PNF and Movement, 2023; 21(1): 107-117
https://doi.org/10.21598/JKPNFA.2023.21.1.107

Print ISSN: 2508-6227
Online ISSN: 2508-6472

Original Article

Open Access

체중심의 보조 방법에 따른 계단 오르기 시 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성 변수들과 개시시간에 미치는 즉각적인 영향 비교

신지원 · 윤삼원[1†]
연세대학교 물리치료학과, [1]우송대학교 보건복지대학 물리치료학과

Comparison of the Immediate Effects of the Assisting Method for Center of Body Weight on Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Muscle Activation Variables and Muscle Onset Time During Stair Ascending

Ji-Won Shin, P.T., M.S. · Sam-Won Yoon, P.T., Ph.D.[1†]
Department of Physical Therapy, Yonsei University
[1]Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Woosong University

Received: March 08, 2023 / Revised: March 22, 2023 / Accepted: April 07, 2023
ⓒ 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association
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.

| Abstract |

Purpose: The aim of this study is to compare the immediate effects of weight-assisting methods on vastus medialis oblique (VMO) and vastus lateralis (VL) muscle activation, on the VMO/VL muscle activation ratio, and on muscle onset time in healthy subjects when ascending stairs.

Methods: Healthy participants were randomly assigned to the belt group (n = 11), hand group (n = 11), and control group (n = 11). In the belt group, a belt was wrapped around the sacrum and pulled forward with both hands, moving the center of weight forward, while ascending stairs. The hand group grasped the hips with both hands and climbed stairs, assisting their weight from the rear and moving the center of weight backward, and the control group climbed the stairs without any intervention.

Results: Muscle activation of the VMO decreased significantly after the intervention in the belt and hand groups, and activation of the VL muscle in both groups showed a greater decrease than that of the VMO muscle. Further, the VMO/VL muscle activation ratio increased significantly, with an improvement shown in the order of the belt group, hand group, and control group, while muscle onset time also improved in the order of the belt group, hand group, and control group.

Conclusion: The belt group demonstrated the greatest effect across all dependent variables, confirming that in clinical practice, these two weight-assisting methods are more effective interventions during stair ascent for patients with knee joint instability, pain, and imbalance than no assistance.

†Corresponding Author : Sam-Won Yoon (idmap33@wsu.ac.kr)

Key Words: Quadriceps muscle, Muscle Development, Muscle activation, Muscle onset time

Ⅰ. 서 론

계단 보행은 일상생활에서 평지 보행을 제외하고 이동수단의 흔한 활동으로 빈번하게 이루어지는 활동이다(Jun & Ryu, 2008). 계단을 오르기 위해서는 몸의 균형을 유지하면서 수평운동과 수직운동을 반복적으로 동시에 수행해야 하는 어려운 활동이다(Roys, 2001). 평지 보행과는 다르게 계단 오르기는 체중심을 전 상방으로 이동시키는 능력이 요구되기 때문에 평지 보행에 비해 더 나은 균형 조절 능력과 하지 근력을 반드시 필요로 한다(Riener et al., 2002). 계단오르기는 일상생활에서 기본적인 활동이며 근골격계나 신경계 질환자에게도 독립적인 일상생활을 위한 필수 요소이다(Christina & Cavanah, 2002). 이에 따라 계단 오르기 능력을 향상시키기 위한 여러 가지 연구가 이루어져 왔으며, 계단오르기를 도와줄 보조 도구 개발을 위한 연구나 계단 오르기 동작의 체계적 이해를 위한 운동역학적 분석(biomechanical analysis) 등의 다양한 연구들이 활발히 이루어져 왔다(Choi, 2018; Kim et al., 2011; Lin et al., 2015; Yoo, 2019). 계단 오르기에 대한 운동역학을 다룬 연구들은 계단 오르기 시 하지의 여러 관절과 근육들 간의 협업 작용이 이루어져야 계단을 오르는 능력을 끌어올릴 뿐만 아니라 부상의 위험을 감소시킬 수 있다고 하였다(Vallabhajosula et al., 2015). 특히 계단 오르기에 필요한 하지 근육들의 근력뿐만 아니라 조화로운 근활성이 일어나야 한다.

계단 오르기에 주로 작용하는 넙다리네갈래근은 안쪽넓은근, 중간넓은근, 가쪽넓은근 그리고 넙다리곧은근으로 구성된 크고, 강한 무릎관절 폄근이다. 무릎 폄근의 모멘트(knee extension moments)는 평지 보행보다 계단 오르기 동작 시 더욱 증가되기 때문에 넙다리네갈래근의 근력은 물론이며 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 조화로운 근활성이 필요하다(Cowan et al., 2001). 올바른 계단 오르기 동작을 위해서는 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 1에 가깝거나 그 이상이어야 하며, 안쪽넓은근의 개시시간이 가쪽넓은근에 비해 지연되지 않아야 한다. 그러나 무릎 퇴행성 관절염(knee osteoarthritis)이나 무릎넙다리통증증후군(patello-femoral pain syndrome)과 같이 하지 기능이 감소된 사람에게서 계단 오르기 시 안쪽넓은근의 개시시간 지연과 근활성도 비율 감소가 관찰되었다. 안쪽넓은근은 계단 오르기 시 넙다리네갈래근과 특히 가쪽넓은근에 의해 생성되는 무릎뼈 가쪽 끌림을 막아주기 위한 무릎뼈 안쪽 당기기 역할을 담당한다(Hedayatpour & Falla, 2014).

