

Research Article

Open Access

하지혈류제한과 병행한 계단운동이 무릎 펴근에 미치는 영향

진재윤 · 박민철^{1†}

부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ¹부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

The Effect of Stair Exercise with Restriction Blood Flow on Knee Extensor Muscle

Je-Yoon Jun, PT, BS · Min-Chull Park PT, PTD^{1†}

Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan

¹Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: May 1, 2015 / Revised: May 11, 2015 / Accepted: July 14, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: Low-intensity exercise with restriction of blood flow has been proposed as an alternative exercise to secure the disadvantage of a high-intensity resistance exercise. However, studies of how affects the muscle using functional exercise are lacking. Thus, the purpose of this study was to investigate knee extensor muscle strength during stair exercise of functional exercise with leg blood flow restriction.

METHODS: Twenty two healthy young adults with no history of musculoskeletal or neurological disorder were participated in this study. participant were randomized into either non-restriction group(11 subject) or restriction group (11 subject). The restriction blood cuff attached to the proximal end of the leg. Measurement of knee extensor strength was used by cybex dynamometer. Data analyzed in independent t-test and paired t-test.

RESULTS: Knee extensor muscle strength was significantly different between groups. Also, there were significant differences in the strength of knee extensor within the group.

CONCLUSION: This study found that stair exercise with restriction of blood flow did influence to knee extensor muscle strength. These results will also be able to promote the effect of increasing the muscle power applied to functional exercise. Henceforth, studies will be made in the intervention method that can be applied to health vulnerable person.

Key Words: Stair exercise, Blood flow restriction exercise, Knee extensor

I. 서론

재활 분야에서 노인, 뇌졸중, 뇌성마비, 심폐계 질환을 가진 환자에게 있어서 하지 근력을 증가시키는 것은 아주 중요한 요소이다. 이러한 근력 증진을 위해서 일반적으로 사용하는 운동방법은 고강도의 저항운동이다. 근력에 영향을 주는 근섬유를 발달시키기 위해서는 약 8~12주 정도의 기간이 소요되며(Powers와 Howley,

†Corresponding Author : mcpark@cup.ac.kr

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.

2001), 운동 강도는 1RM의 70% 정도의 강도가 요구된다(ACSM, 2009). 하지만 임상현장에서는 환자들에게 이러한 고강도의 저항운동을 적용하기에 어려운 경우를 흔히 볼 수 있다. 이러한 경우에 환자들이 수행 가능한 근력 증진 운동의 방안이 필요하며 그 대안으로 최근에 혈류제한운동(blood restriction exercise)이 제시되고 있으며 이 운동에 대한 효과를 검증하기 위한 연구들이 이루어지고 있다.

혈류제한운동은 가압운동(KAATSU)이라고도 불리며 일본을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 혈류제한운동은 사지의 근위부에 혈류 흐름을 일시적으로 제한시킨 후 저강도의 저항을 적용하여 고강도 저항운동을 수행했을 때와 유사한 효과를 얻는 것을 말한다(Iida 등, 2005). 선행연구에서 혈류제한운동을 적용했을 때 근 비대(Takarada 등, 2000; Takarada 등, 2004; Abe 등, 2006; Kwon과 Ahn, 2012), 근력(Abe 등, 2006; Takarada 등, 2000a; Patterson과 Ferguson, 2011) 유산소 능력(Abe 등, 2007) 등에 효과적임을 보고하고 있다. 또한 혈류제한운동의 효과는 기간에 따라 다양하게 나타나는데 Takarada 등(2000b)은 16주간 혈류제한을 적용하여 위팔두갈래근의 저강도 저항훈련을 실시한 결과 위팔두갈래근의 횡단면적이 증가한다고 하였으며, 후속 연구에서 단지 8주간의 1RM의 20%로 운동 강도를 적용하였을 경우에도 혈류제한적용 그룹에서 유의한 증가가 나타난다고 하였다(Takarada 등, 2004). 이에 반하여 Yasuda 등(2005)은 2주간의 짧은 훈련만으로도 근섬유의 횡단 면적이 증가한다고 하였다. 이와 같이 선행연구들에서는 혈류제한을 병행한 저강도의 저항훈련들이 적용기간에 상관없이 고강도 저항훈련의 효과를 나타내고 있음을 보고하고 있다. 이에 본 연구에서는 임상현장에서 환자들의 일상생활독립을 위해 필수적으로 사용되는 계단 보행 훈련에 혈류제한을 병행하여 적용하였을 때 그 효과를 확인해보고자 하였다. 계단 보행은 성인에게 있어 심혈관계의 위험 요인을 감소시켜줄 뿐만 아니라 건강증진을 위한 운동이며(ACSM, 2006), 단일 관절에 국한된 운동이 아닌 다관절 근육을 훈련시킬 수 있는 기능적인 운동이다. 이러한 계단 보행을 진행하기 위해서는 발바닥굽힘근이 중요

