

## 명상호흡 모니터링용 스마트의류를 위한 호흡수 측정 직물센서 연구

A Study on the Textile Sensor Applied to Smart Wear for Monitoring Meditation Breathing

황수정\* · 정윤원\* · 이주현\*†

Su Jung Hwang\* · Yoon Won Jung\* · Joo Hyeon Lee\*†

\*연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

\*Department of Clothing & Textiles, College of Human Ecology, Yonsei University

### Abstract

The purpose of this study is for fundamental research of meditation smart wear for physical and mental healing, and researching method for monitoring phase of meditation through textile by measuring the number of abdominal respiration when meditating. For this purpose, the research implemented Single Wall Carbon Nano-Tube (SWCNT) based strain gauges type textile sensor, considered reliability and validity of respiratory sensing, and analyzed efficiency of respiratory sensing based on body parts comparatively. The first preliminary experiment was to evaluate the performance of textile sensor through abdominal model dummy which open and shut of 5 cm repeatedly for 2 minutes at the rate of 0.1Hz in order to simulate abdominal respiration. It concluded signal efficiency between reference sensor(BIOPAC) and textile respiratory sensor appears statistically significant ( $p<0.001$ ). The second experiment were conducted with 4 subjects doing abdominal respiration under same conditions, and after comparing the signal values between two sensors from 4 attached locations(around center and sides of omphali and phren), center of omphali and sides of phren were selected as suitable location for measuring meditational breathing as they showed large and stable signals. In result, this research aimed for implementing of the textile sensor for sensing meditational breathing of long respiration cycle, review of reliability and validity for sensing number of meditational respiration with the sensor and consideration of sensing efficiency by sensing location on body parts.

**Key words:** Smart Wear, Respiration Rate Monitoring, Meditation Respiration, Textile Sensor, Long Respiration Cycle

### 요약

본 연구의 목적은 정신적, 신체적 힐링을 위한 명상용 스마트 의류 개발을 위한 기초연구로서 명상 시 복식호흡수를 측정함으로써, 의복을 통해 명상의 진입상태를 모니터링 하기 위한 방법을 연구하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 Single Wall Carbon Nano-Tube (SWCNT)를 기반으로 한 스트레인 게이지 타입의 직물센서를 구현하고, 1차 실험으로 0.1 Hz의 주기로 복부형태의 더미를 5 cm 길이로 2분간 개폐를 반복하여 명상호흡을 시뮬레이션 한 결과 참조전극인 BIOPAC과 직물호흡센서의 신호가 매우 높은 일치도를 나타냈다( $p<0.001$ ). 같은 조건으로 2차 본 실험

※ 이 논문은 2017년도 BK21플러스 사업(연세대학교 의류환경학과)에 의하여 지원되었음.

† 교신저자 : 이주현 (연세대학교 생활과학대학 의류환경학과)

E-mail : ljhyeon@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-3108

FAX : 02-2123-8661

에서 피험자 4명에게 명상호흡을 수행하도록 하였고, 배꼽점, 횡경막 부근 중심과 측면 총 4군데 위치에서 출력된 전압 값을 비교한 결과 배꼽점 중심 위치와 횡경막 측면에서 신호의 일치도가 높고, 크고 안정된 신호형태를 보여 명상호흡을 측정하기에 적합한 위치로 선정되었다. 따라서 본 연구에서는 긴 호흡주기의 명상호흡을 측정하기 위한 식물센서를 구현하고, 이 센서의 명상 호흡수 측정을 위한 신뢰성과 타당성을 검토하며, 인체 상 측정위치에 따른 호흡 수 측정효율을 비교, 고찰하는 것을 목표로 하였다.

**주제어:** 스마트의류, 호흡수 측정 식물센서, 명상호흡, 호흡주기

## 1. 서론

최근 급변하는 현대사회와 날로 발전하는 기술의 급진적 변화 속에서 현대인들은 정신적 압박, 스트레스를 느끼게 되며 이러한 심리적 상태는 정신적, 신체적 건강에 악영향을 미치게 되어 고혈압, 우울증, 불면증 등 각종 스트레스성 질병을 야기한다(Wallace & Benson, 1972). 따라서 최근 ‘휴식’ ‘마음챙김’이라는 단어가 화두로 떠오르며 힐링 라이프스타일이 주목을 받고 있다. 그 중 마음의 안정을 돕는 휴식방법으로 명상이 주목을 받고 있다(Park, 2014). 명상은 인도의 정신수련법인 요가의 일종으로 복식호흡이 기본요건으로 요구된다. 1935년에 명상이 심장 박동을 안정화시킨다는 사실이 알려지는 것을 시작으로, 호흡율의 감소, 뇌파의 변화, 신진대사를 느리게 하는 등 여러 신체적 반응을 유발시킨다는 사실이 알려졌다. 그 중 호흡은 복부의 물리적인 체적 변화를 유발하는 유일한 신체신호로, 이를 통해 명상의 흐름을 관찰할 수 있다(Melville et al., 2012).

