

MIKNATISLAR VE ORTODONTİK UYGULAMALARDAKİ YERİ

MAGNETS AND APPLICATIONS IN ORTHODONTICS

*Cumhur TUNCER**

ÖZET

Mıknatıslar itici ve çekici kuvvet özellikleri sebebiyle Tıp ve Dişhekimliği alanlarında kullanılmaktadır. Nadir elementlerin geliştirilmesi ile; daha küçük ve güçlü mıknatısların yapımı mümkün olmuş ve samarium kobalt ve neodmium iron boron mıknatısların kullanımları yaygınlaşmıştır. Ortodontik tedavilerde bazı olguların tedavilerinde sabit mekaniklerle beraber diş hareketleri oluşturmak amacıyla veya büyüme-gelişimin yönlendirildiği fonksiyonel tedavilerde uygulama alanına sahiptirler. Bu dalda mıknatıslar hem itici hem de çekici kuvvet uygulayabilecek tarzda kullanılabilir. Bu derlemede, mıknatısların tanımı, Tıp alanındaki doğuşu, yapısal özellikleri, biyolojik uyumları ve Ortodontik tedavilerdeki uygulama alanları sonuçları ile birlikte özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mıknatıslar, samarium kobalt, neodmium iron boron mıknatıslar, ortodontik kuvvet, biyolojik uyum.

SUMMARY

Magnets have been used for various medical and dental applications. The reason for increased use of magnets is the development of new, powerful and small magnets such as rare earth magnets like samarium cobalt and neodymium iron boron. In Orthodontic treatments they have been used for tooth movements with fixed mechanics or with functional appliances to stimulate growth. This review comprises a summary of definition of magnets, origins, structural characteristics, biological adaptations and application fields in Orthodontics.

Key Words: Magnets, samarium cobalt, neodymium iron boron magnets, orthodontic force, biologic effects.

Makale Gönderiliş Tarihi : 25.10.2004

Yayma Kabul Tarihi: 07.03.2005

* Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, Yrd. Doç. Dr.

GİRİŞ

Biyolojik açıdan önemi bulunan mıknatıslar Tıp alanında 19.yüzyılın başlarında kullanılmaya başlanmıştır. Yaygın olarak ortopedistler tarafından uzun kemik kırıklarında kırık kemik bölgesine elektromagnet yerleştirilmesi ile uygulanmıştır. Dişhekimliği alanında ise, özellikle sabit protez ve maksillo-fasiyal protez alanında kullanılmıştır^{25,26,42}.

Magnetik kuvvetler son yıllarda ortodontik mekanik kavramı içerisinde de yer almaktadır. İlk mıknatıslar ağız içinde kullanım için yeterince güçlü bulunmamış iken, gelişen teknoloji ile yeni, güçlü ve küçük mıknatısların geliştirilmesi mümkün olmuştur^{26,41}.

Yapısal Özellikler:

Mıknatıslar 1950 yılından beri dişhekimliğinde kullanılmakla beraber mevcut materyalin (alüminyum-nikel-kobalt ve kobalt-platinum) pahalı ve hacim olarak büyük olmasından dolayı yaygınlık kazanamamıştır^{35,50}. 1970 yılında "nadir elementler" in (samarium-kobalt, neodymium-iron-boron) bulunması ile yüksek enerjili mıknatısların gelişimine bağlı daha küçük boyutlarda, daha kuvvetli ve aynı zamanda demagnetizasyona direnci yüksek mıknatıslar geliştirilmiştir. Demagnetizasyona dirençli mıknatıslar, yüksek magnetik alanda, ısı artışında ve boyut azalışında özelliklerini sürdürebilirler^{2,35,53}.

Samarium-kobalt mıknatıslar yüksek ısılarda çalışmayı içeren tüm alanlarda ideal bir materyal olarak tanımlanmaktadır. İlk alaşım kompozisyonu SmCo5 olup, bir süre sonra Sm2Co17 alaşımı geliştirilmiştir. Bu kompozisyon daha az cobalt içerir, maliyeti daha düşüktür, korozyona daha dirençlidir ve yüksek ısılarda daha stabildir. Mevcut samarium-kobalt kompozisyonları 250-350°'ye kadar kullanılabilir¹⁶.

