

## 일시적 혈류 제한과 함께 수행한 저강도 운동 후 알파운동신경원의 변화

김종순<sup>†</sup>

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

### Changes of $\alpha$ -Motor Neuron Excitability after Low-Intensity Exercise with Transient Restriction of Blood Flow

Jong-Soon Kim, PT, PhD<sup>†</sup>

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

Received: January 5, 2015 / Revised: January 15, 2015 / Accepted: January 15, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** Low-intensity exercise with transient restriction of blood flow to muscle could be an alternative rehabilitation method which avoids the problems associated with conventional high-intensity exercise. However, the mechanism of low-intensity exercise with transient restriction of blood flow is not clearly known. Thus, the purpose of this study was to investigate the mechanism of improvement of muscular function after low-intensity exercise with transient restriction of blood flow using H-reflex analysis.

**METHODS:** Twenty one healthy young adults with no medical history of neurological or musculoskeletal disorder voluntarily participated in this study. The  $\alpha$ -motor neuron excitability of the triceps surae was assessed using the H-reflex. The amplitude of the M-wave and H-reflex were measured across three conditions: rest, after low-intensity

exercise without restriction of blood flow and after low-intensity exercise with restriction of blood flow. The subjects performed low-intensity ankle plantar flexion exercise at their own pace for one minute without or with transient restriction of blood flow achieved by a sphygmomanometer cuff on popliteal fossa at a pressure of 120mm of mercury(120 mmHg).

**RESULTS:** No significant changes of the excitability of the  $\alpha$ -motor neuron were obtained across three different conditions.

**CONCLUSION:** This study found that low-intensity exercise with transient restriction of blood flow did not influence to  $\alpha$ -motor neuron excitability of the triceps surae. From the results, I could come to the conclusion that further study will be required.

**Key Words:**  $\alpha$ -motor neuron, H-reflex, Low-intensity exercise with transient restriction of blood flow, M-wave

<sup>†</sup>Corresponding Author : ptjskim@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.

#### I. 서론

장애인이거나 노령 인구의 재활에 있어 근력과 지구력

의 개선은 매우 중요한 요소로서 저항 훈련을 통해 지구력과 근력의 개선을 기대할 수 있으나(Escamilla와 Wickham, 2003, Hong 등, 2014) 지구력의 경우 개선을 기대하기에는 수주간의 훈련 기간을 필요로 하며(Kim 등, 2001) 근력의 경우 일반적으로 근육의 비대나 근력의 강화를 위해서는 6 RM(repetition maximum) 이하나 1 RM의 50~100% 정도의 고강도 운동이 권장되고 있다(Kraemer 등, 2002; Ohta 등, 2003). 그러나 장애인이나 노인의 경우 지구력이나 근력 개선을 위한 이러한 운동을 수행하기에는 신체 기능의 전반적인 저하로 어려움이 있다. 따라서 장애인이나 노인을 위한 최적화된 운동 방법의 개발 및 적용에 관한 연구는 매우 중요하다 할 수 있다.

최근 일본을 중심으로 전술한 전통적인 방식의 지구력과 근력 강화 운동에서 벗어난 새로운 방법의 근력 강화 운동 방법이 가압훈련(加壓訓練)이라는 이름으로 제안되고 있다. 이 가압훈련에 의한 운동 방법은 운동과 관련된 근육으로 혈류를 제공하는 혈관을 일시적, 부분적으로 차단하면서 저강도의 저항 운동을 수행하는 운동이다. 이러한 가압훈련의 효과를 분석한 연구들의 결과를 살펴보면 근력의 증가(Abe 등, 2006; Madarame 등, 2008; Ohta 등, 2003; Sumide 등, 2009; Takarada 등 2000a, 2004; Teramoto와 Golding, 2006) 근육의 비대(Abe 등, 2006; Madarame 등, 2008; Takarada 등 2000, 2004), 지구력 개선(Loeppky 등, 2005; Sumide 등, 2009), 그리고 성장호르몬의 분비 촉진(Takarada 등, 2000b, 2004), 복합근 활동전위의 증가(Kim, 2009) 등과 같은 고강도 운동과 동일한 효과를 보고하고 있다.

