

□ 症例報告 □

人工呼吸ケアチーム回診時に発見された ピューリタンベネット 740 のバッテリー異常

中根 正樹¹⁾、後藤真理亜¹⁾、林 志保¹⁾、
小原 伸樹¹⁾、埜口 千里¹⁾、塚田 泰彦¹⁾
本田 隆宏²⁾、出羽 仁³⁾、村川 雅洋¹⁾

1) 福島県立医科大学医学部 麻酔科学講座

2) 福島県立医科大学医学部附属病院 集中治療部

3) 同上 手術部ME部門

ABSTRACT

PB740 Battery Abnormality Discovered at a General Ward Round by the Respiratory Care Team

Masaki NAKANE¹⁾, Maria GOTO¹⁾, Shiho HAYASHI¹⁾, Shinju OBARA¹⁾, Chisato NOGUCHI¹⁾,
Yasuhiko TSUKADA¹⁾, Takahiro HONDA²⁾, Hitoshi IZUHA³⁾, Masahiro MURAKAWA²⁾

1)Department of Anesthesiology, 2)Division of Intensive Care Medicine, 3)Division of Operation Room,
Fukushima Medical University School of Medicine, Fukushima 960-1295

A PB740 battery abnormality was discovered by chance during a round by the respiratory care team consisting of certified expert nurses in critical care, clinical engineers, and anesthesiology ICU physicians. One of two batteries which were connected in series had deterioration in one part of its inter-cell. In the general ward, artificial respirators with batteries are often used. After experiencing such a phenomenon in a battery that had been replaced less than one year ago, we reaffirm the importance of daily inspection and maintenance of medical equipment.

1. はじめに

当院では、麻酔科ICU医師、重症集中ケア認定看護師、臨床工学技士の3つの職種で構成される「人工呼吸ケアチーム (respiratory care team : RCT)」が2004年4月に結成され、一般病棟で人工呼吸を受ける呼吸不全症例の安全を守るために一週間に一度の割合で病棟回診を行ってきた。そのRCT回診時に、PB740 (ピューリタンベネット740、タイコ社) に搭載された鉛蓄電式バッテリー (ユアサ製) の異常が偶然発見されたので報告する。

2. 症例

67歳、男性。第5頸椎脱臼骨折による頸髄損傷のため頸椎固定術を施行されたが、肺炎を合併し術後3日目に呼吸不全となり気管挿管されICUに入室した。人工呼吸管理が長引くことが予想されたため気管切開を施行し、その翌日に整形外科病棟に転出し人工呼吸を継続することとなった。当施設では、一般病棟で人工呼吸を行う際にはバックアップバッテリー付き人工呼吸器であるPB740をおもに使用している。本症例でもPB740をICU機材室から病室に運び、通常通り、使用

前点検リストに従いチェックした後、短時間のランニングテストで異常の無いことを確認し患者に接続した。このときの人工呼吸設定は、FIO₂ 0.4、PEEP 5 cmH₂O、Pressure support 10 cmH₂Oであり、自発呼吸は横隔膜による腹式呼吸であったが20回/分前後で安定しCO₂の貯留も認めなかった。

一般病棟で人工呼吸が開始され3日後にRCT回診が行われた。この際、人工呼吸器の電源コンセントが一般常用電源に差し込まれているのを発見したため、非常電源に差し替える必要があった。ジャクソンリース回路がすぐに使用できる状態であり、またバッテリー残量表示ランプがフル充電であることを確認した後に、PB740の電源プラグをコンセントから引き抜いた。正常動作であれば自動的にバッテリー駆動に切り替わりアラーム音が発せられバッテリー残量表示ランプが点滅するのであるが、この時には数秒もしないうちに人工呼吸器の作動音が小さくなり、突然電源が切れ機械が止まってしまった。患者には直ちにジャクソンリース回路が接続され酸素投与下に補助換気が行われたため、呼吸状態に異常をきたすことはなかった。PB740を再度電源コンセントに接続したところバッテリー残量表示ランプは2つしか点灯しなかったため、なんらかのバッテリー異常が発生したものと判断し、別の人工呼吸器をICUから病棟に運び患者に装着した。異常のあったPB740をICUに運びテストしてみたが、同じような現象が反復して観察されたため、メーカーに点検・調査および修理を依頼した。

後日、タイコヘルスケアのテクニカルセンターから届けられた調査の結果では、PB740に搭載されているバッテリーは12ボルト（V）の鉛蓄電式バッテリーでありこれが2つ直列に接続され24Vの電圧を供給する（図1）のであるが、そのうちの一つが何らかの異常により極端に劣化しており、それが今回の偶発的電源停止の原因であることが判明した。ちなみに、このバッテリーは交換後一年も経っていない状況であった。

