

전도성 섬유를 이용한 발바닥 심전도 측정 에 관한 연구

유수한, 이유정, 임도희, 정화영, 왕창원, 민세동
순천향대학교 의료IT공학과

yoush0107@naver.com, dldbwd33@naver.com, ljws2s2@naver.com,
hwayung89@gmail.com, changwon@sch.ac.kr, sedongmin@sch.ac.kr

A Study on Plantar Electrocardiogram Measurement Using a Conductive Textile

Soo-Han Yoo, Yoo-Jung Lee, Do Hwi Im, Hwa-Yung Jung,
Changwon Wang, Se Dong Min
Dept. of Medical IT Eng., Soonchunhyang University

요 약

본 연구는 전도성 섬유를 양말에 부착하여 발바닥에서 심전도(ECG, Electrocardiogram) 신호를 검출하였다. 발바닥에서 측정된 심전도 신호와 손목에서 측정된 심전도 신호에 Pan-Tompkins algorithm을 적용하였고 R-R interval을 검출하였다. 이후 발바닥과 손목에서 측정된 심전도의 유의성을 검출하기 위해 비모수 검정법인 Spearman검정을 사용하여 상관분석을 수행하였다. 상관분석 결과, 유의확률 $p=0.00$ 에서 correlation coefficient=0.901로 두 데이터는 강한 양의 선형 관계에 있는 것으로 나타났다.

1. 서론

최근 언제 어디서나 건강관리를 할 수 있는 시스템에 대한 연구가 증가함에 따라 생체신호를 측정하는 웨어러블(Wearable) 콘텐츠들도 증가하고 있다. 또한 사용자들의 불편함을 줄이기 위해 무구속, 무자각성으로 생체신호를 측정할 수 있는 전도성 섬유를 의류에 부착한 스마트 의류에 대한 연구 또한 활발히 진행되고 있다[1-2].

현재 전도성 섬유를 이용하여 심전도를 측정하는 연구가 활발히 진행되고 있으나, 이는 대체 티셔츠 형식으로 전도성 섬유와 사용자의 피부를 최대한 밀착시키기 위해 밴드를 사용하거나 소형 센서가 부착되어 불편함을 유발하는 단점이 있다[3]. 또한 사용자가 무구속, 무자각성으로 불편함을 느끼지 않게 사용자의 피부와 전도성 섬유가 가장 잘 밀착되는 발바닥에서 검출되는 심전도를 측정하고 분석하는 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 사용자가 불편함을 느끼지 않도록 전도성 섬유를 양말에 부착하여 심전도 신호를 측정하였다. 이때, 올바른 심전도 신호가 측정되었는지 확인하고자 손목에서 측정된 심전도와 비교하여 상관관계를 분석하였다.

2. 본론

2.1 전도성 섬유

기존 선행연구를 보면 Ag/AgCl 전극을 사용했을 때보다 전도성 섬유를 사용했을 때, 불편함 없이 생체신호 측정이 가능하다는 선행연구가 발표되었다[4]. 따라서 본 연구에서는 심전도를 측정하기 위해 아진일렉트론社의

W-290-PCN모델의 전도성 섬유를 사용하였다(그림 1).

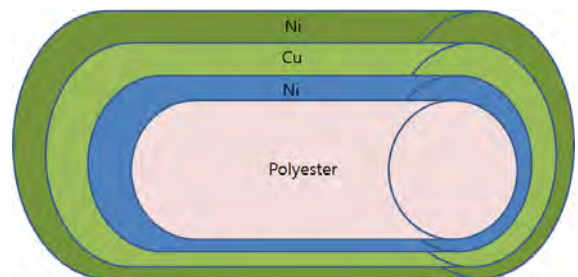


그림 1. 전도성 섬유 구조

전도성 섬유는 폴리에스터 섬유에 구리와 니켈을 도금 처리 하여 전도성을 가지는 섬유로써 생체신호를 측정하는 여러 분야에서 사용되고 있다[5].

2.2 심전도

심전도란 심장의 박동에 따라 발생하는 활동전류로 신체 표면에서 측정이 가능하다. 심방이 수축할 때 발생하는 신호가 'P'파이며 방실계가 탈분극 된 후 'Q'파의 하향펄스가 존재한다. 이후 심실의 수축으로 'R'파와 'S'파가 발생하며 심실의 재분극으로 'T'파가 발생한다(그림 2). 심전도의 파형들 중 심실의 수축과 연관된 파형들인 'Q', 'R', 'S' 파형을 모두 'QRS-complex'라고 부른다[6].

