濃度, 分時換気量, 一回換気量, 肺メカニック諸量 (肺コンプライアンス, 死腔量, VD/VT) などがオシロスコープに画面表示され, コンピュータでデジタル化される。

結 果

代表的な症例の経過をオシロスコープ上にディスプレイしたものを示す。図2は開腹術の一例である (58歳男性)。横軸は時間軸で麻酔開始から終了までの経過である。最下段の◇印 (赤線) の呼気終末 CO₂濃度は術中殆ど不変である。中段の○印 (紫線) は肺コンプライアンス値で, 僅かに低下傾向を示しているが殆ど不変であった。最上段の□印 (黄線) は分時呼気 CO₂排泄量 (V̇CO₂) を示すが, 測定の僅かの差により低下する時点があるが, トレンドとして見ると殆ど不変である。図3は腹腔鏡下胆嚢摘出術である (59歳男性)。気腹実施期間は中央の青色のマークで示してある。気腹前, 気腹中, 気腹後で◇印の呼気終末 CO₂濃度は殆ど変化は見られなかった。○印の肺コンプライアンスは, 気腹開始約10分後に急激に半分に低下して気腹期間中これが持続した。気腹による腹腔内圧の上昇, 横隔膜挙上の影響で肺メカニッスの異常 (コンプライアンスの低下) が持続するのが認められ, 腹腔内圧解除後約5分で, コンプライアンスは前値に回復している。□印のV̇CO₂は, 吹き込み直前の130 mlから送気中は急増して, 約45分の送気終了時には200 mlまで上昇し, およそ終了15分後までこの高値の排泄が続き, 急に正常レベルに戻っている。肺コンプライアンスの回復が約75分先行してV̇CO₂が正常

に戻っている。図4は腹腔鏡下胆嚢摘出術から, 途中で開腹術に移行した症例である。呼気終末 CO₂濃度は換気量を調節しており, 一定レベルを保持しているが, 気腹により○印の肺コンプライアンスは手術開始により低下したのがさらに一段と低下した。気腹の解除と共に直ちに気腹前値まで回復している。V̇CO₂は気腹により120 mlから230 mlまで急激に上昇し, その後180~190 mlの排泄量が気腹終了20分後まで続き, 開腹となつてからは全経過約140~150 mlで推移した。

表1に術中の平均血圧, 心拍数の変動を示す。呼気 CO₂濃度を換気量で調節して一定にしているので, 動脈血 CO₂変化によるカテコラミン変動の影響は除外できたと考えられる。腹腔内圧上昇による静脈還流の阻害などの機械的因子の影響で, 気腹10分後に血圧下降がみられたが, 時間の経過につれて回復する適応反応がみられた。

心拍数は両者で全経過中大きな差はみられなかった。

表2は VenTrak の記録から開腹術群でのV̇CO₂の10分毎の実測値を示したものである。全経過を通じて各症例で大きな変動はみられなかった。

表3は同じく VenTrak の記録で腹腔鏡下群の成績である。1例 (86歳) のみ気腹によってもV̇CO₂が不変であったが, 残りの9例は気腹直後に上昇を認めた。そのうち1例は5分後には気腹前より低値になり, その後その値が持続していた。残りの8例は全て気腹中増加していたが, 一旦下降するが再度上昇するもの, またその逆の動きをする二相性を示す症例, 漸減, 漸増を示す症例が混在していた。いずれにしるV̇CO₂は気腹で10例

