

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K16388

研究課題名(和文)音響解析を用いたLVAD診断システムの構築

研究課題名(英文) Prediction of device-related complications after continuous-flow left ventricular assist device implantation using artificial intelligence trained on acoustic spectra

研究代表者

三隅 祐輔 (Misumi, Yusuke)

大阪大学・医学部附属病院・医員

研究者番号：20631477

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)：植込み型左室補助人工心臓(LVAD)は、重症心不全に対する外科的治療として今後適応が拡大する見込みである。本治療では手術後に患者が在宅へ移行しうるメリットがある反面、血栓形成や駆動異常などの重篤な合併症にて入院を余儀なくされる場合もあり、在宅で人工心臓の状態を正確に把握する技術が必須である。本研究では、音響解析を用いてLVAD駆動音の変化と血栓形成や駆動異常との関係を明らかにした。LVAD駆動音の解析による診断システムは、合併症の早期診断や在宅患者における遠隔診断に応用されることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果を元に、LVAD駆動音の音響解析を用いた早期異常検出システムの技術的基盤を構築し、LVAD在宅管理における遠隔診断への応用の足がかりとしたい。駆動音の音響解析によりLVAD駆動異常の早期診断や循環動態の把握が可能となれば、LVAD装着患者が在宅にて手軽に自身のLVAD駆動状況を把握可能なシステムに応用できると考えられる。重篤な合併症の兆候を早期に検出し治療へ繋げることで、今後増加すると見込まれる在宅LVAD植込み患者の生活の質を維持すると共に、医療機関の救急・外来対応の負担を軽減させることが見込まれるものである。

研究成果の概要(英文)：Left ventricular assist devices (LVADs) has become an important treatment of choice for patients with end-stage heart failure. As the growing number of patients receiving implantable LVAD therapy, there is an increasing clinical need to sensitively detect LVAD malfunction in daily lives of patients at home as in the case of tele-monitoring medical care system in the near future. In patients receiving implantable LVAD therapy, diagnosing modalities for major device-related complications require hospital visits and not suitable for a long-term tele-monitoring at home. LVAD acoustic signals are easily obtainable with an electronic stethoscope from the chest wall and could be potentially a suitable modality for tele-monitoring care of LVAD patients at home. In this study, we investigated the relationships between the changes in LVAD sound and relevant clinical outcomes such as pump thrombosis or malfunction.

研究分野：心臓血管外科

キーワード：補助人工心臓 在宅管理 合併症 音響解析 人工知能

1. 研究開始当初の背景

重症心不全に対する外科的治療として、本邦では2011年より体内植込み型左室補助人工心臓(LVAD)が保険償還され、心臓移植までの橋渡し治療(Bridge-to-transplantation, BTT)として現在までに相当数の症例が同治療を享受している。他方欧米においては植込み型LVADと内科的治療の無作為比較試験の結果を受け、心臓移植を最終目標としないdestination therapy(DT)としての植込み型LVADの使用が米国食品医薬品局(FDA)より承認されている。植込み型LVADのDT使用は本邦でも既に治験が開始されており、これが承認されれば同治療を享受する症例数が飛躍的に増加する見込みである。

植込み型LVADの利点は植込み手術後急性期が過ぎれば在宅での管理が可能な点であるが、LVADポンプ内血栓形成に伴う脳梗塞やポンプ機能不全などの重篤な合併症が存在するため、本来植込み型LVADの果たすべき役割を遂行できていないのが現状である。LVADはモーターの力で刃を回転させることで血流を生み出しており、駆動異常が生じた場合はアラームが鳴るが、これはLVADの電力異常の変化を指標としているため、早期検出能力と特異性に問題がある。かかる異常が出現する前段階で早期に異常が検出できれば、早期治療と遠隔地管理が可能となる。通常の診察時やLVADのアラームが出現した際にはLVAD駆動音を聴診し異常の有無を確認するが、現在臨床的に異常診断の指標がなく、駆動音の聴診のみでは正確な異常の判断が難しい状況である。さらにLVADのDT使用により、長期間で自己心の機能がどのように変化していくかを遠隔で管理する方法はないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究計画は、小型高感度マイクと音響解析を用いて植込み型の振動音を分析することにより、LVAD装着患者に生じているLVADポンプ内血流異常、血栓形成、駆動異常および自己心の機能の変化を明らかにする。LVAD駆動音の音響解析を用いた早期異常検出システムの技術的基盤を構築し、LVAD在宅管理における遠隔診断への応用の足がかりとしたい。

