

Research Article

Open Access

라테랄 스텝 업다운 동작 시 발 너비에 따른 하지 근활성도 비교: 반복측정 실험설계

홍유진 · 오은별 · 차용준[†]

대전대학교 대학원 물리치료학과, ¹대전대학교 보건 의료과학대학 물리치료학과

Comparison of Muscle Activities of Lower Limb according to Foot Width during Lateral Step-up and Step-down Motion: Repeated Measures Design

Yu-Jin Hong, PT, MS · Eun-Byeol Oh, PT, MS · Yong-Jun Cha, PT, PhD[†]

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

¹Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: January 24, 2025 / Revised: February 3, 2025 / Accepted: February 11, 2025

© 2025 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study was conducted to investigate the most effective foot width for activating the lower extremity muscles during the lateral step-up and step-down motion according to three different foot positions.

METHODS: In this single-blinded comparative study, a total of 28 adults performed the lateral step-up and step-down motion with feet positioned at 100% of shoulder width, 75% of shoulder width, and 50% of shoulder width. Surface electromyography (EMG) data were collected from the gluteus maximus (Gmax), gluteus medius (Gmed), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), and biceps femoris (BF).

RESULTS: The Gmax, Gmed, VL, VM and BF showed statistically significant differences according to the three feet positions ($p < .05$). When the feet were positioned at 100% of the shoulder width during the lateral step-up motion, all the muscle activities were greater than when the feet were positioned at 50% of the shoulder width (Gmax, +8%, $p < .05$; Gmed, +23.1%, $p < .05$; VL, +14%, $p = .05$; VM, +16%, $p < .05$; BF, +9.4%, $p < .05$). When the feet were positioned at 100% of the shoulder width during the lateral step-down motion, the muscle activity of Gmax, Gmed, VL, and VM was greater than when the feet were positioned at 50% of the shoulder width (Gmax, +9.4%, $p < .05$; Gmed, +9.5%, $p < .05$; VL, +16.1%, $p < .05$; VM, +11.3%, $p < .05$).

CONCLUSION: During the lateral step-up and step-down motion, keeping the width between the feet the same as the shoulder width might be the most effective for activating the muscles of the lower extremity.

Key Words: Feet width, Lateral, Muscle activity, Step-down, Step-up

[†]Corresponding Author : Yong-Jun Cha
cha0874@dju.kr, <https://orcid.org/0000-0002-8553-7098>

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.

I. 서론

계단 보행은 신체 중심점이 수직으로 이동하며, 하지 관절에서 굽힘과 펴이 반복적으로 이루어지는 동작이다. 계단의 높이에 따라 하지 관절의 운동범위와 모멘트가 달라지며, 근육의 활성화에도 변화를 가져온다[1]. 계단을 오르내릴 때는 평지를 걷는 것보다 약 10~15배의 에너지가 소모된다[2]. 특히 계단의 디딤기에서는 한쪽 다리로 체중을 지탱하면서 몸을 들어 올려야 하므로 균형 능력이 필수적이다. 계단 높이가 높아질수록 더 많은 힘과 균형 능력이 요구되며[3], 계단 보행 훈련은 이러한 신체 능력을 개선하는 데 효과적이다[4]. 그러나 계단 보행 훈련은 공간적 제약, 계단 높이 조절의 어려움, 낙상의 위험 등으로 인해 실제 적용 시 한계가 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 스텝박스를 활용한 훈련이 대안으로 제시되고 있다[5]. 스텝박스를 이용한 훈련은 계단 보행과 유사한 동작을 재현할 수 있으며, 근육 강화 및 균형 능력 향상에 도움을 준다[6]. 스텝박스를 활용한 운동 중 대표적인 동작은 스텝 업다운으로, 전방 이동의 포워드 스텝 업다운과 측면 이동의 라테럴 스텝 업다운으로 구분된다. 포워드 스텝 업다운은 신체 앞에 스텝박스를 배치한 상태에서 수행되며, 큰볼기근, 중간볼기근, 큰모음근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근 등 하지 근육의 근력 증가에 효과적이다[7]. 라테럴 스텝 업다운은 스텝박스를 신체 옆에 두고 올라가는 동작으로, 안쪽넓은근, 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 반힘줄근의 근력 강화에 유용하다[8]. 특히 라테럴 스텝 업다운은 포워드 스텝 업다운보다 중간볼기근 강화에 더 효과적이다[9]. 또한 엉덩관절의 외전근과 외회전근을 평가하는 운동으로도 활용되고, 무릎 관절 손상 재활 프로그램의 일부로 자주 사용된다[10].

