

Comparative of Quadriceps Muscle Activity during Stair Gait depending on Short-time Sitting and Gender

단시간 착석과 성별에 따른 계단보행 시 대퇴사두근 근활성도 비교분석

Sangha Park¹, Duhyun Kim¹, Sabin Chun¹, Qian Qian¹, Taegyu Kim², Young Hoon Kim², Jae Myoung Park³, Jong Chul Park^{2,4}

¹Department of Physical Education, Graduate School Pukyong National University, Busan, South Korea

²Major of Marine Sports, Division of Smart Healthcare, Pukyong National University, Busan, South Korea

³Department of Youth Guidance and Sport Education, Korea National Sports University, Seoul, South Korea

⁴Marine Designing Education Research Group, Pukyong National University, Busan, South Korea

Received : 30 January 2023

Revised : 03 March 2023

Accepted : 03 March 2023

Corresponding Author

Jong Chul Park

Major of Marine-Sports,
Division of Smart Healthcare /
Marine Designing Education
Research Group, Pukyong
National University, 45,
Yongso-ro, Nam-gu, Busan,
48513, South Korea

Email : jcpark@pknu.ac.kr

Objective: The purpose of this was to find out the muscle activity of the quadriceps femoris by gender when sitting on a chair while performing stairs gait (US; Up-stairs, DS; Down-stairs).

Method: 13 male subjects (age: 22.00 ± 1.68 yrs, height: 174.85 ± 6.10 cm, weight: 68.15 ± 9.83 kg) and 15 female subjects (age: 21.17 ± 1.58 yrs, height: 168.20 ± 5.55 cm, weight: 55.73 ± 6.94 kg) participated in this study. The study used wireless three channel EMG.

Results: In this study, there was no gender difference in quadriceps femoris activity during the US and DS periods, and there was no significant difference between the male group before and after postural maintenance during the US and DS periods. The quadriceps muscle of the female group also did not show a significant difference before and after US sitting. However, the vastus medialis muscle activity during DS in the female group was significantly lower after application than before application of maintaining a sitting posture ($p < .05$). There was no interaction effect between the 15-minute sitting position application and gender.

Conclusion: Our results demonstrate that sitting in a chair affects the transient functioning of the quadriceps muscle in women. Therefore, emphasize the need for active rest when sitting in a chair for long periods of time.

Keywords: Quadriceps muscle, Gender, Muscles activity, Sitting, Stair gait

INTRODUCTION

대퇴사두근(Quadriceps muscle)은 양관절 근육인 대퇴직근(Rectus femoris; RF), 단관절 근육의 형태인 내측광근(Vastus medialis; VM)과 외측광근(Vastus lateralis; VL)으로 구성되어

무릎 굴곡 또는 신전을 담당한다(Maffiuletti et al., 2007). 뿐만 아니라, 무릎 관절에 동적 안정성을 제공하는 슬개골(Patella)의 움직임을 조절하여 보행이나 계단 오르기와 내리기 그리고 점프 같이 일상에서 요구로 하는 기능적 활동에 중요한 역할을 가진다(Farahmand, Tahmasbi & Amis, 2004; Maffiuletti

Table 1. Characteristics of participants

| Group | Age (yrs) | Height (cm) | Weight (kg) | Dominant leg (n, %) | | IPAQ (n, %) | |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|----------|---------------|----------|
| | | | | Right | Left | Middle | Low |
| Male (n=13) | 22.00±1.68 | 174.85±6.10 | 68.15±9.83 | 12 (92.3) | 1 (7.7) | 10 (76.9) | 3 (23.1) |
| Female (n=15) | 21.07±1.58 | 164.20±5.55 | 55.73±6.94 | 13 (86.7) | 2 (13.3) | 10 (66.7) | 5 (33.3) |
| <i>t</i> (<i>p</i>) / <i>Z</i> (<i>p</i>) | -1.481 (.138) [§] | 4.829 (.001) [*] | 3.902 (.001) [*] | 0.232 (.630) | | 0.359 (0.549) | |

