

Kırıklarda kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğu tedavisinde darbeli elektromagnetik alan uygulaması ve sonuçları

Eray Baltacı⁽¹⁾, Sinan Seber⁽²⁾, Erol Göktürk⁽³⁾, Oral Erdoğan⁽⁴⁾

Çalışmada 1986-1990 yılları arasında 18 kaynamamış kırık darbeli elektromagnetik alan uygulaması ile tedavi edildi. Kırık oluşumu ile darbeli elektromagnetik alan kullanımı arasında geçen ortalama süre 11.2 aydı. 17 olguda (%94.4) ortalama 5.7 ayda kaynama elde edildi. Geçirilmiş enfeksiyon ya da aktif enfeksiyon varlığı, hastanın yaşı, ilk yaralanmadan sonra geçen süre sonuçları etkilemedi.

Anahtar kelimeler: Kırıklarda kaynama yokluğu, darbeli elektromagnetik alan

Pulse electromagnetic fields in the treatment of ununited fractures and results

18 ununited fractures were treated by electrical stimulation using pulsing electromagnetic fields between 1986-1990. An average of 11.2 months had elapsed since fracture and the use of pulsing electromagnetic fields. Union was achieved in 17 cases (94.4 per cent) in a median time of 5.7 months. Previous or active sepsis, the age of the patient or the time since the injury did not affect the results.

Key words: Nonunion of fractures, pulse electromagnetic fields

Günümüzde artan trafik ve hızla gelişen teknolojiye koşut olarak trafik ve iş kazaları artmaktadır. Yüksek enerjili travmalar sonucunda ciddi yaralanmalar oluşmakta ve komplikasyon oranları yükselmektedir.

Kaynama yokluğu, tedavisi en uzun süren kırık komplikasyonlarından biridir. Olguyu aylarca yatağa bağlayarak günlük yaşama dönmelerini engellenmesinin yanısıra bazen amputasyonla sonuçlanan ciddi sakatlıklara neden olabilir. Ayrıca tedavisinin zorluğu ve uzun sürmesi sosyal ve ekonomik zararlara yol açmaktadır.

1950'li yıllarda kemiğin deformasyon altında elektiriksel kutuplaşma gösterdiği kanıtlandıktan sonra elektrik potansiyellerinin kemik hücreleri üzerine etkileri araştırıldı. 1964 yılında mekanik değişiklikler olmaksızın zayıf elektrik akımlarıyla kemikleşmenin uyarılabileceği gösterildi. Bundan sonra kaynama yokluğunun tedavisinde rijit internal tesbit ve kemik greftlemesine ek olarak elektroterapi de yoğun bir şekilde kullanılmaya başlandı (1).

Gereç ve yöntem

Çalışmada Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde Mart/1986-Ekim/1990 yılları arasında 5 kaynama gecikmesi, 13 kaynama yokluğu olgusuna darbeli elektromagnetik alan tedavisi uygulandı. Kaynama yokluğu olgularından 2'sinin tibiasında doğuştan kaynama yokluğu vardı.

Prospektif olarak yapılan bu çalışmada, kırığın yeri ve özelliğine göre yeterli süre geçmesine karşın

linik ve radyolojik olarak yeterli iyileşme bulguları göstermeyen olgular kaynama gecikmesi, hiç iyileşme bulguları göstermeyen olgular ise kaynama yokluğu olarak kabul edildi (2, 3).

Enfekte olmayan kaynama yokluğu olgularında kırık, plak ya da intramedüller çivi ile tesbit edildi. Kırık bölgesine iliak kemikten alınan kemik greftleri yerleştirildi. Enfekte kaynama yokluğu olgularında, daha önce internal tesbit aracı uygulananların tesbit araçları çıkarıldı. Kırık eksternal fiksator ile tesbit edildi.

Tibia da doğuştan kaynama yokluğu olan olguların kırık uçları arasındaki yumuşak dokular çıkarıldı. Yumuşak doku ve kırık uçlarından histopatolojik inceleme için doku örnekleri alındı. Kırık, plak ve karşı tibia'dan alınan kortikal greft ile tesbit edildi. Kırık aralığı spongios greft ile dolduruldu.

