

온열과 냉의 국소적용에 의한 체표면 온도와 근전도 활동의 변화

최 석 주

(대구과학대학 물리치료과)

임 상 완

(포항제일대학 물리치료과)

김 수 현

(금호타이어 곡성공장 물리치료실)

문 달 주

(순천효자병원 물리치료실)

Changes of Surface Temperature and Electromyography Activities by Local Heat and Cold

Choi Seok-Ju, P.T., Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Taegu Science College)

Lim Sang-Wan, P.T., M.S.

(Dept. of Physical Therapy, Pohang 1st College)

Kim Su-Hyon, P.T., M.S.

(Dept. of Physical Therapy, Gokseong Factory Kumho Tire)

Mun Dal-Ju, P.T., M.S.

(Dept. of Physical Therapy, Sooncheon Hyoja Geriatric Hospital)

ABSTRACT

INTRODUCTION: Local heat and cold application has been frequently used as means of muscle relaxation and blood circulation or reinforcing muscle strength, relaxing muscle tension in clinical situation. In particular, it has been known that long-term heat and cold application for relaxing muscle tension inhibits muscle spasticity or tension. But, it has been rarely reported that what influences of heat and cold application on activation of muscle action potential. Therefore, this study aims to analyze surface temperature and electromyography activities according to the heat and cold application.

METHODE: Subjects of this research were 10 normal men and women (5 men, 5 women). Hot pack and cold pack was applied to vastus medialis muscle of thigh and rectus femoris muscle for 20 min. Surface temperature of vastus medialis muscle and rectus femoris muscle was measured, knee joint of subjects was in 45° flexion, sitting on a chair, maximal isometric contraction was induced, surface electromyography (sEMG) signals were collected and root mean square (RMS) and median frequency (MDF) were analyzed. All measurements were conducted before and immediately after experiment, 10 min., 20 min. and 30 min. after experiment. Data were analyzed with SPSS 12.0 program, comparison of changes in superficial temperature and sEMG signals through repeated measurement was conducted with repeated measures ANOVA and significance level α was 0.05.

RESULTS: Changes of surface temperature of vastus medialis muscle according to cold application were radically decreased immediately after application, but it was recovered after 30 min. of application and it showed significant difference ($F_{4, 36}=72.216, P<0.001$). Surface temperature of rectus femoris also showed radical decrease immediately after application, but it was recovered after 30 min. of application and showed significant difference ($F_{4, 36}=88.930, P<0.001$). Changes of surface temperature of vastus medialis muscle according to heat application were radically increased immediately after application, but it was recovered after 30 min. of application and it showed significant difference ($F_{4, 36}=27.267, P<0.001$). Surface temperature of rectus femoris also showed radical decrease immediately after application, but it was recovered after 30 min. of application and showed significant difference ($F_{4, 36}=19.774, P<0.001$). Changes of sEMG by heat and cold application were no statistical difference. Surface temperature of skeletal muscle after heat and cold application showed significant change for 30 min., but it was found that increase or decrease of surface temperature had not great influence on sEMG

activities.

Key Words : Surface temperature, electromyography, RMS, MDF

I. 서론

물리치료에서 열의 사용은 통증완화와 관절경직의 감소를 위해 가장 많이 사용되어진다. 열은 증가된 혈류와 함께 통증생성의 대사물질을 줄여주고 통증 전달 섬유의 역치를 증가시킴으로서 통증을 감소시킨다(Lehmann과 Delateur, 1990).

온열에 의한 생리적 효과는 세 가지 기전으로 설명 되어진다. 첫 번째로 혈관이론이 가장 기본이 되며 열을 적용하면 혈관의 확장이 일어난다. 이 때 조직 100 g당 30 ml의 혈류흐름이 증가한다(Lehmann과 Delateur, 1990). 두 번째는 Melzack과 Wall에 의해 처음으로 제안된 관문조절설에 기초한 반자극(counterirritation) 이론이다(Melzack과 Wall, 1965). 세 번째는 신경근 조직에 대한 직접적인 영향으로 근방추의 활동 감소와 신경전도속도의 변화가 포함된다. 동물의 근육이 열에 직접적으로 노출되면 근방추의 신경종말의 이차 종말에서는 신경활동이 유의하게 감소하고, 일차 신경종말과 Golgi 건 기관의 활동은 증가한다. 이것은 운동신경을 억제시키고, 통증-강직-통증의 악성 고리를 멈추게 한다(Newton, 1990).

