

요통방지를 위한 소프트형 의복 개발과 요부 근전도의 좌우 비대칭성 개선

Development of compression garment of soft type for orthotherapy on low back pain and the improvement of asymmetric EMG

김소영·홍경희*

충남대학교 생활과학 연구소, 충남대학교 의류학과

Kim, Soyoung · Hong, Kyunghi*

Research Institute of Human Ecology, Chungnam National University

*Department of Clothing and Textiles, Chungnam National University

Abstract

The purpose of this study was to develop the construction process of orthopedic compression garments (OCG) for balancing of the left and right lumbar muscle power and strength to prevent low back pain. One male subject having low back pain was involved for investigating of the lumbar muscle power. EMG (Telemyo DTS2, Noraxon, U.S.A) was measured with/ without 3 types of waist assistant belt around the waist area of the subject. Based on the electromyogram value of left and right body, OCG were constructed as follows.

Firstly, stretchable t-shirts type with supportive waist belt was selected for the convenience of wearing and laundering the OCG. The design lines of the front and back waist parts were created depending on the anatomy of the torso. Secondly, 3D pattern was developed using 3D Clo, RapidForm XOR, 2C-AN, and Yuka CAD program to increase the fit of the OCG. Finally, stretchable power-net was layered as linings in two ways, a single lining and double layered linings, and evaluated measuring lumbar muscle EMG by five subjects with low back pain. As the results, they were effective to balance the left and right lumbar muscle power and strength. Also the OCG with the double layered power-net lining was superior to the one layered lining in terms of fit and comfort.

Keywords: Compression garment, Orthopedic, Low back pain, EMG

I. 서 론

현대 사회의 급속한 발달과 산업구조의 변화로 인하여 현대인들은 과거에 비하여 신체활동이 급격히 감소하고 있으며, 더욱이 컴퓨터와 스마트 폰의 상용화로 인한 고

도의 IT 사회에 진입하면서 근로 및 여가활동 대부분의 시간을 앉은 자세로 지내면서 근 골격계의 질환 및 다양한 통증에 시달리고 있다(Bayramoğlu et al., 2002). 특히 요통은 전체인구의 60-90%의 사람이 겪게 되고 연간 발생률도 5 %에 이른다(Lee, 2002). 대부분의 요통은 2

+ 본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다 (NRF-2012R1A6A3A01040026).

* Corresponding Author:

Tel: 042-821-6828

E-mail: khhong@cnu.ac.kr

개월 이내에 증상이 개선되지만 전체의 5-7% 정도는 3개월 이상 지속되는 만성 요통 환자로 발전되어 초기치료가 중요한 실정이다(Kim & Park, 2006; Klenerman et al., 1995; Taimela et al., 1997). 이러한 요통의 발생요인은 자세의 이상, 척추주변의 근력 약화, 체간 근 지구력의 감소, 추간판의 퇴행성 변화, 퇴행성 척추증, 염좌 등이 있는데, 이런 요인들은 요통뿐만 아니라 이에 따른 골반의 틀어짐이나 요추전만각의 감소 등을 야기한다(Kim et al., 2010). 허리부위는 인체의 동작을 수행하는데 있어 근수축에 의한 장력 발생 시 중심이 되는 매우 중요한 부위인데 요추부위의 근력과 근지구력의 감소로 발생하는 만성요통은 주로 자세이상과 좌우의 불균형에 의한 경우가 많다(Hyun et al., 2012; Kim, 2007; Kim et al., 2011; McGrill, 1997; O'Sullivan et al., 2003). 또한 척추변형은 성장이 진행되는 청소년기에 많이 발생하는데 주로 나쁜 자세로 인하여 척추의 만곡이 변형되어 통증으로 진행되며 성인기까지 이어지는 것으로 나타나 청소년기의 척추변형의 예방을 위하여 바른 자세를 유지하도록 하는 것이 중요한 실정이다(Kim et al., 2013).

이러한 척추변형은 발생 초기에 자세교정을 통하여 인체의 균형을 잘 유지시켜 준다면 만성 요통으로의 진행을 방지할 수 있다(Brill, 1998; Fann, 2002; Kim & Park, 2006). 자세교정을 위해서는 근육을 강화시켜 줄 수 있는 테이핑요법이나 카이로 프랙틱 교정요법, 운동 프로그램이 시행되고 있으며(Kim & Khil, 2010; Lee et al., 2005; Moon et al., 2003), 보조기구의 착용 또한 요통 감소 및 근력 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다(Ammendoli et al., 2005; Barron & Feuerstein, 1994; Mens et al., 1999; Salmochi & Faouen, 2010). 하지만 이러한 치료방법들은 실제 증상이 발생하고 난 후에 실시되는 것이며 시간과 비용이 많이 드는 단점이 있다.

바른 자세를 위해서는 신체의 좌우 균형을 맞춰주는 것이 중요하며 이를 위한 다양한 교정 보조 장치들이 판매되고 있다. 기존의 자세 교정 장치들은 의복이 아닌 허리벨트나 코르셋 등 보조기의 형태가 많으며 착용방법이나 형태가 척추의 움직임에 많은 제한을 주며, 또한 앉았다 일어선기, 구부리기 등의 기능적 동작에도 불편함을 초래하여 장기간의 착용이 어려운 실정이다(Ahlgren & Hansen, 1978; Cholewicki et al. 2003; Korovessis et al., 1996; Van Leeuwern et al., 2000; Vander Kooi et al., 2004). Cholewicki et al.(2010)는 허리벨트 형태

의 보조기 2종 착용 시 몸통의 경직성을 측정하였는데, 이 때 하드타입과 소프트 타입 간 경직도의 차이가 크지 않았으며 소재의 단단한 정도가 보조기의 성능을 반드시 향상시키지는 않는다고 하였다. 또한 Krag et al.(2003)는 시판되고 있는 하드타입의 허리 보조기 3종에 대하여 동작 기능성과 착용감을 측정하였으며, 요통환자의 착용 쾌적성을 향상시키기 위해서는 소프트한 플라스틱이나 나일론 제품이 개발되어야 한다고 제안하였다. 따라서 단단한 하드 타입이 아닌 소프트타입 제품의 제작 및 검증 프로세스를 개발하는 것이 필요하며, 구체적인 이론에 근거하여 요통방지에 도움을 줄 수 있는 보조 장치가 착용과 관리가 쉬운 의복의 형태로 제작된다면 국민 건강관리 차원에서 매우 유용할 것으로 보인다.

최근 의료용으로 착용되고 있는 컴프레션 의복은 부종을 방지하거나(Hirai et al., 2002; Partsch et al., 2004) 하지 정맥류 감소(Berry & McMurray, 1987) 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 컴프레션 의복에 테이핑 요법을 부가하면 근육보강에 효과가 있고(Born et al., 2014) 근 피로도를 줄여줄 수 있음이 보고된 바 있다(Kraemer et al., 1998; Kraemer et al., 2010). 컴프레션 의복은 스포츠 분야에서 많은 연구가 진행되고 있지만, 기존의 연구는 주로 운동 생리학적 관점에서 단일 컴프레션의 효과만을 입증하는데 주력해왔으며, 그 효과가 일관되지 않아 차이 검증에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 그 동안 근육보강을 통한 인체 퍼포먼스가 향상될 수 있는 컴프레션 의복들이 많이 출시되고 있지만 이러한 제품들의 효과에 대한 구체적 근거자료는 대부분 업체가 제시하지 않거나 못하고 있는 실정이다. 또한 자세 교정이나 의료용 치료를 목적으로 하는 컴프레션 의복의 연구개발은 방법론이나 그 평가가 거의 이루어지지 않았다. 따라서 의료적인 측면과 접목하여 척추변형을 미연에 방지할 수 있도록 자세를 바르게 잡아 주고 근력을 보강할 수 있는 요통방지를 위한 소프트형 컴프레션 의복의 제작방법을 확립하고 그 효용성도 입증된다면, 국민 질병으로 고질화되고 있는 요통의 발생을 줄이고 치료를 위한 개인의 시간과 비용의 절감도 가능하며 국가적 차원에서 건강 보험료의 절감효과도 기대되는 바이다.