근육은 크게 속근과지근섬유로 나누는데 속근은 빠른 움직임을 담당하는 반면 지근은 자세 유지와 같은 지구력과 관련이 있다. 속근과지근의 특징은 수축 속도의 차이, 대사적 특성의 차이, 그리고 신경학적 특성의 차이를 가지는 것으로 알려져 있다. 이들 두 근육은 마이오신 ATPase 활성도 차이에 의한 서로 다른 수축 속도를 가지며 모세혈관의 그물 구조의 발달 차이로 인한 산소 이용의 차이에 의한 대사적 특성 차이 그리고 신경섬유 축삭의 지름이나 척수내세포체의 크기 차이에 의한 신경학적 특성 차이를 가지고 있다(Jung, 2014).

따라서 가압훈련의 적용에 따른 이들 속근과지근의 반응이나 근섬유 변화 양상이 매우 다를 수 있음을 예측할 수 있으나 이러한 가압훈련을 적용한 후 효과를 검증한 연구의 대부분이 속근섬유를 대상으로 하고 있어(Takarada 등, 2002; Sakuraba와 Ishikawa, 2009; Sumide 등, 2009; Wernbom 등, 2006) 근지구력과 관련된 지근섬유의 개선에 대한 실질적인 연구가 매우 부족한 실정이며 또한, 이러한 가압훈련에 관한 연구는 운동 적용 후 인체의 기능 향상 여부를 분석한 효과 검증에 그치고 있는 실정이어서 효과를 유발하는 기전에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

$\alpha$ -운동 신경원은추외근 섬유를 자극하여 근수축을 일으키는데  $\alpha$ -운동 신경원의 흥분 증가는 뼈대근육의 동원이 많이 일어남을 의미한다. 따라서  $\alpha$ -운동 신경원의 흥분 정도를 분석하는 방법인 Hoffmann 반사는 뼈대근육의 동원 양상을 분석하는 객관적인 방법이다(Kandel 등, 2000). 이에 본 연구는 장애인과 노인들에게 쉽게 적용할 수 있을 것으로 여겨지는 가압훈련에 의한 지구력과 관련된 지근섬유의동원 양상 변화를 규명하기 위하여 Hoffmann 반사를 이용하여 전기생리학적인 관점에서 연구를 수행하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 설계 및 대상

본 연구는 일시적 혈류 차단 전과 혈류 차단 시 그리고 재관류 후  $\alpha$ -운동 신경원의 흥분성 정도를 비교 분석하는 단일그룹 반복측정 연구에 기초하여 설계하였다. C대학교에 재학중인 신경계 및 근육뼈대계통 질환 관련 과거력이 없는 건강한 20대 피검자 21명을 대상으로 연구를 실시하였다.

### 2. 연구도구및측정방법

#### 1) 가압훈련의 적용

먼저, 피검자들을 검사용 테이블에 옆드리게 한 다음 기초선 검사로서 Hoffmann 반사를 구하였다. 측정

후 3분간의 휴식을 취하도록 한 다음 피검자들에게 자유속도로 1분간의 발목관절 발바닥쪽굽힘 운동을 실시하도록 하였다. 운동이 끝난 즉시 동일한 절차에 의해 두 번째 Hoffmann 반사를 구하였다. 가압훈련의 위험성은 알려져 있는 것은없으나 반복적이고 장기적인 기계적 혈관의 압박은 압박이 해지된 이후에도 재관류가 이루어지지 않을 수 있는(non-reflow phenomenon) 개연성이 보고되었다(Kawada, 2005). 따라서본 연구에서는 이러한 위험성을 최소화 하기 위하여 Hoffmann 반사의 측정 후 3분간의 휴식을 취하도록 한 다음 오금부에 가압 장치를 부착하여 120mmHg의 압력으로 압박을 가하여 종아리세갈래근으로 관류되는 혈류를 일시적, 부분적으로 차단한 후 1분간의 발목관절 발바닥쪽굽힘 운동을 자유속도로 실시하도록 하였다. 이후 즉시 가압 장치를 제거 한 다음 동일한 절차에 의해 세 번째 Hoffmann 반사를 구하였다.

#### 2) $\alpha$ -운동 신경원의 흥분도 측정

$\alpha$ -운동 신경원의 흥분성 정도는 Hoffman 반사를 이용하였다. Hoffmann 반사는 척수 운동 신경원의 흥분과 억제제를 관찰하는데 유용한 검사로서 Hoffmann 반사의 진폭은 척수 운동 신경원의 흥분과 억제 정도를 반영한다(Dishman과 Burke, 2003; Frijins 등, 1997). 즉, Hoffmann 반사 진폭의 증가는 운동 신경원 저장소(motor neuron pool)의 흥분을 의미하고 진폭의 감소는 운동 신경원 저장소의 억제를 의미한다(Leonard, 1998). Hoffmann 반사를 얻기 위한 전기 자극은 가운데오금 주름(midpopliteal crease)에서 뒤정강신경을양극성 전극을 이용하여 자극하였다. 자극은 1Hz의 자극 주파수를 정방향으로 하여 자극하였으며 자극 빈도는 2초당 1회로 하였다. 저역통과필터링(low-pass filtering) 10KHz, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 5Hz, 민감도 5,000 mV, 그리고 소인 속도(sweep speed)는 5ms로 설정하였다.

