

● 一般演題

Brugada 症候群の心電図の独立成分分析

石川医院 石川 康宏

独協医科大学越谷病院循環器内科 高柳 寛

はじめに

Brugada 症候群は v1 から v3 の ST 上昇を伴う右脚ブロック (RBBB) がみられ、心臓に器質的異常が認められず、心室細動 (VF) による失神発作あるいは突然死のエピソードを有する症候群として報告された¹⁾。Brugada 型心電図が日本人の 0.1% と多いことから、VF を来すリスクの高い群を検出する方法の確立が求められている²⁾。

独立成分分析 (ICA) は、未知の信号をいくつかの独立な成分 (IC) の線形結合と仮定し、その統計的な性質に注目して、元の IC に分解する手法である³⁾。

ICA は、QRS 中の異常な心筋興奮を検出できる可能性があるが、応用にあたって三つの問題点がある。第一は、ICA は確率的な方法であり、同一データでも ICA ごとに結果が異なることである。第二は、IC の大きさと方向が決定できないという点である。第三は、IC の個数 (次数) を決定できないという点である。われわれは、第二の問題点を逆独立成分分析 (IICA) という独自の方法で解決し IC の同定を可能とした。第三の問題点については、ICA の過程を逆に辿り Kurtosis や情報エントロピーの変化から IC の個数の推定を試みた。また、第一の問題点については、ICA を数十回繰り返し出現頻度の多いパターンについて、それぞれ IICA を施し IC の由来を推定し、併せて Kurtosis や情報エントロピーの変化を考慮し合理的であると考えられる ICA のパターンを選択した。

1 方法と症例

症例は、43 歳の男性で失神発作があり、独協大病院にて Brugada 症候群の診断にて除細動器の植込みを受けている。心起電力ベクトルを 2.048kHz にて 16 チャンネルの生体アンプ (TEAC MA-1000) を介して、A/D コンバータ (Elmec EC-2360) にて時系列データとしてノートパソコンに取り込んだ^{4,5)}。逐次、IC を抽出する deflation にて Fast ICA³⁾ を施行した。図 1 の左 3 列に示すごとく、心電図は RBBB を呈しており、v1, v2 で Coved 型、v3 で SaddleBack 型の ST の上昇がみられた。図 1 の右 3 列は ICA の結果である。図 2 には ica2 の IICA の結果を示したが、同様におのおの IC を IICA することで、ica1 は左室外膜側の QRS 電位、ica2 はブロックされた右室の興奮波、ica3 は図 3 で示すごとく、右室の限局された部位での異常興奮、ica4 は心室中隔付近 (v3) からみた興奮波形、ica5 は T 波と P 波の IC であり、以下の ICA 成分はノイズであると推定した。

図 2 の実線は ica2 のおのおの心電図波形への逆変換を示している。破線は元の心電図波形である。右列の最下段は ica2 を示す。ica2 の元の心電図波形における分布状況がわかる。ica2 は、RBBB の ICA で通常認められるブロックされた右脚部分の心筋興奮と考えられる。

図 3 の実線は ica3 のおのおの心電図波形への逆変換を示している。破線は元の心電図波形である。右列の最下段は ica3 を示す。ica3 の元の心電図波形での分布状態がわかる。ica3 は v3 の QRS の大部分と ST を占め、通常の RBBB の ICA ではみられない波形であり、v3 近

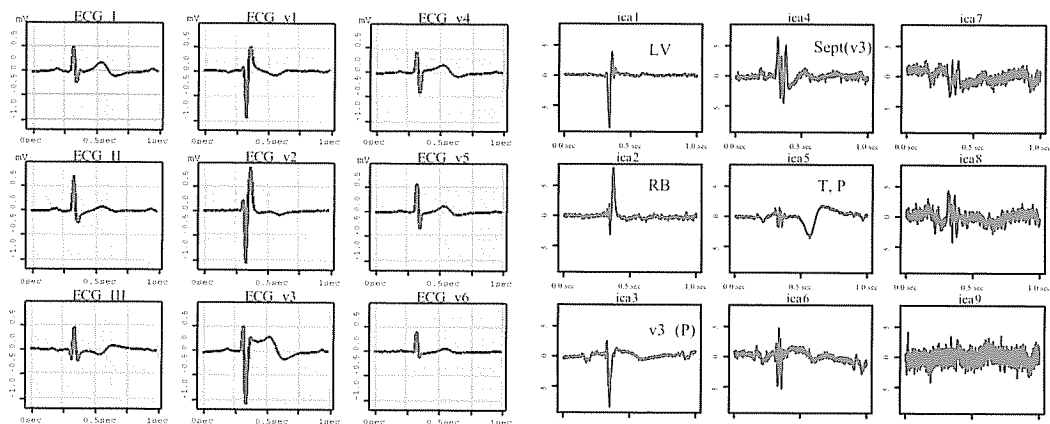


図 1 元の心電図 (左 3 列) と ICA (右 3 列)

