

特 集

体外式陽陰圧式人工呼吸

臨床工学技士の立場から

佐藤敏朗

はじめに

著者の施設で使用している体外式陽陰圧式人工呼吸器 Biphasic Cuirass Ventilation は RTX[®] (輸入元: (株)アイ・エム・アイ) である。この人工呼吸器はキュイラス (Cuirass) と称されるドームを胸郭前面に被せ、外部より強力な陰圧を施して胸郭を拡張させ、二次的に肺胞を拡張させている。体外式陽陰圧式人工呼吸の手法は単純で生理的であり、低侵襲性換気補助であることから今日においては多岐にわたる疾患に施行されている。

RTX[®]には持続陰圧 (Continuous Negative)、コントロール (Control)、トリガー (Respiratory Trigger)、シンクロ (Respiratory Sync)、クリアランス (S.Clearance) モードが装備されており、以下に各モードを簡単に説明する。

1) 持続陰圧 (Continuous Negative) モード

キュイラス内に持続的な陰圧を施し胸腔内陰圧を増強させる。

2) コントロール (Control) モード

吸気キュイラス内陰圧、呼気キュイラス内陽圧、換気回数、I/E を設定し、強制換気様式で動作する。

3) トリガー (Respiratory Trigger) モード

吸気キュイラス内圧、呼気キュイラス内圧、I/E が設定項目であり、患者の吸気をトリガーした後に設定圧と I/E 設定の時間比率で換気補助を行う。吸気圧は陰圧、

呼気圧は陽圧で設定されることが多い。トリガーソースはキュイラス内とエアウェイで選択する。無呼吸やトリガミス対処のためバックアップ換気設定が可能。

4) シンクロ (Respiratory Sync) モード

基本的な設定はトリガーモードと同じであるが、吸気、呼気ともに患者の呼吸サイクルに同期して動作する。なお I/E 比はバックアップ換気時の設定となる。

5) クリアランス (S. Clearance) モード

高頻度の陽陰圧で胸壁に振動を与え、分泌物の移動を容易にする。またモード施行時に動作させることが可能な陽陰圧を利用した擬似的な咳嗽 (Cough モード) を組み合わせることにより分泌物の排出を促す。

無気肺の改善、気道内分泌物排泄促進、呼吸補助などは集中治療室で行うことが多かったが、現在では使用の簡便性や適応疾患の拡大にとともに、一般病棟での使用が急激に増加している。特に筆者の施設では小児科領域での適応範囲が拡大され、昼夜を問わず使用されている。

小児科領域では治療の迅速性が要求されることが多々あり、操作者や施行時間を選ぶことなく RTX[®] による初期段階の治療を行えることは非常に魅力的である。また疼痛に対し敏感な小児科患者において、施行時の疼痛が少ないことは治療を施すうえでは重要事項である。患児は小児科病棟内での施行に加え、疾患よりの呼吸苦が軽減されることを体感するため、度重なる使用に対しても受け入れが非常に良好である。このことは小児科領域の呼吸器疾患罹患患者の早期治療に対する治療成績に大きく貢献していると考察され、そ

の背景には前述の低侵襲性と、施行者を選ぶことのない使用簡便性による関わりが大きいことを強調するとともに、成人領域でもその適応範囲を拡げ、多くの一般病棟でも使用されている。

I. 臨床工学技士の関わり

RTX[®]に対する臨床工学技士としての関わりは、機器の保守管理と病態改善に対する施行環境の情報提供に大別され、前者は主にキュイラスの管理であり、後者は施行に適した手法の情報を提供するとともに、臨床効果判定に対する患者情報収集が主体となっている。

