

## 스트레치 센서를 활용한 EMS 복압벨트가 호흡 활성화에 미치는 영향

### EMS Ventilation Belt Using Stretch Sensor Effect on Respiratory Activation

김대연<sup>1</sup> · 박진희<sup>2</sup> · 김주용<sup>3†</sup>

Dae-yeon Kim<sup>1</sup> · Jin-hee Park<sup>2</sup> · Joo-yong Kim<sup>3†</sup>

#### Abstract

The development of smart healthcare wearables for health is accelerating. Among them, many wearable products using EMS electrical stimulation, which is one of the active research fields, have been released. However, the EMS wearable, which has been studied or released, is released in a comprehensive full-body suit that does not focus on muscle segmentation or a belt that covers the entire abdomen. Therefore, this study intends to use two breathing methods by applying an EMS pattern that subdivides specific muscles and attach a stretch sensor that can measure breathing to the abdominal pressure belt. The measurement method was conducted by inhaling and exhaling, and the subjects were 10 men in their 20s with healthy bodies. As a result of this study, the sensor's sensitivity was 5 and 3 mm, and the basic sensor in both thoracic and abdominal breathings and the EMS abdominal pressure belt showed improved respiration activation after applying electrical stimulation before and after application. It is concluded that, because of the two patterns produced based on the physical function, the difference in respiration activation effect and sensitivity between sensors could be confirmed with three sensors rather than not applying electrical stimulation suitable for the respiration method. Based on the results of this study, a follow-up study aims to develop breathing smart clothing that can be monitored in real time in clothing-type wearable products that incorporate EMS patterns and stretch sensors.

**Key words:** Thoracic Respiration, Abdominal Respiration, Ems/Electronic Muscle Simulation, Abdominal Pressure Belt, Respiration Activation, Muscle Pattern

#### 요약

요즘은 건강을 위한 스마트 헬스케어 웨어러블의 개발이 가속화되는 시대이다. 그 중 활발한 연구 분야 중 하나인 EMS 전기자극을 활용한 웨어러블 제품이 많이 출시되었다. 하지만 연구되거나 출시되어있는 EMS 웨어러블은 근육의 세분화에 집중하지 못한 포괄적인 전신 슈트나 복부 전체를 덮는 벨트 형식으로 출시되어있다. 이에 본 연구에서는 특정 근육을 세분화시킨 EMS 패턴을 적용하고 복압 벨트에 호흡을 측정할 수 있는 스트레치 센서를 부착하여 두 가지 호흡법을 활용해 연구를 진행하고자 한다. 측정방법은 들숨과 날숨으로 실험을 진행하며 대상자는 건강한 신체의 20대 남성 10명을 대상으로 진행했다. 본 연구의 결과 흉식호흡과 복식호흡 모두 센서의 민감도는 5mm, 3mm, 기본 센서 순으로 센서별 순위 결과를 확인할 수 있었고 EMS 복압 벨트를 통해 전기자극을 적용 전, 후로 나누었을 때

\* 이 연구는 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20016038').

\* 이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0012770, 2021년 산업혁신훈인재성장지원사업).

<sup>1</sup> 김대연: 숭실대학교 스마트웨어블공학과 석사과정

<sup>2</sup> 박진희: 숭실대학교 스마트웨어블공학과 산학중점교수

<sup>3†</sup> (교신저자) 김주용: 숭실대학교 유기신소재과이머공학과 교수 / E-mail: jykim@ssu.ac.kr / Tell: 02-820-0631

전기자극을 적용한 후 호흡의 활성화가 향상되었음을 알 수 있었다. 연구의 결론은 2가지 호흡법을 신체 기능적 근거로 제작한 2가지 패턴으로 인해 호흡법에 적합한 전기자극을 적용 시 적용하지 않았을 때 보다 3가지 센서로 호흡 활성화 효과와 센서 간 민감도 차이를 확인할 수 있었다. 본 연구 결과를 기반으로 후속 연구에서는 EMS 패턴과 스트레치 센서가 통합된 의복형 웨어러블 제품에 실시간 모니터링이 가능한 호흡 스마트 의류를 개발하고자 한다.

**주제어: 흉식호흡, 복식호흡, 전기자극, 복압벨트, 호흡활성화, 근육모양**

## 1. 서론

호흡은 신체의 가스교환 작용이며, 들숨은 가로막을 아래로 당기며 산소를 들이고, 날숨은 가로막의 이완으로 인해 산소와 교환된 이산화탄소를 배출하는 무의식적인 작용으로 들숨과 날숨으로 이루어진다(Lee, 2018). 들숨은 가로막의 수축으로 복강 내압(intraabdominal pressure)을 상승시키며, 가슴 내압을 낮춘다. 정상적인 강한 들숨을 위해서는 주된 들숨근인 횡격막, 외늑간근 이외에 목빗근, 사각근, 등세모근의 수축이 필요한데 이는 복압을 더욱 증가시킨다(Kisner et al., 2010). 날숨은 가로막의 이완(passive recoil)으로 운동한다. 하지만 강한 날숨은 인위적인 운동 조절로 일어나며 여러 가지 배 근육들에 의하여 운동이 이루어진다. 강한 들숨과는 반대로 강한 날숨은 복직근, 복횡근, 외복사근, 내늑간근의 갈비뼈를 모으는 작용으로 가슴 내압을 증가시킨다(Lee et al., 2013).

