

## 경피신경전기자극의 적용 방법에 따른 자세 동요의 변화

김희곤<sup>1</sup>, 신원섭<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>대전대학교 물리치료학과

### Changes in Postural Sway according to the Method of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation

Hee-Gon Kim<sup>1</sup> and Won-Seob Shin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Daejeon University

**요 약** 본 연구는 자세 동요의 감소를 목적으로 경피신경전기자극을 각각 다른 방법으로 적용하였을 때 가장 효과가 큰 방법을 알아보려고 실시하였다. 비복근에 경피신경전기자극을 적용하여 압력중심점의 이동으로 자세동요의 감소를 알아보았다. 24명의 참가자들은 힘판 위에 서있는 동안 경피신경전기자극을 전기자극 없이, 고빈도-고강도, 고빈도-저강도, 저빈도-고강도, 저빈도-저강도로 각각 30초간 적용하고 측정하였다. 5가지 적용방법을 무작위 순서로 눈을 뜬 상태에서 적용하였고, 힘판에서 나타나는 압력중심점의 이동거리와 속도를 측정하였다. 그 결과 경피신경전기자극을 실시한 군이 미적용군에 비해 자세동요가 통계적으로 유의하게 작아 경피신경전기자극이 동요의 감소에 효과가 있었다( $p<.05$ ). 적용 빈도에 따른 비교에서는 저빈도보다 고빈도에서 자세동요가 감소하는 경향을 보였고, 경피신경자극의 강도별 비교에서는 저강도를 적용한 경우가 고강도의 경우보다 통계적으로 유의한 감소를 보였다( $p<.05$ ). 이와 같은 결과를 통해 자세동요를 감소시키기 위한 목적으로 경피신경전기자극을 이용하였을 때 고빈도(100Hz)-저강도(감각수준)에서 가장 큰 효과가 있었다( $p<.05$ ). 본 연구를 통해 경피신경전기자극이 자세동요를 감소시켜 균형능력을 향상시킬 수 있었고, 고빈도-저강도의 적용이 가장 효과가 큰 방법임을 알 수 있었다. 이와같은 결과는 향후 균형능력이 감소된 환자들의 자세동요 감소를 위한 중재 방법으로 효과적으로 적용될 것으로 기대한다.

**Abstract** The purpose of this study was to examine the effect of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) according to frequency and intensity on postural sway distance and velocity. TENS was applied to posterior aspect of the dominant leg with postural sway during one leg stance. Twenty-four healthy participants were measured while standing on a force platform with 5 different stimulation dosages of no TENS, high frequency and high intensity, high frequency and low intensity, low frequency and high intensity, low frequency and low intensity applied in 30 seconds. The five different dosages were performed with vision in random order. The results indicated that TENS dosage in the high frequency and low intensity had a significant decrease in postural sway( $p<.05$ ). From these results, we concluded that TENS delivered a high frequency and low intensity enhanced the postural sway in healthy adults. We expect that the postural sway of patients with decreased balance will reduce by application of TENS.

**Key Words** : Balance, Frequency, Intensity, Postural sway, TENS

### 1. 서론

인간의 균형을 위한 자세조절에서 체성감각, 시각, 전정계로부터 제공받는 감각 정보가 중요한 역할을 한다.

그 중 65%를 차지하는 체성감각 정보는 발목의 고유수용기[1], 발바닥에 있는 피부 수용기, 무릎, 엉덩이 관절의 관절 수용기와 균형에 관여하는 근육[2] 등을 통하여 얻어진다. 체성감각 정보를 제공하는 신체의 부위 중 무

\*Corresponding Author : Won-Seob Shin(Daejeon Univ.)

Tel: +82-42-280-2294 email: shinws@dju.kr

Received January 11, 2013 Revised (1st January 24, 2013, 2nd January 30, 2013, 3rd February 1, 2013) Accepted March 7, 2013

릎은 자세조절에 중요한 부위이다[3]. 무릎 부위의 자세 안정성은 비복근의 작용으로 인한 무릎전락으로 균형을 유지한다[4]. 또한 비복근에 적절한 자극을 주었을 때 하지의 안정성이 증가하여 자세동요를 감소시킬 수 있다[5].

