

## 경피신경전기자극이 자율신경계에 미치는 영향

강종호 · 김용남

남부대학교 물리치료학과

### The Influence of Transcutaneous Electrical Stimulation on Autonomic Function

Jong-ho Kang, PT, PhD, Yong-nam Kim, PT, PhD

*Department of Physical Therapy, Nambu University*

#### <Abstract>

**Purpose** : The purpose of this study is to investigate the effect of transcutaneous electrical stimulation on autonomic nervous system using heart rate variability analysis.

**Methods** : 31 subjects were evaluated with HRV before and after a single high-frequency TENS for 15minutes treatment. The standard deviation of all the normal RR-interval(SDNN) and lower frequency/high frequency ratio(LF/HF ratio) were recorded with TAS-9.

**Results** : After single TENS treatment, autonomic adaptation as analyzed by SDNN was increased from  $42.47 \pm 12.96$  to  $44.43 \pm 16.76$  ( $p > 0.05$ ) and autonomic balance as analyzed by LF/HF ratio was increased from  $1.4 \pm 0.45$  to  $1.45 \pm 0.41$  ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion** : In this study, SDNN and LF/HF ratio changed in health young students as a result of single TENS treatment. But there is no significant difference between pre-treatment and post-treatment of SDNN and LF/HF ratio.

---

**Key Words** : TENS, Autonomic function, Electrical stimulation

#### I. 서 론

교감신경계와 부교감신경계는 일정한 균형을 유지하고 있는데, 이 균형이 깨지게 되면 스트레스나 다양한 질환에 노출 될 가능성이 커진다. 교감신경

계 활성이 감소되면 혈지질 농도가 상승하고 지방 축적이 증가하는 경향이 생기며(Le-Wei 등, 2009), 반대로 교감신경계가 지속적으로 항진되면 다한증, 갈증, 고혈압을 유발할 가능성이 증가한다(이상훈 등, 2006). 뇌졸중 환자들은 자율신경계의 균형 상

---

교신저자 : 강종호, E-mail: swithun@nambu.ac.kr

논문접수일 : 2009년 11월 1일 / 수정접수일 : 2009년 11월 10일 / 게재승인일 : 2009년 11월 16일

실로 인한 이차적 심혈관계 손상이 증가될 위험성을 가지고 있다(조재홍 등, 2007). 이러한 선행연구들의 결과들을 살펴보면, 자율신경계 활동을 측정하여 인체의 질환 가능성이나 항상성 적응성을 유추하여 판단 할 수 있음을 알 수 있다.

이와 같은 자율신경계의 활성은 내부 및 외부 환경 변화에 대해서 심박수의 주기적인 변화를 일으키게 되는데, 이를 심박 변이도(heart rate variability; HRV)라고 한다(John, 2007). HRV는 심장주기의 R-R 간격의 시간적 변동을 측정하여 정량화시킨 것으로서(Cowan, 1995), HRV 분석 방법은 신뢰성과 재현성이 높은 비침습적 자율신경계 평가 방법으로 다양한 질환과 중재 방법에 대해서 최근 연구가 활발하게 진행되고 있다(Kamath와 Fallen, 1993; Malliani 등, 1994; John 등, 2008). HRV는 스트레스나 통증에 대한 불안에 대해서 자율신경계의 활성을 판정하는데 사용될 수 있으며 또한 심장 질환 예측 및 사망지표 등으로 활용될 수 있어 특정 질환에서 또는 특정 중재를 제공하였을 때, 자율신경계가 어떠한 상태인지 해석하는데 사용(Richard 등, 2009; John 등, 2008) 될 수 있다. 인체가 안정 상태에 있을 경우 HRV 변화율은 매우 크고 복잡한 양상을 가지지만, 스트레스나 질환에 놓일 경우 일정한 상태를 유지한다(Kamath와 Fallen, 1993).