인체와 가장 가까운 환경에서 생체신호를 감지하여 모니터링 할 수 있는 스마트의류의 구성요소 중 텍스타일 기반의 센서는 의복 내에 통합된 형태로 사용자에게 이물감을 느끼게 하지 않고, 무구속적, 무자각적으로 생체신호를 감지, 전달할 수 있다는 점에서 건강관리, 스포츠, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에서 적용될 수 있는 장점을 가지고 있다(Cho et al., 2006). 최근 호흡측정용 스마트의류에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔지만 이러한 제품들은 대부분 건강관리용, 스포츠 의류용 목적으로 개발되어 왔으므로, 정상적 또는 빠른 주기의 호흡수를 측정하는 데에 적합한 유형으로 개발되어 왔다. 호흡 주기를 통해 명상의 진입 상태를 파악 가능하며, 명상상태에 진입함에 따라 호

흡수가 급격히 감소하는 명상호흡은 평소보다 호흡 주기가 긴 경향을 보였다(Ragnarsdottir & Kristinsdottir, 2005; Wallace & Benson, 1972). 주기가 긴 호흡을 측정하기 위한 스마트 의류 및 식물센서에 대한 연구는 드문 실정이며, 기존의 센서는 명상단계를 모니터링하기에 효율적이지 않다. 따라서 본 연구에서는 긴 호흡주기의 명상호흡을 측정하기 위한 식물 센서를 구현하고, 이 센서의 명상호흡 측정을 위한 신뢰성과 타당성을 검토하여, 인체 상 측정위치에 따른 호흡수 측정효율을 비교 고찰하는 것을 목표로 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 웨어러블 호흡 측정 센서 동향

현재까지 개발된 텍스타일 식물 기반의 웨어러블 호흡센서는 호흡 시 인체의 체적변화에 따른 전기적 신호의 변화를 통해 호흡수를 측정하며, 그 측정 원리는 다음과 같다. 은사 직물에 소용돌이(swirl) 형으로 자수하여 만든 식물센서에 자기장을 유도하고, 호흡 시 식물센서의 인덕턴스 변화를 측정하여 호흡을 측정하는 유도 용량형 센서(Koo et al., 2014), 호흡에 따라 흉곽 둘레길이가 증감할 때마다 센서에 전하가 축적되어 축적되는 전하량의 변화를 통하여 호흡을 측정하는 정전 용량형 센서(Cho & Min, 2012), 압전성고분자 중 하나인 Polyvinylidene fluoride (PVDF)를 식물센서의 재료로 사용하여 식물센서의 형태학적 변형이 발생할 때 수반되는 전압의 변화를 통해 호흡수를 측정하는 압전센서(piezoelectric sensor)(Wang, 2011), 스테인레스 스틸사를 벨트타입으로 제작하여 체적변화에 따른 신장, 이완에 따른 전기저항의 변화를 측정하는 스트레인 게이

지형 센서(Catrysse et al., 2004) 등이 있다.

또한 최근 들어 금속을 자수, 편직, 제직과정을 거쳐 직물형태로 만드는 것이 아닌 섬유자체가 전도성을 가진 직물기반의 스트레인 게이지형 센서가 개발되었으며 대표적으로 Intrinsic Conductive Polymers (ICPs), Conductive Polymer Composite (CPC)등을 주 재료로 하는 센서들을 예로 들 수 있다. CPC 직물 센서는 비전도성 스트레치성 고분자에 탄소계 또는 금속 파티클을 혼입, 코팅 등의 방법으로 전도성을 부여한 것으로 직물을 신장시켰을 때, 섬유 내부에 존재하는 전도성 파티클 간의 거리가 멀어지면서 전기저항성이 높아지고, 이완되면 다시 전기저항이 감소하는 원리로 동작하나, 호흡을 측정하는 용도로 의료용, 스포츠, 엔터테인먼트 분야로 다양하게 적용되고 있다(Lorussi et al., 2004; Bartalesi et al., 2006).

