

The Effects of Wearing Spandex Underwear on Muscle Activity and Heart Rate

Seung Nam Min¹, Mi Sook Kim², Jung Yong Kim¹, Young Jin Cho¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University, Ansan, Korea 426-791

²Department of Clothing and Textiles, Kyung Hee University, Seoul, Korea 130-701

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to analyze the effects of wearing spandex underwear on the muscle activity and heart rate during flexion and extension of trunk and knee joint. **Background:** Back pain continues to be the leading overall cause of physical illness and lowering productivity in workplace. Recently, the utility of assistive garment or back belt have been discussed to lessen the back pain as well as to preserve the right posture. **Method:** Ten males and ten females participated in the experiment. Gender, wearing spandex underwear and postures were used for independent variables, and muscle activity, the level of asymmetry of muscle activity and variation of heart rate were used as dependent variables. Muscle activity and heart rate were measured during flexion and extension of trunk and knee joint. **Results:** When wearing spandex underwear, the muscle activity was relatively low compared to the condition not wearing the spandex underwear. The symmetry of muscle activity and the variation of heart rate were statistically significant at the 0.05 significance level. In particular, it was found that the symmetry of muscle activity increased while wearing spandex underwear. **Conclusion:** Spandex underwear has an effect that can reduce asymmetry of right and left muscles which are relevant to leg because spandex underwear equally supports right and left low-back muscles. **Application:** The spandex underwear used in this study can apply to the rehabilitation as an useful assistive device.

Keywords: Spandex underwear, Rehabilitation, Buttocks, Asymmetry, Hip support, Spine

1. Introduction

작업현장에서의 과도한 업무, 정신적 긴장, 스트레스, 운동 부족 등에 의해 척추 관련 질환 발생률이 점차 높아지고 있다(Kim et al., 2007). 건강한 사람은 바른 자세, 바른 몸을 유지하고 있으나, 질병으로 고통 받고 있는 사람에게서는 신체의 불균형적인 현상이 관찰된다. 임상에서는 신체의 불균형적인 자세를 교정하기 위해 척추질환의 교정 치료 후, 환자의 재활을 돕기 위해 의료용 코르셋이 사용되고 있다(Na et al., 1999). 시중에서는 의료용 코르셋과 비슷한 기능으로

의료용 허리벨트와 기능성 속옷으로 알려진 탄성재질 속옷이 널리 사용되고 있다.

의료용 허리벨트는 요통의 예방과 치료를 위해 병원과 작업현장에서 사용되고 있으며 현재까지 허리벨트에 대해 많은 연구가 진행되고 있으나 허리벨트의 효과 유무에 대해서는 상당한 이견이 있다고 보고되었다(Earle-Richardson et al., 2005). Carter와 Birrell(2000)은 산업현장에서 허리손상을 예방하기 위한 작업 지침 중 하나로 허리벨트를 권장하였는데 허리벨트가 척추 사이에 가해지는 내부 압력을 감소시키며, 복강 내압을 증가시켜 척추가 받는 힘을 낮춰준다고 하였고, Van Poppel(1999)은 허리벨트 착용의 운동형상

Corresponding Author: Mi Sook Kim, Department of Clothing and Textiles, Kyung Hee University, Seoul, Korea 130-701.

Mobile: +82-10-6338-0772, E-mail: mskim@khu.ac.kr

Copyright©2013 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

©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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. <http://www.esk.or.kr>

학적 효과 연구에서 최소한 허리의 움직임 방향 중 한 방향 이상의 움직임에 제한을 준다고 하였다. 또한 허리벨트는 운동역학적 효과(Kinetic effect)로 허리 근육의 활동량을 감소시켜 요추부를 안정화하고, 복부 내 압력을 증가시켜 부상의 위험을 감소시킨다고 하였다(Calmels and Fayolle-Minon, 1996). Perkins와 Blosswick(1995)은 허리벨트가 허리를 펼 때 요구되는 근육의 힘을 감소시켜 근육의 피로를 덜어주고, 이것이 요추에 가해지는 압력을 감소시키기 때문에 허리 손상의 위험으로부터 보호할 수 있다고 하였다.

탄성재질 속옷은 체형보정을 위해 재단되어 판매되고 있으며, 허리 및 골반에 이상이 있는 사용자들에 의해 사용되어 자세 교정 및 재활 효과가 체험적으로 보고되고 있다. 그러나 이러한 탄성재질 속옷의 자세 교정 효과가 특정 사용자에게 국한된 것인지, 아니면 일반적인 현상으로 받아들일 수 있는지에 대한 과학적 검증이 요구되나, 탄성재질 속옷이 인체에 미치는 영향 및 특성에 관한 연구가 미흡한 상황이다.

