

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：33916

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K08140

研究課題名（和文）12誘導心電図生成モデルを用いた新たな心臓突然死予測支援技術の開発

研究課題名（英文）Development of a new sudden cardiac death prediction support technology using a 12-lead ECG generation model

研究代表者

渡邊 英一（Watanabe, Eiichi）

藤田医科大学・医学部・教授

研究者番号：80343656

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：心臓突然死の多くは致死性頻脈性不整脈によって発生する。心肺蘇生により生還すると、突然死の二次予防のために植込み型除細動器を埋め込むが、ショック治療がなされた際のダメージは大きい。また、低心機能や遺伝性不整脈など心臓突然死ハイリスク群では一次予防として同機器が植込まれるが、適切作動は少ないため、正確な心電図リスク層別法が望まれる。本研究では敵対的生成ネットワーク（generative adversarial network）により、心臓突然死例の心電図を正常心電図に変換することにより、変換前後の心電図の差を検出評価することによって、心臓突然死リスクを予測する斬新な技術を開発することを目標とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

わが国では年間約8万例の心臓突然死が発生する。12誘導心電図は心臓病の診断や病態評価に重要な役割を果たすが、ハイリスク症例を特定する目的で詳細に検討されることは少ない。今回は心臓突然死例と正常例の12誘導心電図の間で敵対的生成ネットワークを用いて、互いの心電図を再生成することで、2者の心電図波形の相違性を明らかにして突然死ハイリスク心電図の特徴を明らかにすることを目的とした。心電図検査の際に、このアルゴリズムを使用することにより心臓突然死ハイリスク例の検出を行い、生命予後を改善したいと考えている。

研究成果の概要（英文）：Many sudden cardiac deaths occur due to hemodynamic collapse caused by fatal tachyarrhythmia. In cases where the patient survives cardiopulmonary resuscitation, an implantable cardioverter defibrillator (ICD) is implanted as a secondary prevention of sudden cardiac death, but the damage caused by the electric shock treatment is significant. In addition, the similar device is implanted as a primary prevention in high-risk groups for sudden cardiac death, such as those with low cardiac function or hereditary arrhythmia, but there is no accurate risk stratification method based on electrocardiograms. In this study, we aimed to develop a novel technology to predict the risk of sudden cardiac death by converting the electrocardiograms of sudden cardiac death cases into normal electrocardiograms using a generative adversarial network (GAN), and then detecting and evaluating the difference between the electrocardiogram before conversion and the normal electrocardiogram.

研究分野：循環器内科

キーワード：心臓突然死 心電図 人工知能 敵対的生成ネットワーク リスク層別化

1. 研究開始当初の背景

わが国では年間約8万例の心臓突然死が発生する。心臓突然死の多くは致死性頻脈性不整脈による血行動態の破綻によって発生する。心臓突然死のハイリスク群は高血圧や高脂血症などの冠疾患リスクを有する者や低心機能のものが多いが、先天性QT延長症候群のように遺伝性疾患のものも含まれる。心臓突然死を起こした際に、心肺蘇生が行われて生還した場合は、心臓突然死二次予防のために植込み型除細動器(ICD)を埋め込むが、創部感染や電磁障害のリスクが生涯にわたってついて回るとともに、救命のためとは言え、電気ショック治療がなされた際の精神的、肉体的ダメージは大きい。

12誘導心電図(以下 ECG)は不整脈診断や心臓疾患の病態評価などのために広く用いられている簡便かつ非侵襲的な検査法である。これまでは自動診断や人の目で異常所見を拾い上げて、その結果に基づいてリスク層別化が行われてきたが、その精度は必ずしも高くない。近年広まってきた人工知能(AI)による医用画像研究は、アルゴリズムに基づく大量データ学習を通して、人の目では気づかない微細な変化を抽出することで、より精密なリスク層別化が可能になるとされる。この中で注目されている技術の一つに敵対的生成ネットワーク(generative adversarial network [GAN])がある。GANは生成モデルの1種であり、オリジナルの画像データから細かな特徴を学習することで、実在しない仮想データを生成したり、存在するデータの特徴に沿ってさまざまに変換できる特徴がある。GANのアーキテクチャーは柔軟性に富むことから応用研究や理論的研究も急速に進んでいる。しかしながら、GANは学習時に不安定になることがあり、無意味な画像を生成したり、生成データの種類が偏ることもあるなど未解決の欠点もある。これまで ECG に GAN を応用し、正常例と心臓突然死例の ECG の相違について検討した研究は少ない。