지금까지 포워드 스텝 업다운 훈련의 효과에 대한 연구는 발목 위치(외전 30도, 중립, 내전 30도)에 따른 근활성도 차이[11], 엉덩관절 굽힘 각도(45도, 70도, 90도)에 따른 근육 활성화 차이[12], 스텝박스 높이(5cm, 15cm, 25cm)에 따른 근활성도 변화[13] 등을 분석하며

진행되었다. 이 연구들은 포워드 스텝 업다운 동작을 효과적으로 수행하기 위한 방법을 제시하고 있다. 반면, 라테럴 스텝 업다운 동작에 대한 연구는 상대적으로 부족하며, 특히 발의 위치나 너비가 근육 활성화에 미치는 영향에 관한 정보는 거의 제공되지 않았다.

따라서 본 연구는 라테럴 스텝 업다운 동작에서 발의 위치와 너비가 하지 근육의 활성화에 어떤 영향을 미치는지 비교하여, 가장 효과적인 발 위치를 제안하는 데 목적이 있다. 본 연구는 라테럴 스텝 업다운 동작 시 발의 너비가 하지 근육의 근활성도에 유의미한 차이가 있을 것으로 연구 가설을 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 대전광역시 대전대학교에 재학 중인 20대 성인을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 조건은 원심성 스텝 검사 시 음성인자로 설정하였다. 대상자 제외 조건은 6개월 이내에 하지 정형외과적 질환을 겪은 자, 척추 또는 하지 수술 병력을 가진 자, 달리기, 무릎 꿇기, 계단 보행 시 통증이 있는 자로 설정하였다.

총 32명의 지원자 중에서 대상자 선정 및 제외 조건을 통해 최종적으로 선정된 대상자는 28명이었다. 최종적으로 선정된 28명의 대상자는 어깨너비의 50%, 75%, 100%에 해당하는 너비(cm)를 측정하여 라테럴 스텝 업다운 시 발의 너비로 설정하였다. 세 너비에서의 라테럴 스텝 업다운 시 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근의 근활성도를 측정하였다. 세 가지 발의 너비를 적용한 순서는 제비뽑기를 통하여 무작위 순서로 시행하였다. 총 28명의 연구대상자들에게 본 연구의 목적과 절차에 대해 구두로 설명하였고, 자발적으로 동의 후 연구 대상자용 동의서에 모두 자필로 서명하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후에 연구를 진행하였다(1040647-202408-HR-008-03).

2. 측정 도구 및 측정 방법

1) 원심성 스텝 검사

가로 78 cm, 세로 29 cm, 높이 20 cm의 스텝박스 가장자리에 우세측 발을 올려 한 다리로 서기를 하였다. 이때 허리는 손에 위치시켜 고정하였고, 우세측 발은 대상자에게 ‘공이 굴러올 때 어떤 발로 공을 차시나요?’라는 질문에 답변하는 쪽을 우세발로 정하였다. 비우세측 다리는 무릎 펴 상태로 스텝박스과 바닥에 닿지 않게 공중에 위치시켰다. 그 후, 우세측 무릎을 구부리며 비우세측 발바닥이 땅에 닿았다가 우세측 무릎을 다시 펴 본 동작으로 돌아가는 동작을 시행하였다. 위 동작을 총 5회 반복하며, 동작을 수행하는 동안 총 5가지 기준에 따라 점수를 매겨 움직임의 질을 평가하였다 [14](Table 1). 점수가 0에 가까울수록 움직임의 질이 양호함을 의미한다. 본 연구에서는 총점이 0~1점인 자들을 대상으로 선정하였다.

