

# 胸郭インピーダンスおよび OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> の遠隔モニタリングにより，心不全増悪の早期発見，加療が可能であった重症心不全の1例

A Case of Decompensated Severe Heart Failure for Whom Remote Monitoring of Thoracic Impedances and OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> Was Useful for Early Detection and Rapid Cure for Rapid Exacerbation of Chronic Heart Failure

橋本 美央 小田 登\* 藤原 舞 元田 親章 徳山 丈仁 梶原 賢太 西楽 顕典 槇田 祐子 中野 由紀子  
木原 康樹

Mio HASHIMOTO, MD, Noboru ODA, MD\*, Mai FUJIWARA, MD, Chikaaki MOTODA, MD,  
Takehito TOKUYAMA, MD, Kenta KAJIHARA, MD, Akinori SAIRAKU, MD, Yuko MAKITA, MD,  
Yukiko NAKANO, MD, FJCC, Yasuki KIHARA, MD, FJCC

広島大学病院循環器内科

## 要約

今回，われわれは遠隔モニタリングシステムにより送信された不整脈イベントおよび OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> の所見から，心不全増悪を早期に発見し加療が可能であった症例を経験した。症例は59歳男性。筋ジストロフィーを原疾患とする重症心不全であり，除細動機能付き両心室ペースングを施行されている。1回目の心不全増悪入院前の OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> の推移を解析し，心不全の評価に有用であると判断されたため，これらを遠隔モニタリングによりフォローしていたところ，アラート送信により心不全増悪所見が疑われた。電話連絡にて来院を促し，心不全増悪と診断，2回目の入院加療となったが，1回目の入院よりも早期加療が可能であり，短期間の入院で軽快した。OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> は，心不全の新たな客観的モニタリング指標となる可能性が示唆された。

<Keywords> 心不全診断  
植込み型デバイス

遠隔モニタリングシステム  
胸郭インピーダンス

J Cardiol Jpn Ed 2011; 6: 163 – 168

## 目的

これまで，慢性心不全患者の在宅，外来管理における体内水分ボリュームの評価は，自覚症状や体重変化などに頼らざるを得ず，正確な臨床的客観的指標が存在しなかった。近年，心不全患者に対する加療法の一つである，植込み型除細動器（ICD）や除細動機能付き両心室ペースメーカー（CRTD）に，胸郭インピーダンスを自動測定する機能を持つものが臨床応用されている。胸郭インピーダンス，およびこれから算出される OptiVol Fluid Index<sup>®</sup>（以下 OFI と略す）はともにうっ血の客観的指標となることが期待されてい

る。さらにこれらの情報を，遠隔モニタリングにより医療者が把握できるシステムも構築されつつある。今回，われわれは遠隔モニタリングシステムにより送信された不整脈イベントおよび胸郭インピーダンスと OFI の所見から，心不全増悪を早期に発見し加療が可能であった症例を経験したので報告する。