몸통 근육은 일상 시 사용하는 동작에서 연속적, 지속적으로 사용되는 표재 근육과 척추와 몸통 움직임에 안정감을 부여하는 역할로 심부 근육으로 이루어져 있으며(Richardson & Jull, 1992), 몸통의 주변 근육의 안정성을 유지하며 요구되는 근육조절을 몸통 안정화라고 한다(Akuthota & Nadler, 2004). 몸통 안정화에 도움을 주는 근육들의 효과로는 호흡을 주도하는 주요 근육이며, 신체의 균형과 자세의 안정화를 유지하는 생역학적 효과와 호흡 시 가스교환을 통한 향상성을 유지시켜주는 생화학적 효과, 스트레스성 불안과 우울에 영향을 미치는 사회정신적 효과를 들 수 있다(Chaitow, 2004; Perri, 2007). 또한 척추의 안정화와 자세의 안정성에 중요한 역할을 하여 좋은 자세를 유지 하는데 큰 도움이 된다(Obayashi et al., 2012).

심부 안정근인 못갈래근, 복횡근, 내복사근과 표재 안정근인 척추세움근, 외복사근, 내복사근 등의 허리

근육은 분절의 안정성과 표재 안정근 강화 및 협응수축이 필요하며(McGill et al., 2003), 몸통과 척추의 안정성은 몸통 근육들의 동시 활성화(co-activation)와 능동적 동시 다발적 수축(co-contraction)이 불안정한 척추를 유지하는 데 필요하다(Stevens et al., 2006). 허리 척추(lumbar spine)는 크게 대근육(golbal muscle)과 국소근육(local muscle)으로 나뉘는데, 이 두 가지 근육군들의 협력된 호흡 운동으로 인해 허리 척추와 척추의 안정성을 유지해준다. 복횡근, 내복사근은 척추의 미세한 조절이나 개별운동에 영향을 끼치며, 외복사근, 내복사근 같은 대근육군들은 주로 힘을 내거나 전체적인 몸통 안정성에 기여한다. 이처럼 호흡으로 인한 가슴, 복강 내압의 변화와 배근육 활성화도의 변화는 허리뼈의 안정성에 영향을 끼쳐 결국 몸통의 안정성과도 관련이 있다(Pereira et al., 2016).

특히 몸통의 굽힘과 회전을 돕는 외복사근, 내복사근, 외복사근으로 구성된 배근육들은 호흡에도 중요한 역할을 하는데, 이 근육들은 안정시의 호흡에는 큰 활성을 보이지 않으나 노력성 날숨을 할 때 허부 갈비뼈를 압박하고 상체를 구부려 가로막을 위로 올리며 강력한 날숨을 유발한다(Kendall et al., 2005). 모든 배근육들이 호흡 기전에 중요한 역할을 하지만 특히 복횡근, 내복사근의 동원은 호흡이 요구되는 상황에서 복부 내압의 조절에 가장 관련 있다고 하였고, 들숨 부하 상태보다 날숨 부하 상태에서 더 큰 활성을 보인다(Montes et al., 2016).

그러나 호흡 근육들 중 들숨과 날숨 시 주 호흡근인 가로막 기능의 중요성은 잘 알려져 있으나 호흡에 관여하는 배근육의 중요성은 간과되고 있다고 할 수 있으며(Kim, 2016), 잘못된 호흡은 최적의 건강을 유지하기 위한 신선한 산소를 충분히 공급하지 못하고 흉곽의 팽팽함과 유연성의 제한을 초래하고 이는 척추에 문제를 일으킬 수 있다(Dufton, 2003). 또한 잘못된 호흡 패턴은

척추의 기능부전을 일으킬 수 있다. 횡격막, 복횡근, 골반기저근, 심부 척추 내재근은 서로 조화를 이루어 활동하는데 이들 중 어느 하나가 기능부전이 발생하면 다른 관련 요소에 영향을 미치게 되고 이는 척추 안정성에 필연적인 영향을 미치게 된다(Perri, 2007). 코어 근육들 중, 외복사근은 복강 내 압력을 증가시키고, 몸통 지지를 위해 단단한 원통(Cylinder)을 제공하고, 척추 근육의 하중을 감소시키며, 몸통 안정성을 증가시킨다(Perri, 2007). Perri(2007)에 의하면 호흡 기전은 자세의 안정성과 척추의 핵심적인 안정화를 수행하며, 정상적인 자세 안정성과 척추 안정화를 성공적으로 성취하기 위해서는 호흡 기전이 완전해야 한다고 하였다.

스마트 웨어러블에 활용되고 있는 전기 자극(Electrical Muscle Stimulation; EMS)은 외부에서 저주파 전기자극을 이용해 근육을 활성화하며 근육의 수축을 유도하고 해당 근육에 직접적인 영향을 주는 방식이다. 이는 전기 자극(Electrical Muscle Stimulation; EMS)을 통해 근육의 근막에 변화를 일으키며 근수축을 유발하는 방법으로 수의근으로 분류된 골격근의 불수의적 수축을 유발한다(Doucet et al., 2012). 이러한 불수의적 근수축은 과거에 재활 목적으로 임상에서 사용되었고, 무중력에 의해 발생하는 우주비행사들의 근육 기능부전을 방지하기 위해 사용되었다(Rutheford & Jones, 1996). EMS로 유발되는 비자발적인 근육의 수축과 자발적 근육의 수축이 가장 큰 차이점은 근섬유 동원에 있다. 근섬유를 동원하기 위해서는 활성화가 가능한 수준의 자극이 있어야 하며, 자발적 근수축은 작고 낮은 역치 수준의 운동단위가 먼저 활성이 되어야 한다. 이에 반해 전기 자극에 의한 근수축은 역치 수준이 높은 근섬유의 동원이 쉬운데, 지름이 큰 신경의 지배를 받는 운동단위가 먼저 활성화되기 때문이다(Roger, 2002). 이로써 낮은 수준의 속근섬유의 활성화도가 높아져 근력이 향상하는데 긍정적인 영향을 준다(Gondin, 2005).

