

## 패치형 심전도 전극을 이용한 스트레스 평가

## Estimate of stress condition by using patch type ECG electrode

양희경\*, 이정환\*\*, 이영재\*\*, 김경섭\*\*, 최희정\*\*\*, 이강휘\*\*\*\*, 김동준\*, 이인성\*\*\*\*\*

청주대학교 전자정보공학부\*, 건국대학교 의학공학부\*\*,  
건국대학교 간호학과\*\*\*, 중외제약 R&D\*\*\*\*, 충북대학교 전자정보대학\*\*\*\*\*

## ABSTRACT

심박동 변동에 반영되는 자율신경계 활동으로부터 정신적 부하 즉 스트레스 상태를 평가할 수 있다. 또한 일상생활 중에서 지속적인 심전도 모니터링이 가능하다면 심장에 부하를 줄 수 있는 운동 중에도 사전에 급작스러운 심장 이상 증세를 예상할 수 있다.

본 연구에서는 일상생활 속에서도 생체신호 측정이 가능한 무구속, 무자각, 무침습적인 심전도 측정 시스템을 개발하였다. 무선 통신을 사용하여 실시간으로 심장 활동 상태를 모니터링할 수 있으며, 가슴에 부착이 가능한 패치 타입의 소형 전극 형태이다. 신뢰도 평가를 위하여 임상 심전도 신호와 본 전극으로 측정된 심전도 신호의 유사도를 평가하였으며 동잡음의 영향을 평가한 결과 0~6km/h 로 걷는 경우, 심전도 파형이 안정적으로 나타나 일상생활에서의 활용가능성을 보여주었다.

동일한 피험자를 대상으로 HRV 에 반영되는 스트레스의 영향을 평가하기 위하여 패치형 전극으로 심전도를 측정하여 불안, 스트레스 항목에 대한 설문지 평가, 스트레스 호르몬양을 측정하였다. 일상 상태와 스트레스 상태를 비교한 결과, 많은 파라미터에서 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과로부터 패치형 전극은 일상생활에서 건강 모니터링 시스템으로 활용도가 높을 것으로 기대된다.

*Keyword: ECG electrode, mental stress, heart rate variability, health monitoring*

## 1. 서론

최근 식생활의 변화에 따른 운동 부족 및 고도 비만의 증가 및 고령사회로 접어들면서 심장 질환으로 인한 사망률이 지속적으로 증가하고 있다. 심전도 신호는 임상에서 심장관련 질환을 진단하기 위하여 가장 널리 사용되는 검진방법이다. 그러므로 일상생활

중에서 지속적인 심전도 모니터링이 가능하다면 심장 질환 환자뿐 만 아니라 심장에 부하를 줄 수 있는 운동 중에도 사전에 급작스러운 심장의 이상 증세를 예상할 수 있다.

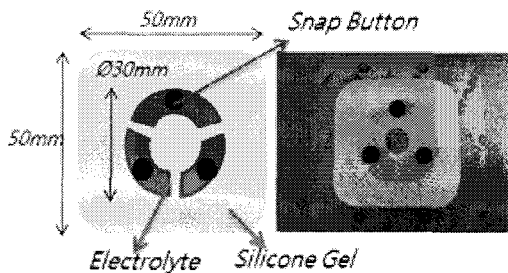
소형화, 무구속, 무자각, 무침습적인 심전도 신호 측정을 위해 다양한 연구가 수행되고 있다. 압력센서 또는 용량성 센서 배열을 이용하여 수면 중

심전도와 호흡 및 체동을 측정하는 기술이 다양하게 개발되었으나 시트 라는 공간적인 제약성이 있으며[1], 손목시계형 센서로 맥박을 측정하여 자율신경계 활동을 분석하는 기술은 무구속 센싱이 아니므로 피험자에게 불편을 초래한다. 전도성 섬유를 이용한 심전도 측정 기술은 동잡음과 피복과 피부 간의 접촉에 의한 노이즈에 민감하다. 또한 벨트형 센서로 생체신호를 측정하는 기술은 피험자를 구속하므로 측정 시 불편함을 초래하게 된다[2].

전극으로 측정된 심전도 신호의 신뢰성 검증 및 동잡음 영향 평가를 실시하였다. 또한 심전도 측정 장치의 실용성을 검증하기 위하여 동일한 피험자를 대상으로 스트레스에 노출되지 않은 상태와 시험 직전의 스트레스 상태에서 설문지 조사, 혈액검사를 통한 스트레스 호르몬량 측정 및 심전도 신호를 기록하여 스트레스와 자율신경계 활동의 상관성을 검토하였다.

## 2. 패치형 심전도 전극 개발

본 연구에서 개발된 패치형 심전도 전극은 무선 통신을 사용하여 신호를 컴퓨터로 전송 받아 실시간으로 피검자의 심장 활동 상태를 언제 어디서나 장시간 동안 손쉽게 모니터링 측정할 수 있는 이동성을 갖추고 있다. 그림 1 은 수정된 바이폴라 전극 형태를 갖는 심전도 전극을 나타낸 것이다.



