

비삽입성 용량결합 전장자극을 이용한 경골의 불유합 치유

—치유 1례 보고—

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

정문상 · 최인호 · 이관희 · 이종석

=Abstract=

Treatment of Delayed Union of Tibial Fracture with Non-invasive Capacitive Coupled Electrical Field —A Case Report—

Moon Sang Chung, M.D., In Ho Choi, M.D., Kwan Hee Lee, M.D. and Jong Seok Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University Hospital,
Seoul, Korea

Ever since the unrelenting efforts of Yasuda to Piezoelectricity, it's been one of the hot areas in orthopaedic fields to file up experimental and clinical data concerning treatment of nonunion, delayed union and pseudarthrosis.

Clinical use of this theory is the result of a systemic thirty-year investigation of bioelectrical phenomena in the skeletal system and of their role in regulating cellular elements. Since Friedenberg's clinical application of Semi-invasive direct current stimulation to nonunion of medial malleolus of tibia, Brighton and Bassett made progress in this field with high success rate.

In 1985, Non-invasive capacitive coupled electrical field was developed and used clinically by Brighton.

We also developed a model of capacitive coupled electrical field system and made clinical application to nonunion of tibia with successful result.

Key Words: Nonunion, Electrical stimulation.

서 론

전기자극을 이용한 골형성의 임상적용은 1953년 Yasuda^{10, 11)}에 의해 소량의 전기자극이 신생골 형성을 유발할 수 있다는 사실이 보고된 후 여러 형태의 전기 자극 방법이 개발되어 골절의 치료에 이용되고 있다. 1971년 Friedenberg¹²⁾가 직류전기자극을 이용한 경골 원위부 내과 불유합의 치료성공예를 보고한 뒤, 1975년 Brighton, Friedenberg 등^{10, 11)}은 지속적 직류자극^{8, 9, 13)}을 이용한 24예의 불유합 및 5예의 선천성 경골 가관절증의 치유보고에서 다수의 음극에 20 μ A의 전류를 통하여 완전한 골유합을 이루었다고 보고한 바 있다. 그러나 필자들은 방법의 개선여부에 따라 성공의 확률이 늘

어날 수 있다고 하여 더 많은 실험적, 임상적 연구가 필요함을 간접적으로 인정하였다.

그 뒤 Bassett 등⁸⁾은 1981년 비삽입성 맥박형 전기장(non invasive pulsing electromagnetic field)을 이용하여 불유합의 치유에 좋은 효과를 보고하였고 Brighton¹⁰⁾은 1985년 22예의 불유합환자에서 비결합성 용량 결합 전장 자극(non invasive capacitive coupling electrical field)을 5V peak to peak 60Hz sine wave를 사용하여 77.3%에서 골유합을 보았다고 보고하였다.

우리 나라에서는 이등¹¹⁾이 최초로 준삽입성 전기자극으로 선천성 경골 가관절증의 치료에 성공한 이래 비삽입성 전기자극에 의한 임상적 적용의 예는 없었다.

이 에 본교실에서 개발한 전장자극기를 이용하여

Fig. 1. Pre-EST X-ray.

임상적 적응을 시도한 1례를 문헌고찰과 함께 보고하고자 한다.

방 법

사용한 전기 자극기는 최^{2,4)}가 고안한 비삽입성 용량결합 전장 자극기를 사용하였다. 전극판은 직경 3cm 두께 0.5mm의 알루미늄판을 사용하였고 자극기는 10V peak to peak 60KHZ symmetrical quadrangular wave signal을 나타내며 5.5×2.0×9cm 크기로 전원으로는 2개의 가정용 9V전전지를 이용하였다.

증례보고

47세의 남자 환자로 9개월간의 골절치료에도 불구하고 좌측하퇴부의 가동성 및 동통을 주소로 내원하였다.

환자는 내원 9개월전 자동차 사고로 좌측 하지의 다발성 골절을 입고 관혈적 정복술 및 내고정술을 시행받은 후 내원 3개월 전에 이물질 제거술을 받았다. 이물질 제거 후 장하지 보조기를 착용하고 보행하였으나 하퇴부의 가동성과 동통은 계속되었다.

내원당시 이학적 소견상, 좌측 슬관절의 굴곡구

Fig. 2. Immediate post-EST X-ray.

축이 50°, 후속굴곡이 110°를 보이고 경골의 중간부위에서 가동성이 관찰되었다. 방사선 소견상 좌측 경골 및 비골의 중간간부에 가골형성을 동반하지 않으며 골절선 양측면에 경화상의 소견을 보이고 골소주의 횡단소견은 보이지 않는 골절선이 관찰되었다(Fig. 1).