Olgulara ya da yakınlarına darbeli elektromagnetik alan uygulaması konusunda bilgi verildi. Bu görüşmeden sonra tedaviyi kabul eden ve iyi ilişki kuracağına inanılan olgular tedavi programına alındı.

Darbeli elektromagnetik alan uygulamasına, kaynama yokluğu olgularına ameliyat sonrası ilk haftada, kaynama gecikmesi olgularına ise tanı konduktan sonra başlandı.

Tedaviye başlamadan önce her olgu için Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı'nda uygun bobin hazırlandı ve cihaz kontrol edildi. Bobinler kırık hattına birbirine paralel olacak şekilde yerleştirildi. Bobinlerin pozisyonu radyografiler ile kontrol edildi.

Darbeli elektromagnetik alan tedavisi günde 10

(1) Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Yard. Doç. Dr.

(2) Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Prof. Dr.

(3) Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Doç. Dr.

(4) Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Araştırma Görevlisi

saat ve geceleri uygulandı. Tedaviye her gün aynı saatte başlanması ve kesintisiz 10 saat sürmesi gerektiği, zorunlu durumlarda uygulamaya başlama zamanının en fazla bir saat öne ya da sonraya alınması, uygulamanın bir saatlik süre dolmadan kesilmesi ve ara verilecek ise bunun 10 dakikadan fazla olmaması konusunda olgular ya da yakınları uyarıldı. Darbeli elektromagnetik alan tedavisine başlandıktan sonra ayda bir radyografik kontrolü yapıldı. Alt ekstremitelerinde kırığı olan olguların tedavi süresince kırıklı ekstremitelerine yük verilmedi. Grafilerinde yeterli kallus görülen olguların darbeli elektromagnetik alan tedavisi sonlandırıldı. İyileşme bulguları göstermeyen olgularda ise uygulama süresi 6 ayı geçmeyecek şekilde darbeli elektromagnetik alan tedavisine devam edildi.

Bulgular

Çalışma kapsamına giren 18 olgudan 16'sı (%88.8) erkek, 2'si (%12.2) kadın idi. En küçük olgu 3 yaşında, en büyük olgu ise 54 yaşındaydı. Yaş ortalaması 30.8 olarak bulundu.

Kaynama gecikmesi ya da kaynama yokluğu 8 olguda tibia'da, 4 olguda femur'da, 4 olguda humerus'ta, 1 olguda radius'da, 1 olguda ise ulna'da idi. Olguların 6'sında aktif enfeksiyon, 2'sinde ara ara drenaj enfeksiyon öyküsü vardı. Travma sonucu yaralanan 16 olgudan 9'unun kırığı açıktı. Kaynama gecikmesi tanısı konulan olguların 3'ünde kırıklar tibia'da, 1'inde radius'ta, 1'inde ise ulna'da idi. Tibia kırıklı olguların 2'sinde açık redüksiyon ve plak ile internal tesbit yapıldı. Segmenter ve parçalı tibia kırığı olan bir olguya eksternal fiksator, radius ve ulna kırıklı olgulara ise açık redüksiyon ve plak ile internal tesbit uygulandı. Kırığın özelliğine göre yeterli süre geçmesine karşın klinik ve radyolojik olarak yeterli iyileşme bulguları saptanamadığından olgularda darbeli elektromagnetik alan tedavisine başlandı. Kaynama yokluğu saptanan 13 olgunun 5'inde kırıklar tibia'da, 4'ünde femur'da, 4 olguda humerus'ta idi. Bu olgulardan 2'sinde tibia'da doğuştan kaynama yokluğu vardı. Travmatik kaynama yokluğu olgularından 1'i daha önce 4 kez, 5'i 2 kez, 5'i ise 1 kez ameliyat olmuştu. Ortalama ameliyat sayısı 1.7 idi. Humerus'ta kaynama yokluğu ile daha önce 4 kez ameliyat edilen olgu darbeli elektromagnetik alan uygulaması için hastanemize başvurdu. Kaynama yokluğu olgularının 8'inde (%61.5) atrofik, 5'inde (%39.5) hipertrofik tipte kaynama yokluğu saptandı. Kaynama yokluğu olgularında kırık oluşumu ile darbeli elektromagnetik alan tedavisinin başlaması arasında geçen süre en az 6 ay, en çok 4 yıl ortalama 18.2 aydı. Darbeli elektromagnetik alan tedavisi günde 10 saatten en az 1 ay, en çok 6 ay, ortalama 3 ay uygulandı. Olgular en az 6 ay, en çok 40 ay, ortalama 13 ay izlendi. Tibiada doğuştan kaynama yokluğu olan bir olgu dışındaki tüm olguların kırıkları iyileşti. İyileşme süresi en az 3 ay, en çok 8 ay, ortalama 5.7 aydı. Kaynama gecikmesi tanısıyla tedavi gören 5 olgu en erken 3 ay, en geç 6 ay, ortalama 4.4 ayda iyileşti. Hipertrofik kaynama yokluğu olan 5 olgu en erken 5 ay, en geç 6 ay, ortalama 5.6 ayda iyileşti. Atrofik kaynama yokluğu olan 8 olgu en