이에 본 연구에서는 시중의 보조기 3종을 사용하여 착용 시와 비 착용 시의 허리 근육의 좌우 균형의 차이를 근전도 측정기를 이용하여 측정하고 자세 및 보조기의 착용이 허리 근육의 좌우 근전도에 미치는 영향을 분석한 다음 이를 설계 요소로 하여 착용과 관리가 간편하면

서도 신체의 좌우 균형을 맞추어 줄 수 있는 의복형태의 요통방지를 위한 소프트형 의복을 제작하고 그 효과를 검증하고자 하였다.

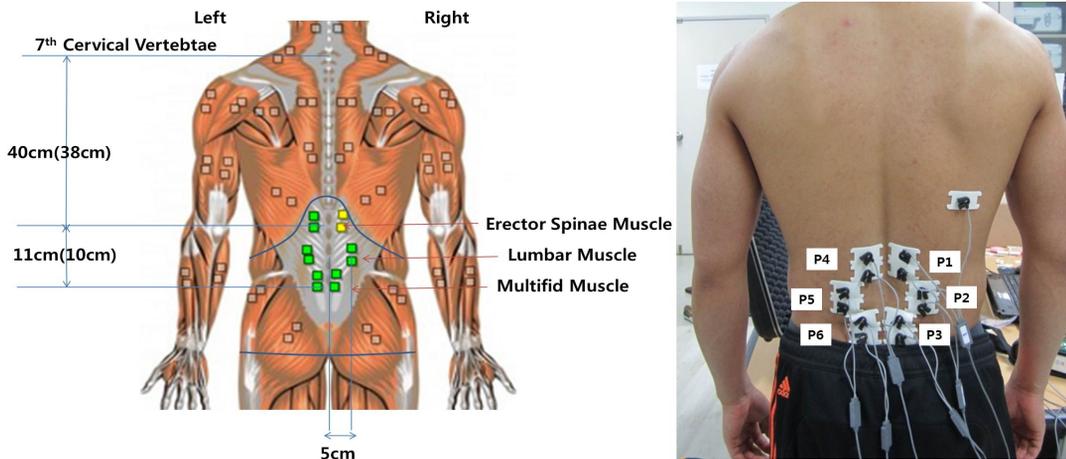
II. 연구 방법

1. 근전도 측정 및 분석

요통방지를 위한 소프트형 의복을 개발하기 위하여 형태가 다른 시중 제품 비교를 통한 기본연구를 실시하였다. 만성요통을 지닌 25세 남성 피험자 1인(S1)을 대상으로 연구를 실시하였으며 피험자는 과도한 운동으로 인하여 요통이 발생한 경우로서 오른쪽 허리가 더 많이 아픈 특징이 있었다. 만성 요통이 있는 피험자의 허리 근력 상태를 파악하기 위하여 먼저 맨몸인 상태에서 근전도를 측정하였다. 근전도는 Noraxon 사(U.S.A)의 Telemetry DTS2를 사용하여 [Figure 1]과 같이 흉추 기립근과 요

부 다열근 상의 세 점을 설정하고 좌우로 총 여섯 부위 (P1= Right erector spinae muscle, P2= Right lumbar muscle, P3= Right multifid muscle, P4= Left erector spinae muscle, P5= Left lumbar muscle, P6= Left multifid muscle)에서 측정하였다. 센서의 부착위치는 제 7경추로부터 38 cm ~ 49 cm 아래로 P1, P3, P4, P6는 척추를 중심으로 양쪽에 전극을 부착하였으며, P2와 P5는 중심으로부터 5 cm 측면에 부착하였다. 개체 내 자세 변화에 따른 근 활성도의 차이를 비교하기 위하여 Choi et al.(2009)의 방법에 의하여 정적 자세에서 이완 시 30초, 긴장 시 30초를 1 주기로 하여 총 3분간 3 주기로 요부에서의 근전도를 측정하였으며, 선 자세와 앉은 자세에서 각각 측정하였다.

다음으로 요통방지를 위한 소프트형 의복의 설계요소를 추출하기 위하여 기존의 허리 보조기 3종을 착용하고 맨몸에서 실시하였던 것과 같은 방법으로 근전도 측정을 실시하였다. 허리 보조기는[Figure 2]와 같이 골반과 허리를 감싸주는 벨트형태(Type1), 허리를 감싸주는 벨트



[Figure 1] Six Locations of Electromyogram (EMG) Sensors

(P1= Right erector spinae muscle, P2= Right lumbar muscle, P3= Right multifid muscle, P4= Left erector spinae muscle, P5= Left lumbar muscle, P6= Left multifid muscle)



(a) Type1

(b) Type2

(c) Type3

[Figure 2] Three Types of Waist Support Belts for Posture Correction

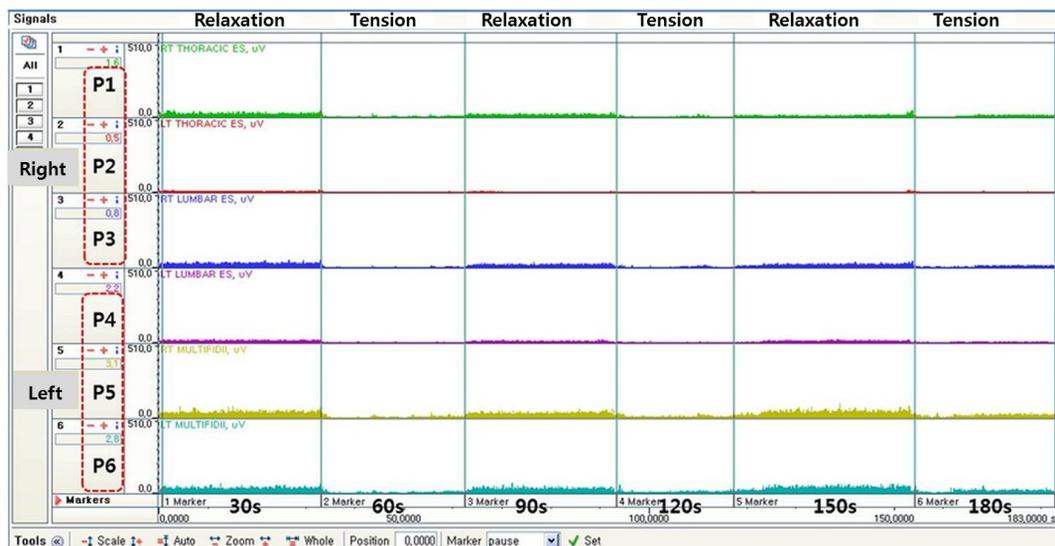
형태(Type2), 허리와 어깨의 띠를 같이 착용하는 형태의 제품(Type3)을 사용하였다. 또한 개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복 2종(C1, C2) 착용 상태에서 동일한 방법으로 근전도 측정을 실시한 다음 데이터를 분석하여 소프트형 컴프레션 의복의 효과를 검증하였다.

근전도의 분석은 Noraxon사의 MRXP 1.06 마스터에디션 프로그램을 사용하였으며 측정 데이터는 20-500 Hz의 Bandpass 필터링과 정류화(rectification)를 거쳐 [Figure 3]과 같이 총 3분(180 seconds)간 이완/긴장 시 각 구간 별 평균을 구하였다. 선 자세와 앉은 자세의 이완/긴장 시 허리 근전도의 좌우의 차이를 알아보기 위하여 IBM SPSS Statistics 20.0을 사용하여 좌우 근전도의 평균값에 대하여 대응표본 T 검정을 실시하였다.

2. 소프트형 의복설계

좌우 근전도 측정결과를 바탕으로 소프트형 컴프레션 의복을 설계하였다. 실험복은 스트레치 원단을 사용하여 착용과 관리가 간편하면서도 허리부분을 지지할 수 있는 허리벨트 형태가 부착된 컴프레션 티셔츠의 형태로 제작하였다. 인체에 밀착성을 강화하기 위하여 3D 패턴을 제작하였으며 이때 3D Clo, RapidForm XOR, 2C-AN, Yuka CAD 프로그램이 사용되었다.