냉의 적용은 말초적인 반응의 효과와 중

추의 반응에 의한 효과를 나타낸다. 스프레이와 같은 짧은 시간동안의 냉의 적용은 말초수용기의 적응현상을 일으킨다. 냉의 적용은 온열에서와 같이 반 자극 효과에 의해 C섬유를 통한 유해성 신호의 전달을 느리게 한다. 이러한 활동과 수용기의 적용은 Travell과 Simons의 근-근막 발통점 비활성화 기전에 의해 설명된다(Travell과 Simons, 1983).

근육의 온도가 1°C 내려갈 때 마다 운동신경은 초당 1.2 m/s의 전도속도가 감소하고(Lehmann & Delateur, 1990), 감각신경은 2 m/s의 전도속도가 떨어진다(Buchthal과 Rosenfalch, 1996). 신체의 온도가 10°C 이상 감소하면 "hunting 반응"이 나타난다. 이러한 양상은 처음의 혈관수축 후에 냉적용에 의한 혈관 확장반응으로 특징지어지고 귀, 코, 손가락 그리고 발에서 나타난다. 연속적인 냉의 적용 하에서는 혈관의 수축과 혈관의 확장 반응이 계속 일어난다. 이것은 조직의 온도를 일정하게 유지하기 위한 것이지만 냉이 적용되기 전에 온도에 비해서는 낮은 온도에서 이루어진다(Michlovitz, 1990). 지속적으로 적용된 냉은 냉 회피반응 후에 심부 근육의 혈관 확장과 자극에 의한 영향을 받은 부위의 혈류 증가를 통한 온도의 상승을 유도한다(Clarke 등, 1958).

표면 근전도는 근 활동전위를 반영하는

간접된 유형이다(Perrey,1980; Broman 등, 1985; Broman 등, 1985; Perrey 등, 19998). 표면근전도의 진폭이나 주파수 구성요소를 통하여 근육의 긴장 정도나 근 피로의 정도를 평가하기 위한 많은 시도들이 이루어지고 있다(Perrey 등,1998; Hagg 등, 2000; Karlsson과 Gerdle,2001).

표면근전도의 기록에서 중요한 변수 중의 하나는 근육의 온도이다. 그러나 근육의 온도는 명확히 밝혀지고 있지 않다. 근육의 온도는 근육마다 큰 차이를 나타내며, 동일한 근육 내에서도 차이를 보인다. 휴식 시의 상완 요골근이 일상적인 온도 환경에 노출되어진 상태에서의 온도는 30℃로 조사되어졌다(Petrofsky et al, 1975; Petrofsky, 1979). 이는 신체 중심온도보다 7℃정도 낮은 온도로 근육은 신체 중심온도의 전달을 통하여 온도가 유지된다. 근육은 신체 중심부에서 보다 표면부에 존재하므로 신체의 중심온도 보다 낮게 나타난다(Wang과

Kawai, 2001). 이러한 휴식 시 온도는 지방층이 두꺼운 사람이 마른 사람보다 단열을 용의하게 한다(Petrofsky et al, 1975).

본 연구에서는 온습포와 냉습포를 국소 체표면에 적용 시 이에 따른 체표면 온도의 변화와 근 활동전위의 활성화 변화를 알아 보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 대상자

대상자는 신경근계 질환이 없는 정상성인 10 명을 대상으로 하였다(Table 1). 대상자의 조건으로는 최근 6개월 이내에 체계적인 운동을 하지 않았으며, 약물을 복용하지 않은 사람으로 한정하여 본 연구에 대한 충분한 설명을 한 후 실험을 실시하였다.

Table 1. Characteristics of the subjects

	hot-pack(n=10)	cold-pack(n=10)	Total(n=10)
Age(years)	21.9±2.23	21.9±2.23	21.9±2.23
Weight(kg)	58.4±6.38	58.4±6.38	58.4±6.38
Height(cm)	167.8±7.35	167.8±7.35	167.8±7.35

All value are showed mean±SD.

2. 실험 방법

1) 국소 열적용

(1) 온습포 적용

40℃로 유지되는 온습포를 대퇴부에 등글게 말아 접촉을 동일하게 하여 적용하고 thermometer로 온도를 측정하면서 20분 동안 적용하였다.

(2) 냉습포 적용

17℃로 유지되는 냉습포를 대퇴부에 등글게 말아 접촉을 동일하게 하여 적용하고 thermometer로 온도를 측정하면서 20분 동안 적용하였다.