2. 研究の目的

今回は心臓突然死例と正常例の ECG の間で GAN を用いて、互いの ECG を再作成することで、2 者の心電図波形の相違性を明らかにして心臓突然死ハイリスク ECG に含まれる特徴を明らかにすることを目的とした。最終的には突然死ハイリスク者を同定する予測アルゴリズムを構築することである。

3. 研究の方法

1. データ収集と前処理

心臓突然死経験例と正常例から ECG データセットを収集した。ECG データはサンプリング500Hz,10秒間のデータであり、前処理して標準化し、ノイズを除去して ECG 波形を画像へと変換し入力を行った。

2. ECG 変換のための GAN アーキテクチャ

トレーニング:ペアの ECG データを使用して GAN をトレーニングし、ジェネレータが正常例→突然死例を学習できるようにし、次いでトレーニング済みのジェネレータネットワークを使用して、突然死→正常例に変換するよう設計する。そして、突然死 ECG と生成された正常 ECG の違いを測定して分析することとした。GAN は日々進化を続けており、cycle GAN を始めとして、いくつもの GAN が使われているが、今回は操作性や使用実績などの点から GAN ベースの deep learning モデルである pix2pix を使用した。日常臨床で使用される標準12誘導 ECG は肢誘導(双極肢誘導:3誘導、単極肢誘導:3誘導)と胸部誘導(単極誘導:6誘導)からなるが、今回はパイロット研究として正常例の双極肢誘導(II誘導)、単極

肢誘導 (aVR 誘導) と胸部誘導 (V3, V5 誘導) 間の生成を試みた。これらの誘導を選択した理由は、既報において心疾患の重症度や予後判定に有用であることが示されているためである。

3. 変換された誘導の定量評価

変換前後の ECG の類似性の定量評価に以下の A, B の 2 手法を用いた。

A) MSE (Mean Square Error: 平均二乗誤差)

これにより ECG 波形の電位の再現性を評価した

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2$$

B) DTW (Dynamic Time Warping: 動的時間伸縮法)

これにより時系列データ同士の距離・類似度の指標とした

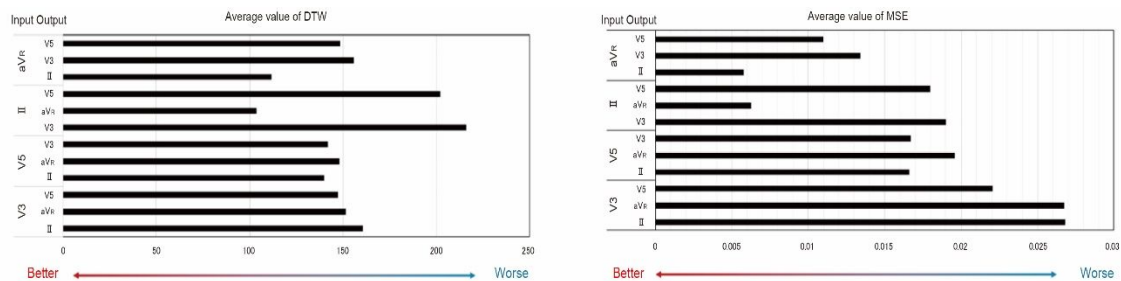
$$DTW(S, T) = \min_W \sum_{k=1}^P \delta(w_k)$$

さらに、不整脈専門医が目視で生成前後の P 波、R 波、QRS 波、T 波の波高と波形、および QT 間隔について類似しているかどうかを判定した。

4. 研究成果

洞調律の肢誘導間と胸部誘導間の生成と比較結果

II aVR, V3 V5 の変換において MSE と DTW はどちらも低値であり、類似した ECG 波形が作成できることが明らかになった (下左右図)。さらに、P 波、R 波、QRS 波、T 波の波高と波形、および QT 間隔について目視で検討したが、II aVR 間も V3 V5 間もほぼ同一波形を示す結果も得られた。これは記録原理が類似していることや記録部位が近接しているためと考えた。



続いて II V5 間の生成変換と類似性評価を行った。先に図示した MSE と DTW は記録原理が異なるにも関わらず、それぞれ 0.005 ± 0.003 、 9.6 ± 3.2 (平均 ± 標準偏差) と低値を示す傾向があり、類似した波形が得られることが示唆された。