## 症例

患者 59歳，男性。

主訴 労作時呼吸困難。

家族歴・既往歴：特記すべきことなし。

## 第1回目入院

現病歴：2003年1月，心不全を発症し，筋生検にて筋ジ

\* 広島大学病院循環器内科

734-8551 広島市南区霞 1-2-3

E-mail: odanoboru@mail.goo.ne.jp

2010年8月30日受付，2010年9月21日改訂，2010年10月13日受理

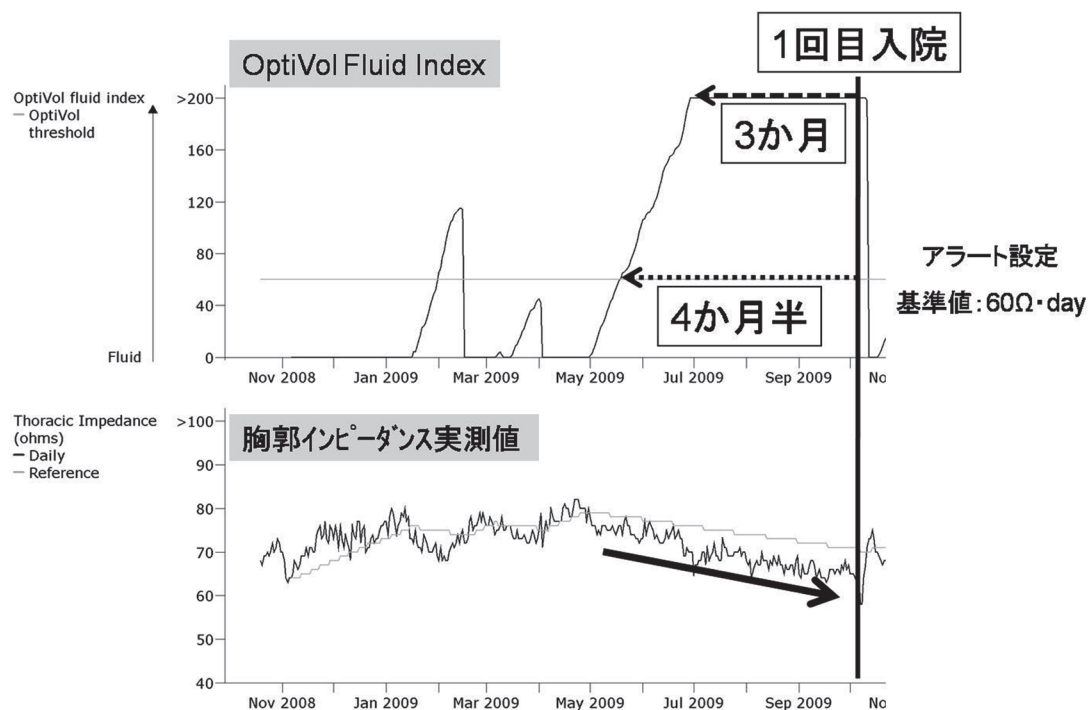


図1 1回目入院前の胸郭インピーダンスおよび OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> の推移。  
 図上段:1 回目入院の 4 カ月半前に OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> は推奨基準値である 60 Ω・day を超えており、さらに入院 3 カ月前には最大値である 200 Ω・day に達している。図下段: この間、矢印のとおり胸郭インピーダンスは持続的に低下している。

ストロフィーと診断された。以後、ACE 阻害薬、カルベジローラなどにより加療を開始されていた。2007年9月、植込み型除細動器 (ICD) の植込み術を施行、2008年11月に除細動機能付き両心室ペースメーカー (CRTD) へアップグレードされた。しかしながら、その11カ月後の2009年10月、特に誘因なく全身倦怠感、労作時息切れが増悪し、心不全増悪所見を認めたため当院へ入院した。

入院時現症：血圧 80/60 mmHg、脈拍 80/分 (両心室 3 点ペーシング調律)、動脈血酸素飽和度 92%、末梢循環不全あり。CRTD 植込み時より 4 kg の体重増加あり。

胸部レントゲン所見：心拡大、肺うっ血、左側少量胸水あり。

血液検査所見：NT-proBNP 15,158 pg/ml。

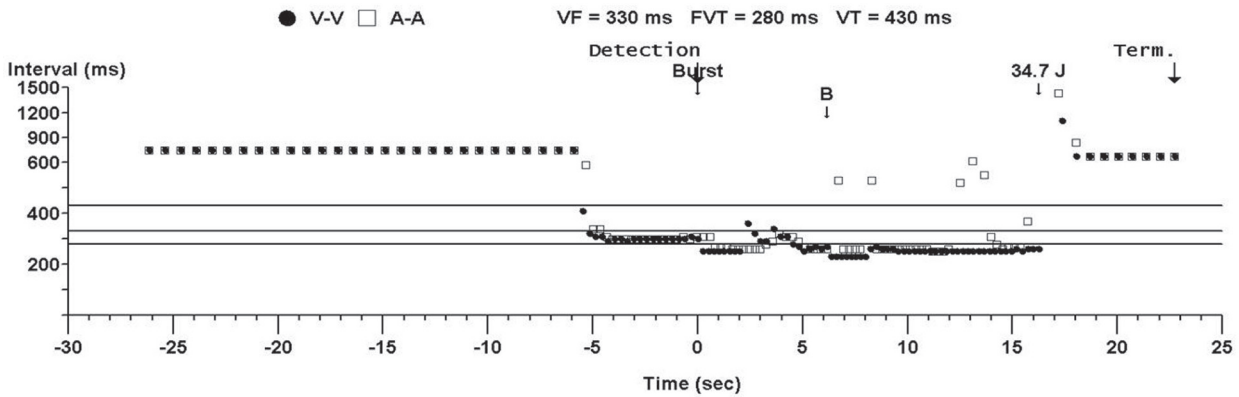
心エコー：左室拡張末期径 70 mm、左室収縮末期径 64 mm、左室収縮率 24%。

