

## 체중부하를 이용한 편심성 신장 운동이 20대 여성의 발목관절 가동범위와 근력에 미치는 영향

임태영, 하소라, 최윤아, 오태영\*

신라대학교 물리치료학과,

The Effects of Eccentric Stretching with Weight Bearing Ankle ROM and Muscle Strength in 20's Women

Tae-Young Lim, So-Ra Ha, Yoo-Na Choi, Tae-Young Oh, PT, Ph.D\*

Department of Physical Therapy, Silla University

**Purpose** The purpose of this study was to verify the effectiveness of eccentric stretching exercise with weight bearing compared with self-stretching exercise on ankle joint ROM, calf muscle strength and investigate effect of angular velocity for gastrocnemius and soleus muscle. **Methods** 30 female who were 20's were participated this study. We randomized divided subjects into three groups, self-stretching exercise group(SSE), slow eccentric stretching with weight-bearing exercise group(SEC), fast eccentric stretching with weight bearing exercise group(FEC). SSE group performed ankle dorsi and plantar flexion in the long sitting position themselves. SEC group and FEC group performed ankle dorsi and plantar flexion in standing position on edge of stair with arm support. Participants performed 10 minutes a day and five times with resting time between sets a week for three weeks. Data was collected pre and post measurement of range of motion and strength with 60°/sec using by the Bio-Dex. We performed paired t-test and ANCOVA using by SPSS statistical program. **Results** The results of this study was that all of three groups showed significantly increasing of R.O.M. SEC, FEC group showed significantly increasing of plantar flexion strength, all of three group showed no significantly increasing of dorsiflexion strength. There was no significantly difference among three groups. **Conclusion** We suggest that SEC, FEC was more effective method increasing of R.O.M and strengthening of plantar flexor. For the increasing ankle range of motion, we recommend SEC as well the enhancement of strength and R.O.M more easily in home or hospital.

**Key Words** Eccentric stretching, Weight-bearing, Ankle range of motion, Strength

책임 저자 Tae-Young Oh(ohtaeyoung@silla.ac.kr)

논문 접수일 2015년 8월 31일

수정 접수일 2015년 9월 30일

게재 승인일 2015년 10월 20일

### 1. 서론

여성들은 패션에 민감하여 높은 굽의 신발을 선호하며, 굽이 높은 신발은 인체 운동역학적으로 비효율적 움직임과 비정상적 자세 변화를 발생시킨다, 특히 인체 관절 중에서 발목관절에 많은 영향을 미치게 된다. 굽이 높은 신발은 과도한 발바닥 굽힘으로 발목 관절의 움직임과 안정성을 감소시킨다.<sup>1-4)</sup> 그리고 바쁜 일상생활과 운동부족으로 인체 유연성이 감소되고 스포츠 활동에서 손상을 발생된다.<sup>5)</sup> 유연성은 근육, 건, 인대가 영향을 미치고, 관절의 운동범위에 영향을 미친다. 그리고 유연성의 증가는 외상의 빈도를 감소시킬 수 있다.<sup>6)</sup> 유연성 증가를 위한 신장운동은 근육 긴장과 근골격계 통증을 감소시키며, 혈액 순환을 증가시킨다. 또한 근육 유착 방지와 근육의 움직임에 대한 저항 감소시키며, 근육, 건 손상 후 회복에 효과가 있다.<sup>7)</sup> 유연성 증가를 위한 운동방법으로 편심성 신장운동에 따른 근

육과 건의 해부학적 변화에 대한 연구가 최근 활발해지고 있으며, 7주간의 편심성 신장운동을 실시한 결과 건의 유연성이 유의하게 증가하였으며, 편심성 신장운동을 1회 실시한 결과 넵다리뒤근의 근길기와 근긴장에 효과가 나타났다.<sup>8,9)</sup> 닫힌 사슬 운동을 이용한 편심성 신장운동 결과 넵다리뒤근의 손상 후 통증을 감소를 시킨다고 하였다<sup>10,11)</sup> 등척성 수축(isometric contraction)은 움직이는 관절의 운동범위 변화가 없으므로 기계적 이득이 없으며, 동심성 수축(concentric contraction)은 근육의 길이가 짧아지면서 장력이 발생하고 편심성 수축은 근육이 활성화된 상태에서 길이가 늘어난다. 그리고 편심성 수축은 근수축 외에 직렬로 연결된 건이 신장을 유도하여 움직임을 효율적으로 증가시킨다.<sup>12,13)</sup> 편심성 수축은 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness, DOMS)의 유발하고, 근