2) 근활성도 측정

각 근육의 근활성도 측정을 위해 표면 근전도 장비(WEMG-8, LXM53008, Laxtha, Korea)을 사용하였다. 근전도 자료는 근전도 프로그램(Telescan 3.29 ver; Laxtha, Daejeon, Korea)을 이용하여 수집하였다. 전극을 부착하기 전 부착 부위의 털을 면도기로 제거하여 피부 저항을 제거하였고, 소독용 알코올 솜으로 닦아주었다. 전극은 Ag/AgCl의 2극 표면 전극을 이용하여 측정하고자 하는

근육들의 근섬유 방향과 평행하게 부착하였고, 두 전극 사이 간격은 2 cm로 설정하였다. 우세측 하지의 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근의 근전도 신호를 수집하였다. 큰볼기근은 넙다리뼈의 큰돌기와 엉치뼈의 중간 지점, 중간볼기근은 엉덩뼈능선과 큰돌기의 중간 지점, 가쪽넓은근은 무릎뼈의 가쪽 위 모서리 위쪽 10 cm, 가쪽 6~8 cm 지점, 안쪽넓은근은 무릎뼈 위쪽 4 cm, 안쪽 3 cm 지점, 넙다리두갈래근은 정강뼈의 가쪽위관절융기와 궁둥뼈 결절 사이 1/2 지점에 전극을 부착하였다. 모든 부착 부위는 SENIAM 권장 사항에 따라 부착하였고[15], 공통 기준 전극(ground electrode)은 무릎뼈 중앙에 부착하였다. 표본추출률은 1,024 Hz로 설정하였고, Band Pass는 20 Hz ~ 450 Hz로 주파수 대역폭을 정하였으며, Notch filter를 사용해 60 Hz의 근전도 신호값을 제외하였다. 진폭을 정규화하기 위해 RMS algorism을 500 ms로 설정하여 수집된 근전도 신호를 처리하였다.

기준 수축(RVC)는 특정 동작의 근수축을 기준 수축으로 삼아 측정한 근전도 신호량을 표준화하는 방법이다. 본 연구에서는 수집한 근전도 신호를 표준화하기 위해 기준 수축에 대한 비율(% of RVC)을 사용하였다. 기준 수축은 각 대상자의 어깨너비의 50% 발 간격에서 스텝 엮다운 동작을 수행하는 동안의 근활성도 값을 기준 수축 값으로 설정하였다. 세 가지 발 위치에서 3회 측정한 근활성도의 평균값을 데이터 분석에 사용하였다.

Table 1. Eccentric step test score

Strategy	Contents	Score
Arm strategy	If the subject used an arm strategy in an attempt to recover balance	1
Trunk movement	If the trunk leaned to any side	
Pelvis plane	If the pelvis rotated or elevated one side compared with the other	
Knee position	If the knee deviated medially and the tibial tuberosity crossed an imaginary vertical line over the 2nd toe	2
	If the knee deviated medially and the tibial tuberosity crossed an imaginary vertical line over the medial border of the foot	
Maintain a steady unilateral stance	If the subject stepped down on the non-tested side, or if the subject's tested limb became unsteady	

0~1: good quality of movement; 2~3: medium quality of movement; 4 or above: poor quality of movement.

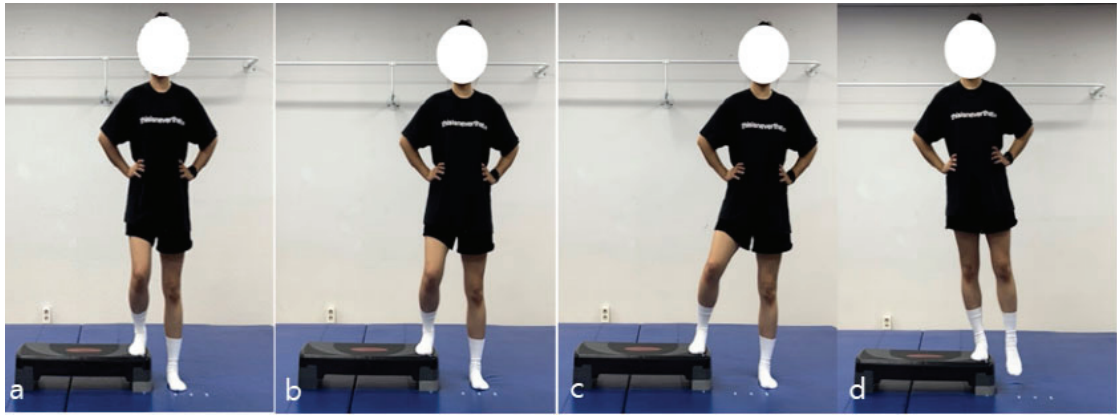


Fig. 1. Three different foot positions during the lateral step-up motion.

1-a: the starting position of 50% of shoulder width; 1-b: the starting position of 75% of shoulder width; 1-c: the starting position of 100% of shoulder width; 1-d: ending position.