心電図は RBBB を呈しており、v1, v2 で Coved 型、v3 で SaddleBack 型の ST の上昇がみられる。右 3 列は ICA の結果である。ICA することで、ica1 は左室外膜側の QRS 電位、図 2 で示すごとく、ica2 はブロックされた右室の心筋興奮波、ica3 は図 3 で示すごとく、右室の局限された部位 (v3) での異常興奮、ica4 は心室中隔 (v3) 付近から観測した心室興奮の波形、ica5 は T 波と P 波の独立成分、以下の ICA 成分はノイズ。

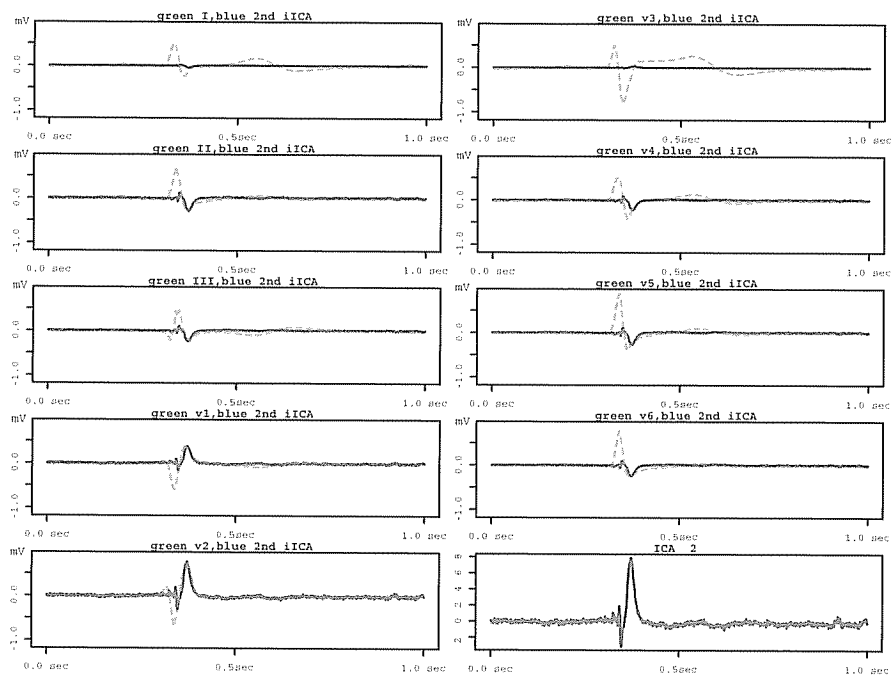


図 2 ica2 の元の心電図波形への逆変換

実線は ica2 の元の心電図波形への逆変換を示している。破線は元の心電図波形である。右列の最下段は ica2 を示す。ica2 の元の心電図波形への分布状況を知ることができる。ica2 は、J 波もしくはブロックされた右脚での右室の心筋興奮に相当すると考えられるが、本例では RBBB でのブロックされた右室の心筋興奮波と J 波との形態的な鑑別は困難であった。

