

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22790489

研究課題名（和文）医療機器への充電電池の応用 ～医療廃棄物の削減を目指して～

研究課題名（英文）Application of rechargeable batteries to medical equipment

研究代表者

新 秀直（ATARASHI HIDENAO）

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：90444091

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は充電電池を医療機器に応用することで、電池廃棄物の削減等を図ることにある。本研究では、充電電池管理システムの開発を行なった。また、実際に病棟で使用されている送信器で充電電池を使用しその問題点を検証した。その結果、使用条件によって、大幅に連続作動時間が変わるため運用上注意が必要であることが示唆された。今後、医療機器の開発の側面からも充電電池が安全に使用できるように検討することが必要である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to apply medical equipment with rechargeable batteries. This study was performed to create rechargeable battery management system. In addition, we examined their problems by using the rechargeable battery to the transmitter. As a result, continuous operating time became shorter by the condition. We will need to be careful. It is necessary to consider rechargeable battery that can be used safely from the development of medical equipment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,600,000	480,000	2,080,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：境界医学・医療社会学

キーワード：医療情報学

1. 研究開始当初の背景

医療機器には電源供給として再利用不可能な一次電池が使用されている物も多い。一次電池を使用する際の問題点としてその廃棄電池による環境問題が重要視されつつある。一方、繰り返し使用可能な二次電池の開発が進み、一般家庭でも利用される機会が多くなってきた。電池工業会によれば、2001年の二次電池の生産数の電池の総生産数に占める割合は26%とされているが、2008年

機種名	所有台数	乾電池の種類	使用本数
送信機1	49	単Ⅲ	2
送信機2	22	単Ⅲ	2
送信機3	25	単Ⅲ	2
送信機4	5	単Ⅱ	6
送信機5	2	単Ⅲ	1
SpO ₂ モニタ1	179	積層型9V	1
SpO ₂ モニタ2	4	積層型9V	1
SpO ₂ モニタ3	50	単Ⅲ	2
SpO ₂ モニタ4	8	単Ⅲ	4
SpO ₂ モニタ5	3	単Ⅲ	4
SpO ₂ モニタ6	7	単Ⅳ	2
SpO ₂ モニタ7	8	単Ⅱ	3
合計	12機種362台		

使用乾電池	所有台数	機種数
単Ⅱ乾電池	13	2
単Ⅲ乾電池	159	7
単Ⅳ乾電池	7	1
積層型9V	183	2

図1 乾電池を使用する医療機器（当院所有）

にはその割合は33%まで増加している。このことから、一般家庭において二次電池が使用される機会が多くなっていることが理解できる。

当院では、送信機や酸素飽和度モニタを中心に乾電池を使用する医療機器を12機種362台所有している(2007年)。使用される乾電池の型別で見ると、積層型9V電池を使用する機器が2機種183台と一番多く、次いで単Ⅲ乾電池が7機種159台の医療機器で使用されていることが分かった。一方で積層型9Vを使用する酸素飽和度モニタは現在販売中止となっており、今後は単Ⅲ乾電池を使用する酸素飽和度モニタへ切り替わることが予想された。従って、将来的に当院では多くの医療機器で単Ⅲ乾電池が使用される環境にあった(図1)。

また、当院における乾電池の発注数を調べてみると、2005年度では単Ⅲ乾電池や年間で約22,000本発注されており、その本数は乾電池発注数の58.3%であった。これらのことより、仮に単Ⅲ乾電池を再使用可能な単Ⅲ型の二次電池に切り換えることが可能であれば、その廃棄物などの減少が可能となり、環境問題への配慮が可能であることが示唆された(表1)。

名称	規格	価格	2005年度総 請求数(本)	請求金額
アルカリ乾電池	単Ⅰ	¥170	3250 (8.6%)	¥276,250
アルカリ乾電池	単Ⅱ	¥174	4280 (11.3%)	¥372,360
アルカリ乾電池	単Ⅲ	¥67	22062 (58.3%)	¥739,077
アルカリ乾電池	単Ⅳ	¥67	6556 (17.3%)	¥219,626
積層型 乾電池	積層型9V	¥199	1672 (4.4%)	¥332,728
合計			37820 (100.0%)	¥1,940,041