3. 라테럴 스텝 업다운 방법

대상자별 어깨너비는 양쪽 어깨뼈 봉우리 사이의 거리를 어깨너비로 설정하였고, cm로 측정하였다[16]. 측정한 어깨너비를 기준으로 어깨너비의 50%, 75%길이에 해당되는 너비를 각각 계산하였다. 계산한 너비는 스텝박스과 바닥에 포스트잇을 붙여 간격을 표시하였다. 스텝박스는 원심성 스텝 검사에 사용했던 동일한 도구를 사용하였다. 우세측 발의 위치를 고정하기 위해 스텝박스에 색 테이프를 이용하여 일직선으로 표시하였고, 우세발의 발뒤꿈치 중앙과 두 번째 발가락이 선과 일직선이 되도록 위치시켰다. 비우세측 발은 바닥에 표시된 포스트잇에 비우세측 발의 엄지발가락을 위치시켰다. 대상자의 무게중심은 비우세측에 위치시켜 준비 자세를 취하도록 하였다. 신호음을 통해 스텝 업다운 동작을 수행하였다. 첫 번째 신호음이 울리면 무게중심을 우세측 발로 옮기며 우세측 다리의 무릎을 펴 스텝박스 위로 올라가도록 지시하였다. 이때 동작을 수행하는 시간은 3초였으며, 3초 후에는 두 번째 신호음을 울려 스텝 업 동작을 2초간 유지하도록 하였다. 스텝 업을 유지하는 동안 비우세측 발은 스텝박스에 닿지 않도록 하였고, 우세측 다리로 중심을 잡고 서 있도록 하였다. 세 번째 알람이 울리면 우세측 다리의 무릎을 굽히며 무게 중심을 비우세측으로 이동시켜 비우세측 발을 원위치에 두도록 하는 스텝 다운 동작을

하도록 지시하였다. 스텝 다운 동작도 스텝 업 동작과 동일하게 3초간 수행하였고 신호음으로 동작을 마무리할 수 있도록 하였다. 스텝 업과 다운의 모든 동작 수행 시에는 보상 작용을 최소화하기 위해 양손을 허리에 올려놓도록 하였다(Fig. 1). 또한 대상자가 본 동작을 수행할 때 골반의 움직임을 통일하기 위해 무게중심을 옮기며 업다운 시 골반이 외측으로 빠지지 않도록 몸통과 골반을 일자로 유지하도록 통제하였다. 라테럴 스텝 업과 스텝 다운을 하는 동작을 1회로 간주하였고, 총 3회 수행하는 동안의 근활성도를 측정하였다. 본 측정에 앞서 발 위치 별로 5회 선행 연습하여 동작을 수행할 수 있도록 하였다.

4. 자료분석

본 연구에 사용된 모든 통계학적 분석은 윈도우용 SPSS version 28 (IBM Corp, NY, USA)을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하여 평균, 표준편차, 빈도수, 최솟값, 최댓값으로 나타냈다. 측정된 변수들의 정규성 검정을 위해 샤피로 윌크 테스트(Shapiro-Wilk test)를 하였다. 세 가지의 발 위치에 따른 라테럴 스텝 업다운 시 하지 근육들의 근활성도 차이를 비교하기 위하여 일요인 반복측정 분산분석(one way repeated measures ANOVA)을 사용하였다. 사후 검정은 본페로니(Bonferroni) 검정을 하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Table 2. General characteristics of the subjects

		Minimum	Maximum
Sex (male/female)	12/16		
Dominant foot (Left/Right)	4/24		
Height (cm)	165.93 ± 7.91	153	180
Weight (kg)	59.43 ± 10.28	45	83
Age (years)	22.32 ± 2.09	20	29

Values are expressed as means ± standard deviations or numbers.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 대상자의 평균 나이는 22세, 평균 체중은 59 kg, 평균 신장은 165 cm 였다.

