

# 교정치료시 동통관리를 위한 TENS.

전북대학교 치과대학 교정학교실

오희명 · 홍성준

## -목 차-

### I. 서 론

### II. 문헌고찰

#### 본 론

### III. 결 론

#### 참고문헌

## I. 서 론

동통 및 동통관리는 오랜동안 치과분야의 주된 관심사가 되어왔다. 이러한 것을 교정영역에서는 거의 관심을 두고 있지 않으나 실제로 교정장치물을 장착하고 있는 많은 환자들은 어느정도의 동통을 경험하고 있으며, 또한 이를 불편해 하고있다. 이러한 동통은 장치물 장착 후 2-4일 정도 지속되며, 그 강도는 개개인에 따라 현저한 차이를 나타내어 mild soreness로부터 severe throbbing pain까지 나타난다.

교정장치물 장착 후 동통이 나타나는 원인에 대해 대략 살펴보면, 첫째, 교정력에 의한 치수의 순환장애<sup>1,2,3)</sup>, 둘째, 치수내 enkephalin의 감소<sup>4)</sup>를 들 수 있다.

enkephalin은 그 생성, 저장, 유리 및 대사가 생물학적 활성을 띤 다른 peptide와 유사하며 가장 중요한 역할로서는 pain modulation을 들 수 있다.

유해자극 정보를 전달하는 뉴론의 firing rate을 증가시키는 neuropeptide, 즉 sub-

stance p의 유리를 억제함으로써 pain fiber의 firing rate을 감소시키는 neuromodulator의 역할을 담당한다<sup>5,6,7)</sup>.

실제로 사람의 치수내에는 enkephalin이 존재하며 교정력을 가했을 때 치수내 methionine enkephalin(ME) level은 교정력의 크기와 비례하여 감소한다는 보고가 있었다.

세째, 교정력을 가했을 때 axon의 변화에 대한 연구보고가 있었는데 실제 그 변화는 극히 제한되어 나타났다고 했다<sup>8)</sup>. 네째, 만성치주염증에 의해 치주조직내에 Prostaglandin이 축적됨으로써 나타나는 동통을 들 수 있다.

이와같이 교정치료시 나타나는 동통을 조절하기 위한 시도로서는 교정력을 약하게 가한다거나, 진통제의 복용, 껌을 씹는 방법등이 있는데, 아주 미약한 교정력을 가해도 여전히 동통을 호소하기도 하며, 약물복용시에는 부작용 등의 문제점을 안고 있다.

White<sup>9)</sup>는 Aspirin이 함유된 껌(Aspergum)을 씹게하여 PG분비 억제 및 혈류증가에 의한 동통완화 효과를 노리기도 했다. Ekvlom과 Hansson<sup>10)</sup>은 인간치아의 기계적 진통자극시 인접치의 동통역차가 증가한다는 보고를 하였다.

현재 동통관리를 위해 외과, 마취과, 통증치료실 등에서 널리 이용되고 있는 경피성 전기신경자극(TENS)요법을 들 수 있는데, 이는 동통부위 및 이를 지배하는 신경분포 영역에 보면 전극을 부착하여 미세한 전기자극을 가하

는 stimulation-produced analgesia의 일종이다. 아주 간단하고 독성이 없으며 조직 침해효과가 없고, 생물학적 또는 정신적 의존성이 없어 지속적으로 사용할 수 있고 환자의 협조도 또한 우수하다. 그러나 환자개인이 조작하기에는 비교적 높은 비용 및, TENS를 실시하기 위한 부가적인 시간이 요구된다는 단점을 지니고 있다.

## II. 본 론

전기자극이 치료에 이용되기 시작한 것은, 초기 그리스, 로마의 내과의들이 통풍을 치료하기 위해 전기가오리 및 전기매기를 이용한 것으로부터 유래되었다<sup>11)</sup>. 17·19세기에 이르러서는, 산발적으로 전기요법이 이용되었으며, 당시에는 진통제의 많은 발달로 인해 그 발달이 제한되어 있었다.