균형 능력을 향상시키기 위해 체성감각을 활성화시키는 방법으로 하지에 테이핑을 적용하거나[6], 규칙적인 진동자극을 적용하고[7], 경피신경전기자극을 이용한 방법들이 시행되었다[5]. 경피신경전기자극은 조직의 손상이 없는 비침습적이고 사용이 간편할 뿐 아니라 부작용이 거의 없기 때문에 주로 통증조절을 목적으로 사용하고 있다[8]. 하지만 경피신경전기자극은 통증의 조절뿐만 아니라 상위운동신경과 운동피질 흥분을 일으켜 자세조절에 영향을 미친다[9,10].

경피신경전기자극을 이용하여 자세조절의 변화를 연구한 선행연구들에는 신경계 손상환자, 전정기관 손상환자, 노인들을 대상으로 하여 균형에 미치는 영향을 연구하였다. 편측무시가 있는 편마비 환자의 목근육에 경피신경전기자극을 적용한 결과 공간지각력과 자세조절이 향상되었다[11]. 전정기관의 문제가 있는 환자를 대상으로 발바닥의 경피신경을 자극한 결과 균형능력에 유의한 향상을 보였다[12]. 감각이 저하된 노인들에서도 발바닥 부위에 고빈도의 역치하 자극의 경피신경전기자극을 적용한 결과 자세동요가 감소하였고[13], 노인의 무릎에 저빈도의 역치하 자극을 적용했을 때 신체중심의 총 이동거리가 감소됨을 보고하였다[3]. 정상 성인을 대상으로 하여 비복근에 고빈도의 경피신경전기자극을 적용하여 역치하 수준에서 자세동요에 효과가 있음을 보였다[5].

그러나, 선행연구들에서는 한가지 경피신경전기자극의 방법을 적용하여 전기적 자극이 균형에 미치는 영향을 알아보았고 다양한 빈도-강도에 따른 자세동요에 대한 비교는 이루어지지 않았다. 경피신경전기자극은 빈도를 조절하거나 강도를 조절하여 임상에 적용되고 있다[14]. 빈도의 조절 범위는 일반적으로 1~4Hz의 저빈도와 75~125Hz의 고빈도를 적용하며, 적용 강도는 적용 근육의 가시수축을 유발하기 전과 후로 구분하여 적용할 수 있다. 따라서 고빈도-고강도, 고빈도-저강도, 저빈도-고강도, 저빈도-저강도의 조합으로 경피신경전기자극을 시행할 수 있다[15]. 이러한 빈도-강도별 경피신경전기자극의 적용은 질병의 시기와 증상에 따라 적절히 방법을 달리하여 적용하고 있으며[16], 빈도와 강도의 적합한 조합은 최상의 효과를 발생시킬 수 있다[15].

따라서 본 연구의 목적은 균형 조절에 중요한 근육인 비복근에 경피신경전기자극을 적용하여 균형의 효과를 알아보려고 한다. 또한 다양한 경피신경전기자극의 방법을 이용하여 자세동요를 가장 감소시키는 방법을 알아보

아 균형을 향상을 위해 가장 효과적인 경피신경전기자극의 적용방법을 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구는 D 대학에 재학 중인 건강한 성인 24명(남자 13명, 여자 11명)을 대상으로 하였다. 대상자를 모집한 후 연구에서 요구하는 한 발 서기 자세를 취할 수 없고 경피신경전기자극 적용을 할 수 없는 근골격계 질환, 신경병증, 피부손상 등의 과거력과 경피신경전기자극 적용의 금기증 유무를 선별하였다. 또한 모든 연구대상자에게 연구목적과 방법을 설명한 후 동의를 받았다.

