

The Design of a Biofeedback Stabilizer for Back Pain Prevention and Treatment

Sungho Yang¹, Euitay Jung^{2*}

¹ College of Design, Inje University, Gimhae, Korea

² College of Design, Inje University, Gimhae, Korea

Background Most of the existing abdominal binders support the trunk passively, which contributes to the stability of trunk at the early stage. However it causes abdominal muscle weakness if worn for a long period. This paper shows the development of a biofeedback stabilizer, which provides feedback when abdominal muscles are relaxed, for prevention and treatment of back pain. The study includes structural design for mass production, form study and prototyping.

Methods First, the existing abdominal binders were investigated and analyzed to define their limitations for comfortable daily use. In addition, new technologies that make the user contract his/her abdominal muscles voluntarily were explored, and two different types of design were developed. Finally, verifying the design solution, reviewing synthetically the aspects for mass production, and prototyping for a further study for effectiveness evaluation were carried out. The changing and expanding of the design object has led to new value creation due to recent integrated research. This study shows a successful integrated research case where the collaboration among specialists from the fields of physical therapy, medical device industry, and industrial design has resulted in a higher value-added product.

Results The result show that a biofeedback stabilizer provides feedback to the user through the forms of sound and vibration when the transverse abdominis, an important part of the abdominal muscle for back pain prevention and treatment, is relaxed. A set of load cells is used for measuring the level of relaxation and contraction of the muscles. The feedback contributes greatly to the treatment of back pain and the stability of the trunk by leading the user to voluntarily contract their muscles.

Conclusion This study, in terms of the industry, reviewed the treatment's effects for back pain, the structure of the stabilizer, the reliability of measurement, and aspects for the user interface synthetically, and laid the foundation for dominating the global market in advance.

Keywords Back Pain, Biofeedback, Stabilizer Design

Citation: Yang, S., & Jung, E. (2013). The Design of a Biofeedback Stabilizer for Back Pain Prevention and Treatment : Archives of Design Research, 26(3), 379-392.

Corresponding author: Euitay Jung
(dejet@inje.ac.kr)

This work was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government(NRF-2011-413-G00006)

Received Jan. 05. 2013 Reviewed Jul. 03. 2013 Accepted Jul. 03. 2013

pISSN 1226-8046 eISSN 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1.1. 개발 배경

21세기 초에 등장한 웰빙(well-being)에 대한 관심은 단기적인 유행에 그치지 않고 모든 산업 분야에 걸쳐 지속적인 트렌드로 유지되면서 점차 우리사회 전반으로 확산되었다. 이러한 전 지구적 트렌드와 고령화라는 사회경향이 맞물려서 선진국을 중심으로 헬스케어산업의 시장규모도 급성장하고 있다. 하지만 2030년에는 노령인구 비율¹이 전체 인구의 24.3% 이상을 차지할 것으로 예상되고 있는 우리나라는 세계적 수준의 IT 기술력과 인프라를 보유하고 있어 의료기기 산업이 획기적으로 발전할 수 있는 기반을 가지고 있음에도 불구하고 서비스 수요자의 인식 부족과 관련 제도의 미비 등으로 세계시장 선점 기회를 놓치고 있다[Design Institute, 2012]. 무엇보다도 헬스케어 산업의 규모와 성장가능성을 고려해 볼 때 우리나라의 헬스케어산업 경쟁력은 시급한 발전이 요구되고 있다.

1.2. 개발 필요성

요통(back pain)은 임신 또는 감염 등의 원인에 의해 근 골격의 이상으로 유발되는 통증으로 흉추 10번 이하의 허리부위에 통증이 3일 이상 지속되는 경우를 말한다. 이 같은 요통은 전 세계인구의 약 80% 이상이 일생에 한번 이상 경험하게 되는 매우 흔한 근 골격계 질환 중 하나로 일상생활능력의 저하로 이어져서 사회전체에 미치는 영향은 무척 크다[Lee&Lee, 2007]. 특히 컴퓨터 작업 등과 같은 앉은 자세에서의 업무 증가와 운동량 부족 등 경제 및 사회 구조의 변화는 요통의 유병률을 지속적으로 증가시키고 있으며, 우리나라에서도 20~30대 젊은 연령층에서부터 60대 노년층까지 폭 넓게 나타나고 있어서 점차 중요한 사회문제로 대두되고 있다. 이런 이유로 최근 척추 전문병원이 급격하게 늘어나고 이에 비례하여 척추 수술 비율이 증가하는 추세지만, 이러한 수술을 통한 치료는 요통의 근본적인 원인 해결에 한계를 보이고 있을 뿐 아니라 국민의료비를 증가시키는 결과를 가져온다. 요통환자 가운데 실제로 수술을 통해 치료해야 할 필요가 있는 경우는 약 10% 정도로 알려져 있으며 나머지는 적절한 운동요법을 통하여 치료가 가능하다[Choi, 2002]. 일반적으로 요통을 예방하고 치료하기 위해서는 체간의 안정성을 제공하는 심부 복부근인 가로배근(transverse abdominis)의 수축이 매우 중요한 것으로 보고되고 있다[Ruth, S., 2004, P. Hodges, et al., 1997]. 그래서 요통 완화 및 요추의 안정성 제공을 목

