

特 集

体外式陽陰圧式人工呼吸

看護師の立場から

劔持雄二

はじめに

体外式陽陰圧人工呼吸（体外式陽陰圧式人工呼吸）は胸郭にキュイラスと呼ばれる伸縮性があるプラスチック製の胴甲を巻き、胸郭を中心に繰り返し陽陰圧を加える二相性の動きができることから、BCV（Biphasic Cuirass Ventilation）と呼ばれる。

体外式の人工呼吸は1950年頃ポリオの大発生により「鉄の肺」として活躍し、現行のBCVのようなキュイラス式は1986年Hayek¹⁾が陰圧の換気ができる人工呼吸管理を始めた。最近の研究ではGrasso²⁾のウサギをモデルとした実験において、陰圧呼吸は吸気・呼気とも効率的に肺を膨張させ酸素化を上げるとしている。

当施設で使用するBCVはイギリス・メディベント社のRTX[®]で、Hayek Oscillatorの後継機として、輸入元はIMIである。BCVは重症患者から軽症患者まで、または健常者に対する運動療法として使用することもあり、使用用途が多岐にわたる。また、BCVの使用がベッド上であっても、患者は多少なりとも体位変換など行うことができる。

本稿では看護側からBCVを院内に浸透させた経緯やICU看護スタッフのBCV装着実体験、また実際の患者への使用経験からわかったことを紹介する。そして後半にBCVの文献検討を含め、BCVをチーム医療として推進していくためのTIPS（コツ）を看護の視

点から述べていきたいと思う。

I. BCV使用の経緯

当施設では2004年よりBCVが導入された。BCVは従来の気管挿管下による人工呼吸器とは異なり、患者の胸郭をキュイラスで覆うという私たちにとって大変見慣れない機器であったことから、導入当初は使用に際して違和感を覚えるスタッフが多かった。さらに本邦においてBCV使用に際するマニュアル本や使用報告などが不足していたため、文献から使用方法を探ったりと手探り状態であった。

そこでまず、私たちはスタッフ同士でBCVを装着して実体験をすることから始め、その使用感や日常生活動作（含嗽、飲水、体位変換、ベッドからの離床など）でどのような快・不快を感じるかなどを調査した（図1）³⁾。



図1 スタッフがBCV装着を体験している様子

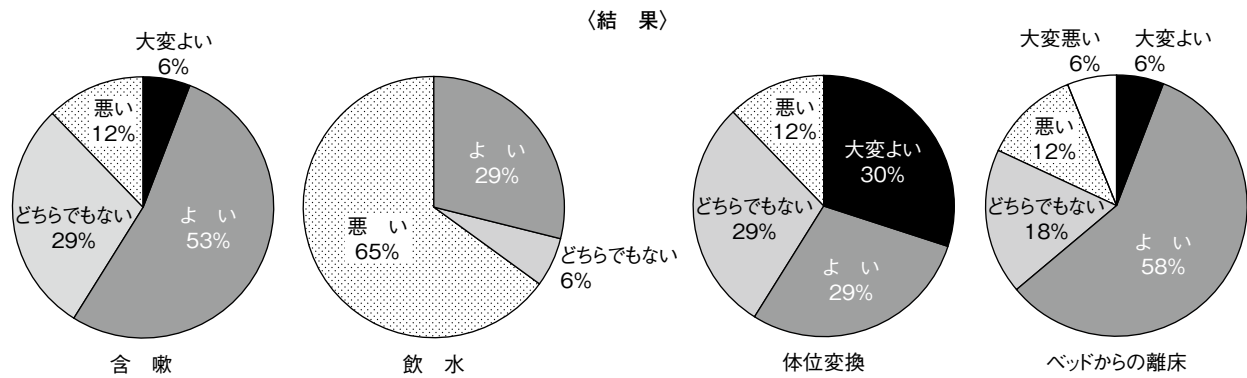


図2 BCV 装着中の感想

結果として、飲水時の不快やリークに伴う寒気などを除いては、日常生活上で不快感を生じたという意見は少なかった。そして、どのような工夫をしたら患者がBCVを装着しながら快適に日常生活動作を行うことができるかについて意見交換をする機会になり、看護師間のBCVに対する関心が高まった(図2)。