Note. significant at ^{*}*p*<.05, [§]non-parametric statistics

et al., 2007; Mohammadi, Taghizadeh, Ghaffarinejad, Khorrami & Sobhani, 2008). 그 중, 내측광근은 다른 근육에 비해 수축되는 방향이 수평적이고, 슬개골의 내측이동을 유지하는데 기여하는 것으로 확인되기 때문에 대퇴사두근 근육 구성요소에 의해 발생하는 슬개골 측면이동에 대항하고 슬개골의 안정제 역할을 가지는 것으로 확인된다(Lieb & Perry, 1968). 하지만, 내측광근의 약화 또는 위축으로 외측광근의 길항근 역할을 충분히 수행하지 못하여 비정상적인 슬개골의 측면이동이 나타나는 경우(Farahmand et al., 2004)에는 슬개골 불안정성(Patellar instability) 발생에 기여할 수 있으며, 이는 무릎 통증과 슬개골 주변의 연골 연화 및 망막 스트레스 유발, 무릎 골관절염(Knee osteoarthritis) 및 슬개대퇴통증후군(Patellofemoral pain syndrome) 등 다양한 무릎 질환으로 이어질 수 있다고 설명된다(Sakai, Luo, Rand & An, 2000).

다양한 무릎 질환 중 모든 문제의 25~40%를 차지하는 슬개대퇴통증후군은 무릎을 구부린 상태에서 체중을 지탱하는 기능적인 활동부터 오래 앉아있는 것과 같이 기본적인 활동 동안 슬개골 주변 또는 뒤에서 발생하는 통증으로(Cross Kay et al., 2016), 심리적 위축과 일상생활에 부정적인 영향을 미치는 것으로 보고된다(Jayaseelan, Holshouser & McMurray, 2020). 특히, 무릎 통증의 흔한 원인인 대퇴사두각의 증가나 관절 연골의 병리학적 변화와 같은 구조적 변화없이 여성이 남성에 비해 약 2배 이상 높은 발생률을 가지는 것으로 확인되는데(Boling et al., 2010), 이는 여성의 해부학적 구조(Fulkerson & Arendt, 2000), 호르몬의 변동(Dugan, 2005; Yoosefinejad, Mazaheri, Sobhani & Motealleh, 2022), 또는 기능적 결함에 기인할 수 있다(Decker, Torry, Wyland, Sterett & Steadman, 2003).

한편, 비디오 디스플레이 단말기 사용의 증가로 인해 앉아서 일하는 직업에 고용된 개인은 지난 20년 동안 꾸준히 증가하는 추세이며, 업무 수행을 위해 장시간 정적인 자세를 유지하거나 반복적인 동작을 수행하는 경우 업무와 관련된 근골격계 질환에 노출될 수 있다(Kett & Sichtung, 2020). 특히, 정적인 자세를 유지하는 것은 근육의 경직(Kett & Sichtung, 2020),