내원 즉시 비삽입성 용량 결합성 전장자극 및 PTB석고고정을 시행하였으며 목발에 의한 체중부하를 허용하였다(Fig. 2).

시술후 5개월뒤 전기자극 및 석고고정을 제거하고 PTB보조기 보행을 시행하였으며 수술후 7개월 방사선 소견상 가골형성 및 골소주의 연결상을 보이고 15개월때는 완전한 골유합 소견이 관찰되었다(Fig. 3, 4).

고 안

1953년 Yasuda^{15,16)}에 의해 압박력이 가해지는 골에는 음극이, 장력이 가해지는 골에는 양극이 형성되는 piezoelectricity가 보고되고 가토의 대퇴골에 1μA로 3주간 지속적 전류자극을 하여 신생골이 형성되는 것이 관찰되었다. 1966년 Friedenbergl¹⁷⁾과 Brighton¹⁸⁾ 등은 stress 없이도, 골에는 전기적 잠재성이 있어 골간단에는 음성이, 골단과 골간에는 양성의 전장이 존재하며, 골절시 골절부위가 음성이

Fig. 3. 7 Months after EST.

Fig. 4. 15 Months after EST.

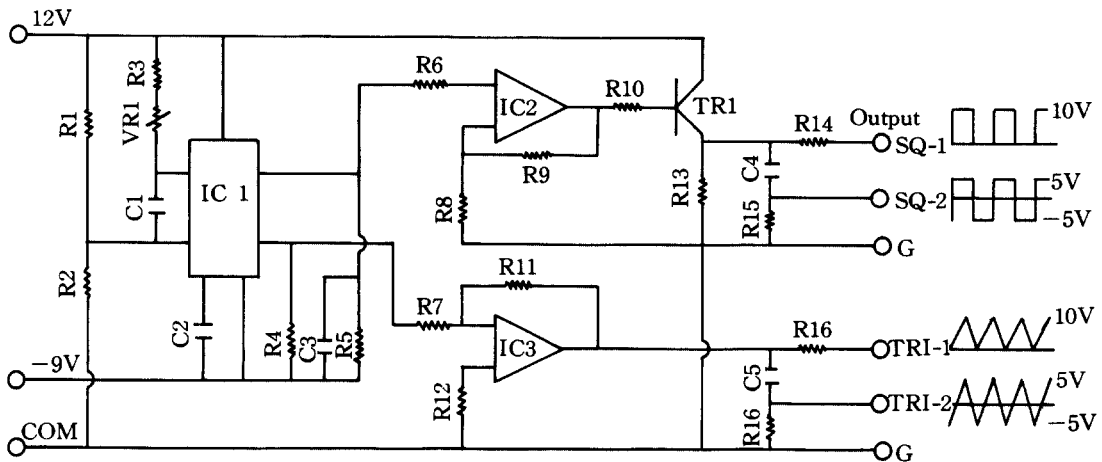


Fig. 5. Circuit diagram of our non-invasive capacitively coupled electrical stimulator.

된다는 것을 관찰하고 이를 bioelectricity라고 하였다.

임상적으로는 1971년 Fridenberg¹³⁾ 등이 $10\mu A$ 의 직류 전류(direct current)를 이용하여 경골원위부내과(medial malleolus) 불유합의 치료에 성공한 첫 예를 보고하였고, 1980년 Paterson¹⁴⁾ 등은 삽입성 직류전기 자극으로 85.7%의 유합률을 보고하였으며, 1981년 Brighton 등⁵⁾은 불유합 178예에서 83.7%의 '유합률'을 보고한 바 있다. 1981년 Bassett 등⁶⁾은 비삽입성 유도결합성 전자기장(non-invasive in-

ductive coupling electromagnetic field)에 의해서도 골절치유를 촉진할 수 있다고 하여 125명의 환자 127예의 경골 불유합에서 87%의 성공률(유합률)을 보였음을 발표하였다.

이상의 전기자극 방법에서, 삽입성 직류전기 자극은 체내에 삽입하는 휴대용으로 환자의 협조가 필요없다는 장점은 있으나 두차례(2차)에 걸친 수술적 처치가 필요하고 이에 따른 감염의 위험성이 있으며 제거시 음극을 골내 남기게 되고 전류의 측정 방법이 없다는 단점들을 가지고 있고, 준삽입성 직

류전기 자극은 휴대용이면서 큰 수술이 불필요하다는 장점이 있으나 감염의 위험성과 하지에 사용시 체중부하가 곤란한 단점이 있다. 또한 유도결합성 전자기장 자극은 환자의 협조가 필요하고 장관골에 사용될 경우 큰 출력을 요하기 때문에 휴대용으로 만들 수 없으며 코일의 중앙축을 불유합 위치와 정확히 일치시켜야 하고 하지에 사용할 경우 체중부하를 할 수 없다는 단점을 지니고 있었다.