### 2.2 측정도구 및 방법

자세 동요의 평가를 위해 GPS400(Global Postural System, Chinesport, Italy)의 구성 요소인 Stabilometric Lux 장비를 이용하였다. 이 장비는 대상자가 힘판에 서 있는 동안 신체의 압력중심이 이동한 궤적을 수치와 그래프로 보여준다. 전체동요거리는 압력중심이 전후와 좌우로 움직인 궤적의 전체 거리를 의미한다. 이 전체 궤적의 이동거리를 자세하게 나눠보면 압력중심이 전후로 움직인 정중시상면 동요거리와 좌우로 움직인 관상면 동요거리로 나눌 수 있다. 전체동요거리와 각각의 동요거리의 값이 클수록 균형능력이 낮은 것을 의미한다.

### 2.3 연구 절차

선정 기준에 의해 선정된 대상자는 무작위 순서로 경피신경전기자극을 적용하지 않은 상태를 포함하여, 고빈도-고강도, 고빈도-저강도, 저빈도-고강도, 저빈도-저강도의 5가지 방법을 적용하여 균형을 측정하였다. 경피신경전기자극은 의료용 종합자극기(Intelect advanced therapy combination system, Chattanooga group Inc., USA)를 사용하였다. 경피신경전기자극은 두 개의 전극을 비복근의 근복 내외측에 평행하게 배치[5]하고 적용시간은 30초로 하였다. 맥동기간 200 $\mu$ s로 고정하였고, 주파수는 저빈도 3Hz와 고빈도 100Hz를 적용하였다. 저강도는 0.01mA부터 시작하여 최소가시수축이 유발되지 않고 가장 편안하다고 느끼는 강도인 감각수준으로 적용하였고, 고강도는 최소가시수축이 유발되나 불쾌감이 들지 않을 정도의 수준으로 적용하였다[17].

### 2.4 통계처리

본 연구에서 측정된 결과는 윈도우용 SPSS ver. 18.0 을 이용하여 분석하였고, 대상자의 일반적인 특성은 기술 통계량의 평균과 표준편차를 사용하였다. 측정값들의 정규분포 여부를 알아보기 위하여 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 경피신경전기자극의 적용 유무에 따른 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 경피신경전기자극의 적용 방법에 따른 자세동요를 비교하기 위하여 일요인 반복측정 분산분석(one-way repeated measures ANOVA)를 사용하여 검정하였다. 또한 4가지 경피신경전기자극의 방법들에 대한 사후검정(post hoc)은 Bonferroni 방법을 이용하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

## 3. 결과

### 3.1 연구대상자의 일반적 특성

본 실험에 참가한 연구 대상자는 총 24명(남자 13명, 여자 11명)이며, 평균 연령은 23.92±7.43세, 평균 신장은 167.96±9.16cm, 평균 체중은 62.88±11.46kg이었다[Table 1].

[Table 1] Characteristics of subjects

	Male (n <sub>1</sub> =13)	Female (n <sub>2</sub> =11)	Total (N=24)
Age(yr)	24.38±2.47 <sup>a</sup>	26.91±10.07	23.92±7.43
Height(cm)	174.08±5.88	160.73±6.74	167.96±9.16
Weight(kg)	69.54±10.44	55.00±6.74	62.88±11.46

<sup>a</sup>M±SD.

### 3.2 경피신경전기자극 적용 유무에 따른 자세 동요의 차이

신체 동요거리의 비교에서 경피신경전기자극을 적용하지 않은 군보다 적용한 군의 동요거리가 통계적으로

유의하게 작게 나타났다( $p<.05$ ). 신체 동요속도의 비교에서 경피신경전기자극을 적용하지 않은 군보다 적용한 군의 동요속도가 통계적으로 유의하게 작게 나타났다( $p<.05$ )[Table 2].