Resim 1 a: Tibia 1/3 üst uçta kaynama yokluğu saptanan olgunun ön-arka ve yan grafisi



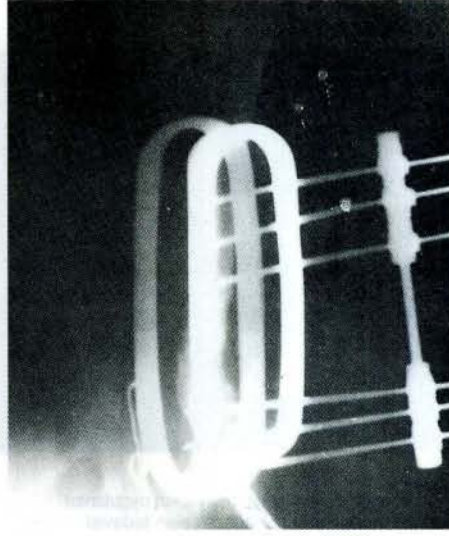
Resim 1 b: Olgunun darbeli elektromagnetik alan tedavisi uygulaması sırasındaki grafisi



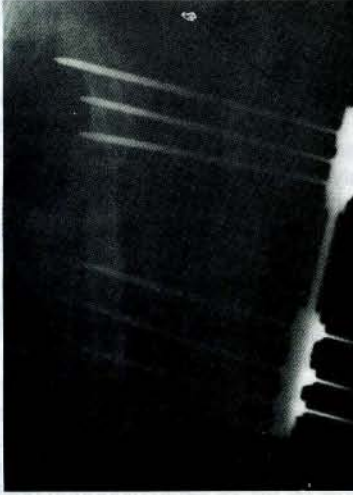
Resim 1 c: 9 aylık izleme sonundaki kontrol grafisi. Olgunun kırığının iyileştiği saptandı



Resim 2 a: Femur subtrokanterik bölgede kırık nedeni ile plak uygulanan enfekte olguda plağın gevşediği ve kırığın iyileşmediği gözleniyor



Resim 2 c: Olgunun darbeli elektromagnetik alan tedavisi sırasındaki grafisi



Resim 2 b: Plağı çıkarılan, küretaj, drenaj ve eksternal fiksator uygulanan olgunun grafisi

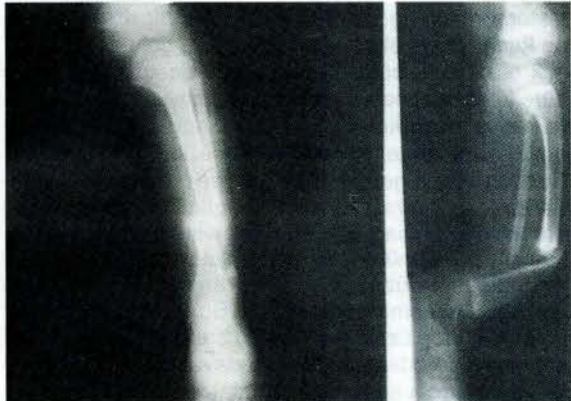


Resim 2 d: Olgunun 7 aylık izleme sonundaki kontrol grafisi. Kırığın iyileştiği saptandı.

