

전기 자극을 이용한 선천성 경골 가관절증

— 치험 1 례 보고 —

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

이 덕 용 · 최 인 호 · 이 상 훈

전 을지병원 정형외과

정 문 상

— Abstract —

Electrical Stimulation of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia

— a case report —

Duk Yong Lee, M.D., In Ho Choi, M.D., Sang Hoon Lee, M.D. and Moon Sang Chung, M.D.*

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University,
and Eulji General Hospital*

Osseous union of congenital pseudarthrosis of the tibia remains today a formidable challenge to orthopedic surgeons.

Recently clinical studies of nonunion, congenital pseudarthrosis, and fresh fracture suggest that the electrical stimulation enhances the union rate and shortens the healing time.

We treated a case of congenital pseudarthrosis of the tibia by combined Boyd's dual onlay graft and direct current electrical stimulation. A firm clinical and radiological union was obtained at four months postoperatively.

Key word : Congenital Pseudarthrosis of Tibia. Electrical Stimulation.

I. 서 론

선천성 가관절증은 비교적 드문 질환으로 1708년 Hatzoecher가 처음 보고한 이래 수많은 치료방법이 소개되었으나 그 골융합에 대하여는 아직 크게 만족할 만한 선택적 술식이 없다고 하겠다⁷⁾. 1905년 Huntington은 비골을 사용하여 2차에 나누어 이식술을 시행하였으며¹³⁾, 1941년 Boyd는 경골을 사용하여 dual onlay graft를 하였다⁶⁾. 1949년 Moore는 delayed autogenous bone graft를 하였고¹⁹⁾, 1952년 Farmer는 composite pedicle graft를 하였으며¹⁰⁾, 1959년 Sofield는 fragmentation, realignment and intramedullary rod fixation을 시행하였다²¹⁾.

한편 전기자극법에 대하여 살펴보면 1953년 Yasuda

가 뼈의 전기적 성질에 관하여 처음 보고하였는바²³⁾, 1962년 Bassett와 Becker는 이것이 semiconduction mechanism에 의한 것이라고 설명하였고²⁾, 1963년 Shamos와 Lavine 등은 piezoelectric mechanism으로 이를 설명하였다²⁰⁾. 1966년 Freidenberg와 Brighton은 stress 없이도 뼈에 electric potential이 나타나는 것을 보고하였고¹²⁾, 1971년 Bassett는 direct current와 pulsatile current가 모두 골치유를 촉진한다고 하였으며³⁾, 동년 Freidenberg 등은 direct current를 medial malleolus 불융합에 사용하여 치유에 성공하였다¹¹⁾.

1972년 Jorgensen은 24예의 경골 골절에서 pulsating current를 사용하여 30%의 치유 촉진율 보고하였고¹⁴⁾, 1974년 Bassett 등은 noninvasive한 pulsed electromagnetic field를 사용하였다³⁾.

1972년 Lavine 등은 처음으로 선천성 가관절증에서

직류 전기를 사용하여 4개월만에 융합된 1예를 보고하였다¹⁵⁾. 1975년 Brighton 등은 semi-invasive technique 으로 direct current 를 사용하여 선천성 가관절증 5예와 불융합 24예를 치료하여 보고하였다⁵⁾. 1977년 Lavine 등은 선천성 가관절증 1예를 추가하여 보고하였고¹⁶⁾, 동년 Brighton 등은 선천성 가관절증 12예와 불융합 14예에서 거의 전 예를 성공시킨 보고⁴⁾를 하였다.

서울대학교병원 정형외과에서는 경골에 생긴 선천성 가관절증 1예에서 dual onlay graft 를 시행한 후 2중 관통법에 의한 전기자극을 사용하여 4개월에 골융합을 얻었기에 문헌 고찰과 함께 보고하고자 한다. 이후에도 가관절증 및 불융합 4예에서 전기자극을 시도중에 있으며 현재 추시중이다.

II. 방 법

경골의 가관절 부위를 골수강이 나타날 때까지 약 1.5 cm 정도 절제하고 두꺼운 섬유성 골막과 주위의 섬유성 조직을 제거하였다. 후골을 교정하고 골삽축을 좋게 하기 위하여 비골을 절골하였다. 반대편 경골에서 긴 이식골을 떼어내어 이등분하여 2×6 cm 정도의 이식골 2개를 만들었다. Boyd 씨 dual onlay graft 방법으로 경골 양측에 이식골을 대고 가관절 부위 상하에 각각 2개씩 서로 반대 방향으로 4개의 나사로 고정하였다.

다음 전극으로 사용하기 위하여 threaded Steinmann pin 을 경골 근위편과 원위편에 1개씩 삽입하였으며 한쪽 피질만 통과시켰고 골피질 밖은 골시멘트로 절연시켰다.