1 노령인구 비율 = 노령인구(65세 이상)/총인구

적으로 널리 사용되는 것으로 복대가 있는데 재활 병원이나 가정에 많이 보급되어 있다. 하지만 복대는 착용 당시에 체간의 안정성에 즉각적으로 기여를 하지만 장기간 착용할 경우 허리 부위의 체간을 지지하는 근육들의 작용을 억제해서 결국 좋지 않은 영향을 미친다고 한다. 즉 대부분의 복대들은 사용자의 자발적 수축 (voluntary contraction)을 유도하지 못하고 체간의 수동적 지지를 제공하여 지속적으로 사용할 경우 요추 안정성을 담당하는 심부 복부근의 약화를 일으킬 수 있어서 운동 효과를 얻기에는 한계가 있는 것이다(Park, 2009). 또한 일반적인 재활치료와는 달리 복대는 착용하고 있으면서 일상생활을 지속하기 때문에 근육운동에 집중할 수 없어서 사용자가 복대를 착용하고 있는 내내 자발적으로 근육을 수축하는 운동을 하기가 어렵다. 이런 이유로 근육이 이완되었을 때 자발적으로 심부복근 수축을 유도하기 위한 피드백의 제공은 매우 중요하며 많은 연구는 바이오피드백 (biofeedback)²이 자발적인 근육 수축 유도에 도움이 됨을 보여준다. 마드하반과 실드(Madhavan & Shields, 2009)는 여성들의 한발 쪼그려 앉기 자세에서 시각적 바이오피드백이 근육 활동에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험에서 시각적 피드백이 있을 경우 전·후 압력중심점 (center of pressure)의 이동이 줄어들어 움직임의 정확성을 높일 뿐 아니라 그로 인해 선택적인 근육활성도가 증가한다 하였다. 유사한 연구로 우치야마와 데무라(Uchiyama & Demura, 2008)는 깨끗한 자세에서의 시력과 시계의 상태에 따른 영향을 분석한 연구에서, 시각적 바이오피드백은 소뇌에 구심성 피드백 정보를 제공함으로써 자세동요 (postural sway)를 감소시키고 깨끗한 자세를 제어하는 능력을 증대시킬 수 있다 하였다. 또한 강민혁 외(Kang, et al., 2011)는 신체 기울기 운동 시 시각적 바이오피드백의 적용이 올바른 자세유지 시간과 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 한 실험에서도 시각적 바이오피드백이 제공될 경우 기존 신체 기울기 운동 방법보다 효과적이라 하였고, 라자락쉬미와 쿠마(Rajalakshmi & Kumar, 2012)는 임신관련 골반통을 겪고 있는 사람들을 대상으로 한 연구에서 주 근육의 재활을 통하여 통증과 장애를 완화하는데 압력 바이오피드백 안정화 운동이 효과가 있음을 확인하였다.

[Table 1]은 치료원리, 근육운동 유발 기능 및 피드백 제공 여부에 따라 대표적인 복대들의 특성을 비교한 것인데, 현재 보급되어 있는 대부분의 복대들은 체간을 단순히 지지하여 요통을 완화하는 것이 공통적인 특징이다. 다만 체간을 지지하는 방법과 제품의 소재 등에서 작은 차이를 보일 뿐이다.

2 바이오피드백(생체 자기 제어)은 심장 박동과 같이 의식적인 제어가 되지 않는 다양한 생리학적 기능을 전자적 장치로 측정하고 그것에 대한 적절한 정보를 제공하여 사용자의 의지로 조절할 능력을 키우기 위한 인식능력을 확대하는 과정이다(위키피디아; www.wikipedia.org).

Table 1 Characteristic Analysis for Existing Abdominal Binders

구분		근육운동	피드백
	Disk Dr. WG30 MAX / 창의메디칼 공기 주입식으로 허리를 지지하여 요통을 완화. 부피가 큼. 에어펌프를 별도로 사용해야함.	X	X
	BW 2002-1 / (주)보원 자기를 발생하여 허리근육통 완화 및 근육보호. 장기간 사용 시 근육약화. 움직임을 제한함.	X	X
	DE-203 / DE메디칼 허리를 지탱하는 근육들을 지지하여 요통을 완화. 장기간 사용 시 근육약화. 움직임을 제한함.	X	X
	DR-B007 / 아이실업 허리 주위 근육 및 구조물을 지지하여 요통을 완화. 장기간 사용 시 근육약화. 척추만곡 형태의 플라스틱 지지대가 움직임을 제한시킴.	X	X
	Chattanooga Stabilizer / Chattanooga Group(미국) 공기 압력 변화를 통해 심부 복부근 수축을 감지. 특정한 자세에서만 운동이 가능. 피드백을 위해 압력계를 항상 주시해야하는 불편함이 있음.	O	O
	MAX BELT R2 / SIG MAX(일본) 등판에 S자 지지대삽입으로 허리의 안정성을 높임. 지지대에 의한 압박감으로 혈액순환이 저하 될 수 있음. 이동 시 불편함.	X	X
	Oppo Industrial Back Support / Plus Meditech(대만) 허리부위를 고정하여 보호하며 어깨끈을 삽입하여 고정기능강화 장기간 사용 시 근육약화. 움직임을 제한함.	X	X
	Lordo Loc / Bauerfeind(독일) 인체공학적 3차원 직조 방식으로 허리 전체 부위를 지지. 장기간 사용 시 근육약화. 움직임을 제한함.	X	X