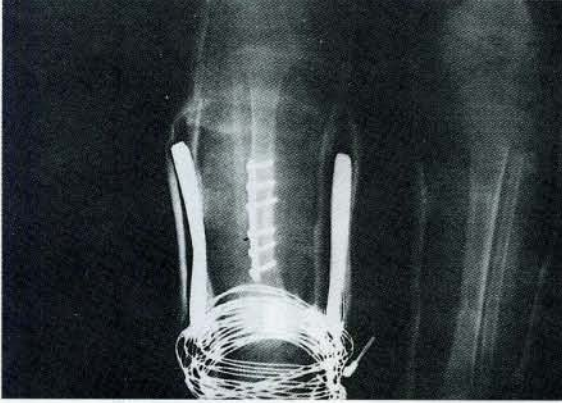
erken 5 ay, en geç 8 ay, ortalama 7 ayda iyileşti (Resim 1 a, b, c).

Enfekte kaynama yokluğu olan 8 olgu en erken 4 ay, en geç 8 ay, ortalama 6.7 ayda iyileşti. Bu olguların darbeli elektromagnetik alan ile tedavisi sırasında ve ileri dönemlerde cerrahi girişim yapılmaksızın enfeksiyonda iyileşme saptandı (Resim 2 a, b, c, d).

Tibia'da doğuştan kaynama yokluğu olgularından birinde 5 aylık darbeli elektromagnetik alan tedavisi sonunda kırığın iyileştiği belirlendi. Ancak plağın alt ucunda, olgunun yüksekte düşmesine bağlı yeniden kırık oluştu. Diğer olguda ise darbeli elektromagnetik alan tedavisinin başlamasından 3.5 ay sonra erken yük vermeye bağlı olarak plakta gevşeme saptandı (Resim 3 a, b, c). Darbeli elektromagnetik alan uygulaması sırasında komplikasyon olarak bir olguda plak



Resim 3 a: Tibia'da doğuştan kaynama yokluğu saptanan olgunun grafisi



Resim 3 b: Plak, spongioz ve kortikal onlay greft uygulanan olgunun darbeli elektromagnetik alan tedavisi sırasındaki grafisi



Resim 3 c: Olgunun 5 aylık darbeli elektromagnetik alan uygulaması sonunda kontrol grafisi. Kırığın iyileştiği, ancak plağın alt ucunda yeniden kırık oluştuğu saptandı.

gevşemesi, bir olguda aynı kemikte başka bir yerde kırık oluştu. Diğer bir olguda ise tedavi bitiminde hafif açılanma deformitesi ile iyileşme saptandı.

Tartışma

Kırık tedavisinde çok çeşitli ve modern yöntemler kullanılmasına karşın kırık kaynamasında gecikme ya da kaynama yokluğu gibi sorunlarla hala karşılaşılmaktadır.

Kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğu, kırık aralığının fibro kartilaj doku ile köprülenmesi aşamasındaki bir duraklama olarak karakterize edilebilir. Kırık iyileşmesi sırasında fibro kartilaj dokunun kalsifikasyonunu sonradan buraya damar gelişti, kırıkta ve yeni lameller kemik oluşumu izler. Kaynama yokluğu olgularında fibro kartilaj doku aylarca, yıllarca kalır ve kalsifikasyon oluşana dek damar gelişimini önler. Böyle durumlarda 15 hertz'lik darbeli elektromagnetik alan kondrositlerin kalsiyum içeriğini arttırdığı gibi fibro kartilajda kalsifikasyonu ve kırığın normal iyileşme fazlarını başlatır (4, 5, 6).