2. 라테랄 스텝 업 시 어깨너비에 따른 하지 근활성도 비교

라테랄 스텝 업 시 어깨너비에 따른 세 가지 발 너비 별 하지 근육의 근활성도를 비교한 결과는 Table 3과 같다. 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근 모두 발 너비 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 큰볼기근은 발 너비가 어깨너비일 때 어깨너비의 50%일 경우보다 7.96 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 중간볼기근은 세 간격에서 모두 유의한 차이를 보였는데, 어깨너비, 어깨너비의 75%, 어깨너비의 50% 순으로 근활성도가 높게 나타났다($p < .05$). 중간볼기근의 근활성도는 어깨너비

일 때 75%인 경우보다 13.4 %RVC, 50%인 경우보다 23.1 %RVC 더 높았고, 75%일 때 50%인 경우보다 9.8 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 가쪽넓은근은 어깨너비일 때 어깨너비의 50%일 경우보다 14 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 안쪽넓은근은 어깨너비일 때 어깨너비의 50%일 경우보다 16 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 넙다리두갈래근은 어깨너비일 때 50%인 경우보다 9.4 %RVC, 75%일 때 50%인 경우보다 8.7 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$).

3. 라테랄 스텝 다운 시 어깨너비에 따른 하지 근활성도 비교

라테랄 스텝 다운 시 어깨너비에 따른 세 가지 발 너비 별 하지 근육의 근활성도를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근에서 발 너비 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 큰볼기근은 발 너비가 어깨너비일 때 어깨너비의 75%인 경우보다 6 %RVC, 50%일 경우보다 9.4

Table 3. Comparison of lower extremity muscle activity by foot width compared to shoulder width during lateral step up

	50%	75%	100%	F	p	Post hoc
Gmax	100	103.99 ± 13.85	107.96 ± 19.59	3.210	.048	a > c
Gmed	100	109.76 ± 13.03	123.17 ± 17.56	34.161	.000	a > b > c
VL	100	110.65 ± 33.61	114.07 ± 32.20	3.727	.030	a > c
VM	100	115.15 ± 40.95	115.97 ± 32.11	4.527	.015	a > c
BF	100	108.70 ± 21.14	109.45 ± 14.46	4.213	.020	a > c, b > c

Values are expressed as means ± standard deviations or numbers.

Gmax: gluteus maximus; Gmed: gluteus medius; VL: vastus lateralis; VM: vastus medialis; BF: biceps femoris; a: 100% of shoulder width; b: 75% of shoulder width; c: 50% of shoulder width.

Table 4. Comparison of lower extremity muscle activity by foot width compared to shoulder width during lateral step down

	50%	75%	100%	F	p	Post hoc
Gmax	100	103.40 ± 17.63	109.41 ± 18.74	4.406	.017	a > b, a > c
Gmed	100	107.44 ± 24.26	109.55 ± 15.70	3.447	.039	a > c
VL	100	106.73 ± 15.35	116.08 ± 20.52	13.148	.000	a > b > c
VM	100	104.86 ± 19.11	113.31 ± 21.22	4.477	.016	a > c
BF	100	101.42 ± 25.59	102.81 ± 18.01	.214	.808	

Values are expressed as means ± standard deviations or numbers.

Gmax: gluteus maximus; Gmed: gluteus medius; VL: vastus lateralis; VM: vastus medialis; BF: biceps femoris; a: 100% of shoulder width; b: 75% of shoulder width; c: 50% of shoulder width.

%RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 중간볼기근은 발 너비가 어깨너비일 때 어깨너비의 50%인 경우보다 9.5 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 가쪽넓은근은 세 간격에서 모두 유의한 차이를 보였는데, 어깨너비, 어깨너비의 75%, 어깨너비의 50% 순으로 근활성도가 높게 나타났다($p < .05$). 가쪽넓은근의 근활성도는 어깨너비일 때 75%인 경우보다 9.3 %RVC, 50%인 경우보다 16 %RVC 더 높았고, 75%일 때 50%인 경우보다 6.73 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$). 안쪽넓은근은 어깨너비일 때 어깨너비의 50%일 경우보다 11.3 %RVC 더 높은 근활성도를 보였다($p < .05$).

IV. 고 찰

본 연구는 20대 성인을 대상으로 스텝박스를 활용한 라테럴 스텝 업다운 동작 시 발의 위치, 즉 세 가지 어깨너비에 따른 하지 근육의 근활성도를 비교하여, 하지 근육의 근력 강화를 위한 최적의 발 너비를 제시하기 위해 실시하였다. 그 결과, 어깨너비의 100%에 해당하는 발 너비를 적용했을 때 스텝 업 운동 시 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근 모두에서 50% 발 너비를 적용했을 때 보다 근활성도가 더 높게 나타났다. 특히 중간볼기근은 어깨너비의 100%와 75%, 100%와 50%, 75%와 50% 사이에서 유의미한 근활성도 차이가 나타났다. 너비가 넓어질수록 동작 완수를 위한 체중 이동 범위가 더 증가하였기 때문에