1. キュイラスシールの管理

当施設では RTX[®] に BCV 施行スタッフが増加するにつれキュイラスシールの劣化が著しく増加した。保守管理体制を強化すると同時にキュイラス装着注意点の指導を行っていても、破損頻度の改善はあまり得られていないのが現状である。現在 RTX[®] の使用増加にともないシールの予備品常備在庫を行い、さらに交換頻度を高めなければならなくなった。患者の治療を優先するにあたり RTX[®] の使用場所や施行スタッフの限定は難しく、そのために生じているキュイラス装着品質の低下によるシール破損に対しては、ある程度の容認が必要となっている。今後、経済的な問題点も含め、施行品質向上とともに検討事項である。

キュイラスのシールの管理では、特に使用頻度が増加している前出の小児科領域では重要で、小さな劣化も見逃すことはできない。

シールの破損はキュイラスの亚克力部分が患者に接触して皮膚損傷につながるため使用は避けなければならない。

大きなシール破損は確認が容易で即座に使用不能と判断される。また破損が目視確認で漏れた場合でも、陰圧制御範囲を超えた場合には施行初期にエラーアラームが作動し、機器の使用は不可能である。しかし機器の陰圧制御範囲内の小さく破損したシールを使用した場合には、キュイラス外部より陰圧維持のために持続的かつ大量の室内空気流入が生じ、これが原因となって患者の体温を低下させてしまう。シール破損部分よりの相対的流入量が大きくなりやすい小児の場合は、体温低下率も成人に比して大きくなりやすいと考えられる。一般病棟での使用頻度の増加や昼夜を問わ

ない施行により施行スタッフは増加したが、同時にキュイラス装着品質は大幅に低下した。患者の QOL 向上や ADL 改善のためには一般病棟での時間を選ばない使用は容認せざるを得ない状況にあり、キュイラスの装着や BCV 施行に対する質の低下をいかに防ぐかが重要な課題となっている。

図1～3に破損したキュイラスシールを掲載する。



図1 煩雑な使用が原因で使用不能となった成人用



図2 使用には問題とならない部分の破損



図3 皮膚損傷や水疱形成の原因となる見逃されやすい部分の破損

2. 施行手法の情報提供

医師から受持患者の治療に際し、RTX[®]施行の効果が期待できるのではないかと連絡を受けた場合、治療目標や臨床症状を考慮し、治療に適した手法の情報を提供している。

II. 症例紹介

過去、特に有用性が高かった症例を呈示する。

1. 小児慢性肺疾患（CLD）患者に対する手法

第30回日本呼吸療法医学会シンポジウム（2008年）で報告した症例である。

在胎29週1日帝王切開にて1,367gで出生した患児は、生後4ヶ月（修正月齢1ヶ月時）に2度の細気管支炎に罹患し、軽快後陽圧換気を離脱したが、残存する細気管支の浮腫によるものと思われる陥没呼吸が残り、Nasal CPAPによる連続的補助が必要であった。陽圧による補助は経口摂取時が困難であり、アダプターの密着による潰瘍形成や、患児の体動による陽圧維持に難があった。

上記の問題を解決するとともに陥没呼吸の改善を目的に、RTX[®]の持続陰圧モードで胸腔内陰圧を増加させ呼吸補助を試みた。その結果、呼吸状態の改善を得ただけでなく自力哺乳も可能となったと同時に母子間のスキンシップをももたらした（図4）。持続陰圧効果を確認するため授乳中に陰圧補助を中止すると強度の陥没呼吸を呈し哺乳が困難であった。

体外式陰圧換気は胸壁や腹壁を介し圧が伝達されるために、陽圧式に比べより均一な拡張効果が期待できる。持続陰圧が末梢気道開通を維持したことで陥没呼吸が改善し、吸気仕事量の軽減が得られ、自力哺乳を



図4 持続陰圧を試行しながらの授乳

可能としたと考えられた。

また母親は入院後はじめて児を抱くことが実現し、愛着形成に対しても有用であったと考察した。

本症例は、患児の成長とともに施行陰圧を減じ、RTX[®]開始より4ヶ月後には持続陰圧から離脱した。

2. 小児喘息患者に対する陽圧増強

第31回日本呼吸療法医学会一般演題（2009年）で報告した症例である。

4歳5ヶ月女児、2歳時より度重なる喘息発作を起こしていた。4歳5ヶ月、喘息大発作発症時に呼吸数の増加と著明な努力呼吸、PaO₂の低下、PaCO₂の増加を認めたためBCVを施行した。