3. 研究の方法

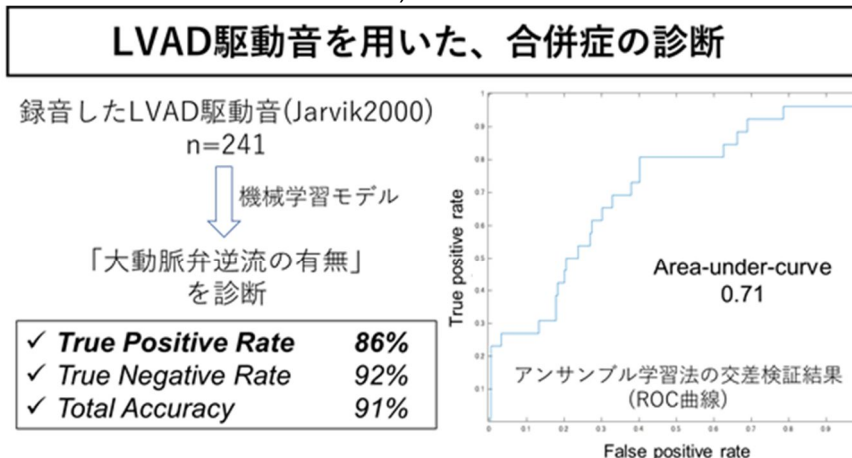
実際の症例で録音されたLVAD駆動音と各症例のLVAD駆動状況や循環動態因子との関連の解明

LVADを組み込んだ模擬循環回路を用いた、LVAD駆動音とLVAD駆動状況や循環動態因子の関連の検証

LVAD駆動音からLVAD駆動状況や循環動態因子を診断するアルゴリズムの作成

4. 研究成果

LVAD装着患者13例より聴取した音響データ(n=245)を解析した。アウトカムは、心エコーにて中等度以上のARを認めた26(10.6%)を「有意」、残り219(89.4%)を「有意でない」と設定した。時間周波数解析を用いて各音響データから19の特徴量を抽出し、その中からアウトカムとの相関が強い4つの重要特徴量を選択した。この重要特徴量を用いて機械学習モデル間の性能比較を行い、アンサンブル学習法にて予測モデルを作成した。交差検定でのモデル性能評価は、陽性的中率86%、area-under-curve 0.71であった。(American Heart Association Scientific Session 2018)



(American Heart Association 2018で演題採択)

LVAD 装着患者 4 例より聴取した音響データ(n=81)を解析した。アウトカムは、脳血管合併症の発症 1 週間以内の音響 8(9.9%)を「有意」、残り 73(90.1%)を「有意でない」と設定した。時間周波数解析を用いて各音響データから 19 の特徴量を抽出し、その中からアウトカムとの相関が強い 2 つの重要特徴量を選択した。この重要特徴量を用いて機械学習モデル間の比較を行い、アンサンブル学習法にて予測モデルを作成した。交差検定でのモデル性能評価は、陽性的中率 98%、area-under-curve 0.98 であった。(American Heart Association Scientific Session 2019)

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1 . 発表者名 Yusuke Misumi, Hidetsugu Asanoi, Shigeru Miyagawa, Yasushi Yoshikawa, Hiroki Hata, Daisuke Yoshioka, Satoshi Kainuma, Shohei Yoshida, Yuichi Maruyama, Koichi Toda, and Yoshiki Sawa
2 . 発表標題 Prediction of Aortic Valve Insufficiency after Continuous-flow Left Ventricular Assist Device Implantation Using Artificial Intelligence Trained on Acoustic Spectra
3 . 学会等名 American Heart Association Scientific Sessions 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yusuke Misumi, Hidetsugu Asanoi, Shigeru Miyagawa, Yasushi Yoshikawa, Hiroki Hata, Daisuke Yoshioka, Satoshi Kainuma, Takuji Kawamura, Ai Kawamura, Yuichi Maruyama, Koichi Toda, and Yoshiki Sawa
2 . 発表標題 Predicting Cerebrovascular Accident in Patients with Implantable Ventricular Assist Device Using Artificial Intelligence Trained on Acoustic Spectra
3 . 学会等名 American Heart Association Scientific Sessions 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019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