한 근육으로써 작용하고(McFadyen 등, 1988), 무릎뼈근이 가장 큰 활동과 역할을 한다(Shinno 등, 1971). 그리고 계단을 오를 때뿐만 아니라 내려올 때도 신체의 균형을 유지하기 위해 하지뼈근과 발바닥굽힘근의 원심성 수축이 주된 역할을 하게 된다(Kim 등, 2006). 결국 계단 오르기과 내려오기는 하지뼈근과 발바닥굽힘근이 주요 근육들로 작용함으로써 이러한 근육들에 반복적인 수축이 일어나게 된다. 또한 계단 운동은 자신의 체중을 이용하여 넙다리뒤근과 넙다리내갈래근, 그리고 엉덩근육 등 하지의 전반적인 근육을 강화시킬 수 있는 운동이다(Hwang, 2013). 특히 Park(2006)은 오르막 계단 보행 시 넙다리내갈래근과 앞정강근에서 높은 근활성도를 보였다고 하였으며, Kim 등(2006)의 연구에서는 계단 오르막 보행 시에는 넙다리곧은근과 앞정강근이 가장 큰 근활성도를 보이며, 내리막 보행 시에는 넙다리두갈래근과 안쪽장딴지근이 가장 높은 근활성도를 나타내었다고 보고하였다. 또한 McFadyen과 Winter(1988)의 연구에서 발목굽힘근의 활동이 중요하다고 하였으며, Shinno(1971)의 연구에서는 무릎뼈근이 계단 오르기 동안에 활성화 되는 주요 근육들 중 하나로서 많은 역할을 수행한다고 보고하였다. 즉, 하지뼈근은 서기에서 신체를 지탱하는 중요한 근육이면서 특히 계단 오르내리기와 같은 일상생활동작에서 구심성 수축과 원심성 수축을 반복하여 운동을 수행할 수 있도록 하는 필수적인 요소라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 계단 운동을 수행할 때 혈류제한방법을 병행하여 적용하여 무릎뼈근의 근력에 미치는 영향을 확인하여 그 결과를 토대로 재활중재 기법에 필요한 기초자료를 마련하고자 수행되었다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 근육뼈대계통 질환 및 신경계 질환의 병력이 없으며 연구의 목적과 진행절차에 대한 충분한 설명을 하였고 자발적으로 연구에 참여를 동의한 성인 여성 22명을 대상으로 실시하였다. 대상자들은 평균 나이

22.9±0.9세, 신장 162±4.3cm, 몸무게 56.3±5.1kg이었다. 연구대상자들은 무작위로 혈류제한과 병행한 계단운동을 수행하는 실험군 11명과 혈류제한병행 없이 순수하게 계단운동만을 수행하는 대조군 11명으로 분류하였다.

2. 측정도구 및 측정방법

1) 실험군과 대조군의 운동적용 방법

(1) 실험군

① 혈류제한

혈류제한은 압축 벨트를 이용하여 오른쪽 넙다리부목쪽에 통증이 나타나지 않는 범위 내에서 혈류를 일시적으로 제한시켰으며 계단 운동을 수행하는 동안 동일한 압박을 유지하였다(Figure 1).

② 계단 운동

계단 운동을 실시한 계단의 규격은 높이가 16.3cm, 너비 1m 88cm이었다. 준비운동으로 무릎과 발목의 능동관절가동범위운동 5분, 하지 폼근과 굽힘근에 대한 스트레칭 운동을 10분간 실시하였다. 준비운동이 끝난 후 10분간 휴식을 취하였으며 실험군은 압축 벨트로 하지 혈류를 차단하고 통증이 일어나지 않는 범위 내에서 계단 오르내리기를 왕복 10번씩 3세트 진행하였다. 각 세트 간 근피로 예방을 위해 15분간 휴식을 취하도록 하였다. 운동기간은 총 8일간 격일로 실시하였으며, 하루 2회 오전 10시, 오후 5시로 나뉘어 실시하였다.