이 중에서 Chattanooga Stabilizer는 다른 복대들과 다르게 사용자의 복근 이완 정도를 압력계를 이용해서 보여주는데 이는 자발적 복부 수축을 유도함으로써 다른 제품에 비해 그 효과가 높다. 오재섭 외(Oh, et al., 2007)는 이 압력 바이오피드백 제품을 이용한 연구에서, 바로 누운 자세에서 초기 압력을 70mmHg로 설정한 뒤 복부 당기기(abdominal draw-in maneuver)를 하여 60mmHg로 유지하였을 때 가로배근이 효과적으로 수축될 수 있다 하였다. 하지만 이를 위해서는 항상 바로 누운 자세에서 실시해야 하며 심부 복부근을 일

정하게 수축시키기 위해서는 압력계를 지속적으로 확인해야 하기 때문에 일상생활이나 역동적인 운동을 실시하는 동안 사용하기에는 불편함이 있다 (Figure 1).



Figure 1 Abdominal Draw-in Maneuver with Stabilizer Pressure Biofeedback

그리고 이 제품의 경우 지속적인 게이지 확인도 필요하지만 바닥이나 벽면과 같은 고정된 면이 있어야만 공기주머니를 고정시켜 사용할 수 있기 때문에 항상 정적인 자세에서 사용해야 한다는 단점이 있다. 결론적으로 요추의 안정성을 제공하여 요통을 완화하는 기능을 가진 기존 복대 제품들은 체간의 수동적 지지만을 제공하여 지속적으로 사용할 경우 도리어 요추 안정성을 담당하는 심부 복부근이 약화되는 결과가 초래될 수 있다고 볼 수 있다. 단순히 수동적 안정성을 제공하는 일차적 기능 제품이 아닌 심부 복부근 수축을 활성화 시킬 수 있는 운동 제품으로 향상시키기 위해서는 사용자의 심부 복부근 수축 정도를 측정하여 그 수축 정도를 적절한 형태로 사용자에게 알려줄 수 있는 새로운 기술 적용이 요구된다. 조사된 복대 중 일부는 시각적 피드백을 제공함으로써 사용자의 자발적 수축을 유도하고자 하였다. 하지만 시각적 형태로 피드백을 제공함으로써 착용하고 있는 동안 지속적으로 압력계를 보아야 하고 바닥이나 벽에 고정된 상태에서만 사용해야 하는 한계로 인해 일상생활을 하는 동안에 사용하는 것은 불가능하다. 따라서 외부의 기계적인 자극을 통해 수동적 심부 복부근 수축을 유도하기 보다는 사용자 스스로가 일상생활을 영위하는 와중에서도 자신의 심부 복부근 이완 정도를 인지하고 운동의 필요를 알 수 있게 해 주는 운동기구의 개발이 절실하다.

2. 개발 목표 및 체계

본 연구에서는 기존의 압력 바이오피드백 제품과 일반 복대 제품의 단점을 보완하고 효과적으로 심부 복부근 수축을 유도할 수 있는 제품을 개발하고자 한다. 사용자중심 바이오피드백 전자복대 개발에 있어서는 무엇보다도 사용자의 자발적 심부 복부근 수축을 유도할 수 있는 적절한 유형의 피드백을 제공하는 현실적인 활용성에 초점을 두었다. 구체적으로는 청각과 촉각 형태의 피드백을 제공하여 실생활을 하는 동안에도 사용자 스스로가 의식적으로 심부 복부근 수축을 할 수 있어서 요통 환자의 통증과 복부 비만을 감소시키고 체간의 안정성을 높여주는 양산형 전자복대 개발에 그 목표가 있다. 이를 위한 접근방법으로 개발 복대를 구성하는 하드웨어에 대한 물리적 요소를 중심으로 한 구조적 접근, 인터페이스 요소에 대한 인지적 접근 그리고 운동 및 치료 요소와 관련된 행동적 접근을 축으로 하였다(Figure 2).