이러한 근거로 근육에 일정한 반복의 EMS 전기자극을 전달하면 근섬유의 혈관 유연성 촉진 및 모세혈관의 증가(Kipshidze et al., 2002), 혈류량 증가(Kaplan et al., 2002), 근력증가(Granat et al., 1993), 신경근 연결부의 운동단위가 증가(Petersen, et al., 2002; Vanderthommen, 2002)하고 손상된 중추신경의 기능이 개선되는 효과(Crameri et al., 2002)가 있다. 또한 EMS 전기자극으로 유연성도 증

가시킬 수 있다는 임상적 효과가 있으며(Mechelle & Carmeron, 2014), 일반 복압 벨트를 착용하였을 때 보다 EMS가 결합된 복압 벨트를 착용했을 때 요부 근육과 코어 활성화에 더 영향을 줄 수 있다(Kim et al., 2021).

스마트 웨어러블 시스템은 현재 현대사회의 건강의 중심에 진입하고 있으며 가장 주목 받는 건강 분야 중 하나이다(Wearable Technologies AG, 2014). 하지만 호흡은 일상생활뿐만 아니라 특히 운동 중에 효율을 높이기 위한 호흡의 중요성이 강조되고 있는 시점에 호흡 운동에 관한 EMS 관련 연구는 미흡하다. 또한 호흡법에 대한 트레이닝이나 호흡 운동을 위한 EMS 전기 자극 웨어러블은 찾아보기 힘들다. 따라서 본 연구는 호흡 근육에 구체적인 전기자극을 전달하여 호흡근의 부전과 기능 향상에 도움을 주고자 한다. 운동 시 호흡근을 자각하고 사용하기 어려워하는 일반인들에게 호흡근의 활성화를 높여주며 올바른 호흡 패턴이 일어나는지 확인할 수 있도록 두 가지 호흡법에 작용하는 근육을 구체화 시킨 패턴과 스트레치 센서를 이용한 스마트 복압 벨트를 제안하고자 한다.

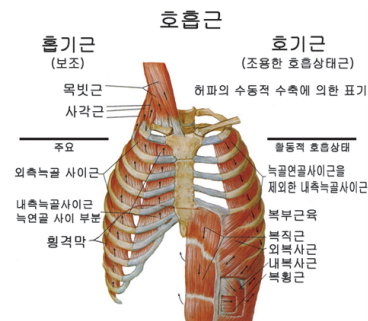


Fig. 1. Respiratory muscles

## 2. 연구방법 및 절차

### 2.1. 호흡의 작용

호흡에 관여하는 가장 큰 요소로 횡격막이 있다. 횡격막은 가슴과 배의 경계에 있는 얇은 근육으로, 횡격막의 위쪽은 가슴, 아래쪽은 배로 구분이 된다. 이 횡격막의 상하 운동에 의해 호흡이 이루어지며 본 연구에서 진행한 호흡법은 가슴에서 일어나는 흉식호흡(thoracic respiration)과 배에서 일어나는 복식호흡(abdominal respiration) 두 가지이다.

2.1.1. 흉식호흡법

폐는 갈비뼈에 둘러싸여 있고, 갈비뼈 사이에는 외늑간근(external intercostal muscles), 내늑간근(internal intercostal muscles)이 있는데 숨을 들어 마시면 갈비뼈 사이의 근육이 수축하여 갈비뼈를 들어 올리게 된다. 이때 가슴 속의 공간이 넓어지고 폐가 팽창하면서 가슴이 위로 올라가게 된다. 숨을 내쉬면 다시 갈비뼈가 내려가고, 가슴이 들어가게 된다. 폐는 스스로 움직일 수 없고, 가슴이 부풀어지기 때문에 폐가 부풀 수 있고 숨이 쉬어지는 것이다. 갈비뼈 사이의 근육이 작용해서 일어나는 호흡이기 때문에 흉식호흡이라고도 한다. 예시로 심호흡, 또는 국민체조의 숨쉬기 운동 부분이 모두 흉식호흡이다. 숨쉬기도 근육을 작용시켜서 일어나는 운동이기 때문에 몸이 극도로 안 좋아지면 가슴을 부풀게 하는 운동도 못하게 되어 숨쉬기 힘들어진다(Fig. 2).

2.1.2. 복식호흡법

횡격막은 근육으로 작용하며 폐의 부피를 변화시키면서 호흡하는 것이 복식호흡이다. 횡격막을 수축시키면 배 속의 공간이 넓어지면서 압력이 증가하기 때문에 폐를 아래로 잡아당기면서 팽창시키고, 이에 따라 공기가 폐로 들어오게 되며 배가 나오게 된다. 횡격막을 이

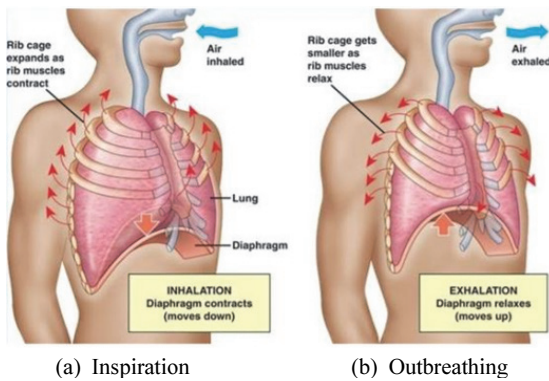


Fig. 2. Thoracic respiration

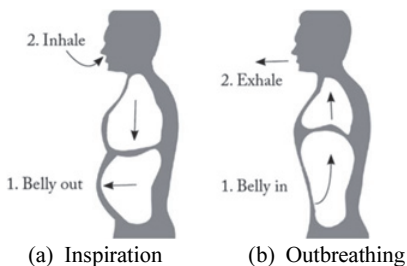


Fig. 3. Abdominal respiration

완시키면 폐가 다시 올라가면서 공기가 배출되고, 동시에 배 속의 공간이 작아지기 때문에 배가 들어가게 된다. 즉 횡격막만으로도 호흡이 가능한 것이 복식호흡이다. 누워서 가슴과 배에 손을 얹었을 때, 가슴은 올라가지 않고 배만 볼록하게 나오면서 숨을 들어 마시게 되면 복식호흡을 하고 있는 것이다. 대부분의 경우 누운 자세에서는 자연스럽게 복식호흡이 이루어진다(Fig. 3).