이러한 심전도는 부정맥, 심근 질환, 심장 비대 등 여러 가지 질병을 검출할 수 있는 중요한 생체 신호 중 하나이다.

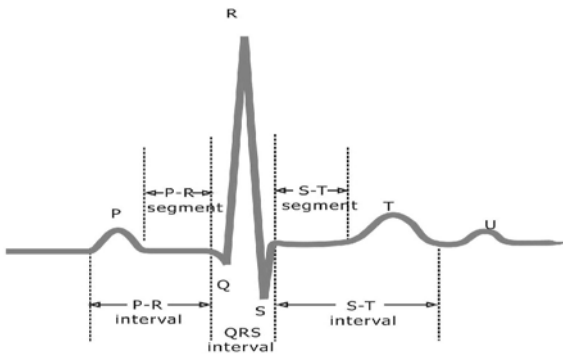


그림 2. 심전도 신호, 출처-www.ni.com

2.3 발바닥 심전도 측정

본 연구에서는 심전도를 측정하기 위하여 양말의 발바닥 부분에 전도성 섬유를 부착하였다. 또한 전도성 섬유와 피부 사이의 임피던스를 최대한 낮추고자, 양말을 신었을 때 전도성 섬유와 피부가 가장 많이 맞는 부위에 전도성 섬유를 부착하였다(그림 3).



그림 3. 양말에 전도성 섬유를 부착한 모습
 (a) VIN+, (b) GND, (c) VIN-

발바닥 심전도 측정은 BIOPAC社의 MP150을 사용하였고, 심전도 신호가 제대로 측정되는지 평가하기 위해 KTMED社의 생체신호 계측장비인 E2-KIT을 활용해 손목에서 심전도 데이터를 획득하였다. 두 장비 모두 Sampling rate를 250 Hz로 설정하였다(그림 4).



그림 4. 심전도 측정 모습
 (a) E2-KIT, (b) BIOPAC, (c) 심전도 모니터링, (d) 전도성 섬유 전극

2.4 데이터 전처리

본 연구에서는 MATLAB2013a를 사용하여 측정된 심전도 신호에 Pan-Tompkins algorithm[7]을 적용하여 QRS-complex를 검출하였다(그림 5). 먼저 심전도의 Raw 신호를 가지고 HPF와 LPF를 각각 5 Hz, 11 Hz로 통과시킨 뒤 미분, 제곱, 이동적분 처리를 통하여 QRS-complex를 검출하였다. 이후, 검출된 QRS-complex에 R peak 값을 구하고 R-R Interval을 구하였다.

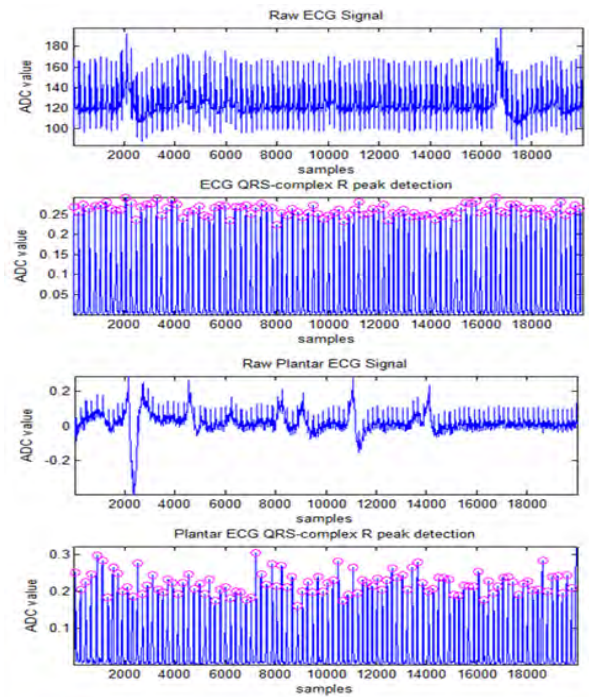


그림 5. 손목 심전도와 발바닥 심전도의 Raw 심전도 그래프와 QRS-complex를 검출한 그래프

2.5. 실험 및 통계 분석법

피험자는 평균 연령은 24.8세로 남자 4명, 여자 1명, 총 5명을 대상으로 선정하였고, 의자에 편하게 앉은 상태에서 80초 동안 심전도를 측정하였다.

두 신호의 R-R Interval데이터의 유의성을 검증하기 위해 SPSS20.0을 사용하였고, 피험자가 5명으로 모집단에 대해 특정 분포를 가정할 수 없으므로 비모수검정인 Spearman 검정을 사용하여 상관분석을 수행하였다<표 1>. 이때, 귀무가설 및 대립가설은 아래와 같이 채택하였다.