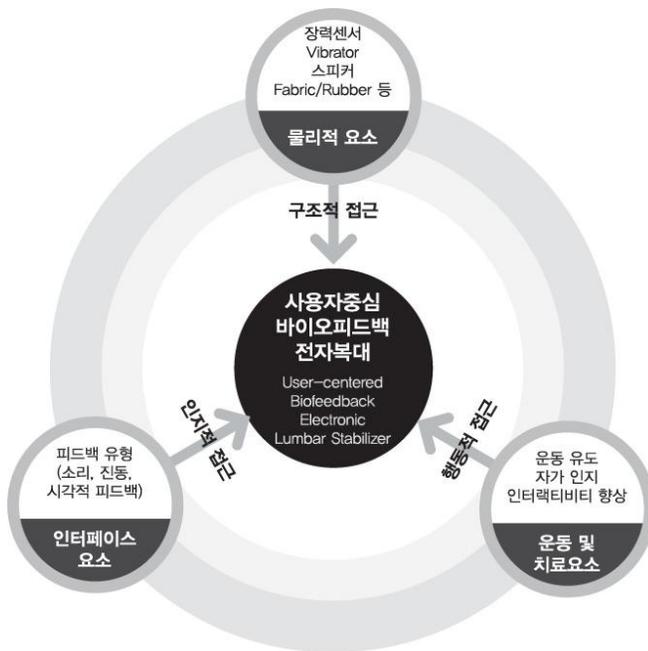


Figure 2 Objective and Approach for Biofeedback Stabilizer Development

최근 디자인연구 대상이 정태적인 조형연구 중심에서 사용자와 사용자 경험으로 중심축이 이동함에 따라 디자인분야 내의 융·복합 연구는 그 가치가 더욱 더 강조되고 있다. 사용자가 제품 혹은 서비스를 체험함에 있어서 그 결과가 사용자의 신체적·심리적 측면에 미치는 영향이 매우 큰 헬스케어 분야는 어떤 분야보다도 융·복합 연구를 통해 새로운 가치를 창출할 필요성이 높다(Design Institute, 2012). 이

러한 통합과 융·복합 연구는 디자인 분야 내에서 뿐 아니라 디자인분야와 다른 학문분야 간에도 요구되는데 사용자중심의 전자복대 개발에서는 물리치료 전문가, 의료기기 개발 업체 그리고 디자인 전문가가 공동으로 참여하여 고부가가치를 이끌어내기 위한 객관적인 의료융합 디자인 연구의 사례를 보여 준다.

3. 디자인 개발

3.1. 디자인 개발방향 설정

위와 같은 개발의 필요성을 바탕으로 이 연구에서는 사용자가 일상생활을 영위하는 동안에도 요통을 완화할 수 있게 자발적으로 심부 복부근의 수축을 유도할 수 있는 전자복대 개발을 위하여 다음과 같은 개발 방향을 설정하였다. 개발 방향을 설정하는데 있어서 무엇보다 1)복부근이 이완되었을 경우 수축을 유도하게 하기 위해 어떤 유형의 피드백을 제공할 것인가? 2)착용자의 복부근의 이완 및 수축 정도를 어떻게 효과적으로 측정할 것인가? 에 초점을 두었다. 설정된 큰 개발 방향은 연구 목표인 현실적 측면에서 활용성이 높은 양산형 전자복대 개발에 그 바탕을 두고 있다.

a. 시각 및 촉각을 통한 피드백: 복대 착용자의 복부근이 어느 정도 이완되었을 때 수축을 유도하기 위해 제공되는 피드백의 유형으로 청각과 촉각을 활용하고자 한다. 이는 개발하고자 하는 전자복대를 착용한 상태에서도 일상적인 생활을 영위하는데 문제가 없어야 한다는 개발 목표에 근거한다. 사용자의 복부근이 이완되어 수축을 해야 할 필요가 있을 경우 복대에 탑재된 진동자와 소형 스피커가 작동되는 개념이다.

b. 로드셀을 이용한 복부근 이완 및 수축 정도 측정: 요통의 예방 및 치료를 위해서 중요한 심부 복부근인 가로배근의 수축을 유도하기 위해 근육의 이완·수축 정도의 측정은 로드셀(load cell)을 이용한다. 로드셀은 셀에 가해지는 힘에 따라 직접적으로 비례적인 전기적 신호로 나타내는 장치이며 전기적 계량장치에 광범위하게 사용된다. 이것은 힘이 탄성체에 가해지면 탄성체에 변형이 생기고 그 변형은 탄성체에 부착된 스트레인 게이지³의 길이변화로 이어진다. 다시 이것은 저항값의 변화와 출력전압의 변화를 통하여 힘의 크기로 환산되는 식이다. 로드셀은 주로 산업용저울과 각종 재료시험기의 하중감지기에 응용되는데 크게 기동형(beam), 단점형(single point) 및 통형(canister)으로 나눌 수 있고 각각은 동작형태에 따라 인장(tension), 압축(compression), 굽힘(bending) 및 전단(shearing)으로 구분할 수 있어서 총 12가지로 세분화된다.

3 스트레인 게이지(strain gauge)란 베이스라 불리는 플라스틱이나 종이 위에 매우 가느다란 금속 전선을 앞/뒤 반복적으로 배치해 놓은 저항체로 일반적으로 구리와 니켈의 합금을 사용한다. 이 전선은 하중이 작용하면 길이가 늘어난다.

