

Statik Manyetik Alanın Oral Sert ve Yumuşak Dokular Üzerine Etkileri

Static Magnetic Field on the Effects of Oral Hard and Soft Tissue: Review

Erkan ÖZCAN,^a
Fidan ALAKUŞ SABUNCUOĞLU^b

^aDiş Servisi Periodontoloji AD,
^bDiş Servisi Ortodonti AD,
Erzurum Mareşal Fevzi Çakmak
Asker Hastanesi, Erzurum

Geliş Tarihi/Received: 30.03.2011
Kabul Tarihi/Accepted: 11.06.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:
Fidan ALAKUŞ SABUNCUOĞLU
Erzurum Mareşal Fevzi Çakmak
Asker Hastanesi,
Diş Servisi Ortodonti AD, Erzurum,
TÜRKİYE/TURKEY
fidansabuncuoglu@yahoo.com.tr

ÖZET Statik manyetik alan (SMA) tedavisi; kolay uygulanması, invaziv işlem gerektirmemesi ve ucuz olması nedeni ile tıpta birçok alanda araştırmalara konu olmaktadır. SMA'nın yumuşak ve sert dokularda vaskülarizasyonu artırması, kollajen üretiminde artışa neden olması, osteojenik hücrelerin farklılaşması ve proliferasyonu gibi birçok olumlu biyolojik etkileri olduğu bilinmektedir. Bu olumlu etkileri nedeni ile tıpta yaraların ve kemik kırıklarının hızlı iyileşmesinden ağrı ve inflamasyonun azaltılmasına kadar birçok alanda etkileri araştırılmıştır. Oral bölgede sınırlı kullanıldıkları için az sayıda çalışma mevcuttur. Fakat sırasıyla "rare earth magnet", "samarium-cobalt (SmCo)" ve "neodymium (NdFeB)"ların gelişen özellikleri ile beraber klinik uygulamada avantaj getirmiştir. Sonuçta protetik ve ortodontik alanda geleneksel tedavilere alternatif sunmalarına karşın, klinisyenlerin bu yeni uygulamalarla ilgili endişeleri vardır. İnsan çalışmaları yetersiz sayıda olmasına rağmen, çeşitli hayvan ve kültür çalışmaları yapılmıştır. Bu nedenle bu çalışmada amacımız, manyetik alanın sert ve yumuşak dokulara etkilerini irdelemek, özellikle çene cerrahisi, ortodonti ve periodontoloji alanında SMA'nın tedavilerde kullanılabilirliğini yayımlanan literatürler eşliğinde tartışmaktır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik alan tedavisi; elektromanyetik alanlar; ağız sağlığı; diş eti

ABSTRACT Static magnetic field (SMA) therapy is studied in many medicine areas due to easy to implement, and inexpensive method that does not require invasive procedure. SMA is known to be a very positive biological effects such as increase vascularization of soft and hard tissues, causing an increase in the production of collagen, osteogenic cells differentiation and proliferation. Due to the positive effects, SMA was investigated in many medicine areas from wound healing and rapid recovery bone fractures to reduce pain and inflammation. As the properties of the magnets limited their use in oral environments, there were few further developments after the initial investigations. However, rare earth magnets, samarium-cobalt (SmCo) and neodymium (NdFeB) respectively, with their improved properties, brought marked advantages to clinical applications. The result was a growing interest in the use of rare earth magnets as an alternative to traditional attachments and force systems in both prosthetic and orthodontic treatment. Clinicians are, however, concerned about certain aspects of this new field of application. Despite being of primary interest, information on the biological effects of magnets in humans is currently somewhat limited. However, a number of biological investigations have been conducted in various animal species and in cell cultures. Therefore, our aim in this review is, the magnetic field to examine the effects of hard and soft tissues, especially in the field of periodontology, orthodontic and oral surgery treatments, to discuss with published literature related to the availability of the magnetic field treatments.