그리고 대퇴사두근 운동단위의 활동 및 힘에 영향을 미쳐 대퇴사두근의 피로를 가속시키고 슬개대퇴통증후군 발달에 잠재적으로 기여할 수 있다고 설명된다(Irawan, Sinsurin & Sonsukong, 2022; Collins, Vicenzino, Van der Heijden, Rianne & Van Middelkoop, 2016). 그러나, 장시간 앉아서 일하는 사람들을 대상으로 능동적 휴식을 권장하기 위한 과학적 근거는 부족한 실정이며(Jans, Proper & Hildebrandt, 2007), 현대인의 직업관련장애와 관련된 대부분의 연구는 장시간 앉은 자세를 유지한 전후 허리나 목의 주변 근육의 근육의 피로, 경직(Kett & Sichtung, 2020), 또는 근활성도를 관찰하는 연구가 주를 이루고 있다(De Carvalho & Callaghan, 2011). 이에 남성보다 여성이 무릎 관절과 관련된 질환에 취약하고(Boling et al., 2010), 앉은 시간을 줄이거나 이를 보상할 필요성을 강조하기 위해서는(Jans et al., 2007), 계단 오르기 및 내리기 작업 중 성별과 앉은 자세 유지에 따른 대퇴사두근 근활성도 차이를 비교분석 할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 의자에 착석하고 일정시간을 유지한 후, 계단보행을 수행하였을 때 성별에 따른 대퇴사두근의 근활성도를 비교분석 하고자 하며, 이러한 결과는 15분 동안 의자에 앉아 자세를 유지하는 것에 따라 대퇴사두근에 미치는 영향을 이해하고 능동적 휴식을 권장하기 위한 과학적 근거를 제시할 수 있다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구는 교내 생명윤리위원회로부터 승인(No. 1041386-202211-HR-76-02)을 받아 계단보행을 수행하는데 지장이 없는 건강한 20대 남성 13명과 여성 15명을 대상으로 선정하였다. 모든 대상자는 측정 시작 3개월 이내 하지 부상 및 수술을 경험하지 않거나, 좌우 다리 길이가 2 cm 이내(Irawan et al., 2022)인 자로 대상자의 인구통계학적 특성은 <Table 1>과 같다. 또한, 대상자에게 연구목적과 실험과정에 대한 충분한 설명을 통해 자발적인 참여 의사를 확인 후, 서면 동의서와 국

제신체활동설문지(International Physical Activity Questionnaire; IPAQ)를 작성하도록 요청하였다.

2. 근전도 측정방법

1) 전극부착

본 연구는 내측광근과 외측광근 그리고 대퇴직근 근활성도 데이터 수집을 위해 표면 무선 근전도(mini DTS, Noraxon, USA; sampling rate 1,500 Hz) 3채널을 사용하였고, 모든 대상자는 준비된 반바지를 착용하였다. 표면 전극을 부착하기 전 오류 및 저항을 최소화하기 위해 부착 부위의 피부표면에 털을 제거하고 알코올 솜을 사용해 피부표면을 정돈하였다. 전극은 일회용 은/염화은(Ag/AgCl) 표면 전극(single electrode T246H)을 사용하였으며, 우세측 다리의 근복(muscle belly)에 부착하기 위해 근육의 비침습적 평가를 위한 표면 근전도 검사 가이드(Surface Electromyography for the non-invasive Assessment of Muscles; SENIAM, n.d.)를 참조하였다. 두 명의 연구자에 의해 전극이 부착되었으며 우세측 다리는 축구공을 차는 다리로 구별하였다(Mok, Bahr & Krosshaug, 2018).

2) 최대 자발적 등척성 수축 측정

근활성도 측정에 앞서 각 근육의 최대 자발적 등척성 수축(Maximum voluntary isometric contraction; MVIC) 데이터를 수집하였다. 모든 대상자는 레그 익스텐션(Leg-extension) 기구에 앉아 양쪽 손은 손잡이를 잡고 엉덩이와 무릎이 90°로 굴곡이 된 상태로 고정되었고, 최대한의 노력으로 무릎을 신전하여 5초간 유지하였다(Beutler, Cooper, Kirkendall & Garrett Jr, 2002). 모든 측정은 총 3회 반복하였으며, 각 시도 사이에 충분한 휴식을 제공하였다.

3) 실험절차

모든 대상자는 <Figure 1>과 같이 실험절차를 진행하였다. 계단보행을 수행하기 위해 건물 내 비상계단에서 스스로 선택한 속도로 계단 오르기과 내리기를 각 3회씩 진행하였으며, 측정 사이 충분한 휴식을 제공하였다. 측정 시 대상자의 손이 벽면이나 난간을 잡거나 장비의 오작동으로 인한 데이터는 즉시 폐기 후 재측정 하였다. 사전 측정을 마친 후, 손의 지지가 없고 무릎과 발목이 수직으로 내려오도록 <Figure 2>과 같은 자세를 15분간 유지하도록 요청하였다. 또한, 스마트 기기를 사용하여 무의식적인 손의 지지를 최소화하였다. 제한시간 종료 후, 사전 측정과 동일한 방법으로 계단 오르기과 내리기를 각 3회씩 사후 측정을 실시하였다(Irawan et al., 2022).

