

Sprague Dawley 랫트에서 자장이 골 창상 치유에 미치는 영향

김남중[†] · 이영원^{*}

혜천대학 애완동물과, *충남대학교 수의과대학

Bone Healing Effect of a Magnet in Sprague Dawley Rats

Nam Joong Kim[†] · Young Won Lee^{*}

Companion Animal Science, Hyecheon College, Daejeon 302-715, Korea

*College of Veterinary Medicine, Chungnam National University, Daejeon 302-764, Korea

(Received January 10, 2007/Accepted April 11, 2007)

ABSTRACT

The present study was carried out to examine the bone healing effect of a magnet as the feasibility test for clinical application. The surgical technique of tibia puncture was performed with male Sprague Dawley rats for investigating radiological and histological findings. The treated group was attached the magnet, and control group was attached the placebo magnet for 4, 6, and 8 weeks respectively. The rats were taken a radiograph for examining radiological findings on 2-weekly interval for 8 weeks. Also, the rats were partly euthanized for investigating histological findings on 2-weekly interval from 4 week to 8 week. In the magnet treated rats, the healing process of bone trauma was positively stimulated to compare with control rats.

Keywords: magnet, radiological finding, histological finding, bone healing

I. 서 론

우리의 일상 생활에서 자석은 여러 가지 목적으로 사용되고 있으며, 가정용 전자 제품에서부터 치료 목적의 의료용 자석에 이르기까지 다양한 분야에서 적용되고 있다.^{1,2)} 이와 같은 자석이 동양 의학에서 활용되기는 약 4~5천년 전부터라고 할 수 있다. 서양에서는 고대 Magnesia시 부근에서 발견된 자석광(磁石鑛)이 발견되므로 사용되기 시작되었다고 볼 수 있으며, 따라서 서양에서는 그 마을의 이름을 따서 Magnet라고 부르기 시작했으며, 동양으로 유래되어 동양에서는 磁氣, 磁石이라고 하였다. 동양에서는 오래 전부터 자석을 치료 목적으로 사용되곤 하였는데, 동의 보감³⁾에서는 자석은 성질이 차고, 맛은 맵고 짜다. 독은 없다. 신장을 보하고 뼈대를 튼튼하게 하며 정기를 기르며, 가슴이 답답한 것을 없애고, 목에 생긴 종기와 목구멍이 아픈 것을 낮게 한다. 달구었다가 물에 담가 식혀 이를 물로 마시면 임신케 한다고 기록되어 있다. 또한 혈액 중의 헤모

글로빈을 활성화시켜 신진 대사 기능을 촉진시켜서 혈액 장애를 개선하며, 근육의 통증을 완화시킨다고 알려져 있다.^{4,7)} 오늘날에 와서는 의료용 자석의 재질과 자력의 다양한 세기를 이용하여 보다 여러 가지 치료 목적으로 활용하고 있지만, 최근에는 극저주파 자장은 인체에 좋지 않는 영향을 미칠 수 있다는 보고들도 발표되었다.⁸⁻¹⁰⁾ 그러므로 본 연구에서는 의료용 자석의 자장으로 가장 보편적으로 이용되는 1600가우스(Gauss)의 자석을 사용하여,^{7,11,12)} 골의 창상 치유 효과를 검증하므로 골절 등의 치료 목적에 활용 가능성을 평가하고자 수행하였다.

II. 연구 방법

1. 공시 동물

체중 350-400g 내외의 10주령 수컷 Sprague Dawley 랫트 18마리를 사용하였다. 사육 조건은 온도는 23.5°C, 습도는 54.3%를 유지하였으며, 조명은 오전 5시부터 오후 7시까지 유지하였다.

