

8주간의 진동 운동 프로그램이 남·녀 대학생의 하지 최대 근력과 균형 능력에 미치는 영향

하경진¹ · 이상열² · 최승준^{1†}

¹경성대학교 체육학과, ²경성대학교 물리치료학과

Effects of an 8-week Vibration Exercise Program on Quadriceps and Hamstring Maximum Strength and Balance in Male and Female College Students

Kyung-Jin Ha, PT, MS¹ · Sang-Yeol Lee, PT, PhD² · Seung-Jun Choi, PhD^{1†}

¹Department of Sports & Health Science, Kyung Sung University

²Department of Physical Therapy, Kyung Sung University

Received: September 24, 2015 / Revised: October 5, 2015 / Accepted: October 21, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: Application of an oscillating program for the lower extremities is an effective training method for increasing muscle strength. However, no oscillatory program has yet been identified to confirm the effectiveness of oscillation for balance ability and maximum muscle strength. We investigated the effects of an 8-week vibration exercise program on the maximum muscle strength and balance of the lower extremities.

METHODS: Research subjects participating in the study were 22 male and female college students with no past history of diseases of the nervous or musculoskeletal systems. All subjects were randomly divided into two groups and performed their assigned experimental treatment 3 times a

week over a period of 20 min for 8 weeks. Maximum strength of the quadriceps extension, flexion, and balance ability were measured using Biodex System 4 and Biodex balance systems.

RESULTS: The 8-week oscillation program resulted in a significant increase in quadriceps extension and flexion strength in both male and female participants ($p < .05$). The balance ability also showed a significant improvement after the oscillation program ($p < .05$). The balance value was higher for male 17% than for female 21% ($p < .05$) participants.

CONCLUSION: An 8-week oscillation program led to an increase in the strength of knee flexion and extension. The balance ability also improved significantly. This positive effect on balance ability was higher in female than in male subjects.

Key Words: Whole body vibration exercise, Dynamic standing balance, Strength of lower limb

†Corresponding Author : choisj@ks.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.

I. 서론

일상생활을 위한 기본적 체력적인 요소는 6가지로 근력, 순발력, 지구력, 민첩성, 균형성, 유연성이며, 생활에 필요한 기본적 신체 활동에 중요하게 작용한다. 이러한 체력 요소는 지속적인 훈련을 통하여 증가될 수 있는데, 특히 하지 근력은 체력 요소에서 가장 중요한 역할을 한다(Marcovic, 2007). 하지 근력 약화는 보행 중 균형 조절, 체중 이동 능력, 자세 조절, 기립과 보행 능력에 부정적 영향을 미치기 때문이다(Ikai 등, 2003).

최근 20대 대학생들에게는 운동량 감소인한 질병의 유병률이 증가하고 있으며, 이로 인한 이차적 합병증인 비만, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화, 지방간 등의 심각한 생활 습관 병들을 유발하고 있다(American Heart Association, 2003). 운동 부족을 극복하기 위한 보편적 방법으로는 저항 운동(Weight training), 유산소운동(Aerobic exercise) 또는 복합 운동(Complex exercise)이 실시되고 있다. 그러나 비만 대상자들에게 운동을 실시할 경우 체력 향상, 체지방 감량 등에서는 효과적인 결과를 보이나, 관절 및 인대에 부정적인 증상이 나타날 수 있다(Manninen 등, 1996). 따라서 비만자들에게는 관절의 무리가 없는 하지 근력 강화를 위한 운동법의 개발이 필요하다.

하지 근력 강화 운동 참여에 제한이 있는 대상자를 위한 새로운 운동 형태는 Flieger 등(1998)에 의해 개발되었으며, 이 운동 방법은 대상자가 지정 위치에 서있는 상태에서, 지면의 상, 하, 좌, 우 반복적인 움직임 발생시킴으로써, 4축 흔들림을 이용한 등척성 운동 기구인 진동 운동 기구를 개발하였다. 진동 운동 기구 개발 목적은 골밀도가 떨어지는 환자를 대상으로 골밀도 증가와 근력 증가를 위하여 개발되었으나, 선행 연구에 의하면 진동을 통하여 하지 근육의 근력 강화와 신체균형성 증가를 시킬 수 있다고 알려져 있다(Bruyere 등, 2005).