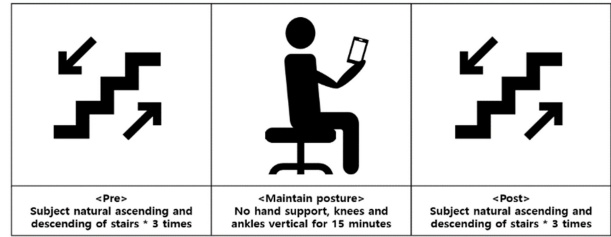


Figure 1. Experimental procedure



Figure 2. Sitting posture

3. 자료처리

모든 데이터는 Noraxon MR3 3.14 소프트웨어를 사용하여 수집하였으며, 원자료(raw data)에서 대역통과필터(Band pass filter) 20~450 Hz로 설정하여 노이즈를 제거하였고 제곱 평균 제곱근(Root mean square, RMS)을 100 ms (Milliseconds; ms)로 설정하여 평활화(Smoothing)하였다. 최대 자발적 등척성 수축 데이터는 측정 시간의 5초 중 중간값 3초의 평균값을 산출하였으며, 3회 평균값을 기준값으로 설정하였다. 계단 오르기과 내리기는 각 동작의 최대값을 기준으로 전후 50 ms 구간이 선택되었고 총 100 ms의 평균값을 산출하였다(Irawan et al., 2022). 산출된 데이터는 최대 자발적 등척성 수축에 대한 백분율(%MVIC)로 계산하여 정규화(Normalization)하였다.

$$\%MVIC = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{MVIC}}$$

Table 2. Quadriceps muscle activity by gender in maintaining sitting on a chair during stair walking (%MVIC)

| | Group | Pre | Post | <i>t</i> (<i>p</i>) | <i>F</i> (<i>p</i>) |
|----|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| VM | Male | 62.01±19.90 | 61.74±19.64 | 0.705 (0.495) | - |
| | Female | 71.51±19.21 | 71.79±16.42 | 0.489 (0.635) | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -1.214 (0.237) | -0.816 (0.422) | | |
| US | Male | 62.78±15.28 | 64.51±17.54 | -0.998 (0.342) | - |
| | Female | 72.42±20.17 | 72.95±16.42 | 0.210 (0.839) | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -1.264 (0.221) | -1.028 (0.315) | | |
| RF | Male | 35.62±23.66 | 34.34±24.07 | 0.255 (0.803) | - |
| | Female | 43.99±14.44 | 46.05±15.10 | -1.405 (0.184) | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -1.147 (0.262) | -1.526 (0.140) | | |
| VM | Male | 43.15±13.26 | 41.14±14.65 | 0.490 (0.633) | 1.921 (.178) |
| | Female | 56.12±20.42 | 45.06±17.69 | 2.586 (0.023)* | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -1.940 (0.064) | -0.632 (0.533) | | |
| DS | Male | 48.25±14.17 | 45.81±13.20 | 1.508 (0.157) | - |
| | Female | 51.09±17.58 | 47.13±15.26 | 1.398 (0.184) | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -0.467 (0.645) | -0.242 (0.811) | | |
| RF | Male | 31.85±20.40 | 29.37±15.11 | 1.090 (0.297) | - |
| | Female | 33.47±15.54 | 33.64±12.77 | -0.060 (0.953) | |
| | <i>t</i> (<i>p</i>) | -0.237 (0.814) | -0.809 (0.426) | | |

Note. significant at * $p < .05$

VM: Vastus medialis, VL: Vastus lateralis, RF: Rectus femoris, US: Up-stairs, DS: Down-stairs