2. 골 창상 수술법

랫트의 마취를 위해 Entobar[®] inj.을 체중 kg당

[†]Corresponding author : Companion Animal Science,
Hyecheon College
Tel: 82-42-580-6216, Fax: 82-42-580-6320
E-mail : njkim@hcc.ac.kr

1 ml의 투여 용량으로 복강 내 주사하여 마취를 시켰다. 마취된 랫트를 아크릴 수술 판 위에 고정 끈을 사용하여 복상위 자세로 수술할 왼쪽 다리를 제외하고 세 발과 이빨을 고정시켰다. 수술할 왼쪽 다리 부위의 털을 가위로 제모하였고, 제모된 부위의 피부를 alcohol swab을 사용하여 소독을 실시하였다. 소독 후 다리 부위 피부를 1.5-2 cm 정도 절개하였고, 절개된 피부 아래 근육과 골막을 절개하고, 둔성의 핀셋을 사용하여 조심스럽게 tibia를 노출시켰다. 노출된 tibia의 중간 부위에 dental drill(Strong SS79-80, Saeshin machinery Co., Korea)을 이용하여 직경이 약 1 mm 정도의 골 천공 창상을 유도하였다. 생리 식염수를 사용하여 골 천공 창상 부위를 세척한 후, 페니실린 40만 단위 주사액(호스타실린®, 한독약품)을 약 0.1 ml 뿌려주고, 비흡수성 봉합사(4/0, 1.5metric Mersilk, 16 mm 3.8c cutting needle & black silk braided non-absorbable suture, Ethicon limited, U.K.)를 이용하여 근육과 피부를 절절 봉합법으로 각각 5-6군데씩 봉합하였다.

3. 자장 고정 장치 설치

골 천공 창상 수술이 끝난 랫트 9마리는 가로, 세로, 높이가 3.5, 0.7, 0.4 cm인 외부 자장 고정 장치(1600 가우스)를 골 천공 창상 부위 위쪽의 봉합된 피부 위와 반대쪽 부위 두 군데에 부착하였다. 그리고 나머지 다른 9마리는 같은 방법과 부위에 자장이 없는 같은 재질의 외부 고정 장치를 부착하여 대조군으로 실험하였다. 물과 사료는 자유로이 섭취할 수 있도록 하였으며 처리군과 대조군은 같은 환경으로 관리하였다.

4. 방사선 촬영 및 골 샘플 채취

수술 및 설치가 끝난 2주 후에는 각 군의 9마리 랫트 모두를 방사선 촬영하였으며, 4주 후에도 역시 각 군의 9마리 모두를 방사선 촬영하고, 무작위로 각 군에서 3마리를 선정하여 CO₂ 가스로 안락사 시켜 골 천공 창상이 수행되었던 tibia를 채취하였다. 6주 후에는 각 군의 6마리를 방사선 촬영하고, 무작위로 각 군에서 3마리를 선정하여 같은 방법으로 tibia를 채취하였다. 8주 후에는 각 군의 남아 있는 3마리를 모두 방사선 촬영하고, 같은 방법으로 tibia를 채취하였다.

5. 골 창상 부위의 조직 절편 제조 방법

채취된 tibia는 10% buffer formalin(37-40% formalin 100 ml, sodium phosphate monobasic 4.0 g, sodium phosphate dibasic 6.5 g, 증류수 900 ml)에 고정시켰다. 주위의 근육 조직을 완전히 제거하고, decalcification

용액(formic acid 50 ml, 37-40% formalin 50 ml, 증류수 900 ml)에 2일 정도 담겨 두어 1차 decalcification을 실시하였고, 다시 trimming하여 cassette에 넣고 2차 decalcification을 1일 정도 실시하였다. 그런 다음 6시간 동안 흐르는 물에 수세하였으며, sodium lactate를 사용해 증화하였다. 다시 흐르는 물에 6시간 수세하였으며, tissue processor에 넣고 다음과 같은 탈수, 투명 과정을 수행하였다. 온도를 30°C로 고정시키고, 70%부터 100%까지 5%씩 농도를 증가시킨 에탄올에 45분 동안 담겨 두고, 100% 에탄올에서 약 2시간 정도 담겨 둔 후, 온도를 40°C로 고정시킨 xylene에 90분 담겨 두었다. 그런 다음 파라핀 포매를 실시하였고, 3 µm로 section하여 slide에 조직 절편을 부착하였다. Hematoxylin & eosin 염색 후 mounting하여 현미경으로 조직을 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 방사선학적 소견