## 2.2. 명상호흡의 특성과 호흡수 측정

명상은 집중력향상, 스트레스 완화, 심적안정을 유도하는 효과가 있는데, 이를 위해서는 호흡법이 매우 중요한 요인으로 알려져 있다(Hewitt, 2012). 명상의 단계로는 명상 전, 명상 중, 명상 후로 총 3단계로 이루어져 있으며, 각 단계별로 1분당 호흡수의 차이가 있다. 명상 전에는 평균 13번/분(0.22 Hz), 명상 중에는 6번/분(0.1 Hz), 명상 후에는 11번/분(0.18 Hz)의 나타나 명상호흡은 평균 10초당 한번의 호흡이 이루어지는 긴 주기(0.1 Hz)의 호흡이다(Arambula et al., 2011; Melville et al., 2012). 또한 명상호흡은 횡격막의 수축과 이완에 의해 복부의 둘레 변화를 발생시키는 복식호흡으로 알려져 있으며, 늑간근의 작용에 의해 체적변화가 나타나는 위치에 있어 흉식호흡과는 차이를 보인다. Gunnesson & Olsén(2011)에 따르면 남성과 여성 모두 앉아 있는 상태에서 복식호흡을 했을 때, 복부의 둘레변화가 가장 크게 나타났고, Ragnarsdottir et al.(2005)에 따르면 앉은 상태에서 복식호흡을 할 때 여성은 남성보다 상복부에서의 체표면 변화량이 크다는 점과, Cho & Min(2012)은 하복부에서 호흡신호의 크기가 가장 크게 나타났다는 점에서 복부는 호흡 측정 적합부위이지만 측정위치에 따라 신호의 차이가 있는 것으로 나타났다.

## 3. 연구 방법

### 3.1. 직물기반 호흡수 측정센서의 측정원리

본 연구의 직물기반 호흡수 측정 센서는 스트레인 게이지의 측정원리를 기반으로 고안되었다. 스트레인 게이지형 센서는 전기 저항성은 길이에 비례, 단면적에 반비례하며 달라지는 원리에 의해 작동한다(Equation 1).

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

(R: 물질의 저항,  $\rho$ : 물질의 고유 비저항( $\Omega$ ),  
L: 전극간의 거리(m), A: 물질의 단면적( $m^2$ ))

그러나 스트레인 게이지형 직물센서는 센서의 길이 방향으로 외력이 주어지면 센서의 길이는 신장되고, 단면적이 감소함으로써 전기저항 값에 변화가 발생한다(Fig. 1)(Equation 2). 이와 같이 직물의 신장되는 길이에 따른 저항 값의 변화를 측정함으로써 직물센서의 sensitivity를 나타내는 gauge factor(k)를 도출할 수 있다(Equation 3).

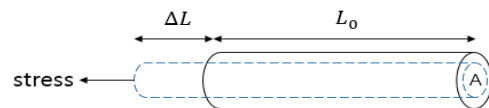


Fig. 1. Sensing principle of strain gauge textile sensor

$$\Delta R = \rho \frac{\Delta L}{\Delta A} \quad (2)$$

( $\Delta R$ : 물질의 저항의 변화,  $\rho$ : 물질의 고유 비저항( $\Omega$ ),  $\Delta L$ : 전극 간의 변화된 거리(m),  $\Delta A$ : 물질의 단면적의 변화( $m^2$ ))

$$k = \frac{\Delta R}{R_0} \times \left(\frac{L}{L_0}\right)^{-1} \quad (3)$$

(k: 센서의 gauge factor,  $\Delta R$ : 길이 변형 후 센서의 저항( $\Omega$ ),  $R_0$ : 길이 변형 전의 스트레인의 저항( $\Omega$ ),  $\Delta L$ : 센서의 변형 후 길이(m),  $L_0$ : 센서의 변형 전 길이,  $\Delta A$ : 물질의 단면적( $m^2$ ))

### 3.2. 직물기반 호흡수 측정센서 설계

본 연구에서는 직물기반 호흡수 측정 센서를 구현하기 위해서는 호흡에 따른 복부의 체적 변화를 전기적 신호의 변화를 통해 감지할 수 있는 우수한 전기전도성과 신축성이 있는 재료가 센서에 사용되어야 하는데, 이를 위해 전도성 물질로 Single Wall Carbon Nano-Tube (SWCNT)와 고 신축성 물질로 폴리우레탄을 사용하였다. 센서의 제조방법은 다음과 같다. 72 wt% 농도의 Carbon Nano-Tube (CNT) black powder를 증류수에 첨가하여 분산시킨 후, 28 wt% 농도의 폴리우레탄 용액을 첨가하여 교반하였다. 이를 통해 CNT black 파우더가 에멀전 내에서 효과적으로 분산된 전기전도성과 신축성이 우수한 에멀전을 제조한 후, 브러쉬 페인팅 방식으로 고신축성 경편물의 표면에 코팅 하였다(Fig. 2). 호흡 수 측정 직물센서는 12 cm×2 cm 크기로 구현하였다(Fig. 3). 센서의 베이스로 사용된 편성물은 폴리에스터 77%, 폴리우레탄 23%로 구성된 경편물이다. 에멀전 코팅 후 120℃ 온도에서 1시간동안 열 고정(curing) 공정을 거쳤다.