요통방지를 위한 소프트형 의복은 세 종류의 기능성 스트레치 원단을 사용하여 제작되었는데, 몸판은 나일론 92 %, 스판덱스 8 %의 싱글저지를 사용하였고, 허리부분에는 나일론 91 %, 폴리우레탄 19 %의 파워 스트레치를 사용하였다. 또한 허리부분의 안쪽에는 나일론 80%, 스판덱스 20 %의 파워넛 소재를 덧대어 제작하였고, 이때 파워넛 소재를 각각 1겹과 2겹으로 다르게 하여 두 가지 타입의 실험복(C1, C2)을 제작하고 각각의 효과를 비교하였다. 축소패턴을 제작하기 위하여 스트레치 원단의 신장률을 측정하고 패턴을 축소하였다. Zigert 와 Keil(1998)은 ASTM D 2594 에 의거하여 20 cm × 20 cm 의 면적에서 500 g의 하중을 주어 스트레치 원단의 신장률을 측정하였다. 패턴의 축소는 선행연구(Kim & Hong, 2012; Zigert & Keil, 1998)를 바탕으로 하여 최대 원단의 신장률에서 76 %를 적용 신장률로 하여 패턴을 25 % 축소하였다. 다음으로 각각의 실험복 두 벌에 대해서 만성요통이 있는 피험자 5인(S1~S5)을 대상으로 하여[Figure 1]과 동일한 방법으로 선 자세와 앉은 자세에서 이완/ 긴장 시 근전도를 측정하여 다음 데이터를 분석하여 요통방지를 위한 소프트형 의복의 효과를 검증하였다.



[Figure 3] Results of EMG which was Measured for Three Minutes in Three Terms (1 Term = one minute : a cycle of relaxation and tension)

III. 연구 결과 및 토론

1. 근전도 측정 결과

<Table 1> 은 맨몸 선 자세와 앉은 자세에서의 기본 피험자(S1)의 허리부위의 근활성도 값이다. 근전도 전극 부착위치인 여섯 개의 측정 점에서 구간별 측정값을 보면 선 자세에서는 이완 시 근활성도의 값이 크고 긴장시가 적었으며 앉은 자세에서는 Choi et al.(2009)의 결과

와 같이 이완시가 작고 긴장시가 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

또한 측정된 세 부위의 좌우의 평균값을 살펴보면 대체적으로 왼쪽의 값이 크게 나타났으며 허리에 힘을 주지 않은 이완자세에서는 좌우 근활성도의 차이가 있어 피험자가 좌우균형이 맞지 않는 요통 보유자임을 확인하였다. 이때 앉은 자세에서는 허리에 힘을 주어 자세를 바르게 하면(긴장) 좌우의 차이가 없어지는 것을 알 수 있었다. <Table 1> 에서 좌우 근활성도가 유의차가 없으면 균형(balance) 로 표기하였다. 좌우 근활성도에 유의차가

<Table 1> Right and Left Standard EMG for Subject 1(S1) in Nude

S1(Nude)		Right				Left				t	p	Balance
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean			
Standing	Relaxation	2.1	1.1	6.5	3.23	3.5	12.1	14.1	9.90	-4.728	.001*	unbalance
	Tension	0.7	0.4	1.0	0.70	0.8	1.7	2.5	1.67	-3.211	.012*	unbalance
Sitting	Relaxation	0.3	0.3	0.3	0.30	0.3	0.6	0.4	0.43	-2.828	.022*	unbalance
	Tension	4.3	2.5	1.7	2.83	1.1	1.3	2.1	1.50	2.294	.051	balance

* $p < .05$

<Table 2> Right and Left Standard EMG for Subject 1(S1) when Wearing Three Types of Assistant Belts

S1 (wearing assistant belts)		Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d i n g	Type1	Relaxation	6.8	8.2	14.5	9.83	4.3	6.5	14.7	8.50	2.282	.071	balance
		Tension	1.4	1.0	1.6	1.33	0.9	0.7	1.9	1.17	0.881	.419	balance
	Type2	Relaxation	5.5	8.4	15.1	9.67	1.9	5.8	15.1	7.60	3.015	.030*	unbalance
		Tension	2.6	2.1	3.4	2.70	1.3	1.2	3.5	2.00	1.542	.184	balance
	Type3	Relaxation	1.8	1.8	2.8	2.13	0.6	1.4	3.1	1.70	1.000	.423	balance
		Tension	1.5	9.1	21.6	10.73	4.3	8.0	19	10.43	0.186	.869	balance
S i t t i n g	Type1	Relaxation	0.2	0.2	0.6	0.33	0.3	0.2	0.3	0.27	0.916	.402	balance
		Tension	4.1	1.7	1.8	2.53	2.2	1.2	1.8	1.73	2.201	.079	balance
	Type2	Relaxation	0.4	0.4	0.8	0.53	0.4	0.4	0.6	0.47	1.000	.363	balance
		Tension	4.5	2.4	4.1	3.67	1.4	2.0	4.6	2.67	1.171	.294	balance
	Type3	Relaxation	0.2	0.2	0.5	0.30	0.2	0.2	0.3	0.23	1.000	.423	balance
		Tension	2.9	1.6	2.1	2.20	1.5	1.1	1.5	1.37	2.926	.100	balance

* $p < .05$

Type1= waist and upper ilium covering type

Type2= waist belt type

Type3= waist belt with additional banding crossing back and armhole

있는 경우($p < .05$)에는 불균형(unbalance)로 표기하였다.

<Table 2> 는 요통방지를 위한 소프트형 의복 설계요소를 추출하기 위하여 형태가 다른 기존의 세 종류의 허리 보조기(Type1, Type2, Type3)를 착용하고 근전도를 측정된 결과이다. 골반과 허리를 감싸주는 벨트형태(Type1)와 허리와 어깨의 띠를 같이 착용하는 형태(Type3)의 보조기구 착용 시에는 좌우의 균형이 잘 유지되지만 가는 띠 형태의 허리벨트(Type2)의 경우 선 자세 이완 시에는 좌우 근활성도의 차이를 줄여주지는 않았다.

2. 요통방지를 위한 소프트형 의복 제작 결과

기본 피험자의 맨몸 시와 기존 허리 보조기 3종 착용 시의 근전도 측정 결과를 바탕으로 요통방지를 위한 소프트형 의복을 설계하였다. 압박부위의 형태 및 면적은 선 자세와 앉은 자세 이완/긴장 시 모두 좌우 균형을 잘 맞춰주면서도 착장이 간편한 허리골반 벨트(Type 1)의 형태를 채택하였다.

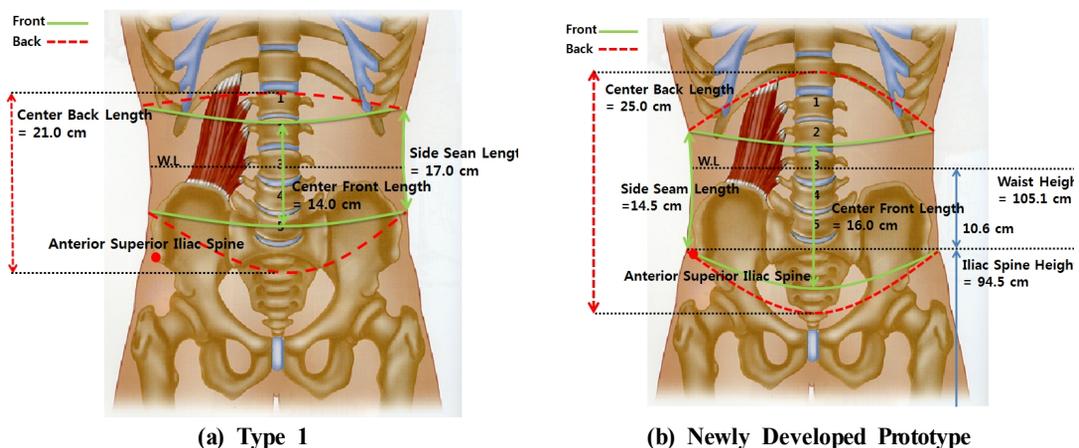
요통방지를 위한 소프트형 의복의 밀착성을 강화하기 위하여 3D 패턴을 제작하였으며 허리를 지지하는 허리 벨트 부분은 [Figure 4]와 같이 인체의 해부학적 형태를 고찰하여 디자인하였다. [Figure 4]의 (a)는 Type 1에 대한 것으로 분리되어 있는 상체의 흉곽과 하체의 골반 중간에 위치하지만 앞부분에서 흉곽을 압박하고 딱딱하고 유연성이 적어서 상 하체의 동작을 방해하며 뒤 아래 하단이 허리 아래까지 충분히 감싸주지는 못하는 것을 볼 수 있다. 이에 요통방지를 위한 소프트형 의복은