수술 2주 후부터 대조군에 비해 처리군에서 천공 부위가 radiopaque한 신생골이 더 많이 형성되고 있는 것이 관찰되었다(Fig. 1). 수술 4주 후에도 처리군의 천공 부위에 신생골이 대조군에 비해 더 많이 관찰되었으며, 일부 개체의 경우 천공 부위가 거의 신생골에 덮여 있는 것이 관찰되었다. 대조군에서도 처리군에 비해서는 덜하지만 천공 부위에 신생골이 형성되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 2). 수술 6주 후에는 처리군에서는 천공 부위가 신생골에 의해 거의 대부분 덮여 있는 것이 관찰되었으며, 역시 대조군에서도 처리군에 비해서는 덜하지만 천공 부위에 신생골이 2주 전과 비교하여 볼 때 더 많이 형성된 것이 관찰되었다(Fig. 3). 수술

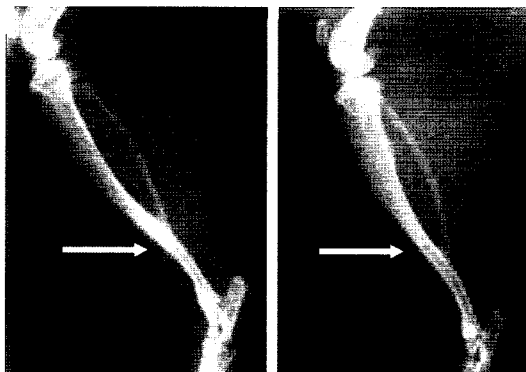


Fig. 1. The tibia radiographs of the treated rat (left) and the control rat (right) after 2 week undertaken the tibia trauma surgery.

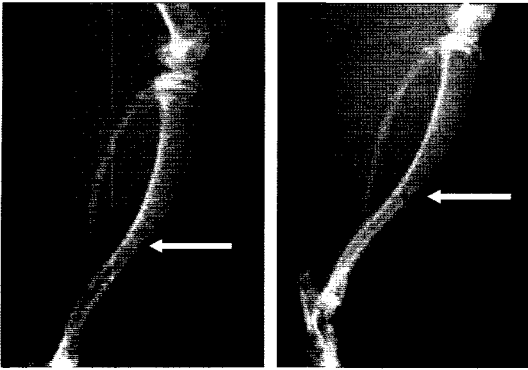


Fig. 2. The tibia radiographs of the treated rat (left) and the control rat (right) after 4 week undertaken the tibia trauma surgery.

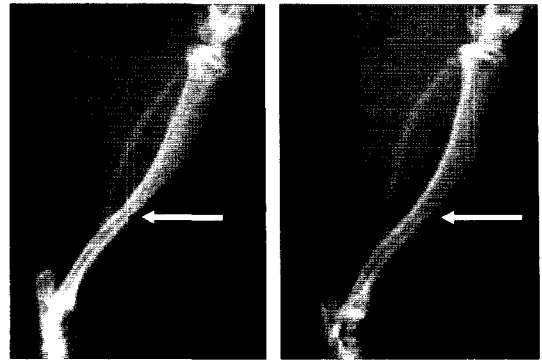


Fig. 4. The tibia radiographs of the treated rat (left) and the control rat (right) after 8 week undertaken the tibia trauma surgery.

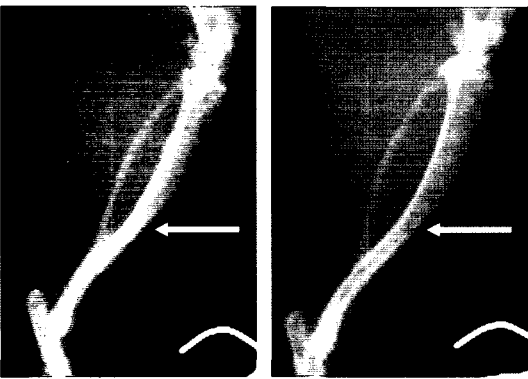


Fig. 3. The tibia radiographs of the treated rat (left) and the control rat (right) after 6 week undertaken the tibia trauma surgery.

