

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 19 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500369

研究課題名(和文)心房細動における導出18誘導心電図の臨床的有効性に関する研究

研究課題名(英文) Feasibility of Clinical Application of Synthesized 18-lead ECG in Atrial Fibrillation

研究代表者

魏 大名 (WEI, DAMING)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・非常勤講師

研究者番号：20306434

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：[目的]実測と導出18誘導心電図と心内心電図の関係、特にAFにおけるV1と右心房、V9と左心房との関係を確認し、AFの期外収縮源としての診断における有効性を検討する。[方法] f波を抽出する周波数解析を行う dominant frequencyを演算し、効果を検証する。[主な成果]明らかなf波を含む12誘導心電図から導出した右側誘導及び背部誘導は、実測した右側誘導及び背部誘導に似ている dominant frequencyを抽出できることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：[Purpose] measured and derived 18-lead ECG and intracardiac ECG were used to examine the validity of derived 18-lead ECG in the diagnosis as a premature contraction source of AF, in particular to confirm the relationship between the V1 and the right atrium, V9 and left atrium in AF. [Method] The effects were verified by 1. Extracting f-wave, 2. performing frequency analysis, and 3. calculate the dominant frequency. [Major achievements] It is confirmed that close dominant frequency values could be extracted from both measured and derived surface ECGs in right and posterior leads in ECGs including obvious f waves.

研究分野：医用工学

キーワード：心房細動 心電図 導出18誘導心電図 カテーテル治療 周波数解析 dominant frequency

1. 研究開始当初の背景

心房細動 (AF) は不整脈の最前線である。AF の診断は体表面心電図による非侵襲的方法が望ましいが、AF の心電図の診断は医学者にとっても、工学者にとっても、至難のテーマである。

AF の診断は体表面心電図による非侵襲的方法が望ましいが、AF の心電図の診断は医学者にとっても、工学者にとっても、至難のテーマである。

12 誘導心電図は AF 診断の標準的手法である。しかし、12 誘導心電図システムは心室疾患をメインに構築され、必ずしも AF 診断に最適した誘導システムと言い切れない。最近、AF における体表面心電図の特徴として、V1 と右心房、V9 と左心房の高い相関性 (それぞれ 0.98 と 0.93) と報告されている。しかし、V9 のような後壁誘導心電図を取る標準心電計はないし、たとえ取れるとしても、後壁ですので、技術的無理がある。このような固有的困難を克服する可能的方法は申請者の提案した「導出心電図」技術である。

導出心電図とは実測した心電図信号から未測定する位置の誘導の心電図を数学的手法で計算された心電図です。

申請者は十年前から導出心電図の手法を提案し、12 誘導心電図から後壁 3 誘導、右壁 3 誘導を加えたいわば導出 18 誘導心電図の技術を日、米、中国、欧で特許を取得している。

2. 研究の目的

今回の研究はまず、出来ればカテーテルによる心内心電図と体表面心電図を同時に記録できる環境を作成して、心内心電図、体表面 18 誘導 (標準 12 誘導 + 右壁 3 誘導 + 後壁 3 誘導) の臨床データ収集を行う。次に実測した標準 12 誘導からの導出した右壁、後壁心電図を AF 解析のための導出方法を開発、検証する。また、実測した心電図信号と比較し、その精度を確認する。次に実測した後壁、右壁誘導心電図における AF 解析を行い、心内心電図と比較することによって、AF の期外収縮源との相関を解析し、AF 解析の最適誘導を確認する。さらに、同様な解析を導出心電図で行い、導出心電図の有効性を検証する。具体的には

(1) 実測した体表面 18 誘導心電図と心内心電図の関係、特に AF における V1 と右心房、V9 と左心房との関係を確認し、AF の期外収縮源としての診断における有効性を検討する。(2) 実測心電図の代わりに、標準 12 誘導からの導出した右壁、後壁心電図を用い、上述の有効性を検証する。

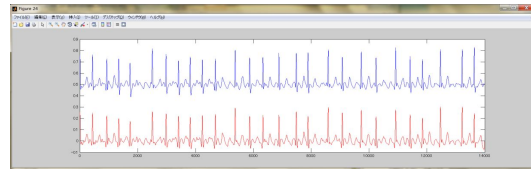
3. 研究の方法

(1) 東北大でカテーテル治療における心内心電図と体表面心電図を同時に記録した心内心電図収集する。(2) 体表面心電図の心

房電位の周波数解析を用い、AF における F 波解析、P 波解析を行う。上記手法より、導出 18 誘導の有効性を検証する。(3) コンピュータシミュレーションもを行い、理論的研究も行う。