表 1

| | 平均血圧 (mmHg) | | 心 拍 数 (beats/min) | |
|-----------|-------------|-----------|-------------------|-----------|
| | 開 腹 群 | 腹腔鏡下群 | 開 腹 群 | 腹腔鏡下群 |
| 入 室 時 | 91.6±5.8 | 75.8±31.8 | 70.1±11.1 | 67.8±8.3 |
| 挿 管 時 | 95.5±22.8 | 85.7±16.3 | 71.5±7.5 | 68.0±7.1 |
| 手 術 開 始 時 | 84.6±15.4 | 67.3±6.1 | 58.7±5.6 | 61.3±4.6 |
| 気 腹 前 | 89.0±21.5※ | 57.0±4.3 | 62.3±1.8 | 54.1±2.9 |
| 気 腹 5 分 | 72.8±7.6* | 82.2±12.8 | 60.3±6.6* | 65.3±14.8 |
| 気 腹 10 分 | 70.8±6.0* | 73.9±12.9 | 63.1±7.2* | 62.9±13.5 |
| 気 腹 30 分 | 74.4±4.8* | 79.7±10.1 | 61.1±7.2* | 59.6±7.7 |
| 手 術 終 了 時 | 81.3±5.0 | 81.7±2.9 | 68.5±8.6 | 67.4±10.5 |