8주 후에는 처리군의 모든 개체에서 천공 부위가 신생골에 의해 radiopaque하게 나타났으며, 대조군에서는

radiopaque하게 나타나는 신생골 부위가 처리군에 비해서는 덜하지만 천공 부위 주변으로 새로운 신생골이 형성되어 있는 것이 관찰되었다(Fig. 4).

2. 조직학적 소견

4주 후 조직학적 소견: 처리군과 대조군 모두에서 천공 유발 부위의 흔적이 관찰되었으며, 유발된 천공의 구멍이 완전하게 닫혀지지 않은 형태로 관찰되었다. 그러나 대조군에 비하여 처리군에서 temporary bone와 remodeling의 형성 정도가 더 촉진되어 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 5).

6주 후 조직학적 소견: 4주째에 존재하던 골수강 내의 기골들은 remodeling 과정에서 재흡수되어 관찰되지 않았다. 4주째와 비교하여, 연골은 더욱 골화 및 mineralization이 진행되어 eosinophilic한 부위가 좀 더 증가된 것이 관찰되었다. 그러나 처리군에서 대조군보다 temporary bone와 remodeling의 형성 정도가 더

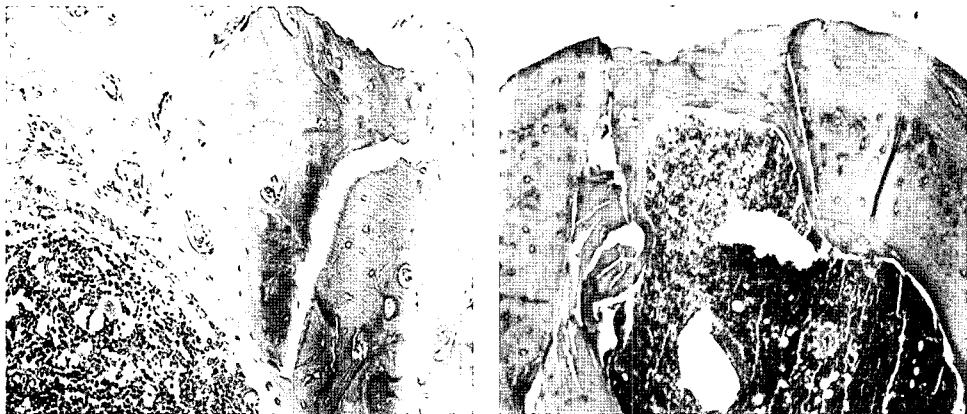


Fig. 5. The tibia histological findings of the treated rat (left) and the control rat (right) after 4 week undertaken the tibia trauma surgery.



Fig. 6. The tibia histological findings of the treated rat (left) and the control rat (right) after 6 week undertaken the tibia trauma surgery.

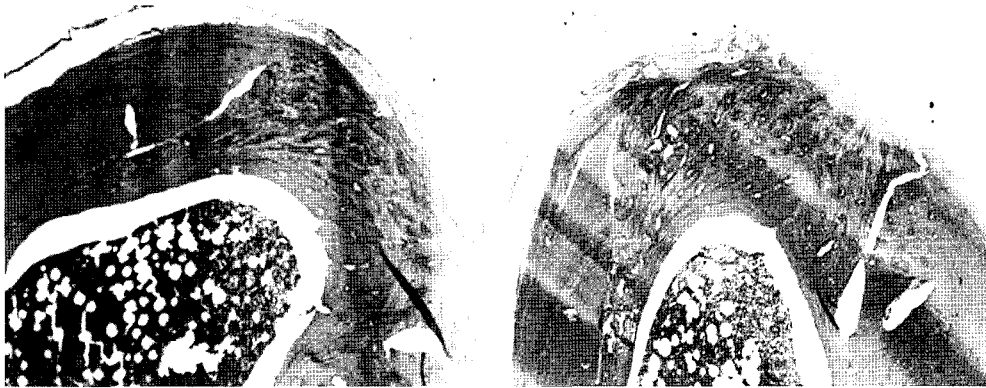


Fig. 7. The tibia histological findings of the treated rat (left) and the control rat (right) after 8 week undertaken the tibia trauma surgery.