TENS가 임상에 도입된 것은 1965년 Melzack과 Wall이 Gate Control theory를 발표하여 노벨상을 받은 것이 기점이 되었는데, 초기에는 dorsal column stimulator를 장착하기 위한 예비조사에 이용하였었고, 현재에는 대부분의 Pain tx. Programs에 일반적으로 사용되고 있다<sup>12,13,14)</sup>. 최근 20여 년간 pain control을 위한 TENS study를 살펴보면 만성 통증에 대한 효과를 보기위해<sup>15~19)</sup>, Shealy, Sweet Long, Loeser, Picaza, Ihalainen등의 연구가 있었고, 급성통증에 대한 것으로서는<sup>20~25)</sup>, Hymes, Van der Ark & McGrath, Augustinsson, Cooperman, Rosenberg, Hansson & Ekblom, stabile & Mallory, Dike등이 다양한 연구를 하였다.

그 외에도, Bauer<sup>26)</sup>은 두경부 암 환자를 대상으로 TENS를 실시하여 우수한 동통조절 효과를 얻었다고 보고했으며, 특히 두경부에서는, Low Intensity/High frequency가 효과적이라고 했다.

TENS의 주파수나 작용기전에 대해서는, Melzack & Wall<sup>14,27~34,39)</sup>, Mannheimer, Sjöland & Ericksson, Andersson, Andersson & Ericsson & Holmgren, Jörum &

Shyu, Stratton, Huges, Bowsher등의 보고가 있었다.

치과영역에서의 TENS study는 활발히 이루어지지 않았다.

Mumford<sup>39)</sup>는 TENS시 치수의 동통역치가 증가한다고 했으며, Jankelson, Konchak<sup>36)</sup>등은 TENS를 실시하여 진정한 freeway space를 찾을 수 있다고 했다.

Hansson & Ekblom은 급성구강안면동통에서 주파수 및 자극강도를 달리했을 때 동통조절효과를 보았으며, 교정영역에서는, 1986년 Roth & Thrash<sup>37)</sup>가 TENS에 대한 연구보고를 한 바 있다.

그는 상악, 제1대구치 근·원심에 elastic separator를 장착한 후 TENS, Placebo, Control group을 비교하였다. TENS군은 electrode 장착방법에 따라 구강내 군과 구강외 군으로 분류하여 각각 0.5HZ/50μA, 0.5HZ/500μA의 TENS를 실시했다. 그 결과 대조군에서는 separation 후 1-2일에 높은 동통수치를 보이는 반면, TENS군에서는 현저하게 낮은 동통수치를 보았다(그림 1).

이로써, Roth는 교정장치를 장착 후 나타나는 급성동통조절을 위한 TENS의 효용성을 시사하였다.

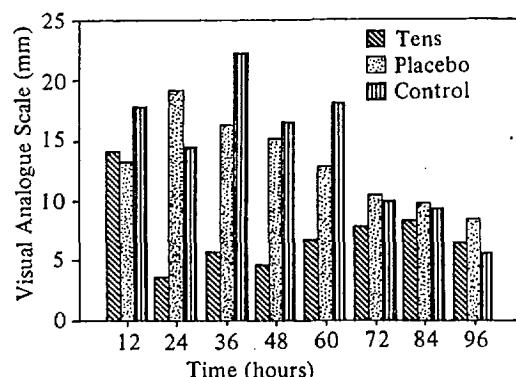


Fig. 1. Mean visual analogue pain ratings of the major tx. variables.

TENS의 작용기전에 대해서는 현재 논란의 여지가 있으며, 다음과 같은 이론이 제안되고 있다.

1. Gate Control theory.

2. Endogenous opiate theory  
( $\beta$ -endorphin mediated mechanism)
3. Frequency-dependent conduction block theory.
4. Concept of memory-like pain pathways

이 중 일반적으로 gate control theory와 endogenous opiate theory가 받아들여지고 있다.