(2) 대조군



Figure. 1. Stair exercise with blood flow restriction

대조군은 준비운동 후 넙다리부목쪽에 대한 혈류제한을 하지 않은 상태에서 실험군과 동일한 조건의 계단과 운동기간, 방법으로 실험을 진행하였다.

2) 무릎 폼근 근력 측정 검사

무릎 폼근 근력 측정을 위해 Cybex dynamometer (Cybex dynamometer, Cybex Inc., USA)를 사용하였으며, 본 운동이 끝난 후 근력의 회복을 위해 30분간 휴식 후 측정을 실시하였다. 실험 전에 사전 근력 측정을 하고, 실험을 모두 마친 후 동일한 방법으로 근력을 측정하였다. 측정 순서로는 대상자의 기본 정보를 입력하고, 모니터를 통해 제시해주는 조건에 따라 의자의 높이, 회전각도와 등받이 각도를 설정에 맞게 조정하였다. 그 후 무릎관절과 의자 끝이 일치하도록 위치하게 하고 무릎관절의 축과 동력기(dynamometer)의 축이 일치하도록 조정 한 후 넙다리부를 벨크로로 고정하고 발목 위 정강이 부분과 동력기를 고정해주는 보호대를 고정하도록 하였다. 몸통의 보상 작용을 방지하기 위해 등받이에 있는 벨트와 끈을 이용하여 몸통의 움직임을 최소화 시키도록 하였고 반대편 다리는 지지대에 고정시켰다. 최대 폼을 할 수 있는 각도 0°를 설정하고 무릎이 최대한 굽힐 수 있는 지점까지 각도를 설정한 후 각속도 60°/sec에서 폼근 대하여 구심성 수축을 측정하도록 하였다. 총 3회 실시하여 최댓값을 산출 하였고, 무릎 폼근의 최고 근력을 Nm단위로 표기하였다(Kim, 2006).

3. 자료처리

연구과정에서 수집된 자료처리는 SPSS for Windows (ver. 21.0)를 이용하여 분석하였으며 유의 수준(α)은 0.05로 하였다. 대상자들의 일반적 특성은 평균 및 표준오차를 산출하였으며, 실험군과 대조군의 집단 간 차이는 독립 t검정(independent t-test)으로 분석하였고, 각 집단 내에서의 전, 후 차이는 대응 t검정(paired t-test)으로 분석하였다.

Table 1. Comparison of knee extensor muscular power

variable	unit :Nm		t	p
	pre	post		
experimental group	62.14±14.30	80.90±11.82	-3.055	.012*
control group	60.36±12.88	64.18±21.36	-1.027	.329
t	0.282	2.272		
p	.781	.034*		
Mean±SE	*P<.05			

III. 결 과

무릎뼈근의 근력 변화는 <Table 1>과 같다. 혈류제한을 병행하여 계단 운동을 수행한 실험군은 실험 전 하지뼈근의 근력이 62.14±14.30Nm에서 실험 후 80.90±11.82Nm로 유의한 근력의 증가를 나타내었다(p<.05). 그러나 대조군은 실험 전 60.36±12.88Nm에서 64.18±21.36Nm로 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

IV. 고 찰

혈류제한의 적용이 근력과 근비대의 증진에 효과적인임을 보고한 연구들의 대부분은 하지의 중요한 뼈근인 넙다리내갈래근만을 집중적으로 훈련시킬 수 있는 방법으로 수행되어 왔다(Takarada 등, 2002; Abe 등, 2005a). 하지만 하지의 근력 증가가 걷기와 같은 기능적인 움직임까지 개선시킨다고는 볼 수 없다고 보고하고 있으며, 이는 하지의 움직임 수행 시 항상 최대한의 근력 발생이 필요하지 않기 때문이라고 할 수 있다(Phol 등, 2002). 즉, 하지 근력 증가와 기능적인 활동 개선의 개연성 있는 연구들이 필요함을 시사한다. 이러한 관점에서 볼 때 단일 관절 운동만을 통하여 근력을 개선시키기 위한 것뿐만 아니라 기능적인 활동의 접목을 통하여 근력 개선에 효과를 가져 올 수 있는 것들이 필요하다. 그 중 계단 오르내리기는 일상생활을 하는데 있어서 불가피한 기능적 활동이며, 기능적인 과제를 수행하기

