原 著

長期呼吸管理における麻酔法について

藤田 道郎*, 三浦 晴未*, 織間 博光*
鷺巢 誠*, 宮坂 勝之**, 片山 正夫**

An Anesthetic Method for the Long Term Artificial Ventilation

Michio FUJITA*, Harumi MIURA*, Hiromitsu ORIMA*, Makoto WASIZU*,
Katsuyuki MIYASAKA**, and Masao KATAYAMA**

SUMMARY

Seven Japanese domestic kittens, weighing 1.46 ± 0.5 kg, were anesthetized for 24 hrs to evaluate a long term effects of controlled ventilation. Atropine (0.15 mg/kg i.m.) and ketamine (20 mg/kg i.m.) were administered, followed by pancuronium bromide (PB) and pentazosine injection (i.v.). After the intubation, 100% oxygen for initial 1 hr then 40% oxygen was given during the controlled ventilation (conventional mechanical ventilation; CMV). A respiratory rate was set at 25 times/min and the PEEP was maintained 4 cm H₂O. Maximum inspiratory pressure was adjusted to keep the PaCO₂ between 20–30 mmHg and The trachea was humidified. Anesthesia was maintained with a continuous infusion of PB (0.1 mg/kg/hr) and pentazosine (0.5 mg/kg/hr). In addition, diazepam (0.5 mg/kg) was administered every 2 hrs. Heart rate, body temperature, blood pressure, and rate pressure product (RPP) were measured at 1 hr interval and blood gases were measured every 3 hrs during the experiment. As a result, the data measured were within normal or controlled levels, thus this anesthetic method can be used safely for the management of patients who require long term respiratory support.

は じ め に

呼吸管理は循環管理と並んで集中治療医学領域では重要な事項である。しかし獣医臨床では長時間の呼吸管理はほとんど行われない。その理由の一つとして、意識のある動物では挿管その他の呼吸管理処置が容易でないことがあげられる。獣医

学の進歩に伴い、長時間の呼吸管理の必要性が増加するのは確実である。こうした長時間の呼吸管理では患者の状態に適した麻酔法を選択しなければならない。

現在までに獣医学領域でこのような長時間呼吸管理を目的とした麻酔法についての報告は見当たらなかった。そこで通常型新生児用人工呼吸器 (Conventional Mechanical Ventilator : CMV) である通称インファントスターを用いて 24 時間麻酔下でその呼吸管理を行い、それによる心拍数、体温、血圧、Rate Pressure Product (=RPP 収縮期血圧×心拍数)、血液ガス分析値等のパラメーターがどのように変化するかを検討した。

* 日本獣医畜産大学

東京都武蔵野市境南町 1-7-1 〒180

* Nippon Veterinary and Zootechnical College,
1-7-1, Kyouananchyo, Musashino-Shi, Tokyo 180

** 国立小児病院

東京都世田谷区太子堂 3-35-31

** National Children's Hospital 3-35-31.

Taishido, Setagaya-ku, Tokyo, Japan

材料および方法

雑種仔猫7頭(体重 0.98-1.74 kg 平均 1.46 kg, 月齢 2-4 カ月)を用いた。前処置として麻酔導入15分前に硫酸アトロピン 0.05 mg/kg および塩酸ケタミン 20 mg/kg を筋肉内投与した。15分後臭化パンクロニウム 12.4 mg およびペンタゾシン 63 mg を含んだ 500 ml のソルビットハルトマン液 4 ml (臭化パンクロニウム 0.1 mg/kg, ペンタゾシン 0.5 mg/kg) を静脈内に急速に投与することにより麻酔導入し, 小児用気管挿管チューブを用い気管内挿管した。その後人工呼吸器に接続した。

採血およびモニター用として, 片側鼠径部を切開し, 股動脈に 22G カテーテル針を挿入した。動脈血圧, 心拍数測定のために圧力トランスジューサーを股動脈に留置したカニューレに接続し, ポリグラフに連続記録した。また直腸温測定のために直腸内にサーミスタを挿入した。

維持輸液は前述のソルビットハルトマン液を 4 ml/kg/hr (臭化パンクロニウム 0.1 mg/kg/hr, ペンタゾシン 0.5 mg/kg/hr) で行い, 2時間ごとにジアゼパム (0.5 mg/kg) を静脈内投与した。また体温維持の目的で保温マットを用いた。人工換気による吸入気酸素濃度 ($F_{I}O_2$) は, 実験開始1時間まで純酸素を投与し, それ以後は 40% とした。人工呼吸の換気回数は 25 回/分とし, PEEP は 4 cm H_2O とした。また実験開始1時間までは $PaCO_2$ を 20-30 mmHg に保つように最大吸気圧を調節した。

気道の乾燥を防ぐために熱線入り Fisher & Paykel 社製の加温加湿器を用いて加温加湿を行った。人工呼吸中の検査項目として, 人工呼吸開始1時間目より体温, 心拍数, 収縮期血圧, 拡張期血圧, 平均血圧, RPP を時間ごとにまた血液ガス (pH, $PaCO_2$, HCO_3 , B.E., PaO_2) を3時間ごとに測定した。