하지 굽힘/펼 동작(sit to stand: STS)은 정상인에게 많이 수행되는 활동이며, 보행과 같은 기본적인 활동을 하기 위하여 발생빈도가 많은 중요한 자세이다. 이 자세는 독립적인 움직임에 필수적이며 다른 일상생활 자세에서도 필수적이라고 하였다(Nuzik et al., 1986). 또한, 이 자세는 일상적인 생활에서 끊임없이 수행되고 있으며, 걷기 위해서 앉은 자세에서 일어서기 과정이 선행적으로 가능해야 한다는 의미에서 이동(Locomotion)의 전제 조건이 된다고 하였다(Jo et al., 2007). 허리벨트나 탄성재질 속옷이 척추질환을 예방하는 효과가 있으려면 일상생활에서 가장 많이 발견되는 허리 및 하지의 굽힘/펼 동작에 대한 도움을 주어야 한다. 그리하여 본 연구에서는 탄성재질 속옷의 착용이 일상적으로 자주 관찰되는 허리 및 하지의 굽힘/펼 동작에 어떠한 영향을 주는지를 밝히려는 시도를 하였다.

본 연구의 목적은 근전도, 심박수, 체표면 형상 촬영을 통해서 탄성재질 속옷의 착용 효과를 정량적으로 규명하는 것이다.

2. Method

2.1 Participants

실험참가자는 건강상태가 양호하고, 허리 관련 병력이 없는 남자 10명, 여자 10명으로 구성되었다(Table 1).

2.2 Muscles

하지의 굽힘/펼 동작과 허리의 굽힘/펼 동작에 관여하

Table 1. The demographics of participants

| | Age(years) | Height(cm) | Weight(kg) |
|---------------|------------|------------|------------|
| Male (N=10) | 35.5±12.8 | 170.5±5.4 | 69.5±13.1 |
| Female (N=10) | 33.0±11.1 | 160.1±3.4 | 56.8±8.2 |

는 네 종류의 근육을 선정하였다. 웅크림(Squat) 자세에서는 무릎을 펴는 동작에서 사용되는 근육인 넓다리네갈래근(Quadriceps femoris muscle; QF), 무릎을 굽히는 동작에서 사용되는 근육인 넓다리두갈래근(Biceps femoris muscle; BF), 허리의 굽힘과 펼 자세에서는 허리를 굽히는 동작에서 사용되는 근육인 배곧은근(Rectus abdominis muscle; RA), 허리를 펴거나 회전하는 동작에서 사용되는 근육인 척추세움근(Erector spinae; ES)을 선정하였다(Figure 1).

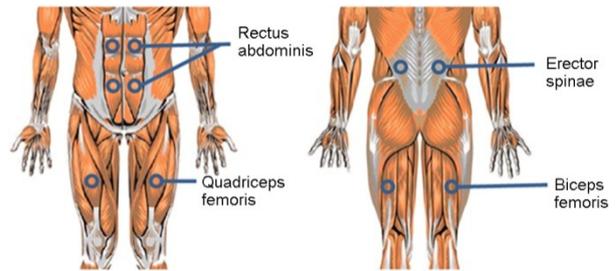


Figure 1. Muscle selection and surface electrode attaching position

2.3 Apparatus

허리의 굽힘/펼 동작과 하지의 굽힘/펼 동작에서 실험참가자의 근육 사용량을 측정하기 위해 Mega Electronics사의 ME6000(8-채널 유무선 근전도 측정기)(Figure 2a)를 사용하였다. 근전도의 채널 별 샘플링 주파수는 1,000Hz로 하였다. 사용한 표면전극의 크기는 지름 10mm였고, 표면전극 간 거리는 20mm로 유지하여 국부 근육의 신호를 측정할 수 있도록 하였다. 실험참가자의 심박수 변화를 측정하기 위해 Nihon Kohden사의 Pulse Oximeter(심박수 측정기)(Figure 2b)를 사용하였고, 체표면 형상을 진단하기 위해 PLUS 사의 체표면 형상 촬영기(MOIRE Topography)(Figure 2c)를 사용하여 실험참가자의 체표면 형상을 촬영하였다.

실험에 사용된 탄성속옷은 전체가 탄성으로 되어 있으며, 박스(box)형태로 되어 있으며, 재질은 스판덱스(spandex)이다.

