

무릎관절 굽힘 각도에 따른 뒤꿈치 들기 동안 종아리 세갈래근의 활성화도

권유정 · 송민영†

부산 슬링 운동 센터, ¹동의과학대학 물리치료과

Activation of the Triceps Surae During Heel Raising Depend on the Knee Joint Flexion Angles

Yu-Jeong Kwon, PT, MS, Min-Young Song, PT, MS^{††}

Busan Sling Exercise Center

¹Department of Physical Therapy, Dong-Eui Institute of Technology

Received: July 23, 2013 / Revised: August 22, 2013 / Accepted: August 28, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the change of triceps surae activation during heel raise test in standing among knee flexion angles(0°, 30°, 45°, 60°).

METHODS: Twenty healthy individuals performed unilateral plantarflexion in standing with 0°, 30°, 45°, 60° knee flexion. Activity of medial gastrocnemius(MG), lateral gastrocnemius(LG), soleus(Sol) was recorded with surface electromyography(EMG).

RESULT: The muscle activations induced the four different positions were compared and results showed that was significant difference MG and LG while the angle increase from 0° to 30°, 45°, 60° but Sol did not show significant differences in every angle.

CONCLUSION: This study suggest that 30° knee flexion is required to induce a significant mechanical disadvantage of gastrocnemius.

Key Words: Gastrocnemius, Soleus, Heel raising, Knee flexion angle

I. 서론

맨손 근육 검사(manual muscle testing)는 대부분의 의료분야에서 수행되는 신경학적 검사로서 운동기능을 평가하기 위한 표준화된 과정이다(Kendall 등, 1993). 이는 개별근육에 대한 검사이기 보다는 동작에 기초를 두고 있기 때문에 그 동작에 관여하는 모든 근육의 수행이 포함된다(Hislop와 Montgomery, 2008). 그러므로 동일한 동작에 관여하는 근육들 사이의 관절역학이나 길이-장력관계가 충분히 고려되지 않는다. 특히 두 관절 근육은 다른 한 관절의 각도에 따라 맨손 근육 검사가 달라질 수 있으므로 고려되어야 한다(LeVau, 1992; Soderberg, 1997).

종아리 세갈래근(triceps surae)의 아킬레스 힘줄은 인체에서 가장 강함에도 불구하고 일반적으로 급성이나 과사용으로 손상되어지고(Higgins 등, 2006; Kolt와 Snyder-Mackler, 2007) 특히 스포츠 활동에서 빈번한 손상을 입게 되고 물리치료사에 중요한 과제를 제시한다(Brotzman와 Wilk, 2007; Khan와 Maffulli, 1998).

장판지근(gastrocnemius)은 무릎 위에서 기시하는 두 관절 근육으로 무릎 아래에서 기시하는 한 관절 근육인 가자미근(soleus)보다 무릎 굽힘 각도에 따라 더 많은 영향을 받게 된다. 발바닥 굽힘에 장판지 세갈래근을

†Corresponding Author : ditsong@dit.ac.kr

분리하여 최대 활성도를 알아보기 위한 연구들은 일반적으로 안쪽과 가쪽 장딴지근이 무릎 굽힘이 증가될수록 역학적 이점이 줄어든다는 해부학적 전제를 바탕으로, 한 관절 근육인 가자미근이 최대로 활성화 된다고 하였다(Cresswell 등, 1995). 전통적인 맨손 근육 검사에서는 안쪽 장딴지근과 가쪽 장딴지근을 목표로 할 때는 선자세에서 무릎을 바로 편 상태에서 실시하는 반면 가자미근은 선자세에서 무릎을 약간 굽힘하거나 앉거나 엎드린 자세에서 실시한다(Clarkson, 2000; Hislop와 Montgomery, 2008; Perry 등, 1981). Perry 등(1981)에 의하면 무릎을 편 상태에서 뒤꿈치 들기를 할 때는 장딴지근이 최대로 작용하지만 가자미근의 활동도(87%) 강하게 유도된다고 하였으며 선자세에서 무릎을 굽히면 장딴지근은 21%로 활동이 감소되고 가자미근의 활동은 최대로 유도할 수 있다고 하였다. 그리고 Abbiss 등(2010)은 가자미근의 임상적 평가를 위해 엎드린 자세에서 무릎관절 90° 굽힘을 사용하였다.