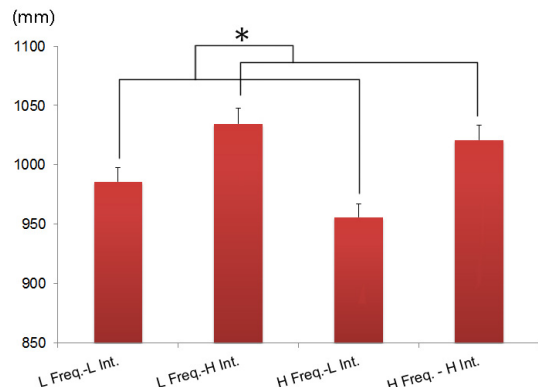
[Table 2] Comparison of postural sway distance and velocity between TENS<sup>a</sup> and No-TENS

	TENS	No-TENS	t
Distance (mm)	999.46±287.13 <sup>b</sup>	1096.89±305.34	8.305 <sup>*</sup>
Velocity (m/s)	.03±.01	.04±.01	3.446 <sup>*</sup>

<sup>a</sup>transcutaneous electrical nerve stimulation, <sup>b</sup>average of applied TENS groups, <sup>\*</sup> $p<.05$ .

### 3.3 경피신경전기자극의 적용방법에 따른 신체 동요거리 비교

경피신경전기자극을 적용한 군에서 적용방법에 따른 비교결과 저빈도-고강도와 고빈도-고강도의 동요거리가 고빈도-저강도와 저빈도-저빈도의 결과보다 유의하게 작게 나타나서 빈도보다는 강도를 낮게 적용하였을 때 자세동요가 유의하게 작았다( $p<.05$ ) [Fig. 1][Table 3].



[Fig. 1] Comparison of postural sway distance

[Table 3] Comparison of postural sway distance and velocity according to frequency and intensity of TENS<sup>a</sup>

	Low Frequency Low Intensity <sup>A</sup>	Low Frequency High Intensity <sup>B</sup>	High Frequency Low Intensity <sup>C</sup>	High Frequency High Intensity <sup>D</sup>	F	post hoc
Distance (mm)	985.71±285.88	1034.89±314.16	956.32±261.17	1020.92±299.37	10.667 <sup>*</sup>	B=D>A=C
Velocity (m/s)	.03±.01	.03±.02	.03±.02	.03±.01	2.122	-

<sup>a</sup> transcutaneous electrical nerve stimulation, <sup>\*</sup> $p<.05$ .

### 3.4 경피신경전기자극의 적용방법에 따른 신체 동요속도 비교

경피신경전기자극을 적용한 군에서 적용방법에 따른 비교결과에서는 동요속도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다[Table 3].

## 4. 논의

균형이란 지지 기저면(base of support) 내에서 무게 중심(center of mass)의 조절 및 유지를 통해 자세 흔들림을 최소화하는 것이며, 이는 선 자세에서의 안정성, 체중부하 조절, 보행능력 등 모든 일상생활 동작에 중요한 영향을 미친다[18]. 신경계와 근골격계의 적절한 통합은 신체 안정성 유지에 중요한 요소로써 여러 감각 수용기로부터 들어오는 자극들의 종합적인 통합과 효율적인 근육의 작용이 정적 기립자세에 많은 영향을 주기 때문이다[19]. 균형을 위한 물리치료 중재 방법 중 전기자극치료의 한 종류인 경피신경전기자극의 적용은 주로 통증조절을 목적으로 임상에서 많이 사용되고 있으나, 상위운동신경과 운동피질 흥분성에도 영향을 주어 자세동요에 효과가 있었다[9]. 따라서 본 연구는 경피신경전기자극의 각기 다른 빈도와 강도에 따라 자세동요에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 시행하였다.

경피신경전기자극을 적용하지 않은 미적용군과 다양한 방법으로 경피신경전기자극을 적용한 군들 사이의 자세동요에 유의한 차이가 있었으며 경피신경전기자극을 적용한 군이 미적용군에 비해 동요거리와 속도가 모두 통계적으로 유의하게 작았다. Kavounoudias 등(2001)의 연구에서 정상 성인 9명에게 진동과 전기 자극을 발바닥과 족관절 주변 근육에 주었을 때 기립 자세의 안정성이 증가되었고 이를 이용한 고유수용감과 촉각정보의 활성으로 설명하였다[2]. 경피신경전기자극의 전기 자극은 빈도와 강도에 따라 촉각과 압각을 전달하는 A $\alpha$ , A $\beta$  등의 상행신경섬유를 활성화시켜 자세조절에 영향을 준다[20]. 이러한 영향으로 본 연구에서도 경피신경전기자극의 전기자극이 체성각각을 활성화시켜 자세조절에 영향을 준 것으로 생각한다.