오늘날 물리치료실에서 가장 널리 사용되고 있는 전기치료는 통증, 마비, 근력, 창상 치유, 근재교육과 같이 다양한 목적을 위해 사용되고 있는데, 전기치료 방법 중에 가장 보편적으로 사용되고 있는 경피신경전기자극치료(transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS)는 제통 효과(analgesic effect)를 얻기 위해 사용되는 대표적인 전기치료 방법으로 임상 물리치료에서 중요한 역할을 하고 있다(박래준, 2009). TENS는 감각신경을 자극하여 통증 전도를 차단시킨다는 관문 조절설에 근거한 치료법(Melzack, 1965)으로 대부분의 연구들은 통증 조절

과 관련한 임상 연구와 기초과학 연구들이 이루어지고 있으나(백운용 등, 2003; 문종영 등, 2000; 유혜영 등, 2000; Chandran과 Sluka, 2003; Mora 등, 2006; van Tulder 등, 2006; Emmiler 등, 2008; Meissner, 2009), 다양한 질환에 대한 TENS의 작용 기전은 명확하게 밝혀져 있지는 않다. 이에 대해서 경피신경전기자극의 작용 기전을 자율신경계의 조절로 설명하고자하는 연구들이 시도되고 있는데, 대부분 혈압과 맥박, 체온을 대상으로 영향성을 평가하였으며 또한 그 영향성도 논란중이다(김진호 등, 1996; 박래준, 1997; 박장성과 이재형, 2000; 이문환 등, 2002). 따라서 본 연구는 높은 신뢰성과 재현성을 가지고 있는 비침습적 자율신경계 기능 검사법인 HRV 분석 방법을 이용하여 TENS의 자율신경계 영향성을 알아보아, TENS 적용에 대한 기초 자료를 제시하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 연구 대상 및 실험 설계

본 연구는 연구의 목적과 과정에 대한 충분한 설명을 듣고 연구 참여에 동의한 P시에 소재, 일개 대학에 재학 중인 대학생 중에 흡연 경력, 만성 질환, 손상 및 치료 경험, 통증, 기능 장애, 전날 과도한 음주력이 없는 건강한 남, 여 대학생 31명을 대상으로 하였다. 대상자의 일반적 특성은 (Table 1)과 같다. 실험설계는 TENS가 HRV에 미치는 영향을 알아보기 위한 동등성 전후설계로 하였다.

### 2. 실험 방법

#### 1) 실험도구 및 실험절차

경피신경전기자극을 위해 사용된 기기는 저주파 전기 자극기(STT-100, Stratek, Korea)이다(Fig 2).

Table 1. General characteristics of subjects

n	Age	Height(cm)	Weight(kg)
31 (male 20, female 11)	19.29±1.37	161.81±5.19	60.08±8.71

연구에 사용한 전기 자극 변수는 삼각형파, 100Hz이며, 자극 부위는 L3-L5의 허리부위(lowback area)에 실시하였다. 자극 강도는 환자가 참을 수 있는 강도(tolerance intensity)로 자극하였다(이문환 등, 2002).

온도 18~22℃, 습도 40~50%로 유지된 소음이 차단된 실습실에서 진행되었다. 자율신경계는 오전과 오후에 따라 활성화 정도가 바뀔 수 있으므로(하미나 등, 2001), 모든 실험은 오후 6시~9시 사이에 실시되었다. HRV를 측정하기 전 대상자는 진료용 침대에 앙와위로 누워 10분간 휴식을 취하였고, TAS-9의 측정 전극을 우측 검지 손가락에 부착하여 사전 HRV를 5분간 측정하였다. 사전 측정이 끝나면 TENS를 15분간 적용하고, 곧바로 사후 HRV를 5분간 측정하였다(Fig 1).

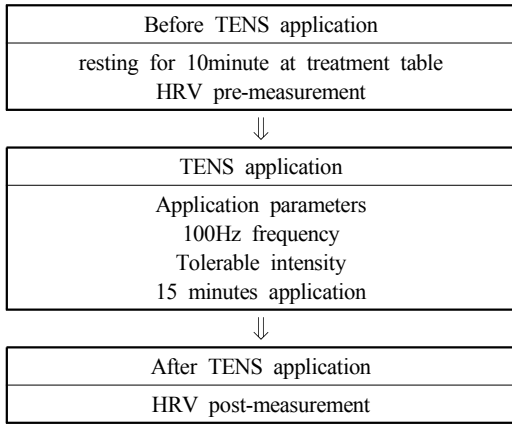


Fig 1. Experimental procedures

2) 측정도구 및 측정변수

심박 변이도 측정에 사용된 기기는 Twin Accelerated Plethysmograph & Stress 분석기(TAS-9, IEMBIO, Korea)이다(Fig 3). 본 연구에서는 자율신경계의 균형 평가에 이용되고 있는 저주파 전력(low frequency, LF)과 고주파 전력(high frequency, HF)의 비율인 LF/HF ratio와 자율신경계의 적응을 평가할 수 있다고 알려진 전체 RR 간격의 표준 편차(standard deviation of all the normal RR-interval)인 SDNN을 측정하였다. 건강한 사람의 휴식기에서 LF가 HF보다 1.5배 수준으로 나타나며, 건강한 사람의 SDNN

의 범위는 30~100msec으로 측정치가 클수록 RR 간격의 불규칙성을 나타내며, 환경에 대한 적응력이 높다고 평가할 수 있다(Pomeraaz 등, 1985; 김정민과 김금순, 2004).