4. 통계분석

본 연구의 통계처리는 SPSS 27.0 (IBM, Armonk, USA) 통계 프로그램을 사용하였으며, Shapiro-Wilk의 정규성 검정의 결과에 따라 모수 또는 비모수 검정법을 실시하였다. 성별에 따른 집단 간 인구통계학적 차이를 확인하기 위해 독립표본 *t* 검정(Independent *t*-test) 또는 맨휘트니 검정(Mann-Whitney *U* test)을 사용하였다. 성별과 일정시간 자세 유지에 따른 상호작용(interaction) 효과를 확인하기 위해 이변량 반복측정 분산분석(Two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 성별과 15분 자세 유지에 따른 주효과(main effect)를 나타내는 경우 독립표본 *t* 검정 또는 대응표본 *t* 검정(Paired *t*-test)을 실시하였다. 모든 결과는 평균 ± 표준편차로 제시되며, 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

RESULTS

1. 계단보행 시 의자 착석유지가 성별에 따른 대퇴사두근 근활성도

계단 오르기과 내리기 작업 중 15분 동안 의자에 착석 후 일정시간유지가 성별에 따른 대퇴사두근 근활성도를 비교 분석 한 결과는 <Table 2>와 같다. 계단 오르기과 내리기 시 모든 근활성도는 성별에 따른 차이를 나타내지 않았으며, 남성집단의 경우 계단 오르기과 내리기 시 모든 근활성도는 자세 유지에 따른 전과 후에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 여성집단의 경우에도 계단 오르기 동안 모든 근활성도는 15분간 의자에 앉아 자세를 유지한 것에 따른 전과 후에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나, 여성집단의 계단 내리기의 경우 내측광근 근활성도는 자세 유지에 따라 전(56.12±20.42%MVIC) 보다 후(45.06±17.69%MVIC)에서 유의하게 낮게 나타났다[$F=2.586, p=0.023$]. 성별과 의자에 앉아 자세를

유지한 계단보행 전후에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

DISCUSSION

본 연구는 건강한 20대 성인을 대상으로 계단보행 시 의자 착석유지에 따른 성별의 대퇴사두근의 활동을 비교분석 하였다. 그 결과, 여성집단의 계단 내리기 시 자세 유지에 따라 내측광근의 근활성도가 전보다 후에서 낮게 나타났다.

오늘날 대부분의 직업은 사무직과 같이 장시간 동안 의자에서 업무를 하는 경향을 나타내고 근무시간의 약 2/3 동안 앉아있는 자세를 유지하는 것으로 확인된다(Collins et al., 2016). 이러한 생활방식은 신체활동 감소로 인한 부정적인 건강의 지표 중 하나로 설명되며(Daneshmandi, Choobineh, Ghaem & Karimi, 2017; Healy et al., 2008), 업무관련장애와 관련된 근골격계 장애와 높은 연관성을 가지는 것으로 보고된다(Boling et al., 2010). 특히, 하지의 경우 발의 부종을 증가시키고(Winkel & Jørgensen, 1986), 변경된 하지 근활성도 패턴을 나타내어(Nag, Chintharia, Saiyed & Nag, 1986), 장시간 앉은 자세를 유지하는 것이 잠재적으로 대퇴사두근의 피로와 스트레스 누적 및 불균형에 부정적인 영향을 미친다고 생각할 수 있다. 하지만, 본 연구에서 남성집단의 경우 15분간 자세를 유지한 전후 기능적 작업 동안 대퇴사두근의 근활성도는 유의한 차이를 나타나지 않았고, 성별에 따른 차이 또한 나타나지 않았다. 반면에, 여성집단의 계단 내리기 시 내측광근의 경우, 의자에서 자세 유지에 따라 감소하는 결과를 나타내었다. 이는, 피로를 적용하였을 때 남성보다 여성에게서 변경된 신경근 전략을 나타낸 선행연구(Gehring, Melnyk & Gollhofer, 2009)와 관련이 있다고 생각할 수 있으며, 여성은 피로에 의한 무릎 신경근 조절에 더 취약하고(Longpré, Potvin & Maly, 2013), 신경근 제어의 결핍이나 변경은 무릎 부상 위험을 예측하는 요인 중 하나로 설명되기 때문에 의자에서 앉아 있는 자세 적용이 계단보행을 수행하는 동안 대퇴사두근 기능에 부정적인 영향을 미친다고 생각할 수 있다. 하지만, 이러한 결과는 15분간 자세를 유지함에 따라 근섬유에 가해지는 기계적 효과로 인한 일시적인 결과일 수 있으므로(Rossi, Pereira, Simão, Brandalize & Gomes, 2010), 장시간 앉은 자세 적용 후 지속적인 관찰을 통해 기능적 작업 시 대퇴사두근 근활성도를 확인하여 그 차이를 검증할 필요가 있을 것으로 생각된다.

