

Manyetik Rezonans Görüntüleme Öncesi Braketler Çıkarılmalı mı?

Should Brackets be Removed Before Magnetic Resonance Imaging?

Hasan CAMCI^a

^aOrtodonti AD,
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Sivas

Received: 27.02.2017
Received in revised form: 13.03.2017
Accepted: 14.03.2017
Available online: 15.02.2018

Correspondence:
Hasan CAMCI
Cumhuriyet Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti AD, Sivas,
TÜRKİYE/TURKEY
dt.hasan@hotmail.com

ÖZET Manyetik rezonans görüntüleme sistemi (MRG), 20 yılı aşkın süredir tıpta ve diş hekimliğinde kullanılan, iyonize radyasyon içermeyen, noninvaziv bir görüntüleme sistemidir. MRG yumuşak doku kontrastı en yüksek görüntüleme sistemidir ve migren, epilepsi, serebral palsi, menisküs, beyin tümörleri gibi birçok hastalığın teşhisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak; MRG çekiminde, metal varlığı görüntüde artefakta yol açmaktadır. Artefakt ise teşhisi zorlaştırmakta veya imkansızlaştırmaktadır. Artefaktın boyutu; metalin manyetik duyarlılığına (ferromanyetik, diyamanyetik, paramanyetik), şekline, boyutuna, açısına, homojenitesine, MRG cihazının manyetik alan gücüne (low-field, high-field, ultra-high field) ve görüntüleme protokolüne göre değişkenlik göstermektedir. Son yıllarda özellikle baş-boyun bölgesinden alınacak MRG öncesi sıklıkla ortodontistlerden sabit ortodontik aygıtları çıkarması istenir; ancak “debonding” işlemi, mineye zarar verme potansiyelinin dışında vakit kaybına yol açan maliyetli bir süreçtir. Ortodontide kullanılan malzemeler çok çeşitli alaşımlardan (paslanmaz çelik, titanyum, krom-kobalt, seramik) yapılmaktadır ve her birinin manyetik duyarlılığı ve artefakta yol açma potansiyeli birbirinden farklıdır. Ayrıca; sabit ortodontik aygıtlar MRG’de görüntülenmek istenen anatomik alanın uzaklığına bağlı olarak ilgili bölgede değişen oranlarda artefakta yol açabilir ya da açmayabilir. Bu çalışmada; MRG nedir?, MRG’nin avantajları ve dezavantajları, manyetik alan kuvvetinin ortodontide kullanılan materyaller üzerine etkileri, Ortodontik aygıtların MRG üzerine etkileri gibi konu başlıkları altında MRG öncesi braketlerin çıkarılıp çıkarılmamasına karar vermede ortodontistlere yardımcı olacak bilgilerin sunulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik rezonans görüntüleme; artefaktlar (insan eliyle yapılmış); ortodontik geçeler; ortodontik braketler

ABSTRACT Magnetic resonance imaging system (MRI) is used in medicine and dentistry for more than 20 years, it does not include ionizing radiation which is a noninvasive imaging system. MRI enables highest contrast visualization of soft tissue and is widely used in the diagnosis of many diseases such as migraine, epilepsy, cerebral palsy, meniscus, brain tumors. But; the presence of metal in MRI leads to artifacts and artifact makes diagnosis difficult or impossible. The size of the artifact depends on the magnetic susceptibility of the metal (ferromagnetic, diamagnetic, paramagnetic), shape, size, angle, homogeneity, magnetic field power (low-field, high-field and ultra-high field) and imaging protocol of the MRI device. In recent years, it is often asked to remove fixed orthodontic devices from orthodontists, especially before the MRI taken from the head and neck region; but the debonding procedures is a costly process that leads to a loss of time other than the potential for damaging the enamel. Materials used in orthodontics are made from a wide variety of alloys (stainless steel, titanium, chrome-cobalt, ceramics) and each of them has different magnetic susceptibility and artifact potential. Also; fixed orthodontic appliances may cause artifacts at varying degrees or not in the anatomical region, this depends on the distance of the anatomical area desired to be displayed on the MRI. In this review; informations which help orthodontists to decide removing braces or not before MRI are presented under the title of what is MRI?, the advantages and disadvantages of MRI, The effects of magnetic field strength on materials used in orthodontics, The effects of orthodontic devices on MRI, etc.

