

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：34401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K09534

研究課題名(和文) マイクロ波レーダーを用いた新しい頸静脈波モニタの開発と臨床応用

研究課題名(英文) Development and Clinical Application of a Novel Jugular Pulse Waveform Monitor Using Microwave Radar

研究代表者

星賀 正明 (Hoshiga, Masaaki)

大阪医科薬科大学・医学部・教授

研究者番号：90309154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：頸静脈波形は皮膚を通して観察することができるが、可視化しての記録が困難であった。従来法は煩雑な事から普及していない。新技術マイクロ波レーダーを用いて、非接触に頸静脈波形の観察記録が可能かを検証した。シミュレーター人形や正常ボランティアを用いた検討を重ね、ハンディな機器での計測記録が可能であった。一方、頸静脈波形の観察を実際に心不全患者で検討し、波形パターンから病態解明、予後予測、治療法の選択など臨床応用に有用であることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

急速な高齢化により、心不全罹患者が急増している。中でも、「収縮の保たれた心不全」の占める割合が高いが、その病態解明と治療法開発は十分でない。鍵となるのは、右心機能の評価であるが、従来の心臓エコー等では困難である。頸静脈波形は、心臓への血液流入を観察し、右心機能情報が入手できる。今回、新技術マイクロ波レーダーを用い、非接触に頸静脈波形の観察記録が可能である事を検証した。現在スマートフォン程度の大きさの機器で記録が可能であり、今後更なる改良により在宅診療における利活用も含めて幅広い臨床応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：The jugular venous pulse waveform can be observed through the skin, but it is difficult to visualize and record it. The conventional method has not been widely used due to its complexity. Thus we have tried to verify the possibility of non-contact imaging of jugular venous waveforms using a new microwave radar technology. After repeated examinations using simulators and normal volunteers, it was possible to image them with a handy device. In addition, observation of jugular venous waveforms has been actually examined in heart failure patients and found to be useful for clinical applications, such as clarifying pathophysiology, predicting prognosis, and selecting treatment methods based on waveform patterns.

研究分野：循環器内科

キーワード：非接触記録 新規技術 右心機能 心不全

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会において、心不全が急増している。心不全は、あらゆる心臓病の終末像で、現在治療を受けている顕性の心不全患者は100万人を超え、「心不全パンデミック」と呼ばれる。また、心不全に関わる医療費は最多であることから、その対策は喫緊の課題である。心不全の中でも、「収縮の保たれた心不全（Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: HFpEF）」が高齢者に多く、また治療法が確立されていない。従って、HFpEFの診断と治療に関わる研究が重要である。

現在の心不全診療に欠けているのは「右心機能の評価」であるが標準化された方法がない。これは、左心系で用いた心臓エコー等の評価法が、右心系の特殊な形状に阻まれ、応用できないからである。その中で、頸静脈波の観察は非侵襲で右心機能を知ることができるが、現在殆ど臨床現場で使用されていない。より簡便な頸静脈波形の観察記録が可能な方法の開発は、心不全診療において重要性が高いと考える。

一方、マイクロ波レーダは、非接触の状態で心拍のような皮膚表面の微細な動きを捉えることが可能であるが、実用化はされていない。頸静脈波形をマイクロ波レーダで観察した試みは今までなされていない。研究開始時には、私たちがマイクロ波レーダを用いた頸静脈波形観察法を特許申請した状態であった。

2. 研究の目的

- (1) マイクロ波レーダ装置を用いて、非接触で頸静脈波形の記録が可能かを検証すること。
- (2) 上記の方法が、実際の臨床現場、特に心不全診療において有用かを検証すること。

3. 研究の方法

(1) 正常ボランティアを用いた検討で、マイクロ波レーダ装置による頸静脈波形記録を従来法のアモルファス脈波センサを用いた内頸静脈波形の記録を行い、比較検討する。マイクロ波レーダ装置については、共同研究者（関西大学システム理工科鈴木哲博士）と調整・改良を重ねる。正常ボランティアによる検討と共に、シミュレータ人形（イチロー）を用いて、リファレンスの頸静脈波形とマイクロ波レーダ装置による比較検討も加える。