하지 기능이 감소된 환자뿐만 아니라 정상인이라도 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율 감소와 개시시간 지연은 계단 오르기 시 무릎뼈의 정상적인 운동역학을 변화시켜 부상을 유발할 수 있다(Powers, 2000). 계단 오르기 시 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율과 개시시간을 향상시키는 연구로는 Kim과 Song (2011)과 Kim (2011)의 연구가 있다. Kim (2011)은 무릎넙다리통증증후군 환자에게 무릎뼈 테이핑 적용 후 계단 오르기 시 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 증가하여 계단 오르기 능력이 향상되었다고 하였으며, Kim과 Song (2011)은 구두 굽의 높이와 근 개시시간과의 상관관계에 대한 연구를 통해 구두의 굽이 낮을수록 안쪽넓은근의 개시시간을 향상시켜 계단 오르기 시 무릎관절의 안정성을 높일 수 있다고 하였다. Seo와 Jang (2013)은 체중심의 이동에 따라 계단 오르기 능력이 변화된다고 하였다. 하지만 체중심의 보조에 대한 관련 연구가 부족하기에 계단 오르기와 체중심 보조방법 간의 상관관계를 알아보는 연구가 필요하다.

체중심의 보조 방법과 계단 오르기 간의 상관관계에 대한 자료를 제시한 매체로는 한국 공영방송사인 KBS (Korean broadcasting system)가 있다. KBS는 단순히 손으로 둔부를 잡기만 한 상태에서 계단 보행을

하면 계단 오르기 능력이 향상된다고 보도하였다. 정형외과 의사의 자문을 통해 방영된 주제였으나, 연구를 통한 입증은 이루어지지 않은 실정이다. 또한 기존 계단 오르기 연구들은 계단의 높이나 경사 차이와 같은 계단의 환경에 의한 효과를 비교하거나 단순한 장비로 즉각적으로 쉽게 보조하며 계단을 오르는 방법의 효과에 대한 연구들이 많지 않았다. 그리하여 본 연구의 목적은 손으로 둔부를 잡게 하여 체중심이 뒤로 이동된 상태에서 체중심을 보조하는 방법과 벨트를 이용하여 체중심이 앞으로 이동된 상태에서 체중심을 보조하는 방법으로 계단 오르기 시 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도와 근활성도 비율, 근 개시시간의 변화를 비교 분석하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 부산시에 소재하는 C대학교의 소속이며 20대에서 30대의 건강한 성인 33명(남성 18명, 여성 12명)을 대상자로 선정하였다. 본 연구의 취지를 이해하고 자발적인 참여에 동의한 사람을 대상자로 선정하였으며 대상자로 최종적으로 선정된 이후 벨트군과 핸드군 그리고 대조군으로 무작위 배치하였다. 본 연구는 부산가톨릭대학교 생명윤리위원회의 승인(CUPIRB-2021-065)을 받아 진행되었다. 계단오르기 시 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도의 불균형이 있는 자를 선정하기 위해 선별검사를 실시하여 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 0.9 미만인 대상자만을 선별하였다(Kim, 2011).

선별검사 이후 다음의 구체적인 선정기준에 해당하는 사람을 대상자로 선정하였다.

1) 연구의 목적과 취지를 이해하며 연구자와 의사소통 가능한 자
2) 최근 6개월 이내에 하지에 근골격계적 이상 소견이 없는 자
3) 최근 6개월 이내에 신체에 기능적 부상 경험이 없는 건강한 자
4) 최근 6개월 이내에 입원치료를 받은 적이 없는 자
5) 최근 1년 이내에 수술을 받은 적이 없는 자
6) 대상자의 나이가 20세 이상 40세 미만인 자

다음과 같은 제외 조건에 해당되는 사람은 대상자에서 제외하였다.