3. 考察

我々の施設では、一般病棟で人工呼吸を受ける患者に対してはバッテリー付きの人工呼吸器であるPB740をおもに使用している。本呼吸器は、圧縮空気を必要とせず酸素のみで駆動し、バッテリーもおよそ2時間半

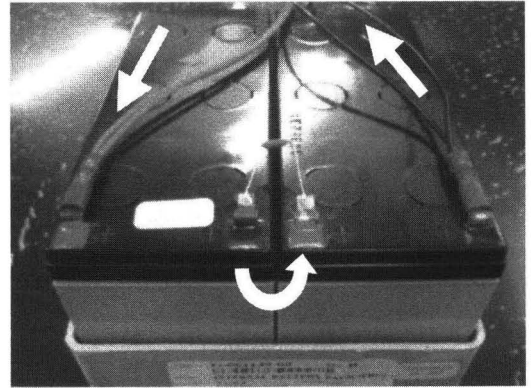


図1 PB740に搭載されている鉛蓄電式バッテリー
12ボルト（V）のバッテリーが2つ直列に接続され24Vの電圧を供給する。個々のバッテリーの内部にはひとつ2Vのセルが6個備えられている。

程度動作可能な容量を有している¹⁾ため、慢性期の一般病棟での人工呼吸にも適している。当院の一般病棟には、一般常用電源（白いパネル）と非常電源（赤いパネル）の二つが設置されており、人工呼吸器を使う際には、その電源プラグを非常電源コンセントに単独で接続するように指導している。この非常電源は、電源供給が停止した際には復帰まで数十秒かかり、その後、電源供給が再開されるが、ICUや手術室に備え付けられているような瞬時に切り替わる無停電電源とは異なる。そのため、電源供給が途絶えた際には、短時間ではあるがバッテリー駆動により人工呼吸器が動作し続ける必要がある。日本呼吸療法医学会が定めた「人工呼吸器安全使用のための指針²⁾」では、電源に関する事故を防ぐために、①無停電電源コンセントまたは一般非常電源コンセントを設置するか、人工呼吸器にバッテリーを常備する、②これらの定期点検を行う、③停電に備えて用人工呼吸器材をベッドサイドに常備する、とある。特に、ICU以外で人工呼吸を行う際のバックアップ電源は必須であり、在宅人工呼吸を含めて停電が起きやすい状況の慢性期症例には12Vバッテリーによるバックアップが推奨されている³⁾。

今回使用されたPB740には、密閉型でメンテナンス不要の鉛蓄電式12Vバッテリー（ユアサ製）が直列で2つ搭載され合計で24Vとなり（図1）、フル充電の状態ですら約2時間半のあいだは電源供給可能である。鉛蓄

電式であるため短期間で自然放電することは通常ありえない。また、たとえバッテリーが空であっても電源コンセントにつなぎスイッチを入れた状態で5時間程度の連続使用状態またはスタンバイ状態とすることによってバッテリーは充電されフル充電状態になる。今回の事例では、RCT回診日までにすでに3日間人工呼吸器が連続使用されておりバッテリーは十分に充電されていたはずである。実際、バッテリー残量表示ランプ(図2)もフル充電を示していた。しかしながら、電源プラグを引き抜いた数秒後に人工呼吸器が止まってしまった。このPB740は、今回使用する数日前まで他の患者に使用されており、その間のRCT回診では「電

源プラグ引き抜きテスト」を含めて各チェック項目とも異常は指摘されなかった。

メーカーであるタイコヘルスケアのテクニカルセンターからの事後調査報告により、PB740に搭載された2つのバッテリーのうち1つが極度に劣化していることが判明した(図3)。2つのバッテリーを直列に接続し充電状態にしておくると合計の電圧は規定範囲内を示したが、その状態でも内部抵抗が非常に高いことが分かった。バッテリー駆動の状態とした後にそれぞれのバッテリーを個別に調べたところ、1つはまったくの正常であったが、もう一つは電圧が10Vと低くなっており、しかも内部抵抗が非常に高かった。2つのバッテリーを接

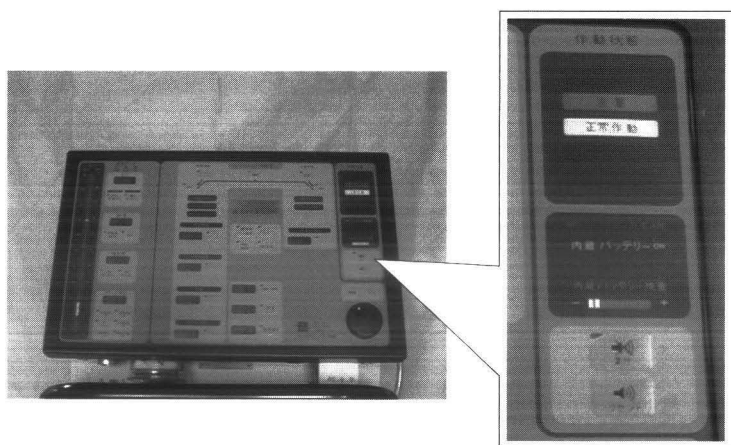


図2 PB740の正面パネルと内蔵バッテリー残量表示ランプ

AC電源が何らかの原因で寸断されると瞬時にバッテリー駆動に切り替わり、アラーム音とともに「内蔵バッテリーON」のランプが点滅する。内蔵バッテリー残量ランプは、はじめから+まで10個点灯しバッテリーが正常であれば約2時間後に向かって右側からひとつずつランプが消えていく。