직물센서의 양 측면 1 cm 구간에 인터커넥션부를 설

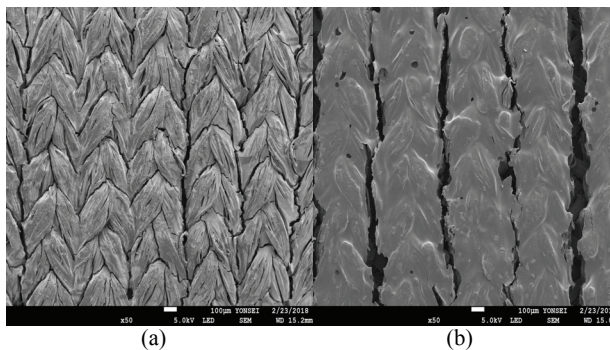


Fig. 2. SEM image of textile based strain sensor  
(a) Base fabric (b) Emulsion coated sensor

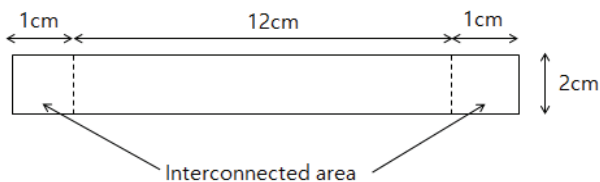


Fig. 3. Schematic image of textile based SWCNT textile sensor

치하기 위해 전도성 직물인 MPF (Metal Plated Fabric)로 감싸서 이 부분을 스테인레스 스틸사로 동일한 간격으로 스티칭하여 비 신축성 직물과 연결함으로써 벨트타입의 직물기반 호흡센서를 구현하였으며, velcro를 벨트 끝에 부착하여 복부에 착용할 수 있게 하였다(Fig. 4). 센서의 고유저항은 4 M $\Omega$ 이고 gauge factor는 5000 ( $\Omega/m$ )으로 나타났다.

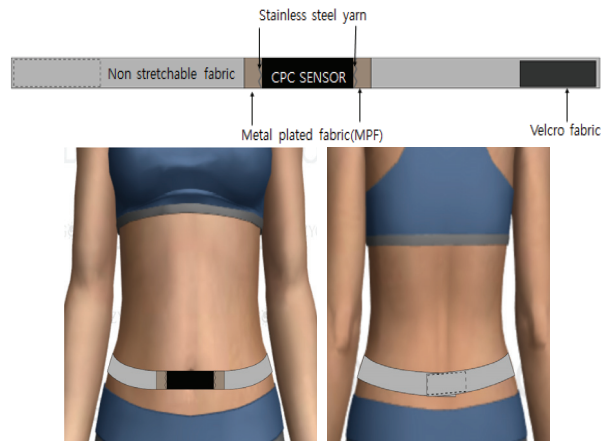


Fig. 4. Belted type of textile respiratory sensor

### 3.3. 실험 방법

#### 3.3.1. 실험 1

피험자 간 체형이 신호에 영향을 주지 않게 하기 위해 참조센서(BIOPAC)와 직물센서를 복부와 유사한 형태를 가진 최소둘레 80 cm 최대둘레 85 cm의 더미에 부착시킨 후(Fig. 5), 0.1 Hz의 주기로 더미를 2분간 5 cm 반복적으로 개폐하여 호흡 시뮬레이션에 따른 참조센서와 직물센서로부터 획득한 신호의 정확도 및 신뢰도, 재현성, 신호품질을 평가하였다. 히스테리시스 현상이 재현성에 미치는 영향을 알아보기 위해 동일한 실험을 한 시간 단위로 하루 3번씩 일주일간 반복하였다.

#### 3.3.2. 실험 2

사이즈 코리아의 평균 허리둘레 사이즈(72.44 cm)와 배꼽수준허리둘레(77.42 cm)를 참고하여 명상호흡 경험이 없는 평균허리둘레를 가진 25-29세 여성 4명을 연구 대상으로 선정하였다. 모든 연구 대상자는 실험 참가에 앞서 명상용 복식호흡에 대한 교육을 받고 충분한 연습을 실시한 후 실험에 참여하였다. 호흡수



측정의 위치로는 총 4군데 부위(상복부의 횡격막, 하복부의 배꼽점 중심, 측면)를 선정하였다(Fig. 6). 피험자는 0.1 Hz의 주기로 요가매트에 가부좌 자세로 앉아서 직물센서와 참조전극을 동일한 위치에 부착하여 각각 2분씩 복식호흡을 실시하게 한 후, 복부의 둘레 변화에 따른 호흡센서의 전압의 변화를 관찰하였다(Fig. 8). 센서의 끝단으로부터 6 cm×0.5 cm 지점인 센서의 중심이 각 측정위치에 오도록 직물센서 벨트를 착용하게 하였다.