Key Words: Magnetic field therapy; electromagnetic fields; oral health; gingiva

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2015;21(1):50-6

doi: 10.5336/dentalsci.2011-24062

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Manyetik terapi dokular üzerine antiinflamatuvar ve pozitif etkileri nedeni ile klinik pratikte geniş uygulama alanı bulmaktadır.¹ Statik manyetik alan (SMA) ve pulsatif elektromanyetik alan

(PEMA) farklı mekanizmalarla dokulara etki ederler. PEMA’da dokulardaki biyolojik olaylar elektrik akımının etkisiyle oluşan elektriksel alanda oluşurken, SMA belirli seviyenin altında uygulandığında kan akımında ve hemodinamik mekanizmada elektriksel potansiyel etki oluşturmamaktadır.^{2,3} SMA elektrik enerjisine bağlı olmadığından, dokularda ısı artışına ya da elektriğin olumsuz etkilerine neden olmaksızın etki gösterir.² Bu nedenle SMA, artrit, kronik ağrı sendromu, yara iyileşmesi, uykusuzluk (insomnia), baş ağrısı gibi spesifik medikal problemlerin tedavisinde son yıllarda kullanımı artan bir tedavi seçeneği haline gelmiştir.⁴

SMA oluşturan mıknatıslardan medikal tedavide en çok “rare earth magnets” adı verilen “Samarium-kobalt (SmCo)” ve “neodimiyum-iron-boron” adlı mıknatıslar kullanılmaktadır. Bu mıknatısların monopolar, bipolar, kuadripolar şeklinde birçok tipleri vardır. Korozyona karşı dirençli olmadıklarından, ağız içinde kullanılan mıknatıslar stainless çelik, titanyum ya da palladium kaplanmaktadır.⁵

Manyetik alan birim ölçüsü Tesla’dır. Bir militesla (mT) 10 Gauss ile eş değerdir. Manyetik akım yoğunluğu 35 mT’den 200 mT’ye kadar terapötik etki göstermektedir.² Özellikle klinik uygulamalarda manyetik alan 130-190 mT arasında tercih edilmektedir.² Mıknatıslarda manyetik alan akım yoğunluğu taşınabilir, dijital göstergesi bulunan “Gauss-Tesla Metre” ile yapılmaktadır.⁶

Manyetik alanın biyolojik etkileri karakteristik özelliklerine (manyetik alanın yönüne, yoğunluğuna, frekansına, dalga boyunun tipine) bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Değişik frekans ve yoğunluklarda uygulanan manyetik alanın dokularda enzim sistemi stimülasyonuna, hücre “turn over”ında artışa, fibroblastların aktivasyonuna, kollajende artışa, osteoblastların aktivasyonu ile kemik yapımında artışa neden olduğu, aynı zamanda bağışıklık sistemine ve kan sirkülasyonuna olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir.^{1,7,8} Fibroblastların “rare earth” mıknatıslardan en çok etkilenen hücre tipi olduğu bildirilmektedir.⁵

Bu çalışmada amacımız, manyetik alanın kemik üzerine, yumuşak doku üzerine ve oral-pe-

riodontal dokular üzerine etkilerini araştıran çalışmalarını ayrı ayrı başlıklar altında sunmak ve bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktır.

STATİK MANYETİK ALANIN KEMİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Manyetik alanın kemik üzerine etkilerini inceleyen birçok çalışma yapılmış ve genel olarak uygun seviyede uygulanan SMA’nın kemik iyileşmesine olumlu yönde etkisinin olduğu bildirilmiştir. Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalar da, SMA’ların enzim sistemlerini stimüle ettiği, hücre “turn over” ve osteogenezisi arttırdığı bildirilmiştir.⁸ Kemik hücreleri kültür sistemleri üzerinde yapılan çalışmalarda, orta yoğunlukta uygulanan SMA’nın erken dönemde osteoblastik farklılaşmayı indükleyebileceği ve böylece kemik metabolizmasında biyokimyasal faktörlerin identifikasyonunda yardımcı olabileceği gösterilmiştir. Yuge ve ark. çalışmalarında, orta yoğunlukta (30, 50 ve 160 mT) SMA’nın hücreler arası alanda etki ederek kalsiyumun osteoblast sitoplazmasına doğru akış dinamiklerine etki ettiğini bildirmişlerdir.⁹ Huang ve ark., 400 mT SMA’nın “transforming growth factor (TGF)”-β-1, Tip 1 kollajen, osteopontin ve alkalın fosfataz düzenlenmesinde rol oynayarak osteoblastik matürasyonu etkilediğini rapor etmişlerdir.¹⁰