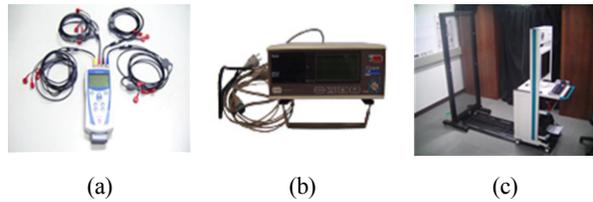


Figure 2. Equipment (a) ME6000 (b) Pulse oximeter (c) MOIRE

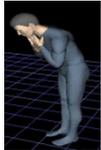
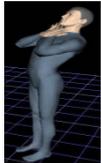
2.4 Experimental design

탄성재질 속옷의 효과 및 인체의 움직임에 미치는 영향을 평가하기 위해, 독립변수로 성별(남, 여), 탄성재질 속옷의 착용 유무(착용, 미 착용), 그리고 실험을 위한 4가지 자세(Fully Squat, Flexion, Fixed Flexion, Fixed Extension)를 선정하였고, 근육의 좌우 대칭도, 심박수, 체형의 변형 정도를 종속변수로 선정하였다.

실험에 사용할 과제는 하지의 굽힘/펴 동작과 허리의 굽힘/펴 동작의 조합에 따른 네 가지 동작으로 선정하였다 (Table 2).

실험참가자들의 누적 효과(carry-over effect)를 줄이기 위해 라틴 방격법(Latin squared design)을 사용하였다

Table 2. Definition of task postures

| Posture | Description | Pictures |
|-----------------|--|---|
| Fully squat | Sit balancing on one's feet with one's legs bent |  |
| Flexion | 90 degree flexion |  |
| Fixed flexion | Posture of maintaining 45 degree flexion |  |
| Fixed extension | Posture of maintaining 30 degree extension |  |

(Kim, 2001). 또한, 발의 위치에 따라 근육 사용량이 달라 지므로 실험을 할 때에는 발의 위치를 지정하여 최대한 오차를 줄였다.

2.5 Procedure

실험을 수행하기 전에 실험참가자들에게 연구의 목적, 실험 시 주의사항 및 실험절차를 설명한 후, 설문지를 작성하게 하였다. 체표면 형상 촬영기(MOIRE Topography)로 하는 촬영은 촬영에 동의한 실험참가자에 한해 실시하였다.

근전도 신호 측정 시 피부저항에 의한 오차를 최소화하기 위하여 알코올로 표면전극을 부착할 위치를 닦아내고, 표면전극을 부착하였다. 그리고 근전도 신호를 측정하여 정상적인 신호가 나오는 것을 확인하였다. 선정된 근육에 표면전극을 부착한 상태로, 5분 간의 휴식을 취하게 하였으며, 휴식을 취하는 동안 전체 실험의 4가지 자세에 대하여 설명하였다. 휴식을 취한 후, 각 자세 수행 시의 실험참가자들의 근육 사용량과 심박수 변화를 측정하였다. 각 자세는 3분 내에 5회씩 실시하였으며 자세가 끝나면 10분씩 휴식을 취하여 근육의 누적피로를 최소화하였다(Dolan et al., 1995). 실험참가자의 탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시의 체표면 형상을 비교하기 위해서 실험참가자의 뒷모습 체형 사진을 촬영하였다. 촬영 후 탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시의 등고선의 개수 및 등고선의 간격, 좌우 높이를 체표면 형상 촬영기(MOIRE Topography) 프로그램을 이용하여 분석하였다 (Figure 3).

실험의 모든 자세를 비디오 카메라로 녹화를 하였으며, 녹화된 동영상을 보고 올바르게 수행된 3회의 실험 결과를 선택하였다.

