

H_013

Color Kinesis 負荷心エコー画像処理による虚血性心疾患の識別

Differentiation of coronary artery disease
by processing ultrasonic color kinesis images

徐 健[†] 汐崎 陽[†] 丸岡 玄門[†] 平野 豊[‡] 増山 理[§]
Jian Xu Akira Shiozaki Genmon Maruoka Yutaka Hirano Tohru Masuyama

1. まえがき

近年、医療分野では心筋梗塞 (OMI) と狭心症 (AP) の診断に、Color Kinesis 心エコー画像 (CK 画像) が用いられている。OMI と AP は、虚血性心疾患の代表的なものであり、心筋に対する酸素供給の不足により心臓の動きが悪くなる病気である。医師は目測で CK 画像から心室壁の動きを分析し、心疾患を診断している。しかし、医師の経験により生じる診断結果の差異が問題になっている。そこで本研究は、医師の診断支援のために、CK 画像から診断に有効な心機能特徴量を抽出し、OMI と AP を識別することを目的とする。

本研究で用いる CK 画像は、PHILIPS 社製 SONOS-5500 により撮影された収縮期左心室短軸断層像である。OMI は安静時と運動負荷後両方において心臓の動きが悪いのに対し、AP は運動負荷によって心臓の動きが悪くなる場合がある。そのため、医師は安静時と運動負荷後に撮影した 2 枚の画像を用いて OMI と AP を診断する。負荷直後の画像では心室壁の運動異常が顕著に現れるため、これを用いて診断することが多い [1]。しかし、診断可能なきれいな CK 画像を得るために、患者が一時的に息を止めて撮影したりするものの、負荷直後では診断可能なきれいな CK 画像が撮影しにくい。そこで本研究では負荷直後の CK 画像の代わりに、負荷後 3-7 分経過後の画像を用いて、OMI と AP の識別ができるかどうかを調べる。評価の信頼性を考慮し、本研究では OMI 患者数と AP の患者数が最も多い右冠動脈 (RCA) の部位について識別実験を行う。

2. 心機能特徴量

心室壁の動きの範囲を表す領域 (図 1(a)) から RCA 部位に相当する領域 (図 1(b)) を抽出した後、RCA 部位の輪郭線を三等分することで RCA の領域を三分割する (図 1(c))。

以下では、RCA 領域全体及び RCA 部位の三分割領域における心機能特徴量として、面積、移動量、収縮遅延時間について説明する。

面積 面積は心室壁運動を表す最も基本的な特徴量である。RCA 領域全体と三分割領域について、安静時の面積 (A)、負荷後 3-7 分後の面積 (B)、及び (A)-(B) である面積の低下量を特徴量とする。

移動量 移動量は心室壁が移動した距離を示す値である。RCA 領域全体と三分割領域について、安静時の移動量 (C)、負荷後 3-7 分後の移動量 (D)、及び (C)-(D) である移動量の低下量を特徴量とする。

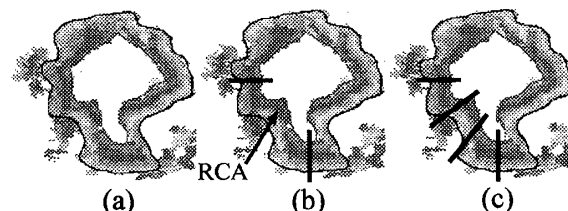


図 1 対象領域の分割

収縮遅延時間 収縮遅延時間は、安静時に比べ負荷後 3-7 分後動きがどれだけ遅れるかを示す値である。RCA 領域全体と三分割領域について、収縮率 100%に達するまでの遅延時間の累積、収縮率 30%に達するまでの遅延時間の累積と収縮率 60%に達するまでの遅延時間の累積、収縮率 30%に達した時の遅延時間と収縮率 60%に達した時の遅延時間、を特徴量とする。