Neodymium-iron-boron(NdFeB) grubu mıknatıslar, Samarium-kobalt mıknatıslardan daha yüksek enerji oluştururken, demagnetizasyon ve korozyona karşı daha az dirençlidir ve 150-200 °'ye kadar kullanıma sahiptirler⁵. Samarium-kobalt ve neodymium-iron-boron mıknatıslar yüksek magnetik özelliklere, termal stabiliteye sahiptirler ancak kırılğan olmaları ve düşük korozyon dayanıklılığına sahip olmaları gibi dezavantajları da olduğu bildirilmiştir^{42,46}.

Normalde korozyon potansiyelleri sebebiyle nadir elementlerin parilen, akrilik veya paslanmaz çelik ile kaplanarak kullanılmaları daha güvenilirdir²⁶. Nadir elementlerin bir avantajı; kuvvetin yön ve miktarının tahmin edilebilir olmasıdır. Kuvvet; mıknatısın boyutu, şekli ve hava boşluğu mesafesi ile orantılıdır. Etkili hava boşluğu 2-3

mm. olarak belirtilmiştir. 3mm. çapında bir mıknatıs 50-200g.lık kuvvet oluşturabilir. Ayrıca ön-arka, dik yön düzelmelerin yanı sıra transvers yönde de kontrol sağlanabilmektedir²⁶.

Mıknatıslar potansiyel olarak çok kullanışlı olsa da performanslarında bazı sorunlar mevcuttur. Bunlar; ısıtıldıklarında geri dönüşü olmayan kuvvet kaybına uğramaları, birbirlerine göre düzgün sıralanmadıklarında kuvvetlerinin azalması ve ağız içinde paslanma ve aşınma riski bulunması şeklinde sayılabilir. Literatürde ağız içi kullanım için mıknatısların kaplanmaları gerektiği belirtilmiştir⁴². Kaplanmış mıknatıslar biyolojik olarak uyumlu bulunmuş ancak kaplanmamış olanlar bariz sitotoksikite göstermiştir⁶. Mıknatıslar hem itici hem de çekici kuvvet uygulayabilecek tarzda kullanılabilir. İki mıknatısın yan yana yerleşmesi ile oluşan itici veya çekici kuvvet miktarı, mıknatıslar arası mesafenin karesi ile ters orantılıdır yani iki mıknatıs arasındaki mesafe azaldıkça oluşturdukları kuvvet artmaktadır⁵¹. Zıt kutuplu mıknatısların karşılıklı yerleştirilmesi ile elde edilen çekici yöndeki kuvvetler herhangi bir sapma olmaksızın düz bir kuvvet yönü oluşturmaktadır. Buna karşılık aynı kutup üzerindeki itici kuvvetlerde ise yan hareketler gözlenebilmektedir.

Organizmayla Uyumları:

Magnetik alaşımların muhtemel zararları ve dokulardaki alışılmadık reaksiyonları tartışma ve kuşku yaratmaktadır⁶. Magnetik kuvvetlerin periodontal dokularda ve dental yapılarda bazı yan etkilerinin olabileceği görüşünü destekleyen araştırmalar mevcuttur^{4,37,38}.

İnsanlarda oral mukozal fibroblastlar ve fare fibroblastlarında neodymium-iron-boron mıknatısların sitotoksik etkileri, kaplanmamış ve parilen kaplanmış mıknatıslarla incelenmiş ve kaplanmamış mıknatıs her ikisinde de sitotoksik bulunmuştur. Bu kanıt doğrultusunda da mıknatısların sınırlı olarak kullanılmaları tavsiye edilmiştir²¹. Bir kısım araştırmacılar statik magnetik alanın; enzim sistemleri, hücre proliferasyonu ve osteogenezis stimülasyonu gibi biyolojik parametrelere belirgin bir etki yaptığı tespit edilmiştir^{12,32,39,42}. Bazı kısa süreli çalışmalarda, hücre epitelinin incelenmesi gibi istenmeyen değişimlerin oluştuğu bildirilmiştir^{13,39,42}.