心房細動の肢誘導間の生成と比較結果

続いて II 誘導を用いて洞調律 心房細動の変換も試みたが、MSE と DTW はそれぞれ 0.041 ± 0.033 、 21.3 ± 10.4 と高値であることにより類似性が低いことが示唆された。さらに、P 波、R 波、QRS 波、T 波の波高と波形、および QT 間隔について目視で検討したが、いずれの波形も類似性は低く、特に P 波の生成 (調律の変換) は困難であった。

考察

本研究では心臓突然死例と正常例の ECG の間で GAN を用いて、互いの ECG を生成することで、2 者の心電図波形の相違性を明らかにして心臓突然死ハイリスク ECG に含まれる特徴を明らかにすることを目的とした。ECG のクリーニングと GAN のモデル設計で試行錯誤を繰り返したために時間を要したことより、今回はパイロット研究として正常波形の肢誘導間、および胸部誘導間の生成を行い、次いで、肢誘導と胸部誘導間の生成を試行した。この結果、肢誘導間、および胸部誘導間の生成は比較的高精度になされることが示唆された。しかしながら、調律の異なる波形生成は困難であった。心臓突然死例には洞調律以外の調律者も多く含まれることより、新たな GAN 手法も試みることを考えている。今後は、心臓突然死例と正常例間の ECG の再生成を行い、その過程で 2 者の相違性を明らかにして SCD のリスクが高いことを示す主要な特徴とパターンを特定することを予定している。

Limitation

本研究では GAN に関して多くの課題がある。1 点目は生成されたデータに偏り(mode collapse)が生じることであり、GAN が持つ構成の複雑さに起因する。今回もこの課題解決のために時間が割かれており、未だ解決は見られていない。今後も、パラメータやネットワーク構成の改善を続ける必要がある。2 点目は、生成モデル全般に共通する点であるが、何ををもって「類似している」と評価するかである。今回は MSE と DTW を採用し、不整脈専門医である研究代表らが波形の類似性を半定量的に評価したが、複数の不整脈専門医らが学習結果を評価することが必要である。

深層学習を用いた心電図の診断支援には、多くの正確な識別モデルと生成モデルが必要である。しかし、アノテーションの難しさやデータの不足が障害となりこの分野の研究は遅れている。GAN を使用して、正常と異常の心電図を突然死発症例の心電図に変換することで、不足しているデータを生成することができ、より高い精度で深層学習を実行することができる可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Fujiwara Wakaya, Ishii Hideki, Sobue Yoshihiro, Shimizu Shinya, Ishiguro Tomoya, Yamada Ryo, Ueda Sayano, Nishimura Hideto, Niwa Yudai, Miyazaki Akane, Miyagi Wataru, Takahara Shuhei, Naruse Hiroyuki, Ishii Junichi, Kiyono Ken, Watanabe Eiichi, Izawa Hideo	4. 巻 12
2. 論文標題 A simple proteinuria-based risk score predicts contrast-associated acute kidney injury after percutaneous coronary intervention	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-16690-6	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 Muraki Ryosuke, Teramoto Atsushi, Sugimoto Keiko, Sugimoto Kunihiko, Yamada Akira, Watanabe Eiichi	4. 巻 17
2. 論文標題 Automated detection scheme for acute myocardial infarction using convolutional neural network and long short-term memory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0264002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0264002	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 Nomura Yoshihiro, Harada Masahide, Motoike Yuji, Nishimura Asuka, Koshikawa Masayuki, Ito Takehiro, Sobue Yoshihiro, Kitagawa Fumihiko, Watanabe Eiichi, Ozaki Yukio, Izawa Hideo	4. 巻 45
2. 論文標題 Selvester QRS score predicts improvement of LVEF in atrial fibrillation patients with systolic heart failure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pacing and Clinical Electrophysiology	6. 最初と最後の頁 619 ~ 628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pace.14498	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 Eiichi, Takahashi Naohiko, Aronson Ronald, Ohsawa Ako, Ishibashi Yuriko, Murakawa Yuji, for the SCAN-AF Investigators	4. 巻 86
2. 論文標題 Systematic Screening for Atrial Fibrillation in Patients at Moderate-to-High Risk of Stroke Potential to Increase the Atrial Fibrillation Detection Rate (SCAN-AF)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 1245 ~ 1251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circj.CJ-21-0813	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 該当する