종아리 세갈래근의 기능을 평가하기 위한 가장 일반적인 임상적 검사는 선 자세에서 발뒤꿈치 들기 검사로 유효성과 신뢰성을 가지고 있지만 적절한 평가 목적과 관리 프로토콜에 대한 일치가 없으며 현재 임상적 사용을 지지하기 위한 해부-생리학적 근거가 부족하다. 특히 가자미근의 분리 검사를 위해서는 무릎관절을 약간 굽힘한 상태에서 검사 하지만 선자세에서 무릎의 관절 각도에 따라 종아리 세갈래근의 활동에 어떤 차이를 보이는지에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 선 자세에서의 무릎의 굽힘 각도를 각각 0°, 30°, 45°, 60°로 하여 한쪽 다리로 뒤꿈치를 들어 올리는 검사(heel raising test)에서 장딴지근과 가자미근의 활성도를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 연구의 목적과 진행 방법에 대한 설명을 듣고 이에 자발적으로 참여를 동의한 20대의 성인 남녀 중 최근 6개월 이내 발목의 신경학적 손상 병력을 경험

하지 않은 20명을 대상으로 하였다.

2. 측정 자세와 절차

연구 대상자의 종아리 세갈래근의 활성도를 알아보기 위해 발뒤꿈치 들기 검사를 시행 하였으며, 똑바로 선 자세에서 시선은 정면을 보고 균형을 유지하기 위하여 2개의 손가락을 검사대에 올려놓았다. 비우세쪽 다리는 무릎을 구부려서 들고 우세쪽 다리의 무릎 각도를 0°, 30°, 45°, 60° 굽힌 상태로 뒤꿈치를 들어 올려 측정하였다. 측정시간은 5초, 휴식시간은 30초로 3세트 시행하였다. 각 각도별 휴식시간은 1분으로 설정되었다. 무릎 굽힘 각도는 피검자가 기립한 자세에서 축을 넘다리뼈 가쪽 관절 용기에 두고 고정팔은 넘다리의 가쪽 중앙선과 평행하게 하고 운동팔은 종아리뼈의 가쪽 중앙선과 평행하게 배치하여 측정하였다(Fig 1).



Fig 1. Measuring posture of the heel raising.

3. 근활성도 측정 방법

장딴지근과 가자미근의 근활성도를 측정하기 위한 표면 근전도 시스템은 미국 (주) Noraxon의 TeleMyo

DTS Telemetry를 사용하였다. 표면 근전도 시스템에 디지털 처리된 근전도 신호는 개인용 컴퓨터에서 (주) Noraxon의 MyoResearch XP 1.06 Master Edition을 이용해 처리하였다. 가자미근과 안쪽과 가쪽 장딴지근의 근전도 신호는 표면 전극으로 기록하였으며 피부 준비와 전극 위치는 SENIAM(Hermens 등, 1999)와 ISEK(Merletti와 Tonio, 1999)의 방법을 따랐다. 전극을 부착하기 전 피부로부터 생성되는 근전도 신호에 대한 저항을 최소화시키기 위해 필요한 경우 체모를 제거한 후 전극의 피부 부착 부위를 알콜 솜을 이용해 깨끗하게 닦아주었다.

안쪽 장딴지 근육은 무릎에서 종아리의 1/3지점으로 내측 둘째가 최대인 곳에 부착하며 가쪽 장딴지 근육 또한 무릎에서 종아리의 1/3지점에서 외측 둘째가 최대인 곳에 부착하였다. 가자미근은 넙다리 안쪽 용기와 발목의 내측과 사이의 2/3지점에 부착하였다. 근활성도의 측정은 우세쪽 다리로 선 상태에서 각각의 무릎 굽힘 각도에 맞게 위치시킨 상태에서 뒤꿈치를 들어 올려서 5초를 유지하게 하였다. 이때 획득된 5초간의 값을 전후 1초씩 제외하고 3초의 값을 실효평균값(RMS, root mean square)으로 산출하여 각각의 근육에 대한 최대 수의적 등척성 근수축에 대한 비율(%MVIC)로 표준화하여 비교 분석하였다.