※ Gate control theory<sup>14,27,38)</sup> : 1차 구심성 신경섬유인 A $\beta$ , A $\delta$ , C fibers중에 A $\beta$  fiber는 유수신경섬유이며 직경이 넓어서 무수신경섬유인 C fiber나 직경이 작은 A $\delta$  fiber에 비해 신경전도 속도가 아주 빠르다. 따라서 TENS와 같이 낮은 기계적 자극을 가하면 A $\beta$  fiber가 자극되어서 빠른속도로 척추의 dorsal root entry를 통과함에 따라 통각을 전달하는 A $\delta$  및 C fiber가 척수내 dorsal horn의 substantia gelatinosa(SG)에 impulse를 전달하지 못하도록 presynaptic inhibition함으로써 고위중추로의 pain transmission을 차단시키는 것이다(그림 2, 3).

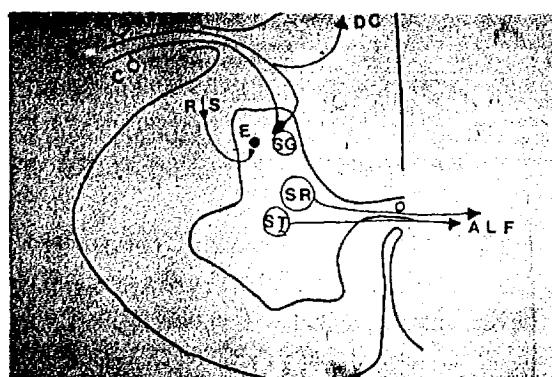


Fig. 2. Synaptic arrangements in the dorsal root entry zone.

C: unmyelinated nociceptor afferents  
SG (substantia gelatinosa)  
SR (spinoreticular neurons)  
ALF (anterolateral funiculus)  
ST (spinothalamic cells)  
E (encephalinergic interneurones)  
DC (dorsal column)  
RS (raphe-spinal fibres).

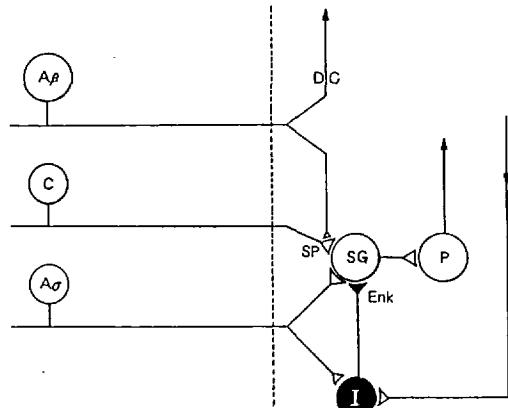


Fig. 3. Diagram to show gate mechanism in dorsal horn.

SP (substance P)

I (Inhibitory interneurones)

Enk (Enkephalin-releasing terminals)

※ Endogenous Opiate theory<sup>39,40,41,42,43)</sup> : 침술에 의한 통증완화 기전과 유사하다고 설명되고 있다. noxious stimuli(자극강도를 높게 조절한 TENS)에 의해 자극된 A $\delta$ , C fiber는 spinothalamic system의 neuron에 의해 고위중추로 전달되는 중에 중뇌의 periaqueductal gray(PAG)에 Collateral termination한다. 이 때 PAG에서 나오는 원심성 axons이 nucleus raphe magnus(NRM)으로 들어가면 다시 efferent neuron이 3차신경핵으로 가서 척수의 dorsolateral white funiculus를 타고 내려온다. 이러한 raphe-Spinal axons은 대부분 serotonergic하여 5-hydroxytryptamine을 유리하는데, 이들이 descending trigeminal nucleus 또는 spinal cord의 substantia gelatinosa에 termination하여 그 곳에서 encephalinergic interneurons을 직접 또는 간접적으로 활성화시켜 상행 동통경로를 차단시키는 것이다(그림 4, 5).