Fig 2. TENS(STT-100, Stratek, Korea)



Fig 3. TAS-9(IEMBIO, Korea)

3. 분석 방법

연구를 통해 얻어진 데이터는 SPSS 12.0 for windows를 사용하였으며, 모든 데이터 표기는 mean ±SD를 사용하였다. 실험 집단에 대한 HRV 측정 전과 후에 획득된 SDNN, LF/HF ratio값을 비교하기 위해서 비모수 검정법인 윌콕슨 부호 순위 검정을 실시하였다. 유의수준 α는 0.05로 하였다.

### III. 결 과

#### 1. 자율신경계 적응

TENS 자극 실시 전 SDNN 값은  $42.47 \pm 12.96$  msec 이었고, 자극 실시 후 SDNN 값이  $44.43 \pm 16.76$  으로 TENS 자극 실시로 인하여 SDNN 값이 약간 증가 하였으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다 ( $p=0.68$ )(Table 2, Fig 4).

Table 2. Comparison of autonomic adaptation.

	unit: msec	
	Pre-treatment mean±SD	Post-treatment mean±SD
Autonomic adaptation (SDNN)	$42.47 \pm 12.96$	$44.43 \pm 16.76$

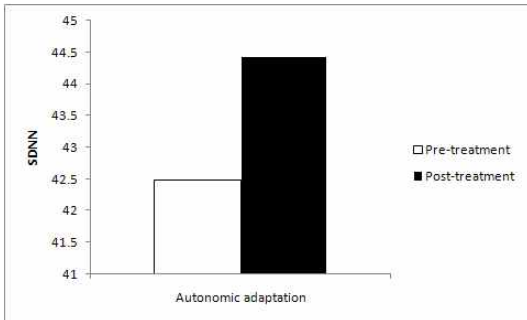


Fig 4. Comparison of autonomic adaptation(SDNN)

#### 2. 자율신경계 균형

TENS 자극 실시 전 LF/HF ratio는  $1.4 \pm 0.45$  이었고 실험후 LF/HF ratio는  $1.45 \pm 0.41$  로 TENS 자극 실시로 인하여 소폭 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다( $p=0.512$ )(Table 3, Fig 5).

Table 3. Comparison of autonomic balance

	Pre-treatment	Post-treatment
	mean±SD	mean±SD
Autonomic balance (LF/HF ratio)	$1.4 \pm 0.45$	$1.45 \pm 0.41$

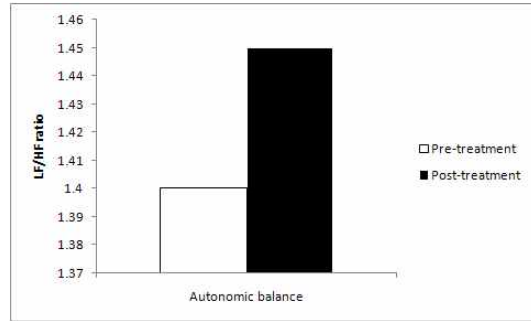


Fig 5. Comparison of autonomic balance(LF/HF ratio)

### IV. 논 의

자율신경계는 내부 및 외부 환경에 따라 시시각 각 변화하므로 신뢰성 있는 검사법으로 측정해야 할 필요가 있다. 신뢰성이 충분히 입증된 자율신경계 검사법으로 비침습적 심박 변이도 검사 방법이 있는데, 자율신경계의 적응 상태와 균형 상태를 평가 할 수 있다(Mikami 등, 2005; Campbell과 Ditto, 2002). 심박 변이도는 R-R 간격의 시간적 변동을 측정하여 정량화 시킨 것으로 건강한 상태인 경우 끊임없이 미세한 변화가 지속되므로 심박 변동이 불규칙하고 커지는 경향이 생기며(John, 2007), 반대로 노화와 질병에 의해서 심박 변이도는 감소될 수 있다(박정준 등, 2004; 이용제 등, 2002). 따라서 심박 변이도 분석은 자율신경계의 교감신경과 부교감신경의 활성 상태를 파악할 수 있게 한다.