BCVを理解するため、またはBCVを使用する患者の気持ちを理解するためにBCV装着実体験をすることは非常に重要であった。このときに体験者からの意見として、

- (1) ずれやリークのないようなキュイラスの選択や固定方法が必要になる。
- (2) リークが問題になる場合、キュイラスと胸部や腹部の間にタオルやビニールを挟んで密着性を保つことで対処する。リークの目安として設定の吸引圧まで上昇しない、リーク音が大きい(高い吸引音がする)などで判断する。
- (3) 作動中のリークにより寒さを感じるため、保温が必要となり、体温・末梢循環の維持に注意しタオルで保温するなどの工夫が必要である。
- (4) 飲水時に不快感を伴ったり、嘔吐を生じる可能性があると考えられたので食直後の使用は控える必要がある。

などが挙げられた。

II. 医師に対するアプローチ

BCVは人工呼吸器であり、医師の指示や協力を求めたコンセンサスが不可欠であった。当初BCVは身近でなかったため使用するのに難色を示す医師が多かった。そこで、医師にはBCVが循環器系⁴⁾や心臓



図3 心臓血管外科術後での使用

血管外科の術後⁵⁾(図3)に効果的だった文献を提示し、効果を把握してもらった。さらに胸腔内を生理的な陰圧にする可能性やそれによる静脈還流量などに与えるメリット、そして呼気終末肺容量(End Expiratory Lung Volume: EELV)を増加させる可能性があることを説明し、人工呼吸中の心不全患者に対して比較的多く使用した。その結果、BCV使用中、心拍量・尿量の増加を認める患者が多く、症例によっては一時的に人工呼吸器離脱可能な症例も経験した⁶⁾。このようにBCV使用患者に対する治療効果を実感してもらうことで使用機会を増やそうと試みた。

図4は健常成人におけるBCVの効果を透視下にて観察したものであるが、右側の持続陰圧-30cmH₂Oにしたときの画像をみると、BCVを装着していない自然呼吸よりも横隔膜が下がっていることがよくわかる。

BCVの胸腔内圧に与える効果は設定圧の50~70%とされ、例えば持続陰圧で-20cmH₂Oの設定をした場合、胸腔内にはおよそ-10~-14cmH₂O近く

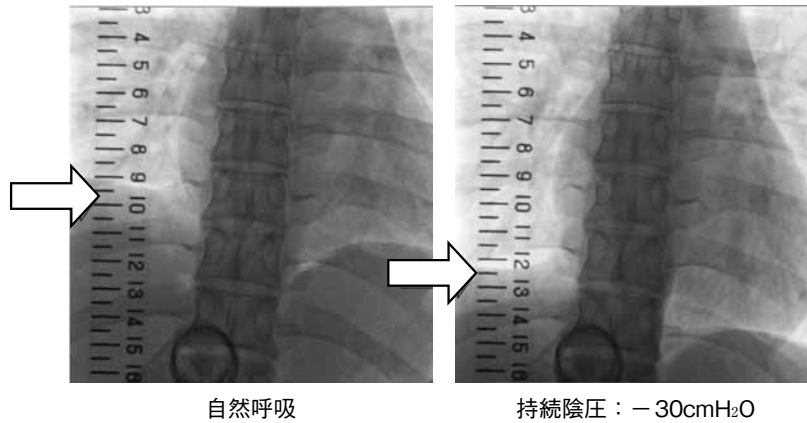


図4 BCVの効果

の圧を加えていることになる。

Ⅲ. 看護師に対するアプローチ

看護師に対しては、クリアランスモードに関する利点から説明し、看護ケアの一つとして活用できることを勧めた。しかしここでは、「排痰を促したいからまずBCVを装着する」と安易なアプローチにならないように注意した。なぜならBCVは患者の呼吸パターンにトリガー・同調して動作することが難しいので、患者が(従来の人工呼吸中でいうところの)ファイティングを起こすなど、誤用症候群(不適切な運動や誤った装具の使用により、骨・関節・軟部組織の障害を起こすこと)を引き起こす可能性がある。またBCVは胸郭全体をキュイラスで覆うため、患者の呼吸状態の観察を困難にさせるので、厳密なフィジカルアセスメントが特に必要となるからである。