SMA’nın kemikte bu olumlu etkileri, araştırmacıları SMA’nın klinikte uygulanabilirliğini araştırmaya yönlendirmiştir. Xu ve ark. overektomi yaparak osteoporotik hale getirilen ratlarda vertebraya yerleştirilen disk şeklindeki mıknatısların kemiğin mineral dansitesini arttırdığını bildirmişlerdir.² Altay ve ark. titanyum kaplı SmCo mıknatısların köpek mandibulasına implantasyonundan altı ay sonrasına kadar takip ettikleri çalışmalarında, herhangi bir osteoblastik ya da yara iyileşmesine olumsuz etki göstermediğini ve hücre hacminde şekil içeriğinde dikkate değer bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.¹¹ Bruce ve ark. çalışmalarında kemik fraktürleri SMA’ya maruz bırakıldığında histolojik değişim olmadığını, ancak kırık parçaları arasında daha güçlü bir kallus şekillendiğini bildirmişlerdir.¹² Puricelli ve ark. farelerin femurlarında oluşturdukları kemik

defektine komşu iki kenara manyetik alan oluşturarak stainless mıknatıs yerleştirilerek oluşan manyetik alanın etkilerini araştırmışlardır.¹³ Fareler 15., 45. ve 60. günlerde sakrifiye edilerek, histolojik değerlendirmede yine kemik formasyonunun erken safhada başladığı, manyetik alan uygulanan deney grubunda kemik yoğunluğunun daha iyi olduğunun gözlemlendiği rapor edilmiştir.¹⁴ Costantino ve ark., el ve bilek kırıkları olan 41 hastada mıknatısların manyetik alan etkilerinin kırık üzerine etkilerini incelemişlerdir.¹ Döküm flaster içerisine 4 bloktan oluşan “neodimiyum-iron-boron” mıknatısları tek yönde manyetik alan oluşturacak şekilde yerleştirilerek kalkulus oluşumunu incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda, kalkulus formasyonunun %35 daha hızlı olduğunu ve bunun da iyileşme zamanını kısaltarak hızlı fonksiyonel iyileşmeye neden olduğunu bildirmişlerdir.

SMA gibi elektromanyetik alan (EMA)'ın da, osteotomilerden sonra sert dokuların iyileşmesi ve kalitesine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Darendeliler ve ark. yaptıkları çalışmada osteotomi yapılan kemik bölgelerinde kemik formasyonu ve densitesinin SMA ve EMA uygulanan alanlarda kontrol grubuna göre daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir.¹⁵ Luzin ve ark. farelerde tibia üzerinde oluşturdukları defekti hidroksiapatit içeren kemik grefti ile doldurarak volümetrik PEMA uygulayarak (0,04-0,05 tesla) iyileşmeyi histolojik olarak değerlendirmişlerdir.¹⁶ Sonuçta, kemikte bulunan organik matriksin mineralizasyonu kimyasal kompozisyonunda artış olduğunu, rejenerasyona olumlu etkileri olduğunu rapor etmişlerdir. Takano ve ark. farelerde premaksillada damak yarığı şeklinde defekt oluşturarak, demineralize kemik grefti ile birlikte 100 Hz'lik 1,5-1,8 G'lık PEMA uygulandığında iyileşme ve alkalen fosfataz değerlerini yalnızca demineralize kemik grefti uyguladıkları defekt ile karşılaştırmışlardır.¹⁷ PEMA uygulanan defektte kontrol defektine göre alkalen fosfataz artışının iki-üç kat daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir.

STATİK MANYETİK ALANIN YUMUŞAK DOKULAR ÜZERİNE ETKİLERİ

SMA'nın etkilerinin araştırıldığı insan hücreleri kültür çalışmalarında SMA'nın hücrelerin çekirdek

DNA'larına, hücre proliferasyonları ve çeşitli enzimler açısından olumsuz bir etkilerinin olmadığı bildirilmektedir.^{18,19} Bunun yanında SMA, sert dokulara olumlu etkilerini yumuşak dokularda da göstermektedir. SMA'nın endotel hücrelerinin stimülasyonunu ve endotelyumun iyileşmeye olan yanıtını indükleyerek vasküler alanda yeni damar oluşmasına yardımcı olabileceği bildirilmiştir.²⁰ Jing ve ark., diyabetik farelerde manyetik alanın yara iyileşmesi üzerine etkilerini histolojik olarak değerlendirdikleri çalışmalarında, manyetik alanın kollajen depozisyonunda artışa neden olarak yararlı etkileri olduğunu rapor etmişlerdir.²¹ Aynı çalışmada, 180 mT değerinde SMA'nın diyabetik hastalarda klinik iyileşme sürecini hızlandırabileceği bildirilmiştir. Shen ve ark., deney hayvanlarında oluşturdukları yaraya farklı seviyede SMA oluşturarak diskler kullanarak iyileşme sürecinde histolojik değerlendirme yapmışlardır.²² Bu çalışmaya göre, 0,16 T ve 0,32 T manyetik alan oluşturan diskler derinin yaralarda iyileşme sürecini hızlandırabileceği rapor edilmiştir.