계단 오르기와 내리기는 일상에서 요구되는 기본적인 움직임에 해당하지만 보행에 비해 상대적으로 기능적 움직임에 해당한다. 따라서, 무릎 통증 발생 초기 무릎을 구부리는 체중 부하 활동에 해당하는 계단보행 시 통증이 가장 먼저 발생하는 것으로 확인되며(Hensor, Dube, Kingsbury, Tennant & Conaghan, 2015), 그 중 계단을 내려가는 것은 오르는 것 보

다 무릎 통증을 더 자주 경험하는 것으로 확인된다. 실제 본 연구에서 여성집단의 내측광근 근활성도 감소는 오직 계단 내리기 동안 확인되었는데, 이러한 결과는 무릎 통증을 가진 개인이 계단보행 시 통증 및 증상 악화를 피하기 위한 주요 전략으로 무릎 주변 근육의 힘을 줄이고(Salsich, Brechter & Powers, 2001), 발목이나 고관절에서 피로하지 않은 근육의 의존성을 증가시키거나, 근육 활동을 증가시키는 선행연구 결과와 관련이 있다고 생각할 수 있다(Salsich, Brechter & Powers, 2001). 또한, 내측광근이 수행하는 다양한 역할과 이점을 고려했을 때(Lieb & Perry, 1968), 내측광근의 근활성도 감소는 슬개골의 안정화 감소로 이어질 수 있으며, 일정시간 동안 의자에 앉아 자세를 유지하는 것이 기능적 작업 수행 시 대퇴사두근의 불균형에 잠재적으로 기여한다고 생각할 수 있다.

현대인 대부분의 직업은 업무 수행을 위해 장시간 의자에 앉아서 생활하고(Jans et al., 2007), 장시간 정적인 자세를 유지하는 것은 업무와 관련된 근골격계 장애와 많은 연관성을 가지는 것으로 보고된다(Baker, Coenen, Howie, Williamson & Straker, 2018). 하지만, 대부분의 연구가 허리 또는 목과 같은 부위에 주목하는 것으로 보고되고(Schinkel-Ivy, Nairn & Drake, 2013; De Carvalho & Callaghan, 2011; Baker et al., 2018), 무릎과 같은 하지에 대한 관심은 상대적으로 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 건강한 20대 성인을 대상으로 계단보행 시 의자 착석유지가 성별에 따른 대퇴사두근 신경근 조절을 관찰하고자 하였다. 그러나, 본 연구는 오직 건강한 20대를 성인을 대상으로 하였기 때문에 다른 연령대의 인구나, 무릎 통증을 가진 환자를 대상으로 일반화하는데 어려움이 있을 것으로 생각되며, 15분간 자세를 유지하여 즉각적인 변화만을 관찰하였기 때문에 시간 변화에 따른 대퇴사두근 신경근 패턴의 변경을 설명하기에는 어려움이 있을 것으로 생각된다. 따라서, 추후 연구에서는 다양한 연령 또는 무릎 통증을 가진 피험자를 포함하고 앉은 자세에 따른 즉각적인 평가뿐만 아니라 장시간 시간 변화에 따른 기능적 작업 시 대퇴사두근 근활성도 차이를 비교분석 한다면 보다 실용성 높은 연구결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구의 목적은 계단보행 시 의자 착석유지에 따른 성별의 대퇴사두근 근활성도 차이를 비교분석 하여 15분간 앉은 자세와 성별에 따라 기능적 작업 시 대퇴사두근 신경근 조절 패턴을 규명하고자 하였다. 본 연구는 자세 유지에 따라 건강한 여성의 계단 내리기 시 내측광근의 근활성도를 감소를 확인하였다. 이러한 결과는 장시간 동안 의자에 앉은 자세를 유지하는 것이 대퇴사두근의 일시적인 기능 감소에 영향을 미칠 수 있으며, 능동적인 휴식의 필요성을 강조한다. 추후 연