심박 변이도의 시간영역 분석 방법은 자율신경계에 대한 적응 능력을 평가할 수 있도록 해 주지만 교감신경과 부교감신경의 균형 상태 파악은 어렵고(김정민과 김금순, 2004), 반대로 주파수영역 분석 방법은 일정 주파수 대역의 상대적 밀도를 측정하고, 파워 스펙트럼 분석을 통해서 교감신경과 부교감신경 활동을 분리 분석해 주므로 자율신경계의 균형을 평가할 수 있다(Pomeraaz 등, 1985; Malliani 등, 1994). 즉, 시간영역 분석 방법의 SDNN은 RR 간격의 표준 편차를 획득한 것으로서 자율신경계의 적응 능력을 의미하며, 주파수영역 분석 방법의 LF(low frequency, 0.04-0.15Hz 대역의 강도)는 주로 교감신경계의 활성을 의미하고 HF(high frequency,

0.15-0.4Hz 대역의 강도는 부교감신경계의 활성을 의미하는데, LF/HF ratio는 LF와 HF의 비율로서 자율신경계의 균형을 의미한다(Pomeraaz 등, 1985; 김정민과 김금순, 2004). 자율신경계 균형과 자율신경계 적응을 의미하는 SDNN과 LF/HF ratio는 특정 중재의 영향성을 평가하는데 이용될 수 있어(Ji-Won 등, 2005), 본 연구에서도 SDNN과 LF/HF ratio를 이용하여 TENS의 영향성을 평가하였다.

경피신경전기자극은 1965년 Melzack이 발표한 관문 조절설에 기초한 통증 치료의 대표적인 물리 치료 방법으로서 오늘날 임상에 매우 다양하게 활용되는데, TENS의 임상적 효용성 연구와 함께 다양한 질환에 대한 TENS의 작용기전에 대한 연구들이 이루어지고 있다(Mora 등, 2006; van Tulder 등, 2006; Emmiler 등, 2008; Meissner, 2009). TENS의 작용기전 연구들은 엔돌핀과 같은 아편성 물질에 관한 연구들과 자극 주파수에 따른 아편성 물질의 변화에 대한 연구들이 이루어져 있는데(Chandran과 Sluka, 2003), 최근에는 TENS의 자율신경계 영향성을 설명하려는 연구들이 이루어져 오고 있으나 상당히 다양한 결과들이 보고되고 있다.

Johnson 등(1991)은 저빈도 경피신경전기자극을 적용하고 피부 온도, 혈압, 맥박을 측정된 결과 유의한 변화를 일으키지 못했다고 보고하였고, Buonocore 등(1992)은 맥파계를 이용한 심박 변이도 연구에서 고빈도 경피신경전기자극이 RR 간격에 미세한 변화를 일으키긴 했지만 심박 변이도의 유의한 변화를 이끌어내지 못하였다고 하였다. 또한 Reeves 등(2004)는 고빈도 및 저빈도 경피신경전기자극을 저강도로 20분간 자극하고 심박동율과 피부전도도를 측정된 결과 전기 자극이 자율신경계에 영향을 미치지 않는다고 하였고, Lazarou 등(2009)은 저강도 고빈도 및 저빈도 경피신경전기자극을 30분간 자극하고 상완동맥을 통해서 혈압을 측정된 결과 혈압에 대한 영향성이 없다고 보고하여, 전기자극이 자율신경계에 영향을 미치지 못한다고 주장하였다. Sanderson 등(1995)은 고빈도 전기자극을 실시할 경우 심장 박동율과 수축기 혈압에는 영향을 미치지 않지만 이완기 혈압을 감소시킨다고 보고하여 약한 교감신경계 억제 효과가 있다고 보고하였고,

이문환 등(2002)은 요부에 실시한 경피신경전기자극은 수축기 및 이완기 혈압과 맥박수, 호흡수의 감소와 피부 체온의 상승을 일으킨다고 주장하였다. 그리고 Campbell과 Ditto(2002)는 2Hz와 100Hz의 전기자극을 적용하여 혈압을 측정된 결과, 저빈도 전기자극이 수축기 혈압의 감소시킨다고 하였고, Mikami 등(2005)은 T12-T13의 실험적 척수 손상을 일으키고 전기자극을 실시하여 교감신경계의 활동을 기록한 결과 근육내 교감신경계 활성을 증가시킬 수 있었으나 피부의 교감신경은 활성화시킬 수 없다고 주장하여 전기자극이 자율신경계에 일정 수준 영향을 줄 수 있다고 주장하였다. 이와 같은 선행 연구들을 살펴보면, 대부분의 연구들은 혈압과 체온, 심박율, 호흡수와 같은 방법으로 연구를 진행하였는데, 전기자극에 대한 자율신경계 영향성은 과거부터 현재까지 논란중임을 알 수 있다. 이러한 선행 연구들의 엇갈리는 결과들은 자율신경계가 대상자의 특성, 즉 통증이나 질환, 불안, 환경 등에 따라 매우 민감하게 변화할 수 있기 때문으로 보인다.