2) 체표면 온도측정

체표면 온도측정을 위해 digital thermometer와 wire sensor를 사용하였다. 온도측정 장치인 wire sensor와 thermometer는 측정시간 1초 단위로 온도 기록 및 분석이 가능한 themolog computer linking program 이 내장된 PC에 연결하여 사용하였다.

3) 표면 근전도 신호의 분석

(1) 실효치 진폭(RMS) 분석

1초 동안 1,000개의 신호를 대상으로 수집된 근전도 신호로부터 실효치 진폭 값은 window length 0.125초, window overlap 0.0625초를 분석변수로 하는 moving window를 사용하여 분석하였다.

(2) 중앙 주파수(MDF) 분석

중앙주파수 (MDF) 분석은 저장된 근전도 신호의 1초 동안 1,000개의 신호를 대상으로 주파수 스펙트럼을 얻은 후 window length 1초, window overlap 0.5초로 하여 FFT(fast fourier transformation)을 반복하여 분석하였다.

3. 통계방법

본 연구의 모든 통계는 SPSS/PC12.0을 이용하여 분석하였다. 온습포와 냉습포의 적용에 따른 측정항목의 시간 변화에 대한 비교는 반복측정 분산분석을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의 수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 체표면 온도의 변화

두 온습포와 냉습포를 적용하여 적용 전, 직후, 10분 후, 20분 후, 30분 후의 적용방법 사이의 시간에 따른 변화 패턴은 차이가 있었다. 온습포 적용은 적용 직후 온도가 상승하여 적용 후 30분쯤에 다시 원상태와 가깝게 회복되었으며, 냉습포 적용은 적용 직후 온도가 하강하여 적용 후 30분쯤에 다시 원상태와 가깝게 회복되었다.

1) 내측광근의 체표면 온도의 변화
 시간에 따른 변화와 적용방법 사이의 교
 호작용(F4, 36=111.167, $p<0.001$)에서 시간에

따른 변화(F4, 36=12.350, $p<0.001$)와 적용방
 법에 따른 차이(F1, 9=102.364, $p<0.001$)는
 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 1).

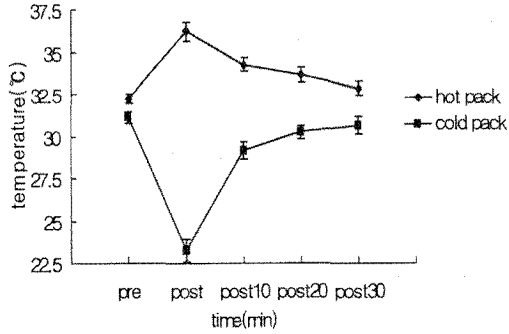


Fig. 1. The changes of surface temperature of vastus medialis muscle.

2) 대퇴직근의 체표면 온도의 변화
 시간에 따른 변화와 적용방법 사이의 교
 호작용(F4, 36=69.811, $P<0.001$)에서 시간에
 따른 변화 (F4, 36=15.184, $P<0.001$)와 적용
 방법에 따른 차이(F1, 9=104.176, $P<0.001$)는
 유의한 차이를 나타내었다.

2. 실효치 진폭의 변화

실효치 진폭의 분석에서 전, 직후, 10분
 후, 20분 후, 30분 후 시간의 따른 차이와
 온도의 변화에 따른 차이에서 모두 유의한
 차이를 나타내지 않았다.

1) 내측광근의 실효치 진폭의 변화

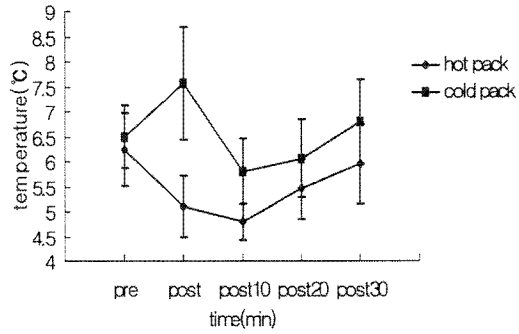


Fig. 2. The changes of RMS of vastus medialis muscle.