경피신경전기자극을 저강도로 적용시 통계적으로 유의하진 않았지만 저빈도에서의 동요거리에서 보다 고빈도에서의 동요거리가 감소하였고, 고강도 적용시에서도 마찬가지로 고빈도에서 자세동요가 더 감소하는 결과를 보였다. 빈도에 대한 선행 연구들에서 Collins 등(2003)은 발바닥에 100Hz의 고빈도 적용 시 체성각각과 자세조절

능력이 증가하였다는 보고를 하였고[13], Perennou 등(2001)은 9명의 정상성인 발바닥에 진동자극을 20, 40, 60, 80Hz로 적용한 결과 80Hz에서 가장 낮은 자세동요를 보였다[11]. Laufer과 Dickstein(2007)은 기립자세의 정상성인의 무릎에 경피신경전기자극을 100Hz로 적용한 결과 총 동요 속도가 감소되었다는 연구 결과를 발표하였다[4]. 경피신경전기자극의 고빈도 적용은 기계적 잡음(mechanical noise)효과로 작용하여 체성감각계의 민감성을 향상시켜 자세조절에 영향을 미친다[21]. 본 연구에서도 3Hz의 저빈도를 적용했을 때보다 100Hz의 고빈도로 적용시 기계적 잡음의 효과가 커져서 평균적으로 자세동요의 감소가 나타난 것으로 생각한다.

경피신경전기자극을 3Hz의 저빈도에서는 저강도를 적용한 경우가 고강도의 경우보다 통계적으로 유의한 동요의 감소를 보였다. 또한 100Hz의 고빈도에서도 저강도에서 유의한 동요 감소를 나타냈다. Gravelle 등(2002)은 노인의 무릎에 저빈도로 0.5mA의 역치하 수준의 강도로 경피신경전기자극을 적용했을 때 신체중심의 총 이동거리가 감소됨을 보고했으며[3], Collins 등(2003)은 100Hz의 고빈도에서 역치하 수준의 강도로 적용하여 노인의 자세동요가 감소됨을 보였다[13]. 저강도는 근육의 최소가시 수축이 유발되지 않고 편안하게 느끼는 감각수준이며, 고강도는 최소가시수축이 발생하나 불쾌감이 들지 않을 정도의 운동수준을 의미한다[17]. 전기 강도에 대한 신경섬유의 흥분은 감각수준의 저강도 적용 시에는 A $\beta$ 섬유가 활성화되고, 운동수준의 고강도 적용 시 A $\alpha$ , A $\delta$ 섬유가 활성화된다[13, 22]. 저강도 적용 시 활성화 되는 A $\beta$ 섬유는 척수의 H-reflex를 통해 Ia 구심성 감각자극에 대해 단일시냅스 반사를 일으켜 운동반응을 신속하게 발현시켜 자세 조절에 영향을 끼친다[23]. 반면에 고강도의 A $\alpha$ 섬유는 Ia 구심성 섬유를 흥분시켜 고유수용각각을 활성화시키지만,  $\alpha$ -운동뉴런도 흥분시켜 근수축 반응을 유발하므로 정적 기립 유지를 방해한다[24]. 따라서 본 연구에서도 경피신경전기자극의 저강도 적용이 비복근의 A $\beta$ 섬유를 흥분시켜 H-reflex를 통해 자세동요의 감소에 효과적으로 작용한 것으로 생각한다.