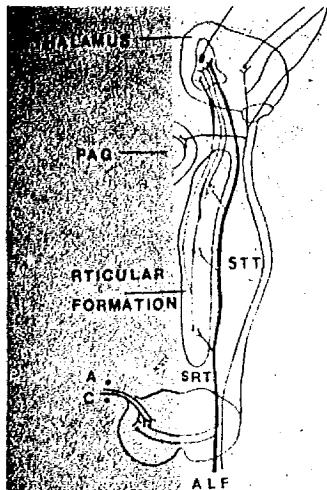


Fig. 4. Diagram to show pain pathways.

SRT (spinoreticular tract)

STT (spinothalamic tract).

PAG (periaqueductal grey matter).

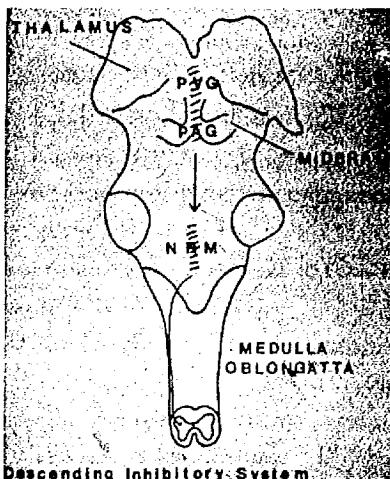


Fig. 5. Descending inhibitory systems.

PVG (periventricular grey matter)

nRM (nucleus raphe magnus)

DLF (dorsolateral funiculus)

※ Frequency-dependent block theory<sup>44)</sup>; 신경세포내에 있는 모든 ion channel이 반응하기 전에 impulse가 전달되도록 impulse-frequency를 조절함으로써 통증을 전달하는 신경세포가 활성을 띠지 못하게 하거나, 차단시키는 것이다.

결국 신경세포에 활동전압이 발생되지 않으므로 통증을 감지하지 못하게 된다.

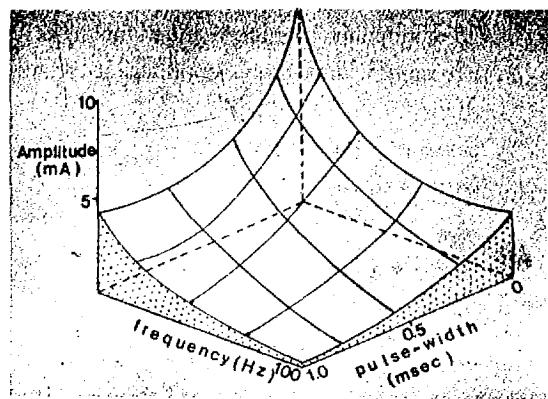


Fig. 6. Theoretical relationships of Amplitude, Frequency, and pulse width.

※ The concept of a memory-like mechanism<sup>45,46)</sup>; 일단 neural pain pathway가 설정되면 이 후로는 더 낮은 수준의 inputs에 의해서도 그 경로가 자극될 수 있다는 것이다.

이러한 작용기전은 TENS의 사용양식에 따라 다르게 나타난다. 일반적으로 낮은 강도의 고주파 자극과, 높은 강도의 저주파 자극을 이용하는데, 이 두 양식을 비교해 보면 표1과 같은 많은 차이점이 있다. control range는 0~50mA의 전류와 0~100HZ의 주파수 및 60~150μsec의 진폭으로서, TENS의 효과를 적절히 얻기위해서는 그림 6과 같은 적절한 조합을 이루어야한다.