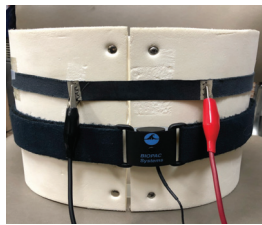


Fig. 5. Dummy test by attaching the reference(BIOPAC) and SWCNT textile sensor simultaneously

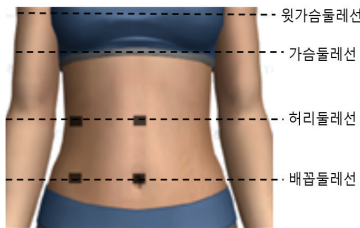


Fig. 6. 4 Measuring points

### 3.3.3. 실험결과 분석의 기준

본 실험에서는 다음의 몇 가지 기준으로 실험 1, 2를 통해 획득한 신호의 정확도 및 신뢰도, 재현성, 신호품질을 평가하였다. 신호의 정확도 및 신뢰도를 위해서는 직물센서와 참조센서 신호를 통해 획득된 신호의 최고값(high peak) 및 최저값(low peak) 값 간의 상관관계를 분석하였다. 신호의 재현성을 위해서는

신호크기의 표준 편차분석과 신호의 베이스 라인의 균일성 등을 평가하였다. 신호의 품질을 평가하기 위하여 신호의 크기와 파형의 명확성을 고찰하였다,

## 4. 결과 및 논의

### 4.1. 실험 1의 결과. 직물센서의 호흡수 측정 신뢰도 및 타당도

신호의 정확도 및 신뢰도를 평가하기 위하여 참조센서와 직물센서 신호 값(Vp-p)의 상관계수를 분석한 결과 평균 0.998의 의미 있는 정적 상관계수(p<0.01)가 나타나 참조센서의 신호와 직물센서의 신호 간에는 일치도가 높음을 알 수 있었다. 신호크기는 평균 20.1667, 표준편차 0.83485로 나타나 센서 신호의 재현성을 확인하였다. 신호크기와 더불어 신호의 베이스라인 평균값은 1.6667, 표준 편차는 0.49237로 낮게

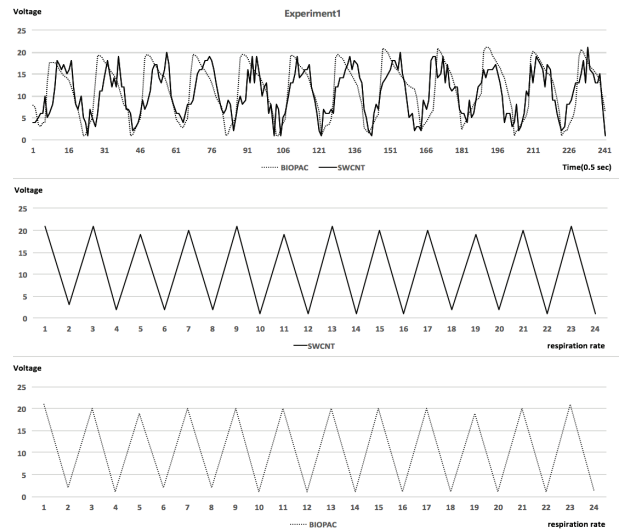


Fig. 7. Respiration signal of BIOPAC & SWCNT fabric sensor (dummy test)

Table 1. Experimental results (Dummy)

Experimental Variables		Evaluation Factors						Overall Valuation Results	
Sensor Type	Measuring Points	Reliability		Reproducibility		Signal Quality		Proper	Improper
		Good	Bad	Good	Bad	Good	Bad		
BIOPAC	Dummy	●		●		●		●	
CNT Coated Fabric Sensor		●		●		●			