成績

1. 前処置, 導入および維持麻酔中の観察所見

塩酸ケタミン投与 15 分後仔猫は起立不能状態

Fig. 1 Changes in body temperature during CMV

Fig. 2 Changes in heart rate during CMV

となったが, 頭部の挙上は可能であり, また喉頭反射もみられた。この状態で臭化パンクロニウムおよびペンタゾシンの急速静脈投与を行ったところ, 十分な筋弛緩がみられ呼吸も停止した。喉頭の弛緩も十分に容易に挿管可能であった。その後の点滴による維持麻酔でも皮膚切開等の外科的侵襲に対して心拍数, 血圧等に変動は認められず十分な鎮痛状態が維持されていると思われた。

2. 体温, 心拍数, 収縮期血圧, 拡張期血圧, 平均血圧, RPP の変化

体温は保温器の温度を適宜調節すると多くの例で 37.0~38.5°C の間でコントロールが可能であった (Fig. 1)。心拍数は, 24 時間を通じて 250 回/分前後であり, 著変はみられなかった (Fig. 2)。血圧は心拍数同様 24 時間の間, 収縮期血圧約 140 mmHg, 拡張期血圧約 80 mmHg, 平均血圧約 100 mmHg とはほぼ一定した値を示した (Fig. 3)。また RPP も約 35000 前後で推移し, 著変は

Fig. 3 Changes in blood pressure during CMV

Fig. 6 Changes in PaCO_2 during CMV

$\text{RPP} = \text{systolic blood pressure} \times \text{heart rate}$

Fig. 4 Changes in rate pressure product (RPP) during CMV

Fig. 7 Changes in HCO_3^- during CMV

Fig. 5 Changes in pH during CMV

Fig. 8 Changes in B.E. during CMV

みられなかった (Fig. 4)。

3. 血液ガス分析値 (pH, PaCO_2 , HCO_3^- , B.E., PaO_2) の変化

pH は人工呼吸開始 1 時間後に 7.390 ± 0.070 (平均値標準偏差) であったが徐々に上昇し, 24 時間後には 7.48 ± 0.070 となった (Fig. 5)。 PaCO_2

は最大吸気圧を調節したため, 1 時間後においても $27 \pm 6 \text{ mmHg}$ であった。しかし, 以後最大吸気圧の無調整下では時間とともに徐々に低下傾向が認められた (Fig. 6)。 HCO_3^- は 24 時間を通じ変化が認められなかった (Fig. 7)。 B.E. は 1 時間後の値は $-6.8 \pm 1.3 \text{ mEq/L}$ であったが時間とともに極めて軽度な増加を示し, 24 時間後には $-4.3 \pm 2.5 \text{ mEq/L}$ を示した (Fig. 8)。 PaO_2 は, 実験期間中を通じ 190 mmHg 前後の一定の

Fig. 9 Changes in PaO₂ during CMV

値を示した (Fig. 9)。

考 察

ヒトにおける呼吸管理は小児の場合を除き患者の協力の得られることが多く、必要に応じて軽度の鎮静を行う程度で実施可能である。しかし、動物では抵抗したり、また動き回るため実施が困難であり、薬物学的保定の意味で麻酔あるいは鎮痛、鎮静状態での不動化が必須である。この際に用いられる麻酔法は、可能な限り心血管系の抑制の少ないものでなければならないことは言うまでもない。今回我々の行った麻酔法は NLA に筋弛緩薬を併用したものであるが、NLA は心血管の抑制が少ないことが知られている^{4,8)}。本実験では基礎麻酔として塩酸ケタミンを用いたが、この麻酔薬は体表痛に対する鎮痛作用が強く、麻酔覚醒後も鎮痛作用が続くと言われている⁹⁾。このため人工呼吸のセッティング開始時の各種カテーテル挿入時のように、痛みを伴う操作がある場合に適した麻酔薬であると考えられる。また塩酸ケタミンは循環系の抑制が低くリスクの高い動物にも比較的安全に用いられており⁴⁾、呼吸管理を必要とするような動物の麻酔薬としては最適であろうと考えられた。一方、気道確保やカテーテルの設置が完了してからの麻酔は、動物に苦痛を与えない範囲で可能な限り浅い方が良いと考えられるので、ジアゼパムおよびペンタゾシンで鎮静、鎮痛を行い、薬物学的保定の意味で臭化パンクロニウムを用いた。しかし、臭化パンクロニウムの使用は動物の反応を不明瞭にするため、鎮静、鎮痛が十分に行

われているかを知ることが困難となる。今回は刺激に対する心拍数や血圧で判定したが、十分な鎮痛状態にあったと考えられた。維持麻酔の投与量はヒトの小児での投与量を参考にして決定したが、一応満足に行く投与量だったと考えている。今後はさらに投与量を増減させた検討も行いたいと考えている。