본 연구에서는 신뢰성과 재현성이 높은 심박 변이도를 이용하여 정상 성인 남녀 대학생을 대상으로 경피신경전기자극의 자율신경계 영향성을 살펴 보았다. 전기 자극 전 SDNN은  $42.47 \pm 12.96$ 이었으나 전기 자극 후 SDNN은  $44.43 \pm 16.76$ 으로 조금 상승하여 경피신경전기자극이 자율신경계의 적응능력을 증가시켰음을 알 수 있다. 그러나 통계적 유의성은 없었다. 마찬가지로 LF/HF ratio도 전기자극 전  $1.4 \pm 0.45$ , 전기 자극 후  $1.45 \pm 0.41$ 로 약간 상승되어 경피신경전기자극이 자율신경계 균형 유지에 도움을 주는 것으로 나타났으나 통계적 유의성이 없는 것으로 나타났다. 많은 연구에서 경피신경전기자극과 자율신경계의 연관성을 보여주고 있지만 현재까지 객관적으로 명확한 결론을 보여주고 있지 않다. 본 연구에서는 경피신경전기자극이 자율신경계의 적응과 균형에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 보여 주었는데, 추후 대상자 특성, 질환 유무, 심리적 상태의 유무등의 배경 변수와 전기자극의 선택 변수를 명확히 통제하여 경피신경전기자극과 자율신경계의 연관성을 규명하는 노력이 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

100Hz의 고빈도 경피신경전기자극의 자율신경계의 적응과 균형에 대한 영향성을 HRV 분석 방법으로 연구한 결과, 100Hz의 고빈도 경피신경전기자극은 자율신경계 적응과 자율신경계 균형을 소폭 상승시키는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 없었다. 이와 같은 결과는 좀 더 체계적인 경피신경전기자극의 자율신경계 영향성 규명이 필요함을 보여준다 할 수 있다.

## 참 고 문 헌

김정민, 김금순. 아로마테라피가 첫 임상실습을 경험하는 간호학생의 불안과 피로에 미치는 영향. *기본간호학회지*. 2002;9(2):226-36.

김진호, 한태륜, 이시욱. 경피적 전기자극과 간섭파가 교감신경계에 미치는 영향에 관한 연구. *대한재활의학회지*. 1996;20(3):658-63.

문종영, 이삼규, 노성만, 등. 편마비성 견통 환자에서 전기치료효과의 비교. *전남의대잡지*. 2000;36(3):231-8.

박래준. 경피신경전기자극과 미세전류자극이 정상인의 교감신경 긴장도에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 1997;9(1):51-57.

박래준, 박영한, 김기원, 등. 전기치료학(개정판). 현문사. 대한민국. 2009:257-302.

박장성, 이재형. 간섭전류 자극이 말초 혈류 속도에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 1999;11(2):37-42.

박정준, 임낙철, 설인찬. HRV 측정으로 본 불면증 환자에 대한 연구. *대전대학교 한의학연구소 논문집*. 2004;13(1):30-45.

백윤웅, 채윤원, 김정우. Carrageenan으로 유도된 염증성 근통증 흰쥐 모델에서 경피신경전기자극과 냉치료에 의한 척수 cyclooxygenase-2의 감소. *대한해부학회지*. 2003;36(5):397-403.

유혜영, 정영중, 고수정, 등. 지연성 근육통에 대한 경피신경 전기자극과 미세전류 신경근 자극의 효과 비교. *한국전문물리치료학회지*. 2000;7(2):76-87.

이문환, 오정립, 박래준. 경피신경자극이 노인 요통 환자의 자율신경계에 미치는 영향. *대한물리치료학회지*. 2002;14(3):95-105.

이상훈, 김은정, 박연철, 등. 침자극이 뇌졸중 환자의 심박변이도에 미치는 영향. *대한침구학회지*. 2006;26(1):135-43.

이용재, 김문성, 김법택, 등. 대사증후군과 심박동수 변이와의 관계. *가정의학회지*. 2002;23(12):1432-9.