ちなみにこのクリアランスモードによるバイブレーション機能は通常600～800回/分の振動を加える。800回/分の振動を加えた場合、計算上13Hz(800回/分=13回/秒=13Hz)加えたことになり、これは安藤ら⁷⁾が報告した胸部理学療法として13Hzの振動を連続的に気道内に与えることによって喀痰の性状(粘性)を変化させ咯出しやすくするという考え方とほぼ一致する。またこのクリアランスモードはcough機能も有しており、このcough機能はある一定の間隔で陽陰圧を繰り返すことによる肺容量の増加により排痰をもたらす効果もある(図5)。



図5 背中側にキュイラスをあて、排痰を促す

Ⅳ. 患者に対するアプローチ (看護ケア、観察のポイント)

1. キュイラスの装着と問題点

BCVは基本的に医師の指示の下に使用されるが、患者がキュイラスの装着を拒否したり、不快を感じるようなら、その時点で看護師の判断によりキュイラスを外す。患者の意識状態や状況によっては快適に使用できる場合もあれば、不快にさせてしまう場合もある。BCVは患者にとっても見慣れない機器であるので、BCVの必要性、利点や欠点を十分に説明した上でタイミング良く使用することが成功の鍵である。

筆者の経験では、BCVのキュイラス内に術直後の手術創がある場合においても、導入の方法次第で患者からは「マッサージされているようで気持ちがいい」という感想が聞かれたりする。

BCVの使用時に看護師が気をつけたいことの一つに、キュイラスによる皮膚損傷(図6)がある。キュ

キュイラス接触部の皮膚トラブル



図6 キュイラスによる皮膚損傷

イラスを装着するときには、コツとしては装着時に必ず2人以上でキュイラスを両脇から十分横向きに伸ばしながら、キュイラスがずれないように患者に装着する必要がある。キュイラスを十分伸ばさずに装着した場合、キュイラスの弾性により、皮膚と接触部がずれ、皮膚損傷（図6）のリスクが増す。また、このキュイラスシール（キュイラスを縁取るスポンジ様のもので皮膚保護やリーク予防の役割をしている）がずれる原因にもなり、このスポンジのずれが皮膚損傷にもつながるので気をつける。

また、キュイラスのサイズを選択も重要である。キュイラスのサイズが小さいとプラスチックの弾性で、キュイラスが外れようとする方向の力により、スポンジが損傷したりするので、患者の身体にちょうど合ったサイズかやや大き目のキュイラスを選択する。さらには患者とキュイラスの間にバスタオルを挟むことも皮膚損傷の予防になる。バスタオルはしわにならないようによく引っぱって、キュイラスを装着する。バスタオルはキュイラスのサイズがやや大きくてもタオルで間隙をなくすこともできるので便利である。

2. 患者家族への説明

患者や家族にとってBCVは見慣れない装置であり、キュイラスを装着していることが患者本人・患者家族にとっては羞恥心や重症感につながることもあり得るため、十分な説明と配慮が必要である。筆者はBCVを装着した患者の姿をみて家族が「身体に大きな穴があいちゃったんですか？」と尋ねられた経験もあり、必ず説明が必要である。また、BCVは1日中持続的に装着しておく必要がないので、患者の状態をみて、家族の面会時や食事中・後はBCVを外すなどの配慮も必要である。

3. 施行中の注意、観察ポイント

BCVを装着した際は可能な限り患者の側に付き添う必要がある。なぜならBCVを装着された患者は、キュイラスによる拘束により自力で身体を動かすことが多少なりとも不自由となるため、日常生活に支障をきたすことが多い。また、身体を動かした際に身体とキュイラスがずれて容易にリークが生じやすい。リークは設定値を保てず治療効果を得られないだけでなく、リーク部からのエアにより寒気→不快につながり、BCV失敗の一因となる。他にも、ベッド上の物を患者が直ぐ手の届くところに配置するなど配慮する必要がある。