Keywords: Magnetic resonance imaging; artifacts; orthodontic appliances; orthodontic brackets

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), iyonize radyasyon kullanılmadan yumuşak doku kontrastının görselleştirilmesini sağlayan etkili bir tanı yöntemidir.¹ Tıpta ve diş hekimliğinde, birçok hastalığın [migren, multipl skleroz, baş-boyun tümörleri, epilepsi, temporomandibüler eklem (TME) rahatsızlıkları vb.] teşhisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.² Bu görüntüleme tekniği ortodonti pratiğinde rutin olarak kullanılsa da bazen ortodontik tedavi devam ederken genel sağlık sorunları nedeni ile hastadan MRG alınması gerekebilmektedir. Ancak, ortodontik malzemelerde yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik ve diğer metaller MRG’de artefakta neden olmaktadır.³⁻⁶ Bu artefaktlar özellikle akut felç ya da kafa travması gibi kısa sürede müdahale edilmesi gereken acil durumlarda teşhisi zorlaştırmakta ve tedaviyi olumsuz etkilemektedir.^{7,8} Baş-boyun bölgesinden alınan MRG öncesi genellikle ortodontistlerden ortodontik aygıtları çıkarması istenmektedir.⁹ Ancak, braketlerin çıkarılması ve yeniden yapıştırılması vakit kaybına yol açar, tedavi süresini uzatır, maliyeti artırır ve mineye zarar verebilir.⁵ Bu yüzden ortodontistler braketin çıkarılmasına karar vermeden önce MRG’nin görüntü kalitesini nelerin etkileyebileceğini, braketler ağızdayken MRG alınmasıyla ortaya çıkabilecek problemleri ve bu durumlara karşı alınabilecek önlemleri göz önünde bulundurarak değerlendirme yapmalıdır.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME NEDİR?

MRG; statik ve gradient manyetik alanda, dokuya gönderilen radyo dalgalarının uyardığı hücrelerdeki hidrojen atomlarının ürettiği enerjinin, özel ara birimler (koil) sayesinde bilgisayar ortamına aktararak görüntüye dönüştürüldüğü noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir.¹⁰ Dokudaki hidrojen atomlarının yoğunluğu ve hareketleri MRG’nin temelini oluşturmaktadır. Hidrojen, insan vücudunda en çok bulunan elementlerden biri olması ve tek proton içermesi nedeni ile tercih edilmektedir. MRG’de radyasyon kullanılmaz, bunun yerine vücuttaki hidrojen atomlarının çekirdeklerindeki protonlar uyarılmaktadır. Manyetizmanın etkisiyle

hidrojen atomları düzgün şekilde sıralanmaktadır.¹¹⁻¹³ Bu dizilim sonucu; alıcılara ulaşan sinyaller özel yazılımlarla görüntüye dönüştürülmektedir. MRG’nin en önemli avantajı; iyonize radyasyon içermemesidir.^{14,15} Yumuşak doku kontrastı en yüksek görüntüleme yöntemidir ve diğer yöntemlere kıyasla daha az invazivdir. Bu yüzden özellikle yumuşak dokuların incelenmesinde kullanılmaktadır.^{16,17} Yaygın olarak kullanıldığı alanlar şunlardır:

Beyin ve santral sinir sistemi hastalıkları:¹⁸

- Sporcu yaralanmaları¹⁹
- Menisküs teşhisi²⁰
- Bel fıtığı teşhisi²¹
- Nörolojik rahatsızlıklar²²
- TME rahatsızlıkları²³
- Epilepsi vb.²⁴

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMENİN AVANTAJLARI

- Yumuşak doku kontrastı en yüksek görüntüleme yöntemidir.²⁵
- Diğer yöntemlere kıyasla daha az invazivdir.²⁵
- Patolojik dokuların saptanmasına olanak tanımaktadır.²⁶
- İyonize radyasyon kullanılmamaktadır.²⁷
- Bazı üst limitlere uyulduğu takdirde hiçbir biyolojik zararı bulunmamaktadır.²⁸
- Çocuklarda ve hamilelerde kullanılabilir.^{29,30}
- Aynı hastada defalarca tekrarlanabilmektedir.³⁰

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMENİN DEZAVANTAJLARI

- Metalik ve MRG uyumu olmayan vücut protezlerine sahip hastalarda kontrendikedir.³¹
- Klostrifobik hastalarda kullanılamamaktadır.³¹
- İnceleme zaman almakta ve hastanın uzun süre hareketsiz kalması gerekmektedir.²⁵
- Kalsifikasyonları görüntülemeye yetersizdir.²⁵
- Maksillofasiyal görüntülemelerde; dental alarımlar, metalik dental restorasyonlar ve braketler ar-

tefakta yol açabilmekte, yerinden oynayabilmekte ya da ısınıp yumuşak doku yaralanmasına neden olabilmektedir.³²