4. 자료 처리 및 분석

수집된 자료는 SPSS Win 18 통계프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 4가지의 무릎 관절 굽힘 각도에 따른 장딴지근 및 가자미근의 근활성도를 비교하기 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 이용하였고 Bonferroni의 사후검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다 (Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects.

	Male(n=13)	Female(n=7)	Total (n=20)
Age (years)	23.7±2.447	21.28 ± 0.755	22.9±2.44
Height (cm)	173.9 ± 4.49	165 ± 5.56	170 ± 6.45
Weight (kg)	70.15 ± 2.93	58 ± 6.7	65.9 ± 10.97

Note. Each value represents the mean±SD.

2. 무릎관절 굽힘 각도에 따른 안쪽 장딴지근의 근활성도 비교

무릎 굽힘 각도에 따른 안쪽 장딴지근의 활성화도는 유의한 차이를 보였으며 사후 분석 결과 0°와 30°, 45°, 60°에 사이에는 유의하게 감소하였으나($p < .05$) 30°, 45°, 60° 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$)(Table 2, Fig 2).

3. 무릎관절 굽힘 각도에 따른 가쪽 장딴지근의 근활성도 비교

무릎 굽힘 각도에 따른 가쪽 장딴지근의 활성화도는 유의한 차이를 보였으며 사후 분석 결과 무릎 굽힘 각도 0°와 30°, 45°, 60°에 사이에는 유의하게 감소하였으나($p < .05$) 30°, 45°, 60° 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p > .05$)(Table 2, Fig 2).

Table 2. Triceps surae activation during heel-raising in each position (unit %MVIC)

	0°	30°	45°	60°	F	P
MG	80.62 ±24.69 ^a	47.04 ±19.08	35.62 ±18.55	30.35 ±12.32	27.72	.000*
LG	53.7 ±22.79 ^a	25.82 ±11.36	23.95 ±10.82	31.57 ±19.78	18.71	.000*
Sol	54.19 ±16.00	66.57 ±25.08	63.90 ±28.95	62.19 ±22.32	1.03	.388

MG: medial gastrocnemius, LG: lateral gastrocnemius, Sol: soleus

Note. Each value represents the mean±SD. The values with different supercript in the same column are different significantly($p < .05$) by Bonferroni's post hoc test.

*:Statistically significant at the level of $p < .05$

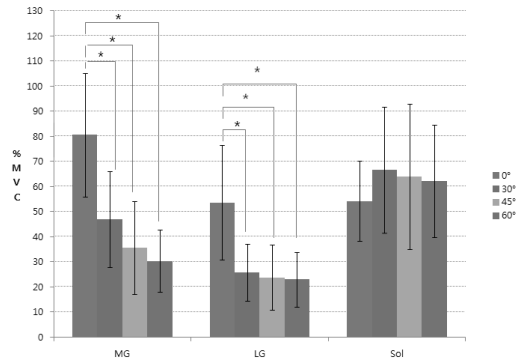


Fig 2. EMG activity of each muscle during heel raising in each position

4. 무릎관절 굽힘 각도에 따른 가자미근의 근활성도 비교

무릎 굽힘 각도별 가자미근의 근활성도를 본 결과 모든 각도에서 유의한 차이가 나타나지 않았다 ($p>.05$)(Table 2, Fig 1).

IV. 고찰

종아리 세갈래근은 안쪽과 가쪽 장딴지근과 가자미근으로 나누어지며 그 중 장딴지근은 큰 힘을 생성하는데 주 역할을 하는 Type IIa/b섬유이며 가자미근은 지구력을 위한 type I섬유에 해당한다. 장딴지근은 가자미근에 비해 근 섬유가 길며 더 큰 범위로 움직이거나 짧은 시간 빠르게 움직이는 동작에 주로 관여한다(Arampatzis 등, 2006a; Arampatzis 등 2006b; Fukunaga 등, 2001; Ishikawa 등, 2005; Kawakami 등, 2000; Lichtwark와 Wilson, 2005; Stafildis와 Arampatzis, 2007). 일반적으로 신경생리학에서 동원 순서는 type I의 지구력 섬유인 가자미근이 작은 운동 단위와 작은 운동신경원으로 발바닥 굽힘의 낮은 강도에서 더 쉽게 동원되며(Henneman 등, 1965; Mendell, 2005; Milner-Brown 등, 1973; Tucker 등, 2005; Winter, 2005), 장딴지근은 역학적 요구나 부하가 증가될 때 동원되어진다(McGowan 등, 2008; Price 등, 2003). 종아리 세갈래근의 운동 단위는