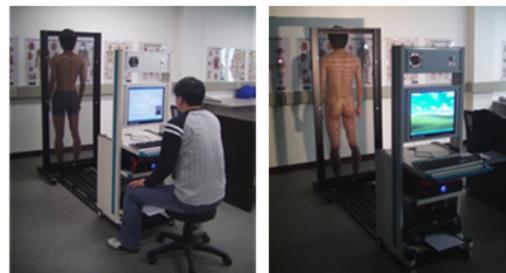


Figure 3. Example of taking a picture of Moire

2.6 Data analysis

본 실험에서는 각 종속변수 별 독립변수(성별, 탄성재질 속옷 착용 유무, 자세)의 영향을 보기 위해 통계 패키지

SPSS 17 for windows를 통해 분산분석(ANOVA)을 하였다. 측정된 근전도 신호의 주파수 분석 결과 한국 표준 교류 전류 주파수인 60Hz와 그 배수의 주파수에서 전기적인 잡음이 나타났고, 이를 제거하기 위하여 노치필터(Notch filter)를 사용하였다. 그리고 각각 5분의 측정시간 중에서 자세 수행 시 신호구간을 추출하여 분석하였다. 근전도 신호는 근육의 활동량 분석을 위하여 RMS(root mean square) 값을 계산하여 사용하였다. 일반적으로 개인차를 드러내는 근육 위 조직의 두께나 피부저항은 근전도 값에 영향을 끼칠 수 있으므로, 근육 사용량과 관계없는 이러한 개인차를 제거하기 위해 정규화를 실시하였다. 정규화는 스판덱스 속옷을 착용하지 않았을 때의 근육 사용량을 기준으로 스판덱스 속옷을 착용하였을 때의 근육 사용량의 변화를 설명하는 변수로 사용하였다. 스판덱스 속옷을 착용하였을 때의 근육 사용량의 변화는 스판덱스 속옷을 착용했을 때의 근육 사용량에서 스판덱스 속옷을 착용하지 않았을 때의 근육 사용량의 차이로 계산하였다. 이러한 정규화는 Equation 1과 같다.

$$NEMG_D = |NEMG_L - NEMG_R| \quad (1)$$

NEMG: Normalized EMG

EMG_O: EMG when wearing the spandex underwear

EMG_X: EMG when not wearing the spandex underwear

근육의 좌우 대칭도는 정중면을 기준으로 각 근육 별 왼쪽 근육의 사용량의 정규화 값에서 오른쪽 근육 사용량의 정규화 값의 차이로 계산되었다(Equation 2).

$$NEMG_D = |NEMG_L - NEMG_R| \quad (2)$$

NEMG_D: Degree of symmetric difference of Normalized EMG

NEMG_L: Left normalized EMG

NEMG_R: Right normalized EMG

실험참가자들의 탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시의 심박수를 측정하고 비교하였다. 두 경우의 심박수를 비교하기 위해 탄성재질 속옷 미 착용 시의 Standing 상태의 측정 값을 기준으로 하여 아래의 Equation 3으로 계산하여 정규화하여 사용하였다.

$$NHR_{Posture} = \frac{HR_{(W, Posture)} - HR_{(WO, standing)}}{HR_{(N, standing)}} \quad (3)$$

NHR: Normalized heart rate

HR_W: Heart rate with spandex underwear

HR_{WO}: Heart rate without spandex underwear

3. Results

3.1 Symmetry of left and right muscle activity

근육 활동도(activity)의 좌우 비대칭성을 비교하기 위해, 탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시에 대하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 분산분석 결과, 배곧은근(RA; Rectus abdominis)에서는 자세($p < 0.01$), 착용 유무($p < 0.01$)에서 유의한 차이가 있었고, 자세와 착용 유무에서 교호작용($p < 0.01$)이 있었다. 그리고 척추세움근(ES; Erector Spinae)에서는 자세($p < 0.01$), 착용 유무($p < 0.01$)에서 유의한 차이가 있었다.

넙다리네갈래근(QF; Quadriceps Femoris)에서는 자세($p < 0.01$), 착용 유무($p < 0.01$)에서 유의한 차이가 있었다.

Table 3. ANOVA(F-value) assessing symmetry of left and right muscle activity and heart rate

| Asymmetry | Posture | Sex | Clothing condition | Posture × Sex | Clothing condition × Sex | Posture × Clothing condition | Posture × Clothing condition × Sex |
|------------------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| ANOVA for individual muscle | | | | | | | |
| RA | 10.988** | 2.139 ^a | 20.676** | 2.347 ^a | 1.947 | 5.785** | 0.408 |
| ES | 17.175** | 0.853 ^a | 10.362** | 1.459 ^a | 0.006 | 0.838 | 0.699 |
| QF | 19.672** | 1.390 ^a | 17.361** | 0.327 ^a | 2.026 | 3.076* | 7.449 |
| BF | 15.449** | 10.468** | 5.930* | 5.680** | 0.847 | 0.638 ^a | 0.347 |
| ANOVA for Cardiovascular | | | | | | | |
| Heart Rate | 6.080** | 5.726* | 7.106* | 0.505 | 0.424 | 1.030 | 0.647 |

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, (RA: Rectus Abdominis, ES: Erector Spinae, QF: Quadriceps Femoris, BF: Biceps Femoris.)