귀무가설 : 발바닥 심전도와 손목 심전도는 선형성을 가진다.

대립가설 : 발바닥 심전도와 손목 심전도는 선형성을 가지지 않는다.

3. 결 과

상관분석을 수행한 결과는 아래의 표 1과 같다. 두 데

이터 간 correlation coefficient는 0.901로 나타났고, p=0.000으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 또한 두 데이터는 강한 양의 선형관계에 있는 것으로 나타났다(그림 6). 이에 본 연구에서는 귀무가설을 채택하고 대립가설을 기각하였다.

<표 1> 손목 심전도와 발바닥 심전도의 Spearman 상관계수
상관계수
상관계수

		손목심전도	발바닥심전도
Spearman의 rho	손목심전도	상관계수	1.000
		유의확률(양측)	.000
	N	483	483
	발바닥심전도	상관계수	.901**
		유의확률(양측)	.000
	N	483	483

** 상관계수의 유의수준이 0.01입니다(양측).

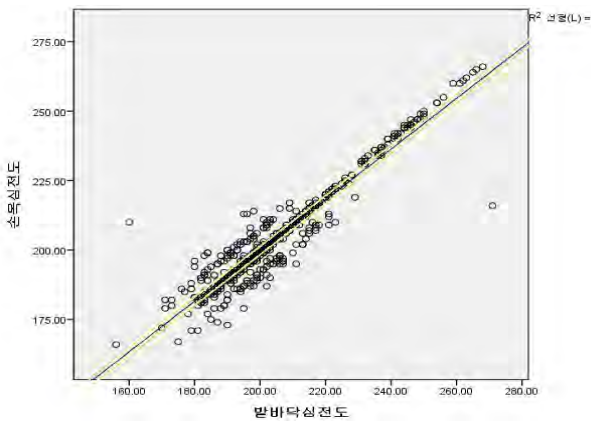


그림 6. 손목 심전도와 발바닥 심전도의 선형성 그래프

4. 결론

본 연구에서는 전도성 섬유를 양말에 부착하여 발바닥에서 심전도를 측정하였고, 동일한 시간에 손목에서 측정된 심전도와 비교하기 위해 R-R Interval을 검출하였다.

두 신호의 R-R Interval 데이터를 가지고 상관관계를 분석한 결과, 두 심전도 사이의 강한 양의 선형성이 있는 것으로 나타났다.

연구를 진행하면서, 서있을 경우 발바닥의 근전도와 잠음이 섞여 정확한 분석이 힘들었고, 발바닥 심전도와 발바닥 근전도의 주파수 대역이 비슷하였기 때문에 근전도 영역의 주파수 제거에 많은 어려움이 있었다. 추후 서있을 때의 발바닥 심전도에서 검출되는 근전도 노이즈를 제거한다면 데이터의 신뢰성을 높일 수 있을 것이라 판단된다.

본 연구를 통해 얻은 결과는 향후 사용자가 양말의 착용만으로 높은 해상도의 심전도 데이터를 획득하고, 측정된 데이터를 가지고 분석 및 신호처리를 통해 사용자의 건강 상태를 판단하는 시스템 개발에 있어 도움이 될 것

으로 판단된다.

5. Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009).

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 바이오.의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015M3A9D7067388).

참고문헌

- [1] 민세동 외, “전기용량성 섬유 압력센서를 이용한 호흡 측정 시스템”, 대한전기학회, 59(1), 58-63, 2010.3
- [2] 유영복, 최계연, 박보야나, 정의섭, “스마트 의류의 기술 동향”, 한국콘텐츠학회, 13(4), 440-451, 2013.4
- [3] 김승연, 조혜민, 김정도, 정경용, “자율신경계를 이용한 심전도 측정 의복 개발”, 상지대학교 정보통신연구소 연구 논문집, 6(2), 11-14, 2016
- [4] 강보규, 유선국, “전도성 섬유 기반 심전도 전극의 성능 평가에 관한 연구”, 대한전자공학회, 50(2), 210-220, 2013.2
- [5] 박성규, 김원근 “전자섬유 소개 및 기술 개발 동향”, 한국고분자학회, 24(1), 38-44, 2013.2
- [6] 김웅식, 김종기, “안드로이드기반의 심전도 측정 시스템 설계”, 인터넷정보학회논문지, 13(1), 135-140, 2012.2
- [7] Pan, J., Tompkins, W. J., “A Real-Time QRS Detection Algorithm”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 32(3), 230-236, March. 1985