위한 중재로 자주 채택되는 기능적인 활동 중 하나이다(Cho, 2015; Joo, 2011; Kang 등, 2011). 이에 본 연구서는 한 근육 군에 대한 집중적인 근력강화 운동이 아닌 구심성과 원심성 수축의 반복적인 수축을 통해 이루어지고, 환자의 일상생활의 독립적 수행을 위해 필수적으로 적용되는 기능적인 동작 중 하나인 계단 보행을 훈련하는 과정에 혈류제한을 병행하여 적용하여 그 효과를 검증하여 임상현장에서 보다 효율적인 중재방법으로의 적용 가능성을 확인해보고자 수행되었다.

연구결과 대조군에서 무릎뼈근의 근력이 실험 전 60.36±12.88Nm에서 64.18±21.36Nm로 증가하였으나 유의한 차이를 나타내지 못한 반면에, 혈류제한을 병행한 실험군에서는 실험 전 62.14±14.30Nm에서 실험 후 80.90±11.82Nm로 유의한 증가를 나타내었다. 따라서 혈류 제한과 병행하여 계단운동을 적용하는 것은 무릎뼈근의 근력 향상에 긍정적인 영향을 주었음을 알 수 있었다. 이러한 본 연구의 결과는 단일관절의 운동이 아닌 다관절 기능적 활동을 혈류제한과 병행하여 적용한 다수의 연구결과들과 일치한다. Abe 등(2005b)은 육상선수 혹은 높이뛰기 선수에게 혈류제한을 적용한 상태에서 저강도의 레그컬(leg curl), 스쿼트(squat) 운동을 적용하였을 때 달리기 속도가 증가한다고 하였다. Chun(2008)은 건강한 성인 남학생 16명을 대상으로 트레드밀 위에서 걷기 운동을 혈류제한과 함께 적용하였을 때 근비대와 근력이 증가하였다고 보고하였으며, Abe 등(2009)은 트레드밀에서 느린 걷기 운동과 혈류제한을 병행하였을 때 근력과 근비대의 증가에 효과가 있었다고 하였다. 이와 같은 결과들은 혈류차단 시 발생하는 울혈에 의해 근육 내 환경이 저산소증과 산성으로 이루어지게 되며, 이러한 과정이 지속되게 되면 대사산물이 국소적으로 축적되고 이를 회복하기 위하여 성장억제인자는 감소하게 되고 성장촉진인자가 증가되어 근위성세포 증식이 촉진되기 때문이다(Sato 등, 2007). 또한 m-TOR 신호경로 활성이 단백질 합성 개시를 증진시키기 때문이다(Abe et al, 2012). 고강도 저항성 운동과 달리 근섬유의 동원순서도 달라지는데, 일반적으로 근섬유의 동원은 크기의 원리(size principle)에 따라 작은 운동단위로부터 큰 운동단위 순으로 동원되

지만(Henneman 등, 1965), 혈류제한환경에서는 순서에 상관없이 많은 근섬유가 동원되게 된다. 또한 속근섬유를 포함한 다수의 운동단위 활성화도가 커지고(Yasuda 등, 2005), 근비대의 전이가 발생한다(Takarada 등, 2004). 이러한 이론적 배경들이 혈류제한운동의 근력 증대 효과를 뒷받침하고 있다. 그러므로 선행연구들과 본 연구의 결과를 미루어 보았을 때 하지혈류의 제한과 병행하여 계단 오르내리기 운동을 접목하는 것은 노인이나 중추신경계 질환에 의한 환자들의 기능적인 활동을 회복시킬 수 있는 근력운동으로 발전시킬 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 이러한 결과를 바탕으로 하여 정상성인이 아닌 뇌졸중 환자들이나 노인들을 대상으로 한 연구가 필요할 것이며, 계단 오르내리기 운동이 아닌 다양한 기능적인 활동들을 적용한 연구들이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 하지에 혈류제한과 병행하여 계단 운동을 적용하였을 때 하지폼근에 미치는 영향을 확인하기 위해 수행되었으며, 그 결과 무릎폼근의 근력증가에 효과가 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 향후 건강취약 대상자에게 적용 가능한 중재방법으로 발전시킬 수 있는 후속 연구들이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

References

Abe T, Beekley MD, Hinata S, et al. Day-to-day change in muscle strength and MRI-measured skeletal muscle size during 7 days KAATSU resistance training: A case study. *Int J KAATSU Training Res* 2005a;1(2): 71-6.