Bununla birlikte, bazı çalışmalar sonucunda da hücre yapıları, hücre büyüme oranları veya hücre büyüme kabiliyetleri üzerinde olumsuz etkiler tespit edilmiştir^{11,30,43}. Parilen kaplanmış ve kaplanmamış samarium kobalt ve neodymium-iron-boron mıknatıslar değerlendirilmiş ve parilen kaplı mıknatıslar sitotoksik bulunmamıştır⁸.

Tsutsui⁴⁶ yaptığı çalışmada, samarium-kobalt mıknatısların

tısların korozyona uğramalarına rağmen dokularda herhangi bir yan etkiye neden olmadığını, fare hücrelerinin büyüme oranlarında veya hücre yapılarında bir etki bulunmadığını ve mıknatısların kaplanmak kaydıyla güvenli şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Sandler ve arkadaşları⁴⁴, neodymium-iron-boron mıknatıslarının sitotoksik etkisini inceledikleri çalışmada herhangi bir olumsuz etkinin olmadığını vurgulamışlardır. Bondemark⁹, 1995 yılındaki çalışmasında, nadir element mıknatısların uygulaması ile oluşan statik magnetik alanın insan diş pulpasında ve dişeti dokularında herhangi bir değişikliğe neden olmadığını belirtmiştir. Mıknatıslar ile sentalloy coil springlerin alveol kemik büyümesi, dişeti epiteli kalınlığına etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada herhangi bir fark bulunmamış ancak mıknatıslar altında daha fazla rezorpsiyon ve osteosit lakünleri tespit edilmiştir. Bu noktadan hareketle hücre ve doku eksikliğinin fazla olabileceği ve klinik etkilere dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır³⁶.

Ortodontide Mıknatıs Uygulamaları ve Sonuçları:

Ortodonti alanında ilk klinik çalışma Kawata ve arkadaşları³⁰ tarafından demir-kobalt-krom alaşımından yapılmış braketlerle uygulanmıştır. Kawata ve arkadaşları^{29,31} 1978 ve 1979 yıllarında mıknatıslı braketleri geliştirerek dişlerdeki hareketleri incelemiş ve etkili sonuçlar bildirmişlerdir. 1978 yılında Blechman ve Smiley⁴ iki kedi üzerinde yaptıkları çalışmada, akrille kaplanmış alüminyum-nikel-kobalt mıknatıs kullanarak kanin dişleri 9 aylık periyotta distalize etmişlerdir. Bu çalışmada, mıknatısların kullanılmasıyla oluşan uyumlu ve devamlı kuvvetler ile daha hızlı distalizasyon olduğu vurgulanmıştır. Daha sonraki yıllarda bu yeni kuvvet şekli; fonksiyonel tedavilerde^{2,16,19,40}, diestama kapatımında³², üst molar distalizasyonunda^{4,5,7,10,23,24,27}, retansiyon amacı ile^{31,45}, gömülü dişlerin sürdürülmesinde^{14,44,50,54}, pekiştirme tedavisinde⁵⁰, ekspansiyon amacıyla^{18,33} kullanılmışlardır. Ortodonti’de sabit aygıtlarla beraber yapılmış uygulamalar da mevcuttur^{4,5,23,29,32,41,42,47}.

Posterior intrüzyon ve mıknatıs kullanımı:

Açık kapanış vakalarında sıklıkla kullanılan dik yön elastikleri ön dişlerde aşırı uzamaya sebep olur. Dellinger²⁰ mıknatıs kuvveti ile bukkal segmentte hızlı ve uzun dönemde kalıcı bir intrüzyon sağlandığını belirtmiştir.