구에서는 장시간 동안 다양한 자세로 의자에 앉아 일정시간을 유지하는 것에 따른 즉각적인 평가뿐만 아니라 장시간 변화에 따른 기능적 작업 시 대퇴사두근 근활성도 차이를 명확히 할 필요가 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Pukyong National University Development Project Research Fund (Philosopher of Next Generation), 2022.

REFERENCES

- Baker, R., Coenen, P., Howie, E., Williamson, A. & Straker, L. (2018). The short term musculoskeletal and cognitive effects of prolonged sitting during office computer work. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(8), 1678.
- Beutler, A. I., Cooper, L. W., Kirkendall, D. T. & Garrett Jr, W. E. (2002). Electromyographic analysis of single-leg, closed chain exercises: implications for rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 13.
- Boling, M., Padua, D., Marshall, S., Guskiewicz, K., Pyne, S. & Beutler, A. (2010). Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(5), 725-730.
- Cheng, C., Yao, N., Liu, H. & Lee, K. (1996). Influences of configuration changes of the patella on the knee extensor mechanism. *Clinical Biomechanics*, 11(2), 116-120.
- Collins, N. J., Vicenzino, B., Van der Heijden, R. A. & Van Middelkoop, M. (2016). Pain during prolonged sitting is a common problem in persons with patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 46(8), 658-663.
- Cross Kay, M., van Middelkoop, M., Callaghan, M. J., Collins, N. J., Rathleff, M. S. & Barton, C. J. (2016). 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 2: recommended physical interventions (exercise, taping, bracing, foot orthoses and combined interventions). *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 844-852.
- Daneshmandi, H., Choobineh, A., Ghaem, H. & Karimi, M. (2017). Adverse Effects of Prolonged Sitting Behavior on the General Health of Office Workers. *Journal of Lifestyle Medicine*, 7(2), 69-75.
- De Carvalho, D. E. & Callaghan, J. P. (2011). Passive stiffness changes in the lumbar spine and effect of gender during prolonged simulated driving. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 617-624.
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I. & Steadman, J. R. (2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 662-669.
- Dugan, S. A. (2005). Sports-related knee injuries in female athletes: what gives? *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 84(2), 122-130.
- Farahmand, F., Tahmasbi, M. N. & Amis, A. (2004). The contribution of the medial retinaculum and quadriceps muscles to patellar lateral stability—an in-vitro study. *The Knee*, 11(2), 89-94.
- Fulkerson, J. P. & Arendt, E. A. (2000). Anterior knee pain in females. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 37269-37273.
- Gehring, D., Melnyk, M. & Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical Biomechanics*, 24(1), 82-87.
- Healy, G. N., Dunstan, D. W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J. E., Zimmet, P. Z. & Owen, N. (2008). Breaks in sedentary time: beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes Care*, 31(4), 661-666.
- Hensor, E. M., Dube, B., Kingsbury, S. R., Tennant, A. & Conaghan, P. G. (2015). Toward a clinical definition of early osteoarthritis: onset of patient-reported knee pain begins on stairs. Data from the osteoarthritis initiative. *Arthritis Care & Research*, 67(1), 40-47.
- Ho, K., Hu, H. H., Colletti, P. M. & Powers, C. M. (2014). Recreational runners with patellofemoral pain exhibit elevated patella water content. *Magnetic Resonance Imaging*, 32(7), 965-968.
- Irawan, D. S., Sinsurin, K. & Sonsukong, A. (2022). Alteration of quadriceps muscle activity during functional step tasks after extended sitting session. *The Knee*, 3720-3727.
- Jans, M. P., Proper, K. I. & Hildebrandt, V. H. (2007). Sedentary behavior in Dutch workers: differences between occupations and business sectors. *American Journal of Preventive Medicine*, 33(6), 450-454.
- Jayaseelan, D. J., Holshouser, C. & McMurray, M. W. (2020). Functional Joint Mobilizations for Patellofemoral Pain Syndrome: a Clinical Suggestion. *International Journal of*