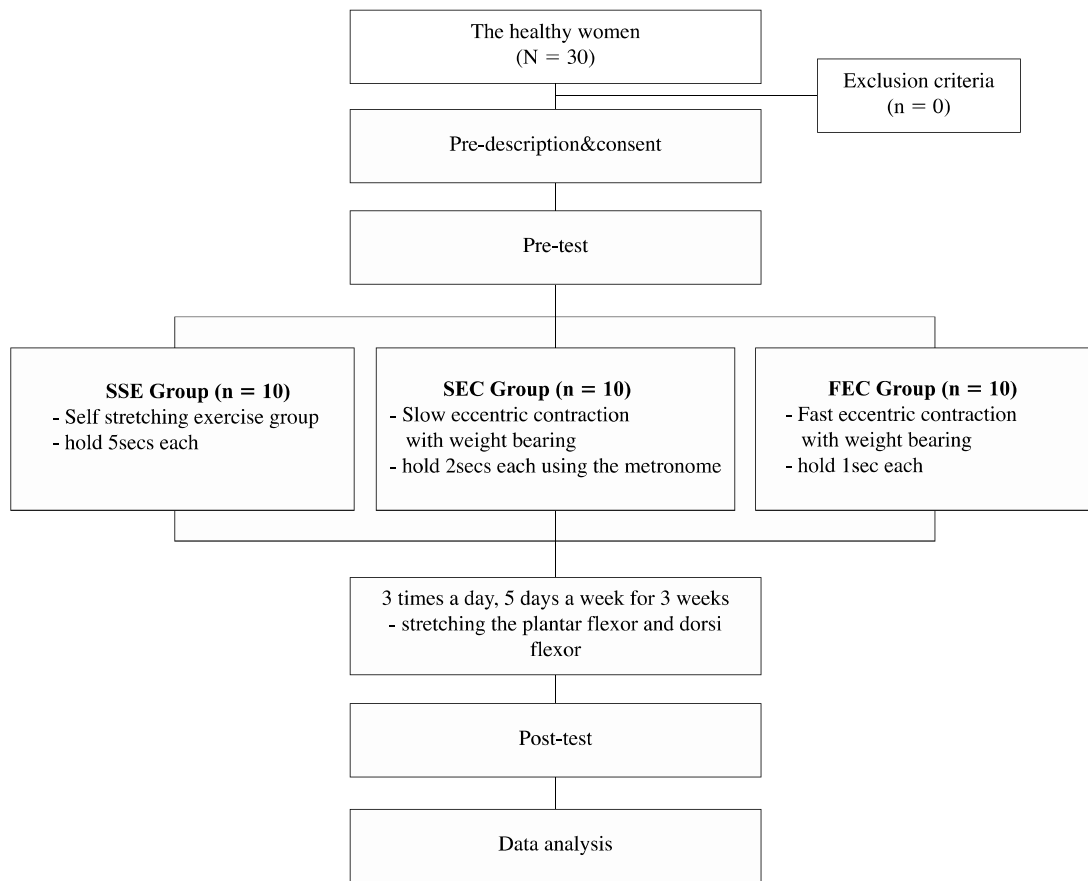


Figure 1. The research procedures

육 미세파열의 위험이 높다. 동심성 수축과 등척성 수축 보다 손상이 흔히 발생하며, 근육 강화 운동에서 동심성 수축 운동을 많이 실시한다. 그러나 편심성 수축 운동은 스포츠 선수를 대상으로 실시한다.<sup>14,15)</sup> 편심성 수축운동은 근육과 건의 해부학적으로 신장시키고, 동심성 수축 보다 근활성화에서 산소 요구량이 적고, 심혈관계 구조에 부하가 적으며, 근육 단면적 증가 되어 근력강화를 위한 훈련방법으로 유용하다.<sup>16,17)</sup> 편심성 수축 훈련을 통한 유연성과 근력 증가 연구는 운동선수를 대상으로 넵다리뒤근의 통증 관련 연구가 많다.<sup>18)</sup> 따라서 본 연구에서는 스포츠 선수가 아닌 20대 여성을 대상으로 하여 장딴지근과 가자미근에 체중부하를 이용하여 편심성 신장운동을 실시하여 발목관절의 운동범위와 근력에 미치는 영향을 연구하였으며, 임상에서 운동방법에 따른 근거를 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