2.2. 스트레치 센서 설계

스트레치 센서는 세로 2.5cm 가로 5cm의 나일론80%, 스판 20%의 재질의 혼방직물을 사용하였다 CNT(0.1wt% water swcnt) 분산 분산액을 센서 원단에 코팅하여 제작하였다. 센서의 종류는 어떠한 타공을 하지 않은 기본 센서와 센서의 민감도를 구별하여 측정하기 위해 사전연구를 통해 선정된 +모양의 패턴으로 가로와 세로를 각각 3mm와 5mm로 3줄의 12개 패턴을 타공한



Fig. 4. Basic Sensor

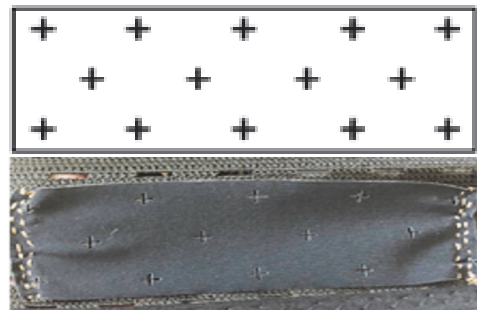


Fig. 5. 3mm Sensor

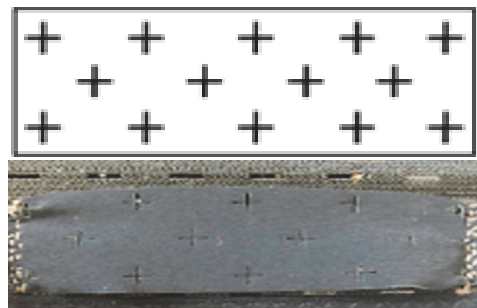


Fig. 6. 5mm Sensor

두 가지 센서, 총 3가지 센서를 제작하여 EMS 복압 벨트에 부착하였다(Fig. 4, 5, 6).

2.3. 스트레치 센서를 부착한 EMS 복압 벨트 제작

본 연구는 요부 통증을 느끼거나 운동 중 복압을 위해 착용할 수 있는 일반적인 형태의 직사각형 벨트를 제작하였다. 폴리에스테르 70%, 엘라스토디엔 30%의 재질이며, 세로 24cm 가로 63cm로 평범한 성인 남성이 착용할 수 있는 크기이다. 중간에 서포트 라인 지지대 구조로 연결은 흑 & 아이를 사용하였다. 착용 부위는 위 앞 엉덩 뼈가시(anterior superoiliac spine: ASIS) 지점 바로 위부터 명치 아래 2~3cm 정도의 간격을 제외하고는 복강 내압 전달을 위해 요부를 전부 덮도록 착용하였다. 압력은 본인 허리 치수를 측정하고 총 5단계의 흑 & 아이로 조절하였다. 전도성 원단(conductive fabric)은 S 사의 은도금 전도성 원단을 사용하였다. 저항값<math>1.0[\Omega]</math>으로 신체에 전기자극을 직접적으로 전달하기 위해 근육마다 기능 해부학적으로 선정되어있는 통증을 유발하는 압통점(trigger point) 위치에 패턴과 자석 스냅을 부착하였다. 이후 EMS 모듈로 전기자극을 해당 근육에 적용하였다(Fig. 7, 8, 9).



Fig. 7. Sensor attachment photo



Fig. 8. Abdominal pressure belt

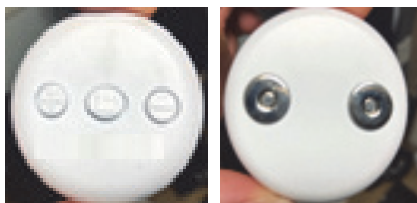
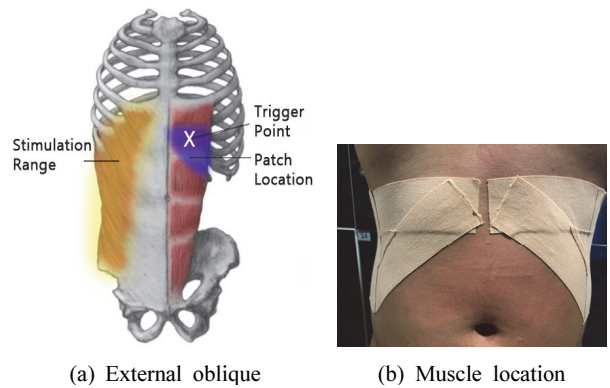


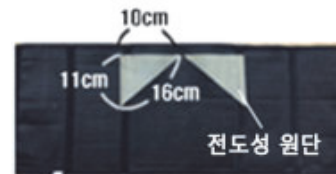
Fig. 9. EMS module

흉식호흡 벨트는 외복사근(external oblique muscle of abdomen)의 패턴으로 압통점의 위치와 내복사근과 구분을 위해 직각삼각형을 아래로 향하게 하는 모양으로 가로 10cm 세로 11cm 대각선 16cm의 전도성 원단을 설계에 맞춰 복압 벨트에 부착하였다. 이 근육은 내복사근 위에 덮혀져 있는 근육으로 갈비뼈 5~12번에서 시작해 장골능에 위치한다. 신경의 지배는 흉추 5번~흉추 12번 늑간 신경으로 센서의 위치는 호흡의 들숨 시 제일 많이 확장되는 늑골 상단 부분에 위치하였다(Fig. 10).