1) 무릎관절 수술한 자
2) 무릎뼈의 아탈구나 탈구 병력을 가진 자
3) 무릎 골관절염의 병력을 가진 자
4) 허리에 신경학적 병력을 가진 자

2. 연구 절차

본 연구에 참여한 모든 대상자에게 실험 방법을 알려주기 위해 계단 보행 시범을 보여주며 실험에 익숙해지도록 연습을 5분간 시행하였다. 본 연구에서 사용한 계단은 건축법에 제시된 계단규격 기준인 폭(width) 900mm, 너비(tread) 260mm, 계단높이(raiser) 180mm인 계단을 사용하였다(Yoon, 2008). 연구대상자는 계단까지 2걸음에 도달할 수 있는 1.5m 떨어진 위치에 서 있도록 하였다. 두 번째 계단에서 검사하고자 하는 다리를 사용하도록 하여 두번째 계단에 발뒤꿈치가 닫는 초기입각기부터 말기입각기까지 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근전도를 측정하였다(Cho, 2014; Kim, 2011; Kim & Song, 2011; Kim et al., 2014). 계단 보행의 속도는 평소 걸음으로 자연스럽게 걷도록 하였다(Cowan et al., 2001). 벨트군은 벨트를 엉치뼈에 두른 다음 양손으로 벨트를 앞으로 잡아 당겨 체중심이 앞으로 이동된 상태에서 체중심을 스스로 보조하면서 계단을 오르도록 하였으며, 핸드군은 양손으로 둔부를 잡아 체중심이 뒤로 이동된 상태에서 후방에서 체중심을 스스로 보조하면서 계단을 오르도록 하였다. 대조군은 어떠한 개입없이 계단만 오르도록 하였다. 모든 대상자들이 계단을 오를 동안 근활성도

비율과 근 수축 개시시간을 측정하였다. 총 5 step의 계단을 오르도록 하며 처음과 마지막 step을 제외한 3 step에서 자료를 추출하였다. 자료수집을 위해 3회씩 측정을 실시하며 측정간 3분씩 휴식을 실시하였다.

3. 측정방법

1) 근활성도와 근활성도 비율

안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 측정하기 위하여 완전무선 근전도 시스템(Ultium System, Noraxon co., USA)을 이용하였다. 피부 표면의 이물질을 제거하기 위해 전극 부착 부위에 의료용 알코올 솜으로 깨끗하게 닦은 다음 전극을 부착하였다. 안쪽넓은근에 대한 전극은 무릎뼈 위안쪽면에서 위쪽으로 4cm, 안쪽으로 3cm 부위에서 넙다리뼈에 대해 55도의 각도를 이루도록 부착하였며, 가쪽넓은근의 전극은 넙다리뼈의 중앙선을 기준으로 무릎뼈 가쪽 3～5cm에서 넙다리뼈에 대해 15°의 각도를 이루도록 부착하였다(Lam & Ng, 2001; Ng 2005). 공통 기준 전극(common reference electrode)은 실험을 실시하는 발의 종아리뼈 머리에 부착하였다. 근전도 신호는 표본 추출률(sampling rate) 2000Hz로 설정하였으며 대역통과(band-pass) 필터를 20Hz에서 450Hz으로 설정하고 정류(rectification) 후 제곱평균제곱근법으로(root mean square; RMS) 평활화(smoothing) 처리하며 %MVIC (maximal voluntary isometric contraction) 방법을 통해 신호를 표준화하였다. 양 근육간의 근활성도 비율은 발의 구(ball) 닿기에서 발끝 떼기 전까지의 안쪽넓은근의 표준화된 진폭을 가쪽넓은근의 표준화된 진폭으로 나눈 값으로 하였다(Kim & Song, 2011). 모든 수집된 데이터는 MR3 소프트웨어(MR3 program, Noraxon co., USA)를 이용하여 처리하였다.

2) 근 수축 개시시간

근 수축 개시시간은 근활성도 비율 측정과 동일하게 측정하였다. 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근 수축 개시시간은 계단 보행 시작 전 200ms 동안 발생하는 평균 근전도 신호보다 표준편차의 3배 범위를 초과한 신호가 25ms 이상 지속될 경우 근 수축 개시시간으로 설정하였다(Boling et al., 2006). 모든 수집된 데이터는 MR3 소프트웨어(MR3 program, Noraxon co., USA)를 이용하여 처리하며 개시시간의 차이 값을 구하기 위해 안쪽넓은근의 개시시간에서 가쪽넓은근의 개시시간을 뺀 값으로 설정하였으며 차이 값이 음의 값을 나타내면 안쪽넓은근이 더 빠르게 활성화된 것을 의미한다.

4. 자료분석

연구를 통해 얻어지는 데이터는 SPSS 26.0 for Window을 사용하여 분석하였으며, 모든 데이터 표기는 평균과 표준 편차를 사용하였다. 모든 대상자의 일반적 특성과 변수의 정규성 검정은 Shapiro-Wilks test를 이용하여 실시하였다. 집단 내 종속변수의 계단오르기 수행 전과 후를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 집단 간 계단오르기 수행 전과 후의 변화량을 비교하기 위해 일원분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후분석은 Bonferroni 수정법을 이용하였다. 통계학적 유의 수준은 α=0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다(Table 1). 본 연구에 참여한 연구대상자의군별 평균 나이는 벨트군 23.09세, 핸드군 24.33세, 대조군 22.83세로 골고루 분배되었으며, 군별 평균 체중은 각각 71.90kg, 73.30kg, 68.94kg이었다. 평균 신장은 벨트군 170.81cm, 핸드군 171.60cm, 대조군 170.03cm이었다. 대상자들

Table 1. General characteristics of subjects (N=33)

Characteristics	Belt (n=11)	Hand (n=11)	Control (n=11)
Gender (male, female)	6, 5	6, 5	6, 5
Age (yr)	23.09±2.46[a]	24.33±2.28	22.83±0.87
Weight (kg)	71.90±14.84	73.30±9.27	68.94±11.54
Height (cm)	170.81±9.23	171.60±5.91	170.03±7.36
Ratio[b]	0.79±0.06	0.79±0.11	0.79±0.09

[a]mean±SD
[b]Vastus medialis oblique/Vastus lateralis ratio

의 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 평균 비율은 모든 군에서 0.79이었다.