- Maliyeti yüksektir.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE İLGİLİ BAZI KAVRAMLAR

1. Materyallerin manyetik duyarlılıkları ile ilgili kavramlar:³³

Ferromanyetik: Herhangi bir mıknatısın manyetik alan sınırlarında iken, o mıknatısın manyetik alan çizgileri ile aynı yönde mıknatıslanabilen demir, kobalt, nikel, çelik gibi maddelerdir.

Paramanyetik: Mıknatısın zayıf çektiği malzemelerdir. Güçlü bir manyetik alana yerleştirildiğinde hafifçe manyetize edilmekte ve manyetik alan yönünde hareket etmektedir. Örneğin; magnezyum, lityum, alüminyum, molibden.

Diyamanyetik: Mıknatıs tarafından çekilmeyen ya da itilen malzemelerdir. Güçlü bir manyetik alana yerleştirildiğinde hafifçe manyetize edilir ve manyetik alanın tersine hareket etmektedir. Örneğin; ahşap, çinko, bakır, bizmut, gümüş, altın vb.

2. Materyallerin güvenilirliği ile ilgili kavramlar (Resim 1):⁶

Manyetik rezonans görüntüleme güvenilir: MRG uyumlu materyalleri tanımlamak için kullanılan bir kavramdır. Bu tanıma uyan materyaller manyetik kuvvetlere maruz bırakıldığında, çevre dokularda olumsuz bir etkiye yol açmaz ve bu tanımlamada hasta güvenliği ön plandadır. MRG ile “birinci dereceden uyumlu materyaller” olarak da ifade edilmektedir.

Manyetik rezonans görüntüleme koşullu: İkinci derece uyumlu materyalleri tanımlamak için



RESİM 1: Materyallerin manyetik rezonans görüntüleme güvenliği ile ilgili simgeler. Soldan sağa sırasıyla: Manyetik rezonans görüntüleme güvenilir, manyetik rezonans görüntüleme koşullu, manyetik rezonans görüntüleme tehlikeli.

kullanılmaktadır. Bu tanımlamada, elde edilen görüntünün diagnostik kalitesi ön plandadır. Bu tanımlamaya uyan materyaller görüntüde belirgin artefakta neden olmamaktadır. Ayrıca, bu tanıma uygun materyallerden yapılan ve vücuda yerleştirilen cihazlar MRG esnasında zarar görmemektedir.

Manyetik rezonans tehlikeli: Manyetik rezonans görüntüleme esnasında kullanımı riskli materyalleri tanımlamaktadır.

3. Manyetik alan ile ilgili kavramlar:

Tesla (T): Manyetik alan yoğunluk birimidir.² 1 Tesla=10000 gauss.

“Spin-echo” sekansı (SE): Radyo frekans (RF) darbelerini veya manyetik alan eğimlerini kullanarak enine düzlemdeki dönüşleri tekrar belirleyerek yankıların üretildiği 90°’lik manyetik rezonans darbe dizisidir. Manyetik duyarlılığı olan metallere karşı hassasiyeti az olduğundan artefakt oluşumu nispeten azdır; ancak görüntüleme nispeten daha uzun sürmektedir.

“Gradient-echo sekansı” (GE): SE tekniğine alternatif bir tekniktir. Bu teknikle; SE’den farklı olarak transvers manyetizasyon oluşturmak için gradient alanlar kullanılır ve manyetik alan dizisi 90°’den küçüktür. Manyetik alan duyarlılığı olan metallere karşı daha hassas; ancak görüntüleme süresi daha kısadır. SE’ye nispeten daha fazla artefakta yol açabilmektedir. SE ve GE, MRG’deki iki temel görüntüleme protokolüdür.



RESİM 2: Düşük manyetik alanlı (low-field), açık manyetik rezonans görüntüleme cihazı.

MANYETİK ALAN KUVVETİNE GÖRE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME ÇEŞİTLERİ

Düşük manyetik alanlı (Low-field) MRG cihazları: 0,23 T-0,3 T gücünde manyetik alana sahiptirler.³⁴ Açık MRG tarayıcıları olarak tanımlanmaktadır (Resim 2). Yüksek manyetik alan kuvveti olan cihazlara nispeten görüntü kalitesi düşük ve tarama süresi uzundur.