파형은 biphasic, rectangular pulse가 이론상 더 우수하다고 본다. 많은 제조원으로부터 TENS units가 공급되고 있으며, 그 크기, 모양, 무게, 내구성, 파형, 조절범위, 자극방식, control Knob의 수 등이 다양하다(그림 7).

electrode 역시 다양한데 탄소알갱이가 함유되어있는 silicone rubber electrode가 우수한 것으로 평가되고 있다.

electrode는 통증 발현부위의 proximal area(절대적이진 않다), 통증부위를 지배하는 말초신경 주행로를 따라 부착하며, 피부저항을 감소시키고, 전극과 긴밀하게 접촉될 수 있도록 electrolyte gel을 사용하는 것이 좋다<sup>20,47)</sup>.

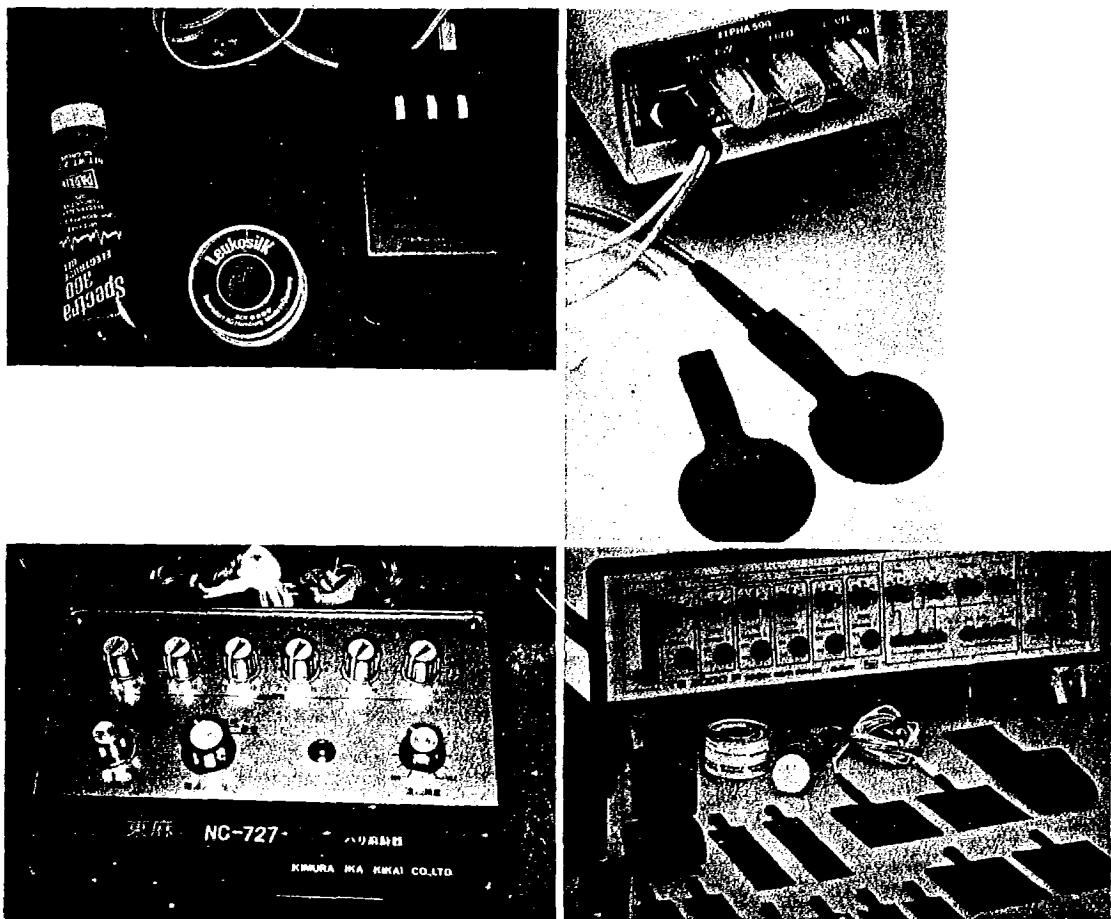


Fig. 7. Various TENS units.

Table 1. Comparison of the two-TENS modes commonly used.