Szor ve ark. 51 yaşındaki, karın bölgesinde yara bulunan paraplejik kadın hastayı sundukları vaka raporunda, geleneksel yöntemlerle bir yılda tedavi edilemeyen yaranın bir ay gibi kısa sürede manyetik alan ile tedavi edilebildiğini rapor etmişlerdir.²³ Steven ve ark., farelerde standart kutanöz yara oluşturup fareleri üç gruba ayırarak; bir grupta yarayı 23 Gauss manyetik alan oluşturan yarayı kapatan örtü şeklinde mıknatıs ile bir grupta mıknatıs olmayan örtü şeklinde kapatmış, diğer grupta ise yarayı tamamen sekondere bırakmışlardır.⁷ Çalışmanın sonucunda, sekonder yara iyileşmesinde kullanılan mıknatısların SMA oluşturarak doku iyileşme süresini kısalttığını bildirmişlerdir.

Manyetik alanın doku iyileşmesi üzerine etkilerini araştıran çalışmalar arasında, dokuya olumsuz etkilerinin olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır.¹³ Linder ve ark. fareler üzerinde yaptıkları çalışmada, tibiaya yerleştirilen SmCo'nun komşu kemikte rezorpsiyona neden olduğunu bildirmişlerdir.²⁴ SmCo mıknatıslarının in vitro çalışmalarda dokular için sitotoksik etkileri olduğu bildirilmiştir. “Neodimiyum iron boron” mıknatıslarının ise daha az sitotoksik olduğu rapor

edilmiştir. Bu çalışmalardan, mıknatısların direkt doku içerisinde oldukları zaman olumsuz etkilerinin olduğu anlaşılmaktadır. Bu etkilerin, mıknatısların manyetik alanlarından ziyade korozyona uğramaları ve açığa çıkan korozyon ürünlerine bağlı olabileceği bildirilmektedir.⁵

STATİK MANYETİK ALANIN ORAL VE PERİODONTAL DOKULAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Diş hekimliğinde özellikle başlangıç çalışmalarda, mıknatıslar manyetik alan oluşturarak tedavi etme özelliğinden ziyade yalnızca protetik ve ortodontik tedavilerde geleneksel kuvvet ve ataşman sistemlerine alternatif olarak kullanılmakta idi. Bu amaçla en çok alüminyum-nikel-kobalt veya platinyum-kobalt alaşımlarından yapılan mıknatıslar kullanılıyordu. Bu mıknatıslar ağız içinde hareketli protezlerin fiksasyonunda, maksillofasyal protetik yapılarda ya da tam dişsiz hastalarda molarlar bölgesine cerrahi olarak yerleştirilerek total protezlerin tutuculuğunun artırılması hedeflenmekte idi.²⁵ Daha sonraki yıllarda ise yeni uygulanmaya başlanılan bu mıknatısların dokularda biyolojik etkilerinin ne olacağı konusu gündeme geldi ve araştırmalar bu yönde ilerledi.

Genel olarak çalışmalarda, mıknatısların gerek mekanik temas ile gerekse manyetik alanın etkisi ile jinjival dokulara olumsuz etkilerinin olmadığı bildirilmektedir.²⁶ Cerny ve ark. hayvan çalışması yaparak SmCo 95 mT'ya kadar kullanılan manyetik implantların etrafında doku anomalileri oluşmadığını, pulpaya, periodontal ve jinjival dokulara, bukkal mukoza ve alveolar kemiğe herhangi bir olumsuz etkileri olmadığını bildirmişlerdir.²⁷ Yamauchi ve ark. kültür çalışmalarında, insan jinjival fibroblastların 6-8 ay boyunca 0,2 T manyetik alana maruz kalmasıyla hücre proliferasyon oranı, nükleer DNA içeriğinde laktat üretim oranı ve glukoz tüketim oranlarının kontrol grubu ile aynı seviyede olduğunu bildirmişlerdir.²⁸ Shen ve ark. in vitro çalışmalarında, farklı yoğunlukta manyetik alana neden olan protezlerde kullanılan manyetik tutucuların insan jinjival fibroblastlara zararlı biyolojik etkilerinin olmadığını rapor etmişlerdir.²⁹ Brokovic ve ark. overdenture ile rehabilite edilen