Kemik kaynamasını başlatmada darbeli elektromagnetik alanın etkinliği kırık aralığındaki dokuların histomorfolojik görünümüyle ilişkilidir. Kırık aralığı ne kadar geniş olursa fibröz doku ile dolması o kadar çok olur. Kırık bölgesi üzerine gelen kuvvetler uzun süre kontrol edilemez ise psödosinovium gelişir. Fibro kartilaj doku kalsifiye olması uyarılabilen bir dokudur. Fakat genellikle fibroz doku kalsifiye olamaz. Bundan dolayı gerçek sinoviyal kaynama yokluklarında kırık aralığındaki fibröz dokular temizlenmeden darbeli elektromagnetik alan tedavisine başlanmamalıdır (4, 5). Günümüzde darbeli elektromagnetik alanın hücre düzeyinde etki mekanizması tam olarak açıklığa kavuşmamıştır (7, 8). Bu konuda bilinenler doku kültürleri üzerinde yapılan çalışmalara ve tedavi sonrası elde edilen sonuçlara dayalıdır. Doku kültürleri üzerinde yapılan çalışmalarda darbeli elektromagnetik alan uygulamasının kollajen üretimini ve kemik mineralizasyonunu artırıcı etkisi olduğu gözlenmiştir. Darbeli elektromagnetik alanın hücre büyü-

me hızında özel bir etkisi vardır. Darbeli elektromagnetik alan ile uyarılan hızlı çoğalmayan hücrelerde hidroksiprolin yapımı uyarılır. Düşük DNA içerikleri bu hücrelerin yavaş büyümelerinden sorumlu tutulmuştur. Darbeli elektromagnetik alan ile uyarılan osteoblast, fibroblast ve kondrosit kültürlerinde DNA'da artış gözlenmiştir (9, 10). Yine bu çalışmalar darbeli elektromagnetik alanın cAMP metabolizmasını hızlandırdığını göstermektedir (11). Hücredeki olaylar büyük ölçüde kalsiyum konsantrasyonundaki geçici değişimler ile kontrol edilmektedir. Değişik dalga formlarında darbeli elektromagnetik alanın hücresel kalsiyum düzeyini artırıcı ya da azaltıcı etkileri vardır (4). Kalsiyum iyonu üzerindeki bu etkinliğinin, hücredeki olayların uyarılması ve düzenlenmesinde rol oynadığı görüşünü desteklemektedir (7, 8, 12). Darbeli elektromagnetik alan uygulaması glukuronidaz ve N - asetil glukozaminidaz gibi bağ dokusunun yıkımından sorumlu enzimlerin salınmasını azaltır. Böylece kollajen doku üretimini artırırken, yıkıcı enzim düzeylerini azaltması, bağ dokusu ile iskelet dokusunun yıkımı üzerinde genel bir etkiye sahip olduğunu gösterir (4).

Normal kemik büyümesinde glikozaminoglikan ile lizozim arasındaki ilişkinin bilinmesi önemlidir. Endokondral kemik kalsifiye olduğunda dokuda kondroitin sülfat içeriği azalır. Yeni kemiğin oluştuğu büyüme plağına komşu olan mineralize sahada lizozim aktivitesinin arttığı gözlenir. Lizozimin bizzat kendisi kalsifikasyon olayı ile yakından ilgilidir. Doku kültürlerindeki çalışmalarda darbeli elektromagnetik alanın lizozim aktivitesini arttırdığı saptanmıştır (9).

Yapılan çalışmalar kırıkların iyileşmesinde mineralizasyonun gerçekleştirdiği basamağın çok önemli olduğunu göstermektedir. Bazı kırıklarda iyileşme bu basamakta durmaktadır. Darbeli elektromagnetik alan uygulaması, bu basamaktaki olayların gerçekleşmesindeki engelleri ortadan kaldırmada bir tetik görevi üstlenmektedir (6, 8, 10).