平均値±標準偏差 ※ P<0.05 *開腹中の値

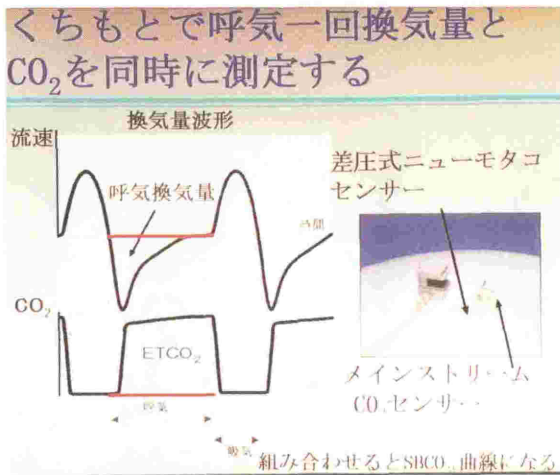


図1-A

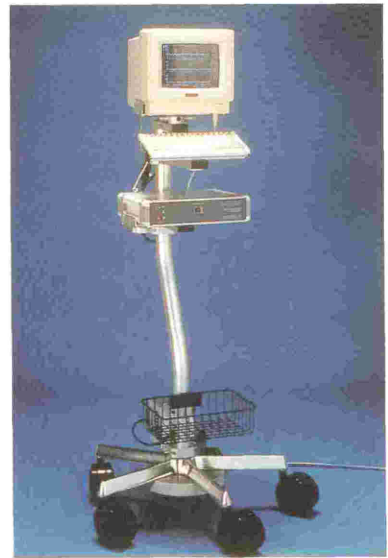


写真1

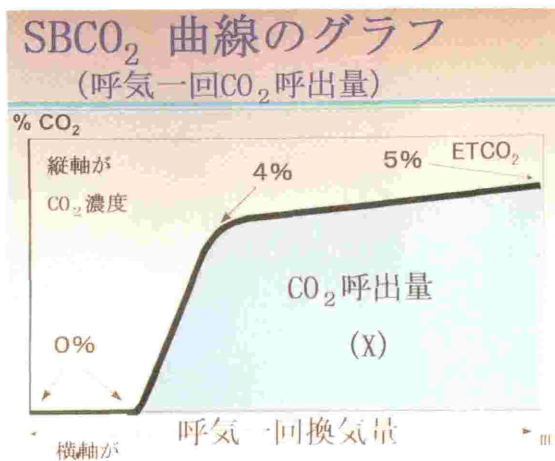


図1-B

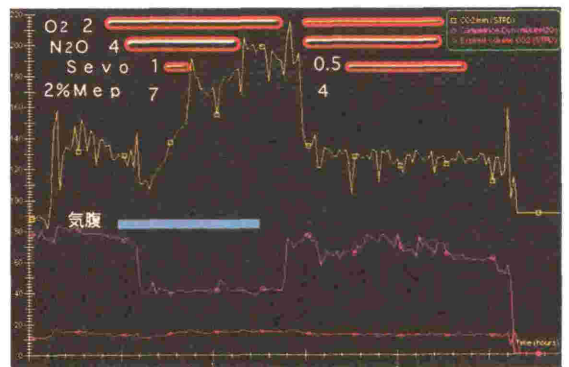


図3

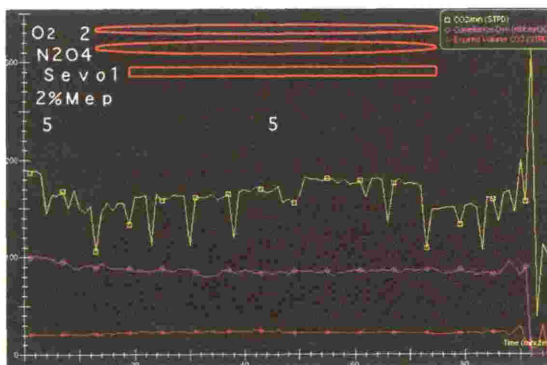


図2

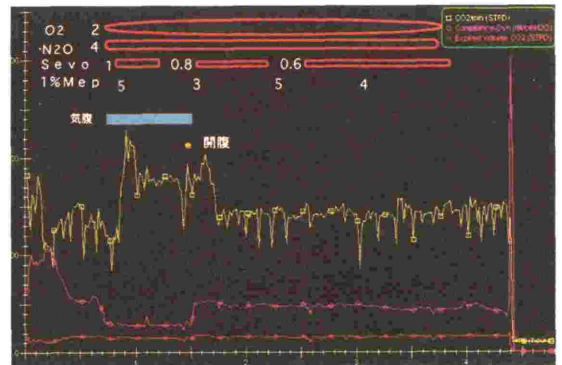


図4

表 2

| | | 開腹群 二酸化炭素ガス排泄量 (mℓ) | | | | | | | |
|-------|--|---------------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | | ope 開始 | 10分後 | 20分後 | 30分後 | 40分後 | 50分後 | 60分後 | ope 終了 |
| 69歳 男 | | 140 | 120 | 118 | 120 | 132 | 130 | 126 | 140 |
| 58歳 男 | | 137 | 135 | 145 | 147 | 141 | 133 | 128 | 149 |
| 58歳 女 | | 134 | 138 | 140 | 135 | 138 | 129 | 130 | 139 |
| 47歳 男 | | 128 | 120 | 119 | 124 | 136 | 127 | 134 | 141 |
| 71歳 男 | | 129 | 139 | 138 | 130 | 128 | 130 | 134 | 135 |
| 65歳 男 | | 157 | 144 | 168 | 170 | 160 | 148 | 138 | 164 |
| 60歳 女 | | 151 | 139 | 1358 | 140 | 136 | 137 | 141 | 144 |
| 52歳 男 | | 148 | 144 | 135 | 152 | 142 | 151 | 144 | 138 |
| 53歳 女 | | 149 | 150 | 141 | 145 | 152 | 159 | 150 | 170 |
| 34歳 女 | | 169 | 168 | 167 | 168 | 168 | 167 | 180 | 199 |

表 3

| | | 腹腔鏡下群 二酸化炭素排泄量 (mℓ) | | | | | | | |
|-------|--|---------------------|-----|------|-----|------|---------|------|--------|
| | | ope 開始 | 気腹前 | 気腹直後 | 5分後 | 10分後 | 20~30分後 | 気腹終了 | ope 終了 |
| 86歳 女 | | 135 | 113 | 117 | 105 | 112 | 107 | 110 | 134 |
| 65歳 女 | | 131 | 122 | 144 | 111 | 118 | 112 | 122 | 141 |
| 64歳 男 | | 130 | 113 | 171 | 168 | 157 | 136 | 174 | 136 |
| 29歳 男 | | 139 | 139 | 150 | 162 | 165 | 159 | 146 | 141 |
| 93歳 女 | | 124 | 111 | 151 | 127 | 133 | 160 | 149 | 120 |
| 48歳 女 | | 150 | 148 | 212 | 187 | 166 | 160 | 162 | 154 |
| 46歳 男 | | 140 | 134 | 149 | 142 | 152 | 169 | 170 | 125 |
| 75歳 男 | | 19 | 130 | 218 | 168 | 171 | 176 | 174 | 150 |
| 75歳 男 | | 136 | 127 | 144 | 154 | 144 | 205 | 199 | 119 |
| 59歳 男 | | 137 | 143 | 202 | 155 | 161 | 301 | 256 | 250 |