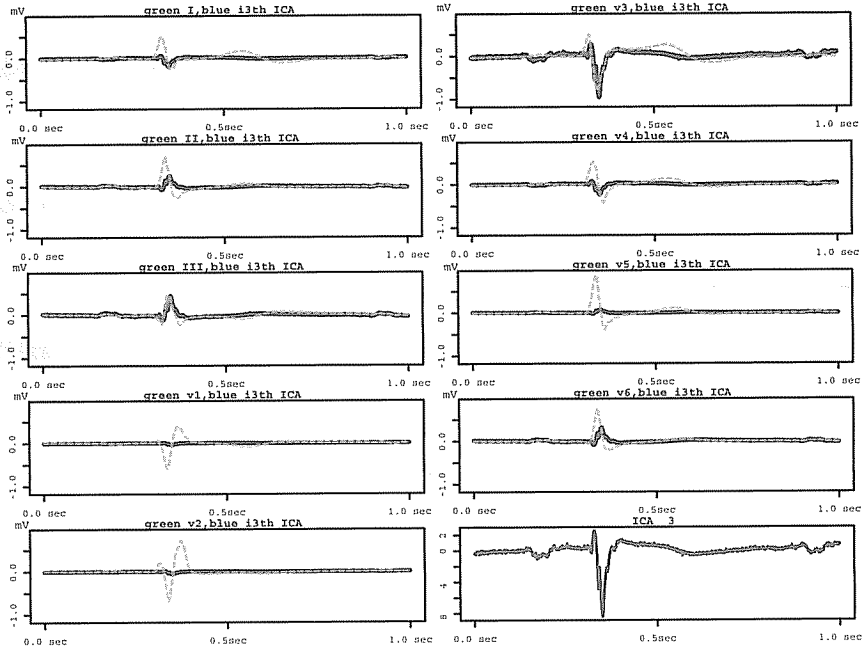


図 3 ica3 のおのおのの元の心電図波形への逆変換 (実線) を示したグラフ
破線は、元の心電図波形である。右列の最下段は ica3 を示す。ica3 が元の心電図波形にどのような分布していたかを知ることができる。ica3 は通常の RBBB の ICA ではみられない波形であり、右室近傍 (v3) の限局された部位で不均一な興奮が起きていると考えられる。

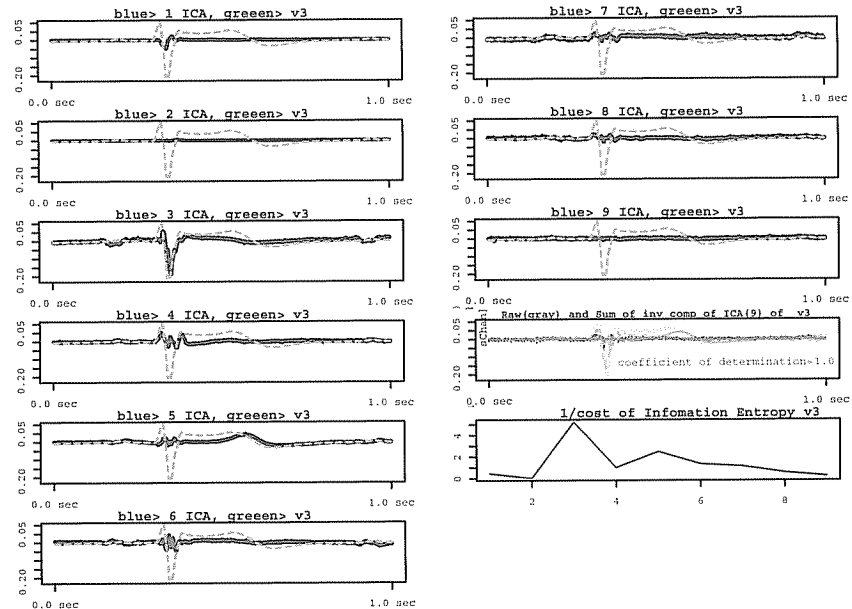


図 4 v3 での各 ICA の v3 への逆変換を示すグラフ
左列の上から ica1, ..., ica9 の順であり、右列の最下段は、各逆変換成分の情報コスト関数の変化である。この図から v3 がどのような独立成分からどのように構成されているかを知ることができる。ica3 が v3 の QRS の構成と ST の上昇に大きく寄与している。