	Hi F/Lo I	Lo F/Hi I
Frequency	30–100Hz	2–5Hz
Intensity	constant tingling sensation	non-painful muscular contraction
Onset	< 10 min	15–30 min
Duration	about 30 min	several hrs
Mechanism	Melzack & Wall's gate control theory	$\beta$ -endorphin mediated mechanism

전술한 내용을 종합하여 볼 때, TENS의 일반적인 사용양식을 교정환자에게 적용한다면 다음과 같은 과정으로 간단히 요약해 볼 수 있

겠다(그림 8).

- 1) 교정장치물의 장착
- 2) 장착직후 환자의 양쪽 협부를 boric sponge 등으로 청결히 한다.
- 3) electrolyte gel을 협부에 골고루 펴 바른다.
- 4) electrode를 부착하고 silk tape을 이용하여 피부에 밀착시킨다.
- 5) 15–30분 정도 TENS 실시<sup>25)</sup>.
  - a. LoF/HiI를 적용할 경우 ; 2-5HZ의 frequency와 non-painful muscular contraction을 야기할 정도의 intensity.
  - b. HiF/LoI를 적용할 경우 ; 100HZ의



A



B

**Fig. 8.** TENS application.

- a. electrolyte gel
- b: TENS parameters

frequency 와 tingling non-painful sensation을 야기할 정도의 intensity.

### III. 결 론

재료의 많은 발달과 교정환자의 수요증가에 따라 교정치료가 보편화되어가고 있으나 아직 해결되지 못한 많은 문제점들을 안고 있다. 그 중, 교정치료후의 relapse 방지, 치료기간의 단축, 치료중에 환자가 느끼는 discomfort제거 등의 문제점을 해결하기 위한 많은 연구가 활발히 진행되어야 하겠다.

실제로, 일부 환자들은 교정치료 초기에, 일상생활에 어려움을 초래할 정도의 심한 통통을

호소하기도 하는데, 이러한 pain control을 위한 대책 중에, TENS를 도입한다면 환자의 협조도, 구강위생 및 치료기간 등에 있어서 우수한 결과를 얻을 수 있으리라 생각된다. 그러나, 아직도 교정영역에서의 TENS는 극히 부진한 연구분야로서, 연구되어야 할 많은 부분이 남아있다.

첫째, 가장 효과적인 tx. parameters, 즉, 주파수, 강도, 지속기간, 둘째, 전극장착에 적절한 부위, 세째, Rodan의 연구보고에 의하면 전기적 자극이 연골세포의 DNA 합성을 촉진하여 골 침착 및 질이 성장이 촉진된다고 했는데, 교정영역에서 TENS를 실시할 경우 형성된 전기장이 치아이동 및 치조골의 재형성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 적극적이고, 미세한 연구가 요구된다고 사료된다.

### REFERENCES

1. Stuteville, O.H.. A summary review of tissue changes incident to tooth movement. *Angle Orthod.* 8:1-48, 1938.
2. Oppenheim, A. Tissue response to orthodontic intervention. *Am. J. Orthod.* 28:263-301, 1942.
3. Michael, J.G., Samuel, G.M.: Effects of intrusive forces upon the microvasculature of the dental pulp. *Angle Orthod.* 50:129-133, 1980.
4. Walker, J.A., Tanzer F.S., Harris, E.F. Wakelyn, C., Desiderio, D.M.: The Enkephalin response in human tooth pulp to orthodontic force. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 92:9-16, 1987.
5. Krieger DT. Brain Peptides, What, where, & why? *Science*, 322:975-985, 1983.
6. Jessell TM, Iversen LL. Opiate analgesics inhibit substance P. release in rat trigeminal nucleus. *Nature*, 268:549-551, 1977.
7. Fields, HL., Emson, PC., Leigh, DK., Gilbert, R., Iverson, LL. Multiple opiate