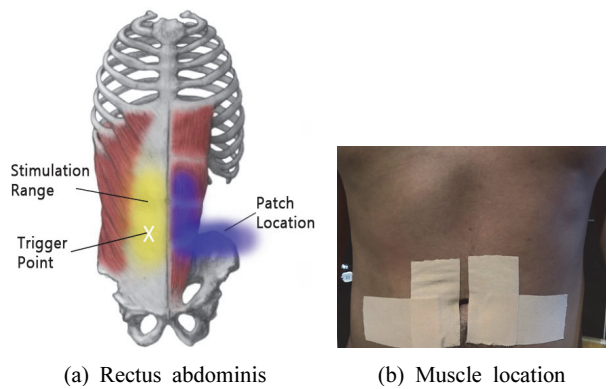
(a) External oblique

(b) Muscle location



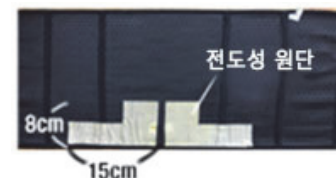
(c) Anatomy patch design

Fig. 10. Thoracic respiration belt



(a) Rectus abdominis

(b) Muscle location



(c) Anatomy patch design

Fig. 11. Abdominal respiration belt

복식호흡 벨트는 복직근(musculus rectus abdominis)의 패턴으로 늑골5~7번에서 복부 정중선을 따라 하방으로 뻗쳐 치골결합에 위치하여 압통점을 고려해 밑하단에 가로 15cm와 세로 8cm의 직사각형 전도성 원단을 부착하였다. 신경의 지배는 하부의 늑간 신경으로 지배되며, 센서의 위치는 복식호흡 들숨 시 제일 많이 확장되는 배꼽 밑 부분에 부착하였다(Fig. 11).

2.4. 대상자

본 연구는 인천 계양구 소재의 한 헬스장에서 건강한 20대 남성 10명을 선정하여 실시하였다. 대상자의 선정 조건은 첫째, 실험 진행에 있어 호흡에 제한을 줄 수 있는 기능부전인 척추측만증의 과거력을 갖고 있지 않으며, 의식할만한 증상을 갖고 있지 않을 것 둘째, 사전테스트에서 제한되는 동작이 없을 것 셋째, 도수 근력 검사 결과 체간의 근력이 정상등급(normal grade)에 속할 것 등이었다. 10명 대상자의 신체조건은 오차범위가 크지 않은 선에서 대상자를 선정하였다. 신체 측정은 In Body 270를 이용해 체중(weight), 골격근량 (skeletal muscle mass), 체지방률지수(body fat percentage) 등을 측정하였다. 신장(cm)과 허리둘레(in)는 줄자를 이용해 측정하였다.

Table 1. Body Types of the subjects

Variable	Mean	SD
Height (cm)	173.66	6.532
Age (years old)	24.56	1.708
Weighth (kg)	76.23	10.457
Skeletal muscle mass (kg)	36.72	5.022
body fat percentage (kg)	20.24	1.186
waist measurement (in)	36.23	2.077

2.5. 측정방법

본 연구에서는 흉식호흡과 복식호흡에서 3가지 종류의 스트레치 센서를 부착한 EMS 복압 벨트의 전기자극 적용 전과 후 호흡의 둘레를 측정하는 실험을 진행하였다. 첫 번째로 기본 센서를 부착한 EMS 복압 벨트를 착용 후 흉식호흡과 복식호흡을 각각 측정하였다. 두 번째로 3mm +모양 패턴의 타공 센서를 부착한 흉식호흡 벨트와 복식호흡 벨트를 착용 후 전기자극 적용 전, 후로 측정하

였다. 세 번째로 5mm의 +모양 패턴의 타공 센서를 부착해 흉식호흡 벨트와 복식호흡 벨트를 착용 후 전기자극 전, 후로 각각 측정하였다. 전기자극 적용은 호흡의 활성화를 돕기 위한 혈류량 증가와 근 활성도를 높이기 위한 자극으로 전기자극을 10분씩 진행 후 전기자극을 중단하고, 벨트 착용 상태를 유지하여 테스트를 진행하였다. 호흡 측정은 실험 전 1주일 동안 세 차례 대면 사전연습을 통해 흉식호흡과 복식호흡의 충분한 숙달 후 진행하였다. 동작 순서는 흉식호흡, 복식호흡 순으로 진행하였으며, 본 실험의 휴식 시간은 근육의 수축과 이완을 지속적으로 진행할 경우 근 길이의 변화가 오는 시간이 20~30초임을 감안하여, 다음 실험에 영향을 주지 않기 위해 5분으로 휴식 시간을 설정하였다. 측정은 각 호흡법의 특성상 흉식호흡은 호흡 시 가장 부풀어 오르는 벨트 상단 양쪽 갈비뼈 부분에 센서를 부착하였고 복식호흡은 벨트 하단 하복부 부분 양쪽에 센서를 부착하였다. 악어핀을 센서에 고정 시킨 후 아두이노(Arduino)를 활용하여 들숨 시 늘어나고 날숨 시 다시 원래대로 돌아오는 호흡에서 벨트를 착용한 복부 둘레의 저항 변화를 관찰하였다. 들숨과 날숨에 따른 저항값의 변화가 한 곡선으로 나타나며 이를 한 호흡으로 구분하여 총 4번을 반복한 평균을 구하여 나타내었다. 착용 방법은 2가지 모두 벨트의 밑단이 위앞 엉덩뼈가시(anterior superoiliac spine: ASIS)에 닿지 않게 명치로부터 2~3cm 간격을 두었다(Fig. 12).