Hoffmann 반사의 전극 부착 부위는 환자를 엎드려 눕힌 후 기록 전극(active electrode)은 무릎관절에서 정강뼈내측면을 이분하여 그 중간 지점과 안쪽복사뼈의 끝을 연결한 선을 그어, 이 선의 정중앙부에서정강뼈능선(tibia crest)의 바로 내측 종아리세갈래근에 부착하였

고 기준 전극(reference electrode)은 아킬레스힘줄 위에 부착하였으며 접지 전극(ground electrode)은 자극 전극과 기록 전극 사이에 부착하였다. Hoffmann 반사와 M-파의 획득은 전기 자극 강도를 서서 증가시켜 최대 Hoffmann 반사를 구한 후 다시 강도를 증가시켜 최대 M-파를 구하였다. Hoffmann 반사 최대 진폭대 M-파 최대 진폭비(Hmax/Mmax ratio)는 두 개의 활동전위에 대한 각각의 최대치의 비율로 측정하며 각각의 진폭 측정은 양극정점(positive peak)에서 음극정점(negative peak)까지로 하였다.

### 3. 자료 처리

연구 과정에서 수집된 자료는 부호화한 후 자료 처리는 유의 수준  $\alpha$ 를 0.05로 하여 통계 패키지 SPSS for Windows(ver. 21.0)를 이용하여 분석하였다. 먼저 피검자들의 일반적 특성은 평균 및 표준 편차를 산출하였으며 안정시, 혈류를차단하지 않은 상태에서의 운동 후, 그리고 혈류를 차단한 상태에서의 운동 후, 이들로부터 수집된 자료를 바탕으로 종아리세갈래근 $\alpha$ -운동 신경원 흥분도 정도 차이를 비교하기 위해 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 혈류 제한 여부에 따른 조건별 차이 분석은 대비 검정(contrast test)을 실시하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 피검자들은 총 21명으로 이중 남성은 12명 여성은 9명이었다. 피검자들의일반적 특성은 Table 1과 같다.

### 2. $\alpha$ -운동 신경원의 흥분도 변화

일시적 혈류 차단 적용 유무에 따른  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도 변화 추이는 Table 2와 같다.실험 전 안정 상태의 진폭 비는 22.81%이었으며 1분간의 발목관절 발바닥쪽굽힘 운동 후의 경우는 19.86%이었다. 그리고 일시적 혈류를 차단한 상태에서 발목관절 발바닥쪽굽힘 운동

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Male	Female	Total
Age※	20.83±2.16	19.44±1.13	20.23±1.89
Height§	174.83±7.24	160.22±4.17	168.57±9.52
WeightΩ	70.25±12.22	51.88±6.19	62.38±13.57

※; years §; cm Ω; kg

Table 2. Changes of Hmax/Mmax ratio during the three different conditions

Variables	Pre	PLIE§	PLEWBFRΩ	F	p
Hmax/Mmax Ratio※	22.81±18.04	19.86±17.95	22.66±1.7.19	1.74	0.18

※; unit=%

§; Post Low Intensity Exercise

Ω; Post Low Intensity Exercise With Blood Flow Restriction

Table 3. Contrast test of Hmax/Mmax ratio among the three different conditions

Contrast condition	F	p
Pre vs. PLIE	3.28	0.85
Pre vs. PLEWBFR	0.00	0.94
PLIE vs. PLEWBFR	3.28	0.85

을 수행 한 다음 측정된 결과는 22.66%이었다. 따라서 일시적 혈류 제한에 따른 α-운동신경원의 흥분도는 의미 있는 변화가 없었으며( $p>0.05$ ) 각 시기별 대비 검정에서도 유의한 차이가 없었다(Table 3) ( $p>0.05$ ).