一方で、二次電池には従来型の一次電池とは異なる点がいくつかある。第一に、充電電池は、アルカリ電池などと比較すると一般に電圧が低い傾向にある。たとえば、一般の単三アルカリ電池では1.5ボルトの電圧に対して、充電電池では、規格上1.2ボルト(パナソニック株式会社製 eneloop)(SONY株式会社製 NH-AA-2BEL)という具合に電圧値が低い傾向にある。第二に、二次電池では電池容量が小さい傾向にもある。

さらに、充電を繰り返すうちに、性能が変化することも予想される。このような理由から、二次電池を医療機器に使用した場合、正常に起動しないとか、たとえ起動しても、一次電池よりも著しく短い寿命となり、臨床の場での使用に耐えない可能性がある。我々の先行研究(新秀直ほか:医療機器へ充電式乾電池は使用可能か?. 医科器械学, 第77巻10号:635~636, 2007.)では『送信器に充電電池を使用した場合には使用可能時間が短く、電池交換警報発生から電池切れまでの時

間が極端に短くなる傾向が見られた。』と報告しており、単純に全ての医療機器へ応用することは難しいことがわかっている。また、その後の研究(科研費:19793071)において、『6種類の充電式二次電池と8種類の乾電池を電池駆動式の酸素飽和度モニタに使用して、その連続作動時間を検証した。その結果、医療機器への使用が推奨されているアルカリ乾電池と比べて充電式二次電池は十分に使用可能であることが示唆された。また、2種類の充電式二次電池において、繰り返し使用の影響を検証した結果、充電式二次電池の種類によっては繰り返し使用することで、連続作動時間の減少が見られた。これらのことより、医療機器に充電式二次電池を応用する際には、特性を十分理解した上で応用する必要があることが示唆された。』という結果を得ている。

現在までの研究により、アルカリ乾電池と新品状態の充電電池とは、医療機器の種類によって連続作動時間に関しては十分応用可能であることが分かった。しかし、電池交換警報までの時間が短い傾向にあるなど、その特性上、注意しなければならない点も存在する。酸素飽和度モニタのような生命に直接影響が無い医療機器に関しては応用可能であるが、電池警報に気づかず、停止してしまった場合に生命に影響を与えるような医療機器に関しては注意が必要である。しかし、使用する医療機器の用途や充電電池の種類、実際に使用した場合の特性を考慮した上での充電電池の医療機器への応用は十分に可能であると考える。その際には、充電電池の管理という側面からも十分に検討する必要があり、充電電池の充放電履歴などを中央管理できるような体制作りも重要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は再利用可能な充電電池を医療機器に応用することで、電池廃棄物の削減と資源の有効活用を図ることにある。医療機器においてその電源供給として乾電池が使用されている機器も多く、乾電池の代わりに充電電池を使用することが可能となれば、電池廃棄物の削減に大きく貢献可能であり、地球環境に優しい医療の提供が可能となる。本研究では、先行研究の結果を基に、酸素飽和度モニタへ充電電池を使用し、実際の医療現場における充電電池管理システムの構築や運用面の問題を洗い出し、より臨床現場に近い環境での充電電池の使用方法を模索するものである。

3. 研究の方法

(1) バーコードによる充電電池管理システムの構築

Visual Basic と Microsoft Access を用いて電池管理システムを開発した。ノートパソ

コンとバーコードリーダーを接続し、バーコードを読み込むことで、充電電池の充放電回数が記録できるような仕様とした。また、HIOKI社製バッテリーハイテスタ BT-3563 とパソコンとを接続し、リアルタイムで内部抵抗を記録することを検討した。

(2) 充電電池管理上の問題点の洗い出しと評価

- ①東日本大震災の影響で、病院内の乾電池の供給が出来なくなる事態に陥り、一時的に送信機に対して eneloop(パナソニック株式会社)を使用した。その際の問題点を検討し、その問題点を踏まえて追加実験を行なった。
- ②実際に病棟で使用されている送信器で充電電池を使用した結果、酸素飽和度を測定している症例において、連続作動時間が短くなることが分かった。この事例を検討するために、送信器 (ZS-930P: 日本光電株式会社製) を用いて eneloop を使用し、心電図の測定だけの場合と心電図と酸素飽和度の測定を併用している場合をシミュレーションし、連続作動時間をそれぞれ 5 回測定した。