진동 운동의 장·단점이 있지만 선행 연구에서는 건강한 성인 남성을 대상으로 10일간 진동 운동(10분/일)을 적용한 결과 넵다리네갈래근의 최대 근력 증가를 보고하였다(Bosco et al., 1999). Rittweger 등(2000)은 남

녀 37명을 대상으로 진동 운동을 통한 운동량을 평가한 결과 5분간의 진동 운동 트레이닝은 자전거 에르고미터 12분간의 심박수와 유사하였으며, 혈압은 132/52mmHg, 젖산은 3.5mmol, 최대 산소 섭취량의 48.8%에 해당한다고 보고하였다. Kersch-Schindl 등. (2001)은 protocol에 식이요법을 첨가하여 진동 운동 트레이닝을 실시한 후 피하지방과 젖산 농도의 저하, 혈압, VLDL-C, 배근력, 유연성 그리고 민첩성의 증가를 보고하였다. 이와 같이 최근까지 수행된 연구의 대부분은 생리적 변인에 미치는 효과를 검증한 것으로 근력의 미치는 효과를 직접적으로 규명한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 건강한 남·녀 대학생을 대상으로 8주간 진동 운동을 실시했을 경우 하지 근력에 직접적인 영향을 주는 넵다리네갈래근과 슬굴곡근의 최대 근력과 하지 근력의 정적인 능력 향상에 어떠한 효과가 있는가를 규명한, 나아가 균형 능력에 미치는 효과를 검증하여 추후 진동 운동방법의 기초 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 설계

본 연구는 8주 동안 진동 운동을 통하여 동적인 최대 하지 근력, 정적인 능력인 균형성 변화 정도를 비교 분석하는 두 그룹반복 측정 연구에 기초하여 설계하였다. 대상자는 B광역시 지역 S, K, D대학교에 재학 중인 신경계 및 근육 뼈대 계통 질환 관련 과거력이 없는 건강한 20대 남·여 대학생 22명을 대상으로 연구를 실시하였다.

2. 진동 운동 프로그램 및 측정 방법

진동 운동 프로그램은 준비운동 및 스트레칭, 본 운동, 정리 운동으로 나누었으며, 준비운동 및 스트레칭 5분, 본 운동 20분, 정리 운동 5분으로 총 30분간 실시되었고 주 3회 8주간 실시하였다.

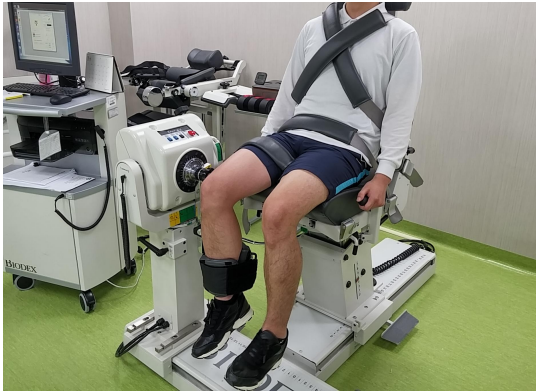


Fig. 1. Knee Extension & Flexion Test (Biodex System S4)

1) 진동 운동 프로그램 시간 및 강도

진동 운동은 선 자세 5분, 주춤 선 자세 5분, 발꿈치세운자세 5분, 앉아 상체 굽힌 자세 5분으로 총 20분을 실시하였다. 진동 운동 강도는 운동 자세에 관계없이 기간별로 초기 1~3주 저강도(20Hz), 중기 4~6주 중강도(26Hz), 말기 7~8주 고강도(30Hz)를 오후 4시~5시 30분 사이 실시하였다. 진동 운동 프로그램 측정 자세는 발판 위에서 양발 안쪽 뒤꿈치 사이를 8.5cm 엄지발가락의 외반 각도는 10°, 진동 진폭이 3mm가 되도록 표준 거리에 맞게 두발을 정렬하고 선다. 대상자는 넙다리내갈래근과 슬굴곡근에 진동이 집중될 수 있도록



Fig. 2. Vibration Exercise

고관절 약 120°, 슬관절 약5°, 족관절 굴곡 자세를 취하였다(Fig 1).

2) 슬관절의 최대 신전, 굴근 근력

넙다리내갈래근과 슬굴곡근의 최대 굴곡 근력 측정은 등속성 장비인 Biodex System S4 (Biodex, USA)를 사용하여 측정하였다. 대상자를 측정 장비에 똑바로 앉은 자세를 유지하게 한 상태에서 발목을 측정기에 고정하여 각속도에 따른 근력을 측정하였다. 측정 전에는 최소 한 번의 연습을 하고 각속도 별 3회씩 측정 하였으면 각 측정 간 약 2분간 휴식을 갖도록 하였다(Fig 2).

3) 균형 능력

정적인 균형 능력 측정 장비는 Biodex Balance System (Biodex, USA) 을 이용하여 정적인 균형 능력을 측정하였다. 대상자는 측정 장비에 한발을 가운데 두고 외발 서기를 실시한 후, Athletic single Leg Stability Testing을 프로그램을 통하여 평균 점수를 측정하였다(Fig 3).