촉진되어 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 6).

8주 후 조직학적 소견: 천공 부위는 주변의 골 조직들과 같은 두께로 회복되었으며, 골화가 지속적으로 진행되어 주변 조직과 비슷하게 eosinophilic하게 관찰되었다. 대조군과 처리군 신생된 골 조직 바깥쪽으로 fibrocartilaginous callus가 잔존하여 지속적으로 remodeling 과정이 진행되고 있는 것으로 판단되었다(Fig. 7).

임상학적으로 창상 치유에 관한 기초적 실험들은 오래 전부터 꾸준히 보고되어 왔으며, 이와 같은 연구들을 밑바탕으로 골절의 치유를 촉진시키기 위해 여러 가지 약물들과 방법들을 사용하여 외과적 응용 연구들에 적용되고 있다.¹³⁻¹⁷⁾

오래 전부터 동양 의학에서는 자석의 자장을 이용하여 정신을 안정시키고, 외상 출혈의 지혈 작용 등에 활용되며, 고혈압과 신장 기능을 촉진시키는데 활용 가능하다고 보고되고 있다.^{4,5,18,19)} 또한 서양 의학에서도 자석의 활용도는 다양하여, Dormer 등²⁰⁾은 티타늄 자석

을 이용하여 청각의 temporal bone의 기능을 촉진시키는 이식형 장치를 개발하였으며, Walmsley 등²¹⁾은 자석을 치과 분야에 성공적으로 적용하여 좋은 임상 결과를 보고한 사례도 있다. 또한 최근에 Panko 등²²⁾은 bone marrow의 allotransplantation에 자석을 drug delivery system과 접목시켜 adriamycin dosage form을 제조하여 약물의 방출을 제어하여 이식에 따른 반응을 억제시키는데 효과적이라고 발표하였다. 드물지만 자석 치료가 외과 임상 치료 분야에 직접 적용된 사례도 있었는데, Szor 등²³⁾은 51세 여성에게서 1년 가량 진행된 만성 복강 창상에 magnet therapy를 적용하였다. 창상 치유의 고전적 방법대로 치료를 수행하였지만, 호전되지 않았지만, magnetic therapy를 사용하였으며, 적용된 지 한 달 만에 완전하게 치유되었다고 보고하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 이제까지 시도되었던 많은 골절 치유의 외과적 적용 연구들과 자석의 자장을 적용하여 골 창상 치유를 촉진할 수 있는지를 조사하였으며, 본 연구에서는 자석의 자장 적용이 골의

신생 및 치유 과정을 촉진시키는 결과를 발견하였다. 그러나 본 연구에서는 의료용으로 보편적으로 사용하는 1600가우스의 자석만을 이용하여 실험하였으므로, 앞으로의 진행될 연구에서는 보다 폭넓은 범위의 자석 자장에 대해 연구할 필요성이 대두되며, 자석의 골절 치유에 대한 임상 적용 필요성을 제기해 본다.