BCVは小児科病棟内で喘息発作の出現しやすい早朝や午後に集中して行ったが、特に夜間は小児科当直医がRTX[®]を施行した。

施行時の設定は、喘息大発作時の呼出抑制を改善する目的で、陽圧+20～25cmH₂O、陰圧-10cmH₂O、換気回数30回/分の陽圧を増強したコントロールモードで開始した。施行時間は30～60分であり、終了後適宜クリアランスモードを追加した。

患児は当初頻呼吸であったが、施行中は呼吸数が減少しコントロールモードで設定した換気回数に合致した受動呼吸に転じていた。またRTX[®]の施行を数回繰り返した後は、時折患児自らクリアランスモードの施行を要求するようになった（図5）。

図6は入院時（左）と第3病日（右）の胸部レントゲン写真である。RTX[®]施行によりAir trapの軽減が認められた。

BCVの陽圧増強による施行は、一般的なRTX[®]の使用方法与異なっているが、これにより陽圧換気のため



図5 小児患者の受け入れは良好



図6 左：入院時、右：第3病日。Air trapの減少が認められた



図8 片側キュイラス装着（背側より）



図7 片側キュイラス装着（前面より）

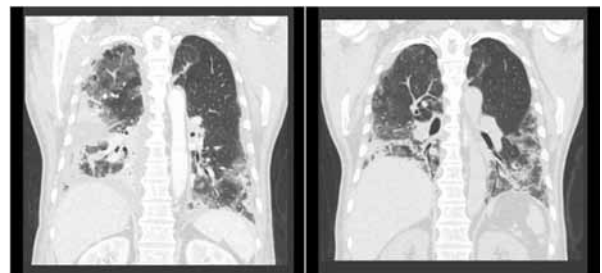


図9 左：試行前、右：試行後。右側無気肺の改善が認められた

の侵襲度の高い気管挿管が回避されたことは評価に値すると思われる。小児は成人に比して胸腹壁の柔軟性が高いため陽圧が効率よく伝搬され、陽圧増強は呼出補助に対し効果的に作用したものと考えられた。

BCVの施行に関しては患児の入院環境を変えることなく小児科病棟内で施行され、使用の簡便性から夜間帯であっても当直医が容易に施行可能であったことも、患児の治療効果に貢献したのであろう。

小児科領域のRTX[®]適応は拡大し、使用頻度が増加している。

3. 片側キュイラス使用

第31回日本呼吸療法医学会フォーラム（2009年）で報告した症例である。

無気肺症例に対し、患側を上方に位置した側臥位でキュイラスを装着し（図7・8）、クリアランスモードを使用して体位ドレナージ効果とともに改善をはかった（図9）。

キュイラスの片側装着方法は、強側彎症例においてキュイラスのフィッティングに苦慮する場合に有用な手法となる。側臥位で左右それぞれに適合するサイズ

を選択したキュイラスを使用することによりRTX[®]の使用が可能となる。

4. II型呼吸不全症例のQOL改善

第29回日本呼吸療法医学会一般演題（2007年）において、陽圧式換気と体外式持続陰圧の併用経験を報告した。これは、人工呼吸器からの離脱に際し酸素化が良好でも肺コンプライアンスが低値でII型呼吸不全を呈し離脱が困難となる症例に対し、陽圧換気中にRTX[®]による持続陰圧を付加することで肺コンプライアンスの改善を図り換気量を増加させる手法であった。

報告した症例は、在宅人工呼吸が予定されていたか、またはNPPVによる在宅人工呼吸を行っていた症例で、陽圧人工呼吸器による在宅人工呼吸に切り替えるため気管切開が予定されていたが、持続陰圧により換気量、あるいは肺気量が増加し肺胞換気量増加からII型呼吸不全を脱したため気管切開と在宅人工呼吸が回避された。