BCVは人工呼吸の強制換気中の呼吸と同調しない。よって人工呼吸とBCVが容易にファイティングしやすいので注意が必要である。

図7³⁾は当施設での使用報告であるが、主に排痰を目的として使用したものが多かった。また、使用した診療科は循環器系が半数を占めた。主な使用目的は循環動態の改善、無気肺の改善、高炭酸ガス血症の改善、排痰のための使用である（この使用目的は必ずしもエビデンスに基づいたものではない）。

V. マニュアルの作成・整備

どのスタッフも統一した認識や方法でBCVがより安全に使用できるようにとの考えからBCVマニュアル整備を試みた。マニュアルは主にICU看護師のBCV使用感から得たもので作られた。

そしてBCVを安全に使用するために、院内勉強会を行っている。今後は実際の患者の使用経験をもとにマニュアルの修正変更を予定している。

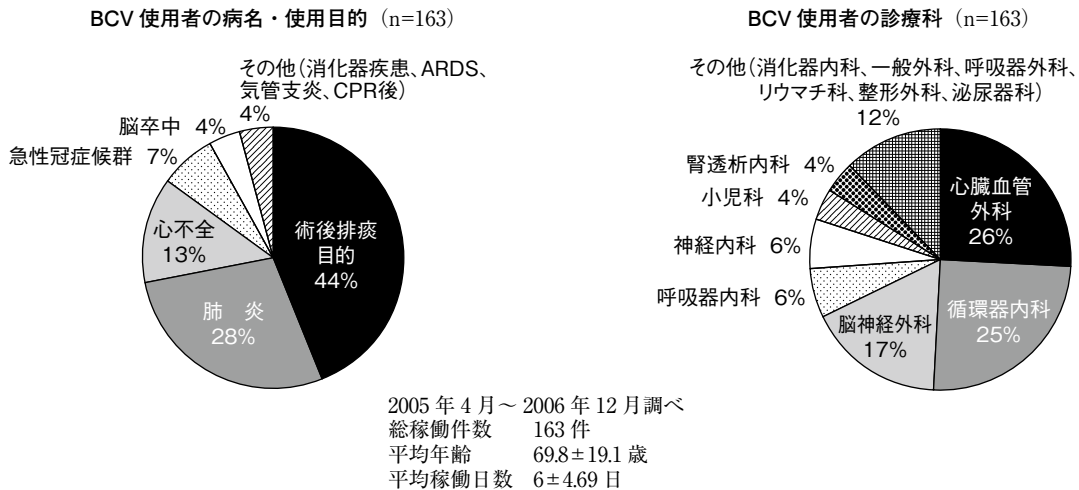


図7 当ICUにおけるBCV使用症例

Ⅵ. BCV に関する以前の報告

BCV を安全に使用するために、BCV の効果はどこまで確立しているのか文献検討を行った⁸⁾。結果は、主に循環器系の報告が多かった。研究の内容としては評価指標が生理学的なもの(循環動態や血液ガスの変化など)が多く、予後やICU在室日数などのアウトカムでの検証など十分な有効性の検証がされたものはなかった。また対象者が少なかったり、疾患・使用場面についても患者が限られており、さらなる検証が必要であることを感じた。