신경과 섬유의 형태, 중추적 조절과 훈련에 영향을 받는다(Basmajian와 Deluca, 1985; Fleck와Kraemer, 1997). 보행동안 양쪽 종아리 세갈래근은 속도와 무관하게 몸을 지지한다(Neptune 등, 2008). 가자미근은 앞으로 추진과 가속에 관여하는 주요 근육인 반면 장딴지근은 다리를 이동시켜 유각기를 시작하기 위해 큰 힘을 발휘한다(Sasaki와 Neptune, 2006). 장딴지근의 강력한 이동은 전력질주나 점프와 같은 폭발적인 스포츠 활동에 특히 중요하다(Jacobs 등, 1996). 이처럼 두 근육은 발바닥 굽힘이라는 동일한 움직임에 관여하지만 그 특성이 다르기 때문에 두 근육을 선택적으로 검사하고 훈련시킬 수 있는 표준화된 방법이 필요하므로 가장 일반적으로 흔히 사용하는 뒤꿈치 들기 검사를 통하여 알아보고자 하였다.

뒤꿈치 들기 검사는 임상적으로 무릎관절의 위치를 2가지로, 장딴지근은 완전 펴에서 가자미근은 약간 굽힘 자세로 설명한다(Clarkson, 2000; Magee, 2008). 본 연구에서는 가자미근의 분리 검사를 위해 장딴지근의 활동을 감소시킬 수 있는 가장 적절한 무릎관절의 위치를 제시하고자 무릎관절 굽힘 각도를 0°, 30°, 45°, 60°로 각각 조절하여 실험하였다. 무릎관절의 90° 굽힘은 장딴지근의 역학적 결점을 유도하지만(Arampatzis 등, 2006b; Kawakami등, 1998; Maganaris, 2003; Miaki 등, 1999) 선 자세에서 무릎관절 90° 굽힘에서 뒤꿈치 들기는 균형을 유지하기 어렵고 하지의 근위쪽 근육의 동원이 증가하므로 제외하였다(Anderson와 Pandy, 1993).

무릎 굽힘 각도별 장딴지근과 가자미근의 활성도를 측정된 결과, 안쪽과 가쪽 장딴지근의 경우, 0°와 30°, 45°, 60°에서 유의한 차이로 근활성도가 감소하였고 30°, 45°, 60° 사이에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 가자미근은 모든 각도에서 유의한 차이를 보이지 않았지만 무릎 굽힘 각도가 0°일 때 가장 낮은 활성도를 보였으며 30° 굽힘 이상에서는 더 높을 경향을 보였다. Kennedy와 Cresswell(2001)은 무릎관절 굽힘 각도에 따른 장딴지근의 발바닥 굽힘에 대한 활성도를 연구한 결과 본연구와 동일하게 무릎관절 굽힘 각도를 증가하여 장딴지근의 길이를 짧게 하였을 때 장딴지근의 RMS값이 유의하게 감소하였다고 보고하였다. 그러

므로 두 관절 근육에서 한 관절에서 근육을 짧아진 상태로 고정하고 다른 관절에서의 움직임을 수행할 때 동원되는 근섬유의 수는 감소되어진다고 생각되어진다. 하지만 본 연구 결과에서는 무릎굽힘 각도를 증가시켜 근육의 길이를 짧게 했을 때 30°굽힘에서는 유의하게 감소하는 경향을 보였지만 각도가 증가할수록 비례적으로 활성도가 감소하지 않음을 보여주고 있다. 그러므로 선자세에서 뒤꿈치 들기에서 장딴지근의 작용을 줄이기 위해서는 무릎관절을 30°굽힘만 하여도 유의하게 감소시킬 수 있다고 볼 수 있다. 가자미근은 무릎관절 굽힘이 30°에서 증가된 활성도를 보임으로써 장딴지근의 활성화 감소로 인해 가자미근이 더 많이 동원 되었으리라 생각되어진다. 가자미근 역시 30°이상의 굽힘 각도에서는 비슷한 활성도를 보임으로써 각도가 계속해서 증가되더라도 가자미근의 활성화는 증가되지 않음을 보여 준다.