1985년 Brighton과 Pollack¹⁰⁾ 등은 수술적 처치가 필요없으며 따라서 감염의 위험이 없고 장치 및 휴대가 간편하고 전극의 위치선택에 큰 어려움이 없으며 체중부하가 가능한 비삽입성 용량 결합성 전기장 자극(non-invasive capacitively coupled electrical field)을 평균 22.5주간 사용하여 20명의 환자 22예의 불유합에서 77.3%의 유합률을 보고하였는 바, 그는 5V peak to peak, 60KHZ, sine wave를 사용하였다.

본 교실에서는 최^{2,4)}가 10V peak to peak, 60KHZ, quadrangular wave의 비삽입성 용량결합 전장 자극기를 개발하여 임상치료에 사용하고 있으므로 그 적용범위의 확대 및 보다 나은 형태의 자극기 개발을 기대하고 있어 그 회로도와 함께 임상적 치험 일례를 보고하는 바이다(Fig. 5).

결 론

본 교실에서는 경골의 불유합을 최^{2,4)}가 개발한 비삽입성 용량결합 전장자극을 이용하여 골유합을 이루었기에 문헌적 고찰과 함께 보고하였다.

REFERENCES

- 1) 이덕용·최인호·이상훈·정문상 : 전기자극을 이용한 선천성 경골 가관절증 치험 1예 보고, 대한정형외과학회잡지, 15:350-355, 1980.
- 2) 이한구·정문상·최인호·장관환·백구현 : 비삽입성 용량결합 전장자극이 골절치유에 미치는 영향, 대한정형외과학회지, 21: 521-530, 1986.
- 3) 정문상·한문식·이덕용·이상훈·김용훈 : 전기자극을 이용하여 치료한 선천성 가관절증과 불유합의 임상경험, 대한정형외과학회잡지, 16:518-527, 1981.
- 4) 최인호 : 정형외과 영역에서의 전기자극의 이용 최신의학, 7:79-88, 1983.
- 5) Bassett, C.A.L., Mitchell, S.N. and Gaston, S.

- R.: Treatment of Ununited Tibial Diaphyseal Fractures \bar{c} Pulsing Electromagnetic Fields. J. Bone and Joint Surg., 63-A:511-522, 1981.
- 6) Brighton, C.T., Black, J., Friedenber, Z.B., Esterbai, I.L. and Connolly, J.F.: A Multicentric Study of the Treatment of Non-union with Constant Direct Current. J. Bone and Joint Surg., 63-A:2, 1981.
- 7) Brighton, C.T., Friedenber, X.B., Black, J., Esterhai, J.L., Mitchell, J.E.I. and Montique, F.: Electrically induced Osteogenesis; Relation s-hips of Current Density of Quantity of Bone for Med. Clin. Orthop., 161:122, 1981.
- 8) Brighton, C.T., Friedenber, Z.B., Mitchell, E. I. and Booth, R.E.: Treatment of Non-union with Constant Direct Current. Clin. Orthop., 124:106, 1977.
- 9) Brighton, C.T., Friedenber, Z.B., Zemsky, L. M. and Pollis, R.P.: Direct Current Stimulation of Non-union and Congenital Pseudarthrosis. J. Bone and Joint Surg., 57-A:365, 1975.
- 10) Brighton, C.T. and Pollack, S.R.: Treatment of Recalcitrant Non-union with a Capacitively Coupled Electrical Field. J. Bone and Joint Surg., 67-A:577-585, 1985.
- 11) Friedenber, Z.B. and Brighton, C.T.: Electrical Potentials in Bone. J. Bone and Joint Surg., 48-A:915, 1966.
- 12) Friedenber, Z.B., Harlow, M.C. and Brighton, C.T.: Healing of Nonunion of the Medical Malleolus by Means of Direct Current: A Case Report. J. Trauma. 11:833, 1971.
- 13) Friedenber, Z.B., Roberts, P.G., Didizian, N. H. and Brighton, C.T.: Stimulation of Fracture Healing by Direct Current in the Rabbit Fibula. J. Bone and Joint Surg., 53-A:1400, 1971.
- 14) Paterson, D.C., Lewis, G.N. and Gass, C.A.: Treatment of Delayed Union and Nonunion with an Implanted Direct Current Stimulator. Clin. Orthop., 148:119-128, 1980.
- 15) Yasuda, I.: Fundamental Aspects of Fracture Treatment. J. Kyoto Med. Soc., 4:395, 1953.
- 16) Yasuda, I.: Piezoelectricity of Living Bone. J. Kyoto Pref. Univ. Med., 53:325, 1953.