[Figure 4]의 (b)와 같이 앞부분의 상단은 흉곽을 압박하지 않는 높이로 설정하였고, 하단은 배를 잘 감싸주면서도 옆쪽에서는 장골극의 아랫부분까지 감싸도록 하고, 뒷부분의 상단은 제12흉추 윗부분까지 지지해주며 아랫부분은 제3요추를 기준으로 만곡이 끝나는 곳인 선골의 하단까지를 기준으로 설정하여 제작하였다.

[Figure 5]의 (b)는 기존의 허리골반벨트(Type 1)를 표준 남성 인대에 착장한 형상으로 딱딱하고 유연성이 적어 허리 뒷부분이 잘 밀착되지 않는 것을 알 수 있었다. 이를 보완하기 위하여 스트레치 원단을 사용하여 밀착성을 높이고 동작이 용이하며 적절한 압력이 유지되도록 설계하였고, 외관을 해치지 않으면서 착용과 관리가 간편하도록 하기 위하여 티셔츠의 형태를 채택하여 요통방지를 위한 소프트형 의복을 제작하였으며 [Figure 5]의 (c)에서와 같이 밀착성이 증대된 것을 알 수 있었다. 이러한 밀착성의 증대는 분리되어 있는 상체의 흉곽과 하체의 골반을 잘 잡아주는 효과가 있으며 동작을 용이하게 하여 착용감도 증대시킬 것으로 기대된다.

CLO 3D 프로그램을 사용하여 [Figure 6]와 같이 피험자의 치수에 맞는 3차원 아바타를 구현한 다음 RapidForm XOR 상에서 3D 요통방지를 위한 소프트형 의복의 디자인 라인을 설정하고 2C-AN 프로그램과 Yuka CAD 프로그램을 사용하여 2차원 패턴을 구하였다.

몸판에 사용된 원단은 가슴부분을 압박하지 않도록 하기 위하여 신장률이 좋은 스트레치 소재 (Ny/Sp= 92/8)를 사용하였으며 ASTM D 2594-04 (2012)의 방법에



[Figure 4] Comparing Two Types of Waist Support Belts Considering Anatomical Configuration

준하여 측정된 신장률은 경사 34.5%, 위사 73.0%, 바이어스 62.7% 이었다. 허리골반부분에 사용된 원단은 파워스트레치 소재 (Ny/Pu= 91/19)로 신장률은 경사 15%, 위사 27.5%, 바이어스 22.5% 이었다. 허리 골반 부위의 강화를 위하여 사용한 레이어드 된 파워 넷 (Ny/Sp= 80/20)의 신장률은 경사 24.85%, 위사 17.15%, 바이어스 27.1% 이었다. 패턴의 축소는 허리부분에 사용된 파워스트레치 소재(Ny/Pu= 91/19)를 기준으로 위사 방향으로만 실시하였으며 선행연구(Kim & Hong, 2012; Zigert & Keil, 1988)에 의하여 적정 축소율을 선정하였다. 이 때 사용된 적용 신장률(applied amount of ziegert % fabric stretch)은 원단 신장률의

76% 이며 이에 의한 패턴의 축소(Pattern reduction rate)는 25% 이었다. 각 소재별 원단의 신장률 및 패턴 축소율은 <Table 3>과 같다.

안쪽의 파워 넷 소재를 실험복 제작 시 각각 1겹과 2겹으로 다르게 하여 허리부분의 지지를 2겹으로 한 실험복 1(C1)과 허리부분의 지지를 3겹으로 한 실험복 2(C2) 등 총 2벌을 제작하였다[Figure 7](middle and right).

3. 요통방지를 위한 소프트형 의복 평가 결과

개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복의 효과를 검증

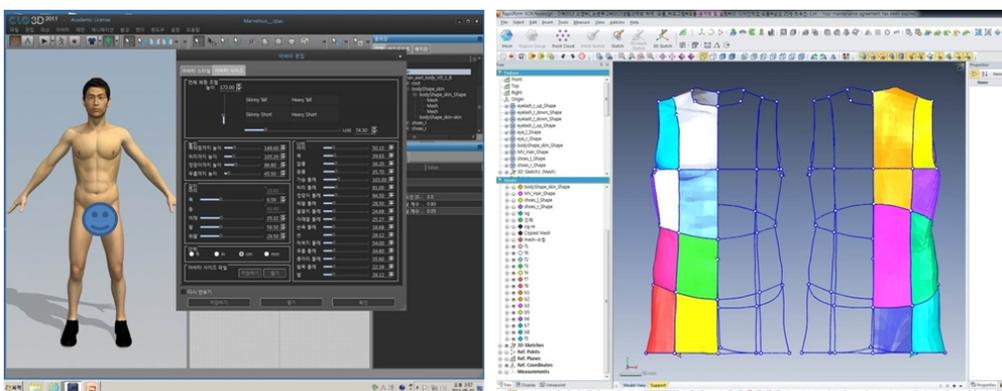


(a) Nude

(b) Type1

(c) Prototype of OCG

[Figure 5] Comparing the Fit of Type1 and Clothing Prototype of OCG



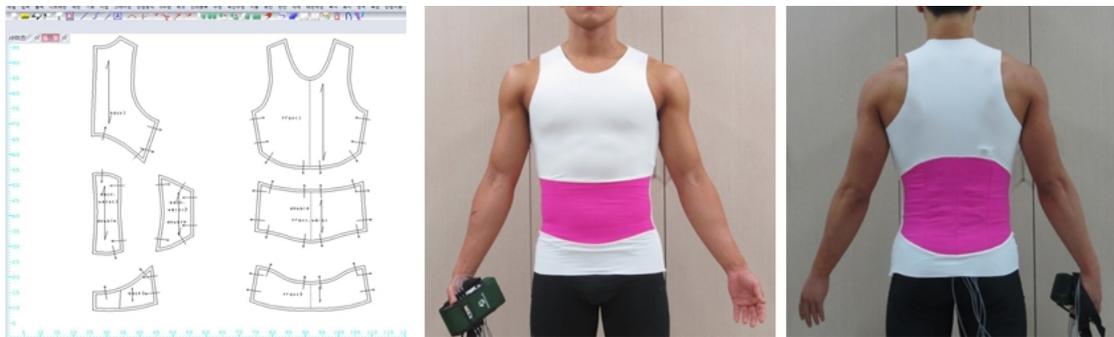
[Figure 6] 3D Human Model and Design Lines

하기 위하여 기존 피험자(S1)를 포함하여 척추 디스크 진단을 받지 않은 만성요통이 있는 피험자 5인(S1~S5)을 대상으로 근전도 측정을 실시하였다. 먼저 허리부위의 근육의 밸런스를 알아보기 위하여 맨몸인 상태에서 근전도를 측정하였으며 다음으로 개발된 요통방지를 위

한 소프트형 의복 2종(C1, C2)을 입고 근전도 측정을 실시하였다. 근전도는 흉추 기립근과 요부 다열근 상 좌우로 총 여섯 부위에서 측정하였으며, 선 자세와 앉은 자세에서 각각 이완 긴장 시 근전도를 측정하였다. 각 피험자의 치수는 <Table 4>와 같다.