자세와 착용 유무에서 교호작용($p < 0.05$)이 있었다. 넓다리 두갈래근(BF; Biceps Femoris)에서는 자세($p < 0.01$), 성별($p < 0.01$), 착용 유무($p < 0.05$)에서 유의한 차이가 있었고, 자세와 성별에서 교호작용($p < 0.01$)이 있었다(Table 3).

유의한 차이가 있었던 배곧은근을 대상으로 다양한 자세에 대해 Scheffe test로 사후분석을 하였다. 그 결과 Fully Squat(0.36), Flexion(0.22), Fixed Flexion(0.25)과 Fixed Extension(2.06)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 다른 자세 보다 Flexion 자세에서 대칭성이 높게 나타났다(Table 4, Figure 4).

Table 4. Scheffe(post hoc test) of RA activity for various postures

| | Fully Squat | Flexion | Fixed Flexion | Fixed Extension |
|------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|
| Scheffe grouping | B | B | B | A |
| Mean | 0.36 | 0.22 | 0.25 | 2.06 |

배곧은근의 착용 유무에 대해 사후분석 결과는 탄성재질 속옷 착용(0.50)과 탄성재질 속옷 미 착용(0.90)의 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 탄성재질 속옷 착용 시의 좌우 대칭성이 높게 나타났다(Table 5, Figure 4).

Table 5. Scheffe(post hoc test) of RA activity for clothing condition

| | Wear | Nude |
|------------------|------|------|
| Scheffe grouping | B | A |
| Mean | 0.50 | 0.90 |

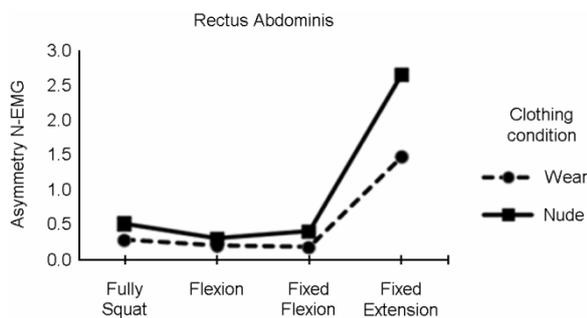


Figure 4. Interaction effects of N-EMG on RA between various posture and clothing condition

척추세움근은 자세에 대해 사후분석 결과, Fully squat

(1.90), Flexion(2.00), Fixed Flexion(1.80)과 Fixed Extension(0.30)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, Fully Squat, Flexion, Fixed Flexion 자세보다 Fixed Extension 자세에서 좌우 대칭성이 높게 나타났으며, 보정용 속옷을 입었을 때보다, 입지 않았을 때가 대칭성이 높게 나타났다($p < 0.05$) (Table 6, Figure 5).

Table 6. Scheffe(post hoc test) of ES activity for various postures

| | Fully Squat | Flexion | Fixed Flexion | Fixed Extension |
|------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|
| Scheffe grouping | A | A | A | B |
| Mean | 1.90 | 2.00 | 1.80 | 0.30 |

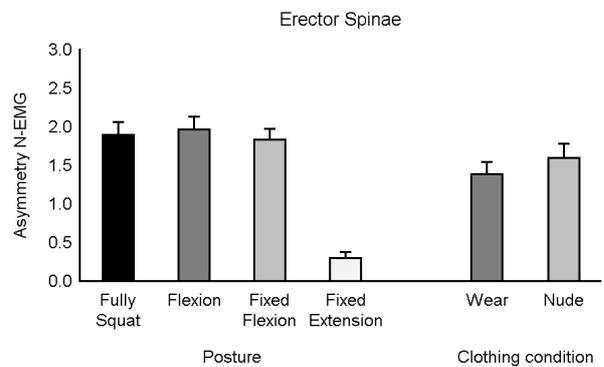


Figure 5. Main effect of performance posture and clothing condition for ES

넓다리네갈래근의 자세에 대해 사후분석 결과는 Fully Squat(23.31)와 Flexion(1.54), Fixed Flexion(1.67)과 Fixed Extension(11.48)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 다른 자세보다, Flexion, Fixed Flexion 자세에서 좌우 대칭성이 높게 나타났다(Table 7, Figure 6).