中 2 例のみが不変であったことになる。

$\dot{V}CO_2$ の腹腔鏡開始前を100%とし、それ以後の変動を $\dot{V}CO_2$ 変化率として示したものが表 4-a である。開腹群に比べて腹腔鏡下群で、気腹直後、10分後、終了時で有意に変動が大きかった(表 4-b)。

考 案

VenTrak の臨床応用として術中の呼吸、循環のモニターとなることをすでに著者らは発表している²⁾。呼気 CO₂排泄量を刻々と計測することにより体内での CO₂産生の変動(例:悪性高熱症)、末梢からの CO₂運搬の良否(心拍出量の増減)、呼吸の良否(低換気、過換気)、などが予測できる。例えば呼吸条件が一定の時に、動脈血 CO₂分圧低下が起こると心拍出量の低下が示唆されるという出血性ショックや心停止の経験から、心拍

出量測定 of 器種として NICO (NON-INVASIVE CARDIAC OUTPUT Novametric 社) が開発された³⁾。この装置は間接式 Fick 法で CO₂を指標にして、心拍出量を非侵襲的に測定する方法である。

腹腔内 CO₂吹込み方式の腹腔鏡下手術では、生体で産生される CO₂量に体外から人工的に CO₂が加わる状態が大きな問題となる。

この体腔から血中に吸収される CO₂量が如何ほどかに関しては、これまでに多くの発表があり⁴⁻⁹⁾、CO₂吸収による心血管系の変動の研究が多い⁶⁻⁹⁾。これらの CO₂排泄量測定法には分時呼気量、平均呼気 CO₂濃度の採取から質量分析計の使用までみられるが、今回のような breath by breath の正確な方法は用いられていない。動脈血 CO₂分圧上昇によるカテコラミン上昇、腹腔内圧上昇による静脈還流の阻害など循環動態が変化しての CO₂排泄量の増減もあるが、CO₂の代りに空

表4-a 二酸化炭素排出量の変化率(%)

| | 開 | | | 腹 | | | 群 | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 69歳 男 | 58歳 男 | 58歳 女 | 47歳 男 | 71歳 男 | 65歳 男 | 60歳 女 | 52歳 男 | 53歳 女 | 34歳 女 |
| ope 開始 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 10分後 | 86 | 99 | 103 | 94 | 108 | 92 | 92 | 97 | 101 | 99 |
| 20分後 | 84 | 106 | 104 | 93 | 107 | 107 | 89 | 91 | 95 | 99 |
| 30分後 | 86 | 107 | 101 | 97 | 101 | 108 | 93 | 103 | 97 | 99 |
| 40分後 | 94 | 103 | 103 | 106 | 99 | 102 | 90 | 96 | 102 | 99 |
| 50分後 | 93 | 97 | 96 | 99 | 101 | 94 | 91 | 102 | 107 | 99 |
| 60分後 | 90 | 93 | 97 | 105 | 104 | 88 | 93 | 97 | 101 | 106 |
| ope 終了 | 100 | 109 | 104 | 110 | 105 | 104 | 95 | 93 | 114 | 118 |

| | 腹 | | 腔 | | 鏡 | | 下 | | | 群 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 86歳 女 | 65歳 女 | 64歳 男 | 29歳 男 | 93歳 女 | 48歳 女 | 46歳 男 | 75歳 男 | 75歳 男 | |
| ope 開始 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 気腹前 | 84 | 93 | 87 | 100 | 90 | 97 | 96 | 93 | 87 | 104 |
| 気腹直後 | 87 | 110 | 132 | 108 | 122 | 141 | 106 | 106 | 146 | 147 |
| 5分後 | 78 | 85 | 129 | 115 | 102 | 125 | 101 | 113 | 113 | 113 |
| 10分後 | 83 | 90 | 121 | 119 | 107 | 111 | 109 | 106 | 115 | 118 |
| 20~30分後 | 79 | 85 | 105 | 114 | 129 | 107 | 121 | 151 | 118 | 220 |
| 気腹終了 | 81 | 93 | 134 | 105 | 120 | 108 | 121 | 146 | 117 | 187 |
| ope 終了 | 99 | 108 | 105 | 101 | 97 | 103 | 89 | 88 | 101 | 182 |