- receptors in primary afferent fibers. *Nature*, 284:351-352, 1980.
8. Bunner, Johnson, Quantitative assessment of intrapulpal axon response to orthodontic movement *Am. J. Orthod.* 82:244, 1982.
  9. White, LW, Pain and cooperation in orthodontic treatment. *J. Clin. Orthod.* 18: 572-575, 1984.
  10. Ekblom A. Hansson, P. Effects of conditioning vibratory stimulation on pain threshold of the human tooth. *Acta Physiol Scand.* 114:601-604, 1982.
  11. Shriber WJ. A manual of electrotherapy. 4th ed. Lea & Febiger, 1975.
  12. Kane K. Taub A. A history of local electrical analgesia. *Pain*. 1:125-140, 1975.
  13. Tyler E., Caldwell C., Ghia JN. Transcutaneous electrical nerve stimulation; An alternative approach to the pain management of post-operative pain. *Anesth. Analg.* 61:449-456, 1982.
  14. Melzack R. Wall PD. Pain mechanisms, a new theory, science, 150:971-979, 1965.
  15. Long DM. Stimulation of peripheral nerves. Spinal cord and brain for pain relief. In: Relief of intractable pain. swerdlow (ed). Elservier science, Pub. B.V. 1983.
  16. Loeser JD., Black RD., Chistman A. Relief of pain by transcutaneous stimulation. *J. Neurosurg.* 42:308-314, 1975.
  17. Long DM., Campbell JN., and Gucer G. Transcutaneous electrical stimulation for relief of chronic pain. In: Advances in pain Research and Therapy. Vol. 3. Editor; J.J. Bonica. Raven Press, New York, 1979.
  18. Picaza JA., Cannow BW., Hunter SE., Boyd AS., Guma J. & Maurer D. Pain suppression by peripheral nerve stimulation. *Surg. Neurol.* 4:105-114, 1975.
  19. Shealy CN. Transcutaneous electrical stimulation for control of Pain. *Clin. Neurosurg.* 21:269-277, 1974.
  20. Woolf CF. Transcutaneous & implanted nerve stimulation. In: Text book of Pain. Wall PD, Melzack R (eds). Churchill Livingstone, New York, 1984.
  21. Hymes A., Raab D., Yonehiro E. Nelson G., Printy A. Acute pain control by electrostimulation; a preliminary report. *Adv. Neurol.* 4:761-767, 1974.
  22. Van der Ark GD., McGrath KA. Transcutaneous electrical stimulation in treatment of post operative pain. *Amer. J. Surg.* 130:338-340, 1975.
  23. Augustinsson LE. Bohlin P. Bundsen P. CARLSSON CA. Forssman C. Sjoberg P. Typreman ND. Pain relief during delivery by transcutaneous nerve stimulation. *Pain*. 4:59-65, 1977.
  24. Rosenberg M., Curtis L. and Bourke DL.: Transcutaneous electrical nerve stimulation for the relief of postoperative pain. *Pain*, 5:129-133, 1978.
  25. Hansson P., Ekblom A. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) as compared to placebo-TENS for the relief of acute oro-facial pain. *Pain*. 15:157-165, 1983.
  26. Bauer W. Electrical treatment of severe head and neck cancer pain. *Arch. Otolaryngol.* 109:381-383, 1983.
  27. Wall PD. The Gate control theory of pain mechanisms, *Brain*. 101:1-18, 1978.
  28. Manneheimer JS., Lampe GN. Factors that hinder, enhance, and restore the effectiveness of T.E.N.S.: Physiologic and theoretical considerations. In: Clinical Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Davis, Philadelphia PA. 1984.
  29. Andersson SA. Pain control by sensory