Table 7. Scheffe(post hoc test) of QF activity for various postures

| | Fully Squat | Flexion | Fixed Flexion | Fixed Extension |
|------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|
| Scheffe grouping | A | C | C | B |
| Mean | 23.31 | 1.54 | 1.67 | 11.48 |

넓다리네갈래근은 착용 유무(Condition)에 대해 사후분석 결과 탄성재질 속옷 착용(8.20)과 탄성재질 속옷 미 착용

용(10.80)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 탄성재질 속옷 착용 시의 좌우 대칭성이 좋게 나타났다(Table 8, Figure 6).

Table 8. Scheffe(post hoc test) of RA activity for various postures

| | Wear | Nude |
|------------------|------|-------|
| Scheffe Grouping | B | A |
| Mean | 8.20 | 10.80 |

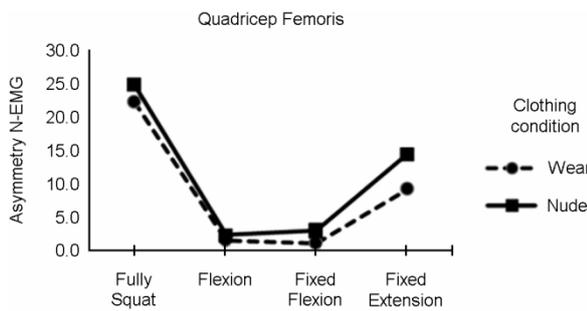


Figure 6. Interaction effects of N-EMG on QF between clothing posture and condition on Quadriceps Femoris

넙다리두갈래근은 자세에 대해 사후분석 결과는 Fully Squat(6.17), Fixed Extension(1.26)와 Flexion(12.72), Fixed Flexion(14.36)이 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 다른 자세보다, Fully Squat과 Fixed Extension 자세에서 좌우 대칭성이 좋게 나타났다(Table 9, Figure 7).

Table 9. Scheffe(post hoc test) of BF activity for posture

| | Fully Squat | Flexion | Fixed Flexion | Fixed Extension |
|------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|
| Scheffe grouping | B | A | A | B |
| Mean | 6.17 | 12.72 | 14.36 | 1.26 |

넙다리두갈래근은 성별(Sex)에 대해 사후분석 결과는 남자(13.1)와 여자(4.1)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 즉, 남자보다 여자가 좌우 대칭성이 좋게 나타났다(Table 10, Figure 7).

3.2 Heart rate

박수를 비교하기 위해 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

Table 10. Scheffe(post hoc test) of RA for sex

| | Male | Female |
|------------------|------|--------|
| Scheffe grouping | A | B |
| Mean | 13.1 | 4.1 |

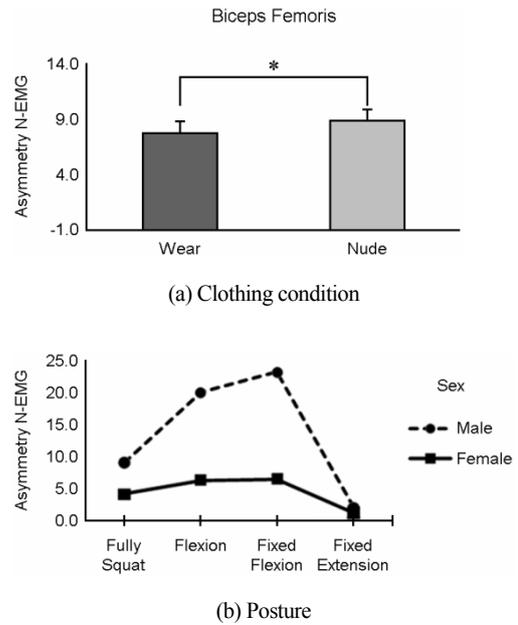


Figure 7. Main effect of clothing condition and interaction between posture and sex on Biceps femoris

분산분석 결과, 심박수는 자세($p < 0.01$), 성별($p < 0.05$), 착용 유무($p < 0.05$)에서 유의한 차이가 있었다(Table 3).

심박수는 Fully Squat를 제외하고는 Standing 상태에서 측정된 심박수(0%)보다 유의하게 낮게 나왔다($p < 0.01$, Figure 8a). 성별은 남자보다는 여자가 심박수가 유의하게 낮게 나타났고($p < 0.05$, Figure 8b), 탄성재질 속옷 착용 유무에서는 탄성재질 속옷을 착용 시 심박수가 유의하게 낮게 나타났었다($p < 0.05$, Figure 8c).