表1に主な研究を紹介する。

表1 BCV に関する過去の研究報告

著者(出版年)	対象者	方法	結果
Sideno B., et al. (1997) ⁵⁾	冠動脈バイパス術後の患者	BCV 使用13人とIPPV使用11人の比較	心係数が4hで2.0から2.6L/min/m ² に増加、SvO ₂ が64%から70%に増加
Scholz SE., et al. (1997) ⁴⁾	10cmH ₂ Oを超えるPEEPを使って陽圧換気をしている5人の重症患者	4時間CPPV-PEEPを施行した時の影響と4時間CPPV-BCVを施行した時の影響	CPPV-BCVで気道内圧が19.9から14.3cmH ₂ Oに低下 心係数が4.5から6.4L/min/m ² に増加
Takeda S., et al. (1997) ⁹⁾	12人の急性呼吸不全患者	人工呼吸管理(PSV+PEEP)中にBCVを併用し血行動態や血液ガスを測定	PAWPには変化見られず、心係数が3.0から3.4L/min/m ² に増加、SVIが32から39へ増加
Ruiz B., et al. (1996) ¹⁰⁾	9人のNPPV管理をしているCOPD患者	COPD患者におけるNPPVとBCVの効果をERA*と比較	BCVは左室機能を増加させる

*ERA: equilibrium radionuclide angiography; 平衡放射性核血管造影法

Ⅶ. 肺損傷の可能性

BCVは胸郭外から生理的な陽陰圧を加えることで、肺を拡張させるが、肺胞の過膨脹を促進する可能性もある。したがってBCVは循環・呼吸にメリットがある反面、従来の気管挿管をした人工呼吸との併用の際などにおいて肺胞の過膨脹による肺傷害を合併する可能性があることを念頭におく必要がある。

Ⅷ. 診療報酬について

BCVは診療報酬で人工呼吸として取り扱われるので、高価な本体やキュイラスを考慮しても、患者に対し適正な使用をすればきちんとした費用対効果が望める。

おわりに

BCVは従来の気管挿管をして行う人工呼吸器とは全く異なる人工呼吸器である。換気はキュイラスを巻くことにより行われるので、キュイラスの装着方法や患者の協力の具合が成功の鍵となる。従って、私たち看護師は患者がBCVを安楽に装着する方法を積極的に検討していく必要がある。

またBCVが生体に与える影響は大きく、設定や使用方法を誤れば、生体侵襲になりえることを念頭において使用する必要がある。

今後、誰でも安全にBCVを使用するためのプロトコルやガイドラインなどができ、医師・看護師・臨床工学技士を中心としたチーム医療により、患者にとって有益なBCVケアを行えるよう推進していく必要がある。

参考文献

- 1) Hayek Z, Peliowski A, Ryan CA, et al : External High frequency oscillation in cats experience in the normal lung and after saline lung lavage. *Am Rev Respir Dis.* 1986 ; 133 : 630-634.
- 2) Grasso F, Engelberts D, Helm E, et al : Negative-pressure ventilation : better oxygenation and less lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008 ; 177 : 412-418.
- 3) 剣持雄二 : 快適にRTXを使用するために 看護師によるRTX装着実体験をもとに、標準看護マニュアル作成までの試み. *日本集中治療医学会雑誌.* 2007 ; 14 Suppl : 350.
- 4) Scholz SE, Knothe C, Thiel A, et al : Improved oxygen delivery by positive pressure ventilation with continuous negative external chest pressure. *Lancet.* 1997 ; 349 : 1295-1296.
- 5) Sidenö B, Vaage J : Ventilation by external high-frequency oscillations improves cardiac function after coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1997 ; 11 : 248-257.
- 6) 梶原吉春 : 陰圧式人工呼吸器と陽圧人工呼吸器の併用により陽圧人工呼吸器のPEEP及び気道内圧を削減させる試みの検討. *人工呼吸.* 2005 ; 22 : 227.
- 7) 安藤守秀, 岡澤光芝, 榊原博樹 : 胸部理学療法に関する今日的考え方. *日本呼吸管理学会誌.* 2001 ; 11 : 302-312.
- 8) 剣持雄二 : BCV (陽陰圧体外式人工呼吸器) の研究に関する現状. *人工呼吸.* 2008 ; 25 : 201.
- 9) Takeda S : The combination of external high-frequency oscillation and pressure support ventilation in acute respiratory failure. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1997 ; 41 : 670-674.
- 10) Ruiz BJH, Adell TM, Cebriá AF, et al : A comparative study of the effects on the left ventricular function of 2 methods of noninvasive ventilation : NIPPV and EFHO-NB. *Rev Clin Esp.* 1996 ; 196 : 162-166.