2) 외측광근의 실효치 진폭의 변화

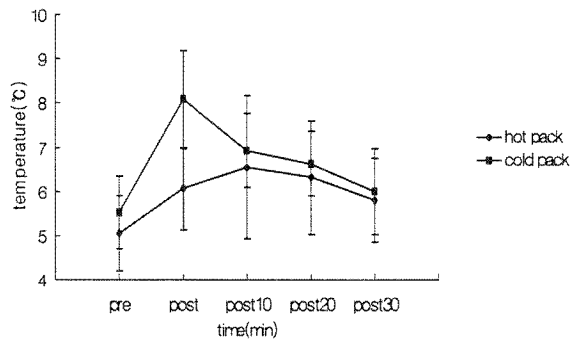


Fig. 3. The changes of RMS of vastus lateralis muscle.

3) 대퇴직근의 실효치 진폭의 변화

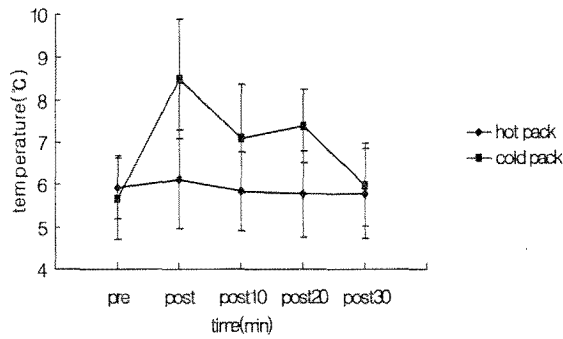


Fig. 4. The changes of RMS of rectus femoris muscle.

3. 중앙 주파수의 변화

의 변화에 따른 차이에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았다.

중앙 주파수의 분석도 전, 직후, 10분 후, 20분 후, 30분 후 시간의 따른 차이와 온도

1) 내측광근의 중앙 주파수의변화

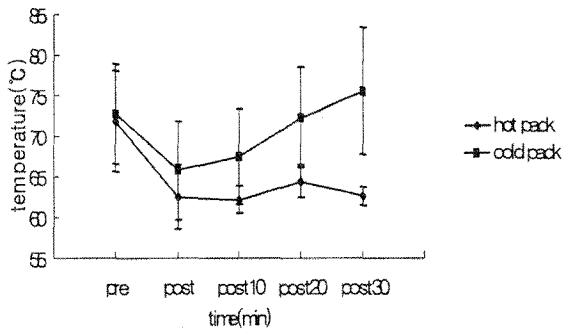


Fig. 5. The changes of MDF of vastus medialis muscle.

2) 외측광근의 중앙 주파수의변화

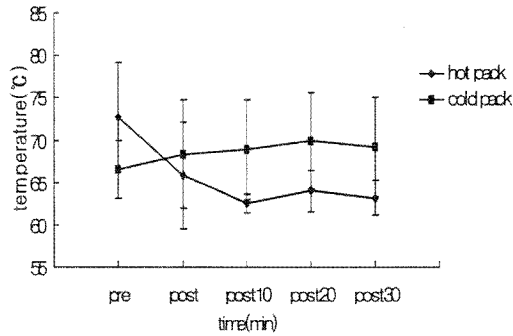


Fig. 6. The changes of MDF of vastus lateralis muscle.

3) 대퇴직근의 중앙 주파수의변화

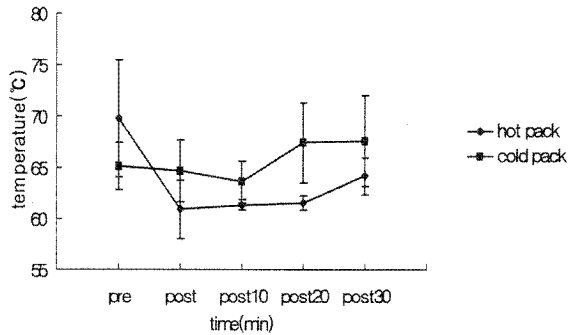


Fig. 7. The changes of MDF of rectus femoris muscle.

IV. 고찰

골격근의 기능적 특성을 평가하기 위해 사용한 표면 근전도는 비 침습적이고 사용하기 편리하며 개개 근육의 전기적 활성을 분석할 수 있는 방법으로 표면 근전도는

보통 두 가지의 매개변수에 의해 종합적으로 기술되어 있는데 활성화된 운동단위의 수와 발화율을 반영한 실효치 진폭(root mean square, RMS)과 활동전위 전도속도의 속근 섬유 동원비와 비례하는 주파수 스펙트럼 분석을 이용한 중앙주파수 (median frequency, MDF)이다. 주파수 스

펙트럼분석은 전극에 의한 영향이 상대적으로 적고 그 변화가 근 전도속도나 운동단위 전위 특성과 그 외 여러 가지 생리·생화학 적 변화와 관계가 깊은 것으로 보고되었다. 따라서 피로도 측정 등 근육의 기능적 특성에 대한 연구에 빈번히 사용되고 있으며 신호분석을 통한 근섬유 조성비를 추정하는데 사용되고 있다(정진규, 2005).