(a) Thoracic respiration sensor (b) Abdominal respiration sensor

Fig. 12. Belt wear

2.5.1. 흉식호흡 검사

바닥에 누운 자세에서 무릎을 세워 안정적인 상태에서 양팔을 바닥에 내려놓는다. 이때 목과 어깨를 이완시킨 상태에서 들숨 시 5초 동안 코로만 마시며 흉곽 전체가 팽창하듯이 하고 마시는 동안 어깨가 들리지 않도록 한다. 날숨은 편안하게 입으로 3~5초 천천히 내뿜도록 했으며 3개의 센서 각각 들숨과 날숨 4번씩 총

8번 진행하였다(Fig. 13).

2.5.2. 복식호흡 검사

바닥에 누운 자세에서 무릎을 세워 안정적인 상태에서 양팔을 바닥에 내려놓는다. 이때 목과 어깨를 이완시킨 상태에서 들숨 시 5초 동안 코로만 마시며 배가 의도적으로 부풀어 오르게 하여 가슴이 되도록 움직이지 않게 진행하였다. 날숨은 편안하게 입으로 3~5초 천천히 내뿜도록 했으며, 3개의 센서 각각 과 날숨 4번씩 총 8번 진행하였다(Fig. 14).

2.6. 자료처리

연구 결과 자료는 SPSS ver. 26 프로그램(SPSS Inc, Chicago, USA)을 이용하여 각 측정 변인의 평균 및 표준편차를 기술 통계하였다. 두가지 호흡을 기본센서로 측정 후 EMS 복압벨트를 통한 전기자극 적용 후 +모양의 3mm, 5mm 센서가 부착되어있는 흉식호흡 벨트, 복식호흡 벨트를 각각 착용하였을 때, 스트레치 센서를

통해 호흡의 둘레가 전기자극으로 인해 호흡 둘레의 향상이 있었는지 순위를 매기기 위하여 Friedman Test 를 사용하였다. 각 실험 별 기본 센서 벨트와 3mm, 5mm 의 스트레치 센서가 부착된 흉식호흡 EMS 벨트 와 3mm, 5mm의 스트레치 센서가 부착된 복식호흡 EMS 벨트를 기본 센서 벨트와 비교, 차이를 확인하기 위해 사후검정으로 Wilcoxon Signed-Rank를 진행하였다. 통계적 유의수준은  $p<.05$ 로 진행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 각 호흡법에 따른 3가지 스트레치 센서에 따른 차이

3가지 스트레치 센서를 각각 부착한 EMS 복압 벨트에 따른 흉식호흡과 복식호흡에서 모두 유의미한 차이가 나타났다. 평균값의 순위 차이는 분명하게 나타났으며(Table 2, 3), 각 항목 간의 효과를 검증하기 위해 윌콕슨 검정(Wilcoxon Signed-Rank)으로 사후 검증을 실

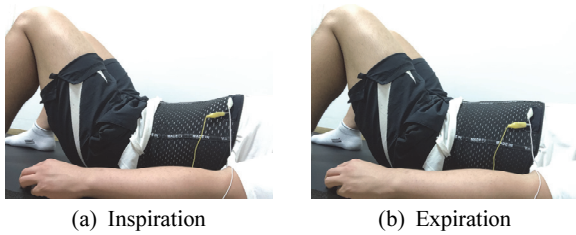


Fig. 13. Thoracic respiration

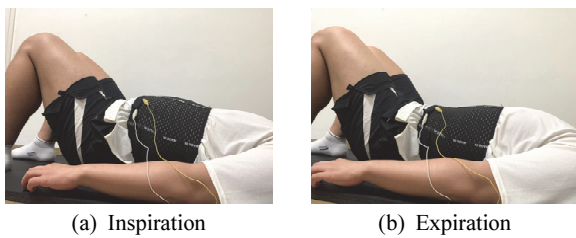


Fig. 14. Abdominal respiration

Table 2. Ranking of sensors according to each test, friedman test

Thoracic Respiration		Abdominal Respiration	
Sensor ranking		Sensor ranking	
Bsic sensor	1.00	Bsic sensor	1.00
3mm	2.00	3mm	2.00
3mm/ems	3.00	3mm/ems	3.00
5mm	4.00	5mm	4.00
5mm/ems	5.00	5mm/ems	5.00
Test statistic		Test statistic	
N	10	N	10
X	40.000	X	40.000
df	4	df	4
p	<.001*	p	<.001*
a. Friedman test		a. Friedman test	

\* $p<.05$

Table 3. EMS Ventilation belt with stretch sensor for each breath differences by sensor before and after electric stimulation application after wearing to the Friedman test

Variable	Basic sensor Mean±SD	3mm sensor	3mm sensor (ems)	5mm sensor	5mm sensor (ems)	x	p
Thoracic respiration	93.17±0.41	111.73±0.50	127.6±0.57	165.56±0.45	191.88±0.44	40.000	<.001*
Abdominal respiration	83.15±0.43	106.4±0.62	114.43±0.34	161.9±0.75	186.96±0.51	40.000	<.001*

\* $p<.05$

시하였다(Table 4, 5).