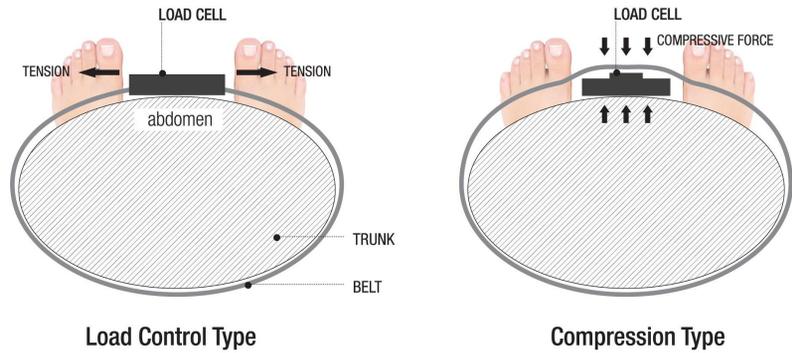


Figure 3 Measurement Concept with Load Cell

본 연구에서는 압축형과 인장형의 두 가지 유형의 로드셀을 활용하였는데 모두 부식이 일어날 수 있는 환경에 적합하게 스테인레스스틸 소재를 활용하였으며 복대의 크기에 맞게 매우 작은 사이즈로 제작되었다. (Figure 3)은 사용된 로드셀의 유형에 따라 복부근의 이완 정도를 측정하는 개념을 보여준다.

3.2. 선행기술과의 관련성

본 연구에서의 기술 개발과 관련하여 특허사무소에 의뢰하여 유관 선행 기술을 조사하였다. 조사된 3건의 기술은 기존 복대에 부가기능을 추가하여 복대 착용 시 복근 강화 및 착용 효과를 얻고자 하는 면에서는 동일하지만 관련성이 낮고 관련 기술에 대한 일반적인 내용을 포함하는 정도의 연관성을 보였다(Table 2). 로드셀을 통해 심부 복부근 이완 정도를 파악하고 이에 대해 바이오피드백을 제공함으로써 사용자의 자발적 심부 복부근 수축을 유도하는 본 연구의 기본 개념 기술은 선행 발명 기술과 비교할 때 차별화가 확보된 독립적인 발명으로 인정받을 가능성이 높은 것으로 분석되었다.

Table 2 Relevant Prior Arts

KR 특1999-0024955	KR 10-726981	KR 10-2010-0129700
계수기가 부착된 복근 운동기	복근 강화용 의자	미세전류 자극용 복대
복대에 부착된 계수기를 통해 운동량을 쉽게 체크.	의자에 복부 벨트를 설치하여 유압실린더나 시스템 모터로 벨트를 구동하여 복부를 압박.	미세 전류를 통해 복부근 수축을 유도.

3.3. 디자인 개발 및 프로토타입 제작

전자복대의 디자인 개발과 프로토타입 제작은 사용되는 소재의 유형과 특성 그

리고 실제로 사용자의 복부근의 수축과 이완의 정도를 측정하기 위한 구조 설계 등에 있어서 일반 소비제품의 개발과는 차이가 크다. 성공적인 전자복대 개발을 위해서는 핵심 기술인 근육 이완정도를 측정하는 로드셀의 작동 개념과 현실적으로 활용될 가능성이 높은 섬유 소재들의 특성에 대한 높은 이해가 요구된다. 또한 사용자가 제품 혹은 서비스를 체험함에 있어서 그 결과가 사용자의 신체적·심리적 측면에 미치는 영향이 매우 큰 헬스케어 관련 제품개발에 있어서는 기획단계에서부터 설계 및 프로토타입 제작단계에 이르기까지 전 과정에 걸쳐서 관련 전문가와의 유기적인 협력이 필수적이다. 본 연구에서는 전자복대의 초기 기획단계에서부터 운동 및 치료관련 요소는 물리치료 전문가가 주도하였으며 제품의 구조 및 생산 관련 요소에 대해서는 의료기기 개발 전문가의 참여로 개발 결과물의 오류를 최소화하고자 하였다. 압축형과 인장형 로드셀이 적용된 2종의 전자복대 개발을 위한 전체 구조설계가 완성된 후 착용한 상태에서 일상생활을 영위하는데 있어서 장애를 최소화 할 수 있는 측면을 중심으로 형태, 소재 및 사용방법에 대한 다양한 아이디어를 탐색하였다.

