喉頭手術での経皮炭酸ガスモニタの有用性

水嶋 章郎¹⁾・中村 昭也²⁾・中川 雅文³⁾・安藤 一郎³⁾

Transcutaneous Carbon Dioxide Measurement in Patients Undergoing Laryngosurgery

Akio Mizushima, Akiya Nakamura, Masafumi Nakagawa and Ichiro Andoh

(Juntendo University Urayasu Hospital)

To investigate the accuracy and usefulness of combined transcutaneous carbon dioxide (PtcCO₂) and oxygen (PtcO₂) measurement compared with arterial blood gas analysis (PaCO₂ and PaO₂), 10 patients undergoing laryngomicrosurgery under total intravenous anesthesia were studied. The PtcCO₂ values revealed a high degree of correlation with PaCO₂ during anesthesia ($r=0.96$) and after anesthesia ($r=0.93$). The PaO₂ values revealed a generally good correlation with PaO₂ during anesthesia ($r=0.81$), but not after anesthesia ($r=0.23$). Capnography values are invalid after anesthesia, and an arterial catheter is not always indicated and feasible in microlaryngoscopy. Transcutaneous devices provide an effective method for the non-invasive monitoring of PCO₂ during and after anesthesia, in situations whereas continuous, precise control of CO₂ levels is desired such as laryngomicrosurgery.

Key words : transcutaneous carbon dioxide measurement, transcutaneous oxygen measurement, laryngomicrosurgery, total intravenous anesthesia, non-invasive respiratory monitoring

はじめに

喉頭微細手術では術野と気道を共有するため術中・術後の呼吸管理が特に重要であるが、手術時間の短さなどから、周術期換気モニタの重要性はあまり論議されていない。近年、経皮血中ガス分圧モニタが改良され、臨床応用され始めている。これは小型のセンサを皮膚に貼付するだけで、経皮酸素分圧 (PtcO₂) と経皮炭酸ガス分圧 (PtcCO₂) を連続的かつ非侵襲的に測定できる¹⁾。今回、喉頭微細手術に際し、同モニタを用いて周術期監視を行い、その有用性について検討した。

対象と方法

対象は、喉頭腫瘍または声帯ポリープに対し、喉頭微細手術を施行した全身状態良好な成人10例(ASA リスク

1~2)とした。術前に心肺機能異常のある者は除外した。麻酔管理方法は手術前日に麻酔担当医が対象者に説明し、同意を得た。手術室入室後、経皮血中ガス分圧モニタ(コーケンメディカル社、サーフェイスモニタ 9900 MKII™)を左上腕部に装着し、センサ温を43°Cに設定した(図1)。麻酔はプロポフォールを用いた全静脈麻酔とし、ベクロニウム0.1 mg/kgを用いて気管挿管(マリノクロット社、レーザーフレックスチューブ™、内径6.0 mm)し、調節呼吸とした。ベクロニウムは手術に応じて適宜追加し、手術終了後、ワゴスチグミン2 mg + アトロピン1 mgで拮抗した。手術終了時に術野からデキサメタゾンを局所塗布し、十分な自発呼吸を確認して気管チューブを抜去した。麻酔導入後に左橈骨動脈ラインを確保し、①麻酔中(調節呼吸時)、②麻酔後(回復室、

1) 順天堂大学浦安病院麻酔科

2) 順天堂大学浦安病院臨床工学室

3) 順天堂大学浦安病院耳鼻咽喉科

* : センサを皮膚貼付後、PtcCO₂ 測定値が安定するまでに約 5 分を要した。研修医が気管挿管に手間取ると PtcCO₂ は急速に上昇した。人工換気によく反応し PtcCO₂ は速やかに低下したが、手術終了直後は細径チューブ下で自発呼吸も不安定なため PtcCO₂ も上昇した。回復室でセンサを再貼付し、自発呼吸下で PtcCO₂ 値が安定したため、帰室させた。

図 1 PtcCO₂ モニタの実例

自発呼吸時)に動脈血ガス分析を行い、経皮モニタの値と比較した。統計には StatView 5.0™ を用いて回帰分析を行い、 $P < 0.01$ を有意とした。

結 果

対象患者は年齢 44 (27~68) : 平均 (範囲) 歳、体重 60.4 (48~65) kg で、手術時間 29 (5~65) 分、麻酔時間 77 (55~95) 分であった。モニタ終了後、センサ貼付部に異常な発赤を認めた症例はなかった。PtcCO₂ と PaCO₂ の相関係数は、①麻酔中 0.96、②麻酔後 0.93 と、それぞれ有意に高い相関を示した (図 2)。一方、PtcCO₂ と PaO₂ の相関係数は、①麻酔中は 0.81 と統計的には有意な相関を示したが絶対値の解離が大きく、②麻酔後は 0.23 とばらつきが大きくなった (図 3)。なお、これら相関に、年齢、体重、手術時間、麻酔時間、静脈麻酔薬使用量などと有意な関連はなかった。