유의한 차이가 있었던 자세(posture)에 대해 Scheffe test로 사후분석을 하였다. 그 결과 Fully Squat(4.6%)와 Flexion(-1.3%), Fixed Flexion(-1.8%), Fixed Extension(-1.0%)는 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$, Table 11). 즉, 다른 자세 보다 Fully Squat 자세에서 심박수가 높았다.

3.3 Topography of body surface

체표면 형상을 비교하기 위해 총 19명에 대해서 탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시에 대하여 등고선의 위치, 개수를

셈하여 분석하였다. 그 결과 체표면 형상은 등고선의 위치 및 개수의 변화가 거의 없었다(Figure 9).

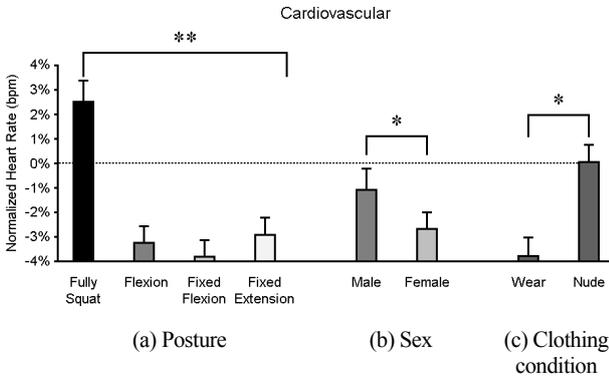


Figure 8. Main effect of heart rate

Table 11. Scheffé(post hoc test) of heart rate for posture

| | Fully Squat | Flexion | Fixed Flexion | Fixed Extension |
|------------------|-------------|---------|---------------|-----------------|
| Scheffé grouping | A | B | B | B |
| Mean | 0.046 | -0.013 | -0.018 | -0.010 |



Figure 9. Topography of body surface (sample)

4. Discussion

본 연구는 탄성재질 속옷이 허리 및 엉덩이 근육에 미치는 영향을 평가하기 위해 근전도, 심박수, 체표면 형상 촬영을 통하여 인체에 미치는 영향을 알아보았다.

탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시의 근육 사용량을 비교해 보면, 모든 자세에서 탄성재질 속옷을 착용 시 근육 사용량이 적게 나타났다. 이 결과는 허리벨트 착용 시 근 활동량을 줄여주고(Calmels and Fayolle-Minon, 1996), 굽힘 동작 시 근피로를 줄여준다는(Perkins and Blosswick, 1995) 연구 결과와의 유사성을 살펴볼 수 있었다.

근육 사용량의 좌우 대칭성을 비교해 보면, 대부분의 자세에서 탄성재질 속옷의 착용 시가 미 착용 시보다 좌우 대칭성이 높게 나타났다. 특히 Fully Squat와 Flexion 동작은 실험에 사용된 모든 근육에서 근육 사용량의 좌우 대칭 보정 효과가 높게 나타났다. 이 두 동작은 일상생활에서 자주 발생하는 앉았다 일어나는 행동과 관련된 동작이다. 이 결과는 탄성재질 속옷이 허리의 좌우 근육을 골고루 지지해줌으로써 다리와 관련된 근육들의 좌우 비대칭을 적게 하는 것으로 추측된다.

심박수의 경우, 탄성재질 속옷 착용 시 심박수가 떨어지는 현상이 관찰되었다. 이 결과는 Nagayama 외(1995)의 연구에서 보고된 것과 같이 여성이 거들 착용 시 부교감신경이 활성화되어 거들 미 착용 시보다 심박수가 떨어진다는 결과와 비슷한 양상을 보인다. 자율신경계는 혈압과 호흡률을 통제하는 신경계이므로 사용시 각별한 주의가 기울여야 한다. 특히, 임산부의 부교감신경계가 활성화되면 임산부는 태아에게 산소 및 영양공급을 제대로 못할 수 있다(Abo, 2005). 따라서 혈관질환이 있거나 복부 압력을 피해야 하는 사람은 탄성재질 속옷 사용을 자제하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

탄성재질 속옷 착용 시와 미 착용 시의 체표면 형상 촬영에서는 짧은 시간 동안 탄성재질 속옷을 착용한 후에 촬영을 하였기 때문에 근육 사용량의 좌우 비대칭에 대한 보정 효과를 판단할 수 없었다. 추후 시간 변화에 따른 보정 효과를 측정하여 판단하여야 할 것이다.