2. 집단 내 근활성도 변화량

집단 내 근활성도 변화량은 Table 2와 같다(Table 2). 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도는 벨트군($p<0.00$)과 핸드군($p<0.00$)에서 계단오르기 수행 전에 비해 수행 후에 유의하게 감소하였다. 대조군에서 안쪽넓은근($p=0.69$)은 수행 후에 증가하는 경향을 보였고 가쪽넓은근($p=0.15$)은 감소하는 경향을 보였으나, 수행 전후에 유의한 차이는 없었다.

3. 집단 간 근활성도 변화량 비교

집단 간 근활성도 변화량 비교 결과는 Table 3과 같다(Table 3). 근활성도의 변화량은 군간 유의한 차이가 있었다($p<0.00$). 벨트군과 핸드군에서 모두 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도는 감소하였다. 두 군 모두 안쪽넓은근의 근활성도 감소에 비해 가쪽넓은근의 근활성도 감소가 더 컸으며, 근활성도 감소량은 핸드군에 비해 벨트군이 더 컸다. 대조군의 안쪽넓은근의 근활성도는 증가하였고, 가쪽넓은근의 근활성도는 감소하였다. 사후검정 결과, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 모두 세군 간에 각각 유의한 차이가 있었다.

Table 2. Changes in EMG[d] pre and post test within the group

Variable	Belt	Hand	Control
Pre-VMO[b] EMG	32.15±2.20[a]	32.48±2.68	31.84±2.78
Post-VMO EMG	27.38±1.96	30.52±1.80	31.84±2.78
t	10.92	5.50	-0.42
p	0.00*	0.00*	0.69
Pre-VL[c] EMG	40.61±3.18	41.02±4.66	40.47±6.98
Post-VL EMG	24.21±3.82	32.87±3.37	39.20±5.41
t	14.93	7.95	1.56
p	0.00*	0.00*	0.15

[a]mean±SD
[b]Vastus medialis oblique
[c]Vastus lateralis
[d]Electromyography

Table 3. Comparison of EMG[b] change between groups

Variable	Belt	Hand	Control	F	p
Change of VMO[c]	-4.76 ± 1.45[a,e,f]	-1.96 ± 1.18[e,g]	1.17 ± 1.34[f,g]	38.24	0.00
Change of VL[d]	-16.40 ± 3.64[e,f]	-8.15 ± 3.40[e,g]	-1.28 ± 2.72[f,g]	58.68	0.00

[a]mean±SD
[b]Electromyography
[c]Difference between post and pre vastus medialis oblique EMG
[d]Difference between post and pre vastus lateralis EMG
[e]Significant difference (p<0.05) between belt and hand group by Bonferroni's post hoc test
[f]Significant difference (p<0.05) between belt and control group by Bonferroni's post hoc test
[g]Significant difference (p<0.05) between hand and control group by Bonferroni's post hoc test

Table 4. Changes in EMG[f] ratio and onset timing pre and post test within the group

Variable	Belt	Hand	Control
Pre-ratio[b]	0.79±0.06[a]	0.79±0.11	0.79±0.09
Post-ratio[c]	1.14±0.03	0.93±0.12	0.82±0.10
t	-8.95	-7.19	-1.66
p	0.00*	0.00*	0.13
Pre-onset[d]	43.63±6.45	42.54±6.10	42.36±9.05
Post-onset[e]	29.01±7.61	36.09±4.80	41.90±9.61
t	6.95	4.38	0.54
p	0.00*	0.00*	0.60

[a]mean±SD
[b]Vastus medialis oblique/Vastus lateralis ratio in pre-condition
[c]Vastus medialis oblique/Vastus lateralis ratio in post-condition
[d]Value obtained by subtracting vastus lateralis from vastus medialis oblique EMG onset timing in pre-condition
[e]Value obtained by subtracting vastus lateralis from vastus medialis oblique EMG onset timing in post-condition
[f]Electromyography

4. 집단 내 근활성도 비율과 근 개시시간 변화량

집단 내 근활성도 비율과 근 개시시간 변화량은 Table 4와 같다(Table 4). 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율은 벨트군(p<0.00)과 핸드군(p<0.00)에서 계단오르기 수행 전에 비해 수행 후에 유의하게 증가하였다. 근 개시시간 역시 벨트군(p<0.00)과 핸드군(p<0.00)에서 계단오르기 수행 전에 비해 수행 후에 유의하게 감소하였다. 대조군에서는 수행 전후에 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율(p=0.13)과 근 개시시간(p=0.60)에서 모두 유의한 차이가 없었다.