考 察

理想的な換気モニタの条件として、測定値が信頼できること、測定法が簡便であること、連続測定が可能なおこと、非侵襲的なことなどが挙げられる。現在、動脈血ガ

ス分析 (PaO₂, PaCO₂) が最も信頼できる指標とされるが、上記条件をすべて満たすモニタとはなり得ていない。

解剖学上、ヒトの皮膚は、①血管が存在する真皮、②血管が存在しないが代謝を行う表皮の 2 層に区別される (図 4)。経皮血中ガス分圧モニタは 1969 年に PtcCO₂ 測定が、次いで 1973 年に PtcCO₂ 測定が実用化された¹⁾²⁾。当初は 2 者が別々のセンサとして開発されたことや、校正の煩雑さや反応の遅さ、測定値の不安定さから、成人では広く普及するに至らなかった。同時期に、酸素についてはパルスオキシメータ (SpO₂: 酸素飽和度) が、炭酸ガスについてはカプノメータ (PetCO₂: 終末呼気炭酸ガス分圧) が先の条件を満たしうる術中モニタとして普及したことも影響した。繰り返し採血することが許されない新生児領域でのみ、その皮膚が薄く測定値が比較的安定していたことも加え、一定の普及をみていた。ところが、1990 年代に入り経皮一体型センサも開発され、近年さらに小型化、精密化された。今回用いたモニタは、直径約 2 cm、厚さ約 5 mm のセンサ 1 つを皮膚に貼付するだけで、血中ガス分圧を連続的かつ非侵襲的に測定できる。センサ貼付後 3~5 分で測定値が安定し、ひとたび安定するとその追従性はパルスオキシメータやカプ

図2 PtcCO₂ と PaCO₂ の相関 図3 PtcO₂ と PaO₂ の相関

ノメータに劣るものではない¹⁾。すでに成人領域でも、周術期換気モニタ³⁾、ICUや慢性呼吸器疾患患者管理⁴⁾、反回神経麻痺時の呼吸筋疲労判定⁵⁾などに応用されている。

われわれは、以前、喉頭微細手術時の気管支痙攣や喘息発作に、換気モニタとして PtcCO₂ が有用であった症例を報告した⁶⁾⁷⁾。今回の検討でも、臨床的に呼吸状態が良いと思われても、高炭酸ガス血症をきたした症例を

早期に確認することができた。現在、手術中に広く使用されているカプノメータは、高頻度ジェット換気などの特殊換気時、気管チューブ抜去後や麻酔回路離脱後には有効でない。PtcCO₂ は通常の麻酔中だけでなく、麻酔後の自発呼吸時にも PaCO₂ ときわめてよく相関して変動し、術中換気設定や術後回復室での呼吸状態の把握に有用であった。

PtcO₂ は PaO₂ に対して大きく変動し、絶対値のばら

経皮酸素分圧測定

* 酸素分圧は、43~44℃の加温により毛細血管の血流増加や酸素解離曲線の右方変位に伴って真皮でいったん上昇し、その後、表皮内での消費により下降し、皮膚表面で PaO_2 と近似値をとる。

経皮炭酸ガス分圧測定

* 炭酸ガス分圧は血流増加、加温効果、表皮内での産生により上昇し、これを加温の程度による各社独自の換算式により、 PaCO_2 に近似した値を表示させる。

図4 経皮血中ガス分圧測定原理

つきも大きかった。経皮血中ガス分圧測定には、末梢循環や皮膚の状態(成熟度、角質厚、浮腫)、センサの状態(キャリブレーション、装着方法、温度勾配)が関与する。成人での PtcO_2 測定は、それらの影響を特に受けやすいものと思われた。また、回復室では、全身麻酔からの覚醒時の末梢循環不良や体動により、その測定値が低く出る可能性も示唆された³⁾。現時点では、麻酔後の酸素化の指標については、パルスオキシメータを併用することが賢明であろう。今回使用したモニタは、一体型経皮血中ガス分圧センサのほかにパルスオキシメータセンサも備え、その点では便利であった。

まとめ

喉頭微細手術に際し、経皮血中ガス分圧モニタを用いて周術期監視を行った。喉頭微細手術では術野と気道を共有するため術中・術後の呼吸管理が特に重要である。 PtcCO_2 を測定することで、麻酔科医や耳鼻科医の目が離れやすい麻酔回復室や術後の病棟でも、患者さんに負担をかけることなく、より細やかな呼吸管理や重篤な合併症の予防が可能になると思われる。測定値を低く評価する可能性は念頭に置いておく必要があるが、 PtcCO_2 は周術期換気モニタとして、臨床的にきわめて有用であると思われた。

なお、本稿の要旨は第62回耳鼻咽喉科臨床学会(平成12年、福井市)で口演した。

参考文献

- 1) 水嶋章郎, 金井優典, 神山洋一郎, 他: 経皮血中ガス分圧モニター. 臨床麻酔 25 : 213~217, 2001.
- 2) 塚本桂子, 伊藤裕司: 経皮酸素・炭酸ガスモニタ. 集中治療 11 (臨時増刊) : e50~55, 1999.
- 3) 金井優典, 遠山貴之, 水嶋章郎, 他: 腹腔鏡下胆嚢摘出術の周術期における経皮二酸化炭素分圧モニターリング. J Anesth 14 Suppl : 108, 2000.
- 4) Rithalia SV, Farrow P and Doran BR : Comparison of transcutaneous oxygen and carbon dioxide monitors in normal adults and critically ill patients. Intensive Crit Care Nurs 8 : 40~46, 1992.
- 5) 宮崎 洋, 梅崎俊郎, 山下弘之, 他: 反回神経麻痺症例の発声中の経皮的炭酸ガス分圧の変化. 日耳鼻 103 : 456, 2000.
- 6) 半澤浩一, 白石正治, 安西範晃, 他: 高頻度ジェット換気併用の全静脈麻酔中に発生した顕微鏡下喉頭手術喘息患者の換気障害. 臨床麻酔 22 : 399~401, 1998.
- 7) 白石正治, 半澤浩一, 神山洋一郎, 他: プロボフォル完全静脈麻酔中に気管支痙攣を生じた顕微鏡下喉頭手術の1症例. 臨床麻酔 21 : 1401~1404, 1997.

(原稿受付: 平成13年1月11日)
(原稿採択: 平成13年5月16日)
別刷請求先: 水嶋章郎
〒279-0021 浦安市富岡2-1-1
順天堂大学浦安病院麻酔科