最近筆者の施設において、遺伝性脊髄小脳変性症により在宅NPPV中に気胸を併発し、術後II型呼吸不全を呈したため陽圧人工呼吸より離脱困難となった症

例を経験した。気管切開後、陽圧型在宅人工呼吸を予定していたが、持続陰圧とクリアランスモード施行によって、在宅人工呼吸の導入を遅らせ、患者のQOL改善に貢献した。

症例は53歳女性。41歳時に失調性歩行と構音障害を自覚し、受診後遺伝性脊髄小脳変性症を疑われた。2003年より伝い歩き、2005年より介助歩行、2008年より車椅子移動となった。2009年5月にPaCO₂ 130mmHgとCO₂ナルコーシスを呈し、NPPVとHOTで在宅へ移行した。

その後左側に気胸を発症し外科的処置にて対処したが、術後に低換気量によるⅡ型呼吸不全を呈し人工呼吸よりの離脱が困難であったため、在宅人工呼吸をも視野に入れた気管切開を施した。

この症例に対し、前出の陽圧式換気と体外式持続陰圧の併用(図10)で陽圧人工呼吸を離脱に導き、その後も1週間ほどBCVを行いNPPVが不要となった(図11)。図12はRTX[®]施行開始前後の胸部レントゲン写真、図13は施行前日(左)と1週間後(右)

のCT画像であり、明らかな改善が認められた。

BCVの施行は、連日持続陰圧40分とクリアランス20分を2回繰り返し施行した。その結果、在宅人工呼吸の導入は延期された。

疾患の性質上、近い将来に在宅人工呼吸の導入が予想されるが、RTX[®]により呼吸機能を改善し、その時期を無理なく遅延させることは、患者のQOL改善に大きく貢献できたものと考えられる。

ま と め

臨床工学技士の立場から、体外式陽陰圧式人工呼吸に対する機器の管理面と、臨床施行情報提供面に関する部分を記した。

機器の管理では、インテリジェント化する今日の医療機器の内部的保守管理は難しくなっている。この方面においては、取り扱いメーカーとの保守管理契約提携が望ましいと筆者は考え、精度管理とともに委託を前提としている。これは治療機器の性能を最大限に発揮し、より有効な臨床効果を獲得するために必須であ



図10 陽圧換気とRTX[®]の併用



図12 左：RTX[®]施行前、右：施行後。全体的に含気の改善が図られた



図11 ICU退出後の一般病棟内使用

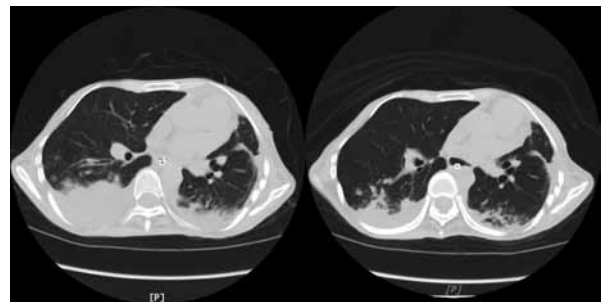


図13 左：RTX[®]施行前、右：施行後。右背側無気肺の改善が認められる

ると考える。

しかし RTX[®]におけるキューイラスの管理は、その施行成績や患者安全確保に関わる部分であり、細かな管理が必要である。

臨床施行情報提供面では、常に患者状態を把握しておかなければならない。また効果判定に対しては、臨床レベルの専門的知識を要求される。両者を考慮すると臨床工学技士の立場では距離を離しがちになってしまうが、患者を救うという事柄は医療従事者としての共通目標であり、そのために費やす努力を惜しんではならない。このことを常に念頭において、治療を受ける側を考慮しながら、今後更なる適応拡大と治療成績向上に貢献しなければならないと筆者は考えている次第である。