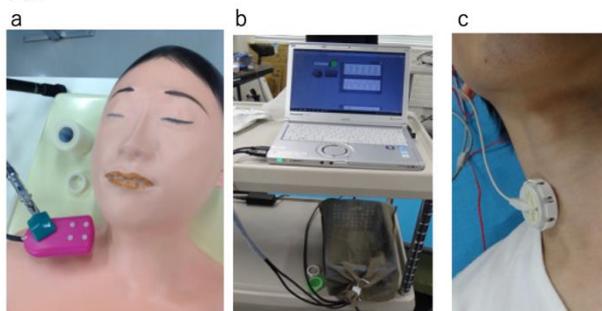
(2) 心不全入院患者における頸静脈波形記録の有用性の検討

大阪医科薬科大学病院循環器内科に入院した心不全患者において、同意を得られた患者の内頸静脈波形の記録（リファレンスのアモルファス脈波センサ及びマイクロ波レーダ装置による検討）を用いた内頸静脈波形の記録を行い、比較検討する。心不全入院患者の登録研究を行い、中長期予後を観察し、頸静脈波形記録の有用性について検討する。

4. 研究成果

(1) マイクロ波レーダ装置の調整改良
正常ボランティアとシミュレータを用いた結果により図1のようなシステムを確立した。図1aはセンサー部分で、スマートフォンの2/3程度の大きさで

図1



皮膚からの距離は1cmが適当であり、それに合わせてスペーサを作成した。図1bはノートPCによる波形表示である。図1cは従来のアモルファス脈波センサによる記録である。

図2に示すように、従来の脈波センサによる波形(A)と比較して、マイクロ波センサによる波形(B)は非常に類似した波形を記録でき、収縮期のa波、c波、x谷及び拡張期のv波、y谷を確認することが可能であった。図2の視覚での一致性を、正常ボランティアを用いて検証した。

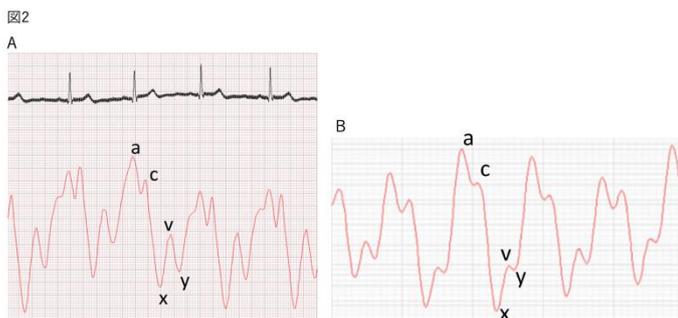
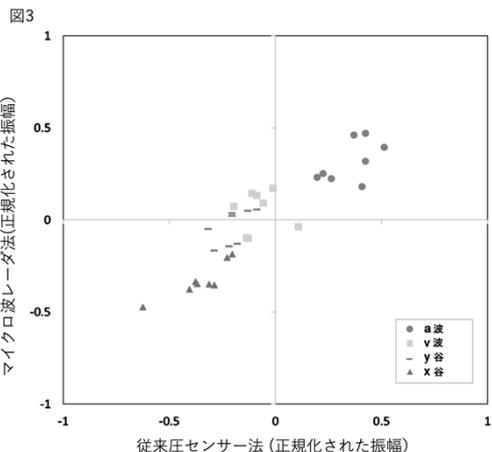


図3に示すごとく、振幅で統計解析を行ったところ、圧センサ法とマイクロ波レーダ法は、有意な相関(相関係数0.895、P値0.0019)を認めた。また、正常でも仰臥位の状態では頸静脈の観察ができるが、上半身を起こすと次第に頸静脈波形が視認しにくくなる。この現象を、ベッドの角度を変化させることにより、マイクロ波レーダ法を用いて検討した。正常者において、上半身の角度とともに頸静脈波形のamplitudeは次第に低下していく、従来の圧センサーを用いた方法を高い相関(r=0.7)を得た。以上を英語論文として発表した。(文献1)