[그림 1] 수정된 바이폴라 전극 설계

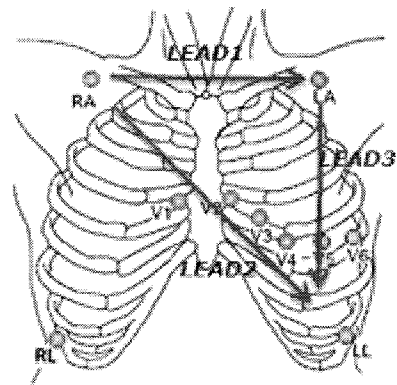
이 심전도 전극은 기존의 표준사지 유도 측정에서 사용하던 전극을 하나의 패드에 일정한 간격으로 배열

하여 최소한의 활동 전위 차만을 이용하여 신호를 측정할 수 있다. 이동상황에서 다수의 전극 부착으로 인한 불편함을 줄이기 위해 흉부에 간편하게 부착할 수 있는 5cm X 5cm 크기의 패드에 3 개의 전극을 원형으로 배열한 수정된 원형 바이폴라 전극을 제작하였다. 전극간의 거리를 최소화 하여 하나의 패드에서 쌍극유도 방식으로 생체 신호를 측정할 수 있으며, 케이블의 제거로 인해 EM 간섭을 최소화하였다[3].

## 3. 패치형 심전도 전극의 성능 평가

### 3.1. 심전도 파형의 신뢰도 평가 및 결과

자체 개발된 패치형 심전도 전극으로 측정된 심전도 파형의 신뢰도를 분석하기 위하여 MP150(Biopac Inc., 미국) 심전도 측정 모듈을 사용하여 심전도 파형을 측정(Lead II)하면서 동시에 패치형 심전도 전극을 흉부유도 측정 위치 V1~V6 에 차례로 부착하여 흉부위치에 따른 심전도 변화를 측정하였다



[그림 2] 표준사지 전극과 흉부유도 전극의 위치

그림 2 는 표준사지 전극과 흉부유도 전극의 위치를 나타낸다. 11 명의 피험자를 대상으로 두 부위에서 동시에 측정된 심전도 신호의 정규화 과정 후 피어슨 상관계수를 구한 결과를 표 1로 나타내었다. V3 과 V4 지점의 P, Q, R, S, T 파형은 임상 심전도 파형과

비교하여 유사도가 각각 0.903, 0.873 의 높은 값으로 나타났다.

[표 1] 표준사지 리드 전극과 패치형 심전도 전극으로 측정된 심전도 신호의 피어슨 상관계수 (n=11)

Lead Position	Correlation Coefficient (Average ± STD)
V1	0.525 ± 0.041
V2	0.659 ± 0.074
V3	0.903 ± 0.036
V4	0.873 ± 0.072
V5	0.709 ± 0.058
V6	0.516 ± 0.078

3.2. 동잡음 영향 평가 및 결과

실생활에서 생체신호를 측정하면서 가장 큰 문제점은 동잡음의 영향을 받는다는 것이다. 그러므로 트레이드밀의 속도를 증가시켜가며 심전도 신호를 측정하고 SN 비를 구하여 심전도 신호에 동잡음의 영향이 어느 정도 반영되는지를 알 수 있다. 표 2 는 4 명을 대상으로 한 결과를 나타낸 것이다. 속도가 빨라질수록 SN 비가 감소하는 것을 볼 수 있으나 성인의 일상적인 보행속도가 약 4km/hr 정도라는 점을 감안하면 실생활에서의 심전도 신호 측정에 있어 동잡음의 영향을 크게 받지 않는다고 할 수 있다.

[표 2] 패치형 심전도 전극 측정 신호의 SNR (n=4)

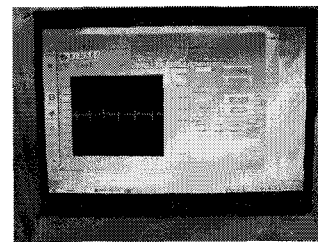
Speed [km/hr]	SNR [dB] (Average ± STD)
0	19.375 ± 1.851
2	18.732 ± 1.033
4	17.901 ± 0.879
6	16.530 ± 1.935
8	15.306 ± 2.335
10	15.000 ± 1.618

3.3. 패치형 심전도 전극을 이용한 스트레스 부하시의 HRV 평가

3.3.1. 정신적 부하 평가 실험 개요

본 실험은 2007 년 11 월에 건국대학교 간호학과 학생 41 명을 대상으로 한 스트레스 평가이다. 스트레스를 받지 않는 일상적인 상황과 스트레스 상황에서 동일한 피험자를 대상으로 실시하였다. 시험 당일은 스트레스를 많이 받을 것으로 판단하여 스트레스 상황으로써 설정하였으며, 일상적인 상황이란 시험을 2, 3 주 앞둔 시점으로 하였다.