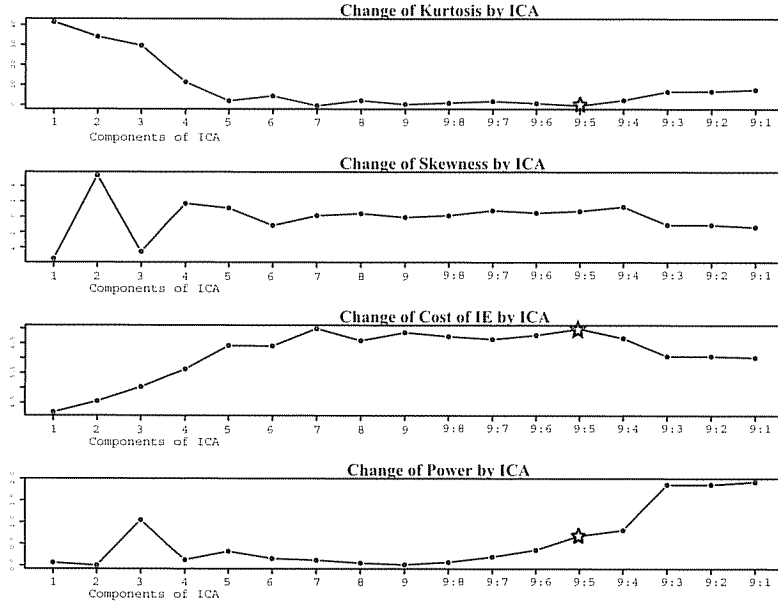


図 5 v3 における ICA の過程とその逆過程での Kurtosis と Information Entropy の変化

指標は上段から, Kurtosis, Skewness, 情報エントロピー, Power の順である。9:5 は, ica9 から ica5 の成分の和を示している。9:5 において (星印の箇所), Kurtosis と情報エントロピーの変化が大きいため, 本 Brugada 症候群の心電図波形は, 六つの独立な成分からなると考えられた。

傍の限局された部位で不均一な興奮が起きていることが示唆された。

図 4 は v3 での各 ICA の v3 への逆変換について示した。破線は v3 である。左列の上から ica1, ..., ica9 (実線) の順であり, 右列の最下段は各逆変換成分の情報コスト関数の変化を示す。右列の下から 2 番目には 9 つの ica の v3 への逆変換と, その和と v3 の一致率が 1 であることを示しており, 完全再合成であることがわかる。この図 4 から v3 がどのような IC からどのように構成されていたかを知ることができる。

図 5 は v3 における ICA の過程とその逆過程での Kurtosis と Information Entropy の変化を示した。9:5 は ica9 から ica5 の和を示している。9:5 において Kurtosis と情報エントロピーの変化が大きいため, 本 Brugada 症候群の心電図波形は, ノイズも含め六つの独立な

成分からなると考えられた。

2 考 察

Brugada 症候群では RBBB が特徴的心電図所見とされていたが, これは RBBB ではなく, J 波の出現とその顕著化であるとする説が有力となり, Brugada 症候群の心電図上の最も重要な所見は J 波の出現・顕著化と ST 上昇であるとされている⁶⁾。しかし, 本症例では Brugada 症候群で J 波の出現するであろう v1, v2 では, 図 2 のごとく ica2 はブロックされた右脚部分の QRS の興奮を示しており, J 波と通常の RBBB の ICA でみられるブロックされた右室興奮波とを形態的に区別できなかった。ica3 の IICA での v3 という限局部位にみられた QRS の異常興奮波と ST の上昇は, 右室心外膜に限局した遺伝子 SCN5A の異常という成因と一致する所見と考えられる。

結 論

Brugada 症候群の心電図の ICA, IICA から, Brugada 症候群の QRS において, 右室の限局された部位に異常な興奮波形を認めた。ICA により Brugada 型心電図との鑑別が可能であるか否か, さらに症例を重ねて検討する必要があると考える。

文 献

- 1) Antzelevitch C, Brugada P, Brugada J, Brugada R, et al. The Brugada Syndrome. New York:Futura Publishing Comp:1999. p.1-8, 38-50.
- 2) 清水渉. イオンチャネル病の最近の話題. Ther Res 2004;25:1569-75.
- 3) Hyvärinen A, Karhunen J, Oja E. Independent Component Analysis. New York:JOHN Wiley-Interscience;2001. p.165-202.
- 4) Ishikawa Y, Mochimaru F. Wavelet theory-based analysis of high-frequency, high-resolution electrocardiograms : a new concept for clinical uses. Prog Biomed Res 2002;7:179-84.
- 5) Mochimaru F, Fujimoto Y, Ishikawa Y. The fetal electrocardiogram by independent component analysis and wavelets. Jpn J Physiol 2004;54:457-63.
- 6) 森博愛. Brugada 症候群. 2005 (accessed January 30, 2005, at <http://www.tk2.nmt.ne.jp/~morih/Bru-new-top.htm>)