hastalarda protez altı dokularda manyetik alanın periodontal yumuşak dokular üzerine etkilerini ve alveolar kemik dansitesini araştırmışlardır.³⁰ Bu amaçla alt çeneye uygulanan overdenture bulunan çenedeki kalan dişlere 60-80 mT statik elektrik alan oluşturan mıknatıs yerleştirilerek, üste ise klasik parsiyel ile rehabilitasyon yaparak 3, 6 ve 12. aylarda periodontal değerlendirmeler ve kemik dansitometrik araştırmalar yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, SMA'nın jinjival marjin ve birleşim epiteline olumsuz bir etkisinin olmadığını, plak indeksini ve jinjival indeksleri olumlu yönde etkilediğini, alveolar kemikte ise dansite azalması olmamakla birlikte kontrol sahasında kemik yoğunluğunda azalma olduğunu bildirmişlerdir. Diğer yandan protetik olarak kullanılan ataşmanlarda, manyetik ataşmanların etrafında mekanik ataşmanlardan daha fazla plak birikimi olduğu da bildirilmektedir.³¹

Periodontitiste SMA terapisi ile ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte, SMA'nın tedavi öncesi dokularda optimal şartların elde edilmesi, tedaviyi destekleyici olarak, hatta tedavi edici olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir.³²⁻³⁴ Qin ve ark., farelerde manyetik alanın periodontal membranda bone morfogenetik protein-2 (BMP-2) üzerine etkilerini araştırmışlardır.³³ 0,12 tesla'lık bir manyetik alan farelerin dokularının içine konularak 2, 4 ve 7. günlerde immünohistokimyasal olarak değerlendirme yapmışlardır. BMP-2'nin SMA ile tedavi edilen grupta yüksek miktarda olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonucunda da, SMA'nın periodontal membranda bulunan hücrelerden BMP-2'nin sekresyonunu stimüle ederek periodontitiste doku tamirine olumlu etkilerinin olabileceği rapor edilmiştir. Qui ve ark.³³ yine farelerde yaptıkları benzer bir çalışmada, SMA tedavisiyle periodontitiste periodontal membranda BMP-2'nin seviyesinde artış olduğunu, periodontitiste tamir ve iyileşmede SMA'nın önemli bir rol oynayabileceğini bildirmişlerdir.

Ortodonti alanında mıknatıslar gömülü dişlerin sürdürülmesinde, kron kırığı bulunan dişlerin ekstrüzyonunda, dişsel çapaşıklıkların giderilmesinde, hatta iskeletsel anomalilerin tedavisinde bile

kullanılabilmektedir.³⁵⁻³⁹ Ancak ağız içerisinde ortodontik amaçlı kullanılan mıknatısların hem dokulara hem de oral mikroorganizmalara etkileri de araştırılmıştır.⁴⁰ Bondemark ve ark. ortodontik olarak kullanılan parylene kaplı neodimium-iron-boron mıknatısların ağız ortamında kalmasından 9 ay sonra bukkal mukozadaki değişimleri klinik, histolojik ve immünolojik olarak incelemiştir.⁸ Çalışmanın sonucunda, test ve kontrol bölgesinde klinik ve histolojik olarak mukozaya statik manyetik etkinin olumsuz etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Başka bir çalışmada, Bondemark ve Kurol manyetik kuvvetler ile üst 1. ve 2. molar dişlerin distalizasyonunu aynı anda gerçekleştirmiş ve ankraj amacı ile modifiye Nance apareyinden faydalanmışlardır.⁴¹ Araştırmacılar tarafından, manyetik kuvvetlerle molar distalizasyonu, hasta uyumunu en aza indirmesinin yanı sıra, uygulanan kuvvetin sürekli ve aktivasyonun kolay olması, uygulanan kuvvetin fizyolojik olması, sürtünme kuvvetinin en az düzeyde oluşu ve tedavi süresinin kısalmasına bağlı olarak tedavi sonrası dişlerde dekalsifikasyon, çürük ve diş eti sorunları oluşturma riskinin azalması gibi avantajları olduğu rapor edilmiştir.