근육과 신경계의 효과적인 진단 방법은 근전도(electromyogram; EMG)검사이다. 근전도는 근육활동과 관련된 전기적 신호를 도해적으로 기록하는 것으로서 신호의 크기는 $10 \mu V \sim 1 mV$ 의 침투치를 가지며, 주파수 특성은 근육에 따라 다르지만 $2 Hz \sim 20 MHz$ 의 범위를 갖는다. 신경 근육계에서는 생화학적 변화가 근섬유(muscle fiber)를 따라 일어나며 전기적 신호는 침 전극(needle electrode), 선 전극(wire electrode), 표면전극(surface electrode)을 사용하여 검출할 수 있다(DeLuca, 1979).

전극으로부터 얻어진 근전도 신호는 여러 개의 운동단위 활동전위(motor unit action potential)와 관련된 많은 정보를 포함하고 있으나 이를 해석하는 데는 전극의 위치, 전극간의 거리, 근육의 종류 및 해부학적 구조, 피로도(fatigue), 힘의 크기(force level), 그리고 전극과 피부 자체의 필터링 효과 및 선형 합성효과를 포함해야 하므로 시 평면 해석(time domain analysis)과 주파수 평면 해석(frequency domain analysis)을 필요로 한다(Moosa와 Brown, 1972; Komi와 Viitasalo, 1976; Dahan과 Boitte, 1986).

본 연구에서도 대퇴사두근에 온습포와 냉습포를 적용하여 온도의 변화에 따른 내측

광근과 대퇴직근의 최대 등척성 상태에서의 RMS와 MDF를 측정하였다. 온습포와 냉습포의 적용에 따른 피부온도의 변화에서 온습포 적용 시 적용직후 온도가 상승하였으며, 냉습포 적용 시 적용직후 온도가 하강하였다가 적용 후 30분 후 각각에서 원상태와 유사하게 되돌아오는 것이 관찰되었다.

근육의 온도에 따른 근육의 활성도를 알아보기 위하여 24, 27, 34 그리고 37°C의 물에 20분 동안 침수한 후, 상완 이두근, 손과악근, 대퇴사두근 그리고 비복근에서 등척성 수축의 20, 40, 60, 80 그리고 100%의 MVC(muscle voluntary contraction)에서 RMS와 central frequency를 측정하였다. RMS는 MVC가 상승할수록 진폭의 크기는 상승하였지만 근육의 온도에 따른 차이가 없었으며, central frequency는 근육온도에 따라 37°C에 침수한 후의 수축에서 높은 주파수를 나타내었다. 온도가 낮아질수록 주파수가 낮게 나타났지만 20, 40, 60, 80 그리고 100%의 각각의 상태에 따른 차이는 보이지 않았다(Jerrold와 Michael, 2005).

선행논문에서와 같이 본 연구에서도 RMS의 분석에서는 차이가 없었으며, 중앙주파수는 속근섬유의 동원비와 비례하므로 높은 온도에 침수한 후의 측정이 속근 섬유의 동원을 많이시켜 높은 주파수를 나타내었는데, 본 연구에서는 표면열의 적용이 근육의 온도를 충분히 높이지 못해 차이를 보이지 않았다.

냉과 반복적인 일에 의한 근육의 기능과 피로의 복합적인 효과를 알아보기 위하여 20명의 남자를 대상으로 측정하였다. 자연적인 온도를 25°C로 하고 20분 동안 일을

한 그룹과 5℃에 노출되어진 그룹, 국소적 온도하강 그룹으로 나누어 손목의 굴곡근과 신전근의 10%의 최대 수의적 수축(MVC, maximal voluntary contraction)을 측정함 결과, 국소적 온도하강 그룹에서 25℃의 자연적인 온도의 그룹보다 근전도에 의한 근육의 활동이 높게 측정되었다.

V. 결론

본 연구에서는 온습포와 냉습포를 국소 체표면에 적용하여 이에 따른 체표면 온도와 근 활동전위의 활성화도 변화를 알아보고자 하였다.