(3) 他の医療機器への拡張

送信器や酸素飽和度測定装置以外の他の医療機器への応用を検討した。

4. 研究成果

(1) バーコードによる充電電池管理システムの構築を行なった結果、図 2, 図 3 のようなシステムを構築した。また、HIOKI 社製バッテリーハイテスタ BT-3563 とパソコンとを接続し、リアルタイムで内部抵抗を記録することを検討した。しかし、物理的な通信ポートがテスタ (RS-232C) とパソコン (USB) が違うことが主な原因で通信することができなかった。したがって、内部抵抗は手入力する仕様のシステムを構築した。今後、パソコン側が USB 接続しかできない状況を鑑みると、USB 接続ができるテスタの販売が望まれる。



使用方法

- ①電池IDをバーコード入力
- ②内部抵抗を手入力
- ③登録ボタンで記録
- ④CSV出力ボタンで表示されている一覧がCSV出力される。

使用ソフト: Visual Basic
データベース: Microsoft Access
データベース記録内容

それぞれの項目をVBよりAccessに記録
※回数について
登録時、データベース全体の電池IDの個数を抽出し、回数を計算

図2. 充電電池管理システム

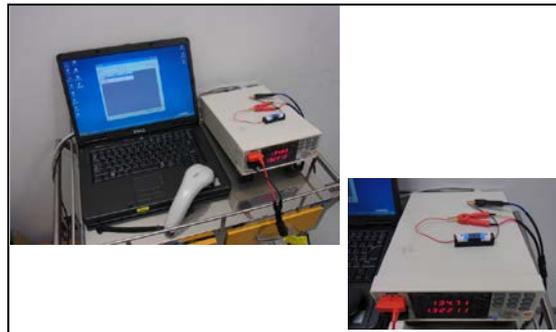


図3. 充電電池管理システムの外観

(2) 充電電池管理上の問題点の洗い出しと評価

- ①東日本大震災の影響で、病院内の乾電池の供給が出来なくなる事態に陥り、一時的に臨床使用している送信機に対して eneloop を使用した。eneloop を心電図測定のための状態で送信器に使用した場合にはアルカリ乾電池に比べて連続作動時間は約 75% (約 6 日) であり、電池交換警報が発生する時間が短いということに基づき、週 2 回 (火曜日, 金曜日) の定期的な充電電池の交換をすることで、安全に充電電池が使用できるように運用を定めた (図 4)。しかし、使用中に電池が切れてしまう事例が複数回報告され、アルカリ乾電池の供給不足が解消された時点で eneloop の継続使用は断念した。このような事例を分析すると、心電図測定に加えて、酸素飽和度を常時使用するような症例であり、その場合には、発光量が測定環境によって変化するために、実験よりも連続作動時間が短くなってしまったことが要因として考えられた。
- ②上記の問題点を検証するために、送信器 (ZS-930P: 日本光電株式会社製) を

MEの現場から

東京大学医学部附属病院 医療機器管理課 MEセンター
内線: 31044
<http://www.ochu.tokyo.ac.jp/melms/me/>
mail: ME-SU@ph.tokyo.ac.jp
2011年3月発行 特別号

【特集】 生体監視モニタ用送信機への充電電池使用について
運用開始は3月29日(火)の交換からです
現在使用しているアルカリ電池は、交換後SPD倉庫へ返却してください

東北地方太平洋沖地震の影響でアルカリ単三乾電池の供給にはきり目処が立っていません。そこで、対応策として**生体監視モニタの送信機に限定して充電式ニッケル水素電池 eneloop**の運用を開始します。しかし、充電電池はアルカリ乾電池とは異なる性質を持っていますので、運用方法が異なります。以下に充電電池の性質、運用方法をまとめましたのでお知らせします。

充電電池 (eneloop) の特徴

- ① アルカリ乾電池に比べて、持続時間が75%しかありません。
アルカリ乾電池は約8日もちましたが、充電電池は約6日もちません。
- ② アルカリ乾電池の電圧値 1.5V に対して充電電池 1.2V と低電圧であること、また電圧が急激に低下するため、アラームから電源オフまでの時間が**2分程度**しかありません。そこで、安全に送信機をお使いいただくために、週に2回電池を交換する必要があります。