그러므로 뒤꿈치 들기 검사를 실시하여 장딴지근과 가자미근을 선택적으로 검사하고 훈련하기 위해서는 무릎관절의 굽힘 각도를 30°로 유지한다면 장딴지근의 활동을 줄이고 가자미근만 선택적으로 검사하고 훈련하는 방법이라고 생각되어진다. 본 연구의 제한점은 뒤꿈치 들기에서 하지의 다른 근육들의 작용이 배제되었기 때문에 향후 연구에서는 하지의 다른 근육들도 함께 연구하여 뒤꿈치 들어올리기 검사에 대한 명확한 프로토콜을 제시하는 것이 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 건강한 20대 성인 남녀 20명을 대상으로 종아리 세갈래근의 근력을 측정하기 위한 방법으로 뒤꿈치 들기 방법을 적용하여 장딴지근과 가자미근을 효과적으로 분리하기 위한 방법을 제시하기 위하여 무릎관절의 굽힘 각도에 따른 장딴지근과 가자미근의 근활성도를 확인하고자 하였다. 실험 결과 장딴지근은 무릎관절의 30° 굽힘에서 유의한 감소를 보였으며 30° 이상 굽힘에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 가자미근은 무릎관절 굽힘 각도 30°이상에서 증가하는 경

향을 보였지만 각도별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과를 통해 임상적으로 장딴지근의 활동을 줄이고 가자미근을 분리하여 평가할 수 있는 가장 효율적인 무릎관절 굽힘 각도를 30°로 제한할 수 있으며 그 이상의 굽힘 각도로 측정한다고 하더라도 가자미근의 분리 검사에 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

References

- Abbiss CR, Burnett A, Nosaka K, et al. Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. *J Sports Sci.* 2010;28(2):117-25.
- Arampatzis A, De Monte G, Karamanidis K, et al. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. *J Exp Biol.* 2006a;209(17):345-57.
- Arampatzis A, Karamanidis K, Stafildis S, et al. Effect of different ankle-and knee-joint positions on gastrocnemius medialis fascicle length and EMG activity during isometric plantar flexion. *J Biomech.* 2006b;39(10):1891-902.
- Anderson FC, Pandy MG. Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *J Biomech.* 1993; 26(12):1413-27.
- Basmajian JV, Deluc CJ. *Muscles alive: Their function revealed by electromyography* (5th ed.). Baltimore, MD: Williams & Wilkins. 1985.
- Brotzman SB, Wilk KE. *Handbook of orthopaedic rehabilitation* (2nd ed.). Philadelphia, PA: Mosby. 2007.
- Clarkson HM. *Musculoskeletal assessment: Joint range of motion and manual muscle strength* (2nd ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins. 2000.
- Cresswell AG, Lo'scher WN, Thorstensson A. Influence of GAS muscle length on triceps surae torque development and electromyographic activity in man.