본 연구의 대상자는 건강한 20대 여성 30명으로 하지 관절의 병력이 없으며 최근 6개월 이내의 다리 관절의 통증 및 관절가동범위의 제한이 없으며 연구에 참여하기 전까지 규칙적인 운

동경험이 없는 자로 하였다. 연구의 대상자들은 연구의 운동방법에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 참여할 것에 동의한 후 참여하였다. 참여한 대상자들은 무작위로 자가 신장운동그룹(SSE : Self stretching exercise group)(n=10, age 20.40±0.97), 느린 체중부하 편심성 운동 그룹(SEC : Slow eccentric contraction with weight bearing)(n=10, age 20.60±0.70), 빠른 체중부하 편심성 운동 그룹(FEC : Fast eccentric contraction with weight bearing)(n=10) 명으로 나누어 진행하였다(Figure 1).

연구의 기간은 2012년 5월 27일부터 6월 20일까지 약 3주에 걸쳐 진행하였다. 1일 3회, 주 5회의 신장운동을 3주간 수행하였으며, 느린 편심성 운동은 메트로놈을 이용하여 발바닥쪽 굽힘과 발등 굽힘을 각각 2초 동안 실시하였으며, 빠른 편심성 운동은 1초 동안 발바닥쪽 굽힘과 발등 굽힘을 각각 실시하였다. 운동 시작 전과 운동시작 3주 후에 발목관절의 가동범위와 근력을 측정하였다. 자가신장 그룹은 다리를 펴고 앉은 자세에서, 무릎을 굽히지 않고 발목을 가능한 멀리 발바닥 쪽 굽힘을 하여 5초간 유지한 후 다시 발목 관절을 가능한 한 최대한으로 발등 굽힘을 5초간 유지하는 것으로 10회 반복하는 것을 1set로 하여 하루 3set씩 3회 실시하였으며, 관절운동의

속도는 통제하지 않았다. 느린 체중부하 편심성 신장 운동 그룹은 발바닥의 1/2 만 지지한 상태로 계단에 서서 난간을 한 손으로 지지 한 상태에서 최대한 발바닥 굽힘 후 5초간 유지한 후, 발등 굽힘을 5초간 유지하였다. 운동의 속도는 메트로놈을 이용하여 발바닥쪽 굽힘과 발등 굽힘을 각각 2초에 걸쳐 하도록 하였다. 10회 반복하는 것을 1set로 하여 하루에 3set씩 3회 실시하였다. 빠른 체중부하 편심성 신장 운동 그룹은 발바닥의 1/2 만 지지한 상태로 계단에 서서 난간을 한손으로 지지 한 상태에서 최대한 발바닥 굽힘 후 5초간 유지한 후, 발등 굽힘을 5초간 유지하였다. 운동의 속도는 메트로놈을 이용하여 발바닥쪽 굽힘과 발등 굽힘을 각각 1초에 걸쳐 하도록 하였다. 배측 굴곡상태에 다다르면 2초간 유지하고 다시 족저굴곡 하기 위해 뒤꿈치를 빠르게 내린다. 10회 반복하는 것을 1set로 하여 하루에 3set씩 3회 실시하였다. 등속성 측정장비인 Biodex system(Biodex medical system, USA)를 이용하여 발목관절의 관절가동범위와 발바닥쪽 굽힘근과 발등굽힘근의 근력을 각속도 60°/sec 에서 측정하였다. 관절가동범위는 발바닥쪽 굽힘에서 발등 굽힘 까지의 능동 운동 전 범위를 취하였으며, 모든 값은 3회 측정하여 평균값을 취하였다. 본 연구의 결과를 위한 모든 통계분석은 SPSS for Windows version 20.0을 사용하였다. 정규성 검정결과 모든 변수가 정규분포에 만족하여(p>.05) 대응표본 t 검정(paired t test)방법을 이용하여 운동 전후 값을 비교하였으며, 그룹간의 차이를 알아보기 위해 일변량 분석을 실시하였다. 분석한 결과의 통계학적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