Yapılan diğer çalışmalarda da, ortodontik amaçlı kullanılan mıknatısların yakın bölgesinde bulunan gerek pulpaya gerekse jinjival ve mukozal yapılara olumsuz hiçbir etkilerinin olmadığı bildirilmiştir.⁴²⁻⁴⁴ Staffolani ve ark. ortodontik amaçlı kullanılan mıknatıs braketlerin oluşturduğu manyetik alanın *Candida albicans'* ların gelişmesine etki edebileceğini, bunun da manyetik alan frekansına ve uygulama zamanına bağlı olabileceğini bildirmiştir.⁴⁰

Tenqu ve ark., hayvan deneylerinde ortodontik diş hareketleri oluşturmak amaçlı uyguladıkları manyetik kuvvetin periodontal ligament, kök alveolar kemik ve "tartrate-resistant asit fosfataz (TRAP)" aktivitesini 1, 3, 7 ve 14. günlerde değerlendirmişlerdir.⁴⁵ 100-170 Gauss manyetik alanın belirgin diş hareketi oluşturmadığını, periodontal ligamentte de histolojik olarak büyük bir değişiklik olmadığını rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, manyetik alan uygulanan grupta 7. günde kök rezorpsiyonu ve periodontal ligamentte kalınlaşma ve

TRAP aktivitesinde artış gözlenmesine rağmen bu farklılıkların 14. günde ortadan kalktığını da belirtmişlerdir.

SMA çalışmaları gibi, EMA'nın oral dokularda etkilerini araştıran çalışmalar da mevcuttur. Stefensen ve ark. elektromanyetik stimülasyonun periodontal ve yumuşak ve sert dokulara klinik etkilerini incelemiştir.⁴⁶ Çalışmada, periodontal cerrahi yapılan 23 hastada bir tarafa 0,46 Gauss pulsatif stimülasyon ile manyetik terapi uygulayarak, diğer bölgeye yalnızca cerrahi işlem yaparak klinik ve radyolojik sonuçları 12. ve 18. aylarda karşılaştırmışlardır. Başlangıçta klinik ataşman kaybı ve cep derinliği 4 mm'nin üzerinde olan hastalarda 12. ve 18. aylardaki kontrolde her iki bölge arasında fark gözlenmez iken, 12. ayda alveolar kemik kazancında elektromanyetik stimülasyon (EMS) uygulanan bölgede artış, 18. ayda ise eşit miktarda kemik kazancı gözlendiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, konvansiyonel periodontal tedaviye ilave olarak EMS kullanılabileceği, alveolar kemikte iyileşmenin hızlandığı, ancak klinik ataşman kazancında çok etkili olmadığı vurgulanmıştır.

SONUÇ

SMA'nın direkt ya da akut toksisite, hücreler veya organlara belirgin patolojik etkilerinin olmadığı literatür bilgilerinde görülmektedir. Her ne kadar manyetik alanın doku ile temas ettirilerek direkt kullanımında kemik rezorpsiyonunun stimülasyonu ve epitel hücrelerinde azalma gibi yan etkiler rapor edilse de, bu olumsuz etkilerin mıknatısların çeşitli materyallerle kaplanması ile ortadan kalktığı da bildirilmektedir.^{47,48}

SMA'nın periodontitiste iyileşme ve tamir sürecini destekleyebileceği, ortodontik tedavilerde mıknatısların, hasta uyumuna ihtiyaç göstermeksizin ağız içi aktivasyonunun hekimler tarafından yapılıyor olmasının büyük avantaj olacağı, oral sert ve yumuşak dokuların iyileşmesine olumlu etkilerinin olabileceği yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Bununla birlikte çalışmaların çoğunluğunun hayvan deneyleri olması, az sayıda insan çalışmasının olması, tedavi ve araştırmalarda uygulanan SMA'nın yoğunluğunun

her çalışmada farklı olması, tedavide kullanılan miktatların ne kadar süre hangi sıklıkta ve frekanslarda kullanılacağı ve tedavi protokolleri

oluşturulmamış olması gibi dezavantajları olması nedeni ile daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulduğu açıktır.