<Table 3> Percent Fabric Stretch of each Fabric and Pattern Reduction Rates

	Bodice	Waist	Waist Lining
Fabric Type	Single Jersey	Power Stretch	Power Net
Fiber Contents	N/Span=92/8	N/PU=91/19	N/Span=80/20
% Fabric Stretch(Wale)	34.50%	15.00%	24.85%
% Fabric Stretch(Course)	73.00%	27.50%	17.15%
% Fabric Stretch(Bias)	62.70%	22.50%	27.10%
Applied Amount of Ziegert % Fabric Stretch(Course)	-	76.00%	-
Pattern Reduction Rates(Course)	-	25.00%	-



[Figure 7] 3D Patterns(Left) and a Prototype of Orthopedic Compression Garment(Middle and Right)

<Table 4> Body Measurements of Five Subjects

Measurements	S1	S2	S3	S4	S5
Height	172.0	176.0	178.0	172.0	173.0
Weight(kg)	73.0	71.0	72.0	58.0	68.0
Bust Circumference	100.0	92.8	92.5	78.5	91.0
Chest Circumference	103.5	96.0	91.0	88.0	94.0
Waist Circumference	80.5	80.5	77.0	71.0	79.0
Waist Circumference(Omphalion)	81.0	80.5	79.5	74.3	81.0
Hip Circumference	94.5	98.0	98.0	94.0	96.0
Thigh Circumference	54.0	56.0	53.0	47.5	51.0

unit: cm

기본 피험자(S1)를 대상으로 근전도를 측정된 결과는 <Table 5>와 같으며 맨몸 상태에서는 선 자세 이완/ 긴장 시, 앉은 자세에서는 이완 시에 좌우 불균형을 나타내었다. 개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복 착용 결과 허리부분의 지지를 2점으로 한 C1과 허리부분의 지지를 3점으로 한 C2 모두 선 자세와 앉은 자세에서 이완/긴장에 따른 좌우 근활성도의 차이가 없는 것으로 나타났다.

피험자2 (S2)는 허리 척추 분리증으로 인한 만성요통으로 오래 앉아 있을 시 통증이 심해지는 증상이 있는 경우이며 맨몸 시에는 선 자세/ 앉은 자세에서 이완 시에는 좌우 비대칭을 나타내었다. 요통방지를 위한 소프트형 의복 착용 결과 <Table 6>과 같이 허리부분의 지지를 2점으로 한 C1에서는 불균형을 나타내었으나 허리부분의 지지를 3점으로 한 C2를 착용하였을 때는 이완 시에도 좌우의 균형이 유지되는 것으로 나타났다.

피험자3 (S3)는 오른쪽 중간 허리가 가장 통증이 심한 부위이며 무거운 것을 옮기거나 많이 걸었을 때, 자고 일어난 후 통증이 심해지는 증상이 있었다. <Table 7>에서와 같이 맨몸 시 선 자세에서는 이완/ 긴장 시 차이가 없었으나 앉은 자세에서는 이완/ 긴장 시 비대칭을 나타내었다. 요통방지를 위한 소프트형 의복 착용 결과는 C2를 착용하였을 때 앉은 자세에서 좌우 대칭을 유지시켜주는 것으로 나타났다.

피험자4(S4)는 왼쪽어깨가 더 많이 올라간 좌우 비대칭 체형으로 척추 측만이 진행되고 있으며 왼쪽 허리의 통증이 심한 경우로 맨몸 시 선 자세 긴장시를 제외하고는 좌우 비대칭을 나타내었다. 요통방지를 위한 소프트형 의복 착용 결과는 <Table 8>과 같이 C1, C2 모두 좌우 균형을 유지시켜주지 못하는 것으로 나타났다.

(Table 5) Right and Left Standard EMG for Subject 1(S1) when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

	S1	Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d a r d i n g	Nude	Relaxation	2.3	0.5	4.9	2.57	2.4	8.2	7.2	5.93	-2.943	.019*	unbalance
		Tension	1.0	0.3	1.3	0.87	1.0	3.2	2.9	2.37	-3.047	.016*	unbalance
	C1	Relaxation	9.6	10.1	15.2	11.63	6.4	8.5	16.7	10.53	1.527	.165	balance
		Tension	1.6	1.5	3.0	2.03	1.1	1.0	3.3	1.80	.906	.391	balance
	C2	Relaxation	8.9	10.4	14.5	11.27	5.1	7.1	16.2	9.47	2.035	.076	balance
		Tension	1.9	1.9	3.3	2.37	1.3	1.2	4.9	2.47	-0.264	.799	balance
S i t t i n g	Nude	Relaxation	0.3	0.2	0.4	0.30	0.6	0.5	0.6	0.57	-7.155	.000*	unbalance
		Tension	1.6	0.7	0.9	1.07	1.1	0.8	0.8	0.90	1.224	.256	balance
	C1	Relaxation	0.2	0.2	0.2	0.20	0.2	0.2	0.3	0.23	-1.528	.170	balance
		Tension	1.6	0.7	0.6	0.97	1.7	0.7	0.8	1.07	-1.426	.197	balance
	C2	Relaxation	0.2	0.2	0.2	0.20	0.2	0.2	0.2	0.20	-	-	balance
		Tension	5.3	2.6	0.5	2.80	3.9	0.9	0.9	1.90	2.146	.064	balance

C1=Compression Garment Prototype 1, C2=Compression Garment Prototype 2

* $p < .05$

〈Table 6〉 Right and Left Standard EMG for Subject 2(S2) when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

	S2	Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d i n g	Nude	Relaxation	1.7	1.3	3.2	2.07	1.9	3.2	6.9	4.00	-3.035	.016*	unbalance
		Tension	0.3	0.4	0.4	0.37	0.3	0.4	0.5	0.40	.000	1.000	balance
	C1	Relaxation	1.8	1.4	3.7	2.30	2.1	4.7	11.0	5.93	-3.578	.007*	unbalance
		Tension	0.3	0.5	0.4	0.40	0.4	0.3	0.4	0.37	1.000	.347	balance
	C2	Relaxation	2.1	1.6	2.6	2.10	2.0	2.5	5.5	3.33	-1.996	.081	balance
		Tension	0.3	0.5	0.4	0.40	0.3	0.4	0.7	0.47	-1.333	.219	balance
S i t t i n g	Nude	Relaxation	3.2	1.3	1.8	2.10	2.9	2.4	5.6	3.63	-2.428	.041*	unbalance
		Tension	4.8	2.1	1.6	2.83	3.9	2.9	4.5	3.77	-1.592	.150	balance
	C1	Relaxation	0.3	0.2	0.2	0.23	0.3	0.3	0.3	0.30	-2.530	.035*	unbalance
		Tension	4.6	1.8	0.9	2.43	3.6	2.8	2.6	3.00	-1.194	.267	balance
	C2	Relaxation	0.3	0.3	0.3	0.30	0.3	0.3	0.5	0.37	-1.941	.088	balance
		Tension	4.6	2.1	1.5	2.73	4.3	3.0	4.4	3.90	-1.968	.085	balance

C1=Compression Garment Prototype 1, C2=Compression Garment Prototype 2

* $p < .05$

〈Table 7〉 Right and Left Standard EMG for Subject 3(S3) when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

	S3	Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d i n g	Nude	Relaxation	6.1	2.4	4.8	4.43	4.2	4.9	6.5	5.20	-1.003	.345	balance
		Tension	0.5	0.4	0.4	0.43	0.5	0.4	0.4	0.43	-1.000	.347	balance
	C1	Relaxation	6.1	1.9	1.6	3.20	3.4	3.9	3.1	3.47	-0.320	.757	balance
		Tension	1.1	0.5	0.3	0.63	0.7	0.4	0.4	0.50	1.598	.149	balance
	C2	Relaxation	7.7	4.3	5.9	5.97	5.3	8.3	10.8	8.13	-1.684	.131	balance
		Tension	0.7	0.4	0.4	0.50	0.5	0.6	0.5	0.53	-1.000	.347	balance
S i t t i n g	Nude	Relaxation	6.6	3.0	1.1	3.57	7.1	6.5	2.7	5.43	-3.906	.005*	unbalance
		Tension	1.3	0.6	0.6	0.83	3.7	1.3	0.6	1.87	-2.748	.025*	unbalance
	C1	Relaxation	6.1	3.0	1.2	3.43	6.8	7.1	3.9	5.93	-4.273	.003*	unbalance
		Tension	3.0	1.0	0.7	1.57	6.8	3.8	1.3	3.97	-4.395	.002*	unbalance
	C2	Relaxation	3.0	1.0	0.5	1.50	2.2	1.2	0.5	1.30	.799	.447	balance
		Tension	3.1	0.9	0.7	1.57	2.8	0.9	0.6	1.43	.622	.551	balance

