

一般口演

一般口演20

医療データ分析8（生体情報）

2018年11月25日(日) 09:00 ～ 10:30 G会場 (5F 504+505)

[4-G-1-4] コンピュータシミュレーションにより再構成したベクトル心電図の不整脈発生起源同定への応用

○稲田 慎¹, 柴田 仁太郎², 井上 優子³, 山本 剛³, 奈良崎 大士³, 原口 亮⁴, 芦原 貴司⁵, 池田 隆徳⁶, 草野 研吾³, 三井 和幸⁷, 中沢 一雄¹ (1.森ノ宮医療大学, 2.新宿三井ビルクリニック, 3.国立循環器病研究センター, 4.兵庫県立大学, 5.滋賀医科大学, 6.東邦大学, 7.東京電機大学)

〔背景・目的〕期外収縮により発生する不整脈の治療方法の一つとして、カテーテルによるアブレーションがある。アブレーションを施行するためには、期外収縮の発生部位を同定する必要がある。臨床では、12誘導心電図から期外収縮の発生部位が推定されているが、その過程には熟練を要する。我々は、心臓内の電氣的興奮の広がりを三次元的に捉えることが可能なベクトル心電図を用い、ベクトル心電図の特徴量と期外収縮の発生部位との関係を客観的に評価することで、期外収縮の発生部位を容易に同定するためのシステム開発を行ってきた。これまでの研究で、心臓内の興奮発生部位とベクトル心電図の特徴量との間には関連があることが明らかとなった。本研究では、期外収縮発生部位について、より高精度の同定を目指し、コンピュータシミュレーションを併用した理論的検討を行うことを目的とした。〔方法〕まず、約2000万のユニットで構成された両心室モデルを用い、心室内の電氣的興奮伝播を再現した。その際、心室内の各部位から期外収縮が発生する可能性を想定し、心室内の約20か所に電気刺激を与えたときの電氣的興奮伝播を再現した。次に、12誘導心電図を理論的に算出し、さらに、Dowerの手法を用いてベクトル心電図へ変換した。〔結果・考察〕算出されたベクトル心電図には、多くの場合、心電図QRS波およびT波に対応したQRSループ、Tループが見られ、その形態は刺激部位により大きく異なった。これまで、ベクトル心電図の特徴量として、QRSループ、Tループが最大となる方向を用いてきた。今後、これらの特徴量を算出し解析を行うことで、不整脈発生部位との関連について、詳細に検討する予定である。

コンピュータシミュレーションにより再構成したベクトル心電図の不整脈発生起源同定への応用

稲田慎^{*1}、柴田仁太郎^{*2}、井上優子^{*3}、山本剛^{*3}、奈良崎大士^{*3}、原口亮^{*4}、
 芦原貴司^{*5}、池田隆徳^{*6}、草野研吾^{*3}、三井和幸^{*7}、中沢一雄^{*1}

*1 森ノ宮医療大学医療保健学部、*2 新宿三井ビルクリニック、*3 国立循環器病研究センター、
 *4 兵庫県立大学大学院応用情報科学研究科、*5 滋賀医科大学循環器内科、
 *6 東邦大学医学部、*7 東京電機大学大学院先端科学技術研究科

Predicting location of premature electrical excitation in the heart using vectorcardiogram synthesized by computer simulation

Shin Inada^{*1}, Nitaro Shibata^{*2}, Yuko Inoue^{*3}, Tsuyoshi Yamamoto^{*3}, Hiroshi Narazaki^{*3}, Ryo Haraguchi^{*4},
 Takashi Ashihara^{*5}, Takanori Ikeda^{*6}, Kengo Kusano^{*3}, Kazuyuki Mitsui^{*7}, Kazuo Nakazawa^{*1}

*1 Morinomiya University of Medical Sciences, *2 Shinjuku Mitsui Building Clinic,
 *3 National Cerebral and Cardiovascular Center, *4 Graduate School of Applied Informatics, University of Hyogo,
 *5 Shiga University of Medical Science, *6 Toho University Faculty of Medicine,
 *7 Graduate School of Advanced Science and Technology, Tokyo Denki University

Electrical excitation of the heart initiates from the sinoatrial (SA) node. The SA node is a physiological pacemaker in the normal heart. Premature electrical excitation in the heart abnormally generates from the ventricular muscle and could be related to arrhythmia. In clinically, to distinguish the location of premature electrical excitation is important to treat the heart with ablation therapy. In this study, we investigate relationships between the location of premature electrical excitation in the ventricles and characteristics of vectorcardiogram (vECG) which relates to electrical excitation propagation pattern in the heart. First, we simulate electrical excitation propagation in the whole ventricles using supercomputer, compute the 12 lead electrocardiogram (ECG) theoretically and convert the ECG to the vECG. We simulated various electrical excitation propagation patterns; physiological and abnormal patterns. Second, the synthesized vECGs in the abnormal beat are compared to that in the normal beat. Characteristics of vECG in abnormal beats were obviously different compared to that of normal beat and reflected the location of premature electrical excitation in the heart. The method developed in this study might be useful to predict the location of the premature electrical excitation theoretically.