- Exp Brain Res. 1995; (105):3283-90.
- Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing resistance training programs (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. 1997.
- Fukunaga T, Kubo K, Kawakami Y, et al. In vivo behaviour of human muscle tendon during walking. Proceedings of the Royal Society B: Bio Sci. 2001;268(1464): 229-33.
- Henneman E, Somjen G, Carpenter DO. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. J Neurophysiol. 1965;28(3):560-80.
- Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, et al. SENIAM 8: European recommendations for surface electromyography, deliverable of the SENIAM project. Enschede, Netherlands: Roessingh Research and Development. 1999.
- Higgins R, English B, Brukner P. Essential sports medicine. Malden, MA: Blackwell Publishing. 2006.
- Hislop HJ, Montgomery J. Daniels and Worthingham's muscle testing. 8th ed. St. Louis, MO: Saunders Elsevier. 2008.
- Ishikawa M, Komi PV, Grey MJ, et al. Muscletendon interaction and elastic energy usage in human walking. J Appl Physiol. 2005;99(2):603-8.
- Jacobs R, Bobbert MF, Van Ingen Schenau GJ. Mechanical output from individual muscles during explosive leg extensions: the role of biarticular muscles. J Biomech. 1996;29(4):513-23.
- Kawakami Y, Ichinose Y, Fukunaga T. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. J Appl Physiol. 1998;85(2):398-404.
- Kawakami AY, Kumagai K, Huijing PA, et al. The length-force characteristics of human gastrocnemius and soleus muscles in vivo, in: W. Herzog (Ed.), Skeletal Muscle Mechanics: From Mechanisms to Function, John Wiley & Sons, Chichester. 2000;327-41.
- Kendall HO, Kendall FP, Wadsworth GE. Muscles: Testing and function, 1st ed Baltimore. Williams and Wilkins. 1993.
- Kennedy PM, Cresswell AG. The effect of muscle length on motor-unit recruitment during isometric plantar flexion in humans. Exp Brain Res. 2001;137(1):58-64.
- Khan KM, Maffulli N. Tendinopathy: an Achilles' heel for athletes and clinicians. Clin J Sport Med. 1998; 8(3):151-4.
- Kolt GS, Snyder-Mackler L. Physical therapies in sport and exercise(2nd ed.). Philadelphia, PA: Elsevier Churchill Livingstone. 2007.
- LeVeau B. Williams and Lissner's Biomechanics of Human Motion 3rd ed. Philadelphia: WB Saunders, 1992.
- Lichtwark GA, Wilson AM. Effects of series elasticity and activation conditions on muscle power output and efficiency. J Exp Biol. 2005;208(15):2845-53.
- Maganaris CN. Force-length characteristics of the in vivo human gastrocnemius muscle. Clin Anato. 2003;16(3):215-23.
- Magee DJ. Orthopedic physical assessment (5th ed.). Saint Louis, MO: Saunders Elsevier. 2008.
- McGowan CP, Neptune RR, Kram R. Independent effects of weight and mass on plantar flexor activity during walking: implications for their contributions to body support and forward propulsion. J Appl Physiol. 2008;105(2):486-94.
- Mendell, LM. The size principle: a rule describing the recruitment of motoneurons. J Neurophysiol. 2005; 93(6):3024-6.
- Merletti R, Tonio P. Standards for reporting EMG data. J Electromyogr Kinesiol. 1999;9(1):III-V
- Miaki H, Someya F, Tachino K. A comparison of electrical activity in the triceps surae at maximum isometric contraction with the knee and ankle at various angles. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1999;80(3):185-91.
- Milner-Brown HS, Stein RB, Yemm R. The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. J Physiol. 1973;230(2):359-70.
- Neptune RR, Sasaki K, Kautz SA. The effect of walking speed on muscle function and mechanical energetics. Gait Posture. 2008;28(1):135-43.

- Perry J, Easterday CS, Antonelli DJ. Surface versus intramuscular electrodes for electromyography of superficial and deep muscles. *Phys Ther.* 1981; 61(1):7-15.
- Price TB, Kamen G, Damon BM, et al. Comparison of MRI with EMG to study muscle activity associated with dynamic plantar flexion. *Magn Reson Imaging.* 2003;21(8):853-61.
- Sasaki K, Neptune RR. Differences in muscle function during walking and running at the same speed. *J Biomech.* 2006;39(11):2005-13.
- Soderberg GL. *Kinesiology: Application to Pathological Motion.* Baltimore. Williams & Wilkins. 1997
- Stafilidis S, Arampatzis A. Muscle-tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance. *J Sport Sci.* 2007;25(9):1035-46.
- Tucker KJ, Tuncer M, Türker KS. A review of the H-reflex and Mwave in the human triceps surae. *Hum Mov Sci.* 2005;24(5-6):667-88.
- Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement (3rd ed.)*. Edison, NJ: John Wiley & Sons. 2005.