3. 実験

本実験では、RCA 部位が AP である患者 4 名、OMI 患者 2 名、併発 (OMI+AP) 患者 2 名、正常者 27 名合計 35 名の被検者を対象に、診断に有効な特徴量を探索し、それを用いて心疾患症例の識別実験を行った。

3.1 有効な特徴量の抽出

医学的見地より、OMI は安静時と負荷後両方において、心臓の動きが悪い。特に安静時の特徴量において、OMI は AP、正常 (normal) との間に差がでやすく、1 つの特徴量を用いることで OMI の識別ができると考えられる。

また AP は、安静時には心臓の動きは normal と変わらないものの、負荷をかけると悪くなる傾向がある。しかし、AP の内には労作性 AP や異型 AP などがあり、程度はさまざまである。更に、負荷後数分経過後には、個人差により AP の特徴が消えたりすることも考えられる。ゆえに、AP の識別に特徴量を 1 つだけを用いることは困難であり、いくつかの特徴量を組み合わせて識別する必要がある。そこで、2 章で述べた特徴量の分布図から、AP (OMI+AP を含む) か AP でないかを識別するのに有効な特徴量を以下のように求めた。まず、全ての特徴量において、AP 患者が満たす値の範囲を求めた。次に、各特徴量において、AP でないが、特徴量の値が AP 患者が満たす値の範囲内である被検者を省き、そうでない被検者を残した。このようにして残した AP でない被検者の中に、29 名の AP でない被検者が全て含まれるような最小の特徴量の組合せを選択した。それらの特徴量を以下に示す。

- RCA 領域全体における、負荷後 3-7 分後の面積 (f1)

[†] 大阪府立大学工学研究科電気・情報系専攻

[‡] 近畿大学医学部循環器内科

[§] 兵庫医科大学循環器内科

- RCA 三分割領域の内、動きの最も悪い部分における、収縮率100%に達するまでの遅延時間の累積 (f2)
- RCA 領域全体における、収縮率30%に達するまでの遅延時間の累積 (f3)
- RCA 三分割領域の内、動きの最も悪い部分における、収縮率30%に達した時の遅延時間 (f4)

AP 患者が満たす特徴量の値の範囲は、f1 では 123.19 ~ 196.85, f2 では 17.97 ~ 140.62, f3 では -13.93 ~ -0.01, f4 では 0.27 ~ 2.21 であった。次節の識別では、これらの値を閾値として用いる。

AP の中で、OMI+AP を識別するのに特徴量 f4 を用いる。f4 において、AP 患者が満たす値の範囲は 0.27~0.86, OMI+AP 患者が満たす値の範囲は 1.30~2.21 であった。また、AP でない被検者の中で、OMI と normal は次に示す特徴量において差があった。

- 安静時 RCA 三分割領域の内、移動量の最小値 (f5)

f5 における OMI(OMI+AP を含まない) 患者が満たす値の範囲は 10.60~11.02, normal の被検者が満たす値の範囲は 17.98~65.48 であった。