入院後経過：低心拍出症候群を主体とし、うっ血も伴った重症心不全であったため、ドブタミンの持続静注により加療を行った。約 1 カ月の入院加療にて体重が約 4 kg 減少し、

心不全兆候は改善した。2008年11月にICDをCRTDにアップグレードされた時点より、胸郭インピーダンスおよびOFIが自動測定されていたため、これらの推移を解析した(図1)。OFIは入院4か月半前に、基準値の60 Ω・dayを超えていた。さらに入院3カ月前には最大値である200 Ω・dayに達していた。その後も胸郭インピーダンスは低下し続け、最終的に入院加療となった。本症例において、胸隔インピーダンスおよびOFIは心不全の評価に有用であると判断されたため、退院時に遠隔モニタリングを導入し、OFIのアラート設定を120 Ω・dayとして経過観察することとした。

## 第2回目入院

現病歴：1回目入院加療後は特に自覚症状なく経過していた。しかしながら退院1か月半後の2009年12月にOFIのアラートが遠隔モニタリングにより送信された。心不全の増悪が考えられたため、近医で利尿剤の増量を依頼した。この2週間後に心室頻拍に対するショック治療の情報が遠隔モニ



**図2** 2回目入院前に送信された不整脈イベントに対するショック治療。  
 患者は持続性心房細動のため心房リードを右室流出路に留置して3点ペースングを施行中である。頻拍周期300ms程度の心室頻拍に対して、FVTゾーンに入り、抗頻拍ペースングが2回行われている。その後、頻拍周期が短縮し280ms以下となったためショック治療が行われ、頻拍は停止している。  
 VF: ventricular fibrillation, FVT: fast ventricular tachycardia, VT: ventricular tachycardia.

タリングにより送信された(図2)、頻拍周期300ms程度の心室頻拍に対して、抗頻拍ペースングが2回行われていた。その後、頻拍周期が短縮し280ms以下となったためショック治療が行われ、頻拍は停止していた。午前4:30のイベントであり、患者は就寝中で自覚症状は認めなかった。胸隔インピーダンスおよびOFIから心不全増悪も考慮されたため、同日、電話連絡により来院を促したところ、心不全の増悪所見があり2回目の入院加療とした。

入院時現症: 血圧92/68mmHg, 脈拍80/分, 動脈血酸素飽和度95%, 末梢循環不全はなし。1回目退院時より1kgの体重増加あり。

胸部レントゲン所見: 心拡大あり, 肺うっ血は1回目入院より軽度。

血液検査所見: NT-proBNP 5,653pg/ml。

入院後経過: 1回目の入院より心不全の増悪は軽度であり、内服調節などによる短期間の入院で改善することが可能であった。1回目入院加療後から、2回目入院までの胸郭インピーダンスおよびOFIの変化を解析した(図3)。1回目の入院加療により、胸隔インピーダンスは改善しOFIはリセットされていた。退院1カ月半後のOFIアラートにより、近医にて利尿剤の増量が施行されたところ、やや胸郭インピーダンスは改善したが、OFIはリセットされず、再び胸郭インピーダンスは増悪していた。OFIアラートから2週間後の心室頻拍に対するショック治療時にはOFIは再び200Ω・dayに達しており、心不全の増悪が強く疑われる所見であった。