5. 집단 간 근활성도 비율과 근 개시시간 변화량 비교

집단 간 근활성도 비율과 근 개시시간 변화량 비교 결과는 Table 5와 같다(Table 5). 계단오르기 수행에 대한 근활성도 비율의 변화량은 군간 유의한 차이가 있었다(p<0.00). 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 벨트군에서 0.35±0.13, 핸드군에서 0.14±0.06, 대조군에서 0.03±0.06가 증가하였다. 사후검정 결과, 근활성도 비율 변화량은 벨트군, 핸드군,

Table 5. Comparison of EMG[b] ratio and onset timing change between groups

Variable	Belt	Hand	Control	F	p
Change of ratio[c]	0.35 ± 0.13[a,e,f]	0.14 ± 0.06[e,g]	0.03 ± 0.06[f,g]	36.49	0.00
Change of onset[d]	-14.64 ± 6.99[e,f]	-6.45 ± 4.89[e,g]	-0.45 ± 2.81[f,g]	20.75	0.00

[a]mean±SD
[b]Electromyography
[c]Difference between post and pre ratio
[d]Difference between post and pre onset timing
[e]Significant difference (p<0.05) between belt and hand group by Bonferroni's post hoc test
[f]Significant difference (p<0.05) between belt and control group by Bonferroni's post hoc test
[g]Significant difference (p<0.05) between hand and control group by Bonferroni's post hoc test

대조군 순으로 증가했다는 세군 간에 각각 유의한 차이가 있었다.

근 개시시간의 변화량 역시 군간 유의한 차이가 있었다(p<0.00). 근 개시시간의 변화량은 수행 후에 근 개시시간이 빨라지며 벨트군에서 -14.64±6.99, 핸드군에서 -6.45±4.89, 대조군에서 -0.45±2.81으로 감소하였다. 음수값이 더 커진 결과로서 향상되었다. 사후검정 결과, 근 개시시간이 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 감소했다는 세군 간에 각각 유의한 차이가 있었다.

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 체중심의 보조 방법에 따른 계단 보행이 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도와 근활성도 비율, 근 개시시간의 변화에 미치는 영향을 비교하고자 하였다. 벨트군과 핸드군에서 안쪽넓은근의 근활성도가 계단오르기 수행 후에 유의하게 감소하였고, 가쪽넓은근의 근활성도는 안쪽넓은근의 감소에 비해 더 큰 유의한 감소를 보였다. 벨트군이 핸드군에 비해 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 더 크게 감소하였다. 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율은 유의하게 증가하였으며, 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 향상을 보였다. 근 개시시간에서 역시 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 향상을 보였으며 군간 유의한 차이가 있었다.

본 연구의 결과로서, 벨트군과 핸드군 모두 대조군에 비해 계단오르기 수행 후에 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도의 감소가 일어났다. 운동역학적으로 보았을 때, 역학적 이득이 감소하면 근육이 작용하는 동안 큰 힘으로 수축하여야 한다(Olberding et al., 2019). 계단오르기 시 보조의 일종인 무릎뼈 테이핑은 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 입각기 시 최대 근활성도를 감소시켰다(Herrington et al., 2005). 계단오르기 시에 몸의 내적인 힘은 움직임을 위한 추진력을 부여하는 하지의 힘에 해당하고, 외적인 힘의 종류는 뒤에서 밀어주는 힘이나 보조를 주는 손의 힘 등이 해당할 수 있다. 외력의 보조가 발생할 경우, 신체 내부에서 사용되는 힘의 발생이 감소하는 역학적 이득을 얻게 된다. 이를 통해 벨트군과 핸드군에서 모두 역학적 이득이 발생하였고, 근활성도의 감소율이 가장 컸던 벨트군에서 보조에 대한 역학적 이득이 가장 많이 발생했음을 알 수 있다. 계단 오르기는 전방과 상방의 신체 이동이 동시에 일어나며, 보행을 위해 상체를 전방으로 이동시켜 신체의 무게 중심을 앞으로 이동시켜야 하기 때문에 체간은 전방으로 경사지게 된다(Shin, 2000). Kim 등(2001)의 연구에 따르면, 계단 오르기 동작의 경우 무릎관절에서 힘의 발생을 동반한 신전 모멘트는 체중 부하기에 발생하고 고관절에서는 그 이후 뒤꿈치를 떼는 말기 입각기(push-off)에 신전 모멘트가 발생하였다. 이는 가쪽넓은근, 안쪽넓은근을 포함한 무릎관절의 신전근이 계단 오르기 초기인 체중 부하기부터 하지를 신전시키는 역할을 함을 추정할 수 있다. 이러한 계단 오르기 시의 전방과 상방으로의 체간 움직임에 맞추어 벨트라는 도구를 이용하여 같은 방향으로 보조하였던 벨트군에서 전, 상방향