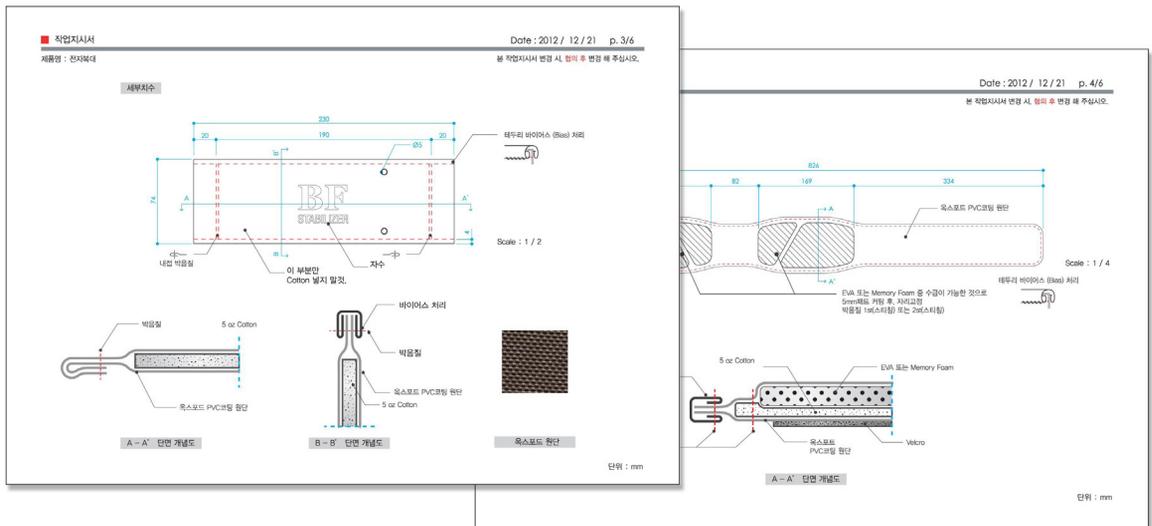


Figure 4 Operation Sheet for Prototyping(Part)

팀 내에서 당초 개발 목표에 부합한지에 대한 평가를 거쳐 선정된 디자인 대안에 대한 외형 설계 작업이 이어졌으며 3차원 설계 데이터를 바탕으로 프로토타입 제작이 진행되었다. (Figure 4)는 최종 선정된 전자복대의 프로토타입 제작을 위한 작업지시서를 보여준다. 제작업체는 디자인 팀에서 제작한 소재와 마감을 위한 일련의 사양을 포함한 작업지시서에 따라 정교하고 현실적인 프로토타입을 제작하였다.

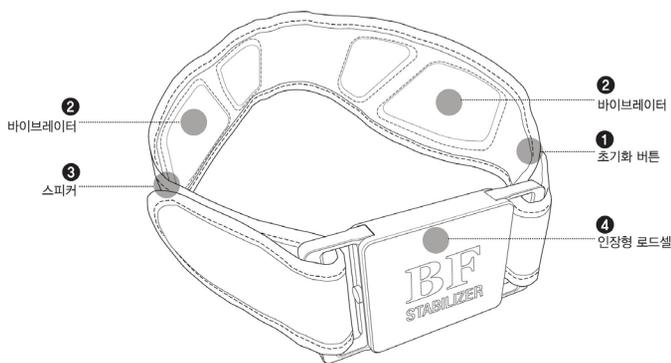
3.4. 디자인 결과

(Figure 5)는 최종 개발된 전자복대의 프로토타입으로 각각 복대 착용자의 심부 복부근의 이완 정도를 누르는 압력으로 측정하는 압축형 로드셀 적용 모델과 당기는 힘으로 측정하는 인장형 로드셀을 적용한 모델을 보여준다. 두 가지 유형의 전자복대는 복부근의 이완 정도를 측정하는 방식에 있어서 차이가 있을 뿐, 그 결과를 소리와 진동으로 제공하여 사용자가 자발적으로 근육 수축을 할 수 있게 해 주는 것은 동일하다.



Figure 5 Prototypes(Load Control Type(L), Compression Type(R))

(Figure 6)은 인장형 전자복대의 외형 요소와 그 기능을 정리한 것이다. 사용자는 복대를 자신의 허리둘레에 맞게 착용한 뒤, ‘초기화’를 해야 하는데 이는 착용자의 복부근 수축 및 이완 정도를 측정하기 위한 기준이 된다. 일단 초기화된 복대는 착용자의 복부근이 사전에 설정된 일정 이상으로 이완될 경우(로드셀이 일정 이상의 인장력 증가를 측정 할 경우) 복대의 측면과 뒤쪽에 위치한 스피커와 진동자를 통해서 소리와 진동으로 사용자에게 알려 준다. 사용자는 자신의 복부근이 이완되어 있음을 인지하고 자발적으로 수축하고자 함으로써 일상생활을 영위하는 동안에도 지속적인 복부근 수축 효과를 기대할 수 있다.



구분	기능
1 [초기화] 버튼	설정된 값 이상의 근육 이완을 평가하기 위한 초기값 설정
2 바이브레이터	근육 수축을 유도하기 위한 진동 피드백 제공
3 스피커	근육 수축을 유도하기 위한 소리 피드백 제공
4 로드셀(인장형)	근육의 이완/수축 측정용 로드셀

Figure 6 Structure and Function of Biofeedback Stabilizer(Load Control Type)