3. 자료처리

연구 과정에서 수집된 자료는 통계 패키지 SPSS (for Windows ver. 21.0)를 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성, 슬관절 신전 및 굴곡 근력의 평균 및 표준 편차를 산출하였다. 진동 운동에 따른 각 변인의



Fig. 3. Athletic Single Leg Stability Testing (Biodex)

평균값 차이 검증에서는 Two-way repeated ANOVA 분석 후 유의한 차이를 나타내었을 경우 사후 검증(Turkey)을 실시하였다. 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자들은 총 22명으로 이중 남성은 11명 여성은 11명이었다. 대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 남녀 기간에 따른 슬관절 최대 신전 근육의 전 · 후 변화

진동 운동 기간에 따른 남녀 대학생의 최대 신전 근육의 변화는 Table 2와 같다. 실험 전 측정값은 남학생 신전근 111.94 Nm, 여학생 신전근은 86.24 Nm 그룹 간 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 이후 남학생은 4주 이후 유의하게 증가하였고($p < .05$), 반면 여학생은 4주 까지 통계적으로 유의한 차이는 없었으나($p > .05$), 8주 후에는 유의한 증가를 나타내었다($p < .05$). 기간별 그룹 간의 차이는 4주, 8주에서 유의한 차이를 나타내었다 ($P < .05$).

3. 남녀 기간에 따른 슬관절 최대 굴근 근육의 전 · 후 변화

진동운동 기간에 따른 남녀 대학생의 슬관절 최대 굴근 근육의 변화는 Table 3와 같다. 실험 전 측정값은 남학생 신전근 56.48 Nm이었고, 여학생 신전근은 50.20 Nm 그룹 간 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 이후 남학생은 4주 이후 유의하게 증가하였고($p < .05$), 반면 여학생은 8주 이후 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .05$). 기간별 그룹간의 상호작용에서는 4주, 8주에서 유의한 차이를 보였다($P < .05$).

4. 남녀 기간에 따른 균형성 변화 결과

균형성 변화에 대한 결과는 Table 4와 같다. 균형성은 남학생, 여학생 모두 진동 운동 시작 후 매 주마다 유의

Table 1. General characteristics of subjects Mean±SD

Variables	Male	Female
Age(years)	23.09±0.28	22.45±0.21
Height(cm)	177.1±0.8	165.2±0.7
Weight(kg)	78.0±0.7	56.3±0.9
Pre BMI(kg/m ²)	24.86±0.30	20.65±0.42
Post BM(kg/m ²)I	24.81±0.51	21.85±0.55

Table 2. Maximum Strength of Right Knee Extension Mean±SD

Geoup	pre	4weeks	8weeks
Male	111.94±2.50 †	110.68±2.57* †	118.67±2.82* †
Female	86.24±3.02	86.98±2.65	88.69±2.17*

* Significantly different from previous time point,
 † Significantly different from female group at the same time point

Table 3. Maximum Strength of Right Knee Flexion Mean±SD

Geoup	pre	4weeks	8weeks
Male	56.48±0.99 †	57.51±1.03* †	60.05±1.24* †
Female	50.20±1.08	52.33±0.71	53.59±0.99*

* Significantly different from previous time point,
 † Significantly different from female group at the same time point

Table 4. Static one Leg Balance Mean±SD

Geoup	pre	4weeks	8weeks
Male	58.00±1.18	65.40±2.01*	70.60±1.56* †
Female	60.90±1.83	67.00±1.04*	76.50±1.61*

* Significantly different from previous time point,
 † Significantly different from female group at the same time point

하게 증가하였다($p < .05$),

IV. 고찰

본 연구는 근육 향상을 위해 보편적으로 실시하는 웨이트 트레이닝이 아닌 진동 운동 프로그램을 통하여 하지의 최대 근육과 균형성의향상도를 알아보고자 하

였다. 일반적인 근력 강화 운동으로 실시하는 웨이트 트레이닝에 제한이 있는 대상자들에게 보다 쉽게 실시할 수 있는 진동 운동을 통하여 근육에 일정한 역치 수준 이상 자극을 통하여 근육과 신경이 진동 자극에 적응하게 되는데 이러한 변화가 근력 향상에 도움을 준다(Lee와 Kim, 2006).

본 연구에서 진동 운동 프로그램을 통한 슬관절 최대 신전, 굴곡 근력의 변화를 확인한 결과 선행 연구에서는 24주간 진동 운동으로 슬관절 신전, 굴곡근 근력에서 유의한 차이를 나타내었다(Tihanyi 등, 2007). 본 연구에서 또한 운동 실시한 이후 4주까지는 남학생에서 신전근과 굴곡근에서 유의하게 근력 증가 나타내었으나($p<.05$), 8주 후 남학생 신전근6%, 굴곡근7%, 여학생 신전근3%, 굴곡근8%로 두 그룹 모두 유의하게 증가하였다($p<.05$). 두 집단 간 차이에서는 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 이는 진동 운동 프로그램이 근력 증가에 효과적이나 최소한 남학생은 4주, 여학생은 8주 후 근력 증가를 볼 수 있는데 이것 여학생들의 운동 능력이 남학생들보다 운동 능력이 낮기 때문인 것으로 사료된다.