KAYNAKLAR

- Costantino C, Pogliacomini F, Passera F, Concaro G. Treatment of wrist and hand fractures with natural magnets: preliminary report. *Acta Biomed* 2007;78(3):198-203.
- Xu S, Okano H, Tomita N, Ikada Y. Recovery effects of a 180 mT static magnetic field on bone mineral density of osteoporotic lumbar vertebrae in ovariectomized rats. *Evid based complement. Alternat Med* 2011;2011. doi: 10.1155/2011/620984
- Gupta A, Taly AB, Srivastava A, Kumar S, Thyloth M. Efficacy of pulsed electromagnetic field therapy in healing of pressure ulcers: A randomized control trial. *Neurol India* 2009; 57(5):622-6.
- Colbert AP, Wahbeh H, Harling N, Connelly E, Schiffke HC, Forsten C, et al. Static magnetic field therapy: a critical review of treatment parameters. *Evid Based Complement Alternat Med* 2009;6(2):133-9.
- Angelini E, Pezzoli M, Zucchi F. Corrosion under static and dynamic conditions of alloys used for magnetic retention in dentistry. *J Prosthet Dent* 1991;65(6):848-53.
- Tengku BS, Joseph BK, Harbrow D, Taverne AA, Symons AL. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J Orthod* 2000;22(5):475-87.
- Henry SL, Concannon MJ, Yee GJ. The effect of magnetic fields on wound healing. *Open Access Journal of Plastic Surgery* 2008;(8):393-9.
- Bondemark L, Kuroi J, Larsson A. Long-term effects of orthodontic magnets on human buccal mucosa--a clinical, histological and immunohistochemical study. *Eur J Orthod* 1998; 20(3):211-8.
- Yuge L, Okubo A, Miyashita T, Kumagai T, Nikawa T, Takeda S, et al. Physical stress by magnetic force accelerates differentiation of human osteoblasts. *Biochem Biophys Res Commun* 2003;311(1):32-8.
- Huang HM, Lee SY, Yao WC, Lin CT, Yeh CY. Static magnetic fields up-regulate osteoblast maturity by affecting local differentiation factors. *Clin Orthop Relat Res* 2006;447:201-8.
- Altay OT, Kutkam T, Koseoglu O, Tanyeri S. The biological effects of implanted magnetic fields on the bone tissue of dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6(3):345-9.
- Bruce GK, Howlett CR, Huckstep RL. Effect of a static magnetic field on fracture healing in a rabbit radius. Preliminary results. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(222):300-6.
- Ömeroğlu S, Erdoğan D, Çam M, Hatipoğlu MT, Özyar S. [Ultrastructural analysis of the effects of electromagnetic field on fetal cardiac muscle]. *Türkiye Klinikleri J Med Res* 1999; 17(1):29-32.
- Puricelli E, Ulbrich LM, Ponzoni D, Filho JJ. Histological analysis of the effects of a static magnetic field on bone healing process in rat femurs. *Head Face Med* 2006;2:43.
- Darendeliler MA, Darendeliler A, Sinclair PM, Kusy RP. Effects of static and pulsed electromagnetic fields on orthodontic tooth movement and bone healing. *Eur J Orthod* 1993; 15(4):335.
- Luzin VI, Pokhval'tiy AP, Kucherenko SL, Berezhnyy IeP. [Effect of electromagnetic fields on the chemical composition of regenerative bone under defective ceramic hydroxylapatite plastics]. *Fiziol Zh* 2003;49(2):91-5.
- Takano-Yamamoto T, Kawakami M, Sakuda M. Effect of a pulsing electromagnetic field on demineralized bone-matrix-induced bone formation in a bony defect in the premaxilla of rats. *J Dent Res* 1992;71(12):1920-5.
- Güneş S, Büyükkılıç B, Ankaralı H. [The effect of different magnetic field intensities on regeneration at injured peripheral rat nerves]. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 2008;28(6):857-66.
- Sato K, Yamaguchi H, Miyamoto H, Kinouchi Y. Growth of human cultured cells exposed to a non-homogeneous static magnetic field generated by Sm-Co magnets. *Biochim Biophys Acta* 1992;1136(3):231-8.
- Topçu C, Gürbilek M, Aköz M, Açıkgozoğlu S. [Effect of magnetic fields on the Na⁺-k⁺atpase activity of erythrocyte membrane and the levels of malondialdehyde and glutathione]. *Türkiye Klinikleri* 2002;20(3):119-24.
- Jing D, Shen G, Cai J, Li F, Huang J, Wang Y, et al. Effects of 180 mT static magnetic fields on diabetic wound healing in rats. *Bioelectromagnetics* 2010;31(8):640-8.
- Shen JG, Chen WS, Wang CX, Jiang T, Dong LQ. [Effect of static magnetic field on deep wound healing of SD rats]. *Zhongguo Gu Shang* 2009;22(5):371-4.
- Szor JK, Topp R. Use of magnet therapy to heal an abdominal wound: a case study. *Ostomy Wound Manage* 1998;44(5):24-9.
- Linder-Aronson S, Lindsog S. A morphometric study of bone surfaces and skin reactions after stimulation with static magnetic fields in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 99(1):44-8.
- Darendeliler MA, Darendeliler A, Mandurino M. Clinical application of magnets in orthodontics and biological implications: a review. *Eur J Orthod* 1997;19(4):431-42.
- Ceruti P, Bryant SR, Lee JH, MacEntee MI. Magnet-retained implant-supported overdentures: review and 1-year clinical report. *J Can Dent Assoc* 2010;76:a52.
- Cerny R. The reaction of dental tissues to magnet fields. *Australian Orthod J* 1980;25(5): 264-8.
- Yamaguchi H, Hosokawa K, Soda A, Miyamoto H, Kinouchi Y. Effects of seven months' exposure to a static 0.2 T magnetic field on growth and glycolytic activity of human gingival fibroblasts. *Biochim Biophys Acta* 1993;1156(3):302-6.
- Shen JF, Du L, Chao YL, Xu C. [Effects of static magnetic field on the activity of superoxide dismutase of human gingival fibroblasts]. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban* 2007;38(2):276-8.
- Brković-Popović S, Stamenković D, Stanisić-Sinobad D, Rakocević Z, Zelić O. [The influence of continuous magnetic field on periodontal tissues under overdentures]. *Srp Arh Celok Lek* 2009;137(7-8):363-70.
- Davis DM, Packer ME. Mandibular overdentures stabilized by Astra Tech implants with either ball attachments or magnets: 5-year results. *Int J Prosthodont* 1999;12(3):222-9.
- Lepilin AV, Bulkina NV, Bogomolova NV, Raigorodskii IuM. [Use of transcutaneous laser biostimulation of blood and a running alternating magnetic field in preparing periodontitis patients for surgery]. *Stomatologija (Mosk)* 2000;79(6):16-9.
- Qiu LH, Qin K, Zhong M, Wang ZY. [Effect of static magnetic field on bone morphogenetic protein-2 in periodontal membrane of experimental periodontitis rat]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2005;23(4):319-21.
- Efanov OI, Dzhararova AD, Zil'berman IuV, Peregodova GN, Tiupenko GI, Ushakova GB. [The treatment of periodontitis by using a permanent magnetic field]. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult* 1992;(3):28-30.