그리고 (Figure 7)은 복대 벨트의 소재 및 소재의 마감 방법을 포함한 전체적인 구조를 보여준다. 로드셀을 포함한 핵심 부품들을 장착하고 복대의 원활한 착용을 위해 필요한 버클부분은 알루미늄 소재를 다이캐스팅(die-casting)해서 성형한 뒤 단조(forging)공정을 거치면서 기계적 특성이 향상되고 치수의 안정성 또한 높아진다. 벨트의 외면은 내부 부품들의 안정성을 확보하면서 착용하기에 적절한 유연성을 제공하기 위하여 폴리우레탄(PU, polyurethane) 코팅 처리된 옥스퍼드 원단을 사용하였다. PU코팅은 액체상태의 우레탄 수지를 원단에 코팅하여 응고시킨 것으로 엠보싱과 같은 다양한 표면질감을 표현할 수 있다. 이 처리는 주로 골프용 장갑에서 볼 수 있듯이 부드러우면서 일정 이상의 표면 강도를 요구하는 제품에 널리 적용된다. 그리고 바이브레이터가 위치한 허리 뒷부분의 복대 안쪽에는 이브이에이(EVA, ethylene-vinyl acetate)를 형태에 맞게 절단하여 얇은 코튼밴드에 부착하였는데 이것은 복대를 착용할 때 벨트의 모든 면이 허리에 밀착되기 보다는 부분적으로 여유 공간을 확보함으로써 착용감을 높이고 내부에 장착될 부품들의 조립성을 향상시키기 위함이다. EVA는 유연성이 뛰어나고 내부충격에 강하며 충격 방지 및 흡수에 뛰어난 성질을 가지고 있어서 전자복대에 사용하기에 매우 적합한 소재이다. 또한 발포수지 플라스틱으로 가벼우면서 내구성과 활동성이 모두 좋고 환경 친화적인 고분자 물질로 평가된다. 이런 이유로 EVA는 비교적 높은 가격에도 불구하고 선호도가 높아서 구명조끼, 가방, 신발창 등에 널리 사용된다.

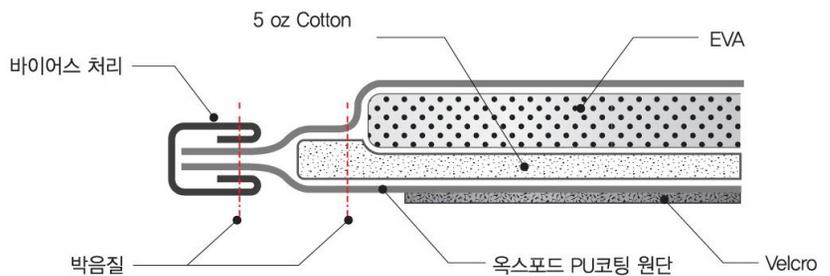


Figure 7 Structure and Material(Belt Part)

4. 결론 및 향후 계획

대부분의 기존 복대들이 단순히 체간을 수동적으로 지지만 해 주기 때문에 장기간 사용할 경우에 도리어 복부근의 약화를 초래한다. 시각적 형태로 피드백을 제공하여 자발적 수축 유도를 도모하는 제품이라도 지속적으로 압력계를 보아야 하며 바닥이나 벽에 고정된 상태에서만 사용해야 하는 한계가 있다. 따라서 사용자 스스로가 일상생활을 영위하면서 자신의 심부 복부근 이완 정도를 직관적으로 인지하고 운동 할 수 있는 기구의 개발이 절실한 상황이다. 이런 이유로 본 연구에서는 복대 사용자의 심부 복부근 수축 정도를 측정하여 기존 이상으로 근육이 이완되었을 경우 소리와 진동으로 사용자에게 피드백을 제공함으로써 사용자의 자발적 수축을 유도하고 궁극적으로 요통의 치료 및 체간의 안정성을 향상시킬 수 있는 전자복대를 개발하였다. 사용자가 일상생활을 영위하는 동안에도 요통의 예방 및 치료를 위해서 중요한 심부 복부근인 가로배근의 수축을 유도하기 위해 근육의 이완·수축 정도의 측정은 로드셀을 이용하였으며 수축을 유도하기 위해 소리와 진동의 형태로 피드백을 제공한다. 연구는 물리치료 전문가, 의료기기 개발 전문가 그리고 디자인 전문가가 공동으로 참여하여 고부가가치를 이끌어내기 위한 과학적인 의료융합 디자인 연구의 사례를 보여준다. 또한 산업 측면에서는 요통예방 및 치료, 복대의 구조 및 측정의 신뢰성 그리고 사용자 인터페이스에 걸친 종합적 접근을 통해 실질적으로 대량 생산을 위한 제반 사항이 중점 검토되어 관련 상품의 세계시장 선점이 가능할 것으로 기대한다. 하지만 본 연구에서 개발된 전자복대의 효용성을 평가하기 위한 실험이 요구되는데, 현재 전자복대 개발에 참여한 물리치료 전문가가 중심이 된 연구팀에서 전자복대에 대한 운동효과를 기존 제품들과 비교 분석하는 연구를 진행 중이다. 향후 실질적인 대량생산 환경에서 발생할 수 있는 잠재적인 문제들을 검토한 후 의료기기 생산기업과 실용화 방안을 모색할 예정이다.