表4-b

| | 開 腹 群 | 腹 腔 鏡 下 群 |
|------------|-----------|--------------------|
| ope 開始10分後 | 97.1±2.0 | 気腹前 93.1±2.0 |
| ope 開始20分後 | 97.5±8.3 | 気腹直後 120.5±20.3 |
| ope 開始30分後 | 99.2±6.5 | 5分後 107.4±16.2 |
| ope 開始40分後 | 99.4±4.9 | 10分後 107.9±12.5 |
| ope 開始50分後 | 97.9±4.7 | 20~30分後 122.9±40.0 |
| ope 開始60分後 | 97.4±6.4 | 気腹終了 121.2±30.0 |
| ope 終了 | 105.2±7.9 | ope 終了 107.3±27.0 |

平均値±標準偏差 ※P<0.05

気を吹込む方式では、CO₂排泄量は変わらないとする成績^{10,11)}などからして、腹腔から血中に吸収されるCO₂が人工的な余分なCO₂排泄量として表れると考えてよい。日常臨床で使用できるVenTrak[®]は呼気CO₂濃度をもとにV̇CO₂が連続的に測定できる。従来の研究では換気量は変えずにPaCO₂上昇度、V̇CO₂の増加度を検討した論文が多いが、Ho¹²⁾は腹腔内CO₂吹込みでブタでは200 ml/kg/h、人間では体重50 kgで10 l/hが吸収されるので、これを体内から排泄するには分時換気量、心拍出量が75%増加する必要があるとした。このCO₂上昇は循環動態を変えるが、CO₂自身の影響だけでなくこれによる血中カテコラミン増加

が心拍数、血圧上昇を招き心拍出量の増加を惹起することもある。VenTrak[®]は換気量と呼気CO₂濃度を独立した変数として調整できるので、PaCO₂を調整しても換気量を変化させてもV̇CO₂測定には影響を及ぼさないで、最も臨床に適した状態で麻酔管理ができる。本研究は呼気終末CO₂を一定にするよう適時換気量を増加してPaCO₂上昇による交感神経刺激作用は除いている。この時腹腔から吸収された外因性CO₂が、どの程度排泄されたかを刻々と検討できた。ただ換気量がやや増加して胸腔内圧上昇が静脈還流を障害し、そこに腹腔ガス吹込みの状態が重なったことで、循環変動が生じているかもしれない^{13,14)}。また今回は頭部挙上位であったが、頭部下垂位では循環抑制が生じることが言われている。Tomは骨盤の内視鏡手術でV̇CO₂の上昇が30%になり、分時換気量上昇が必須とし、鼠径ヘルニアの方が胆嚢摘出より血中CO₂移行が多いとし、部位により移行度に差があるとした^{15,16)}。表3でみるように腹腔鏡下群で血圧は気腹5分、10分、30分で有意の上昇を認められず、心拍数もこの間で変動はみられなかった。開腹群では硬膜外麻酔使用により麻酔濃度は充分で、安定した循環動態であっ

た。Ciofolo は硬膜外麻酔での $\dot{V}CO_2$ 排泄量は不変としているが、今回の CO_2 排泄の増加とは異っている¹⁷⁾。炭酸ガス排泄量は気腹前に比べ最高51%の増加を示し、気腹直後から徐々に上昇してくるが、代謝による CO_2 産生量が等しいならば血中に吸収された部分が増加の原因になると考えられる。体内に吸収された CO_2 は混合静脈血 CO_2 の上昇に応じて、血中から筋肉や骨に吸収されてくる。従って腹腔から吸収された CO_2 が、体内に蓄積されない換気条件の設定が必要になる。Ho¹⁸⁾ が述べているように術後まで体内に蓄積された CO_2 の排泄により、hypercapnia が続く危険がある。従って換気量を、呼気終末 CO_2 が一定になるよう増加させることが大切である。