C1=Compression Garment Prototype 1, C2=Compression Garment Prototype 2

* $p < .05$

〈Table 8〉 Right and Left Standard EMG for Subject 4(S4) when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

	S4	Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d i n g	Nude	Relaxation	3.6	2.1	2.1	2.60	3.7	3.2	4.4	3.77	-3.233	.012*	unbalance
		Tension	1.7	1.0	1.0	1.23	1.3	0.9	1.3	1.17	.610	.559	balance
	C1	Relaxation	3.1	1.9	2.0	2.33	3.6	3.4	3.4	3.47	-5.026	.001*	unbalance
		Tension	1.3	1.0	0.8	1.03	1.2	0.7	0.8	0.90	2.036	.076	balance
	C2	Relaxation	3.7	6.2	9.8	6.57	5.0	5.3	9.9	6.73	-3.168	.013*	unbalance
		Tension	1.2	4.1	6.3	3.87	1.2	3.0	7.4	3.87	-0.837	.427	balance
S i t t i n g	Nude	Relaxation	5.6	2.1	3.2	3.63	7.8	4.3	4.5	5.53	-8.621	.000***	unbalance
		Tension	4.6	1.8	2.0	2.80	6.4	3.9	2.9	4.40	-8.422	.000***	unbalance
	C1	Relaxation	5.6	2.2	2.4	3.40	6.2	3.6	4.7	4.83	-5.178	.001*	unbalance
		Tension	6.0	2.4	2.3	3.57	7.5	4.1	3.6	5.07	-7.671	.000***	unbalance
	C2	Relaxation	0.7	0.6	1.7	1.00	0.5	0.6	2.5	1.20	-5.008	.001*	unbalance
		Tension	3.1	2.5	6.7	4.10	5.9	3.4	7.0	5.43	-21.527	.000***	unbalance

C1=Compression Garment Prototype 1, C2=Compression Garment Prototype 2

* $p < .05$, *** $p = .000$

〈Table 9〉 Right and Left Standard EMG for Subject 5(S5) when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

	S5	Right				Left				t	p	Balance	
		P1	P2	P3	Mean	P4	P5	P6	Mean				
S t a n d i n g	Nude	Relaxation	7.4	7.8	11.8	9.00	8.8	8.0	10.4	9.07	-0.186	.857	balance
		Tension	3.2	10.2	13.7	9.03	3.1	8.3	14.6	8.67	.836	.428	balance
	C1	Relaxation	3.7	6.2	9.8	6.57	5.0	5.3	9.9	6.73	-.512	.622	balance
		Tension	1.2	4.1	6.3	3.87	1.2	3.0	7.4	3.87	.034	.974	balance
	C2	Relaxation	3.3	4.3	6.7	4.77	4.8	3.8	7.3	5.30	-1.866	.099	balance
		Tension	0.6	1.1	1.7	1.13	0.7	0.8	1.6	1.03	1.606	.147	balance
S i t t i n g	Nude	Relaxation	1.9	0.7	1.0	1.20	2.8	1.0	1.4	1.73	-1.940	.088	balance
		Tension	2.6	6.2	9.1	5.97	4.1	5.5	10.6	6.73	-1.759	.117	balance
	C1	Relaxation	0.7	0.6	1.7	1.00	0.5	0.6	2.5	1.20	-.783	.456	balance
		Tension	2.5	1.3	2.7	2.17	3.3	1.7	2.4	2.47	-1.443	.187	balance
	C2	Relaxation	0.5	0.4	0.3	0.40	0.5	0.4	0.4	0.43	-1.000	.347	balance
		Tension	3.4	3.8	3.8	3.67	3.9	4.0	4.9	4.27	-1.706	.126	balance

C1= Compression Garment Prototype 1, C2= Compression Garment Prototype 2

피험자5(S5)는 X선 상으로 허리가 아픈 구조적 진단을 받은 만성 요통환자로 주로 오른쪽 허리의 근육이 뭉치는 증상이 있는 경우였지만 근전도 측정 결과 <Table 9>와 같이 맨몸 시와 C1, C2의 착용 결과 모두 좌우 대칭을 이루는 것으로 나타났다.

<Table 10>은 피험자 5인(S1~S5)에 대한 좌우 근활성도의 차이를 비교하여 개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복 C1, C2의 착용효과를 비교한 결과이다. 선 자세 맨몸 시 이완상태에서는 좌우 균형이 맞지 않았지만 긴장상태에서는 좌우 균형이 맞는 것으로 나타나 자세를 바르게 해주는 것만으로도 좌우의 균형을 유지 시켜 줄 수 있는 것으로 보인다. 또한 C1, C2 모두 선 자세 이완/긴장 시에도 좌우의 균형을 맞춰주는데 효과가 있어서 맨몸 시의 불균형을 교정하는데 효과적임을 알 수 있었다. 앉은 자세에서는 맨몸 시의 불균형을 교정하는데 자세를 바르게 하는 것만으로는 효과가 없었으며, 허리부분의 지지를 3겹으로 하여 허리부분의 압박감을 증대시킨 C2가 이완/긴장 시 모두 좌우의 균형을 유지시켜주는데 효과적인 것으로 입증되었다.

C1, C2를 착용하였을 때의 자세에 따른 근전도의 변화량을 살펴보면 <Table 11>과 같이 선 자세 이완 시에는 근활성도가 증가하며 긴장 시에는 감소하였다. 또한

앉은 자세 이완 시는 근활성도가 감소하였으며 앉은 자세 긴장 시에는 C1은 감소, C2는 증가하는 경향이 나타났다. Cholewicki(2004)의 연구에 의하면 하드타입 보조기구를 착용하고 다양한 동작을 취하였을 때 인체에서의 근활성도는 비 착용 시에 비하여 평균적으로 3.8 감소했으나, 본 연구를 통하여 개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복 시에는 비 착용 시보다 근전도의 차이가 평균 -0.3 정도로 하드타입에 비하여 작아서 맨몸상태에 대하여 근활성도의 차이가 크지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발된 요통방지를 위한 소프트형 의복은 단기 착용 시에는 적절한 압박을 주면서 좌우의 밸런스를 맞추어 줄 수 있으며 장기간 착용 시에도 비 착용 시와 비교하였을 때 근전도의 차이가 적어서 기존 보조기구 사용 시의 의존도나 근력 약화의 단점(Kim, 1996; Korovessis et al., 1996; Park & Kim, 2009; Reddell et al., 1992)을 극복 할 수 있을 것으로 기대된다.