(2) 頸静脈波形の臨床的意義について

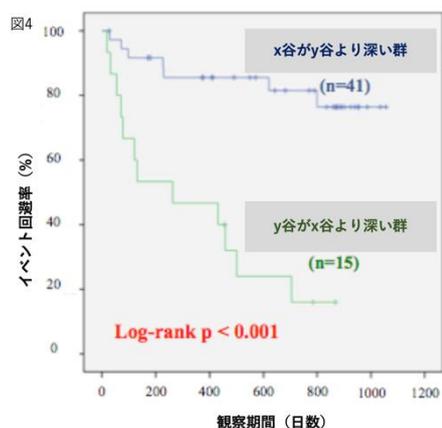
頸静脈波形は右心房波形を反映している。臨床例において、右心房波形と心不全予後との関係について報告が少なかったため、まず過去の右心カテーテルによる右心房波形と予後を検討した。その結果、右心房波形のy谷がx谷よりも深い(右心室の進展障害を示唆する)と、正常パターンのx谷がy谷より深い群に比べて、心不全の長期予後が劣ることを見出し、海外学会に報告した(図4)。

また、3年間に於いて当院への急性非代償性心不全入院患者のレジストリを行い、頸静脈波形や他の臨床的パラ

メータを用いて、長期予後との関連を検証した。頸静脈波形では、図4で右心房圧波形で検証した「y谷がx谷より深い群」は予後不良のパラメータであること、また右心機能を反映するものとして、肝線維化マーカーであるFibrosis-4 indexや脾臓容積が予後予測因子であることなどを検証し、論文を発表した(文献2,3)。今回の研究遂行によって蓄積された心不全レジストリと頸静脈波形データはこれからの長期予後調査により、臨床的意義を見出し、臨床応用に寄与すると考えらる。

<文献>

1. Suzuki S, Hoshiga M, Kotani K, Asao T. Assessment of Non-Contact Measurement Using a Microwave Sensor to Jugular Venous Pulse Monitoring. J. Biomedical Science and Engineering. 2021;14(3):94-102.