Gömülü dişlerin sürdürülmesinde mıknatıslar:

Yapılan çalışmalarda mıknatıs kuvvetleri ile hızlı, güvenli ve daha kısa zamanda normal doku ataçmanı ile gömülü dişlerin sürdürülebildiği vurgulanmaktadır^{4,26,50}.

Fonksiyonel apareyler, ekspansiyon ve mıknatıs kullanımı:

Fonksiyonel apareylerin özelliği; temelde kendisi pasif olan, çeşitli fonksiyonları stimüle ederek etkinlik sağlaması ve böylece çenelere ortopedik etki yapmasıdır. Son yıllarda mıknatısların ortodonti bilminde kullanılmaya başlanması ile, erken dönem ortopedik tedavilerde fonksiyonel amaçlı mıknatıslı apareyler dizayn edilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir^{16,17,54}.

Mıknatısla ortopedik etki elde etmek amacıyla da üst çene genişletilmesinde^{15,18,48,52}, sınıf 2 anomalilerin tedavisinde^{22,28,54}, açık kapanış tedavisinde^{1,19,20,33,34,40,49} ve sınıf 3 anomalilerin tedavisinde kullanılmaktadır^{5,51,55}.

Darendeliler ve Joho¹⁶, Sınıf II maloklüzyonların tedavisi amacıyla iki parçalı Samarium-cobalt mıknatısların kullanıldığı bir magnetik aktivator apareyi geliştirmiş ve apareyin kullanım açısından avantajlı olduğu, 7-12 yaş arası hastalarda tek taraflı 300mg. kuvvetin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Vardimon ve arkadaşlarının⁵⁴, Macaca fascicularis maymunlarında yaptıkları çalışma sonucunda fonksiyonel ortopedik magnetik apareyin klinik kullanımının avantajlı olduğu desteklenmiştir.

Vardimon ve arkadaşları⁵¹, 1990 yılında iskeletsel sınıf 3 olgularda FOMA III olarak da bilinen “Functional Orthopedic Magnetic Appliance” isimli mıknatıslı bir apareyi hayvanlar üzerinde denemişlerdir. Üst ve alt çeneye çekici kuvvetleri olan mıknatıslar yerleştirmişler ve sonuçta iskeletsel bozukluğun hiçbir yan etki göstermeden düzeldiğini belirtmişlerdir. Apareyin en büyük avantajı; maksimum kuvvetin minimum mesafede elde edilebilmesi ve kuvvetin devamlılığı olarak belirtilmektedir. Vardimon ve arkadaşları⁵⁵, 1994 yılında yaptıkları diğer bir FOMA III apareyi çalışmasında ise apareyin etkisinin en çok pterigomaksiller fissür ve kondiler kartilaj bölgesinde görülmesi sonucuna dayanarak bu bölgenin radyolojik ve histolojik olarak cevabını incelemiş ve patolojik değişikliklere rastlanmadığını belirterek uzun süreli kullanımını desteklemişlerdir.

Darendeliler ve arkadaşları¹⁵, da MAD III apareyi ile iskeletsel sınıf III olgularda başarılı sonuçlar elde etmiş; ancak maksiller darlık vakalarında gözlenen transversal yöndeki darlık için “Magnetic Expansion Device” apareyi ile düzelmeyi takiben Magnetic Activator Device III apareyi kullanımını önermişlerdir. Sonuç olarak iki farklı mıknatıslı aparey ile başarılı sonuçlar almışlardır. Mıknatıslı ekspansiyon ile konvansiyonel ekspansiyon aygıtlarına göre daha yavaş ancak hafif ve dokularla uyumlu sonuçlar alınmıştır^{48,52}.

MAD III apareyinin iki ayrı plaktan oluşması; klasik sınıf 3 aktivatörlere göre daha küçük olması nedeniyle konuşmada, yutkunmada ve çiğneme durumlarında normal fonksiyonlara izin verdiği belirtilmiştir. MED ve MAD III apareyinin beraber kullanılmasının erken dönem sınıf 3 anomalilerin tedavisinde başarılı bir alternatif olduğu belirtilmiştir.