	バッテリーNo1 (正常)	バッテリーNo2 (劣化)
・ AC電源による動作中 (バッテリーは充電状態)		
電圧 (V)	26.12	(直列の状態で測定)
内部抵抗 (Ω)	2.465	↑↑ (直列の状態で測定)
・ バッテリーによる動作中 (個々のバッテリーを測定)		
電圧 (V)	12.68	10.29 ↓
内部抵抗 (Ω)	0.044	2.257 ↑↑

図3 タイコヘルスケアでの調査結果

AC電源による動作中には、2つのバッテリーを直列につないだ状態での内部抵抗は高かったが電圧は正常であった。No1のバッテリーは正常であったが、No2のバッテリーの内部抵抗が高く、バッテリーによる動作中では電圧低下を認めた。

続しAC電源で使用した時の電圧が規定範囲内であったため、10分毎に調べてその値を表示するバッテリー残量ランプはフル充電を示していたのである。しかし、実際は内部抵抗が非常に高かったためにバッテリー駆動に切り替わった際の負荷によって急激に供給電圧が低下し停止したものと考えられる。同バッテリーは内部が6つの部屋に分かれており、今回はそのうちの1つのセルが何らかの原因で破損していた。他のセルおよびもう1つのバッテリーには異常が認められなかったことから、使用法の問題というより、製品出荷時からの異常か耐久性の問題が原因であった可能性が高い。だが、残念なことに、内部抵抗が高くなった原因の詳細は解明できなかった。

今回のようなバッテリー自体の異常は、人工呼吸器使用前であればバッテリーロード(負荷)テストをすることで発見可能であろう。しかし、使用前点検では異常が無くとも使用中に異常が発生したとなると、「電源プラグ引き抜きテスト」以外には異常を発見する方法はない。当院では、臨床工学技士にメーカーにより開催されているPB740のテクニカル講習会を受講してもらい、一般病棟からICUに返却されているあいだにバッテリーロードテストを徹底して施行することとし、RCT回診時には、停電を想定した「電源プラグ引き抜きテスト」を継続して行うことで対応策とした。電源プラグを引き抜く際には、本体内部に過電流が流れる可能性も懸念され、メーカーからは安全性を保障できないと伺っている。しかし、手っ取り早く停電状態を再現できるため実際に行っている施設もあるものと想像される。他社の人工呼吸器では、始業前点検のチェック項目の中に「電源プラグ引き抜き」が含まれているものもあるため、技術的には難しくないのかもしれない。ベッドサイドでは、医療従事者が電源コードを足で引っ掛けて抜いてしまうこともないとは言えず、電源引き抜きに耐えられる

人工呼吸器または耐久性の保障をユーザー側からメーカーに求めていきたい。いかなる医療機器も100%安全ということはありません。今後は、さらなるメーカー側の対応が待たれるところであるが、コストを度外視するならば、自動で定期的に行われるバッテリーチェックシステムが安全面での理想である。バッテリー自体の品質向上や新しいタイプのバッテリー開発も可能かもしれないが、最近では、医療事故に対する補償問題からバッテリー製造元が供給を中止するケースも出てきているようである。

4. おわりに

1994年に起きたノースリッジ大地震による停電時の教訓から人工呼吸器にはバッテリーが必要であるという認識が広まったが、まだまだ医療の中での歴史は浅いため今後の改善・改良が期待される。現時点では、我々人工呼吸器を扱う医療従事者が「バッテリーがあれば大丈夫」という安易な解釈をしないよう、またバッテリーに対しては常に監視を怠らないよう、ここに注意を喚起したい。

引用文献

- 1) 大杉幸夫：Puritan Bennett 700シリーズベンチレータ。救急医学 28：1475-1478, 2004
- 2) 篠崎正博、多治見公高、磨田 裕ほか：人工呼吸器安全使用のための指針。人工呼吸 18：39-52, 2001
- 3) Make JB, Hill NS, Goldberg AI, et al: Mechanical ventilation beyond the intensive care unit. Report of a consensus conference of the American College of Chest Physicians. Chest 113 (5 Suppl): 289S-344S, 1998