IV. 결 론

본 연구는 총 8주간에 걸쳐 10주령의 Sprague Dawley 랫트를 이용하여 의료용으로 개발된 자석(1600가우스)을 이용하여, 임상 분야에 적용하기 위해 골절 및 골 창상 치유 촉진에 적용하여 실시하였다. 실험 결과는 다음과 같다. 골의 방사선학적 소견과 조직학적 소견을 종합해 본 결과 자장을 처리한 군이 처리하지 않은 대조군에 비해 골 창상 치유 과정 동안 calcification과 가골 형성을 촉진하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 김재원 : 자석 치료, 한국의 침구 100, 한국의 침구사, 87-92, 1996.
- 김남섭 : 자석 치료법과 각종 치료 처방, 한국의 침구 15, 한국의 침구사, 24-33, 1989.
- 金永勳, 申佶求, 金在誠, 裴元植 : 國譯 增補 東醫寶鑑, 南山堂, 283, 1966.
- 申佶求 : 申氏本草學 各論, 壽文社, 147-148, 1973.
- 지형준, 이상인 : 대한약전의 한약(생약) 규격집 주해서, 한국메디칼인텍스사, 309, 1988.
- 김준환, 이기남, 박재숙, 서명호 : 족부 염좌에 대한 자석 치료의 임상 예. 대한기공의학회지, 4(2), 53-62, 2000.
- 장충현 : 자석을 이용한 컷볼 비후성 반흔의 치료. 대한성형외과학회지, 30(4), 520-522, 2003.
- 탁상현, 김현, 김록호 : 국내 거주환경에서의 전자기장 노출평가를 위한 Wire code의 타당성에 관한 연구. 한국환경위생학회지, 26(3), 55-60, 2000.
- 김윤신, 현연주, 최성호, 노영만, 홍승철 : 고압 송전선로 주변에 위치한 초등학교 학생들의 극저주파 자기장 노출량 예측 모델에 관한 연구. 한국환경보건학회지, 32(5), 506-514, 2006.
- 조용성, 김윤신, 이종태, 홍승철, 장성기 : 송전선로 주변과 비주변 초등학교를 대상으로 극저주파 자기장 노출과 노증 멜라토닌 분비량간의 상관성 연구. 한국환경보건학회지, 30(3), 191-206, 2004.
- 이은지 : 자석 치료를 이용한 R.A.환자17예에 대한 임상적 고찰. 대전대학교 부속 한방 병원 惠和醫學, 6(1), 15-31, 1997.
- 김희수, 권혁근, 김미연, 박영민, 김형욱, 안성열 : 외과적 절제와 자석 압박을 이용한 컷볼 켈로이드의 치료. 대한피부과학회지, 42(2s), 106-107, 2004.
- Cartmell, S. H., Dobson, J. and Verschuere, S. B. : Development of magnetic particle techniques for long-term culture of bone cells with intermittent mechanical activation. *Trans Nanobioscience*, Jun., 1(2), 92-97, 2002.
- Kirker-Head, C. A. : Recombinant bone morphogenetic proteins: Novel substances for enhancing bone healing. *Veterinary Surgery*, 24, 408-419, 1995.
- Orgill, D. and Demling, R. H. : Current concepts and approaches to wound healing. *Critical Care Medicine*, 16(9), 899-908, 1988.
- Pasaoglu, A., Selcuklu, A., Kandemir, B. and Pasaoglu, H. : Experimental study on osteoplastic cranioplasty using fresh autogenous bone: Comparison of methods and investigation of the effect of L-dopa upon bone healing. *Annals of Plastic Surgery*, s(5), 418-422, 1988.
- Pritchett, J. W. : L-dopa in the treatment of non-united fractures. *Clinical Orthopedic and Related Research*, 55, 293-300, 1990.
- 李尙仁, 安德均, 辛民教 : 漢藥臨床應用, 成輔社, 458-459, 1982.
- 中華人民共和國厚生部藥典委員會 : 中華人民共和國藥典, 人民厚生出版社, 325, 1985.
- Dormer, K. J., Richard, G., McGee, M., Hough, J. V. and Shew, R. L. : An implantable hearing device: osseointegration of a titanium-magnet temporal bone stimulator. *American Journal of Otolaryngology*, 7(6), 399-408, 1986.
- Walmsley, A. D., Brady, C. L., Smith, P. L. and Frame, J. W. : Magnet retained overdentures using the Astra dental implant system. *British Dental Journal*, 174(11), 399-404, 1993.
- Panko, S. V., Antipov IuG., Semenido IuN., Sosnovskaia O. Iu., Golovanova, T. A. and Sanin, A. V. : Suppression of graft versus host reaction by depositing a magnet-controlled adriamycin dosage form in bone marrow allotransplantation in animal experiments. *Vestn Ross Akad Med Nauk*, 3, 10-15, 2000.
- Szor, J. K. and Topp, R. : Use of magnet therapy to heal an abdominal wound: A case study. *Ostomy Wound Manage*, 44(5), 24-29, 1998.