



エキゾチック動物の麻酔
における加温人工呼吸器
の使用



Use of a Heated, Artificial Ventilator in Exotic Animal Anesthesia

JAMES W. CARPENTER ジェームス W. カーペンター
DIANE E. MASON ダイアン E. メイソン

製品を一瞥

Product at a Glance



■ The Anesthesia WorkStation®
(Hallowell Engineering & Manufacturing
Corporation, Pittsfield, MA,
www.hallowell.com)

・ アネスシージャ・ワークステーション
(ハロウェル技術製造会社,
マサチューセッツ州ピッツフィールド
www.hallowell.com)

もっとも麻酔をかけられた患者の半数以上は調節呼吸が不可欠とはならないが
間欠的陽圧呼吸（法）(IPPV)が必要な、もしくは有益な状況もある。

ALTHOUGH CONTROLLED VENTILATION IS NOT NECESSARY FOR THE majority of anesthetized patients, there are conditions in which intermittent positive pressure ventilation (IPPV) is needed or helpful.

Indications for IPPV include apnea, severe hypoventilation, intrathoracic surgery or chest wall trauma, intraoperative use of neuromuscular blocking agents, surgery duration greater than 90 minutes, central nervous system disease or trauma, pulmonary disease, cardiopulmonary arrest, drug overdose, and to aid in maintenance of a stable plane of surgical anesthesia by enhancing anesthetic agent delivery and uptake.

IPPV, however, can also have adverse effects on a patient's physiology. IPPV can decrease cardiac output because positive intrathoracic pressure can impede venous return to the heart. This may not be a significant consequence in the normal animal but could be especially deleterious in the hypovolemic patient. Although an

animal's heart rate and systemic vascular resistance may increase in an attempt to maintain normal arterial blood pressure, this response can be depressed when an animal is under the influence of various anesthetic drugs. In addition, decreased renal blood flow may occur in association with IPPV, resulting in impaired renal function during surgery, and potentially precipitating acute renal insufficiency post-anesthetically. Fortunately, these effects can be overcome by adequate fluid administration during anesthesia, maintenance of an appropriate plane of anesthesia, and careful patient monitoring to insure adequate hemodynamic function. The benefits of IPPV compared to the adverse effects should be considered before initiating IPPV in any patient.

麻酔薬の送達（吸入）と吸収を高めることで外科麻酔の深度を維持するために IPPV が適応となるのは無呼吸、重度の低換気、胸腔内外科、胸壁の外傷、術中に神経筋遮断薬の使用、90 分を超える手術時間、中枢神経系（CNS）障害あるいは CNS 疾患、呼吸器系疾患、心配停止、薬物中毒/過剰投与などがある。

しかしながら IPPV は患者の生理学的機能に悪影響を与えることにもなる。陽性の胸腔内圧が心臓への静脈還流を妨げるため、心拍出量の減少をまねく恐れがある。

これは正常な動物では重篤な帰結とはならないが、体液量が減少している患者では有害となりうる。もっとも

動物の心拍数や全身欠陥抵抗は正常な動脈血圧を維持しようとして上昇する場合があるが、この反応はさまざまな麻酔薬を投与されている際には低下するだろう。加えて、腎血流量の減少が IPPV に関連して起こる場合があり、術中に腎機能が障害された結果、麻酔後に急性腎機能不全に陥る可能性がある。これらの影響は幸いなことに適当な輸液、適切な麻酔レベルの維持、患者の血液動態の物理学的な機能を保証するための注意深いモニタリングによって克服できるだろう。どのような患者であれ IPPV を開始する前に、IPPV の利点と有害作用を比較して考えるべきである。



Ventilators are classified based on their mode of operation:¹

- **Assist mode:** patient triggers the ventilatory device by initiating an inspiratory effort.
- **Controlled mode:** operator sets the desired respiratory rate.
- **Assist-controlled mode:** a minimal respiratory rate is set by the operator, which the patient may override by initiating spontaneous ventilating efforts at a faster rate.
- **Intermittent mandatory ventilation:** a predetermined number of positive pressure breaths is set by the operator, but the patient also breathes spontaneously through a parallel breathing circuit.