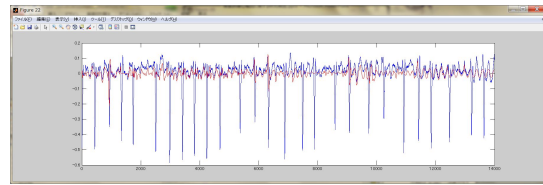
4. 研究成果

(1) 導出 18 誘導心電図技術を AF データに応用した。例として、図 1 は 12 誘導心電図から導出した V9 (赤) と実測した (青) との比較。



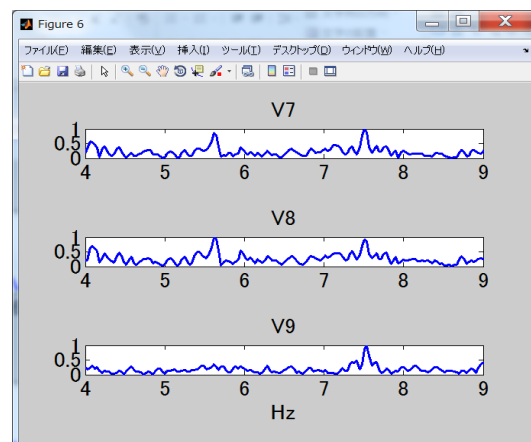
(図 1 実測と導出した V9)

(2) QRST subtraction 又は QT 法を用い、体表面心電図から f 波を抽出し、周波数解析アルゴリズムを開発した。図 2 には生心電図 V1 リード (青) から生成した F 波 (赤)。

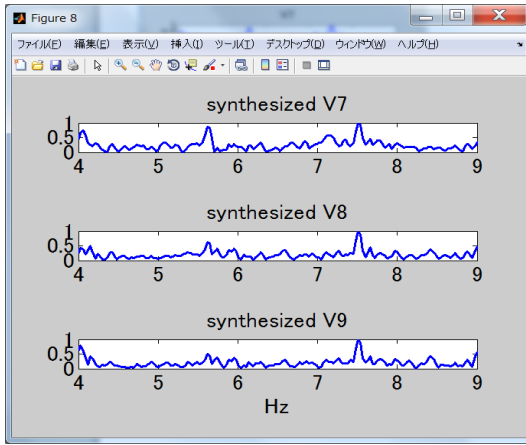


(図 2 実測波形と抽出した f 波)

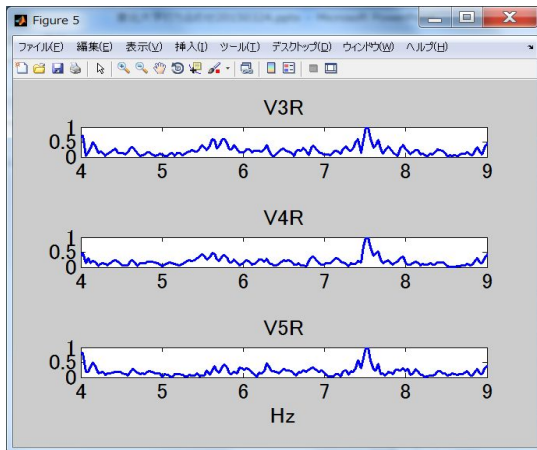
(3) Physionet の Intracardiac Atrial Fibrillation Database の 4 例及び東北大学病院で収集した 12 例データを用い、実測 18 誘導及び導出 18 誘導の f 波の dominant frequency を比較して、明らかな f 波を含む 12 誘導心電図から導出した。右側誘導及び背部誘導は、実測した右側誘導及び背部誘導に似ている dominant frequency を抽出できることを確認できた。次の例では実測及び導出した背部誘導の f 波の周波数解析結果を示す。