수술후 8일에 전기 자극을 시작하였다. 전기 자극기의 원리는 9 V의 전전지를 50 V로 증폭시키고 3.3 ×

10⁶ Ω의 저항을 가진 coil 을 사용하여 17 μA의 전류가 흐르도록 하였다(그림 1).

III. 증 례 보 고

9년 6개월된 남자로 우측 하퇴부의 변형을 주소로 내원하였다. 생후 14개월에 우측 경골의 후골이 발견되었으며 3개월후 외상없이 골절되었다. 접골원에서 석고 봉대 고정을 6주간 하고난 후 방사선 소견상 가관절증을 발견하였다고 한다. 만 3세 때 모 병원에서 cat-aver bone 을 사용하여 homograft 를 시행받고 석고봉대 고정을 6개월간 하였으나 역시 가관절증은 치유되지 않았으며 심한 후골이 나타났다.

이학적 소견상 다발성 cafe-au-lait 반점이 있었고 보행은 short limb gait 였으며 경한 functional right dorsal scoliosis 가 있었다. Anterior superior iliac spine-medial malleolus distance 차는 3 cm, wood block 으로 4.3 cm의 leg length discrepancy 를 보였다. 우측 하퇴의 후골 및 내반 변형과 경골의 이상 운동이 있었고 anterior shin 에 수술 반흔이 보였다(그림 2A).

방사선 소견상 후골은 55도 varus 는 28도 였으며 골간격, 골단경화와 골수강의 폐쇄등이 보였다. 혈관 조영 촬영상 별다른 이상은 보이지 않았다(그림 3A 및 B).

1979년 8월 20일 전술한 방법으로 Boyd 씨 dual onlay graft 를 시행하고 동시에 전극으로 쓰기 위해 threaded Steinmann pin 을 가관절 양단에 삽입하였다. 술 후 장하지 석고 봉대로 고정하였다(그림 2B 및 3C) 이때 병리소견상 경화골 사이에 골간격과 섬유성 및 연골성 조직이 보였다.

수술후 8일에 17 μA의 일정한 직류 전류로 전기 자

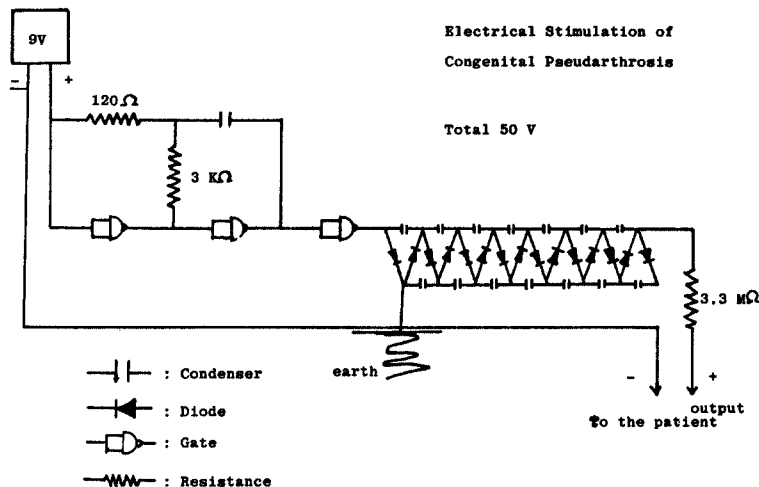


그림 1. 전기 자극기의 회로도.

그림 2. 환자의 사진

- A. 수술전 전면과 측면사진으로 cafe-au-lait 반점과 우측 하퇴부의 변형이 보인다.
- B. 수술후 전기 자극기가 부착되어 있다.
- C. 술후 4개월, 외고정을 풀고 전기자극을 중단한 모습.
- D. 술후 6개월, 단하지 보조기 착용.

극을 시작하였다. 퇴원 후 전전지는 매 10일마다 교체하였다. 술후 3개월에 방사선 소견상 가골이 상당히 형성되어 가는 것을 볼 수 있었다(그림 3D). 이때 전극이 약간 움직여 pin tract infection이 나타났으나 고정과 상처 치료 및 항생제 투여로 염증은 곧 해소되었다.

술후 4개월에 석고 붕대를 제거하고 전기 자극을 중단하였다(그림 2C). 환측 하퇴에는 Delbet gaiter를 감고 체중부하를 허용하였다.

이때 방사선 소견상 완전한 골융합을 보이고 있었고 특히 전극 사이에 신생골 형성의 증가를 나타내고 있었으며 이는 두전극이 통과한 내측 피질골 근처에 더 많은 것 같았다. 전극을 삽입했던 두 자리에는 낭포성 병변이 보였으나 이것은 아마도 pin tract infection에 의한 것으로 생각되었다(그림 3E). 술후 6개월에 Delbet gaiter를 제거하고 단하지 보조기를 착용시켰다(그림 2D). 이때 SMD차는 2.2cm wood block이 3.3cm로 수술전보다 약 1cm 정도의 leg length의 증가를

보였다. 방사선 소견상 견고한 골융합을 보였다. 2개의 낭포성 병변은 여전히 잔존하였으나 4개월 때 보다는 작아진 것 같았다(그림 3F).