1. 著者名 Koike Asami, Sobue Yoshihiro, Kawai Mayumi, Yamamoto Masaru, Banno Yukina, Harada Mashide, Kiyono Ken, Watanabe Eiichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Safety and feasibility of a telemonitoring guided exercise program in patients receiving cardiac resynchronization therapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annals of Noninvasive Electrocardiology	6. 最初と最後の頁 e12926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/anec.12926	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 Varma Niraj, Kondo Yusuke, Park Seung-Jung, Auricchio Angelo, Gold Michael R., Boehmer John, Pandurangi Ulhas, Watanabe Eiichi, Lee Kwangdeok, Singh Jagmeet P.	4. 巻 3
2. 論文標題 Utilization of remote monitoring among patients receiving cardiac resynchronization therapy and comparison between Asia and the Americas	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Heart Rhythm O2	6. 最初と最後の頁 868 ~ 870
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hroo.2022.06.013	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 該当する

1. 著者名 Muraki Ryosuke, Teramoto Atsushi, Sugimoto Keiko, Sugimoto Kunihiko, Yamada Akira, Watanabe Eiichi	4. 巻 17
2. 論文標題 Automated detection scheme for acute myocardial infarction using convolutional neural network and long short-term memory	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0264002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0264002	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 Koike Asami, Sobue Yoshihiro, Kawai Mayumi, Yamamoto Masaru, Banno Yukina, Harada Mashide, Kiyono Ken, Watanabe Eiichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Safety and feasibility of a telemonitoring guided exercise program in patients receiving cardiac resynchronization therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Noninvasive Electrocardiology	6. 最初と最後の頁 e12926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/anec.12926	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 Eiichi, Noyama Shunsuke, Kiyono Ken, Inoue Hiroshi, Atarashi Hirotsugu, Okumura Ken, Yamashita Takeshi, Lip Gregory Y. H., Kodani Eitaro, Origasa Hideki	4. 巻 44
2. 論文標題 Comparison among random forest, logistic regression, and existing clinical risk scores for predicting outcomes in patients with atrial fibrillation: A report from the RHYTHM registry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Clinical Cardiology	6. 最初と最後の頁 1305 ~ 1315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/clc.23688	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 Eiichi, Inoue Hiroshi, Atarashi Hirotsugu, Okumura Ken, Yamashita Takeshi, Kodani Eitaro, Kiyono Ken, Origasa Hideki	4. 巻 37
2. 論文標題 Clinical phenotypes of patients with non-valvular atrial fibrillation as defined by a cluster analysis: A report from the J-RHYTHM registry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IJC Heart & Vasculature	6. 最初と最後の頁 100885 ~ 100885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijcha.2021.100885	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 Hashimoto Kenichi, Kinoshita Toshio, Miwa Yosuke, Amino Mari, Yoshioka Koichiro, Yodogawa Kenji, Nakagawa Mikiko, Nakamura Kohki, Watanabe Eiichi, Nakamura Kentaro, Watanabe Tetsu, Kasamaki Yuji, Ikeda Takanori	4. 巻 27
2. 論文標題 Ambulatory electrocardiographic markers predict serious cardiac events in patients with chronic kidney disease: The Japanese Noninvasive Electrocardiographic Risk Stratification of Sudden Cardiac Death in Chronic Kidney Disease (JANIES CKD) study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Noninvasive Electrocardiology	6. 最初と最後の頁 e12923
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/anec.12923	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 Chairina Ghina, Yoshino Kohzoh, Kiyono Ken, Watanabe Eiichi	4. 巻 23
2. 論文標題 Ischemic Stroke Risk Assessment by Multiscale Entropy Analysis of Heart Rate Variability in Patients with Persistent Atrial Fibrillation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 918 ~ 918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e23070918	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 Naruse Hiroyuki, Ishii Junnichi, Takahashi Hiroshi, Kitagawa Fumihiko, Sakaguchi Eirin, Nishimura Hideto, Kawai Hideki, Muramatsu Takashi, Harada Masahide, Yamada Akira, Fujiwara Wakaya, Hayashi Mutsuharu, Motoyama Sadako, Sarai Masayoshi, Watanabe Eiichi, Ito Hiroyasu, Ozaki Yukio, Izawa Hideo	4. 巻 10