【運用方法】 交換は火曜と金曜です

送信機に充電電池を使用した場合は寿命は約6日です。そこで、1週間に2回、火曜日と金曜日に電池交換をお願いします。電池は交換日**前日**に SPD より処置カートまたは処置トレイで搬送します。搬入する数は送信機の買出し数分 (1台あたり2本) とします。使用済み電池は翌日 (水曜と土曜) 処置カートまたは処置トレイで回収します。使用時間や使用の有無に関わらず**全て返却して下さい**。次の交換まで、充電電池は再利用して頂いて構いません。充電電池は**送信機のみ**に使用して下さい。他のME機器は未検証です。

運用スケジュール	搬入	夕方処置カートで搬入
月曜日	搬入	夕方処置カートで搬入
火曜日	電池交換	
水曜日	回収	未使用も回収
木曜日	搬入	夕方処置カートで搬入
金曜日	電池交換	
土曜日	回収	未使用も回収
日曜日		



図4. 充電電池の運用を掲載した院内広報誌

用いて eneloop を使用し、心電図を測定している場合と心電図と酸素飽和度測定を併用している場合とをシミュレーションし、連続作動時間をそれぞれ5回測定した。

統計解析には JMP9.0 (SAS Institute Japan 株式会社) を使用し、スチューデント t 検定を用い、有意水準を 5% として検定を行なった。

図 5 に連続作動時間の比較を示す。心電図の測定だけの場合には、平均 157.0 ± 5.2 時間の連続作動時間であったが、心電図と酸素飽和度測定を併用した場合には平均 98.6 ± 12.1 時間であった。

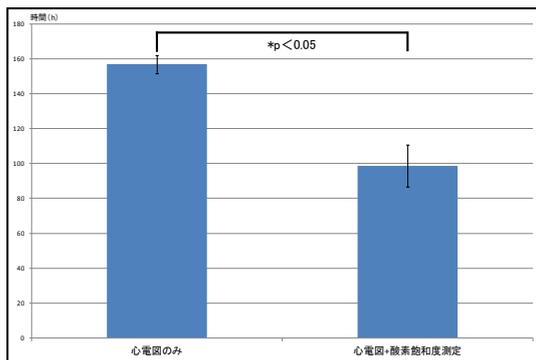


図 5. 測定条件による連続作動時間の比較

酸素飽和度測定を併用した場合には約 40% 程度連続作動時間が短くなる傾向があることが分かった。このことより、使用条件によって、大幅に連続作動時間が変わるため運用上注意が必要であることが示唆された。

(3) 他の医療機器への拡張

送信器や酸素飽和度測定装置以外の他の医療機器への応用を検討した。候補として上がったのは、ホルター心電図測定装置であるが、ホルター心電図装置は主に自宅で使用されるものである。医療者の管理外の場所で使用されることも多く、運用上その管理が難しいことが懸念されるため、応用を見送った。また、海外での充電電池の使用状況を調査したが、そのほとんどが、内蔵充電電池を使用している場合が多く、単三型や単四型の乾電池を使用している医療機器で充電電池を応用できるような医療機器を見つけることができなかった。

(4) 今後の展望と課題

現在、eneloop pro (パナソニック株式会社) という、eneloop に比べて繰り返し充放電耐性は劣るが大容量化されている充電電池も新たに販売されている。今後、eneloop pro を用いて、連続作動時間を評価すると共に、繰り返し充放電耐性が、医療機器へ応用可能であるかどうかを検討する必要がある。さらに、

医療機器が乾電池と変わらず、問題なく使用できるように、医療機器の開発の側面からも検討していく必要がある。現在の医療機器では、アルカリ乾電池の放電曲線を利用して電池電圧を検出することで、電池交換警報を発生している。しかし、充電電池では放電曲線が異なるために、電池交換警報がうまく作動しないといった問題も今回の一連の研究結果より知見を得ている。これらの問題を解決するためには、充電電池の放電曲線から電池交換警報を発生させるような新たな取り組みが重要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 0 件)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新 秀直 (ATARASHI HIDENAO)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号 : 90444091