하지 근육의 구심성 수축력 증가에 의하여 근활성도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

Delp 등(1999)은 엉덩관절이 외회전 될 때에는 큰볼기근의 모멘트가 증가하여 중립 시보다 근활성도가 더 높게 나타난다고 하였다[17]. 본 연구에서 시행한 라테럴 스텝 업의 준비 자세에서 비 우세측 발을 들어올리는 동작 시에는 우세측 엉덩관절이 외회전하므로, 본 연구의 결과 해석에 도움이 된다. Tateuchi 등(2006)은 건강한 성인을 대상으로 라테럴 스텝 업을 10 cm와 20 cm 간격으로 실시하였을 때, 20 cm 간격에서 중간볼기근의 근활성도가 1.4 (%MVIC) 더 높게 나타났다고 보고하였다[18]. 이와 같은 결과는 본 연구와 유사함을 나타내며, 양발의 간격이 넓어질수록 동적인 움직임에서의 골반을 안정화하고 무릎의 외반이 일어나는 것을 보상하기 위한 역할로 작용되기 때문으로 판단된다. 또한 Mercer 등(2009)은 28명의 노인을 대상으로 포워드 스텝 업과 라테럴 스텝 업 시 중간볼기근의 근활성도를 비교한 결과, 라테럴 스텝 업 시 중간볼기근의 근활성도가 15.6 (%RVC) 더 높게 나왔다[9]. 이와 같은 결과는 라테럴 스텝 업 시 질량 중심이 관상면에서 측면으로 이동하기 때문에 측면 이동이 더 크기 때문에 엉덩관절의 내적 토크가 더 크기 때문이라고 제안하였다. 또한, 무너진 균형을 회복하며 신체의 평형 상태를 유지하기 위함이라고 주장하였다. Mercer 등(2009)이 수행한 라테럴 스텝 업은 어깨너비의 50%에 해당되는 발의 위치였으므로, 본 연구에서 라테럴 스텝 업 시 100% 어깨너비의 발의 위치가 50%보다 중간볼기근의 근활성도가 더 높게 나타난 결과는 중간볼기근 근력 향상에 더 효과

적일 것으로 기대할 수 있다. Nadeau 등(2003)의 연구에 따르면 스텝 업 시 엉덩관절 벌림근의 동심원적 작용으로 반대쪽 골반을 들어올린다고 하였다[19]. 따라서 환자를 대상으로 계단오르기 재교육 전 고관절 외전근이 골반과 반대측 다리를 충분히 들어올릴 수 있는지 평가해야 한다고 하였다. 이는 본 연구에서 라테랄 스텝 업 시 다른 근육에 비해 중간볼기근의 근활성도가 높고, 발 너비가 넓어질수록 근활성도가 증가한 결과를 설명하는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 가쪽넓은근의 경우 어깨너비 100%의 간격으로 스텝 업 했을 때 75%일 때보다 근활성도가 더 높게 나타났다. Oh 등(2008)은 포워드 스텝 업 시에는 넙다리근막긴장근과 가쪽넓은근이 강하게 수축하여 무릎뼈 바깥 이동을 유발한다고 하였다[20]. 본 연구에서 수행한 라테랄 스텝 업 또한 무게 중심이 위가쪽으로 이동하기 때문에 무릎뼈의 바깥 이동이 동반될 것이다. 따라서, 본 연구에서 100% 어깨너비에서 다른 두 너비보다 가쪽넓은근의 근활성도가 가장 높게 나타난 결과는 무릎뼈의 바깥 이동을 위한 가장 강력한 힘이 작용한 것으로 추측할 수 있다. 안쪽넓은근은 어깨너비 100%의 간격으로 스텝 업을 했을 때 75%, 50%일 때보다 근활성도가 더 높게 나타났다. Woo 등(2004)은 건강한 성인 20대 남자 15명을 대상으로 정적인 스쿼트 운동 시 5가지 발 위치에 따른 가쪽넓은근과 안쪽넓은근 근활성도비를 연구하였다[21]. 연구 결과, 엉덩관절 벌림과 발의 외전이 증가한 위치가 엉덩관절 모음과 발의 외전이 감소한 위치보다 근활성도가 9.86 %MVIC 더 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 양발의 지지면이 증가할수록 안쪽넓은근의 근활성도가 증가함을 의미하며, 본 연구에서도 발의 너비가 증가할수록 안쪽넓은근의 근활성도가 증가하였으므로 본 연구와 유사함을 나타낸다. Blake 등(1981)은 가쪽넓은근의 힘선이 짧아지게 되면 이에 대항하여 안쪽넓은근이 수축해야 하기 때문에 짧아지지 않았을 경우보다 더 많이 사용하게 된다고 주장하였다[22]. 이는 발 너비가 넓어질수록 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도가 증가한 본 연구 결과를 뒷받침한다.