動作モードによる人工呼吸機能の分類

- ・アシストモード：患者の吸気努力の開始によって換気装置がトリガーされる (Patient trigger mode)。
- ・コントロールモード：オペレーターが望ましい呼吸数をセットする。
- ・アシストコントロールモード：オペレーターによってセットされた最小呼吸数を上回る速度で患者による自発的換気努力が開始されれば、そちらを優先。
- ・インターミットtent・マントリー・ベチレーション (間欠的強制換気 (IMV))：オペレーターによって陽圧換気の設定数が決められるが、患者も並列している呼吸回路で自発呼吸する。

麻酔されたほとんどすべての患者は低換気であるがゆえに (例、 PaCO_2 が正常値 35–40mmHg を上回って増加)、安全な全身麻酔をもたらすために最も重要な一面は平常時換気を維持することにある。適正なガス交換は、麻酔器で手動により再呼吸バックを絞ったり人工呼吸器の使用によって、事前に定めた最大吸気あるいは一回換気量で肺を膨張させることによりもたらされる。¹

人工呼吸器は利便性と一貫性・継続性をもたらす反面、最近まで多くのエキゾチック動物に好適な仕様の人工呼吸器をいつでも利用する、ということではできなかった。ハロウェル EMC アネスシージャ・ワークステーションは超小型の患者で調節呼吸を選択できる呼吸装置を備えた麻酔器である。

アネスシージャ・ワークステーションには吸入麻酔薬を送達する循環回路と、選択肢として安全限界圧が調節可能な時間サイクル式従量式ベンチレーターの両方がある。これを小動物で用いるために唯一必要な追加機器は、臨床医の好みの気化器だけである。

これらの機能すべてが見やすいように、手が届きやすいようにワークステーションの前面にある。選んで取り付けた気化器との接続部はワークステーションの左サイドにあり、きちんと標示されていて利用しやすい。酸素供給と電源の接続および排気口はすべてワークステーションの背面にある。小型循環回路の Y 字型ピースは気管チューブやマスクに接続するために内径 1/4 インチ (6.24mm) で一般的な 15mm サイズのポート (末端接続部) を備えている。ワークステーションの加熱室は吸入ガスを動物の正常な体温近くに保つよう設計されていて、再呼吸回路とこの温度制御

Because almost all anesthetized patients hypoventilate (i.e., PaCO_2 increases above normal limits of 35–40 mmHg), one of the most important aspects of providing safe general anesthesia is the maintenance of normal ventilation. Adequate gas exchange can be provided by inflating the lungs to a predetermined peak inspiratory pressure or a predetermined tidal volume by manually squeezing the rebreathing bag on an anesthetic machine or by using a mechanical ventilator.¹

Mechanical ventilators offer the advantage of convenience, consistency and control; however, until recently, there was not a readily available mechanical ventilator with specifications suitable for use in many of the small exotic species of animals. The Hallowell EMC Anesthesia WorkStation[®] is an anesthesia machine with a ventilator that provides the option of controlled ventilation in very small patients.

The Anesthesia WorkStation[®] is both a circle system for delivery of inhalant anesthetics and an optional time-cycled volume ventilator with an adjustable pressure safety limit. The only additional component required



for its use in small animals is the vaporizer of the clinician's choice.

All of these features are visible and accessible on the front side of the WorkStation[®]. The connections for attaching the vaporizer of choice are well labeled and accessible on the left side of the WorkStation[®]. The connections for oxygen supply, electrical power, and the scavenging outlet are all on the back of the WorkStation[®]. The miniature circle system wye piece has a 1/4 inch internal diameter with the standard 15 mm size port for connection to an endotracheal tube or mask.

The heated chamber of the WorkStation[®] is designed to keep inspired gas near the animal's normal body temperature, and the rebreathing circuit and this temperature control



吸入ガスの加湿を維持するために連結している。このようにして小動物の患者からの熱損失の可能性を減らしている。ワークステーションはこの機能をうまく使うために、電源コードを繋いでウォーミングアップの時間（5-10分）が必要となる。

combine to maintain humid the inspired gas. In this way lessen the potential heat loss these small patients. The WorkStation should be attached to an electrical source and given an adequate warm-up period (5-10 minutes) prior to use to take advantage of this feature.