Abe T, Kawamoto K, Yasuda T, et al. Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes.

Int J Kaatsu Training Res. 2005b;1(1):19-23.

Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the led muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*. 2006;100(5):1460-6.

Abe T, Kearns CF, Fujita S, et al. Skeletal muscle size and strength are increased following walk training with restricted leg muscle blood flow: implications for training duration and frequency. *Int J KAATSU training Res*. 2009;5(1):9-15.

Abe T, Kusuhara K, Fujita T, et al. Cardio vascular response to low-intensity walking with restricted leg muscle blood flow. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(5):S428.

Abe T, Loenneke JP, Fahs CA, et al. Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012;32(4):247-52.

American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription(7th edition). Philadelphia. PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006.

American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. Botimore: Lippincott, Williams & Wilkins. 2009.

Cho HY. The Biomechanical Analysis of Stair Descent Gait according to Foot Type. Ewha Womans University. Master's Degree. 2015.

Chun JM. The effects of Pressurization Training with Short-Term Walk on Cardiorespiratory Responses and Skeletal Muscle Function. Kyung Hee University. Master's Degree. 2008.

Henneman E, Sonjen G, Carpenter DO. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol*. 1965;28:560-80.

Hwang IG. The effect of the patellofemoral pain syndrome on EMG activity during step up exercise. Pukyong University. Master's Degree. 2013.

Iida H, Takano H, Meguro K, et al. Hemodynamic and autonomic

- nervous responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU. *Int J KAATSU Training Res.* 2005;1(2):57-64.
- Joo MJ. Effects of Task-Oriented Training on Depression and Motor Function in Stroke. Dongshin University. Master's Degree. 2011.
- Kang TW, Oh DW. Comparison of the effects of upper limb and lower limb task-oriented circuit trainings in patients with acute stroke. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2011;50(3):135-51.
- Kim WH. The Effects of Clinical Characteristics of Chronic Stroke Patients on Physiological Cost Index During Walking. *PhysTher Kor.* 2006;13(1):32-7.
- Kim Y S, Kim E J, Seo C J, The comparative analysis of EMG and Gait patterns of lower extremities during going up stairs and down. *J KAHPERD.* 2006;45(4): 535-45.
- Kwon HY, Ahn SY. The Effects of Leg Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Size and Muscle Strength. *J Korea proprioceptive neuromuscular facilitation association,* 2012;10(1):61-9.
- McFafyen BJ, Winter D A. An intergrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *J Biomech.* 1988;21:733-44.
- Park SW, Analysis of EMG and Gait Patterns of lower extremities during going up stairs and down. Kangnung University. Master's Degree. 2006.
- Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *J Aging and Phys Act.* 2011;19(3):201-13.
- Pohl Ps, Duncan PW, Perera S, et al. Rate of isometric knee extension strength development and walking speed after stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2002;39:651-8.
- Powers SK, Howley ET. Exercise physiology: Theory and application to fitness and performance. 4th Ed. New York. McGraw-Hill. 2001.
- Sato Y, Ishii N, Nakajima T, et al. KAATSU training: Theoretical and practical perspectives. Japan. goudan Co. 2007.
- Shinno N. Analysis of knee function in ascending and descending stairs. *J Sport Med Mechanics II.* 1971;202-7.
- Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Med Sci Sports Exerc.* 2000a;32(12):2035-9.
- Takarada Y, Tsuruta T, & Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J physiol.* 2004;54(6):585-92.
- Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* 2000b. 88(6):2097-106.
- Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86(4):308-314.
- Yasuda T, Abe T, Sato Y, et al. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *Int J KAATSU Training Res.* 2005 1(2): 65-70.