Keywords: premature contraction, vectorcardiogram, computer simulation

1. はじめに

正常な心臓は、ペースメーカー細胞である洞房結節から発生する電気的興奮が、心臓全体へ伝わることにより収縮する。洞房結節以外から発生する電気的興奮による心臓の収縮である期外収縮は、不整脈につながることもある。期外収縮に対する治療方法の一つとして、高周波を用いて期外収縮の起源となる電気的興奮の発生部位を焼灼する方法(アブレーション)がある。そのため、アブレーションを施行するためには、電気的興奮の発生部位を同定する必要がある。臨床では、12誘導心電図から電気的興奮の発生部位が推定されている¹⁾が、その過程には熟練を要する。我々は、心臓内の電気的興奮の広がりを三次元的に捉えることが可能なベクトル心電図を用い、ベクトル心電図の特徴量と電気的興奮の広がりとの関係を客観的に評価することで、電気的興奮の発生部位を同定するためのシステム開発を行ってきた²⁾。これまでの研究で、心臓内の電気的興奮の発生部位とベクトル心電図の特徴量との間には関連があることが明らかとなった。本研究では、心臓内の電気的興奮の発生部位について、より高精度の同定を目指し、コンピュータシミュレーションにより再現した心臓内の電気的興奮の広がりから理論的に算出したベクトル心電図を用いた理論的検討を行うことを目的とした。

2. 方法

コンピュータシミュレーションには約 2000 万のユニットで構成された両心室モデルを用い、心室内の電気的興奮の広がりを再現した³⁾。再現された電気的興奮の広がりから 12 誘導

心電図、さらにそれからベクトル心電図を理論的に算出した。12 誘導心電図からベクトル心電図への変換には Dower により考案された方法⁴⁾を用いた。

正常な心臓では、心室に存在する刺激伝導系であるプルキンエ線維網から心室へ電気的興奮が伝わる。このことを模擬するために、心内膜面に対して、心尖部から心基部へ適当な時間差をつけて順に電気刺激を与える方法を用いた。次に、期外収縮の起源となる電気的興奮の発生とその広がりを再現するために、心室内の各部位に電気刺激を与えた。それぞれの方法から求めたベクトル心電図を比較検討することとした。

3. 結果

図1A は正常な電気的興奮の広がりを想定したシミュレーション結果であり、図1B には12誘導心電図、図1C にはベクトル心電図をそれぞれ示した。算出された12誘導心電図およびベクトル心電図には、実測による心電図やベクトル心電図に見られるように、心電図については QRS 波および T 波、ベクトル心電図については QRS ループおよび T ループが見られた。図2には期外収縮を想定したシミュレーション結果の一例で、心尖部に電気刺激を与えたものである。この場合の電気的興奮の広がりを正常場合と比較すると、心臓全体への電気的興奮の広がりが遅いことがわかる。この特徴は12誘導心電図の QRS 波の幅に反映されていた。また、ベクトル心電図については、QRS ループおよび T ループの形態が正常なベクトル心電図とは大きく異なることがわかった。

4. まとめ

これまでは、実計測されたベクトル心電図の特徴量として、QRS ループおよび T ループが最大となる方向を用いてきた。今後、シミュレーションにより得られたベクトル心電図についても同様に特徴量を算出し解析を行うことで、期外収縮の発生源とベクトル心電図の特徴量との関連について、詳細に検討する予定である。

参考文献

- 1) Ito S, Tada H, Naito S, et al. Development and validation of an ECG algorithm for identifying the optimal ablation site for

idiopathic ventricular outflow tract tachycardia. J Cardiovasc Electrophysiol 2003; 14: 1280–6.

- 2) 稲田慎, 井上優子, 柴田仁太郎ら. ベクトル心電図特徴量と不整脈発生源との関係. 第 37 回医療情報学連合大会(第 18 回日本医療情報学会学術大会).
- 3) 中沢一雄, 稲田慎, 原口亮, 相庭武司, 池田隆徳, 芦原貴司: FSK イオンチャネルモデルを用いた心臓興奮伝播の機能的シミュレーション, 生体医工学 2015; 53; 151–159.
- 4) Edenbrandt L, Pahlm O. Vectorcardiogram synthesized from a 12-lead ECG: Superiority of the inverse Dower matrix. J Electrocardiol 1998; 21: 361–7.

