

딥러닝을 이용한 심방세동 환자의 심율동전환술 치료 결과 예측을 위한 예비연구

정다운¹, Frederique Vanheusdene², 임기무^{1,3*}

금오공과대학교 IT융복합공학과¹,
Nottingham Trent University School of Science & Technology²,
금오공과대학교 메디컬IT융합공학과³

A pilot study to predict the results of direct current cardioversion in atrial fibrillation patients using deep learning

Da Un Jeong¹, Frederique Vanheusdene², Ki Moo Lim^{1,3*}

Dept. of IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Korea¹
School of Science & Technology, Nottingham Trent University, England²

Dept. of Medical IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Korea³
dawn6960@kumoh.ac.kr, frederique.vanheusden@ntu.ac.uk, *kmlim@kumoh.ac.kr

Abstract

Direct current cardioversion (DCCV), a treatment for returning the irregular beats of atrial fibrillation to a normal sinus rhythm, has a very high initial success rate of 96%. However, in 80% of patients who underwent DCCV therapy, atrial fibrillation recurs within one year. It is presumed to be due to individual electrical and mechanical characteristics among patients with atrial fibrillation. This paper is a pilot study to predict the recurrence of atrial fibrillation after one year in atrial fibrillation patients who underwent DCCV treatment. We assume that the outcome of DCCV therapy can be predicted efficiently from the Body Surface Mapping (BSPM) signal, which is commonly used to identify the mechanism of atrial fibrillation, by reflecting the electrical and mechanical characteristics of each patient well. This study aims to predict the recurrence of atrial fibrillation after one year from the BSPM data of atrial fibrillation patients before receiving DCCV treatment using deep learning. The BSPM data used in the study consisted of data from 52 male patients (recurrence of atrial fibrillation: 28, maintenance of sinus rhythm: 23) who visited the hospital. Through the deep learning model proposed in this study, the accuracy of predicting the recurrence of atrial fibrillation after one year of DCCV treatment was 75%. The results of this study did not show excellent accuracy despite a pilot study that predicted the effect of DCCV treatment using deep learning based on the BSPM signal. However, we expect that the model's predictive performance can be improved in future studies by learning the model through the advanced model structure, preprocessing, and extracting meaningful features through data analysis.

1. 연구 배경

심방세동은 임상에서 흔하게 관찰되는 지속성 심장부정맥으로 심방의 전기적 및 역학적 활동 이상으로 인해 박동 수가 빠르고 불규칙하게 증가하는 특성이 있다[1]. 이러한 심방세동의 불규칙한 박동을 정상적인 박동 리듬으로 되돌리기 위한 치료법인 심율동전환술(Direct Current Cardioversion, DCCV)은 초기 성공률이 96%로 매우 높은 편이다. 하지만, DCCV 치료술을 받은 환자 중 80%는 1년안에 심방세동이 재발한다[2]. 이는 심방세동을 앓는 환자들 간의 개별적 전기적 및 역학적 특성에 의한 것으로 추측되고 있다[3]-[5]. Lankveld의 연구에서는 심실의 전기적 활동을 보여주는 QRST 파를 제거한 심전도 신호에서 분석된 지배적 주파수를 통해 DCCV 이후 심방세동의 재발 여부를 예측할 수 있는 통계적 차이가 있음을 밝혔다[4].

DCCV 치료 이후 심방세동의 재발을 예측하기 위한 연구들이 많이 진행되었다[6]-[8]. Oto et al.은 심방세동 치료제인 Flecainide를 투여 받은 환자 데이터를 기반으로 머신러닝 모델을 사용해 DCCV 치료 효과를 예측하였다[8]. Jaakkola et al.은 심방세동이 재발하기 전 도출된 5가지 임상 변수를 사용해 DCCV 치료이후 심방세동의 재발여부를 예측하였다[7]. Elhendy는 심방세동을 앓은 기간이나, 체격, 심박출량 및 심질환여부가 DCCV 치료술의 실패여부와 관련이 있음을 시사하였다[6]. 앞서 언급한 선행연구들은 임상적으로 심방세동과 관련 있는 임상적 파라미터를

사용해 DCCV의 치료효과를 예측하였으며, 각 환자에 따른 전기적, 역학적 특징을 고려하지 못하였다.