제 원

- 크기(W×D×H) : 1100mm × 16mm × 100mm(압축형)
1100mm × 20mm × 100mm(인장형)
- 재료 : Aluminum, Stainless Steel, Fabric
- 최초 공개일 : 2013년 3월

References

- 1 Choi, W. (2002). 요통환자의 등속성 운동치료 효과에 관한 연구 [Effect of Isokinetic Exercise Therapy in Low Back Pain Patient]. Master's thesis, Gyunggi University, Korea.
- 2 Design Institute. (2012). 통합형 u헬스케어 디자인연구 -대학중점연구소지원사업 1단계 1차년도 연차보고서 [Integrated u-Healthcare Design], Inje University, Seoul, Korea.
- 3 Kang, M., Yoon, J., Yang, J., Jang, J., Jung, D., & Oh, J. (2011). 전신 기울기 운동 시 시각적 바이오피드백이 올바른 자세 유지 시간과 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향 [The Effect of Visual Biofeedback on EMG Activity of Trunk Muscles and Endurance Holding Time for Correct Position During Whole-Body Tilt Exercise], *Physical Therapy Korea*, 18(1), 9~17.
- 4 Lee, S. & Lee, D. (2007). 요통환자의 운동치료 및 효과에 관한 고찰 [Effect of Exercise therapy on lower back pain patients], *Official Journal of KACEP*, 9(2), 69~78.
- 5 Masanobu Uchiyama & Shinichi Demura. (2008). Low Visual Acuity is Associated with the Decrease in Postural Sway, *Tohoku J. Exp. Med.*, 216(3), 277~285.
- 6 Oh, J., Cynn, H., Won, J., Kwon, O., & Yi, C. (2007) Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J. Orthop Sports Phys. Ther.*, 37(6), 320~324.
- 7 Park, H. & Kim, T. (2009). 골반경사 방향과 허리벨트 착용이 물건 들고 일어서기 시 척추 기립근의 활동전위에 미치는 영향 [Effect of Pelvic Tilting and the Back-belt on Electromyographic Activity of Erector Spinae During Lifting], *Journal of Korea Contents Association*, 9(3), 296~304.
- 8 P.W. Hodges & C.A. Richardson. (1997). Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement, *Experimental Brain Research*, 114, 362~370.
- 9 Rajalakshmi D. & Senthil Kumar N.S. (2012). Strengthening transversus abdominis in pregnancy related pelvic pain: the pressure biofeedback stabilization training. *Global Journal of Health Science*, 4(4), 55~61.
- 10 Ruth Sapsford. (2004). Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. *Manual Ther.*, 9(1), 3~12.
- 11 Sangeetha Madhavan & Richard K. Shields. (2009). Movement Accuracy Changes Muscle-Activation Strategies in Female Subjects During a Novel Single-Leg Weight-Bearing Task, *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1, 319~328.

요통 예방과 치료를 위한 바이오피드백 전자복대 디자인

양승호¹, 정의태²

¹ 인제대학교 디자인학부, 김해, 대한민국

² 인제대학교 디자인학부, 김해, 대한민국

연구배경 기존 복대들은 단순히 체간을 수동적으로 지지하는데에 활용되고 있다. 이와 같은 복대들은 착용 당시에 체간의 안정성을 높여주지만 장기간 사용할 경우에 도리어 심부 복부근의 약화를 초래할 수 있다. 이 연구는 복대 사용자의 복부근 수축 정도를 측정하여 근육이 이완되었을 경우 사용자에게 피드백을 제공함으로써 사용자의 자발적 수축을 유도하는 바이오피드백 전자복대 개발에 관한 것으로 양산형 복대의 구조설계, 디자인 개발 및 프로토타입 제작을 포함한다.

연구방법 먼저 기존에 요통의 치료 및 예방을 위해 주로 사용되는 복대들을 조사하고 일상 생활을 영위하면서 원활하게 사용하는데 있어 그 한계를 정의하였다. 그리고 요통 치료에 있어서 가장 중요한 사용자의 심부 복부근 수축을 유도하기 위해 적용 가능한 새로운 기술을 탐색하고 그것이 적용된 전자복대의 디자인을 개발하였으며, 개발된 디자인에 대한 검증, 대량생산에 대한 종합적 검토 및 실제 효용성 평가에 대한 후속연구를 위하여 프로토타입을 제작하였다. 최근 디자인연구 대상의 변화와 확장은 융·복합 연구를 통한 새로운 가치 창출을 요구하고 있다. 본 연구는 물리치료 전문가, 의료기기 개발 전문가 그리고 디자인 전문가가 공동으로 참여하여 고부가가치를 이끌어내기 위한 과학적인 의료융합 디자인 연구의 사례를 보여준다.

연구결과 본 연구 결과로 개발된 바이오피드백 전자복대는 요통의 예방과 치료에 중요한 심부 복부근인 가로배근의 이완정도를 로드셀을 이용하여 측정하고 일정 이상 이완되면 사용자에게 소리와 진동으로 알려준다. 이 피드백은 사용자의 자발적인 복부근 수축을 유도하여 궁극적으로 요통의 치료와 체간의 안정성 향상에 크게 기여한다.

결론 사용자중심 바이오피드백 전자복대의 개발은 산업 측면에서 요통예방 및 치료, 복대의 구조 및 측정의 신뢰성 그리고 사용자 인터페이스에 걸친 종합적 접근을 통해 실질적으로 대량 생산을 위한 제반 사항이 중점 검토되었으며 관련 상품의 세계시장 선점이 가능할 것으로 기대한다.

주제어 요통, 바이오피드백, 전자복대 디자인