조재홍, 신동재, 이종수, 등. 심박변이도 검사를 통한 중풍 환자의 불면과 자율신경 기능의 상관성 연구. *한반재활의학회지*. 2007;17(1):135-144.

하미나, 김재용, 박정선, 등. 3교대 근로자에서 교대 근무기간과 압 및 심박수 변동성. *대한산업의학회지*. 2001;13(2):180-9.

Buonocore M, Mortara A, La Rovere MT, et al. Cardiovascular effects of TENS: heart rate variability and plethysmographic wave evaluation in a group of normal subjects. *Funct Neurol*. 1992;7(5):391-4.

Campbell TS, Ditto B. Exaggeration of blood pressure-related hypoalgesia and reduction of blood pressure with low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation. *Psychophysiology*. 2002;39(4):473-81.

Chandran P, Sluka KA. Development of opioid tolerance with repeated transcutaneous electrical nerve stimulation administration. *Pain*. 2003;102(1-2):195-201.

Cowan MJ. Measurement of heart rate variability. *West J Nurs Res*. 1995;17(1):32-48.

Emmiller M, Solak O, Kocogullari C, et al. Control of acute postoperative pain by transcutaneous electrical nerve stimulation after open cardiac operations: a randomized placebo-controlled prospective study. *Heart Surg Forum*. 2008;11(5):300-3.

Lee JW, Shin YS, Jung YJ. The Effects of Aromatherapy on the Autonomic Nerve System Activation among Nursing Students. *J Korean Soc Matern Child Health*. 2005;9(2):237-44.

- John Z, Dennis E, Braian DC, et al. Effects of biofreeze and chiropractic adjustments on acute low back pain: a pilot study. *J of Chiropr Med.* 2008;7:59-65.
- John Z. Effect of Age and sex on heart rate variability in healthy subjects. *J Manipulative Physiol Thera.* 2007;30(5):374-9.
- Johnson MI, Hajela VK, Ashton CH, et al. The effects of auricular transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on experimental pain threshold and autonomic function in healthy subjects. *Pain.* 1991;46(3):337-42.
- Kamath MV, Fallen EL. Power spectral analysis of heart rate variability : a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng.* 1993;21(3):245-311.
- Lazarou L, Kitsios A, Lazarou I, et al. Effects of Intensity of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) on Pressure Pain Threshold and Blood Pressure in Healthy Humans: A Randomized, Double-blind, Placebo-controlled Trial. *Clin J Pain.* 2009;25(9):773-80.
- Li-Wei C, Miao-Hsiang L, Hsueh-Yu C, et al. Transcutaneous Electrical Stimulation of Acupoints Changes Body Composition and Heart Rate Variability in Postmenopausal Women with Obesity. *eCAM.* 2009;1-7
- Malliani A, Lombardi F, Pagani M. Power spectrum analysis of heart rate variability : a tool to explore neural regularoty mechanism. *Br Heart J.* 1994;71(1):1-2.
- Meissner W. The role of acupuncture and transcutaneous-electrical nerve stimulation for postoperative pain control. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2009;22(5):623-6.
- Melzack R, Wall PD. Pain mechanism: A new theory. *Science.* 1965;150:171-79.
- Mikami Y, Ogura T, Kubo T, et al. Inducing peripheral sympathetic nerve activity by therapeutic electrical stimulation. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2005;13(2):167-70.
- Mora B, Giorni E, Dobrovits M, et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation: an effective treatment for pain caused by renal colic in emergency care. *J Urol.* 2006;175(5):1737-41.
- Pomeraaz M, Macaulay R, Caudil MA. Assessment of autonoic function in humans by heart rate spectral analysis. *Ame Jour Physio.* 1985;248:3.
- Reeves JL 2nd, Graff-Radford SB, Shipman D. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain and sympathetic nervous system response. *Pain Med.* 2004;5(2):150-61.
- Richard AR, Jean PB, Alain SC. Heart rate variability modulation after manipulation in pain-free patients vs patient in pain. *Journal of Manipulation and Physiology Therapeutics.* 2009;32(4):277-86.
- Sanderson JE, Tomlinson B, Lau MS, et al. The effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on autonomic cardiovascular reflexes. *Clin Auton Res.* 1995;5(2):81-4.
- van Tulder MW, Koes B, Malmivaara A. Outcome of non-invasive treatment modalities on back pain: an evidence-based review. *Eur Spine J.* 2006;15:64-81.