### 3.2. 3가지 스트레치 센서를 부착한 흉식호흡 벨트 착용 후 전기자극 적용 전 후에 따른 센서 별 차이

3가지 스트레치 센서가 각각 부착된 흉식호흡 벨트 착용 후 전기자극 적용 전, 후에 따른 흉식호흡(thoracic respiration) 검사와 센서의 민감도를 함께 확인한 결과 기본 센서보다 5mm sensor [ $p=.005$ ]와 3mm sensor [ $p=.005$ ]가 유의한 차이를 나타냈으며, 유의미한 순위로는 5mm>3mm>basic sensor 순으로 5mm 센서가 유

Table 4. Differences between sensors before and after the application of electrical stimulation after wearing a thoracic respiration belt with three stretch sensors

Variable	Basic sensor Mean±SD	x	p
3mm sensor	111.73±0.50	-2.809 <sup>b</sup>	.005*
3mm sensor (ems)	128.41±0.57	-2.805 <sup>b</sup>	.005*
5mm sensor	165.56±0.45	-2.807 <sup>b</sup>	.005*
5mm sensor (ems)	191.88±0.44	-2.807 <sup>b</sup>	.005*

\* $p<.05$

Table 5. Differences between sensors before and after the application of electrical stimulation after wearing a abdominal respiration belt with three stretch sensors

Variable	Basic sensor Mean±SD	x	p
3mm sensor	106.4±0.62	-2.807 <sup>b</sup>	.005*
3mm sensor (ems)	114.43±0.34	-2.809 <sup>b</sup>	.005*
5mm sensor	161.9±0.75	-2.807 <sup>b</sup>	.005*
5mm sensor (ems)	186.96±0.51	-2.807 <sup>b</sup>	.005*

\* $p<.05$

Table 6. Average comparison of basic sensor and pattern sensor before and after electric stimulation after wearing ems two types pressure belt with three different stretch sensors

Variable	Thoracic respiration	Abdominal respiration
3mm sensor (basic sensor)	111.73 (93.17)	106.4 (83.15)
3mm sensor (ems) (basic sensor)	128.41 (93.17)	114.43 (83.15)
5mm sensor (basic sensor)	165.56 (93.17)	161.9 (83.15)
5mm sensor (ems) (basic sensor)	191.88 (93.17)	186.96 (83.15)

\* $p<.05$

의미한 차이가 제일 높은 걸 알 수 있었다. 또한 EMS 전기자극 적용 전, 후의 차이를 스트레치 센서를 통한 측정에서 호흡 둘레의 유의미한 차이가 나타났다. 이로써 3가지 센서 유형별 스트레치성이 증가하고 센서의 민감도가 서로 다름을 알 수 있었다(Table 4, 6).

### 3.3. 3가지 스트레치 센서를 부착한 복식호흡 벨트 착용 후 전기자극 적용 전 후에 따른 센서 별 차이

3가지 스트레치 센서가 각각 부착된 복식호흡 벨트 착용 후 전기자극 적용 전, 후에 따른 복식호흡(abdominal respiration) 검사와 센서의 민감도를 함께 확인한 결과 기본 센서보다 5mm sensor [ $p=.005$ ]와 3mm sensor [ $p=.005$ ]가 유의한 차이를 나타냈으며, 유의미한 순위로는 5mm>3mm>basic sensor 순으로 5mm 센서가 유의미한 차이가 제일 높은 걸 알 수 있었다. 또한 EMS 전기자극 적용 전, 후의 차이를 스트레치 센서를 통한 측정에서 호흡 둘레의 유의미한 차이가 나타났다. 이로써 3가지 센서 유형별 스트레치성이 증가하고 센서의 민감도가 서로 다름을 알 수 있었다(Table 5, 6).

## 4. 결론

본 연구는 요추 복압 벨트에 EMS와 스트레치 센서를 결합하여 호흡을 통해 신체 기능 향상의 근거가 확인되어 있는 총 2가지의 호흡법을 선정하여 호흡 시 둘레를 측정할 수 있게 EMS 복압 벨트에 3가지의 스트레치 센서를 각각 부착해 제작하고 착용 후에 흉식호흡과 복식호흡 실험을 통해 호흡 활성화에 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석했다. 벨트 착용 후 기본 센서와 3mm, 5mm 센서의 민감도를 비교하고, 전기자극 적용 전, 후를 효과를 비교하였다. 흉식호흡 검사를 측정한 결과 전기자극의 효과와 센서의 민감도는 5mm>3mm> basic sensor 순으로 유의미한 차이를 알 수 있었다(Table 4). 복식호흡 검사를 측정한 결과 전기자극의 효과와 센서의 민감도는 5mm>3mm>basic sensor 순으로 유의미한 차이를 알 수 있었다(Table 5). 두 가지 호흡 벨트 모두에서 3가지 센서별 호흡 둘레 측정과 EMS 전기자극의 효과가 통계적으로 유의미한 효과를 나타냈다(Table 6).



아무런 패턴을 넣지 않은 basic sensor보다는 3mm의 +패턴 센서의 민감도가 우위 한 걸 알 수 있고, 3mm 센서보다 5mm +패턴 센서의 민감도가 우위 한 걸 알 수 있었고 전기자극의 적용 후 호흡의 기능 향상을 늘어난 둘레의 수치에서 확인할 수 있었다(Table 4, 5).

사후 실험을 진행하여 다음과 같이 결론을 얻었다. EMS를 적용한 복압 벨트가 신체의 해당 근육 부위에 충분한 전기자극을 적용하였을 때, 근 활성도를 높여 호흡 활성화에 긍정적인 효과를 스트레치 센서를 통해 확인할 수 있었다.

이로써 본 실험의 스트레치 센서를 부착한 EMS 복압 벨트가 신체 상지에 중요한 운동 중 하나인 호흡 능력이 저하되어있는 일반인들을 상대로 긍정적인 영향을 줄 수 있는 도구가 될 수 있음을 확인하였다. 결론적으로 기본 센서보다 타공을 한 센서가, 전기자극 적용 전보다 적용 후가 각 호흡 측정에서 기능이 향상되었음을 확인할 수 있었고, 센서의 민감도를 위해 패턴의 사이즈 중 제일 큰 5mm의 +패턴의 센서가 측정에서 제일 우위에 있었다고 볼 수 있다. 지금까지 호흡에 관한 많은 연구가 진행되었지만, 선행연구 대부분이 호흡을 활용한 운동 측정이나 한가지의 호흡만 활용한 비교 연구가 진행되었다. 특히 호흡을 측정하는 실험에서도 일관적인 호흡 측정 도구를 사용하였으며, 특히 EMS 전기자극을 활용한 호흡 연구가 부족했다.