IV. 고 안

선천성 가관절증은 비교적 드문 질환이나 그 골 융합의 어려움은 정형외과의 오랜 숙제로 남아 있어 역사적으로 수많은 골융합술식이 이를 대변해주고 있다^{1,8,9,22}.

1958년 Boyd와 Sage⁷⁾는 그때까지 문헌에 나타난 23가지 치료 방법을 나열하였는데 그 중에는 단순한 석고 붕대 고정에서부터 절단에 이르기까지 여러 다양한 방법이 있으나 모두 장단점이 있고 어느 한 방법도 만족할 만한 해결책이 되지 못한다고 하였다. 그러나 변형이 심해지기 전에 조기 수술하는 것이 좋으며 cyst일 경우에는 소파 및 골이식을 하고 진성 가관절일 경우에는 병

그림 3. 환자의 방사선 소견

- A. 수술전 골간격, 골단경화와 골수강의 폐쇄 등이 보인다.
- B. 혈관 조영상 정상혈행이 보인다.
- C. 수술직후 Boyd씨 dual onlay graft와 2개의 electrode가 보인다.
- D. 술후 3개월, 전기자극기가 부착되어 있고 가골형성이 보인다.
- E. 술후 4개월, 골융합이 달성된 것으로 보인다.
- F. 술후 6개월, 풍부한 신생골이 내 우측에 보인다.

적 연부 조직을 넓게 절제하고 적당한 골이식과 충분한 내외고정을 한 후 계속하여 보조기를 성장 기간동안 착용시켜야 한다고 하였다.

McBride와 Stilling¹⁷⁾에 의하면 Shriner's Hospital의 171예에 대하여 463회의 골융합술을 시행하여 수술회수당 19.8%의 성공율을 보였다. 171예중 50예에서 절단술을 시행하였고 90예에서 골융합에 성공하고 치료중에 있는 31예에서도 21예는 융합이 이루어지지 않았다고 한다.

한편 1953년 Yasuda^{23, 24)}는 압력차에 의하여 일어나

는 뼈의 remodelling process를 전기적 현상으로 설명하려 하였으며 이것을 piezo-electricity이라고 불렀다. 그는 또 전기 자극에 의하여 형성된 가골을 electric callus라고 하였다.

그후 여러 학자들이 서론에서 언급한 바와 같이 뼈의 전기적 성질에 대하여 연구를 거듭하였다. Friedenberg 등¹²⁾은 1~100 μA 의 전류로 토끼의 대퇴골에서 실험한 결과 5~20 μA 에서 가장 많은 가골의 형성을 보았으며, 10 μA 의 전류로 토끼의 비골에서 실험한 결과 음극을 골절부에 삽입한 경우에 가장 단단한 가골 형성을 본다고

하였다.

본 증례에서는 17 μ A를 사용하였으며 두 전극을 가관절면 가까이 두었다. 이후 저자들은 2예까지는 같은 방법을 사용하였으나 그 다음부터는 음극 틀에 양극이 하나인 model을 사용하였으며 음극 틀은 가관절부에, 양극은 약간 떨어진 골피질부에 삽입하였다.

골융합과 가관절등에서 전기자극법의 효과에 대하여는 여러 연구자들의 보고와 같이 밝은 전망이 보이나 아직도 그 기전에 대하여는 잘 알려져 있지 않으며 자극 방법등도 저자마다 다르고 전류의 성질, 전극의 종류등에 관하여서도 아직 연구의 여지가 많은 것으로 생각된다.

이러한 제재식 수술 방법의 불확실성과 근년에 재인식된 전기자극법의 미정립이 저자들로 하여금 물다리를 두들기는 양다리치기식 양자 병행 방법을 채택한 동기가 되었다고 할 수 있겠다.

V. 결 론

1. 서울대학교병원 정형외과에서 정골에 생긴 선천성 가관절증 1예에서 Boyd씨 dual onlay graft와 2중 관통법에 의한 17 μ A의 일정한 직류전기자극을 사용하여 4개월만에 견고한 융합을 보았다.

2. 증례가 단 1예였고 2가지 방법을 함께 병용하였기 때문에 전기자극이 골융합에 미친 기여도를 정확히 판정할 수는 없겠으나 술후 4개월에 보인 견고한 골융합과 두 전극사이에 생긴 직사각형의 신생골 형성은 전기자극이 골형성에 좋은 효과를 나타냈다고 볼 수 있겠다.