본 논문은 DCCV 치료술을 받은 심방세동 환자의 1년 후 심방세동 재발 여부를 예측하기 위한 예비 연구로서 최근 심방세동 메커니즘 규명을 위해 흔히 사용되는 체표면전위매핑(Body Surface Potential Mapping, BSPM) 신호가 각 환자 별 전기적 및 역학적 특성을 잘 반영하여 DCCV 치료의 결과를 효율적으로 예측할 수 있을 것이라 가정하였다. 본 연구는 딥러닝을 사용해 DCCV 치료를 받기 전 심방세동 환자의 BSPM 데이터로부터 1년 후 심방세동의 재발여부를 예측하고자 한다.

2. 연구 방법

연구에서 사용된 BSPM 데이터는 병원을 방문한 52명의 남성 환자 데이터(평균 나이 63(35-81) 세)로 구성되었다. 각 데이터는 Mat 파일 형식으로 제공되었으며, 128개의 BSPM 데이터와 3개의 왼팔, 왼다리, 오른팔에서 측정된 심전도데이터로 구성되었다. BSPM 데이터는 1-64번 전극은 상체 앞면 흉부에, 65-128번 전극은 상체 뒷면 등에

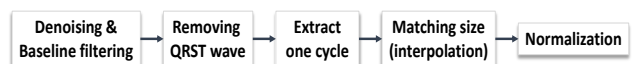


그림 1. BSPM 신호의 전처리과정

부착되어 DCCV 치료를 받기 전 평균 10(5-12) 분 동안 측정되었다. 각 데이터는 12개월 이후의 심방 세동의 재발 여부를 포함하였다. 사용된 데이터는 영국의 Glenfield General Hospital 병원으로부터 제공받은 것으로 지역 윤리 위원회로부터 연구승인 얻었으며 모든 절차는 완전한 사전 동의 하에 수행되었다[9].

본 연구에서는 52명 환자의 데이터 중 12개월 이후 심방세동의 유발 여부가 판단되지 않은 1명의 환자를 제외한 51명(심방세동 재발: 28명, 정상리듬 회복: 23명)의 데이터를 사용하였다. 각 BSPM 데이터는 무작위 구간에서 4분간의 데이터를 추출하여 사용하였으며, 원 BSPM 데이터는 동잡음과 기저선 변동잡음을 제거하기 위해 2-50Hz의 Butterworth 필터가 적용되었다. 심방보다 질량이 큰 심실의 전기적 활동으로 인한 심방의 신호가 가려지는 것을 방지하기 위해 BSPM 신호에서 심실의 전기적 활동으로 인한 신호인 QRST 파를 제거하였으며, 각 환자의 데이터로부터 1회의 박동 신호들을 추출하여 각 환자 별로 대략 290개의 박동 리듬 신호를 생성하였다. 1회의 박동리듬은 딥러닝 모델에서 사용 시 동일한 입력크기로 맞춰 주기 위해 보간법을 통해 (1, 250)크기로 수정되었으며, 최대가 1 최소가 -1이 되도록 정규화 되었다. 그림1은 연구에서 사용한 BSPM 신호의 전처리의 전반적 과정을 보여준다.

본 연구에서 제안한 딥러닝 모델은 이를 통해 생성된 데이터는 전체 34명(심방세동 재발: 17명, 정상리듬 회복: 17명)의 환자데이터를 사용해 학습되었으며, 나머지 17명(심방세동 재발: 11명, 정상리듬 회복: 6명)의 데이터를 사용해 모델의 정확도를 평가하였다.

