

요류곡선을 이용한 자동 정상인과 환자 식별

정중혁^{1,2*}, 박성근³, 김지훈¹, 손동연^{1,2}, 권현빈¹, 이동석¹, 진형원^{1,5}, 유상준⁴, 이정훈⁴, 손환철⁴, 최진욱^{3,5}, 박광석^{3,5}

서울대학교 협동과정 바이오엔지니어링¹

서울대학교 대학원 융합전공 혁신의과학²

서울대학교 의과대학 의공학교실³

서울대학교 보라매병원 비뇨기과⁴

서울대학교 의과대학 의학연구원 의용생체공학연구소⁵

Automatic Classification of Normal People and Patients Using Uroflow Curve

Jonghyeok Jeong^{1,2*}, Seongkeun Park³, Jeehoon Kim¹, Dongyeon Son^{1,2}, Hyunbin Kwon¹, Dongseok Lee¹, Hyungwon Jin^{1,5},

Sangjun Yoo⁴, Junghoon Lee⁴, Hwancheol Son⁴, Jinwook Choi^{3,5} and Kwangsuk Park^{3,5}

Interdisciplinary Program of Bioengineering, College of Engineering, Seoul National University¹

Integrated Major in Innovative Medical Science, College of Medicine, Seoul National University²

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul National University³

Department of Urology, College of Medicine, Seoul Metropolitan Government - Seoul National University Boramae Medical Center⁴

Institute of Medical and Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University⁵

wjdwhtks@bmsil.snu.ac.kr

Abstract

Uroflowmetry is one of the most frequently first used tests for patients with urination discomfort. Because uroflowmetry is noninvasive, inexpensive and simple, uroflowmetry is widely used in urology. From uroflowmetry, urologists can get uroflow curves. The uroflow curves provide extremely valuable diagnostic data for voiding dysfunction. In this paper, we propose a deep learning based approach to the automatic classification for distinguishing normal people from patients who have urination discomfort by considering 805 cases of medical data, which are confirmed by three highly experienced urologists. The classification performance shows 95.6 % for accuracy and 0.91 for Cohen's Kappa.

1. Introduction

요속검사 (Uroflowmetry)는 간단하고 비침습적인 검사로 배뇨 활동에 불편함을 느끼는 환자가 비뇨기과 병원에서 제일 먼저 시행하는 검사이다. 이 검사는 배뇨 활동하는 동안에 배뇨하는 소변의 속력(Q)을 측정하는 검사로, 이 검사로 인해 요속그래프(Uroflow Curve)를 얻을 수 있다. 이 요속검사의 결과로 비뇨기과 전문의들은 다음 요소들을 판단해, 환자들의 문제점이 무엇인지를 확인한다: 소변량, 최대 속력, 배뇨시간, 최대 속력까지 걸리는 시간, 평균 요속 등. 이 요소들은 환자의 상태를 알려주는 중요한 요소이다. Nazeeh Alothmany et al.은 이 요소들을 이용해 정확한 배뇨 진단에 대해 설명을 했다[1]. 이 요속그래프를 해석하는 능력은 배뇨활동 관련 진단에 있어서 굉장히 중요하다.

Chang et al.은 Grading-based approach 기법을 사용하여 요속그래프를 분석해, 정상인인지 아닌지를 자동적으로 분류하였다[2]. 우리는 이 요속검사의 결과를 이용해서 배뇨장애가 있는지 확인 여부를 구별하는데 딥 러닝 (Deep Learning)이 효율적이라고 가정해서 연구를 진행하였다. 이

연구의 목적은 요속그래프를 딥 러닝으로 배뇨장애 판단 여부를 예측하고자 한다.

2. Method

이번 연구에서는 805명 환자의 요속검사 결과를 사용했다. 배뇨장애가 없는 환자들은 378명이고, Bladder Outlet Obstruction (BOO), Under Active Bladder (UAB)같은 배뇨장애를 가지고 있는 환자의 수는 427명 이었다.

요속검사를 진행하기 전에 모든 환자들은 검사에 들어가기 전에 충분한 물을 마신다. 환자들이 배뇨를 하고 싶어할 때, 계측기와 연결되어 있는 소변을 담은 특별한 기기에 배뇨를 실시한다. 이 계측기는 각각의 환자의 소변의 유속을 측정하게 된다. Fig. 1은 요속검사의 결과의 예시를 보여준다. 모든 유속그래프는 60 ml/s까지 유속을 측정하고, 200초까지 시간을 측정하게 된다.