의 방향적 보조가 증가하므로 무릎관절 신전근에서의 가장 큰 역학적 이득이 발생하였을 것으로 사료된다. 보조하는 방법은 다르지만 벨트군은 도구를 이용하여 체중을 밀어주는 효과가 있고, 핸드군 역시 손을 이용하여 체중을 밀어주는 효과가 있었기에 두 군 모두 신전근들의 근활성도가 감소한 결과가 나타난 것으로 보여진다. 벨트군과 핸드군에서 모두 수행의 효과로서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도가 감소하며 무릎관절에 대한 압박력이 감소하였을 것이다. 무릎에 걸리는 부담이 줄어든 결과, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근간의 근균형이 향상되어, 그 결과로서 두 근육의 근활성도 비율 역시 유의한 향상으로 이어진 것으로 보인다.

안쪽넓은근은 내측 지지대로서 생리학적상 근 약화가 상대적으로 빠르게 나타나며 이러한 안쪽넓은근의 약화는 대퇴사두근 근력 발달의 불균형을 만들고 무릎관절 신전 동작에 외측지지대 힘에 대응하여 내측으로 당기는 힘이 줄어듦으로 무릎뼈 아탈구의 원인으로 작용하게 된다(Hedayatpour & Falla, 2014; Pal et al., 2013). 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근 활성도 비율이 1보다 큰 것은 안쪽넓은근이 가쪽넓은근보다 정규화한 근활성도가 더 높다는 것을 나타낸다(Cho, 2014). 본 연구에서 계단 오르기 수행 후 근활성도 비율이 1보다 큰 값을 보인 군은 세 군 중 벨트군이 유일하였으며, 핸드군과 대조군과의 통계적 유의성을 보였다. 벨트군과 핸드군 모두 힘의 보조를 받는 지점은 각각 엉치뼈와 둔부로, 몸의 후방 하지 부근이다. 하지만 체중심이 뒤로 이동된 상태에서 상방향으로 스스로 엉덩이를 받치며 보조하였던 핸드군에 비해, 체중심이 앞으로 이동된 상태에서 전, 상방향으로 벨트를 당겨올리며 보조하였던 벨트군에서 계단 오르기 시의 역학적으로 보조되는 전, 상방향으로의 힘의 방향이 무릎 폄근의 모멘트를 상대적으로 더 감소시켜 안쪽넓은근의 근활성도를 더 감소시킨 것으로 사료된다. Kim(2011)의 연구에서는 무릎뼈 테이핑은 계단오르기 시 안쪽넓은근의 근활성도를 상대적으로 증가시켜 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율을 증가시켰으며, 이로 인해 무릎관절 안쪽의 안정성을 향상시켰을 것으로 생각된다. 이렇듯 테이핑이라는 보조의 방법으로써 안쪽넓은근과 가쪽넓은근간의 조화로운 근활성도가 일어난 것처럼, 본 연구에서도 벨트라는 도구와 손이라는 보조의 방법으로써 안쪽넓은근과 가쪽넓은근간의 조화로운 근활성도 협응에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다.

가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 향상을 보였고 군간 유의한 차이가 있었던 결과와 같이 근개시시간 역시 동일한 결과를 보였다. 안쪽넓은근은 정상적인 무릎뼈 위치를 유지하기 위해 가쪽넓은근보다 먼저 활성화된다(Cowan et al., 2001). 안쪽넓은근의 이러한 예측 활성화는 근수축 순서에 따라 무릎 내외측 균형 유지에 역학적 이득을 제공한다. 또한 안쪽넓은근은 5ms의 짧은 수축 지연으로도 무릎관절 측면의 압력의 증가를 유발한다(Neptune et al., 2000). 이는 무릎넙다리통증증후군 또는 무릎 불안정성을 유발할 가능성이 높다. 이전 선행 연구들에 따르면 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율이 낮은 무릎넙다리통증증후군 환자들을 대상으로 계단오르기를 한 결과, 안쪽넓은근에서 근개시시간이 더 늦게 나타났다(Cowan et al., 2001; Kim & Song, 2012). 반대로, 근활성도 비율이 증가하면 안쪽넓은근의 근개시시간 향상에 긍정적 도움이 될 것이다. 본 연구의 결과도 이와 동일하게 근활성도 비율이 높은 순서의 군대로 근개시시간의 변화에도 긍정적인 영향을 보여 무릎 내외측의 균형이 향상될수록 근수축 개시 순서도 안정적으로 변화된 것으로 보여진다.