#### IV. 고찰

고강도 저항 운동은 뼈대근육의 기능을 유지하는 가장 효과적인 방법으로 일반적으로 1RM의 60~65% 이상의 고강도 운동을 통해 근육의 비대와 근력 증강을 획득 할 수 있다고 알려져 있다(American College of Sports Medicine, 2009; Schoenfeld, 2013). 그러나 재활분야에서 이러한 고강도 운동의 처방은 여러 가지 어려운 문제들에 직면하게 되는데 그 중 뇌성마비와 뇌졸중 등과 같은 중추신경계 손상 환자, 노인 환자, 심혈관계 질환 환자 등에서 고강도 저항 운동을 적용하는 것은 어려운 난제이다. 따라서 이러한 문제를 해결할 수 있

는 운동 방법이 필요하다. 최근 뼈대근육으로의 혈류를 차단한 상태에서 실시하는 저강도 운동의 효과가 보고되면서 신경계 손상 환자, 심혈관계 질환 환자, 장애인 그리고 노인 등에 적용할 수 있는 고강도 운동의 대안적 운동 방법으로 주목을 받고 있다. 선행 연구들을 살펴보면 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동은 뼈대근육의 크기와 근력 증가(Abe et al., 2006; Karabulut et al., 2010; Madarame et al., 2008; Yasuda et al., 2011), 호르몬의 변화(Inagaki et al., 2011; Manini et al., 2012; Patterson et al., 2013), 지구력의 개선(Loeppky et al., 2005; Sumide et al., 2009), 복합근 활동전위의 증가(Kim, 2009) 등이 보고되었다. 그러나 이들 효과의 작용 기전에 대한 연구는 매우 부족하고 명확하지 않은 실정이다.

본 연구의 저자는 몇 년 전 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동 후 α-운동신경원 흥분 변화를 분석하여 뼈대근육의 근력 개선이 α-운동신경원의 흥분 증가와 관련이 있을 수 있음을 보고하였다(Kim, 2009). 그러나 이때 관찰된 근육은 속근섬유로서 지구력과 밀접한 관련이 있는 지근섬유에 대한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동 후 지근섬유인 종아리세갈래근의 α-운동신경원의 흥분 변화를 전기생리학적으로 분석하여 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동 후 지구력 개선의 효과 기전을 규명하고자 시도하였다.

뼈대근육의 기능 중 근력과 지구력은 건강과 독립적인 삶의 기본적인 요소이다(Larkin et al., 2012). 이중 근 지구력은 독립된 근육군이 오랫동안 적절한 강도로 반복적인 수축을 하는 것으로 일상생활에서 매우 중요한 근육의 작용 요소 중 하나이다(Hui 등, 2001). 본 연구의 결과 안정시에 비해 혈류를 차단하지 않은 상태에서 실시한 저강도 운동 후  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도는 2.95% 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다( $p=0.85$ ). 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동 후에도 0.15%  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도가 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다( $p=0.94$ ). 따라서 혈류를 차단한 상태에서 실시하는 저강도 운동은 지근섬유의  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도 변화에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 장거리 달리기 선수와 단거리 달리기 선수간의 H-반사의 차이가 없었다는 Ozmerdivenli 등의 연구(2002), 유산소 능력과  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도는 연관이 없었다고 보고한 Piscione 등(2012)의 연구, 지구력 훈련을 받은 피검자의 H-반사 진폭 감소가 더 컸다고 보고한 Walton 등(2002)의 연구와 일치하는 결과였다. 따라서 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 지구력의 개선은  $\alpha$ -운동신경원의 흥분도 변화와는 연관이 없는 것으로 사료된다.

한편, 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 지구력의 개선과 관련된 다른 관점의 연구들을 살펴보면 Takano 등(2005)은 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의해 혈관신생(angiogenesis) 유도와 혈관의 투과도(permeability)를 증가시키는 역할을 하는 혈관내피 성장인자(Vascular Endothelial Growth Factor; VEGF)의 유의한 증가를 보고하였으며 Evans 등(2010)과 Hunt 등(2013)도 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 모세혈관의 증가를 보고하였다. 그러므로 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 지구력의 개선은 이들(Evans 등, 2010; Hunt 등, 2013; Takano 등, 2005)이 제안한 모세혈관의 증가로 인한 모세혈관 여과 능력 향상이라는 관점의 지구력 개선 기전(mechanism)에 관한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구의 결과 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 지근섬유의  $\alpha$ -운동신경원의 흥분성 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 혈류를 차단한 상태에서 실시한 저강도 운동에 의한 지구력 개선은  $\alpha$ -운동신경원의 흥분성 변화와는 연관이 없는 것으로 사료된다.

## Acknowledgements

이 논문은 2013년도 부산가톨릭대학교 교내 연구비에 의하여 연구되었음.