謝¹⁾ は CO_2 排泄量は気腹圧が10~15 mmHgの範囲なら17%~31%の増加を示すものが12例中10例にみられたとしている。換気量を一定にすると指数関数的に CO_2 排泄量が増すとされており¹⁹⁾、 $Paco_2$ を一定に保つように換気量を増していくと、両者が一定時間を経過したらプラトーを示し一致することが報告されている。吸収は腹腔内圧が8~15 mmHgで CO_2 が吹込まれるかぎり持続し、図2のように換気量を増大させて呼気終末 CO_2 濃度を一定にしようとする時、 CO_2 排泄量は上昇したままであった。呼気終末 CO_2 濃度がモニターとして使用されているので、換気量を調整して一定に維持することは可能であるが、吸収され血中に増加した CO_2 量を定量的に判定することは不可能であった。本法はこの定量が可能という利点があるし、換気量は一定のままとし、腹腔鏡手術で動脈血 CO_2 分圧が上昇し始め(5~15分)、その後指数関数的に上昇し、20~25分でプラトーに達するとの経過¹⁹⁾では、体内に CO_2 が蓄積する状況を見たものであり非生理的だったと思う。腹腔鏡手術が終了したあとでは CO_2 排泄量は正常に戻る例が多かったが、体内に残った CO_2 排泄に時間がかかった例もみられた。

VenTrak[®] による術中の呼気 CO_2 排泄量の計測は、腹腔鏡手術のような体外から血中に移行する非生理的状況での体内 CO_2 動態の把握とこの CO_2 排泄量を指標にした呼吸管理は臨床上有用である。

腹腔鏡下手術は手術侵襲の軽減、入院日数の短縮などの利点があるが周術期では循環動態の変動

だけでなく血中に吸収される CO_2 の動態、腹腔内圧上昇の影響などリスク因子があることが理解されねばならない。 CO_2 上昇により生じる交感神経刺激による血圧上昇、心拍出量上昇に耐えられぬ心機能低下症例や換気予備力が不足している症例では、胸腔鏡手術が高い侵襲となりうる。更に、胸腔鏡手術が長引くと体内に蓄積した CO_2 量が大量になり、術後の $Paco_2$ の上昇が続く原因にもなる。このため呼気終末 CO_2 と動脈血 CO_2 較差が増大してくることは、術後抜管の指標として呼気終末 CO_2 を使用する場合注意しなければならない。

結 語

今回使用した VenTrak[®] は、呼気 CO_2 排泄量を一回呼吸ごとに測定できる。この装置により腹腔鏡下手術での呼気 CO_2 排泄量を測定した。12~16 mmHgの腹腔内加圧により CO_2 の血中移行が進み、 CO_2 排泄量が15~70%増大した。長時間の手術では呼気 CO_2 濃度測定による換気量の調節が、 CO_2 homeostasis から重要と考えられる。

文 献

- 1) 謝 宗安：内視鏡下手術の麻酔，呼吸系問題，日本臨床麻酔学会誌 17：171-173，1997
- 2) 小野 紫，大川一美，唐澤正弥ら：呼気 CO_2 産生量の連続測定による呼吸異常循環異常の解析，循環制御 19：255-260，1998
- 3) Capek JM, Roy RJ：Noninvasive measurement of cardiac output using partial CO_2 rebreathing. IEEE Trans Biomed Eng 35：653-661，1988
- 4) Seed RF, Shakespeare TF, Muldoon MJ：Carbondioxide homeostasis during anesthesia for laparoscopy. Anesthesia 25：226-231，1970
- 5) Lister DR, Pudston BB, Warriner CD, et al：Carbon dioxide absorption is not linearly related to intraperitoneal carbon dioxide insufflation pressure in pigs. Anesthesiology 80：129-136，1994
- 6) 原口信之，宮地哲也，高橋正裕ら：腹腔鏡下外科手術における二酸化炭素排出量の評価—代謝モニターによる測定。人工呼吸 14：39-43，1982
- 7) 岡村直孝，古賀義久，岡村けい子ら：腹腔内 CO_2 注入の呼吸，循環系への影響。臨床麻酔 6：1109-1114，1982
- 8) 伊原博行，高山達也，鶴 信雄ら：泌尿器科腹腔鏡下手術における炭酸ガスによる呼吸機能への影響について。日泌尿会誌 8：1307-1312，1995
- 9) Girardis M, Broi UD, Antonullo G, et al：The effect of laparoscopic cholecystectomy on cardiovascular function and pulmonary gasexchange. Anesth Analg 83：134-140，1996
- 10) Williams ND, Murr PC：Laparoscopic insufflation of the