1. 온습포 적용 시는 적용 직후 온도가 상승하여 적용 후 30분쯤에 다시 원상태와 가깝게 회복되었으며, 냉습포 적용 시는 적용 직후 온도가 하강하여 적용 후 30분쯤에 다시 원상태와 가깝게 회복되었다.

2. 근전도 신호의 실효치 진폭과 중앙 주파수 분석에서 전, 직후, 10분후, 20분후, 30분후 시간에 따른 차이와 온도변화에 따른 차이에서 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다.

참고문헌

- 정진규. 초음파 영상 및 표면 근전도 분석을 이용한 정상 골격근의 정량적 평가. 동신대학교 대학원, 박사학위논문. 2005.
- Broman H., De Luca CJ., Mambrito B. Motor unit recruitment and firing rates interaction in the control of human muscles. *Brain Res.* 337:311-319, 1985.
- Broman H., Bilotto G., De Luca CJ. Myoelectric signal conduction velocity and spectral parameters: influence of force and time. *J Appl Physiol.* 58:1428-1437, 1985.
- Clarke RSJ., Hellon RF., Lind AR. Vascular reactions of the human forearm to cold. *Clin Sci.* 17:165, 1958.
- Dahan J., Boitte C. Comparison for the Reproducibility of EMG Signals recorded from Human Masseter and Lateral Pterygoid Muscles. *J Dent Res.* 65:441-447, 1986.
- DeLuca CJ. Physiology and Mathematics of Myoelectric Signals. *Trans Biomed Eng.* 26(6):313-325, 1979.
- Hagg GM, Luttmann A, Jager M. Methodologies for evaluating electromyographic field data in ergonomics. *J Electromyogr Kinesiol.* 10:301-312, 2000.
- Karlsson S, Gerdle B. Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque-a study using the

- continuous wavelet transform. *J Electromyogr Kinesiol.* 11;131-140, 2001.
- Komi PV., Viitasalo JHT. Signal Characteristics of EMG at Different Levels of Muscle Tension. *Acta Physiol Scand.* 96;267-276, 1976.
- Lehmann JF., and Delateur BJ. Cryotherapy. In Lehmann JF (ed), *Therapeutic Heat and Cold* 4th ed. Baltimore:Williams & Wilkins. 1990.
- Melzack R., Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. *Science.* 150;971, 1965.
- Michlovitz SL., and Cryotherapy. The Use of Cold as a Therapeutic Agent. In SL Michlovitz (ed), *Thermal Agents in Rehabilitation* 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis. 1990.
- Moosa A Brown BH. Quantitative Electromyography: New Analogue Technique for Detecting Changes in Action Potential Duration. *J Neurol Neurosurg Psychiat.* 35;216-220, 1972.
- Newton RA. Contemporary Views on Pain and the Role Played by Thermal Agents in Managing Pain Symptoms. In SL Michlovitz (ed), *Thermal Agents in Rehabilitation* 2nd ed. Philadelphia: F.A. Davis. 1990.
- Oksa J., Ducharme MB., Rintamaki H. Combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue. *J Appl Physiol.* 92;354-361, 2002.
- Petrofsky J., Laymon M, The Relationship between Muscle Temperature, MUAP Conduction Velocity and the Amplitude and Frequency Components of the Surface EMG During Isometric Contractions. *Basic Appl Myol.* 15(2);61-74, 2005.
- Perrey JS. Computer Analysis of the Surface EMG During Isometric Exercise. *Comp Biol Med.* 10;83-95, 1980.
- Perrey S et al. Stretch-shortening cycle in roller ski skating: effects of technique. *Int J Sports Med.* 19;513-520, 1998.
- Perrey S, Millet GY, Candau R, Rouillon JD. Stretch-shortening cycle in roller ski skating: effects of technique. *Int J Sports Med.* 19;513-520, 1998.
- Petrofsky J, Dalms T, Lind AR: Power spectrum fo the emg during static exercise. *Physiologist.* 18;350, 1975.
- Petrofsky JS. Frequency and amplitude analysis of the EMG during exercise on the bicycle ergometer. *Europ J Appl Physiol.* 41;1-15, 1979.
- Travell JG., and Simons DG. *Myofascial Trigger Point Manual.* Baltimore: Williams & Wilkins, 1983.
- Wang G, Kawai M. Effect of temperature on elementary steps of the cross-bridge cycle in rabbit soleus slow-twitch muscle fibres. *J Physiol.* 531(1);219-234, 2001.