Konvansiyonel fonksiyonel apareyler çiğneme kaslarında oluşan gerilim kuvvetini indirekt olarak çenelere aktarırken; magnetik kuvvetler aktif kuvvetleri direkt olarak çenelere aktarmaktadır⁷. Bu noktadan hareket ederek son yıllarda yapılan çalışmalarda horlama problemi olan bireylerde aktif magnetik kuvvetlerin kullanımı düşünülmüştür. Uyku sırasında çiğneme kaslarının gevşemesi ile mandibuler kompleksin geriye giderek üst havayolundaki hava akışını kapatma riski olasıdır. Bu durumlarda konvansiyonel apareylere oranla direkt ve sürekli kuvvet uygulayan magnetik apareylerin daha etkili olacağı savunulmaktadır³.

SONUÇ

Mıknatısların ortodontik tedavilerde ilgi görmesi, uzun süreli daimi kuvvet uygulama özelliklerine ve sürünme kuvvetine maruz kalmamalarına bağlanabilir. Mıknatısların ortodontik tedavilerin birçok tipinde kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Gelişen teknoloji ile hasta rahatı ve tedavi süreleri göz önüne alınarak, farklı materyaller ve farklı tedavi seçenekleri geliştirilmektedir. Magnetik materyaller hücre ve dokularla yakın temasta bulunduğu biyolojik etkilerinin olduğu bir gerçektir. Klinik kullanımda, ortodontik mıknatısların dişeti ve kemikten bir miktar uzağa yerleştirilmeleri ve mıknatısların optimum dizilimlerinin önemli olduğu aksi takdirde kuvvet düzeylerinde dramatik düşüş olacağı unutulmaması gereklidir. Maliyetlerinin fazla olması ve statik magnetik alanın insan dokularındaki etkisinin tam olarak aydınlatılmamış olması dezavantajlar olarak sayılabilir. Ancak direkt ve sürekli kuvvet uygulamaları etkilerinde avantaj sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Barbre RE, Sinclair PM. A Cephalometric evaluation of anterior open bite correction with the magnetic active vertical corrector. *Angle Orthod.* 61: 93-102, 1991.
- Becker JJ. Permanent magnets. *Scientific American* 223: 92-100, 1970.
- Bernhold M, Bondemark L. A magnetic appliance for treatment of snoring patients with and without obstructive sleep apnea. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 113:144-155, 1998.
- Blechman AM, Smiley H. Magnetic force in orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthoped.* 74:435-443, 1978.
- Blechman AM. Magnetic force systems in orthodontics. Clinical results of a pilot study. *Am J Orthod Dentofac Orthoped.* 87:201-210, 1985.
- Bondemark L. Orthodontic magnets. A study of force and field pattern, biocompatibility and clinical effects. *Swed Dent J Suppl.* 99:1-148, 1994.