본 연구에서는 라테랄 스텝 다운 시에서도 세 너비간 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근

활성도가 유의한 차이가 있었으며 어깨너비에 해당하는 발의 위치를 적용하였을 때가 어깨너비의 50%를 적용한 경우에 비해 근활성도가 더 높게 나타났다. 또한, 가쪽넓은근은 어깨너비의 100%와 75%, 100%와 50%, 75%와 50% 사이에서 유의미한 근활성도 증가가 나타났다. 이러한 결과는 라테랄 스텝 다운 동작 시 양발의 너비가 넓을수록 동작 완수를 위한 체중 이동 범위가 더 증가하였으므로, 하지 근육의 편심성 수축력 증가에 의해 근활성도가 높게 나타났기 때문에 이와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. 엉덩관절 중립 및 내회전한 상태에서 계단 오르고 내리기 시 하지의 근활성도를 비교한 연구에서 엉덩관절을 내회전한 상태에서 계단 내리기 시 가쪽넓은근과 넙다리근막긴장근의 근활성도가 유의하게 증가하였다[20]. 이는 본 연구에서 라테랄 스텝 다운 시 비우세측으로 무게중심이 이동하기 때문에 라테랄 스텝 다운 시 가쪽넓은근의 근활성도가 높게 나타난 결과를 뒷받침한다. 발 너비가 증가할수록 넙다리내갈래근 각이 증가하는 경향이 있기 때문에 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 이는 곳, 닿는 곳 사이 거리에 영향을 미쳐 가쪽넓은근의 힘선(line of force)이 짧아지게 된다[21]. 짧아진 상태에서 안쪽넓은근이 대항하여 수축하기 때문에 어깨너비의 100% 간격에서 제일 근활성도가 높고, 발 간격이 줄어들수록 근활성도가 낮아지는 것으로 생각된다[22]. Mercer 등(2009)의 연구에서 라테랄 스텝 업 시 중간볼기근의 근활성도는 157.7 (%RVC), 라테랄 스텝 다운 시 123.3 (%RVC)으로 34.4 (%RVC) 감소하였다[9]. 편심성 수축 시 근육 길이의 증가로 인한 결과이고, 근섬유 전도 속도가 동심성 수축보다 낮기 때문에 동심성 수축이 편심성 수축보다 더 큰 근활성도 진폭을 보인다고 주장하였다. 이는 본 연구에서 중간볼기근은 라테랄 스텝 업 시 제일 큰 근활성도를 보이고, 라테랄 스텝 다운 시엔 더 낮은 근활성도를 보인 결과를 뒷받침한다고 생각된다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 하지의 주동 근육군의 근활성도에 초점을 맞춰 분석하였으며, 종아리근육의 근활성도는 고려하지 않았다. 종아리근육은 발목 안정화와 추진력 생성에 핵심적인 역할을 하며, 라테랄 스텝 엇다운 동작 시 균형 유지에

중요한 역할을 한다. 향후 연구에서는 종아리 근육을 포함한 분석이 이루어질 필요가 있다. 둘째, 연구대상을 20대 젊은 성인을 대상으로 하였기 때문에 다양한 연령대와 하지 근육의 불균형이 있는 대상자들에게 본 연구의 효과를 기대하기에는 제한이 있다.

V. 결 론

본 연구는 라테랄 스텝 업다운 동작 시 하지 근활성화 증가에 가장 효과적인 발의 위치를 제시하기 위해 실시하였다. 그 결과, 양발의 간격을 어깨너비에 해당하는 발의 위치로 적용한 경우가 어깨너비의 50%에 해당하는 발의 위치보다 큰볼기근, 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근의 활성도가 더 높게 나타났다. 따라서 라테랄 스텝 업다운 시 어깨너비에 맞춰 발 간격을 설정하여 동작을 수행하는 것을 적극 권장한다.