충분한 안정을 취한 후 패치형 심전도 전극을 부착하고 약 10 분간의 적응기간 후, 125Hz 샘플링 주파수로 심전도 신호를 기록하였다(Labview ver7.1, National Instruments). 5 분 이상 심전도 신호를 측정 후 심전도 신호 기록과 동시에 혈중 스트레스 호르몬인 코티졸 측정을 위한 채혈과 설문지 평가를 실시하였다. 설문지는 불안(anxiety, 20-80 scales), 스트레스(stress, 0-100 scales)의 두 항목에 대해 평가를 실시하였다.



(a) 심전도 신호 측정



(b) 설문지 평가 및 심전도 측정

(c) 채혈

[그림 3] 스트레스 부하 측정 실험 장면

그림 3 은 실험장면을 나타낸다. 실험에 앞서 실험에 대한 충분히 숙지한 피험자에게 동의를 얻은 후, 간호사의 입회 하에 채혈이 이루어졌다.

3.3.2. 실험 결과

생리적인 양을 나타내는 스트레스 호르몬양, 심리적인 양인 불안, 스트레스에 대한 설문지 결과, 그리고 심전도 신호로부터 추출된 파라미터[4]를 일상적인 상태와 시험 직전의 스트레스 상태를 T 검정에 의해 비교한 결과(n=35, SPSS ver12), 표 3의 결과에서와 같이 스트레스 상태에서는 일상적인 상태보다 스트레스 호르몬, 스트레스 및 불안에 대한 설문지 점수, 평균 심박수, CSI, LF/HF 비는 유의하게 증가하였다. 반면 mean RR, RMSSD, RR triangular index, TINN 은 유의하게 감소하였다. 그러나 시간영역의 CVI, 주파수 영역의 norm LF, norm HF에서는 유의한 차이가 없었다.

[표 3] 스트레스 부하에서의 파라미터 비교 (N=35)

parameters	non-stress	stress	p-value
Stress hormone (cortisol)	9.01 ± 2.5	14.44 ± 5.78	p<0.01
Anxiety Stress	39.2 ± 8.36	60.29 ± 9.82	p<0.01
	38.37 ± 21.61	77.03 ± 15.48	p<0.01
Mean RR	94.43 ± 11.67	106.97 ± 13.04	p<0.01
Mean HR	0.042 ± 0.012	0.033 ± 0.009	p<0.01
SDNN	0.65 ± 0.09	0.57 ± 0.07	p<0.01
RMSSD	38.53 ± 15.62	24.78 ± 8.2	p<0.01
RR tri_index	0.084 ± 0.02	0.071 ± 0.018	p<0.01
TINN	214.86 ± 66.18	167.57 ± 42.57	p<0.01
CSI	2.76 ± 0.79	3.56 ± 0.78	p<0.01
CVI	3.46 ± 0.17	3.51 ± 0.15	n.s.
norm LF	62.01 ± 13.23	65.92 ± 12.78	n.s.
norm HF	37.99 ± 12.23	34.08 ± 12.78	n.s.
LF/HF ratio	1.94 ± 0.095	2.4 ± 1.39	p<0.05

n.s: no significant

4. 검토

본 연구에서는 기존의 휴대용 심전도 측정 시스템이 가지고 있는 이동상황에서의 측정 문제를 최소화하기 위하여 수정된 바이폴라 전극을 제안하였다. 일반적인 심전도 측정에서와 같이 3 개의 전극을 필요로 하는 것이 아니라 하나의 패치형 전극만으로 심전도 측정이

가능하므로 일상생활에서 보다 장시간 무구속, 무자각적으로 심전도 신호의 측정이 가능하다. 또한 무선통신 프로토콜을 이용하여 자유롭게 기기간의 연결이 이루어지므로 유비쿼터스 환경에 적합하며 일상생활에서의 건강 모니터링 시스템으로의 적용이 기대된다.

” 이 논문 또는 저서는 2008 년 정부 (교육과학기술부) 의 지원을 받아 수행된 연구임 (지역거점 연구단육성사업/충북 BIT 연구중심대학육성사업단)

참고문헌

[1] Fred Chen, Henry Wu, Pei-Lan Hsu, Robert Sheridan, and Hongshen Ma (2008). SmartPad : A wireless, Adhesive-Electrode-Free, Auto-nomous ECG Acquisition System. 30th IEEE EMBC Conference, 2345-2348

[2] Jorg Ottenbacher, Malte Kirst, Luciana Jatoba, Michal Hufleit, Ulrich Grobmann, and Wilhelm Stork (2008). Reliable Motion Artifact Detection for ECG Monitoring Systems with Dry Electrodes. 30th IEEE EMBC Conference, 1695-1698.

[3] 이강휘, 이정환, 이영재, 김정섭, 양희경, 신건수, 이명호 (2008). 수정된 바이폴라 전극을 갖는 착용형 심장활동 모니터링 시스템 구현 및 임상 심전도와의 상관관계 분석. 57(6), 대한전기학회, 1102-1108.

[4] Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996), Heart rate variability-Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use, European Heart Journal 17, 354-381.