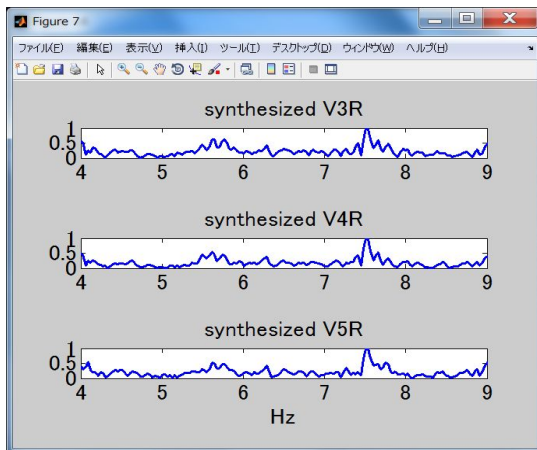
(図 3a 実測した後壁誘導)



(図3 b 導出した後壁誘導)



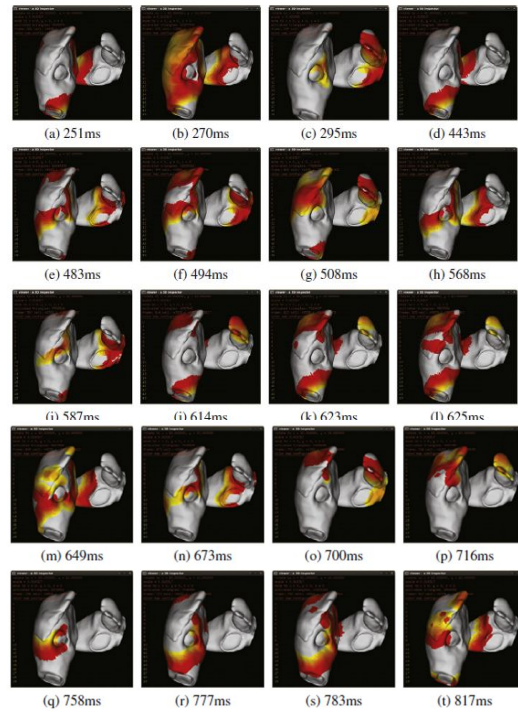
(図3 c 実測した右壁誘導)



(図3 d 導出した右壁誘導)

(4)心房心臓モデルを用い、心房細動シミュレーションを実現した。図4はコンピュータ心臓モデルを用い、心房細動シミュレーションを実現した例。

(5)以上の成果はいずれも新しい取り込みとして十分なインパクトがあると考えられる。将来の研究計画として、もっと臨床データで検証を行い、実用化に持って行きたいと考える。



(図4 コンピュータシミュレーションしたAF)

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7件)

[1] Wen-feng Shen, Zhaokai Luo, Daming Wei, Weimin Xu, and Xin Zhu, Load-prediction scheduling algorithm for computer simulation of electrocardiogram in hybrid environments, Journal of Systems and Software, 102: 182-191, 2015, DOI: 10.1016/j.jss.2015.01.015, 査読有

[2] Yi Zheng, Daming Wei, Xin Zhu, Wenxi Chen, Koji Fukuda, Hiroaki Shimokawa, Ventricular fibrillation mechanisms and cardiac restitution: An investigation by simulation study on whole-heart model, Computers in Biology and Medicine, in press, DOI: 10.1016/j.combiomed.2014.06.014, 査読有

[3] Masateru Kondo, Koji Fukuda, Yuji Wakayama, Makoto Nakano, Yuhi Hasebe, Hiroyuki Satake, Hiroaki Shimokawa, Different Characteristics of Postoperative Atrial Tachyarrhythmias between Congenital and Non-Congenital Heart Disease, Circulation Journal, 78 Suppl I: 1-2871, 2014, 査読有

[4] M. Sakai and D. Wei, Fractal-Dimension-Based Method for Quantification of T-Wave Alternans Using Short Time Series, J Comput Sci Syst Biol, 6:112-117, 2013, 査読有

[5] M. Sakai, Y. Okuyama, T. Sato, and D. Wei, Nonlinear State-Space Projection based Method to Acquire EEG and ECG Components using a

Single Electrode , International Journal of Life Science and Medical Research , 2: 96-100, 2013, 査読有

[6]Kondo M, Fukuda K, Wakayama Y, Nakano M, Hasebe Y, Shimokawa H, Usefulness of the non-contact mapping system to elucidate the conduction property for the treatment of common atrial flutter, PACE, 35: 1464-1471, 2012, 査読有