1回目および2回目の入院前後の胸隔インピーダンス、OFI、その他心不全の検査指標を比較すると、胸隔インピーダンスの低下かつOFIの上昇は、胸部レントゲンでのうっ血、体重の増加、NT-proBNP値の上昇と非常によく相関していた(図4)。

## 考 察

本症例は、筋ジストロフィーを原疾患とする高度の左室収縮能低下により、両心室ペースメーカー施行後も心不全の増悪入院を繰り返している重症心不全症例である。両心室ペースメーカー施行後、初回心不全増悪入院前の胸郭インピーダンスおよびOFIを解析することで、これらは心不全増悪による体内水分ボリュームの増悪を反映していると判断できた。このため、初回心不全増悪入院後はこれらを遠隔モニタリングによりフォローしていたところ、心不全の増悪所見および就寝時の無症候性不整脈イベントを、ほぼリアルタイムに医療者が把握することが可能であった。早期に心不全増悪を捉え、治療開始する事ができたため、短期間の入院加療で心不全の改善が得られた。

胸郭インピーダンスおよびOFIは、植込み型デバイス本体と右心室リードの間の抵抗を測定することにより、心不全による肺うっ血のモニタリングを目的として臨床応用されている。胸隔インピーダンスは、デバイス本体と右心室リードの間のインピーダンスを一日数十回自動測定し一日の平均値を算出して決定される実測値である<sup>1)</sup>。OFIは、リファレンスイ

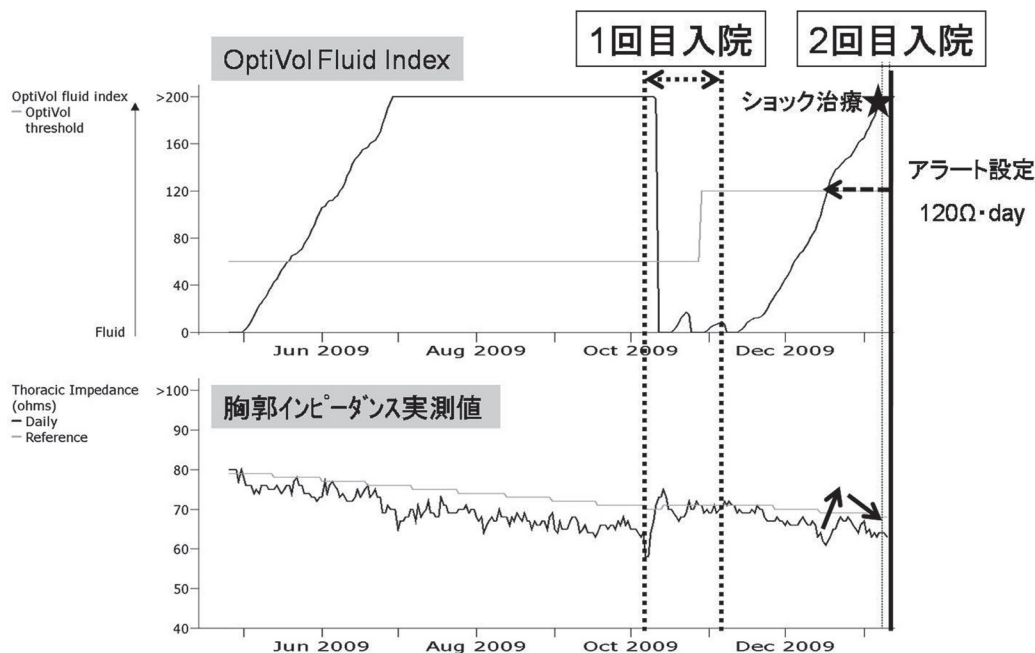


図3 2回目入院前の胸郭インピーダンスおよび OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> の推移。

1回目入院直後に胸郭インピーダンスは上昇し、OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> はリセットされている。OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> のアラート設定を 120 Ω・day へ変更しフォローしたところ、2回目入院の約2週間前に OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> は 120 Ω・day を超え、アラート送信されている。利尿剤の増量により、胸郭インピーダンスはやや上昇しているが、リファレンスまでは到達せず、再び低下に転じている(図下段矢印)。このため OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> はリセットされず、上昇を続けている。2回目入院直前のショック治療時には OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> は 200 Ω・day へ達している。