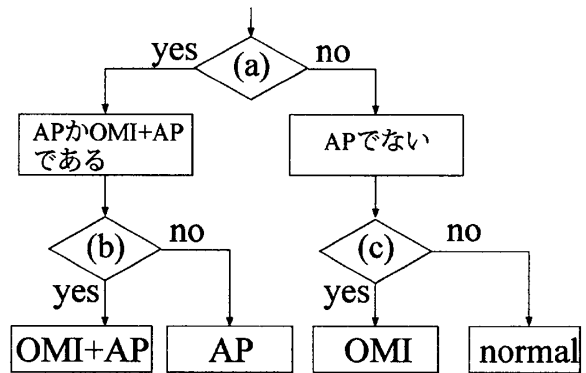
3.2 心疾患症例の識別

図2は、前節で求めた特徴量を用いた心疾患の識別手順を示す。まず、被検者のある特徴量 f の値を x_f とし、その特徴量において x_f が AP の値の範囲内であれば、 $g(f) = 1$ とし、そうでなければ、 $g(f) = 0$ とする。但し、 $f \in \{f1, f2, f3, f4\}$ である。条件 (a) において、f1, f2, f3, f4 のどの特徴量においても値が AP の範囲内であれば、AP の特徴を持つと見なし、AP か OMI+AP であると識別する。そうでなければ、「AP でない」と識別する。次に、AP(OMI+AP を含む) であれば、条件 (b) の判別に移る。条件 (b) において、f4 の値 x_{f4} が閾値 Tb より大きければ OMI+AP, そうでなければ AP と識別する。f4 の値が Tb より大きいことは、OMI+AP が安静時に心臓の動きが悪いため、安静時に比べ負荷後の収縮遅延が AP 程顕著ではないことを意味する。f4 における AP の値の範囲と OMI+AP の値の範囲により、 Tb を 1.08 と設定するのが妥当である。また、「AP でない」であれば、条件 (c) の判別に移る。条件 (c) において、f5 の値 x_{f5} が閾値 Tc より小さければ OMI, そうでなければ normal と識別する。f5 の値が Tc より小さいことは、安静時に局所的に動きが十分ではないことを意味する。f5 における OMI 値の範囲と normal の値の範囲により、 Tc を 14.50 と設定するのが妥当である。

4. 考察

文献 [2] では、安静時と負荷直後の CK 画像を用いて心疾患を識別している。本研究では、安静時と負荷後数分経過後の CK 画像を用いて心疾患を識別している。以下では、両者を比較する。

まず、有効な特徴量の求め方について、前者では、各特徴量について normal 群と OMI 患者群及び AP 患者群の3群間で平均値の差の多重比較を行って求めた。後者では、各特徴量の分布図を検討することにより求めた。



条件(a): $g(f1) \times g(f2) \times g(f3) \times g(f4) = 1$ であるか?

(APと「APでない」を識別するための条件)

条件(b): $x_{f4} > Tb$ であるか?

(APとOMI+APを識別するための条件)

条件(c): $x_{f5} < Tc$ であるか?

(OMIとnormalを識別するための条件)

図2 識別手順

表1 $SP_{SE100}(\%)$

	本実験	文献 [2]
OMI の SP_{SE100}	100%(33/33)	93.3%(14/15)
AP の SP_{SE100}	100%(31/31)	9.37%(15/16)
OMI+AP の SP_{SE100}	100%(33/33)	データなし

識別方法について、前者は安静時 RCA 領域全体の面積、及び RCA 領域全体の面積の低下量の2次元特徴量の分布図から識別する。後者は図2に示す手順で識別する。

また、各疾患の識別における敏感度 (sensitivity) を 100% にした時の特異度 (specificity) を $SP_{SE100}(\%)$ と表す。両者の $SP_{SE100}(\%)$ についての比較を表1に示す。

以上の比較により、安静時と負荷後数分経過後の画像を用いることで心疾患を識別できると言える。

5. むすび

本稿では、安静時と負荷後数分経過後の CK 画像を用いて心機能特徴量を調べ、診断に有効な特徴量を検討した上、虚血性心疾患を識別した。その結果、負荷後数分経過して撮影された CK 画像からでも AP を識別できることが確認された。今後の課題としては、より多くのデータに対して RCA 以外の部位においても検証することが挙げられる。

参考文献

- [1] 平野 豊, 上原 久和, 生田 新一郎, 中村 元, 秋山 静太, 中野 学, “運動負荷心エコー,” 超音波医学 (第79回講演抄録集), vol.33, p.257, 2006.
- [2] A.Shiozaki, T.Omori, Y.Hirano, H.Uehara, and T.Masuyama, “Differentiation of myocardial infarction and angina pectoris by processing ultrasonic color kinesis images,” J Med Ultrasonics, vol.32, pp.49-56, 2005.