- Sports Physical Therapy*, 15(4), 643-649.
- Kett, A. R. & Sichtung, F. (2020). Sedentary behaviour at work increases muscle stiffness of the back: why roller massage has potential as an active break intervention. *Applied Ergonomics*, 82102947.
- Longpré, H. S., Potvin, J. R. & Maly, M. R. (2013). Biomechanical changes at the knee after lower limb fatigue in healthy young women. *Clinical Biomechanics*, 28(4), 441-447.
- Lieb, F. J. & Perry, J. (1968). Quadriceps function: an anatomical and mechanical study using amputated limbs. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 50(8), 1535-1548.
- Maffioletti, N. A., Jubeau, M., Munzinger, U., Bizzini, M., Agosti, F., De Col, A., Lafortuna, C. L. & Sartorio, A. (2007). Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 101(1), 51-59.
- Mohammadi, F., Taghizadeh, S., Ghaffarinejad, F., Khorrami, M. & Sobhani, S. (2008). Proprioception, dynamic balance and maximal quadriceps strength in females with knee osteoarthritis and normal control subjects. *International Journal of Rheumatic Diseases*, 11(1), 39-44.
- Mok, K., Bahr, R. & Krosshaug, T. (2018). Reliability of lower limb biomechanics in two sport-specific sidestep cutting tasks. *Sports Biomechanics*, 17(2), 157-167.
- Nag, P., Chintharia, S., Saiyed, S. & Nag, A. (1986). EMG analysis of sitting work postures in women. *Applied Ergonomics*, 17(3), 195-197.
- Rossi, L. P., Pereira, R., Simão, R., Brandalize, M. & Gomes, A. (2010). Influence of static stretching duration on quadriceps force development and eletromyographic activity. *Human Movement*, 11(2).
- Sakai, N., Luo, Z., Rand, J. A. & An, K. (2000). The influence of weakness in the vastus medialis oblique muscle on the patellofemoral joint: an in vitro biomechanical study. *Clinical Biomechanics*, 15(5), 335-339.
- Salsich, G. B., Brechter, J. H. & Powers, C. M. (2001). Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*, 16(10), 906-912.
- Schinkel-Ivy, A., Nairn, B. C. & Drake, J. D. (2013). Investigation of trunk muscle co-contraction and its association with low back pain development during prolonged sitting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(4), 778-786.
- Winkel, J. & Jørgensen, K. (1986). Evaluation of foot swelling and lower-limb temperatures in relation to leg activity during long-term seated office work. *Ergonomics*, 29(2), 313-328.
- Yoosefinejad, A. K., Mazaheri, M., Sobhani, S. & Motealleh, A. (2022). Electromyographic Onset and Activity Level of Medial and Lateral Hamstrings, Vastus Medialis Obliquus, and Vastus Lateralis in Women with Patellofemoral Pain During Stair Descent. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*, 9(3), 128-133.