ンピーダンス(デバイス植込み後31-34日目の胸郭インピーダンスの平均値により決定され、その後は自動的に推移する)からの胸郭インピーダンスの差と、その持続日数から算出されるインデックス値であり、こちらはアラート設定が可能である。胸隔インピーダンスの実測値は個体間の差が大きいため、OFIはこの問題を解消する目的で、個々のリファレンスインピーダンスを決定し、これと毎日の平均胸隔インピーダンスを比較することで算出されている。胸郭インピーダンスは実測値であるため上昇もしくは低下するが、OFIは上昇するのみで、一定条件を満たせばリセットされる仕組みである<sup>1)</sup>。これらは一部の植込み型デバイスで自動的に測定されている。デバイス本体と右心室リードに挟まれる部分の抵抗値であるため、本体周囲の炎症や血種などによる液体貯留や、肺炎や気胸などの肺疾患でも変化してしまう可能性もある<sup>2)</sup>が、Yuらは、胸郭インピーダンスは、肺動脈楔入圧との間に逆相関 ( $r = -0.61, p < 0.001$ ) が、また体液喪失量との間に相関 ( $r = 0.70, p < 0.001$ ) があることを報告しており<sup>3)</sup>、

またLarsらは胸郭インピーダンスの変化率とNT-proBNPの変化率との間に逆相関 ( $r = -0.30, p < 0.001$ ) があることを報告している<sup>4)</sup>。さらに胸隔インピーダンスとOFIのアラート機能を用いることで心不全入院が減少したという報告<sup>5)</sup>もある。本症例においても、胸隔インピーダンスおよびOFIは、胸部レントゲンでの肺うっ血所見や、NT-proBNPの推移を非常によく反映していた。また、遠隔モニタリングのOFIアラートを使用することで、ほぼ無侵襲にOFIをフォロー可能であった。

これまでの報告では、OFIアラートをデバイスからのアラーム音により患者に告知するという方法を用いたものが多く、患者が音を聞き逃す、アラーム音を無視するなどの可能性があった<sup>5)</sup>。しかしながら近年は本邦でもICDやCRTDなどのハイパワーデバイスは、遠隔モニタリングが使用できるようになっている。特に各種アラートを設定することにより、不整脈イベントのみならずOFIアラートも自動的に送信されるものも使用可能であり、これを用いることで、ほぼ患者に

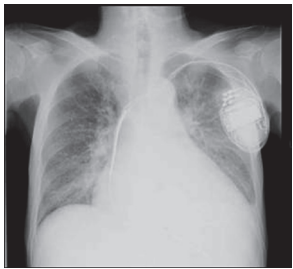
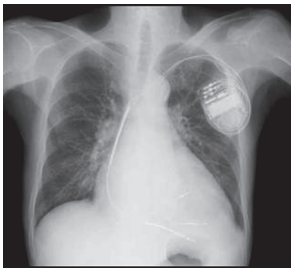
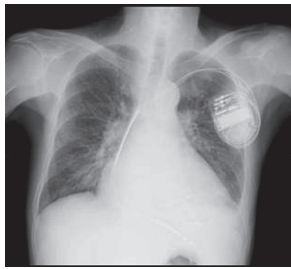
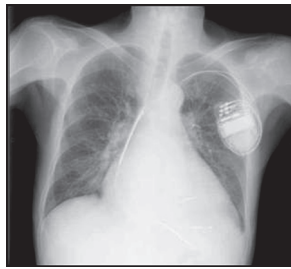
	1 回目入院時	1 回目退院時	2 回目入院時	2 回目退院時
胸部レントゲン				
体重	47.2 kg	43.5 kg	44.5 kg	43.6 kg
NT-proBNP	15,158 pg/ml	4,629 pg/ml	5,653 pg/ml	NA
胸隔抵抗	58.5 Ω	71.3 Ω	59.5 Ω	70.8 Ω
OFI	200 Ω・day	リセット	200 Ω・day	リセット