35. Li LC, Wong RW, King NM. Orthodontic traction of impacted canine using magnet: a case report. *Cases J* 2008;1(1):382.
36. Mehl C, Wolfart S, Kern M. Orthodontic extrusion with magnets: a case report. *Quintessence Int* 2008;39(5):371-9.
37. Connor RJ, Svare CW. Proplast-coated high-strength magnets as potential denture stabilization devices. *J Prosthet Dent* 1977;37(3):339-43.
38. Acar AG. [Correction of class II malocclusion with different molar distalization methods]. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2006;27(2):97-105.
39. Linder-Aronson A, Forsberg CM, Rygh P, Lindskog S. Tissue response to space closure in monkeys: a comparison of orthodontic magnets and superelastic coil springs. *Eur J Orthod* 1996;18(6):581-8.
40. Staffolani N, Cervini M, Giannoni C, Guerra M, Pugliese M, D'Alò F, et al. [The effect of orthodontic magnets on the oral microbial flora]. *Minerva Stomatol* 1991;40(7-8):483-6.
41. Bondemark L, Kurol J. Distalization of maxillary first and second molars simultaneously with repelling magnets. *Eur J Orthod* 1992;14(4):264-72.
42. Bondemark L, Kurol J, Larsson A. Human dental pulp and gingival tissue after static magnetic field exposure. *Eur J Orthod* 1995;17(2):85-91.
43. Linder-Aronson A, Lindskog S, Rygh P. Orthodontic magnets: effects on gingival epithelium and alveolar bone in monkeys. *Eur J Orthod* 1992;14(4):255-63.
44. Saygili G, Aydinlik E, Ercan MT, Naldöken S, Ulutuncel N. Investigation of the effect of magnetic retention systems used in prostheses on buccal mucosal blood flow. *Int J Prosthodont* 1992;5(4):326-32.
45. Tengku BS, Joseph BK, Harbrow D, Taverne AA, Symons AL. Effect of a static magnetic field on orthodontic tooth movement in the rat. *Eur J Orthod* 2000;22(5):475-87.
46. Steffensen B, Caffesse RG, Hanks CT, Avery JK, Wright N. Clinical effects of electromagnetic stimulation as an adjunct to periodontal therapy. *J Periodontol* 1988;59(1):46-52.
47. Connor RJ, Svare CW. Proplast-coated high-strength magnets as potential denture stabilization devices. *J Prosthet Dent* 1977;37(3):339-43.
48. Bondemark L. Orthodontic magnets. A study of force and field pattern, biocompatibility and clinical effects. *Swed Dent J Suppl* 1994;99:1-148.