

## 호흡 측정을 위한 벨트타입 섬유 캐패시티브 센서에 대한 성능 평가 연구

호종갑, 김영\*, 예수발루, 왕창원, 김대겸, 민세동  
 순천향대학교 의료IT공학과  
 \*순천향대학교 의료ICT융합전공

### A performance evaluation study of belt-type textile capacitive sensor for respiration measurement

Jong Gab Ho, Young Kim\*, Esubalew belay, Changwon Wang, Dae Gyeom Kim, Se Dong Min  
 Dept. of Medical IT Engineering, Soonchunhyang University

\*Medical Information Communication Technology, Soonchunhyang University

**Abstract** - 본 연구에서는 벨트타입 섬유 캐패시티브 센서를 개발하여 흉부와 복부 위치에 센서를 착용하고 상용센서 BIOPAC과 함께 호흡신호를 획득한 뒤, 실험 결과를 비교 분석하였다. 피험자는 남성 4명으로 구성하여, 3분 간 자유롭게 호흡하도록 하여 신호를 획득하였다. 신호는 데이터 전처리 및 정규화 과정, peak detection의 신호처리과정을 거쳐 peak point를 추출하여 비교분석을 위해 총 호흡 횟수(RC), 분당 호흡 수(RR), 최대 호흡 간 간격 값(MADI)을 도출하여 상용센서 대비 B-TCS의 성능을 비교하였다. 그 결과, 총 호흡수는 100%, 분당 호흡 수는 99.69%, 96.95%의 높은 일치도를 나타냈다. 향후 연구에서는 본 연구의 결과를 기반으로 B-TCS를 보행-호흡에 대한 연구에 활용할 예정이다.

## 1. 서 론

호흡은 4대 활력징후 중 하나로 인간의 건강 상태에 대한 변화를 감지할 때 아주 중요한 지표로써 단일 신호만으로는 활용되고 있다. 이러한 호흡 신호는 생체신호를 활용하는 데 있어 한계점이 있다. 그렇기 때문에 호흡신호와 함께 뇌전도, 심전도, 근전도, 수면상태, 보행과 같은 다양한 생체신호들과 관련한 연구들[1-3]이 진행되고 있다. 본 연구에서는 보행과 호흡 간 생체신호 연구를 위해 개발한 벨트타입 섬유 캐패시티브 센서(Belt-type Textile Capacitive Sensor, B-TCS)를 기반으로 흉부와 복부에 각각 착용한 뒤, 상용센서와 비교하여 향후 연구에서 본 센서로 호흡 측정을 위한 최적의 호흡 측정위치에 대한 연구를 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 벨트타입 섬유 캐패시티브 센서 제작

본 연구에서는 병렬 캐패시터 원리를 이용하여 B-TCS를 제작하였다. 센서의 크기는 벨트 사이즈에 맞게 40 x 30(mm<sup>2</sup>)으로 설정하여 그림 1과 같이 제작하였다.



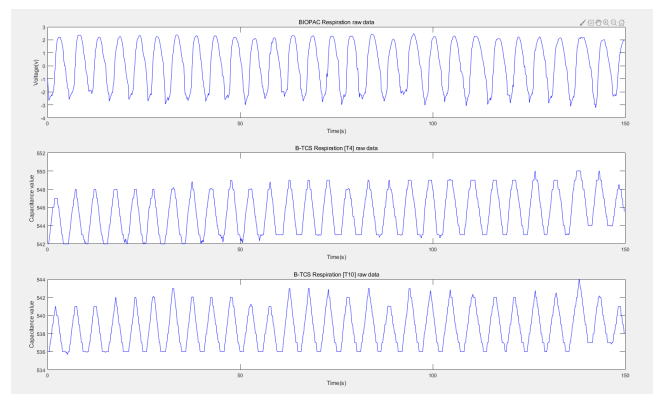
<그림 1> 벨트타입 섬유 캐패시티브 센서

### 2.2 실험 프로토콜

제작한 B-TCS를 기반으로 흉부(T4)와 복부(T10) 위치에 벨트를 고정시켜 호흡 시 획득한 데이터와 호흡 측정을 위한 상용센서 BIOPAC MP150 호흡 모듈에서 획득한 데이터를 비교 분석하였다. 실험은 총 4명의 피험자를 대상으로 진행하였으며, 3분 간 앉은 자세에서의 호흡을 측정하였다. 앉은 자세 시 무릎과 허리의 각도는 90도로 하여 정자세를 유지하도록 하였다. MP150 호흡모듈과 B-TCS에서 획득한 데이터에서 호흡 신호 특징인 총 호흡 횟수 RC(Respiration Count), 분당 호흡 수 RR(Respiration Rate), MADI(Max Absolute Differences of Breath Interval)를 추출 [4]하여 상용센서와 흉부, 상용센서와 복부 두 가지 조건으로 상용센서와 B-TCS 간의 특징에 대해 비교 분석을 실시하였다.

### 2.3 데이터 획득 및 처리

B-TCS와 BIOPAC MP150 호흡 모듈의 sampling rate는 100Hz로 설정하여 데이터를 획득하였다. 획득한 데이터의 그래프는 그림 2와 같다.