[7]Zhu X, Wei D, Okazaki O, Computer Simulation of Clinical Electrophysiological Study, Pacing and Clinical Electrophysiology, 35: 718-729, 2012, 査読有

〔学会発表〕(計 10 件)

[1]Xin Zhu, Yuki Yoshida, Daming Wei, Koji Fukuda, and Hiroaki Shimokawa, DOES SYNTHESIZED LEAD V9 REFLECT LEFT ATRIAL ACTIVITY DURING ATRIAL FIBRILLATION?, 41st International Congress on Electrophysiology, Bratislava, Slovakia, June 5, 2014

[2]福田浩二、下川宏明：成熟期を迎えた心房細動アブレーション治療。第 62 回日本心臓病学会学術集会、2014 年 9 月 28 日、仙台国際センター（仙台）

[3]平野道基、福田浩二、中野 誠、近藤正輝、長谷部雄飛、佐竹洋之、下川宏明：心房粗細動に対する CTI ブロックライン作成および房室結節アブレーションが奏功した CRT-D 移植後の DCM の一例。第 158 回日本循環器学会東北地方会、2014 年 6 月 7 日、岩手医科大学附属循環器医療センター（盛岡）

[4]瀬川将人、福田浩二、中野 誠、近藤正輝、長谷部雄飛、佐竹洋之、平野道基、下川宏明：重症心不全を呈した頻拍誘発性心筋症の 2 例。第 62 回日本心臓病学会学術集会、2014 年 9 月 27 日、仙台国際センター（仙台）

[5]Wenfeng Shen, Lianqiang Sun, Daming Wei, Weimin Xu, Xin Zhu, Shizhong, Load-prediction scheduling for Computer Simulation of Electrocardiogram on a CPU-GPU PC, 2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering, Sydney, Australia, Dec 3-5, 2013

[6]朱欣, Derived 18-lead ECG in analysis of left-to-right atrial dominant frequency gradient during atrial fibrillation, 第 29 回心電情報処理ワークショップ, ナスパニューオータニ, 越後湯沢, 2013 年 10 月 26 日 ~ 2013 年 10 月 26 日

[7]朱欣, 体表面心電図から心房細動波の簡易推定法, 第 30 回日本心電学会学術集会, リンクステーションホール青森(青森市文化会館), 2013 年 10 月 11 日 ~ 2013 年 10 月 11 日

[8]Wenfeng Shen, Lianqiang Sun, Daming Wei, Weimin Xu, Hui Wang, Xin Zhu, A hybrid parallel algorithm for computer simulation of Electrocardiogram based on a CPU-GPU cluster, 2013 IEEE/ACIS 12th International Conference on Computer and Information Science (ICIS). Sydney, Australia, 16 - 20 Jun, 2013

[9]Zhu X, Wei D, Fukuda K, Shimokawa H, A SIMPLE ATRIAL FIBRILLATORY WAVE RECONSTRUCTION METHOD FOR FREQUENCY ANALYSIS OF ATRIAL FIBRILLATION USING SINGLE-LEAD ECG, IASTED International Conference on Biomedical Engineering, Innsbruck Congress, Innsbruck, Austria, Feb 13-15, 2013

[10]Wenfeng Shen, Liang Wang, Jie Li, Weimin Xu, Daming Wei, Xin Zhu, Load-prediction Parallelization for Computer Simulation of Electrocardiogram based on GPU, MCSOC '12 Proceedings of the 2012 IEEE 6th International Symposium on Embedded Multicore SoCs, University of Aizu, Aizu-Wakamatsu City, Fukushima Prefecture, Japan, Sept 20 - 22, 2012

6. 研究組織

(1) 研究代表者

魏 大名 (WEI, Daming)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・非常勤講師

研究者番号：2 0 3 0 6 4 3 4

(2) 研究分担者

下川 宏明 (SHIMOKAWA Hiroaki)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：0 0 2 3 5 6 8 1

(3) 研究分担者

福田 浩二 (FUKUDA Koji)

東北大学・大学病院・講師

研究者番号：2 0 3 7 5 0 8 3

(3) 研究分担者

朱 欣 (ZHU Xin)

会津大学・コンピュータ理工学部・准教授

研究者番号：7 0 4 4 8 6 4 5

(4) 連携研究者

酒井 元気 (SAKAI, Motoki)

東京電機大学・情報環境学部・助教

研究者番号： 50597094