하지 균형 능력은 체성 감각을 통한 근의 활성화로 균형 조절을 실시한다(Carey 등, 1993). 본 연구에서는 진동 운동 프로그램을 통해 남녀 균형 능력의 변화를 확인한 결과 남학생 운동 전 58.00점에서 8주 후 70.60점 증가하였고, 여학생 운동 전 60.90점에서 8주 후 76.50점으로 모두 유의하게 증가하였다($p<.05$). 두 집단 간의 차이는 8주에서 유의한 차이를 나타내었다($p<.05$). 진동 운동은 여학생 균형 능력 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 선행 연구에 의하면 6주간 전신 진동 운동을 적용한 후 균형 능력이 유의하게 증가를 보고하였다(van Nes 등, 2004). 또한 전신 진동을 통하여 체성 감각자극으로 균형에 효과적이었다(Bosco 등, 1999). 이러한 결과 진동 운동 프로그램은 하지 균형을 조절하는 체성 감각 자극을 통한 근력 증가를 판단 할 수 있겠다.

마지막으로 진동 운동 프로그램을 통한 신체질량지수 변화를 살펴보면, 선행 연구에서는 진동 운동은 신체질량지수 감소에 매우 효과적이라는 Beak 등(2009), Kawanabe 등 (2007) 연구 결과를 보고하였다. 본 연구

결과에서는 남학생 운동 전 $24.86\pm 0.30\text{kg/m}^2$, 운동 후 $24.81\pm 0.51\text{kg/m}^2$, 여학생 운동 전 $20.65\pm 0.42\text{kg/m}^2$, 운동 후 $21.85\pm 0.55\text{kg/m}^2$ 로 나타났다. 앞선 연구에서는 진동 운동 시 지방을 에너지원으로 많이 이용하여 지방 감소에 효과적인 결과인 반면 본 연구에서는 비만 대상자가 아닌 일반 대학생으로 인한 결과로 신체질량지수에는 변화가 없는 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구의 결과 8주간의 진동 운동 프로그램은 남학생의 경우 4주 후 슬관절 신전, 여학생의 경우 8주 후 슬관절 굴곡근 및 균형 능력 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 특히 여성이 남성보다 신전근력이 약 25% 낮았으나 균형을 유지하는 능력에서 효과적인 결과를 보였다. 슬관절 신전근, 굴곡근의 비율이 기존 70:30에서 60:40으로 굴곡근력 증가로 인해 균형 능력이 향상 되었다고 사료된다. 반면 진동 운동을 통한 신체질량지수의 변화는 관찰되지 않았다. 앞으로 좀 더 장기간의 중재에 관한 연구와 다양한 신체 자세를 통한 연구가 필요하다고 생각한다.

Acknowledgements

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구 되었음(NRF-2013S1A5A8021383).

References

- American Heart Association. Heart disease and stroke statistics 2004 update. Dallas TX. American Heart Association. 2003.
- Beack YI, Nam SS, Sun WS. Effects of 6 weeks of the whole body vibration training on vascular compliance, and

- vascular regulation substance in middle aged obese women. *Exercise Science*. 2009;18(2):151-62.
- Bosco C, Colli R, Introni E, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*. 1999;19(2):183-7.
- Bruyere O, Wuidart MA, Di Palma E, et al. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(2):303-7.
- Carey LM, Matyas TA, Oke LE. Sensory loss in stroke patients: effective training of tactile and proprioceptive discrimination. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74(6):602-11.
- Flieger J, Karachalios T, Khaldi L, Raptou P, Lyritis, G. (1998). Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats. *Calcif Tissue Int*,1998 63(6): 510-4.
- Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, Nishi M, Miyano S. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil*, 2003; 82(6): 463-9
- Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, et al. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med*. 2007;56(1):28-33.
- Kerschman-Schindl K, Grampp S, Henk C, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*. 2001;21(3):377-82.
- Manninen P, Riihimaki H, Heliovaara M, Makela P. Overweight, gender and knee osteoarthritis. *Int J Obes Relat Metab Disord*,1996;20(6): 595-7.
- Marcovic G. Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007;47(3):276-83.
- Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin Physiol*, 2000; 20(2): 134-42.
- Tihanyi TK, Horvath M, Fazekas G, et al. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil*. 2007;21(9):782-93.
- Van Nes IJ, Geurts AC, Hendricks HT, et al. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83(11):867-73.