Kaynama yokluğu tedavisinde elektriksel uyarı, kemik greftlemesinden daha etkili değildir (11, 13). Ancak cerrahi riskin az olması, darbeli elektromagnetik alanın enfeksiyon varlığında uygulanabilmesi ve

kemik greftinin başarısız olduğu olgularda iyileşme başlatması elektriksel uyarının kemik greftlemesine üstünlüktedir. Bununla birlikte günümüzde kaynama yokluğunun tedavisinde kemik greftlenmesi ile elektriksel uyarının kıyaslandığı kontrollü bir çalışma yoktur. Benzer şekilde kemik greftlemesi ve elektriksel uyarının birlikte kullanımı ile tek başına kemik greftlemesi ya da elektriksel uyarının kıyaslandığı kontrollü bir çalışma da yapılmıştır (11).

De Haas ve ark.'ına (14), iyileşme sürecinin normal seyrettiği durumlarda elektriksel uyarının iyileşmeyi artırıp artırmadığını araştırdılar. Elektromagnetik alanın iyileşmenin başlamasını hızlandırabildiğini fakat iyileşme için gerekli süreyi belirgin olarak kısaltmadığını bildirdiler. Miller ve ark. (15), yaptıkları deneysel çalışmalarında darbeli elektromagnetik alanın kırık iyileşmesinde etkisinin olmadığını saptadılar ve klinik uygulamada ümit verici bir yöntem olarak görmediklerini bildirdiler.

Kaynama yokluğu olgularında kırık oluşumu ile darbeli elektromagnetik alan tedavisine başlanması arasındaki süre ortalama 18.2 aydır. Kırık oluşumu ile darbeli elektromagnetik alan tedavisi arasındaki sürenin tedavi sonuçlarını etkileyip etkilemediği tartışma konusudur. Sharrard ve ark. (16), darbeli elektromagnetik alan tedavisine başlamadan önce geçen sürenin tedavi sonuçlarını etkilemediğini bildirdiler. Heckman ve arkadaşları (17) ise bu sürenin 2 yıldan fazla olduğu olgularda daha başarısız sonuç aldıklarını rapor ettiler.

Enfeksiyonu olan olgu sayısı 8 idi. Enfekte olan tüm olguların (%100) kırıkları iyileşti. Basset ve ark. (18), darbeli elektromagnetik alan uyguladıkları 19 enfekte olgudan 15'inin (%78.9), Şarlık ve ark. (19), 12 enfekte olgudan 8'inin (%66.6), De Haas ve ark.(20), 17 enfekte olgudan 13'ünün (%82.3) iyileştirdiğini bildirdiler. Enfekte kaynama yokluğunun darbeli elektromagnetik alan ile tedavisinde sekestr olan olgular hariç, aktif drenajda azalma ve ileri dönemlerde enfeksiyonda cerrahi girişim yapılmaksızın iyileşme olmaktadır (4). Darbeli elektromagnetik alanın bu etkisinin temel mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Kaynama yokluğu bölgesinde kanlanmayı artırıp lökosit, properdin ve interferon hareketine geçirerek böyle bir etki gösterdiği sanılmaktadır (4, 5).

Darbeli elektromagnetik alan tedavisi başlayana kadar kaynama yokluğu olgularına en az 1, en çok 4 ortalama 1.7 kez cerrahi tedavi uygulandı. Basset ve ark.(21), ortalama cerrahi girişim sayısını 2.4, Hinsenkamp (22) ise 2 olarak bildirdiler. Daha önce geçirilen ameliyat sayısı darbeli elektromagnetik alanın başarısını olumsuz yönde etkilememektedir (4, 5, 20).