図4 経過中の各種心不全指標と胸郭インピーダンス・OptiVol Fluid Index<sup>®</sup>の推移。

胸隔インピーダンスおよび OptiVol Fluid Index<sup>®</sup> は、各種心不全指標（胸部レントゲンでのうっ血・胸水所見，体重，NT-proBNP）と並行して推移している。

NT-proBNP：N terminal-pro brain natriuretic peptide，OFI：OptiVol Fluid Index<sup>®</sup>。

無侵襲かつ従来よりも短期間で医療従事者が各種情報を把握できる。OFIアラートに関しては、推奨基準値である60 Ω・dayでは陽性的中率の低いとの報告もある<sup>6)</sup>が、患者に無侵襲でアラートは医療従事者が把握できるため、アラート送信時には医療従事者の判断で患者への連絡および受診の有無を決定できる。これまでの報告と異なりアラーム音が鳴るたびに医療機関への連絡や受診をする必要がないため、患者への負担は軽いと考えられる。

前述したとおり、OFIアラートの推奨基準値である60 Ω・dayでは、当院の自検例でも陽性的中率は低い(全OFIアラート71回のうち臨床的心不全増悪は14回、臨床的心不全増悪を平均28.3日前に予測可能であり、感度100%、陽性的中率19.7%)。本症例でも後ろ向き解析にて、OFIは初回入院の4カ月半前に基準値である60 Ω・dayを超えており、この時点ではほぼ無症状で外来通院可能であった。このためOFIアラート設定を120 Ω・dayとしフォローしたところ、2回目入院のきっかけとなる不整脈発作の14日前にOFIアラート送信されており、本症例における心不全の増悪をよく反映していると考えられた。しかしながら、このOFIアラート設定120 Ω・dayという値が、全ての心不全症例で標準的に有用であるとは言えない。今後の症例の蓄積や、大規模

研究の結果などにより適切なアラート設定値が確立されることが期待される。現段階では、OFIアラート設定に関しては、個々の症例でアラート基準値を変更させるなど、症例毎の工夫も必要と考えられる。

胸郭インピーダンスおよびOFIは、心不全患者における体内水分ボリュームの新たな客観的指標となる可能性が示唆された。これらは遠隔モニタリングにより、患者にほぼ無侵襲でリアルタイムに医療者が把握することが可能であり、重症心不全患者の在宅管理の新たなツールとなる可能性を秘めている。今後はこれらを用いることで、心不全患者の入院予防や入院期間短縮へもつながることが期待される。

## 文献

- 1) Li W. Fundamentals of Intrathoracic impedance monitoring in heart failure. Am J Cardiol 2007; 99[suppl]: 3G-10G.
- 2) Li W. Key lessons from cases worldwide. Am J Cardiol 2007; 99[suppl]: 34G-40G.
- 3) Yu CM, Wang L, Chau E, Chan RH, Kong SL, Tang MO, Christensen J, Stadler RW, Lau CP. Intrathoracic impedance monitoring in patients with heart failure, correlation with fluid status and feasibility of early warning preceding hospitalization. Circulation 2005; 112: 841-848.

- 
- 4) Lars L, Dirk V, Till D, Peter S, Dieter Z, Gerd H, Christina U. Intrathoracic impedance monitoring to detect chronic heart failure deterioration: Relationship to changes in NT-proBNP. *Eur J Heart Fail* 2007; 9: 716-722.
  - 5) Massimiliano M, Domenico C, Claudio C, Chiara V, Guiseppe V. Usefulness of intrathoracic fluids accumulation monitoring with an implantable biventricular defibrillator in reducing hospitalization in patients with heart failure: A case-control study. *J Interv Card Electrophysiol* 2007; 19: 201-207.
  - 6) Claudia Y, Jeroen J. B, Ernst E. V, Martin J. S, Lieselot E. Intrathoracic impedance monitoring to predict decompensated heart failure. *Am J Cardiol* 2007; 99: 554-557.