## References

- Abe T, Keams CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*. 2006;100(5):1460-6.
- American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708.
- Dishman JD, Burke J. Spinal reflex excitability changes after cervical and lumbar spinal manipulation: a comparative study. *Spine J*. 2003;3(3):204-12.
- Escamilla R, Wickham R. Exercise-based Conditioning and Rehabilitation. London. Churchill Livingstone. 2003.
- Evans C, Vance S, Brown M. Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *J Sports Sci*. 2010;28(9):999-1007.
- Frijns CJ, Laman DM, van Duijn MA, et al. Normal values of patellar and ankle tendon reflex latencies. *linNeurolNeurosurg*. 1997;99(1):31-6.
- Hong AR, Hong SM, Shin YA. Effects of resistance training on muscle strength, endurance, and motor unit according to ciliary neurotrophic factor polymorphism

- in male college students. *J Sports Sci Med*. 2014; 3(3):680-8.
- Hui L, Ng GY, Yeung SS, et al. Evaluation of physiological work demands and low back neuromuscular fatigue on nurses working in geriatric wards. *Appl Ergon*. 2001;32(5):479-83.
- Hunt JE, Galea D, Tufft G, et al. Time course of regional vascular adaptations to low load resistance training with blood flow restriction. *J Appl Physiol*. 2013; 15(3):403-11.
- Inagaki Y, Madarame H, Neya M, et al. Increase in serum growth hormone induced by electrical stimulation of muscle combined with blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(11):2715-21.
- Jung IK. *Human performance & exercise physiology*. Korea. Daekyung Books. 2014.
- Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. *Principles of neural science*. New York. McGraw-Hill. 2000.
- Karabulut M, Abe T, Sato Y, et al. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(1):147-55.
- Kawada S. What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle? *Int J KAATSU Train Res*. 2005;1(2):37-44.
- Kim JH, Park JR, Kim CH, et al. *Exercise physiology*. Korea. Kyohak Publishing Co. 2001.
- Kim LJ. Changes of Compound Muscle Action Potential after Low-Intensity Exercise with Transient Restriction of Blood Flow: a Randomized, Placebo-Controlled Trial. *J Phys Ther Sci*. 2009;21(4):361-6.
- Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2002, 34(2):364-80.
- Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, et al. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(11):2077-83.
- Leonard CT. *The neuroscience of human movement*. St. Louis. Mosby. 1998.
- Loeppky JA, Gurney B, Kobayashi Y, et al. Effects of ischemic training on leg exercise endurance. *J Rehabil Res Dev*. 2005;42(4):511-22.
- Madarame H, Neya M, Ochi E, et al. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(2):258-63.
- Manini TM, Yarrow JF, Buford TW, et al. Growth hormone responses to acute resistance exercise with vascular restriction in young and old men. *Growth Horm IGF Res*. 2012;22(5):167-72.
- Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, et al. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand*, 2003;74(1):62-8.
- Ozmerdivenli R, Bulut S, Urat T, et al. The H- and T-reflex response parameters of long- and short-distance athletes. *Physiol Res*. 2002;51(4):395-400.
- Patterson SD, Leggate M, Nimmo MA, et al. Circulating hormone and cytokine response to low-load resistance training with blood flow restriction in older men. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(3):713-9.
- Piscione J, Grosset JF, Gamet D, et al. Are H-reflex and M-wave recruitment curve parameters related to aerobic capacity? *Appl Physiol Nutr Metab*. 2012;37(5):990-6.
- Sakuraba K, Ishikawa T. Effect of isokinetic resistance training under a condition of restricted blood flow with pressure. *J Orthop Sci*. 2009;14(5):631-9.
- Schoenfeld BJ. Is there a minimum intensity threshold for resistance training-induced hypertrophic adaptations? *Sports Med*. 2013;43(12):1279-88.
- Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, et al. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport*. 2009;12(1): 107-12.
- Takano H, Morita T, Iida H, et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance

- exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(1):65-73.
- 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*, 2000a, 88(6): 2097-106.
- Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol*, 2000b, 88(1): 61-5.
- 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):308-14.
- 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.
- Teramoto M, Golding LA. Low-intensity exercise, vascular occlusion, and muscular adaptations. *Res Sports Med.* 2006;14(4): 259-71.
- Walton DM, Kuchinad RA, Ivanova TD, et al. Reflex inhibition during muscle fatigue in endurance-trained and sedentary individuals. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 87(4-5):462-8.
- Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):372-7.
- Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, et al. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(10):2525-33.