C1, C2에 대한 피험자 5인의 주관적 착용감 평가 결과는 <Table 12>와 같다. 착용감은 안쪽에 파워 스트레치 원단을 두 겹으로 대어준 C2가 선 자세에서의 허리압박감($t=-3.651, p=.022^*$), 앉은 자세에서의 허리부분 지지감($t=-3.651, p=.022^*$), 그리고 앉은 자세에서의 허리부분 압박감($t=-4.333, p=.012^*$)등의 항목에서 통계적으

<Table 10> Differences of Right and Left Standard EMG for Five Subjects

n=5

		Right	Left	t	p	Balance	
		Mean (SD)	Mean (SD)				
Standing	Relaxation	Nude	4.1 (3.1)	5.6 (2.6)	-2.473	.027*	unbalance
		C1	5.2 (4.2)	6.0 (4.0)	-1.255	.230	balance
		C2	6.1 (3.6)	6.6 (3.6)	-.721	.483	balance
	Tension	Nude	2.4 (4.0)	2.6 (3.9)	-.825	.423	balance
		C1	1.6 (1.7)	1.5 (1.9)	.868	.400	balance
		C2	1.7 (1.7)	1.7 (2.0)	-.117	.908	balance
Sitting	Relaxation	Nude	2.2 (1.9)	3.4 (2.5)	-3.847	.002*	unbalance
		C1	1.7 (1.9)	2.5 (2.7)	-2.607	.021*	unbalance
		C2	0.7 (0.8)	0.7 (0.7)	-.245	.810	balance
	Tension	Nude	2.7 (2.4)	3.5 (2.7)	-2.741	.016*	unbalance
		C1	2.1 (1.5)	3.1 (2.0)	-3.071	.008*	unbalance
		C2	3.0 (1.7)	3.4 (1.9)	-1.274	.223	balance

* $p < .05$

로 유의하게 더 좋은 것으로 평가되었으며 허리의 굴/신 동작 시에는 C1, C2 모두 선 자세에서는 5점 이상, 앉은 자세에서는 4점 이상의 평가를 받아 착용감 및 동작 기능성도 우수한 것을 알 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 좌우 근전도가 비대칭을 나타내는 만성요통 환자를 대상으로 좌우의 균형을 유지시켜줄 수

있는 요통방지를 위한 소프트형 의복을 개발하고 그 효과를 검증하였다. 요통방지를 위한 소프트형 의복의 설계요소를 추출하기 위하여 먼저 만성요통이 있는 피험자를 선정하고 맨몸상태에서의 근전도를 측정된 결과 선자세 이완 상태에서는 좌우 근전도 값이 비대칭을 나타내었는데, 이는 구부정한 자세로 인하여 허리근육이 긴장되면 근전도가 증가하고 좌우 밸런스가 다르게 되어 허리에 부하가 생겨 허리 통증을 유발 할 수 있음을 시사한다. 반면에 자세를 바르게 해주면 좌우의 균형이 유지되는 것으로 나타나 바른 자세가 좌우 허리근육의 균형을

〈Table 11〉 Total Mean Difference of EMG when Wearing Experimental Clothing C1 & C2

S1~S5	Standing				Sitting				
	Relaxation		Tension		Relaxation		Tension		
	R	L	R	L	R	L	R	L	
Nude~C1	+1.1	+0.4	-0.8	-1.1	-0.5	-0.9	-0.6	-0.5	
Nude~C2	+2.0	+1.0	-0.7	-0.9	-1.5	-2.7	+0.3	-0.1	
Total Mean Difference of EMG				-0.3					

〈Table 12〉 Results of Subjective Wear Test

n=5

Satisfaction		C1	C2	t	p
		Mean (SD)	Mean (SD)		
Standing	Pressure on Abdomen	4.7 (1.1)	5.7 (1.0)	-2.390	.075
	Supportive Waist	5.4 (0.51)	6.5 (0.5)	-2.750	.051
	Pressure on Waist	5.0 (1.21)	6.0 (0.8)	-3.651	.022*
	Overall Comfort	5.4 (1.51)	6.0 (1.4)	-.647	.553
	Movement of Bending or Flexion	5.4 (1.31)	5.6 (1.5)	-.343	.749
Sitting	Pressure on Abdomen	5.8 (0.41)	6.0 (1.2)	-.356	.740
	Supportive Waist	5.1 (1.01)	6.1 (0.7)	-3.651	.022*
	Pressure on Waist	4.8 (1.31)	6.1 (0.7)	-4.333	.012*
	Overall Comfort	4.5 (1.41)	4.8 (1.8)	-1.500	.208
	Movement of Bending or Flexion	4.3 (1.31)	4.5 (2.2)	-.302	.778

C1=Compression Garment Prototype 1, C2=Compression Garment Prototype 2

Responses using a 7-point likert scale (1=extremely dissatisfied, 7=extremely satisfied).

* $p < .05$

맞춰주는 하나의 요소임을 확인하였다.

다음으로 형태가 다른 기존의 허리 보조기 3종을 착용하고 좌우의 균형유지에 대한 효과를 살펴 본 결과 보조기구를 착용하면 좌우 밸런스를 맞춰 주는 효과가 있었는데, 이중 형태가 단순하면서도 허리부분의 균형유지에 효과적인 제품(type1)을 선정하고 해부학적인 고찰을 통하여 맞춤새와 밀착성 및 활동성을 향상시킬 수 있는 디자인 라인을 추출하였다. 정밀도를 향상시킬 수 있는 3차원 패턴 제작을 통하여 착용과 관리가 편안하고 소프트한 티셔츠 타입의 요통방지를 위한 소프트형 의복 2종(C1, C2)을 제작하였다.

요통의 원인파 증상이 다른 피험자 5인을 대상으로 좌우 허리의 균형유지에 대한 효과검증을 실시한 결과는 다음과 같다. 자세에 따른 변화를 살펴보면 선 자세 맨몸 시 긴장하면 근활성도 값이 작아지고, 앉으면 선 자세에 비하여 근활성도 값이 작아지는 것을 알 수 있었다. 또한 피험자들은 통증이 있는 부위의 근활성도 값이 작은 경향을 보였으며 C1, C2 착용 시에는 선 자세 이완 시는 근활성도가 증가하고, 긴장 시는 근활성도가 감소하며, 앉은 자세 이완 시는 근활성도가 감소하는 경향을 나타내었다. 좌우 허리의 균형유지 효과를 통계적으로 검증한 결과 C1, C2 모두 착용 시 선 자세에서 자세를 바르게 하지 않아도 좌우 허리 근활성도의 균형을 맞춰주는 데 효과적인 것으로 나타났다. 또한 앉은 자세에서는 압력이 더 강한 C2가 착용 시 이완 긴장 자세 모두 균형유지에 효과적이었다. 착용감 평가는 C1, C2 모두 우수하였으며 허리부분의 압박감과 지지감은 C2가 더 좋은 것으로 나타났다. 따라서 심한 비대칭으로 진행되기 전의 미약한 단계에서는 자세를 바르게 하고 적당한 압력으로 허리를 지지해주면, 허리근육을 이완시킬 수 있으며 좌우 균형을 맞춰줄 수 있는 효과가 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 만성요통을 지닌 피험자를 대상으로 요통방지를 위한 소프트형 의복을 개발하고 단기간의 착용 효과를 좌우 근전도의 대칭 측면에서 분석한데 그 의의가 있다. 또한 근전도의 변화량은 하드타입에 비하여 누드 시의 근활성도 값에 가까우면서도 균형을 유지시켜줄 수 있는 효과가 있으므로 다수의 피험자를 대상으로 한 장기간 착용 시의 자세교정 효과에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

주제어: 컴프레션 의복, 좌우 대칭, 만성요통, 근전도

REFERENCES

- Ahlgren, S. A., & Hansen, T. (1978). The use of lumbosacral corsets prescribed for low back pain. *Prosthetics and Orthotics International*, 2, 101-104.
- Ammendolia, C., Kerr, M. S., Bombardier, C. (2005). Back belt use for prevention of occupational low back pain: A Systematic Review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 28(2), 128-134.
- ASTM D 2594:04. (2012). Standard Test Method for Stretch Properties of Knitted Fabrics Having Low Power.
- Barron, B. A., & Feuerstein, M. (1994). Industrial back belts and low back pain: Mechanisms and outcomes. *Journal of Occupational rehabilitation*, 4(3), 125-139.
- Bayramoğlu, M., Akman, M. N., Kılınç, Ş., Çetin, N., Yavuz, N., & Özker, R. (2002). A prospective study of computer users: II. Postural risk factors for musculoskeletal symptoms and disorders. *American Journal of Industrial Medicine*, 41(4), 236-249.
- Berry, M. J., & McMurray, R. G. (1987). Effects of graduated compression stockings on blood lactate following an exhaustive bout of exercise. *American Journal of Physical Medicine*, 61(3), 121-32.
- Born, D. P., Holmberg, H. C., Goernert, F., Sperlich, B. (2014). A novel compression garment with adhesive silicone stripes improves repeated sprint performance - a multi-experimental approach on the underlying mechanisms. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation*, 6(21), doi:10.1186/2052-1847-6-21.
- Brill, P. A., Probst, J. C., Greenhouse, D. L., Schell, B., & Macera, C. A. (1998). Clinical feasibility of a free-weight strength-training program for older adults. *Journal of the American Board of Family Medicine*, 11(6), 445-451.
- Choi, M. S., Chung, Y. J. & Jeon, H. W. (2009). The effect of sitting postures on the spinal pelvic curvature and trunk muscle activation in low back