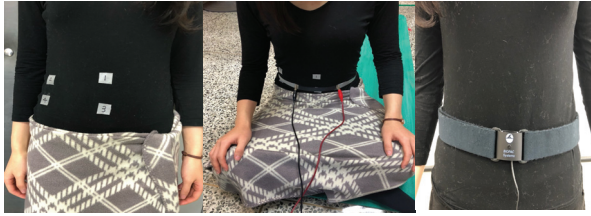


Fig. 8. BIOPAC & SWCNT fabric sensor

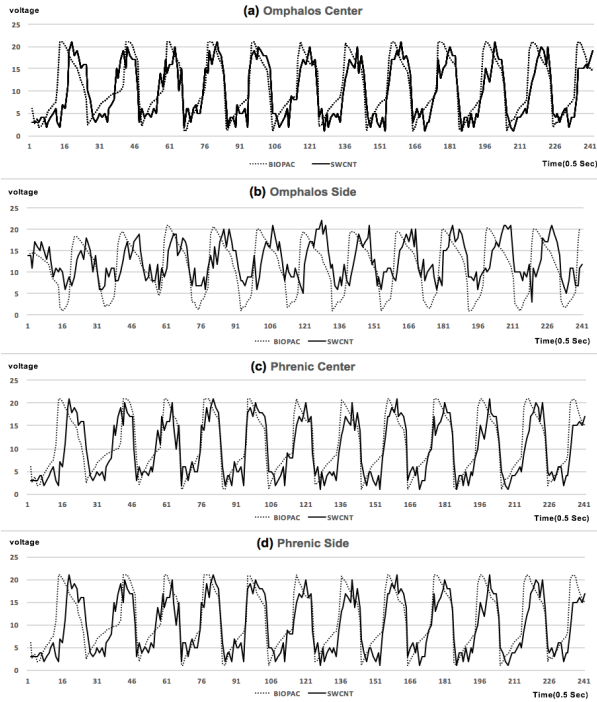


Fig. 9. Respiration signals of BIOPAC & SWCNT fabric sensor (Original data); (a) Omphalos center, (b) Omphalos side, (c) Phrenic center, (d) Phrenic side

나타났다. 일주일간 21회의 실험을 반복한 결과 신호 크기는 평균 20.5517, 베이스라인의 평균값 1.2414, 표준편차 0.4355 으로 균일한 형태를 보여 히스테리시스의 영향이 적어 신호의 품질이 양호하였다(Table 1). 신호의 크기 측면에서는 부분적으로 더블피크 현상이 고찰 되었으므로, 후속 신호처리 및 센서의 보완이 필요할 것으로 사료되었다(Fig. 7).

#### 4.2. 실험 2의 결과. 직물센서 부착위치별 호흡수 측정 신뢰도 및 타당도

벨트형태의 직물센서를 통해 4군데 위치에서 호흡수를 측정하였으며(Fig. 9), 측정신호의 정확도 및 신뢰도를 증명하기 위해 직물센서와 참조센서의 신호 값

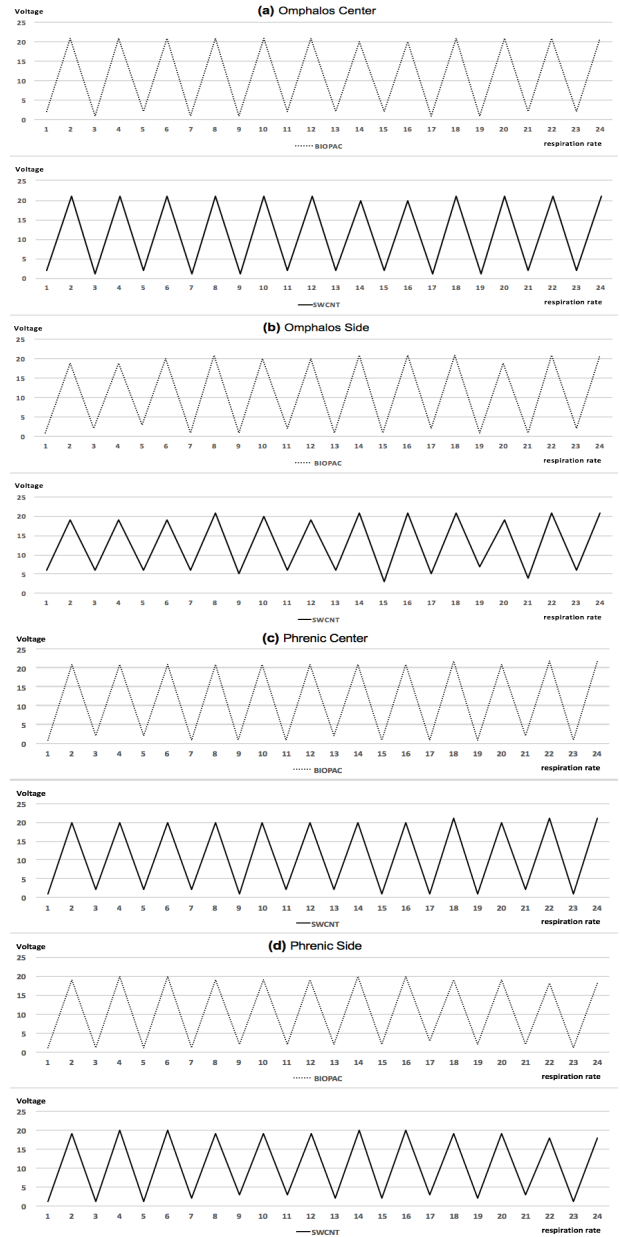


Fig. 10. Vp-p signals of BIOPAC & SWCNT fabric sensor at 4 location of abdominal; (a) Omphalos center, (b) Omphalos side, (c) Phrenic center, (d) Phrenic side