- Bondemark L, Kuroi J, Bernhold M. Repelling Magnets Versus Superelastic Nickel-Titanium Coils in Simultaneous Distal Movement of Maxillary First and Second Molars. *Angle Orthod.* 64: 189-198, 1994.
- Bondemark L, Kuroi J, Wennberg A. Orthodontic rare earth magnets in vitro assessment of cytotoxicity. *Br J Orthod* 21:335-341, 1994.
- Bondemark L, Kuroi J, Wisten A. Extent and density of static fields generated by orthodontic samarium-cobalt magnets. *Am J Orthod.* 107: 488-496, 1995.
- Bondemark L, Kuroi J. Distalization of maxillary first and second molars simultaneously with repelling magnets. *Eur J Orthod.* 14: 264-272, 1992.
- Bruce G, Howlett C, Huckstep R. Effects of a static magnetic field on fracture healing in rabbit radius. *Clin Orthop* 222:300-306, 1987.
- Camilleri S, McDonald F. Static magnetic field effects on the sagittal suture in *rattus norvegicus*. *Am J Orthod.* 103: 240-246, 1993.
- Cerny R. The biological effects of implanted magnetic fields. part II. Mammalian tissues. *Austr Orthod J.* 6: 114-117, 1980.
- Cole BO, Shaw AJ, Hobson RS, Nunn JH, Wëlburg RR, Meechan JG, Jepson NJ. The role of magnets in the management of unerupted teeth in children and adolescents. *Int J Paediatr Dent.* 13:204-207, 2003.
- Darendeliler MA, Chiarini M, Joho JP. Early class III treatment with magnetic appliances. *J Clin Orthod.* Oct: 563-569, 1993.
- Darendeliler MA, Joho JP. Magnetic activator device II (MAD II) for correction of class II division 1 malocclusion. *Am J Orthod.* 103: 223-239, 1993.
- Darendeliler MA, Joho JP. Magnetic activator device II(MAD II) for correction of class II, division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofac Orthoped.* 103:1-16, 1993.
- Darendeliler MA, Strahm C, Joho JP. Maxillary expansion with magnetic forces (Abstract). *Eur J Orthod.*, 14: 327, 1992.
- Darendeliler MA, Yüksel S, Meral O. Open-bite correction with the magnetic activator device IV. *J Clin Orthod.* 29: 569-576, 1995.
- Dellinger EL. A clinical assessment of the active vertical corrector, a nonsurgical alternative for skeletal open bite treatment. *Am J Orthod.* 89: 428-436, 1986.
- Donohue VE, McDonald F, Evans R. In vitro cytotoxicity testing of neodymium-iron-boron magnets. *J Appl Biomater.* 6:69-74,1995.
- Dung DJ, Smith RJ. Cephalometric and clinical diagnosis of open bite tendency. *Am J Orthod.* 94: 484-490, 1988.
- Gianelly AA, Vaitas AS, Thomas WM, Berger DG. Distalization of molars with repelling magnets. *J Clin Orthod.* 22: 40-44, 1988.
- Gianelly AA, Vaitas AS, Thomas WM. The use of magnets to mo-