- pain. *Physical Therapy Korea*, 16(2), 31-40.
- Cholewicki, J. (2004). The effects of lumbosacral orthoses on spine stability: What changes in EMG can be expected? *Journal of Orthopaedic Research*, 22, 1150-1155.
- Cholewicki, J., Alvi, K., Silfies, S. P., & Bartolomei, J. (2003). Comparison of motion restriction and trunk stiffness provided by three thoracolumbosacral orthoses (TLSOs). *Journal of Spinal Disorders and Techniques*, 16(5), 461-468.
- Cholewicki, J., Lee, S. A., Reeves, N. P., & Morrisette, C. D. (2010). Comparison of trunk stiffness provided by different design characteristics of lumbosacral orthoses. *Clinical Biomechanics*, 25, 110-114.
- Fann, A. V. (2002). The prevalence of postural asymmetry in people with and without chronic low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(12), 1736-1738.
- Hirai, M., Iwata, H., & Hayakawa, N. (2002). Effect of elastic compression stockings in patients with varicose veins and healthy controls measured by strain gauge plethysmography. *Skin Research and Technology*, 8(4), 236-9.
- Hong, K. H., Choi, J. Y., Lee, W. L., Na, I. K., Wu, Y. J., Kim, N. Y., & Park, H. G. (2011). The effect of sports taping and tight-fit 3D pants on isokinetic muscular strength and endurance. *Proceedings of Korean Association of Human Ecology, Summer Conference, Korea*, 107-108.
- Hyun, S. H., Kang, M. S., & Ryew, C. C. (2012). The effect of vertical treatment on lumbar extension muscle strength, Spinal Curvature and Oswestry Disability Index on Chronic Back Pain Patients. *The Korean Journal of Physical Education*, 51(5), 679-688.
- Kim, E. S., Yang, J. O., & Lee, J. S. (2013). Utilization of sport biomechanics for the correct posture exercise program(Centering in female middle school students). *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(3), 261-269.
- Kim, G. S., Chae, W. S., Yoon, C. J., Lee, H. S., Kang, N. J., & Kim, D. S. (2011). The effect of asymmetric lower extremity muscle force of elementary students on dynamic balance during walking. *Korean journal of Sport Biomechanics*, 21(3), 309-315.
- Kim, H. H. (2007). Abdominal muscles function for patients with the chronic low back pain. *Journal of Korea Sport Research*, 18(4), 135-146.
- Kim, M. (1996). A biomechanical effectiveness of corset and back brace for low back pain syndrom. *Physical Therapy Korea*, 3(3), 59-66.
- Kim, M. J., Son, C. G., Heo, D. S., & Hong, K. E. (2010). Analysis of clinical tendency of spinal disorder in primary, middle and high school students in Korea. *The journal of Korean Acupuncture and Moxibustion Society*, 27(2), 43-49.
- Kim, S. Y. & Hong, K. H. (2012). Engineering design process of tight-fit sportswear using 3D information of dermatomes and skin deformation in dynamic posture. *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 21(3), 551-565.
- Kim, Y. H., & Khil, J. H. (2010). Effects of chiropractic treatment and low back exercise on lumbar lordotic angle, MVAS and lumbar strength in low back pain patients. *Exercise Science*, 19(3), 257-266.
- Kim, Y. K., & Park, S. H. (2006). Comparative study on the frequency of spinal deformation of junior high age children depending on age and physical characteristics. *The Korean journal of School Physical Education*, 16(1), 13-22.
- Klenerman L. S., Stanley, I. M., Pennie, B, Reilly, J. P., Atchison, L. E., Troup, J. D., & Rose, M. J. (1995). The prediction of chronicity in patients with an acute attack of low back pain in a general practice setting. *Spine*, 20(4), 478-84.
- Korovesis, P., Stamatakis, M., Baikousis, A., Kirkos, C., & Kavouris, A. (1996). Vertical transmission of the hip rolls due to wearing of TLSO for scoliosis. *Journal of Spinal Disorders*, 9(4), 326-333.
- Kraemer W. J., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Earp, J. E., Lewis, C. D., HO, J.

- Y., Thomas, G. A., Hill, G. S., Penwell, Z. R., Powell, M. D, Wolf, M. R., Volek, J. S, Denegar, C. R., & Maresh, C. M. (2010). Effects of whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 804-814.
- Kraemer, W. J., & Bush, J. A. (1998). Compression garments: influence on muscle fatigue. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 211-15.
- Krag, H. M., Fox, J., & Haugh D. L. (2003). Comparison of three lumbar orthoses using motion assessment during task performance. *Spine*. 28(20). 2359-2367.
- Lee, D. H., Lee, Y. H., & Jang, C. (2005). Difference of ROM by taping therapy(power source muscle) in low back pain. *Journal of Korean Society Hygienic Sciences*, 11(1), 143-148.
- Lee, K. W. (2002). Back and neck pain. Rehabilitation medicine. Seoul: *Koonja Publishing*.
- McGill, S. M. (1997). The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 465-475.
- Mens, J. M. A., Vleeming, A., Sniders, C. J., Stam, H. J., & Ginai, A. Z. (1999). The active straight leg raising test and mobility of the pelvic joints. *European Spine Journal*, 8, 468-473.
- Moon, S. H., Youn, Y. S., & Lee, J. S. (2003). Change of lumbar lordotic angle by taping therapy on low back pain patient with lumbar hyperlordosis ; A case report. *The Journal of Korea CHUNA Manual Medicine*, 4(1), 157-165.
- O'sullivan P. B., Burnnet A. F., & Dankaerts W. (2006). Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine*, 31(19), 707-712.
- Park, H., & Kim, T. (2009). Effect of pelvic tilting and the back-belt on electromyographic activity of erector spinae during lifting. *Journal of Korea Contents Associatio.*, 9(3), 296-304.
- Partsch, H., Winiger, J., & Lun, B. (2004). Compression stockings reduce occupational leg swelling. *Dermatologic Surgery*, 30, 737-743.
- Reddell, C. R., Congleton, J. J., Huchingson R. D., & Montgomery, J. F. (1992). An evaluation of a weightlifting belt and back injury prevention training class for airline baggage. *Applied Ergonomics*, 23(5), 319-329.
- Salmochi J. F., & Faouen P. (2010). Low back pain sufferers: Is standing postural balance facilitated by a lordotic lumbar brace? *Orthopaedics and Traumatology. Surgery and Research*, 96(4), 362-366.
- Taimela, S., Kujala, U. M., Salminen, J. J., & Viljanen, T. (1997). The prevalence of low back pain among children and adolescents: A Nationwide, Cohort-Based Questionnaire Survey in Finland. *Spin.*, 22(10), 1132-1136.
- Van Leeuwem, P. J., Bos, R. P., Derksen, J. C., & Devries, J. (2000). Assessment of spinal movement reduction by thoraco-lumbar-sacral orthoses. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(4), 35-403.
- Vander Kooi, D., Abad, G., Basford, J. R., Maus, T. P., Yaszemski, M. J., & Kaufman, K. R. (2004). Lumbar spin stabilization with a thoracolumbosacral orthosis: Evaluation with video fluoroscopy. *Spine*, 29(1), 100-104.
- Ziegert, B. & Keil, G. (1988). Stretch fabric interaction with action wearables: Defining a body contouring pattern system. *Clothing and Textiles Research Journal*, 6, 54-64.

Received.17 April 2014; 1st Revised 25 July 2014;
2nd Revised 5 August 2014; Accepted 6 August 2014