따라서 본 연구는 두 가지 호흡법에 구체적인 전기자극을 활용하여 스트레치 센서를 부착해 신체에 많은 영향을 끼치는 호흡을 통해 일상생활에 꼭 필요한 호흡과 호흡 운동을 간편한 방법으로 활성화를 시킬 수 있는지 확인하고자 했다. 이번 연구에서 진행한 실험을 통해 일반인들에게 호흡 기능 향상과 호흡 운동을 통해 호흡 능력과 신체 기능 향상을 도울 수 있는 계기를 마련하는 데 의의가 있다. 본 연구 결과를 기반으로 후속 연구에서는 EMS 패턴과 스트레치 센서가 통합된 의복형 웨어러블 제품에 실시간 모니터링이 가능한 호흡 스마트 의류를 개발하고자 한다.

## REFERENCES

Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening.

*Arch Phys Med Rehabil*, 85(1), 86-92.

DOI: 10.1053/ j.apmr.2003.12.005.

Chaitow, L. (2004). Breathing pattern disorders, motor control, and low back pain. *Journal of Osteopathic Medicine*, 7(1), 33-40.

Crameri, R. M., Weston, A., Climstein, M., Davis, G. M., & Sutton, J. R. (2002). Effects of electrical stimulation-induced leg training on skeletal muscle adaptability in spinal cord injury. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(5), 316-322.

Doucet, B. M., Lam, A., & Griffin, L. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 85(2), 201-208.

Dufton, J. (2003). The pilates difference. *Great Britain, Hamlyn*, 22-23.

Gondin, J., Guette, M., Ballay, Y., & Martin, A. (2005). electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8), 1291-1299.

Granat, M. H., Ferguson, A. C. B., Andrews, B. J., & Delargy, M. (1993). The role of functional electrical stimulation in the rehabilitation of patients with incomplete spinal cord injury- observed benefits during gait studies. *Spinal Cord*, 31(4), 207.

Kaplan, R. E., Czynny, J. J., Fung, T. S., Unsworth, J. D., & Hirsh, J. (2002). Electrical foot stimulation and implications for the prevention of venous thromboembolic disease. *Thrombosis and Haemostasis Stuttgart*, 88(2), 200-204.

Kim, B. R. (2016). Effect of breathing exercises on pulmonary function, walking ability, and activities of daily living in stroke patients. (Unpublished master's thesis). Sehan University, Jeonnam, Korea. Retrieved from <http://www.riss.kr/>

Kim, D. Y., Park, J. H., & Kim, J. Y. (2021) A study on the effect of EMS compression belt with different muscular patterns on lumbar stabilization. *Science of Emotion & Sensibility*, 24(2), 81-92.

DOI: 10.14695/KJSOS.2021.24.2.81

Kipshidze, N., Moussa, I., Nikolaychik, V., Chekanov, V., Khanna, A., Colombo, A., Leon, M. B., & Moses, J. (2002). Influence of class I interferons on

- performance of vascular cells on stent material in vitro. *Cardiovascular Radiation Medicine*, 3(2), 82-90.
- Kisner, C. B., Lynn, A., Jang, J. H., Kang, S. H., & Goo, B. O. (2010). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. 5th ed. Youngmoon Pub.
- Lee, J. Y., Jeong, J. H., Jeong, U. J., & Kim, K. (2013). The effect of feedback breathing exercise and treadmill exercise on chest length and pulmonary function of the middle-aged. Institute of special education & rehabilitation science (Unpublished master's thesis). Daegu University, Daegu, Korea. Retrieved from <http://www.riss.kr/>
- Lee, S. M. (2018). *Cardiovascular & pulmonary physical therapy*. 3rd ed, Seoul, Hyunmoonsa, 48-67
- McGill, S. M., Grenier, S., & Kavcic, N. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol*, 13(4), 353-359. DOI: 10.1016/S1050-6411(03)00043-9.
- Mechelle, H. C. (2014). The deition of Physical agents in rehabilitation from research to practice. Retrieved from <http://www.amazon.co>
- Montes, A. M., Baptista, J., & Crasto C. (2016). Abdominal muscle activity during breathing with and without inspiratory and expiratory loads in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 30, 143-150. DOI: 10.1016/j.jelekin.2016.07.002
- Obayashi, H., Urabe, Y., & Yamanaka, Y. (2012). Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. *In Journal of Sport Rehabilitation*, 21(1), 63-68. DOI: 10.1123/jsr.21.1.63
- Pereira, N., Sciaraffia, C., Danilla, S., Parada, F., Asfora, C., & Moral C. S. (2016). Effects of abdominoplasty on intra-abdominal pressure and pulmonary function. *Aesthetic Surgery Journal*, 36(6), 679-702. DOI: 10.1093/asj/sjv273
- Perri, M. A. (2007). *Rehabilitation of the spine: A practitioners manual*. Lippincot, Williams and Wilkins, Baltimore, 369-387.
- Petersen, N. T., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2002). The effect of electrical stimulation of the corticospinal tract on motor units of the human biceps brachii. *The Journal of Physiology*, 544(1), 277-284.
- Richardson, C. A., & Jull, G. A. (1992). Technique for active lumbar stabilization for spinal protection. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38(2), 105-112. DOI: 10.1016/ S0004-9514(14)60555-9.
- Roger, E. (2002). Activcation order of motor axoms in electrically evoked contractions. *Muscle & Nerve*, 25(6), 763-764.
- Rutherford, O., & Jones, D. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(1), 100-105.
- Stevens, V. K., Bouche, K. G., & Mahieu, N. N. (2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disord*, 7(1), 75. DOI: 10.1186/1471-2474-7-75.

원고접수: 2021.09.01

수정접수: 2021.10.15

게재확정: 2021.10.26