- stimulation. In: Advances in pain Research and Therapy. J.J. Bonica et al (Eds.) Vol. 3, Raven Press, New York, 1979.
30. Anderson SA. Ericson T. Holmgren E. and Lindqvist G. Analgesic effects of peripheral conditioning stimulation. I. General Pain thresholds effects on human teeth and a correlation to psychological factors. *Acupunct. Electrother. Res. Int. J.* 2:307-322, 1977.
31. Jørum E. Shyu B-C. Analgesia by low-frequency nerve stimulation mediated by low-threshold afferents in rats. *Pain* 32: 357-366, 1988.
32. Stratton SA. Role of endorphins in pain modulation. *J. Orthop. Sports. Phys. Ther.* 3:200-205, 1982.
33. Huges GS., Lichstein PR., Whitlock D., and Harker C. Response of plasma beta-Endorphins to transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. *Physical therapy*, 64:1062-1066, 1984.
34. Bowsher D. Pain pathways and mechanisms. In: Relief of Intractable pain. M. Swerdlow (Ed.) Elservier Science Pub. B.V. 1983.
35. Mumford JM. Influence of transcutaneous neural stimulation on the pain threshold of human teeth. In: Advances in pain research and therapy. Bonica JJ., Able-Fessard DG (Eds.) Vol. 1, New York 1976. Raven Press.
36. Konchak PA., Thomas NR., Lanigan DT., Devon RM. Freeway space measurement using Mandibular kinesiograph and EMG before and after TENS. *Angle Orthod.* 343-350, 1988.
37. Roth PM, Thrash WJ. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for controlling pain associated with orthodontic tooth movement. *Am. J. Orthod. Dentofac.*
- Orthop.* 90:132-138, 1986.
38. Wall P.D., Sweet WH. Temporary abolition of pain in man. *Science* 155:108-109, 1967.
39. Sjolund BH. and Eriksson M.B.E. Endorphins and analgesia produced by peripheral conditioning stimulation In: Advances in Pain. Research and Therapy. Vol. 3. Bonica JJ (ed.) 1979.
40. Liu X., Zhu B. and Zhang S-X. Relationship between Electroacupuncture Analgesia and Descending Pain Inhibitory Mechanism of Nucleus Raphe Magnus. *Pain* 24: 383-396, 1986.
41. Basbaum AI., Fields HL. Endogenous Pain Control Systems, Brainstem Spinal Pathways and Endorphin Circuitry. *Ann. Rev. Neurosci.* 7:309-338, 1984.
42. Fields HL. Basbaum AI. Brainstem control of spinal Pain-Transmission Neurons. *Ann. Rev. Physiol.* 40:217-248, 1978.
43. Dubner R., Bennett G.J. Spinal and trigeminal mechanisms of nociception. *Ann. Rev. Neurosci.* 6:381-418, 1983.
44. 3M: TENS: How it works and when to use it. St. Paul. Minnesota 3M. Corporation. 1983.
45. Livingston WK. Pain mechanisms New York Macmillan Pub. Co., 1943.
46. Melzack R.: The puzzle of pain New York, Basic Books, Inc., 1973.
47. Johnson KS.: Transcutaneous electrical nerve stimulation In: Practical management of pain (chap 42) P. Prithvi Raj (ed.) Year Book Medical Pub. Inc. London 783-798, 1986.
48. Rodan GA, Bourret LA., Norton LA. DNA Synthesis in cartilage cells is stimulated by oscillating Electric Fields. *Science*, 199: 690-692, 1978.

— ABSTRACT —

## TENS FOR CONTROLLING ORTHODONTIC PAIN

Oh Hee-Myeong, Hong Sung-Joon

*Dept. of Orthodontics, College of Dentistry, Chonbuk National University.*

Pain and pain management have long been items of central concern in dentistry. Although they are given little attention in orthodontics, virtually every patient wearing orthodontic appliances experiences and complains of some extent of pain, and someones have suffured from severe throbbing pain.

A form of stimulation-produced analgesia, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) is a non-invasive, non-pharmacologic pain control techniques.

The clinical application of TENS to orthodontic patients may lead to better patient compliance. And I want to discuss some basic knowledge of this TENS.