### III. 결 과

자가신장운동그룹, 느린 체중부하 편심성 신장 운동 그룹, 빠른

체중부하 편심성 신장 운동 그룹 등 모든 그룹에서 운동 전과 후의 발목 관절가동범위가 각속도 60°/sec 에서 통계학적으로 유의하게 증가하였으나(p<.05) 그룹 간의 차이는 나타나지 않았다. 느린 체중부하 편심성 운동 그룹과 빠른 체중부하 편심성 운동 그룹에서 각속도 60°/sec 에서 발바닥쪽 굽힘 근력이 통계학적으로 유의하게 증가하였으나(p<.05), 그룹 간의 차이는 나타나지 않았다. 각속도 60°/sec 에서 자가 신장 운동 그룹에서는 평균값이 약간 감소하였으며, 체중부하를 이용한 편심성 신장 운동 그룹에서는 모두 평균값의 증가를 나타내었으나 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(p>.05) (Table 1)(Figure 2).

### IV. 고 찰

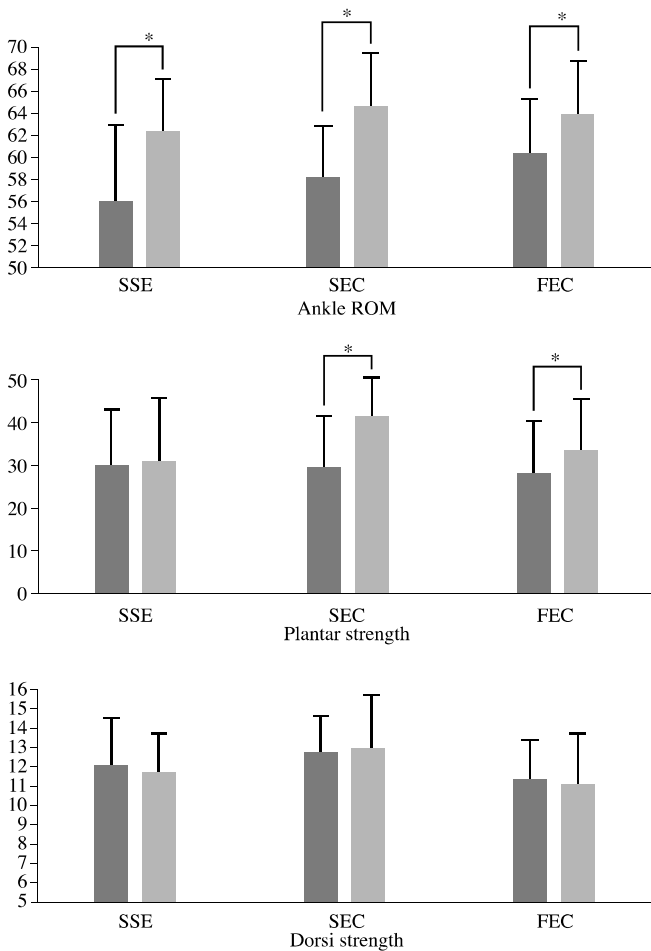
편심성 신장운동은 근육과 힘줄 복합체의 생체역학적 특성과 장력 발생에 대한 긍정적 효과가 있으며, 통증 수용기의 민감도 변화를 주어 신장에 대한 고유감각계가 자극되어 신장 내성이 증가하고 수동적 신장 후 근육과 힘줄의 수동적 장력과 근긴장이 감소된다. 이러한 편심성 신장운동의 효과는 신장 운동 후 즉각 나타난다.<sup>19-21)</sup> 선행연구에 따르면20대 남녀 45명을 대상으로 넙다리뒤근육의 신장을 위해 무릎관절의 수동 신장, 무릎관절과 발목관절의 수동 신장, 능동 신장 등을 실시한 결과 즉각적 효과를 나타냈다.<sup>19)</sup> 본 연구 결과 20대 여성의 장딴지근과 가자미근의 신장을 위해 체중부하를 이용한 편심성 신장 운동을 3주간 실시 한 결과 발목관절의 관절가동범위 증가되었고, 발바닥쪽 굽힘근 근력 증가하였으나 발등 굽힘근의 근력은 증가하지 않았다. 45명의 건강한 남녀 대상으로 무릎관절 신장을 위해 정적, 동적, 고유수용성신경근축진법 적용 후 속도에 따른 무릎관절의 최대토크 측정 결과 관절운동속도가 60°/sec,