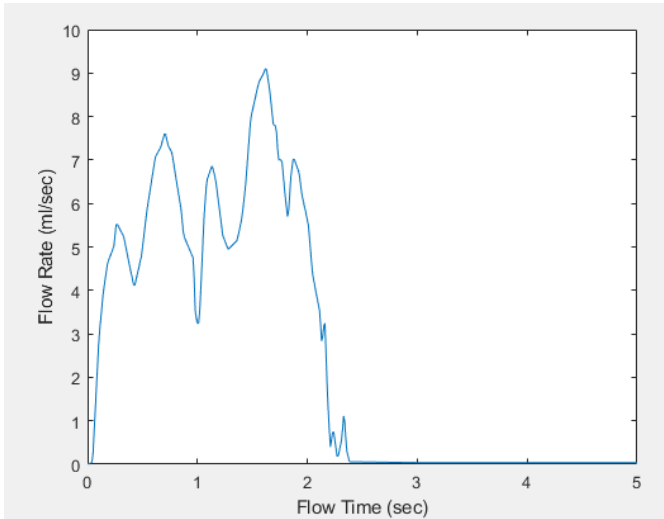


Fig. 1. Example of uroflowmetry result

각각의 환자 유속그래프는 Cubic Spline Interpolation을 이용하여 10 Hz로 샘플링을 하였다. 샘플링된 유속그래프는 350 x 350의 크기를 갖는 2-D 이미지로 변환하였고, 모든 이미지들은 딥 러닝의 효율적인 학습을 위해 Normalization을 진행하였다.

이번 연구에서 사용한 딥 러닝 모델로서 합성곱 신경망 (CNN : Convolution Neural Network)을 이용했다. CNN은 이미지 분석에 있어서 굉장히 좋은 딥 러닝 신경망으로 알려져 있다. 우리의 CNN은 배뇨장애 여부를 구별하기 위한 이진 분류를 위한 모델로 설계를 했다. Normalization을 진행한 이미지를 CNN 모델의 입력 데이터로서 사용했다. 전체적인 진행과정은 Fig.2에서 설명되어 있다. 우리는 644명의 normalization이 된 이미지를 딥 러닝 모델의 훈련 데이터로 사용을 했고, 나머지 환자의 데이터들은 테스트 데이터로 사용을 했다.

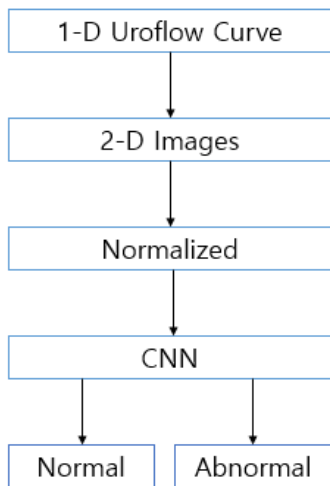


Fig. 2. Automatic Classification Process

3. Results

Fig. 3는 딥 러닝 모델이 예측한 배뇨 장애 환자와 정상인을 구별한 결과이다. 예측 결과의 정확도는 95.6 %로 나타났다. 민감도와 특이도는 각각 94.2 %와 97.3 %가 나왔다. 또한 2명의 관찰자의 신뢰도를 확보하기 위한 확률로서 평가지표로 사용되는 상관계수인 Cohen's Kappa 또한 계산을 했고, 0.91이 나왔다.

True Label	Normal	81	2
	Abnormal	5	73
		Normal	Abnormal
		Predicted Label	

Fig. 3. Confusion Matrix of Result

4. Discussion

이번 연구는 자동적으로 배뇨 장애가 있는 환자와 정상인을 구별해 내는 것이 목표였다. 유속그래프를 이용해 딥 러닝 모델을 사용하여 좋은 성능을 보였다. 이번 연구를 통해 딥 러닝이 배뇨 장애를 판단 여부를 넘어서 자동적으로 배뇨 장애 관련해서 해석해 줄 수 있다는 가능성을 보여주었다고 생각이 된다.

5. Reference

[1] Alothmany, N., Mosli, H., Shokouejnejad, M., Alkashgari, R., Chiang, M., & Webster, J. G. (2018). Critical review of uroflowmetry methods. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 38(5), 685-696.

[2] CHANG, Y., SHEI-DEI YANG, S. T. E. P. H. E. N., CHUANG, Y., SHEN, J. H., LIN, C. C., & LI, C. E. Automatic Classification of Uroflow Patterns via the Grading-based Approach.