본 연구에서는 핸드군에서도 유의한 향상이 발견되었다. 한국 공영방송 KBS 프로그램에서는 둔부를 잡으면 계단 오르기가 더 수월해진다는 보도와 실험이 있었다 (KBS Sponge 2.0 production team, Kim Young-do. 2008. The Sponge 2.0 Cyborg Project). 이때 계단 오르기 시에 둔부를 잡아 받치는 것이 상방으로의 무게 중심 이동을 방향적으로 도와 더 수월하고 빠르게 오를 수 있다고 하였다. 무릎넙다리통증증후

군 또는 무릎 불안정성은 안쪽넓은근에 비해 가쪽넓은근의 활성도가 더 크고 개시시간이 빠를 때 발생한다. 따라서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 조화로운 근활성도와 개시시간을 유도하는 방법이 필요한데, 선행연구에서 Christou (2004)는 무릎넙다리통증증후군 환자에게 무릎뼈 안쪽방향으로 적용한 테이핑 중재가 안쪽넓은근의 근활성도를 선택적으로 강화시킬 수 있으므로 이러한 중재 방법이 유용한 치료방법이 될 수 있다고 제안하였다. 또한, Cho (2014)의 연구에서는 계단 오르기 시 비우세측 어깨에 체중의 15%의 가방을 메는 것이 무릎넙다리통증증후군 환자의 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율을 증가시켰다고 보고하였다. 이렇듯 테이핑이나 가방을 메는 등 보조의 방법으로써 안쪽넓은근과 가쪽넓은근간의 조화로운 근활성도가 일어난 것처럼 본 연구에서는 핸드군이 둔부에 손을 올려 후방에서 보조를 한 정도만으로도 계단 오르기에서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 감소와, 향상된 근활성도 비율, 근 개시시간 감소에 있어 대조군에 비해 역학적 이득이 발생한다는 점을 발견하였다. 이러한 발견에는 의의가 있으나 전상방보다는 상방에 가까운 힘의 방향으로 인해 힘의 분산이 발생하며, 벨트군에 비해 체중심이 상대적으로 뒤에 위치한 상태로 계단을 오르기 때문에 체간의 불안정성으로 인해 더 큰 위험을 초래할 수 있으니, 전방에서 벨트를 이용하여 당겨올리며 보조를 하는 방법이 계단 오르기 시에 가쪽넓은근보다 안쪽넓은근의 근활성도와 근개시시간을 개선시켜 무릎관절 안정성 부여에 효과적일 것으로 보인다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 군당 연구 대상자 수가 부족하여 결과를 일반화시켜 해석하기에 어려움이 있다. 둘째, 수행 후 즉각적인 효과만을 확인하여 지속적인 효과를 확인하지 못하였다. 연구 기간을 확장하여 지속적인 효과 역시 확인하는 추후 연구가 필요할 것으로 보인다. 셋째, 해당 연구는 계단 내려가기 시에 적용되기 어려운 부분이 있어 계단을 내려갈 때의 동일 연구도 필요할 것으로 보인다. 넷째, 계단 오르기 시 벨트나 손의 보조의 정도를 수치화하여 객관적으로 확인할 수 있는 변수가 부족하였다. 보조 정도에 대한 양적 근거를 제시할 수 있는 변수를 추가하여 추후 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구는 체중심의 보조 방법에 따른 계단 보행이 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근 근활성도 비율과 각 근육의 근활성도 및 근 개시시간의 변화에 미치는 영향을 비교하고자 하였다. 벨트를 이용하여 둔부를 앞으로 잡아 당겨 체중심을 보조한 벨트군과 손으로 둔부를 잡아 받친 상태로 체중심을 보조한 핸드군, 체중심 보조 없이 계단오르기만 실시한 대조군으로 나누어 수행을 진행한 결과, 벨트군과 핸드군에서 안쪽넓은근의 근활성도가 수행 후에 유의하게 감소하였고, 두 군 모두 가쪽넓은근의 근활성도는 안쪽넓은근의 감소에 비해 더 큰 유의한 감소를 보였다. 벨트군이 핸드군에 비해 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 더 크게 감소하였고 군간 유의한 차이가 있었다. 가쪽넓은근의 근활성도 감소가 안쪽넓은근의 근활성도 감소보다 더 크게 발생하여 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율은 유의하게 증가하였으며, 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 향상을 보였다. 근 개시시간에서 역시 벨트군, 핸드군, 대조군 순으로 향상을 보였으며 군간 유의한 차이가 있었다. 벨트를 이용하여 체중심을 전방과 상방으로 당겨 올리며 계단 오르기를 진행하였던 벨트군이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 가장 큰 근활성도 감소를 보이며, 가쪽넓은근에 대한 안쪽넓은근의 근활성도 비율과 근 개시시간에서도 가장 큰 유의한 효과를 보였다. 핸드군이 손으로 둔부를 받쳐 후방에서 보조를 한 정도만으로도 계단 오르기에서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 감소와 향상된 근활성도 비율, 근 개시시간에 있어 대조군에 비해 역학적 이득이 발생한다는 점을 발견하였다. 이로써 본 연구는 이러한 계단오르기 시 두 가지의

체중심 보조 방법이 아무 보조 없이 계단을 오르는 것에 비해 임상에서 무릎 관절의 불안정성, 통증, 불균형을 가진 환자들에게 보다 효과적인 방법이라는 것을 확인할 수 있었다.

References

Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, et al. Outcomes of a Weight-Bearing Rehabilitation Program for Patients Diagnosed with Patellofemoral Pain Syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2006;87(11):1428-1435.