Tedavisi oldukça zor olan tibia'da doğuştan kaynama yokluğu 1930'lu yıllara kadar sadece amputasyonla tedavi edilmekte idi (23). Ancak günümüzde doğuştan tibia kaynama yokluğunun tedavisinde basit alçı uygulamasından amputasyona kadar değişen birçok yöntemin olduğu görülmektedir. Tedavide ana ilkeler ise tibia'nın internal tesbiti ve greftlenmesi yönünde odaklanmaktadır. Bu yöntemle Camurati (%30), Sofielt (%53.2), Lindemann (%59.5), Ander-

son (%69.9) başarılı sonuç elde ettiklerini bildirdiler (20). Son 15 yıldır doğuştan kaynama yokluğunun tedavisinde elektriksel uyarı uygulama alanına girmiş ve mevcut yöntemlerle birlikte kullanılması sonucunda başarı oranı belirgin olarak artmıştır. Paterson ve ark. (24), internal tesbit ve kemik greftlemesi uyguladıkları 27 doğuştan tibia kaynama yokluğu olgusunda darbeli elektromagnetik alan kullanarak %74 başarı elde ettiklerini bildirdiler.

Tibia'da doğuştan kaynama yokluğu olan 2 olguya plak ve internal tesbit ve greftleme uygulandıktan sonra ameliyatı izleyen haftada darbeli elektromagnetik alan uygulandı. Olgulardan birinde 5 aylık darbeli elektromagnetik alan tedavisi sonunda kaynama elde edildi. Ancak bu olguda yüksekten düşme sonucu plağın altında yeniden kırık oluştu. Diğer olguda ise darbeli elektromagnetik alan uygulaması sırasında yük vermeye bağlı olarak plakta gevşeme oldu.

Darbeli elektromagnetik alan uygulaması sırasında özellikle alt ekstremitte kırıklarında kesinlikle yük verilmemesi yazarların ortak görüşüdür. Tibia'da doğuştan kaynama yokluğu olan olgularda travmatik kaynama yokluğu olgularına oranla darbeli elektromagnetik alan tedavisinden daha az başarılı sonuç alınması tedavi süresince çocukların immobilizasyonundaki güçlükten kaynaklanabilir (23). Ayrıca doğuştan kaynama yokluğu olgularının kırık aralığında travmatik kaynama yokluğu olgularına göre daha çok fibröz, daha az fibro kartilaj doku olması başarı oranını düşüren bir diğer nedendir (25). Ortopedik cerrahinin önemli sorunlarından olan kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğunun tedavisinde son 15 yıldır kullanım alanına giren darbeli elektromagnetik alan uygulaması ile ilgili deneyimlerimiz dış kaynaklı literatüre göre henüz yetersizdir. Bu yöntemin uygulanmasında elde ettiğimiz sonuçlar oldukça ümit vericidir.

Kaynaklar

1. Watson-Jones, R.: Repair of Fractures. In: Wilson, J. N. (ed): Fractures and Joint Injuries. Churchill Livingstone, Edinburgh, New York, Vol. 1, 11-50, 1976.
2. Brand, R. A.: Fracture Healing. In: Everts, C. M. (ed): Surgery of the Musculoskeletal System. Churchill Livingstone, New York, London, Vol. 1, 1-65, 1983.
3. Korkusuz, Z.: Kırık kaynama kusurları. Ege, R. Travma, Genel-Özel sistemlerden, Emel Mat., Ankara, 286-294, 1981.
4. Basset, C. A. L.: The Electrical Management of Ununited Fractures. In: Gossling, H. R. (ed): Complications of Fracture Management. J. B. Lippincott Company, Philadelphia: 9-40, 1983.
5. Basset, C. A. L.: The Development and Application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for Nonunited Fractures and Arthrodeses. Orthop Clin North Am., 15, 1: 61-87, 1984.
6. Basset, C. A. L., Valdes, M. G., Hernandez, E.: Modification of Fracture Repair with Selected Pulsing Electromagnetic Fields. J. Bone Joint Surg., 64 A: 888-895, 1982.
7. Seber, S., Esen, H., Özakçe, H., et al.: Kırık iyileşmesinde elektromagnetik alan uygulaması. Anadolu Tıp Dergisi, Cilt: IX, Sayı: 1, 345-355, 1987.
8. Jackson, S. F.: Biophysical Studies of Pulsed Magnetic Field Interaction with Biological Systems: Part I-Biophysical Interactions. In: Chiabrera, A., Nicolini, C., Schwan, H. P. (eds): Interactions Between Electromagnetic Fields and Cells. Plenum, New York, 537-546, 1985.
9. Norton, L. A.: Effects of a Pulsed Electromagnetic Field on a Mixed Chondroblastic Tissue Culture. Clin. Orthop., 167: 280-290, 1982.