Acknowledgements

본 연구는 홍유진의 석사학위논문 데이터의 일부를 사용하여 작성하였다.

References

- [1] Jeong WL, Jeong HY, Jeon JH, et al. Effects of stair walking and plain walking on lower extremity. J Korean Soc Health Sci. 2008;15(2):1-22.
- [2] Han JT, Nam TH, Shin HS, et al. The study of muscle activity change with lower extremity during stair and ramp walking in young adults. J Korean Soc Phys Med. 2008;3(3):177-83.
- [3] Christina KA and Cavanagh PR. Ground reaction forces and frictional demands during stair descent: effects of age and illumination. Gait posture. 2002;15(2):153-8.
- [4] Salbach NM, Mayo NE, Wood-Dauphinee S, et al. A task-orientated intervention enhances walking distance and speed in the first year post stroke : a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2004;18(5):509-19.
- [5] Kim HS. The effect of type of treads for step training on trunk and lower extremity muscle activity and balance of chronic stroke patients. Doctor's degree. Daegu University, 2015.
- [6] McFadyen BJ, Winter DA. An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. J Biomech. 1988;21(9):733-44.
- [7] Perry J and Burnfield JM. Gait analysis. Normal and pathological function 2nd edit; Seoul: Yeongmunsa, 2012.
- [8] Simenz CJ, Garceau LR, Lutsch BN, et al. Electromyographical analysis of lower extremity muscle activation during variations of the loaded step-up exercise. J Strength Cond Res, 2012;26(12):3398-405.
- [9] Mercer VS, Gross MT, Sharma S, et al. Comparison of gluteus medius muscle electromyographic activity during forward and lateral step-up exercises in older adults. Phys Ther. 2009;89(11):1205-14.
- [10] Norcross MF, Halverson SD, Hawkey TJ, et al. Evaluation of the lateral step-down test as a clinical assessment of hip musculature strength. Athl Train Sports Health Care. 2009;1(6):272-8.
- [11] Hwang IG, Lee HT, Heo BS, et al. The Effect of the patellofemoral pain syndrome on EMG activity during step up exercise. Fish Mar Edu Res. 2015;27(1):63-73.
- [12] Choi IH. Effect of hip flexion and position on leg muscle activity during step-up. Master's degree, Pukyong National university, 2018.
- [13] Gerstle EE, Keenan KG, O'Connor K, et al. Lower extremity muscle activity during descent from varying step heights. J Electromyogr Kinesiol. 2018;42:57-65.
- [14] Piva SR, Fitzgerald K, Irrgang JJ, et al. Reliability of measures of impairments associated with patellofemoral pain syndrome. BMC Musculoskeletal Disorders. 2006; 7:1-13.

- [15] Sacco IC, Gomes AA, Otuzi ME et al. A method for better positioning bipolar electrodes for lower limb EMG recordings during dynamic contractions. *J Neurosci Methods*. 2009;180(1):133-7.
- [16] Jae MW, Lee HS. Muscle activity of the trunk muscle according to change of the leg width and arm posture during sit to stand. *J Korean Soc Phys Med*. 2019;14(1): 91-9.
- [17] Delp SL, Hess WE, Hungerford DS, et al. Variation of rotation moment arms with hip flexion. *J Biomech*. 1999;32(5):493-501.
- [18] Tateuchi H, Yoneda T, Tanaka T, et al. Postural control for initiation of lateral step and step-up motions in young adults. *J Phys Ther Sci*. 2006;18(1):49-55.
- [19] Nadeau S, McFadyen BJ, Malouin F. Frontal and sagittal plane analyses of the stair climbing task in healthy adults aged over 40 years: what are the challenges compared to level walking? *Clin Biomech(Bristol)*. 2003;18(10): 950-9.
- [20] Oh JS, Kwon OY, Yi CH, et al. Effects of hip internal rotation on knee extensor and hip abductor electromyographic activity during stair up and down. *Phys Ther Korea*. 2008;15(2):54-63.
- [21] Woo WG, Yi CH, Lee HY. Effects of a combined posture of the lower extremity on activity of the vastus medialis oblique muscle and vastus lateralis muscle during static squat exercise. *Phys Ther Korea*. 2004;11(3):1-9.
- [22] Blake RL, Burns DP, Colson JP. Etiology of atraumatic medial knee pain. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1981;71(10): 580-3.