3. 또한 어쩌면 Boyd씨 법과 같은 고전적인 골융합 방법과 전기자극의 병용은 그 어느 한방법에 의한 것보다도 성공의 확율을 높일 수도 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

1. Aitken, G.J. : Amputation as a Treatment for Certain Lower-Extremity Congenital Abnormalities. *J. Bone and Joint Surg.*, 41-A:1267-1285, 1959.
2. Bassette, C.A.L. and Becker, R.O. : Generation of Electric Potentials by Bone in Response to Mechanical Stress. *Science*, 137:1063-1064, 1962.
3. Bassett, C.A.L., Pawluk, R.T. and Pilla, A.A. : Augmentation of Bone Repair by Inductively Coupled Electromagnetic Fields. *Science*, 184:575-577, 1974.
4. Brighton, C.T., Friedenber, Z.B., Mitchell, E.I. and Booth, R.E. : Treatment of Nonunion with Constant Direct Current. *Clin. Orthop.*, 124:106-123, 1977.

5. Brighton, C.T., Friedenber, Z.B., Zernsky, L.M. and Pollis, P.R. : Direct-Current Stimulation of Non-union and Congenital Pseudarthrosis. *J. Bone and Joint Surg.*, 57-A:368-377, 1975.
6. Boyd, H.B. : Congenital Pseudarthrosis; Treatment by Dual Bone Grafts. *J. Bone and Joint Surg.*, 23:497-515, 1941.
7. Boyd, H.B. and Sage, F.P. : Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. *J. Bone and Joint Surg.*, 40-A:1245-1270, 1958.
8. Charnley, J. : Congenital Pseudarthrosis of the Tibia Treated by the Intramedullary Nail. *J. Bone and Joint Surg.*, 38-B:283-290, 1956.
9. Eyre-Brook, A.L., Baily, R.A.J. and Price, C.H.G. : Infantile Pseudarthrosis of the Tibia. *J. Bone and Joint Surg.*, 51-B:604-613, 1969.
10. Farmer, A.W. : The Use of a Composite Pedicle Graft for Pseudarthrosis of the Tibia. *J. Bone and Joint Surg.*, 34-A:591-600, 1952.
11. Friedenber, Z.B., Harlow, M.C. and Brighton, C.T. : Healing of Nonunion of the Medial Malleolus by Means of Direct Current; A Case Report. *J. Trauma*, 11:883-884, 1971.
12. Friedenber, Z.B., Andrews, E.T., Smlenski, B.I., Pearl, B.W. and Brighton, C.T. : Bone Reaction to Varying Amounts of Direct Current. *Surg., Gynec. and Obstet.*, 131:894-899, 1970.
13. Huntington, T.W. : Case of Bone Transference; Use of a Segment of Fibula to Supply a Defect in the Tibia. *Ann. Surg.*, 41:249-251, 1905.
14. Jorgensen, T.E. : The Effect of Electric Current on the Healing Time of Crural Fractures. *Acta. Orthop. Scandinavica*, 43:421-437, 1972.
15. Lavine, L.S., Lustia, I., Rinaldi, R.A. and Liboff, A.R. : Electrical Enhancement of Bone Healing. *Science*, 175:1118-1121, 1972.
16. Lavine, L.S., Lustin, I. and Shamos, M.H. : Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia with Direct Current. *Clin. Orthop.*, 124:69-74, 1977.
17. McBride, A.M. and Stelling, F.H. : Infantile Pseudarthrosis of the Tibia. *J. Bone and Joint Surg.*, 54-A:1354-1355, 1972.
18. McFarland, B. : Pseudarthrosis of the Tibia in Childhood. *J. Bone and Joint Surg.*, 33-B:36-46, 1951.
19. Moore, J.R. : Delayed Autogenous Bone Graft in the Treatment of Congenital Pseudarthrosis. *J. Bone and Joint Surg.*, 31:23-39, 1949.

20. Shamos, M.H., Lavine, L.S. and Shamos, M.I. : *Peizo-electric Effect in Bone*. *Nature*, 197:81, 1963.
21. Sofield, H.A. and Millar, E.A. : *Fragmentation, Realignment, and Intramedullary Rod Fixation of Deformities of the Long Bones in Children: A Ten-Year Appraisal*. *J. Bone and Joint Surg.*, 41-A: 1371-1391, 1959.
22. Van Nes, C.P. : *Congenital Pseudarthrosis of the Leg*. *J. Bone and Joint Surg.*, 48-A:1467-1483, 1966.
23. Yasuda, I. : *Fundamental Aspects of Fracture Treatment*. *J. Kyoto Med. Soc.*, 4:395-406, 1953. Reprinted in *Clin. Orthop.*, 124:5-8, May 1977.
24. Yasuda, I. : *Proceedings of Japanese Orthop. Assoc.*, in *J.B.J.S.*