3. 연구 결과

본 연구에서 제안한 딥러닝 모델을 통해 DCCV 치료술을 받은 1년 후 심방세동의 재발 여부 예측 정확도는 75%이었다. DCCV 치료술이 성공하여 정상리듬을 잘 유지할 환자의 예측은 정밀도는 86%로 높았으나, 67%의 다소 낮은 재현율을 보였다. 반면, DCCV 치료 1년후 심방세동이 재발할 환자의 예측은 정밀도는 67%로 다소 낮았으나, 재현율은 86%로 높았다. 그에 따른 DCCV 치료술의 1년 후 심방세동의 재발 예측의 F1 score는 75%이었다.

본 연구의 결과는 BSPM 신호를 기반으로 딥러닝을 사용해 DCCV 치료술 효과를 예측한 선행 연구로서 우수한 정확도를 보여주지는 못했으나, BSPM 신호를 통해 DCCV의 1년 후 치료 결과를 예측할 수 있는 가능성을 보여주었다. 추후 진행될 연구에서 고도화된 모델구조와 전처리 및 데이터 분석을 통한 유의미한 특징 추출을 통해 모델을 학습하여 모델의 예측 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

4. Acknowledgements

본 연구는 식품의약품안전처(22213MFDS3922)와 한국연구재단 이공학기초연구사업(2022R1A2C2006326), 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT연구센터) 사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2022-2020-0-01612).

5.참고 문헌

[1] E. A. Ashley and J. Niebauer, *Cardiology explained*, 3rd ed. London: Andrew Ward, 2004.
 [2] R. S. Loungani *et al.*, "Outcomes following cardioversion

for patients with cardiac amyloidosis and atrial fibrillation or atrial flutter," *Am. Heart J.*, vol. 222, pp. 26–29, 2020, doi: 10.1016/j.ahj.2020.01.002.
 [3] M. H. Raitt *et al.*, "Prediction of the recurrence of atrial fibrillation after cardioversion in the Atrial Fibrillation Follow-up Investigation of Rhythm Management (AFFIRM) study," *Am. Heart J.*, vol. 151, no. 2, pp. 390–396, 2006, doi: 10.1016/j.ahj.2005.03.019.
 [4] T. Lankveld *et al.*, "Systematic analysis of ECG predictors of sinus rhythm maintenance after electrical cardioversion for persistent atrial fibrillation," *Heart Rhythm*, vol. 13, no. 5, pp. 1020–1027, 2016, doi: 10.1016/j.hrthm.2016.01.004.
 [5] B. Abu-El-Haija and M. C. Giudici, "Predictors of long-term maintenance of normal sinus rhythm after successful electrical cardioversion," *Clin. Cardiol.*, vol. 37, no. 6, pp. 381–385, 2014, doi: 10.1002/clc.22276.
 [6] A. Elhendy *et al.*, "Predictors of unsuccessful electrical cardioversion in atrial fibrillation," *Am. J. Cardiol.*, vol. 89, no. 1, pp. 83–86, 2002, doi: 10.1016/S0002-9149(01)02172-5.
 [7] S. Jaakkola *et al.*, "Predicting Unsuccessful Electrical Cardioversion for Acute Atrial Fibrillation (from the AF-CVS Score)," *Am. J. Cardiol.*, vol. 119, no. 5, pp. 749–752, 2017, doi: 10.1016/j.amjcard.2016.11.026.
 [8] E. Oto *et al.*, "Predictors of sinus rhythm after electrical cardioversion of atrial fibrillation: Results from a data mining project on the Flec-SL trial data set," *Europace*, vol. 19, no. 6, pp. 921–928, 2017, doi: 10.1093/europace/euw144.
 [9] F. J. Vanheusden *et al.*, "Systematic differences of non-invasive dominant frequency estimation compared to invasive dominant frequency estimation in atrial fibrillation," *Comput. Biol. Med.*, vol. 104, pp. 299–309, 2019, doi: 10.1016/j.combiomed.2018.11.017.