Cho HR. The Effects of Bag Weight and Carrying Bag Position on Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Muscle Activity Ratio during Step up in Healthy Adult. *Journal of the Korean Society of Integrative Medicine.* 2014;2(3):49-55.

Christina KA, Cavanagh PR. Ground reaction forces and frictional demands during stair descent: effects of age and illumination. *Gait & Posture.* 2002; 15(2): 153-158.

Christou EA. Patellar taping increases vastus medialis oblique activity in the presence of patellofemoral pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology.* 2003;14(4):495-504.

Choi IH. Effect of Hip Flexion and Position on Leg Muscle Activity During Step-up. Pukyong National University. Dissertation of Master's Degree. 2018.

Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2001;82(2):183-189.

Hedayatpour N, Falla D. Delayed onset of vastii muscle activity in response to rapid postural perturbations following eccentric exercise: a mechanism that underpins knee pain after eccentric exercise? *British Journal of Sports Medicine*. 2014;48(6):429-434.

Herrington L, Malloy S, Richards J. The effect of patella taping on vastus medialis oblique and vastus laterialis EMG activity and knee kinematic variables during stair descent. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology.* 2005;15(6):604-607.

Jun HM, Ryu JS. A Kinetic Analysis of the Lower Extremity during Walking on Three Different Stair width in Healthy Adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 2008;18(4):161-169.

KBS Sponge 2.0 production team, Kim Young-do. 2008. The Sponge 2.0 Cyborg Project.

Kim DY, Park CI, Jang YW, et al. Kinematic and Kinetic Comparison between Stair Climbing and Level Walking. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine.* 2001;25(6):1048-1058.

Kim HH, Song CH. Comparison of the VMO/VL EMG Ratio and Onset Timing of VMO Relative to VL in Subjects with and without Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of Physical Therapy Science.* 2012;24(12): 1315-1317.

Kim HH, Song CH. Effects of Shoe Heel Height on the Onset of VMO Relative to VL and VMO/VL EMG Ratio during Stair Ascent in Women without Knee Pathology. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.* 2011; 6(2) 135-143.

Kim HH. The Effect of Patellar Taping on the EMG Activity of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis during Stair Stepping. *Journal of Muscle and Joint Health.* 2011;18(2):249-256.

Kim SH, Ryu JH, Kim DH. Gait phase classification for Stair walking using Feature Extraction and Muscle selection based on EMG Signals. *Institute of Electronics and Information Engineers.* (2014): 1053-1056.

Kim YJ, Lee YS, Kim CW. A Kinetic Analysis of the Lower Extremity on the Normal and Abnormal Specificity of Walking on Stair for Twenties. *Korean Journal of Computational Design and Engineering.* 2011; 16(6):391-396.

Lam PL, Ng GY. Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2001; 80(11):804-808.

Lin YC, Fok LA, Schache AG, et al. Muscle coordination of support, progression and balance during stair ambulation. *Journal of Biomechanics*. 2015;48(2): 340-347.

Neptune RR, Wright IC, van den Bogert AJ. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon).* 2000;15(8): 611-618.

Ng GYF. Patellar Taping Does Not Affect the Onset of Activities of Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Before and After Muscle Fatigue. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2005; 84(2):106-111.

Olberding JP, Deban SM, Rosario MV, et al. Modeling the Determinants of Mechanical Advantage During Jumping: Consequences for Spring- and Muscle-Driven Movement. *Integrative and Comparative Biology.* 2019;59(6):1515-1524.

Pal S, Besier TF, Draper CE, et al. Patellar tilt correlates with vastus lateralis: vastus medialis activation ratio in maltracking patellofemoral pain patients. *Journal of orthopaedic research.* 2012;30(6):927-933.

Powers CM. Patellar kinematics, part I: The influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain. *Physical Therapy.* 2000;80(10): 956-964.

Riener R, Rabuffetti M, Frigo C. Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait & Posture.* 2002; 15(1):32-44.

Roys MS. Serious stair injuries can be prevented by improved stair design. *Applied Ergonomics.* 2001;32(2):135-139.

Seo KC, Jang EJ. The Effect of Gait Ability in the Stroke Patients after Lamp Gait Exercise and Stair Gait Exercise by Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2013;52(3):127-144.

Shin HS. The effect of the treatment of eccentric contraction on the stair gait in hemiplegic quadriceps. Korea National Sport University. Dissertation of Master's Degree. 2000.

Vallabhajosula S, Tan CW, Mukherjee M, et al. Biomechanical analyses of stair-climbing while dual-tasking. *Journal of Biomechanics.* 2015;48(6):921-929.

Yoo DH. Effects of Joint Angle and Muscle Activity of Lower Extremities Wearing Fire Protection Equipment During Stair Climbing. *Korean Journal of Sports Science.* 2019;28(4):1133-1141.

Yoon SH. The Effect of Stair Depth on Ground Reaction Force Parameters -Asymmetric and Variability Indices-. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 2008;18(1):169-178.