2. Maeda D, Sakane K, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M. Fibrosis-4 index reflects right-sided filling pressure in patients with heart failure. *Heart Vessels*. 2020;35(3):376-383.
3. Maeda D, Sakane K, Kanzaki Y, Horai R, Akamatsu K, Tsuda K, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M. Spenic Volume Index Determined Using Computed Tomography upon Admission Is Associated with Readmission for Heart Failure Among Patients with Acute Decompensated Heart Failure. *Int Heart J*. 2021;62(3):584-591.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Suzuki Satoshi, Hoshiga Masaaki, Kotani Kentaro, Asao Takafumi	4. 巻 14
2. 論文標題 Assessment of Non-Contact Measurement Using a Microwave Sensor to Jugular Venous Pulse Monitoring	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Biomedical Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 94 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jbise.2021.143010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Maeda D, Kanzaki Y, Sakane K, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.	4. 巻 35(9)
2. 論文標題 Prognostic impact of a novel index of nutrition and inflammation for patients with acute decompensated heart failure.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 1201-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-020-01590-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Maeda D, Sakane K, Kanzaki Y, Okuno T, Nomura H, Hourai R, Akamatsu K, Tsuda K, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.	4. 巻 139
2. 論文標題 Relation of Aspartate Aminotransferase to Alanine Aminotransferase Ratio to Nutritional Status and Prognosis in Patients With Acute Heart Failure.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Am J Cardiol.	6. 最初と最後の頁 64-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amjcard.2020.10.036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Sakane K, Kanzaki Y, Tsuda K, Maeda D, Sohmiya K, Hoshiga M.	4. 巻 327
2. 論文標題 Disproportionately low BNP levels in patients of acute heart failure with preserved vs. reduced ejection fraction.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Int J Cardiol.	6. 最初と最後の頁 105-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijcard.2020.11.066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Maeda D, Sakane K, Ito T, Kanzaki Y, Sohmiya K, Hoshiga M.	4. 巻 35(3)
2. 論文標題 Fibrosis-4 index reflects right-sided filling pressure in patients with heart failure.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heart Vessels.	6. 最初と最後の頁 376-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-019-01505-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe T, Kanzaki Y, Yamauchi Y, Ito T, Nishida Y, Yamamura K, Komori T, Sohmiya K, Hoshiga M.	4. 巻 35(3)
2. 論文標題 Increased prevalence of cerebral microbleeds in patients with low left ventricular systolic function.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heart Vessels.	6. 最初と最後の頁 384-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-019-01503-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ito Takahide, Fujita Shu-ichi, Kanzaki Yumiko, Sohmiya Koichi, Hoshiga Masaaki	4. 巻 19
2. 論文標題 Eosinophilic Granulomatosis with Polyangiitis (EGPA) with an Unusual Manifestation of Mid-Ventricular Obstruction Caused by Endocardial Thrombus	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 American Journal of Case Reports	6. 最初と最後の頁 1197 ~ 1203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12659/AJCR.910861	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kizawa Shun, Ito Takahide, Akamatsu Kanako, Ichihara Noboru, Nogi Shimpei, Miyamura Masatoshi, Kanzaki Yumiko, Sohmiya Koichi, Hoshiga Masaaki	4. 巻 122
2. 論文標題 Chronic Kidney Disease as a Possible Predictor of Left Atrial Thrombogenic Milieu Among Patients with Nonvalvular Atrial Fibrillation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The American Journal of Cardiology	6. 最初と最後の頁 2062 ~ 2067
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amjcard.2018.08.058	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Maeda D, Sakane K, Kanzaki Y, Okuno T, Nakayama S, Horai R, Tsuda K, Akamatsu K, Fujisaka T, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.
2. 発表標題 Splenic volume index using computed tomography is associated with heart failure readmission in patients with acute decompensated heart failure.
3. 学会等名 Heart Failure 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Horai R, Sakane S, Nakayama S, Maeda D, Akamatsu K, Tsuda K, Ozeki M, Fujisaka T, Kanzaki Y, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.
2. 発表標題 Contributing factors to anemia in acute decompensated heart failure patients with or without preserved ejection fraction.
3. 学会等名 Heart Failure 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakane K, Okuno T, Horai R, Maeda D, Tsuda K, Fujita S, Kanzaki Y, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.
2. 発表標題 Clinical and hemodynamic features of heart failure patients who had a history of previous cardiac surgery.
3. 学会等名 第23回日本心不全学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuda K, Kanzaki Y, Maeda D, Horai R, Akamatsu K, Okuno T, Sakane K, Ozeki M, Fujita S, Sohmiya K, Hoshiga M.
2. 発表標題 The prognostic impact of hemodynamic-guided medical therapy in patients hospitalized for heart failure with reduced ejection fraction.
3. 学会等名 第23回日本心不全学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maeda D, Sakane K, Okuno T, Nakayama S, Horai R, Tsuda K, Akamatsu K, Kanzaki Y, Ito T, Sohmiya K, Hoshiga M.
2. 発表標題 The efficacy of triple therapy for heart failure with reduced ejection fraction in elderly patients.
3. 学会等名 第23回日本心不全学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hoshiga M, Sakane K, Ishizaka N, Suzuki S.
2. 発表標題 Novel method with a microwave radar for a no-contact monitoring of jugular venous pulse: clinical implication for heart failure practice.
3. 学会等名 Heart Failure 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakane K, Horai R, Maeda D, Akamatsu K, Ozeki M, Fujisaka T, Sohmiya K, Ishizaka N, Hoshiga M.
2. 発表標題 The prominent 'Y' descent of right atrial pressure waveform was related to poor outcome in heart failure patients.
3. 学会等名 Heart Failure 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 星賀正明	4. 発行年 2018年
2. 出版社 メヂカルフレンド社	5. 総ページ数 498
3. 書名 成人看護学 循環器	

1. 著者名 星賀正明	4. 発行年 2018年
2. 出版社 メヂカルフレンド社	5. 総ページ数 315
3. 書名 成人看護学 疾病の成り立ちと回復の促進 疾病と治療2 循環器	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	石坂 信和 (ISHIZAKA NOBUKAZU) (20270879)	大阪医科大学・医学部・教授 (34401)	
研究分担者	鈴木 哲 (SUZUKI SATOSHI) (50306502)	関西大学・システム理工学部・准教授 (34416)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------