- abdomen depresses cardiopulmonary function. *Surg Endoscopy* 7 : 12-16, 1993
- 11) Wittgen CM, Andrus CH, Fitzgerald SD, et al : Analysis of the hemodynamic and ventilatory effects of laparoscopic cholecystectomy. *Arch Surg* 126 : 997-1001, 1991
 - 12) Ho HS, Gunther RA, Woefe BM : Intraperitoneal carbon dioxide insufflation and cardiopulmonary function laparoscopic cholecystectomy in pigs. *Arch Surg* 127 : 928-933, 1992
 - 13) Puri GO, Singh H : Ventilatory effects of laparoscopy under general anesthesia. *Brit J Anesth* 68 : 211-213, 1992
 - 14) Tan PL, Lee TL, Tweed WA : Carbon dioxide absorption and gas exchange during navelic laparoscopy. *Can J Anesth* 39 : 677-681, 1992
 - 15) Liem MSL, Kallewaard JW, Marie A, et al : Does hypercardia develop faster during laparoscopic cholecystectomy? Assessment with continuous blood gas monitoring. *Anesth Analg* 81 : 1243-1249, 1995
 - 16) Mullet CE, Viale JP, Saguard PE et al : Pulmonary CO₂ elimination during surgical procedures using intraabdominal CO₂ insufflation. *Anesth Analg* 76 : 622-626, 1993
 - 17) Ciofolo MJ, Clergue F, Seebacher J, et al : Ventilatory effects of laparoscopy under epidural anesthesia. *Anesth Analg* 70 : 357-361, 1990
 - 18) Ho HS, Saunders CJ, Gunther RA : Effector of hemodynamics during laparoscopy : CO₂ absorption or intra-abdominal pressure?. *JSurg. Res* 59 : 497-503, 1995
 - 19) Kazama T, Ikeda K, Kato T, et al : Carbon dioxide output in laparoscopic cholecystectomy. *Brit J Anesth* 76 : 530-535, 1996

The Breath by Breath Measurement of Expired CO₂ During Laparoscopic Cholecystectomy

Masaya Karasawa*, Takaomi Hayase*, Takeshi sasaki*, Yoshinori Kikuta*, Kazuo Okada*

*Department of Anesthesiology, TeikyoUniversity School of Medicine, Tokyo, Japan

Laparoscopic cholecystotomy now becomes very popular in Japan. Shortening of hospital stay, less surgical stress and less post surgical pain will be the advantages of this procedure.

However, the influence of CO₂ insufflation is not clearly understood about CO₂ homeostasis in the body. The actual amount of accumulated CO₂ is not yet clearly reported. In this paper, a new device was

applied to measure the breath by breath expired CO₂ volume, and it was demonstrated that intraperitoneal CO₂ was absorbed into blood. This increased CO₂ volume should be eliminated from the lung. The direct measurement of expired CO₂ by this device would be a useful tool for CO₂ insufflation procedure.

In conclusion CO₂ homeostasis would be important targeting subject during laparoscopic cholecystectomy.

Key words : Continuous measurement of ETCO₂, CO₂ elimination, Pneumoperitoneum

(Circ Cont 22 : 208~214, 2001)