본 연구 결과에서 고빈도-저강도의 경피신경전기자극 적용이 자세동요에 가장 효과적이었다. 이러한 결과는 체성각각의 기능이 감소한 노인이나 감각 결손을 가진 당뇨병환자들의 균형 능력을 위한 중재 프로그램에 적용하여 자세동요의 감소와 이에 따른 낙상에 대한 위험성을 줄일 수 있을 거라고 생각된다. 그러나 본 연구에서 경피신경전기자극의 전기자극에 의한 자세동요의 감소 효과가 얼마나 지속되는지를 측정하지 못한 제한점을 가지고 있다. 향후 연구에서 균형능력 향상을 위한 경피신경전기

자극 적용의 효과 지속성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 5. 결론

본 연구는 자세동요의 감소를 목적으로 일반 성인 24명을 대상으로 경피신경전기자극의 다양한 적용방법을 적용하여 동요거리와 속도의 변화에 대해 알아보았으며, 결과는 다음과 같다. 경피신경전기자극을 적용 하지 않은 경우보다 경피신경전기자극을 적용 한 경우에서 자세동요가 유의하게 작았다. 빈도 간 비교를 한 결과 저빈도보다 고빈도 경피신경전기자극 적용 시 자세동요가 더욱 감소하였으며, 강도 간 비교를 한 결과 고강도 보다 저강도 자극 시 자세동요가 유의하게 감소하였다. 빈도-강도 간 비교 시 고빈도-저강도에서 자세동요가 가장 감소하였다. 본 연구의 결과를 통해 정적 기립 자세의 비복근에 고빈도-저강도의 경피신경전기자극이 가장 효과적으로 자세동요를 감소시키는 것으로 나타났다.

## References

- [1] Mergner T, Maurer C, Peterka RJ, "A multisensory posture control model of human upright stance", *Prog Brain Res*, Vol. 142, No. pp. 189-201, 2003.
- [2] Kavounoudias A, Roll R, Roll JP, "Foot sole and ankle muscle inputs contribute jointly to human erect posture regulation", *J Physiol*, Vol. 532, No. Pt 3, pp. 869-878, 2001.
- [3] Gravelle DC, Laughton CA, Dhruv NT, Katdare KD, Niemi JB, Lipsitz LA, Collins JJ, "Noise-enhanced balance control in older adults", *Neuroreport*, Vol. 13, No. 15, pp. 1853-1856, 2002.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-200210280-00004>
- [4] Laufer Y, Dickstein R, "TENS to the lateral aspect of the knees during stance attenuates postural sway in young adults", *Scientific World Journal*, Vol. 7, No. pp. 1904-1911, 2007.
- [5] Dickstein R, Laufer Y, Katz M, "TENS to the posterior aspect of the legs decreases postural sway during stance", *Neurosci Lett*, Vol. 393, No. 1, pp. 51-55, 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2005.09.039>
- [6] Broglio SP, Monk A, Sopiaryz K, Cooper ER, "The influence of ankle support on postural control", *J Sci Med Sport*, Vol. 12, No. 3, pp. 388-392, 2009.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2007.12.010>
- [7] Priplata AA, Patriitti BL, Niemi JB, Hughes R, Gravelle DC, Lipsitz LA, Veves A, Stein J, Bonato P, Collins JJ, "Noise-enhanced balance control in patients with diabetes and patients with stroke", *Ann Neurol*, Vol. 59, No. 1, pp. 4-12, 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ana.20670>
- [8] Bjordal JM, Johnson MI, Ljunggreen AE, "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A meta-analysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain", *Eur J Pain*, Vol. 7, No. 2, pp. 181-188, 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-3801\(02\)00098-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-3801(02)00098-8)
- [9] Ridding MC, Brouwer B, Miles TS, Pitcher JB, Thompson PD, "Changes in muscle responses to stimulation of the motor cortex induced by peripheral nerve stimulation in human subjects", *Exp Brain Res*, Vol. 131, No. 1, pp. 135-143, 2000.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s002219900269>
- [10] Tinazzi M, Zarattini S, Valeriani M, Romito S, Farina S, Moretto G, Smania N, Fiaschi A, Abbruzzese G, "Long-lasting modulation of human motor cortex following prolonged transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) of forearm muscles: evidence of reciprocal inhibition and facilitation", *Exp Brain Res*, Vol. 161, No. 4, pp. 457-464, 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-004-2091-y>
- [11] Perennou DA, Leblond C, Amblard B, Micallef JP, Herisson C, Pelissier JY, "Transcutaneous electric nerve stimulation reduces neglect-related postural instability after stroke", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 82, No. 4, pp. 440-448, 2001.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.21986>
- [12] Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F, "Human balance control during cutaneous stimulation of the plantar soles", *Neurosci Lett*, Vol. 302, No. 1, pp. 45-48, 2001.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940\(01\)01655-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940(01)01655-X)
- [13] Collins JJ, Priplata AA, Gravelle DC, Niemi J, Harry J, Lipsitz LA, "Noise-enhanced human sensorimotor function", *IEEE Eng Med Biol Mag*, Vol. 22, No. 2, pp. 76-83, 2003.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MEMB.2003.1195700>
- [14] Nnoaham KE, Kumbang J, "Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for chronic pain", *Cochrane Database Syst Rev*, 3, p. CD003222, 2008.