Clinical Observations

The WorkStation® can be very effective when controlled ventilation is necessary in a small exotic animal. The WorkStation® can also help maintain a more stable plane of anesthesia and reduce concerns about hypoventilation or inadequate gas exchange. To further evaluate the patient, the endotracheal tube adapter also has a port for gas sampling, which can be attached to a capnograph to measure end-tidal CO₂.

Even if the optional IPPV system is not used, the WorkStation® is an excellent anesthetic system because of its more precise O₂ flow meter, its airway pressure manometer, and its tidal volume displacement ventilator

小型エキゾチック動物の麻酔中、モニタリングが難しい点で共通しているのは呼吸の監視である。換気チューブは1ml単位で印があり、微少の1回換気量であっても、人工呼吸が自発呼吸に関わらず呼吸間隔のモニタリングを可能にする。加えて、閉鎖の加熱チャンバーも、患者の呼吸による熱損失を減らすのにかなり効果的であると考えられる。

ワークステーションの不便なように思うことのひとつにも言及しておく。ワークステーションは機能するために電力を必要とする。電気は IPPV と回路の加熱のみならず、流量計を通して酸素流の維持も行っている。よってワークステーションは容易に移動させることができる“ポータブル”ではなく、麻酔した患者をレントゲン室から手術室のように各種の部屋を移動する必要がある際にはその利便性に制限を受けることとなる。

increments that allows breath-to-breath monitoring of even very small tidal volumes, whether the animal is breathing spontaneously or being ventilated. In addition, the heated enclosed chamber may be very effective in reducing heat loss via the patient's respiration.

One apparent disadvantage to the WorkStation® should be noted. The WorkStation® requires electrical power in order to operate. Electricity not only provides IPPV and circuit heating, but is necessary in order to maintain oxygen flow through the flowmeter. Therefore, the WorkStation® is not easily “portable,” limiting its usefulness in anesthetized patients that need to be moved between various rooms, such as from radiology to a surgery suite.

Use of a Heated, Artificial Ventilator in Exotic Animal Anesthesia

J. CARPENTER, D. MASON

WorkStation® Characteristics

- Compact size (9" x 9" x 15" h; 7.3 kg)
- Can be used on small animals ranging in weight from 150 g to 7 kg
- O₂ flow meter, 0.2-1.0 lpm
- O₂ flush button, 5 lpm
- Adjustable peak airway pressure limit, 10-30 cm H₂O
- Airway pressure manometer, 0-30 cm H₂O
- 0-100 ml tidal volume displacement ventilator tube
- 300 ml CO₂ absorber
- Enclosed and heated breathing system chamber
- Ventilator rate control, 4-80 bpm
- Indicator and switch for Standby or Ventilator mode
- Low and High Breathing system pressure alarms
- Low O₂ supply pressure alarm

Reference

1. Muir WW, Hubbell JAE, Skarda RT, Bednarski RM: Handbook of Veterinary Anesthesia. 3rd ed. St. Louis, Mosby, 2000, pp 232-249.

ワークステーションの特徴

- ・小型サイズ（9インチ（22.86cm）x 9" x 高さ15"（38.1cm）；7.3 kg）
- ・体重 150 g から 7kg の範囲の小動物で使用可能。
- ・酸素流量計、0.2-1.0 lpm (litter per minutes)
- ・酸素フラッシュボタン 5 lpm
- ・最大気道内圧の上限が調節可能、10-30cm H₂O
- ・気道内圧圧力計、10-30cm H₂O
- ・0-100 ml の一回換気量置換換気チューブ
- ・300 ml の CO₂ アブソーバー（吸収装置）
- ・閉鎖式呼吸回路加熱室
- ・換気回数コントロール、4-80 bpm (breath per minute)
- ・スタンバイまたは人工呼吸器モードのスイッチと表示
- ・呼吸回路の圧力低下および圧力上昇アラーム
- ・酸素供給圧低下アラーム