2. 論文標題 Combined Assessment of D-Dimer with the Get with the Guidelines?Heart Failure Risk Score and N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide in Patients with Acute Decompensated Heart Failure with Preserved and Reduced Ejection Fraction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Medicine	6. 最初と最後の頁 3564 ~ 3564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jcm10163564	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 Hayano Junichiro, Ueda Norihiro, Kisohara Masaya, Yuda Emi, Watanabe Eiichi, Carney Robert M., Blumenthal James A.	4. 巻 26
2. 論文標題 Risk stratification after acute myocardial infarction by amplitude?frequency mapping of cyclic variation of heart rate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annals of Noninvasive Electrocardiology	6. 最初と最後の頁 e12825
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/anec.12825	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 Motoike Yuji, Harada Masahide, Ito Takehiro, Nomura Yoshihiro, Nishimura Asuka, Koshikawa Masayuki, Watanabe Eiichi, Ozaki Yukio, Izawa Hideo	4. 巻 32
2. 論文標題 Wall thickness based adjustment of ablation index improves efficacy of pulmonary vein isolation in atrial fibrillation: Real time assessment by intracardiac echocardiography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cardiovascular Electrophysiology	6. 最初と最後の頁 1620 ~ 1630
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jce.15000	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Arimoto Takanori, Watanabe Eiichi, Kohno Ritsuko, Shimeno Kenji, Kikuchi Kan, Doi Atsushi, Inoue Kanki, Nitta Takashi, Nogami Akihiko, Abe Haruhiko, Okumura Ken	4. 巻 37
2. 論文標題 Impact of a poor functional capacity on the clinical outcomes in patients with a pacemaker implantation ?Results from the Japanese Heart Rhythm Society Registry ?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Arrhythmia	6. 最初と最後の頁 182 ~ 188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/joa3.12459	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡邊英一
2. 発表標題 Two-dimensional convolutional neural network-based ECG analyses predict in-hospital mortality in patients admitted to the coronary care unit.
3. 学会等名 第68回日本不整脈心電学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永長優希, 金子美樹, 重松大輝, 清野 健, 渡邊英一
2. 発表標題 心拍変動の身体活動依存性に基づくフレイル評価指標の開発
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 植村桂伍, 金子美樹, 重松大輝, 渡邊英一, 清野 健
2. 発表標題 心拍変動時系列の2次元化データ深層学習を用いた心不全患者の生命予後予測
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤輝将, 村木亮介, 寺本篤司, 渡邊英一, 齋藤邦明, 藤田広志
2. 発表標題 冠疾患集中治療室入院時の心電図画像を用いた 畳み込みニューラルネットワークによる入院患者の予後予測
3. 学会等名 第35 回日本生体医工学会東海支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森 悦子, 山田 亮, 酒井哲理, 吉岡公一郎, 網野真理, 野山駿介, 祖父江嘉洋, 石黒智也, 野村 広, 藤原稚也, 清野 健, 渡邊英一
2. 発表標題 心臓病患者の変事反応とフレイルとの関連 (ACCEL研究) ウェアラブル活動・心拍モニターを用いた評価
3. 学会等名 日本不整脈心電学会心電学関連春季大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Eiichi Watanabe
2. 発表標題 Remote monitoring in patients with cardiac implantable electrical devices in the COVID-19 era: insights from the at home study
3. 学会等名 第85回日本循環器学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪野有希菜, 原田将英, 武田 淳, 伊藤丈浩, 西村明日香, 野村佳広, 本池雄二, 越川真行, 渡邊英一, 尾崎行男, 井澤英夫
2. 発表標題 Pre-procedural anti-arrhythmic drug therapy delays catheter ablation, promotes atrial remodeling, and increases arrhythmia recurrence in patients with paroxysmal atrial fibrillation
3. 学会等名 第85回日本循環器学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naruse H, Ishii J, Nishimura H, Ohta M, Sakaguchi E, Kawai H, Muramatsu T, Harada M, Yamada A, Hayashi M, Tanizawa S, Sarai M, Watanabe E, Ozaki Y, Izawa H.
2. 発表標題 Prognostic value of combination of urinary liver-type fatty acid-binding protein and plasma b-type natriuretic peptide for predicting long-term adverse outcomes.
3. 学会等名 第85回日本循環器学会学術集会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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	寺本 篤司 (Teramoto Atsushi) (00513780)	名城大学・情報工学部・教授 (33919)	
研究 分担者	祖父江 嘉洋 (Sobue Yoshihiro) (20724793)	藤田医科大学・医学部・准教授 (33916)	

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
---------	---------