- [15] Chesterton LS, Foster NE, Wright CC, Baxter GD, Barlas P, "Effects of TENS frequency, intensity and stimulation site parameter manipulation on pressure pain thresholds in healthy human subjects", *Pain*, Vol. 106, No. 1-2, pp. 73-80, 2003.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3959\(03\)00292-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3959(03)00292-6)
- [16] Garrison DW, Foreman RD, "Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cell activity in cats with transected spinal cords", *Neurosci Lett*, Vol. 216, No. 2, pp. 125-128, 1996.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940\(96\)13023-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940(96)13023-8)
- [17] Milsom I, Hedner N, Mannheimer C, "A comparative study of the effect of high-intensity transcutaneous nerve stimulation and oral naproxen on intrauterine pressure and menstrual pain in patients with primary dysmenorrhea", *Am J Obstet Gynecol*, Vol. 170, No. 1 Pt 1, pp. 123-129, 1994.
- [18] Nichols DS, Glenn TM, Hutchinson KJ, "Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults", *Phys Ther*, Vol. 75, No. 8, pp. 699-706, 1995.
- [19] Iverson BD, Gossman MR, Shaddeau SA, Turner ME, Jr., "Balance performance, force production, and activity levels in noninstitutionalized men 60 to 90 years of age", *Phys Ther*, Vol. 70, No. 6, pp. 348-355, 1990.
- [20] Toda T, Hayashi H, "The inhibitory effect of substance P antagonist, CP-96,345, on the late discharges of nociceptive neurons in the rat superficial spinal dorsal horn", *Neurosci Lett*, Vol. 158, No. 1, pp. 36-38, 1993.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3940\(93\)90606-L](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3940(93)90606-L)
- [21] Richardson KA, Imhoff TT, Grigg P, Collins JJ, "Using electrical noise to enhance the ability of humans to detect subthreshold mechanical cutaneous stimuli", *Chaos*, Vol. 8, No. 3, pp. 599-603, 1998.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.166341>
- [22] Mannheimer JS, "Electrode placements for transcutaneous electrical nerve stimulation", *Phys Ther*, Vol. 58, No. 12, pp. 1455-1462, 1978.
- [23] Hiraoka K, "Neural mechanisms underlying the effect of transcutaneous electrical nerve stimulation in humans", *Electromyogr Clin Neurophysiol*, Vol. 42, No. 6, pp. 359-366, 2002.
- [24] Binder-Macleod SA, Halden EE, Jungles KA, "Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 27, No. 4, pp. 556-565, 1995.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199504000-00014>

---

**김 희 곤(Hee-Gon Kim)**

[정회원]



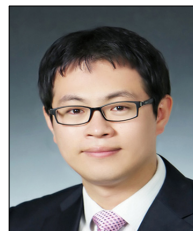
- 2013년 2월 : 대전대학교 물리치료학과 (물리치료학사)

<관심분야>  
근골격계 물리치료학

---

**신 원 섭(Won-Seob Shin)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 대전대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>  
근골격계 물리치료학, 운동치료학