10. Aykurt, M., Terzioğlu, Y., Ökten, M.: Darbeli magnetik alan etkisiyle kırık kemikler üzerine indüktif nitelikte elektrotimulasyon uygulanarak osteogenezin hızlanması ile ilgili deneysel bir çalışma. VIII. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongre Kitabı, Emel Mat., Ankara, 281-283, 1983.

11. Haupt, H. A.: Electrical Stimulation of Osteogenesis. Southern Med. J. 77: 56, 1984.

12. Esen, H., Seber, S.: Kırık iyileşmesinde elektriksel tedavinin yeri ve kinetik olaylar. Anadolu Tıp Dergisi, Cilt: X, Sayı: I, 339-350, 1988.

13. Heppenstall, R. B.: The Present Role of Bone Graft Surgery in Treating Nonunion. Orthop. Clin. North Am., 15, 1: 113-123, 1984.

14. De Haas, W. G., Lazarovici, M. A., Morrison, D. M.: The Effect of Low Frequency Magnetic Fields on the Healing of the Osteotomized Rabbit Radius. Clin. Orthop. 145: 245-251, 1979.

15. Miller, G. J., Burchard, H., Enneking, W. F., et al.: Electromagnetic Stimulation of Canine Bone Grafts. J. Bone Joint Surg., 66 A: 693-698, 1984.

16. Sharrard, W. J. W., Sutcliffe, M. L., Robson, M. J., et al.: The Treatment of Fibrous Non-Union of Fractures by Pulsing Electromagnetic Stimulation. J. Bone Joint Surg. 64 B: 189-193, 1982.

17. Heckman, J. D., Ingram, A. J., Loyd, R. D., et al.: Nonunion treatment with Pulsed Electromagnetic Fields. Clin Orthop., 161: 58-66, 1981.

18. Bassett, C. A. L., Mitchel, S. N., Gaston, S. R.: Treatment of Ununited Tibial Diaphyseal Fractures with Pulsing Electromagnetic Fields. J. Bone Joint Surg., 63 A: 511-523, 1981.

19. Şarlak, Ö., Gür, E., Ulus, H.: Kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğunda pulse elektromagnetik alan stimülatörü uygulaması ve aldığımız sonuçlar. IX. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongre Kitabı., Emel Mat. Ankara, 145-150, 1987.

20. De Haas, W. G., Beaupre, A., Cameron, H., et al.: The Canadian Experience with pulsed Magnetic Fields in the Treatment of Ununited Tibial Fractures. Clin. Orthop., 208: 55-58, 1986.

21. Bassett, C. A. L., Mitchell, B. S., Schink, M. M.: Treatment of Therapeutically Resistant Non-Unions with Bone Grafts and Pulsing Electromagnetic Fields. J. Bone Joint Surg., 64 A: 1214-1220, 1982.

22. Hinsenkamp, M. G., Baillon, J. M., Danis, A., et al.: Treatment of Non-Unions by Electromagnetic Stimulation. Acta Orthop. Scand. 196: 63-79, 1982.

23. Sutcliffe, M. L., Goldberg, A. A. J.: The Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia with Pulsing Electromagnetic Fields. Clin Orthop. 166: 45-57, 1982.

24. Patterson, D. C., Simonis, R. B.: Electric Stimulation in the Treatment of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. J Bone Joint Surg. 67 B: 454, 1985.

25. Bassett, C. A. L., Jackson, S. F.: A Critique of Medical Uses of Weak Pulsing Electromagnetic Fields. In: Chiabrera, A., Niccolini, C., Schwan, H. P. (eds): Interaction Between Electromagnetic Fields and Cells. Plenum, New York, 569, 1985.

Yazışma adresi
Yard. Doç. Dr. Eray Baltacı
Anadolu Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı
Sivas, Türkiye