5. Conclusion

본 연구에서는 탄성재질 속옷이 허리 및 엉덩이 근육에 미치는 영향을 평가해보았다. 그 결과 탄성재질 속옷을 착용했을 때, 미 착용 시에 비해 근육 사용량이 적게 나왔으며, 탄성재질 속옷 착용 시 근육 사용량의 좌우 대칭성이 높게 나왔다. 이런 결과를 볼 때, 본 연구에서 시험한 탄성재질 속옷은 근육의 활동량을 감소시켜 근육 긴장을 줄여주는 효과가 예상되며, 좌우 엉덩이 근육의 대칭성을 향상시켜 주는 효과가 예상된다. 이러한 효과는 탄성재질 속옷을 재활보조 기구로 사용할 수 있는 가능성을 보여주었다. 추후 좀 더 많

은 실험참가자를 통해 다양한 종류의 탄성재질 속옷에 대한 재단 패턴 구성, 재질 및 조임 정도를 측정할 실험이 필요할 것이다. 또한 재활의 효과를 구체적으로 측정하기 위한 연구 및 평가를 통해 그 효용성이 검증되어야 할 것이다.

References

- Abo, T., *The healthcare makes a disease: wrong treatment and prescription which doesn't understand immune reactions*, Moonye publishing, 2005.
- Calmels, P. and Fayolle-Minon, I., An Update on Orthotic Devices for the Lumbar Spine based on a Review of the Literature, *Revue du rhumatism*, English ed., 63(4), 285-291, 1996.
- Carter, J.T. and Birrell, L.N., *Occupational Health Guidelines for the Management of Low Back Pain at Work-Principle Recommendation*, London: Faculty of Occupational Medicine, 2000.
- Dolan, P., Mannion, A.F. and Adams, M.A., Fatigue of the Erector Spinae Muscles: A Quantitative Assessment using "Frequency Banding" of the Surface Electromyography Signal, *Spine*, 20(2), 149-159, 1995.
- Earle-Richardson, G., Jenkins P., Fulmer, S., Mason, C., Burdick, P. and May, J., An Ergonomic Intervention to Reduce Back Strain among Apple Harvest Workers in New York State, *Applied Ergonomics*, 36(3), 327-334, 2005.
- Jo, G.G., Kim, Y.S., Yang, S.M. and Son, W.Y., A Study on Waist and Lower Extremities Muscle Activities according to Foot's Positions during Flexion/extension of Legs, *The Korean Society of Sports Science*, 16(3), 737-747, 2007.
- Kim, H.W., et al. The Effect of a Yoga Correction Exercise Program for Scoliosis, *Korea Coaching Development Center*, 9(4), 93-101, 2007.
- Kim, J.Y., A Study of Trunk Muscle Fatigue and Recovery Time during Isometric Extension Tasks, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 21(2), 25-33, 2001.
- Nagayama, Y., Nakamura, T., Hayashida, T. and Ohmura, M., Cardiovascular Responses in Wearing Girdle-Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability, *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses*, 36, 68-73, 1995.
- Na, S.Y., et al. Effect of Abdominal Corset on Pulmonary Function and Oxygen Consumption in Cervical Spinal Cord-Injured Patients, *Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 23(4), 756-761, 1999.
- Nuzik, S., Lamb, R., VanSant, A. and Hirt, S., Sit-to-stand Movement Pattern: A Kinematic Study, *Physical Therapy*, 66(11), 1708-1713, 1986.
- Perkins, M.S. and Blomswick, D.S., The Use of Back Belts to increase Intraabdominal Pressure as a Means of Preventing Low Back Injuries: A Survey of the Literature, *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 1(4), 326-335, 1995.

Van Poppel, M., *The Prevention of Low Back Pain in Industry*, PhD Dissertation, Vrije Universiteit, Amsterdam, Netherlands, 1999.

Author listings

Seung Nam Min: dukorea@hanyang.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

Position title: Post Doc., Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Physical User Interface, Safety Management

Mi Sook Kim: mskim@khu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Textiles and Clothing, the Ohio state University

Position title: Professor, Department of Clothing and Textiles, Kyung Hee University

Areas of interest: Affective Clothing, Consumer Psychology

Jung Yong Kim: jungkim@hanyang.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, the Ohio state University

Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: UX/UI, Biomechanics, Cognitive psychology, Human interface design

Young Jin Cho: souljan@hanyang.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Hanyang University

Position title: Researcher, Department of Industrial and Management Engineering, Hanyang University

Areas of interest: Biomechanics, Biosignal Analysis, Physical User Interface, Safety Management

Date Received : 2013-01-07

Date Revised : 2013-04-19

Date Accepted : 2013-04-20