- ve molars distally. Am J Orthod. 96: 161-167, 1989.
25. Gillings B. Magnetic retention for complete and partial overdentures. Part I. J Prosthet Dent 45:484-491, 1981.
 26. Graber TM. Current status of magnetic forces in orthodontics. In: Nanda R. Biomechanics in clinical orthodontics. WB Saunders Comp. Philadelphia, 1997, 65-86.
 27. Itoh T, Tokuda T, Kiyosue S, Hirose T, Matsumoto M, Chaconas SJ. Molar distalization with repelling magnets. J Clin Orthod. 25: 611-617, 1991.
 28. Kalra V, Burstone CJ, Nanda R. Effects of a fixed magnetic appliance on the dentofacial complex. Am J Orthod. 95: 467-478, 1989.
 29. Kawata T, Matsuga M. A study of new orthodontic treatment by of magnet. J Dent Res. Special Issue 58: 1292, 1979.
 30. Kawata T, Katsuhiko H, Kohji S. A new orthodontic force system of magnetic brackets. Am J Orthod Dentofac Orthoped. 92:241-248, 1987.
 31. Kawata T, Matsuga M, Kitano N, Kishigami H. Further study of new orthodontic treatment with magnetic appliance. J Dent Res Special Issue 57: 175, 1978.
 32. Kawata T, Okada M, Horisaka T. A new orthodontic appliance by means of magnetic bracket, Part II. J Dent Res Special Issue, 56:10, 1977.
 33. Kiliaridis S, Egermark I, Thilander B. Anterior open bite treatment with magnets. Eur J Orthod. 12: 447-457, 1990.
 34. Kuster R, Ingervall B. The effect of treatment skeletal open bite with two types of bite-blocks. Eur J Orthod. 14: 489-499, 1992.
 35. Laird W, Grant AA, Smith GA. The use of magnetic forces in prosthetic dentistry. J Dent 4:328-335, 1981.
 36. 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. 18:581-588, 1996.
 37. Linder Aronson A, Lindskog S, Rygh P. Orthodontic magnets: effects on gingival epithelium and alveolar bone in monkeys. Eur J Orthod. 14:255-263, 1992.
 38. Linder Aronson S, Lindskog S. A morphometric study of bone surface and skin reactions after stimulation with static magnetic fields in rats. Am J Orthod Dentofac Orthoped. 99:44-48, 1991.
 39. Linder-Aronson A, Lindskog S, Rygh P. Orthodontic magnets: Effects of gingival epithelium and alveolar bone in monkeys. Eur J Orthod. 14: 255-263, 1992.
 40. Meral O, Yüksel S. Skeletal and dental effects during observation and treatment with a magnetic device. Angle Orthod. 73:716-722, 2003.
 41. Müller M. The use of magnets in orthodontics: an alternative means to produce tooth movement. Eur J Orthod. 6:247-253, 1984.
 42. Noar JH, Evans RD. Rare earth magnets in orthodontics: An Overview. British J. Orthod. 26: 29-37, 1999.
 43. Papadopoulos M, Hoerler I, Gerber B, Rahn B, Rakosi T. Biologic effects of static magnetic fields on osteoblast cells in culture. Eur J Orthod. 12:490, 1990.
 44. Sandler PJ, Meghji H, Murray AM, Springate SD, Sandy JR, Crow V, Reed RT. Magnets and orthodontics. British J Orthod. 16: 243-249, 1989.
 45. Springate SD, Sandler PJ. Micro-Magnetic Retainers: An attractive solution to fixed retention. British J Orthod. 18: 139-141, 1991.
 46. Tsutsui H, Kinouchi Y, Sasaki H, Shiota M, Ushita T. Studies on the Sm-Co magnets as a dental material. J Dent Res. 58: 1597-1606, 1979.
 47. Türk T. Üst kesici dişlerin retraksiyonunda manyetik kuvvetlerin kullanılması ve farklı bir retraksiyon sistemi ile karşılaştırılması. Doktora tezi. Gazi Üniversitesi Diş.Hek.Fak. Ankara, 1999.
 48. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Lenke J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. Angle Orthod. 61: 113-122, 1991.
 49. Vardimon AD, Drescher D, Bourauel C, Schmutz GPF. 3-D Force and moment analysis of repulsive magnetic appliances to correct dentofacial vertical excess. J Dent Res. 73: 67-74, 1994.
 50. Vardimon AD, Graber TM, Drescher D, Bourauel C. Rare earth magnets and impaction. Am J Orthod. 100: 494-512, 1991.
 51. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Muller TP. Functional Orthopedic Magnetic Appliance (FOMA) III-Modus operandi. Am J Orthod. 97: 135-148, 1990.
 52. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Verrusio E. Magnetic versus mechanical expansion with different force thresholds and points of force application. Am J Orthod. 92: 455-466, 1987.
 53. Vardimon AD, Mueller HJ. In vivo and in vitro corrosion of permanent magnets in orthodontic therapy. J Dent Res. 64:184, 1985.
 54. Vardimon AD, Stutzman JJ, Graber TM, Voss LR, Petrovic AG. Functional orthopedic magnetic appliance (FOMA) II-Modus operandi. Am J Orthod. 95: 371-387, 1989.
 55. Vardimon AD, Stutzman JJ, Graber TM, Voss LR, Petrovic AG. Reaction of the pterygomaxillary fissure and the condylar cartilage to intermaxillary class III magnetic mechanics. Am J Orthod. 105: 401-413, 1994.

Yazışma adresi

Yrd. Doç. Dr. Cumhuri TUNCER
G.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti Anabilim Dalı
06510 Emek-ANKARA
Tel: 212 62 20 / 382
E-posta: cumhurtu@hotmail.com