(Vp-p)을 고찰하였다(Fig. 10). 참조센서와 직물센서의 최고값, 최저값 간의 상관관계를 분석한 결과 평균 상관계수는 배꼽 중앙에서 0.9185, 횡격막 측면에서 0.8275로 높은 정적 상관관계( $p < 0.001$ )를 보여 신호의 정확도 및 신뢰도가 우수한 수준으로 나타났다. 반면 횡격막 중심에서 0.7414, 배꼽 측면에서 0.624로 비교적 낮은 수준의 상관관계( $p < 0.01$ )를 보였다(Table 2). 따라서 횡격막 중심과 배꼽측면은 호흡신호의 정확도 및 신뢰도가 비교적 낮아 호흡신호를 측정하기에 적합하

Table 2. Pearson correlation coefficient between BIOPAC and SWCNT fabric sensor (two-tailed test)

Measuring Points	Correlation Coefficient Between BIOPAC and Fabric Sensor
Omphalos Center	.9185**
Omphalos Side	.624*
Phrenic Center	.7414*
Phrenic Side	.8275**

\*\*p<0.001, N=24

지 않은 위치로 판명되었다. 신호의 재현성을 확인하기 위해 신호의 베이스라인의 평균과 표준편차를 확인한 결과 배꼽중심에서 평균 1.6667, 표준편차 0.49237, 배꼽 측면에서 평균 5.5, 표준편차 1.08711로 나타났다.

횡격막 중심은 평균 1.5, 표준편차 0.52223이며, 횡격막 측면은 평균 2.0, 표준편차 0.85280으로 나타났다. 배꼽중심, 횡격막 중심, 횡격막 측면은 표준편차가 1 미만으로 베이스 라인이 일관성 있게 나타났지만, 배꼽 측면은 비교적 신호가 균일하지 못해 위치에 따른 신호의 재현성의 차이가 있음을 알 수 있다. 신호의 품질을 보기 위해 4명의 피험자 중 가장 평균적인 호흡신호 값을 보이는 2번 피험자의 데이터의 신호의 크기를 분석한 결과 배꼽중심은 평균 20.83, 표준편차 0.3893, 횡격막 중심은 평균 20.25, 표준편차 0.45227, 횡격막 측면은 평균 19.25, 표준편차 0.6215, 배꼽 측면은 평균 20.0, 표준편차 1.1146으로 나타났다. 따라서 배꼽 중심에서 가장 크고 균일한 신호를 관찰할 수 있었으며, 더블피크 현상도 다른 위치들에 비해 가장 작게 나타나 신호의 품질이 가장 우수하게 나타났다. 횡격막 중심과 측면의 신호도 우수하게 나타났지만, 배꼽 측면은 신호 크기의 표준편차가 1 이상으로 비교적 크게 나타나 신호품질이 떨어지는 것을 확인하였다 (Table 3).

Table 3. Experimental results according to measuring position

Experimental variables		Evaluation factors						Overall valuation results	
Sensor type	Measuring points	Reliability		Reproducibility		Signal quality		Proper	Improper
		Good	Bad	Good	Bad	Good	Bad		
CNT coated fabric sensor	Omphalos center	●		●		●		●	
	Omphalos side		○		○		○		○
	Phrenic center		○	●		●			○
	Phrenic side	●		●		●		●	

## 5. 결론

본 연구에서는 주기가 긴 명상용 호흡 모니터링을 위한 직물센서를 구현하고, 인체 상 측정위치에 따른 호흡 수 측정효율을 비교, 고찰하였다. 그 결과 더미를 대상으로 한 실험에서는 본 연구의 직물센서가 명상호흡주기의 호흡수 측정을 위한 정확도 및 신뢰도, 재현성, 우수한 신호 품질을 갖춘 것으로 나타났다. 그러나 신호의 품질에 있어서는 신호의 형태의 명확성 측면에서 보완이 필요할 것으로 고찰되었다. 더미 부착 실험과는 달리 인체에서는 센서의 부착위치에 따라 신호의 정확도 및 신뢰도, 재현성, 품질이 다르게 나타났다. 명상호흡을 측정하기 위해 가장 적합한 위치는 배꼽 중심점, 횡격막 측면 순으로 나타났다. 횡격막 중심은 신호의 재현성과 품질은 양호 했지만 신호의 정확도 및 신뢰도가 낮은 수준으로 나타났다. 배꼽 측면은 다른 측정 위치와 비교하여 신호의 정확도 및 신뢰도, 재현성, 품질이 떨어졌다. 이를 통해 인체에 센서를 부착할 때 위치 선정이 중요하다고 사료되어진다. 따라서 본 연구는 명상호흡 수 측정용 직물센서를 제작하고, 인체 적용 시 적합한 위치를 고찰하여 명상호흡을 진입 단계에 따라 모니터링하기 위한 기초 자료를 제시하였다는 점에서 의의를 갖는다.