Table 1. Comparison of range of motion, muscle strength in each groups

(N=30)

	group	Mean±SD		p	Between group
		pre	post		
Ankle ROM	SSE	56.11±7.27	62.44±5.72	0.01*	0.67
	SEC	58.25±4.93	64.74±6.66	0.01*	
	FEC	60.35±6.10	63.96±5.90	0.01*	
Plantar Strength	SSE	30.23±13.76	31.38±15.18	0.75	0.05
	SEC	29.59±11.84	41.89±9.91	0.03*	
	FEC	28.42±12.56	33.82±12.39	0.03*	
Dorsi Strength	SSE	12.07±2.55	11.73±2.01	0.46	0.54
	SEC	12.76±2.10	12.97±2.70	0.82	
	FEC	11.38±2.37	11.12±2.66	0.70	

\*p<.05



**Figure 2. The comparisons of range of motion, muscle strength in each groups**

180°/sec일 때 동적 신장 운동과 고유수용성신경근축진법을 이용한 신장 운동 군에서 등속성 최대토크가 증가하였다.<sup>22)</sup> 16명의 건강한 성인을 대상으로 계단 가장 자리에서 편측 다리 서기를 통하여 체중부하를 이용한 편심성 수축으로 발목관절의 발바닥 굽힘과 발등 굽힘을 반복하여 실시한 후 다리 근육의 근활성도가 증가하였다.<sup>23)</sup> 본 연구에서는 자가신장운동그룹, 체중부하를 이용한 느린 편심성 신장 운동그룹, 체중부하를 이용한 빠른 편심성 신장 운동 그룹으로 나누어 발목관절에 적용한 결과 모든 그룹에서 관절운동범위가 증가하였으며, 편심성 신장운동그룹에서 발바닥 굽힘 근력이 증가하였다. 체중부하 운동 방법에 따른 다리 근육의 근활성도 연구에서 편측 다리 서기자세에서 중간발기근의 근활성도가 가장 많았으며, 편측 스커트 자세에서 무릎관절 펍근의 근활성이 증가하였고 편심성 운동 방법에 따른 발목관절의 근육에 미치는 연구가 필요하다고 하였다.<sup>24)</sup> 26세의 남녀 24명을 대상으로 60초 동안 발등 굽힘을 지속하는 능동 신장운동, 30초씩 유지하면서 2회 반복하는 능동신장운동, 15초씩 유지하면서 4회 반복하는 능동신장운동, 60초를 수동적

으로 유지시키는 4가지 형태의 신장 운동을 실시한 결과, 수동적으로 60초 동안 발등 굽힘을 유지한 그룹에서 발목관절의 뻣뻣함이 감소 하였다<sup>21)</sup>. 본 연구에서는 자가신장운동 그룹 및 체중부하를 이용한 편심성 신장 운동 그룹의 운동 형태는 5초간의 유지를 10회 반복하여 선행연구와 다른 운동을 실시하였다. 신장 운동의 방법, 유지 시간, 능동과 수동 운동 방법에 따라서 발목 관절운동범위 증가에 차이가 있었으며, 신장 운동방법에 따른 발목 관절운동범위에 미치는 연구가 필요하다고 판단된다. KinCom(Chattanooga Group, Hixson, Tennessee, USA) 등속성 기기를 이용하여 18명의 대상자들에게 발목관절의 운동 속도를 5°/sec, 25°/sec 두 그룹으로 나누고, 반복 시간을 2분을 기준으로 최대근력에 미치는 영향을 연구한 결과 25°/sec 속도로 2분 이내 반복한 그룹에서 최대 근력이 증가하였다.<sup>25)</sup> 본 연구에서는 메트로놈을 이용하여 운동속도를 2초와 1초로 구분하여 느린 체중부하 편심성 신장운동 그룹과 빠른 체중부하 편심성 신장운동 그룹으로 구분하였으나 발목관절의 운동속도를 정확하게 제어할 수 있는 기기를 사용하지 않아 결과 분석에 제한점이 있었다. 너무 느리거나 빠른 운동속도 보다는 적절한 속도 25°/sec 정도의 속도에서 근력이 증가된 것으로 보아 선행 연구와 차이가 있었다. 본 연구의 결과에서 체중부하를 이용한 편심성 신장운동은 발목관절의 가동범위 증가를 통해 발목관절의 유연성을 증가시켰으며, 발바닥 굽힘근 근력의 증가가 나타났다. 따라서 체중부하를 이용한 편심성 신장운동은 관절의 가동범위 증가와 근력 증가에 효과가 있었다. 그러나 본 연구는 연구 대상자의 제한점이 있었으며, 체중부하를 이용한 편심성 신장 운동 방법에서 각속도에 따른 변수를 위한 연구방법이 필요하다고 판단된다. 그리고 발목관절뿐만 아니라 다른 관절의 근육과 힘줄의 정상적 생체역학적 구조를 유지하여 관절의 유연성과 근력 유지를 위한 신장 운동은 매우 중요하며, 환자 질환에 따른 신장운동 방법이 적절히 처방되어야 한다고 생각된다.