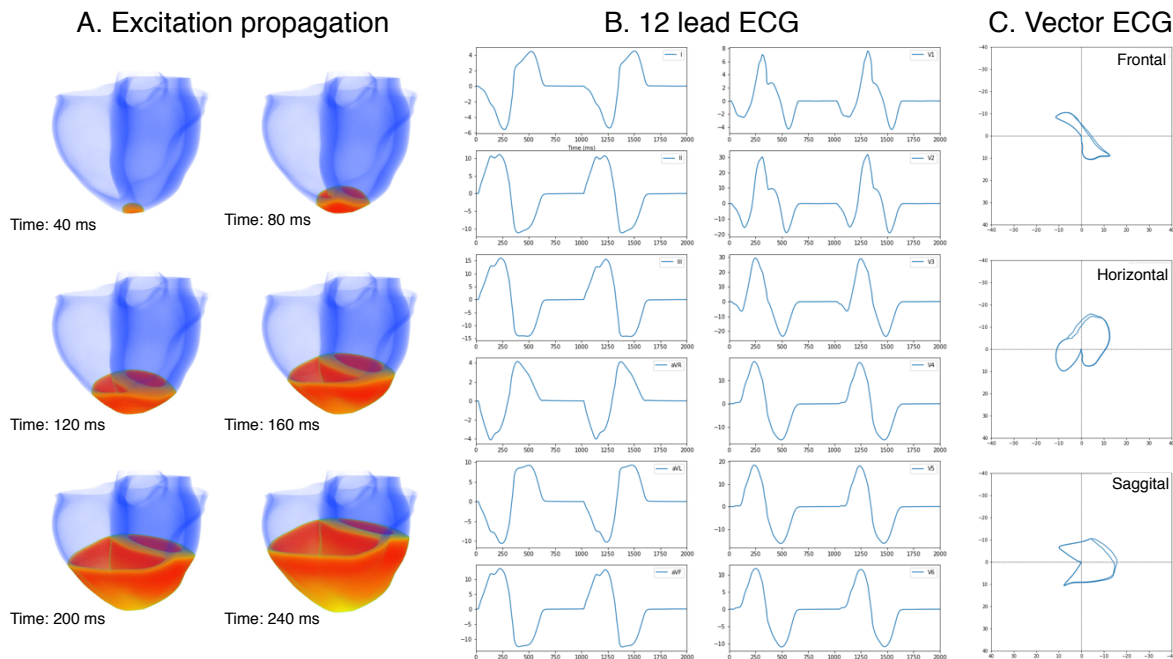


図 1 正常な電氣的興奮の広がり(A)、理論的に算出した12誘導心電図(B)およびベクトル心電図(C)

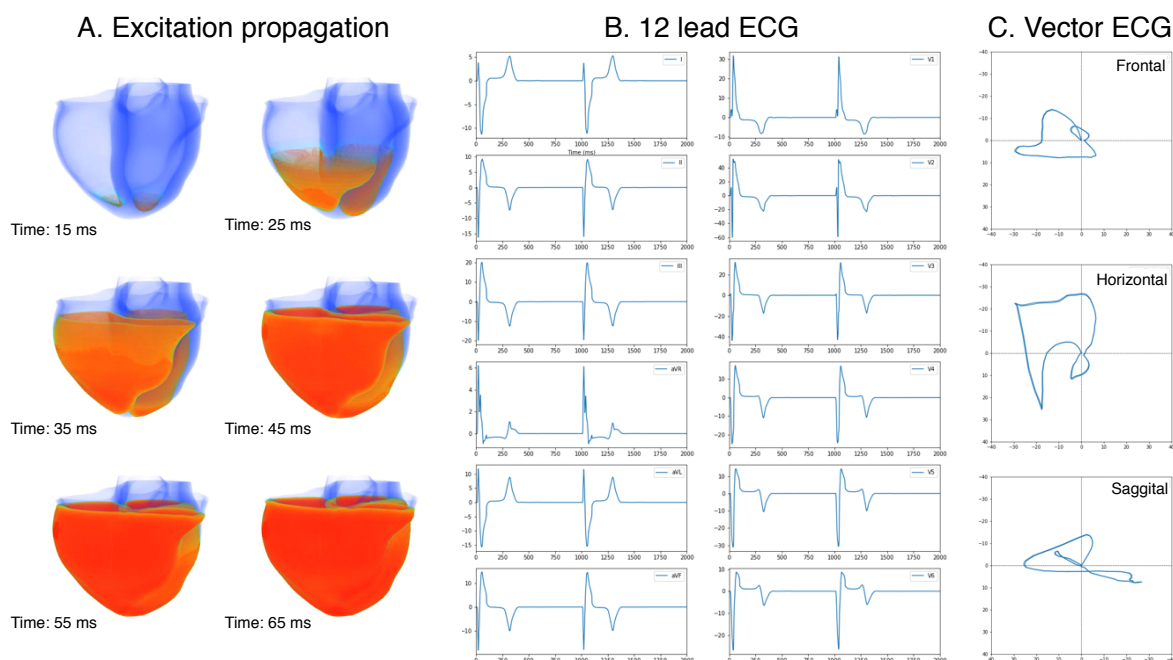


図 2 期外収縮の発生を想定した電氣的興奮の広がり(A)、理論的に算出した12誘導心電図(B)およびベクトル心電図(C)