<그림 2> 상용센서와 B-TCS 호흡 데이터  
 (위) BIOPAC, (중간) B-TCS[T4], (아래) B-TCS[T10]

안정된 데이터를 획득하기 위해 측정된 데이터의 시작과 끝 지점에서 15초간의 데이터를 제거하여 총 2분 30초의 데이터를 분석하였다. 상용센서의 데이터는 신호처리 없이 그대로 사용하였으며, T-PCS의 경우 데이터 획득 시 역변환으로 들어오기 때문에 data reverse 과정을 먼저 수행하였다. 이후에 이동평균필터 (N=20)를 적용하여 계단현상의 데이터를 완만하게 만들고, 정규화 과정을 통해 데이터 분석을 용이하게 할 수 있도록 처리해 주었다. 위와 같이 전처리 과정을 거친 각 데이터에 대해 peak detection을 시행하여 peak point를

통해 총 호흡 횟수(RC), 분당 호흡 수(RR), MADI를 도출하여 BIOPAC과 B-TCS(T4), BIOPAC과 B-TCS(T10)에 대한 성능을 각각 비교 분석 하였다.

### 2.4 실험 결과

상용센서인 BIOPAC과 본 실험에서 개발한 B-TCS를 흉부(T4)와 복부(T10)에 착용하여 각각 호흡 실험을 통해 비교 분석한 결과를 표 1과 표 2에 나타내고 있다. 표 1은 BIOPAC과 B-TCS(T4)에 대한 실험 결과를, 표 2는 BIOPAC과 B-TCS(T10)에 대한 실험 결과를 나타내고 있다.

Subject		총 호흡수	분당 호흡수	MADI
A	BIOPAC	29	8.665	6.33
	B-TCS(T4)	29	8.700	6.41
	Consistency	100%	99.6%	98.75%
B	BIOPAC	49	19.374	3.67
	B-TCS(T4)	49	19.388	3.89
	Consistency	100%	99.93%	94.34%
C	BIOPAC	19	7.094	10.92
	B-TCS(T4)	19	7.136	10.69
	Consistency	100%	99.41%	97.9%
D	BIOPAC	38	15.056	5.06
	B-TCS(T4)	38	15.143	4.77
	Consistency	100%	99.43%	94.27%
Avg. Consistency		100%	99.59%	96.31%

<표 1> BIOPAC과 B-TCS(T4)와의 성능 비교 결과

Subject		총 호흡수	분당 호흡수	MADI
A	BIOPAC	29	8.665	6.33
	B-TCS(T10)	29	8.687	5.98
	Consistency	100%	99.75%	94.47%
B	BIOPAC	49	19.374	3.67
	B-TCS(T10)	49	19.374	3.63
	Consistency	100%	100%	98.91%
C	BIOPAC	19	7.094	10.92
	B-TCS(T10)	19	7.117	10.31
	Consistency	100%	99.68%	94.41%
D	BIOPAC	38	15.056	5.06
	B-TCS(T10)	38	15.156	5.06
	Consistency	100%	99.34%	100%
Avg. Consistency		100%	99.69%	96.95%

<표 2> BIOPAC과 B-TCS(T10)와의 성능 비교 결과

### 3. 결 론

본 연구에서는 Belt-type Textile Capacitive Sensor(B-TCS)를 개발하여 상용센서 BIOPAC과의 성능 분석 연구를 수행하였다. B-TCS는 흉부와 복부에 각각 착용하여 복부에 부착시킨 BIOPAC 과의 호흡신호를 각각 비교분석하였다. 그 결과, 총 호흡 수는 상용센서와 100%의 일치도를 나타냈으며, 분당 호흡 수는 T4, T10 위치의 센서와 각각 99.59%, 99.69%로 높은 일치도를 보였으며, MADI의 경우도 96.31%, 96.95%로 높은 일치도를 나타냈다. 또한, T4와 T10 중 T10인 복부에 B-TCS를 착용하였을 때, T4에 착용할 때보다 RR과 MADI의 성능이 1%, 0.64% 높게 나타나 좀 더 정확한 결과를 나타내는 것을 확인하였다. 위 결과를 통해 B-TCS를 호흡 측정과 관련한 연구에 활용 가능하다는 것을 확인하였으며, 향후 연구에서는 호흡 측정을 기반으로 보행 실험과 접목시켜 보행-호흡에 대한 실험을 진행할 예정이다.

### 감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2018R1D1A1B07050037).

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

### [참 고 문 헌]

[1] Lee, B. G., Lee, B. L., & Chung, W. Y. "Mobile healthcare for automatic driving sleep-onset detection using wavelet-based EEG and respiration signals." *Sensors*, 14(10), 17915-17936. 2014.

[2] Mazzanti, B., Lamberti, C., & de Bie, J. "Validation of an ECG-derived respiration monitoring method". In *Computers in Cardiology*, IEEE, pp. 613-616. 2013.

[3] Krupnik, V., Nietzold, I., Bartsch, B., & Rassler, B. "The effect of motor-respiratory coordination on the precision of tracking movements: influence of attention, task complexity and training." *European journal of applied physiology*, 115(12), 2543-2556, 2015

[4] Yang, J., Keller, J. M., Popescu, M., & Skubic, M. "Sleep stage recognition using respiration signal." In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the* (pp. 2843-2846). IEEE. (2016)