**참고문헌**

1. Ebbeling CJ, Hamill J, Crusemeyer JA. Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high heeled shoes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(4):190-6.
2. Gajdosik RL, Linden DWV, Williams AK. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the muscle-tendon unit of women. *Phys Ther.* 1999;79(9):827-38.
3. Stefanyshyn DJ, Nigg BM, Fisher V, et al. The influence of high heeled shoes on kinematics, kinetics, and muscle EMG of normal female gait. *J Appl biomech.* 2000;16:309-19.

4. Moon GS, Kim TH. The effect of total contact inserts on the gait parameters during high heeled shoes walking. *Physical Therapy Korea*. 2011;18(2):1-8.
5. Sullivan MK, DeJulia JJ, Worrell TW. Effect of pelvic position and stretching on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(12):1383-9.
6. Andersen FC, Pandy MG. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *J Biomech*. 1993;26(12):1413-27.
7. Brukner P, Khan K. *Clinical sports medicine*. 4rd ed. Australia, McGraw Hill. 2009.
8. Duclay J, Martin A, Duclay A, et al. Behavior of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training. *Muscle nerve*. 2009;39:819-27.
9. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(5):783-90.
10. Nelson RT. A Comparison of the Immediate Effects of Eccentric Training vs Static Stretch on Hamstring Flexibility in High School and College Athletes. *N Am J Sports phys Ther*. 2006;1(2):56-61.
11. Greenstein JS, Bisho, BN, Edward JS, et al. The effects of a closed-chain, eccentric training program on hamstring injuries of a professional football cheerleading team. *J Manipulative Physiol Ther*. 2011;34(3):195-200.
12. Alexander RM. Tendon elasticity and muscle function. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2002;133(4):1001-11.
13. Kawakami Y, Muraoka T, Ito S, et al. In vivo muscle fibre behaviour during counter-movement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *J Physiol*. 2002;540(2):635-46.
14. Kon M, Tanabe K, Lee H, et al. Eccentric muscle contractions induce greater oxidative stress than concentric contractions in skeletal muscle. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2007;32(2):273-81.
15. Lee KH, Shieh JC, Matteliano A, et al. Electromyographic change of leg muscles with heel lifts in women: therapeutic implication. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(1):31-3.
16. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med*. 1989;7(4):207-34.
17. Highbie EJ, Cureton KJ, Warren GL, et al. Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *J Appl Physiol*. 1996;81(5):2173-81.
18. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train*. 2004;39(3):254-8
19. Kim JH, Kim TH. Immediate effects of stretching on hamstring stiffness. *J Kor Soc Phys Ther*. 2010;22(1):1-7.
20. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscles. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;27(40):295-300.
21. McNair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, et al. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to hold and continuous passive motion. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(3):354-8.
22. Lim CH. Effects of static, dynamic, PNF stretching on the isokinetic peak torque. *J Kor Soc Phys Ther*. 2011;23(6):37-42
23. Henriksen M, Aaboe J, ØBliddal H, et al. Biomechanical characteristics of the eccentric Achilles tendon exercise. *J Biomech*. 2009;42:2702-7.
24. Kim EJ, Hwang BY, Kim MS, et al. Comparison of the muscle activities in the lower extremities during weight-bearing exercise. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(3):216-2.
25. McNair PJ, Hewson DJ, Dombroski E, et al. Stiffness and passive peak force changes at the ankle joint: the effect of different joint angular velocities. *Clin Biomech*. 2002;17;536-40.