麻酔中の各パラメーターの変化では、まず体温であるが、正常体温から大きくずれることは基礎代謝量や心筋の活動力に変動を与え、種々の障害がでることが考えられる。麻酔中は体温調節機構が抑制されるため環境温度の影響を受けやすく、高体温あるいは逆に低体温の発生が知られている⁸⁾。一般に仔猫のように体重あたりの体表面積がおおきい動物では熱の放散が大きく、室温下では低体温になりやすい。今回は加温、加湿器と同時に加温ブランケットの温度を調節し、体温の低下を防いだが、室温がやや低めにセットされていたこともあり、36°C 程度にまで低下した例もあった。この程度の体温低下がとくに患畜悪影響をおよぼすとは思われないが、今後はより細かな体温調節を行うことも必要であろう。次に循環系に対する影響であるが、心拍数は 250 回/分前後と成猫の正常範囲²⁾の上限をわずかに上回っていたが、使用したネコの月齢が 2-4 カ月であったことを考えればとくに高い値ではないと考えられた。血圧は平均血圧で 100 mmHg 前後で安定しており、陽圧呼吸ではしばしば認められる血圧の低下もみられなかった。RPP は心筋酸素消費量の指標として用いられるが^{5,6)} これにも著変は認められず、本麻酔法は循環系に対する抑制が少ないことが示された。

血液ガス所見では調節呼吸の条件を軽度の呼吸性アルカローシスになるように人工呼吸器を設定し、以後この設定を変えなかったにもかかわらず、時間の経過とともにわずかながら呼吸性アルカローシスが進行していった。この理由として時間の経過とともに肺のコンプライアンスが上昇し、人工呼吸器がプレッシャーリミット型の設定であるため換気量が増加したか、あるいは代謝が低下し、CO₂ の産生量の低下が起こったものと考えられる

が、長期人工呼吸で肺コンプライアンスの上昇が起こるとは考えにくいので、後者の理由による可能性が大きい。また、初期に調節呼吸を軽度の過換気状態に設定した理由は、麻酔中の呼吸管理は軽度の過換気に保つ方が良いといわれていること³⁾、 PaCO_2 を正常に保つと筋弛緩薬の作用が不十分の場合、自発呼吸が出現すること、およびヒトでは小児で HCO_3^- 濃度が低いと言われ、通常の PaCO_2 ではアシドーシスになることが知られており⁷⁾、仔猫でも同様な可能性が考えられたことなどによる。事実 HCO_3^- は成猫の正常値より低値で推移しており、また B.E. も軽度の代謝性アシドーシスの状態を示しており、小児と同様成猫よりも塩基の少ない状態にあるのかもしれない。 PaO_2 は人工呼吸中十分な値を維持しており、また A-aDo₂ の拡大もなくとくに問題は認められなかった。

ま と め

維持輸液剤に筋弛緩薬（臭化パンクロニウム）と鎮痛薬（ペンタゾシン）を混合持続点滴投与し、2時間ごとに鎮静薬（ジアゼパム）を投与して、人工呼吸器を用いて調節呼吸下で呼吸管理を行う麻酔方法は、患畜のバイタルサインに著明な変化を起こさず、長時間安定した状態を保つことができ、臨床の分野でもさまざまな長時間にわたる手術、または長時間にわたる術後管理においても十分に応用可能であると考えられる。しかし、こうした長期呼吸管理の際には一定時間ごとに血液ガスを含めたバイタルサインの測定と、その変化に

対応したきめ細かな管理が重要である。

[本研究の要旨は、第 104 回日本獣医学会で報告した]

文 献

- 1) Deyoung, D.W., Paddleford, R.R. and Short C.E., Dissociative Anesthetics in the Cat and Dog, J. Am. Vet. Med. Assoc., 161, 1442-1445, 1972.
- 2) Gomph, R.E. and Tilley, L.P., Comparison of Lateral and Sternal Recumbent Positions for Electrocardiography of the Cat, Am. J. Vet. Res., 40, 1483-1486, 1979.
- 3) 稲田 豊編集, 新麻酔科学, 第1版, 322 医歯薬出版株式会社, 東京, 1982.
- 4) 獣医麻酔研究会編, 獣医麻酔ハンドブック, 1版, 96~98, 173~174, 学窓社, 東京, 1977.
- 5) Kaplan, J.A., Hemodynamic Monitoring, Cardiac Anesthesia, 108-110, 1979.
- 6) Lake, C.L., Monitoring Requirements, Cardiovascular Anesthesia., 133, 1985.
- 7) Winters, R.W. ed, The body fluids in Pediatrics. Boston, Little, Brown and Company, 1973.
- 8) 山村秀夫, 青地 修, 吉武潤一, 天羽敬祐, 森健次郎, 諏訪邦夫, 新臨床麻酔学全書, 3A, 第1版, 181~188, 医歯薬出版株式会社, 東京, 1984.