## REFERENCES

Arambula, P., Peper, E., Kawakami, M., & Gibney, K. H. (2001). The physiological correlates of Kundalini Yoga meditation: a study of a yoga master. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 26(2), 147-153. DIO: 10.1023/ a:1011343307783

- Cho, H. K., Lee, J. H., Lee, C. K., & Lee, M. H. (2006). An exploratory research for development of design of sensor-based smart clothing-focused on the healthcare clothing based on biomonitoring technology. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 9(2), 141-150.  
DOI: 10.1007/978-3-540-73107-8\_117
- Cho, H. K., & Min, S. D. (2012). A study of the basic design for smart clothing based on measurement of the respiration. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 15(4), 415-424. DOI: 10.14695/KJSOS.2016.19.3.81
- Catrysse, M., Puers, R., Hertleer, C., Van Langenhove, L., Van Egmond, H., & Matthys, D. (2004). Towards the integration of textile sensors in a wireless monitoring suit. *Sensors and Actuators A: Physical*, 114(2), 302-311. DOI:10.1016/j.sna.2003.10.071
- Gunnesson, I. L., & Olsén, M. F. (2011). Validity in measuring breathing movements with the respiratory movement measuring instrument, RMMI. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(1), 1-4. DOI: 10.1111/j.1475-097x.2010.00970x
- Hewitt, J. (2012). *The complete yoga book: the yoga of breathing, posture and meditation*. Random House.
- Koo, H. R., Lee, Y. J., Gi, S., Khang, S., Lee, J. H., Lim, M. G., Park, H. J., & Lee, J. W. (2014). The effect of textile-based inductive coil sensor positions for heart rate monitoring. *Journal of Medical Systems*, 38(2), 2. DOI:10.1007/s10916-013-0002-0
- Lorussi, F., Rocchia, W., Scilingo, E. P., Tognetti, A., & De Rossi, D. (2004). Wearable, redundant fabric-based sensor arrays for reconstruction of body segment posture. *IEEE Sensors Journal*, 4(6), 807-818. DOI: 10.1109/jsen.2004.837498
- Melville, G. W., Chang, D., Colagiuri, B., Marshall, P. W., & Cheema, B. S. (2012). Fifteen minutes of chair-based yoga postures or guided meditation performed in the office can elicit a relaxation response. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, Article ID 501986, 9 pages.  
DOI: 10.1155/2012/501986
- Park, S. K. (2014). A geographical study on healing space in daily life centering on psychological counselling cafes. *Journal of the Korean Geographical Society*, 49(4), 546-562.
- Ragnarsdottir, M., & Kristinsdottir, E. K. (2005). Breathing movements and breathing patterns among healthy men and women 20–69 years of age. *Respiration*, 73(1): 48-54. DOI:10.1159/000087456
- Tognetti, A., Lorussi, F., Tesconi, M., Bartalesi, R., Zupone, G., & De Rossi, D. (2006). Wearable kinesthetic systems for capturing and classifying body posture and gesture. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the IEEE*. (pp. 1012-1015). DOI: 10.1109/iembs.2005.1616589
- Wallace, R. K., & Benson, H. (1972). *The physiology of meditation*. *Scientific American*, 226(2), 84-91. DOI: 10/1038/scientificamerican0272-84
- Wang, Y. R., Zheng, J. M., Ren, G. Y., Zhang, P. H., & Xu, C. (2011). A flexible piezoelectric force sensor based on PVDF fabrics. *Smart Materials and Structures*, 20(4), 045009. DOI: 10.1088/0964-1726/20/4/045009
- Wang, F., Tanaka, M., & Chonan, S. (2003). Development of a PVDF piezopolymer sensor for unconstrained in-sleep cardiorespiratory monitoring. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 14(3), 185-190. DOI: 10.1177/1045389x03014003006

원고접수: 2018.01.05

수정접수: 2018.02.26

게재확정: 2018.02.28