Yüksek manyetik alanlı (High-field) MRG cihazları: 1,5 T-3,0 T gücünde manyetik alana sahiptirler.³⁵ Kapalı MRG tarayıcıları olarak bilinmektedir (Resim 3). Görüntü kalitesi çok yüksektir ve tarama süresi kısadır. Beyin ve kalpteki kan damarlarına varıncaya kadar detaylar görüntülenebilir. Bu cihazlar dünyanın manyetik alan kuvvetinden (0,50 gauss) ortalama 10,000 kat fazla manyetik alan kuvvetine sahiptir.³³

Çok yüksek manyetik alanlı (Ultra-high field) MRG cihazları: 7,0 T ve 7,0 T'den büyük manyetik alana gücüne sahiptirler.³⁶ Kullanımı çok yaygın değildir. Genellikle bilimsel araştırmalar için kullanılmaktadır.

MANYETİK ALAN KUVVETİNİN ORTODONTİDE KULLANILAN MATERYALLER ÜZERİNE ETKİLERİ

■ **Yumuşak ve sert doku yaralanmaları:** MRG sisteminin güçlü manyetik alanı, ferromanyetik nesnelere çekerek aniden bir "mermi" gibi büyük bir kuvvetle hareket etmesine neden olabilmektedir. Bu durum braket-diş arasındaki bağlantının yetersiz olduğu hastalar için risk oluşturabilmektedir. Bu yüzden MRG öncesi braket-diş bağlantısı kont-



RESİM 3: Yüksek manyetik alanlı (high-field), kapalı manyetik rezonans görüntüleme cihazı.

rol edilmelidir. Ancak unutulmamalıdır ki; doğru teknikle yapıştırılmış bir braket koparmak için yaklaşık 60 N'luk bir kuvvet gereklidir ve bu kuvvet miktarı 3T manyetik alanda dahi ortaya çıkmamaktadır.^{6,37}

■ **Termal ısınma:** Ağız içindeki ortodontik aygıtlar ya da diğer protetik restorasyonlar, maruz kaldığı RF nedeni ile ısınabilmekte ve yaralanmalara neden olabilmektedir. Ancak, Yassi ve ark.nın çalışmasında; meydana gelen sıcaklık artışının 1 °C'den az olduğu bulunmuştur.³⁸ Marincas ve ark.nın, 3T manyetik alanda, sabit ortodontik aygıtlardaki sıcaklık değişim miktarını değerlendirdikleri çalışmada; sıcaklık artışının 0,3°-0,8° C arasında olduğu saptanmış ve sabit ortodontik aygıtların ısı artışı konusunda risk oluşturmadığı sonucuna varılmıştır.³⁹

■ **Tedavinin başarısızlığı:** Ark telinde bükülmeye ve istenmeyen diş hareketlerine neden olabilmektedir.

ORTODONTİK AYGITLARIN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME ÜZERİNE ETKİLERİ

■ **Artefakt:** Herhangi bir anatomik yapıya ait olmayan sinyaller nedeni ile MRG'de ortaya çıkan distorsiyon olarak tanımlanmaktadır.⁴⁰ Sinyallerin yoğunluğu ya da eksikliği bu duruma neden olabilmektedir. İncelenen doku bileşenlerini temsil etmeyen pikseller olarak da tanımlanmaktadır.⁴¹

Artefaktın büyüklüğünü etkileyen faktörler:⁴²⁻⁴⁵

■ **Materyalin manyetik alan duyarlılığı:** Ferromanyetik materyaller daha fazla artefakta neden olmaktadır.

■ **Materyalin büyüklüğü:** Artefaktın büyüklüğü materyalin boyutu ile doğru orantılıdır.

■ **Materyalin şekli:** Halka şeklindeki paramanyetik materyaller artefakta neden olabilmektedir.

■ **Materyalin pozisyonu:** Manyetik alan eksenine materyalin uzun eksenine arasındaki eğim açısı arttıkça artefakt büyüklüğü artmaktadır. Paralel cisimler arasında bozulma en azdır.⁴⁶

■ **Materyalin MRG çekilen bölgeye uzaklığı:** Görüntüdeki en büyük sinyal kaybı, materyal MRG

çekilen alanın 10 cm yarıçapı içinde iken yaşanmaktadır.³³

Metal artefaktını azaltma stratejileri⁴⁷

- Manyetik duyarlılığı az metalden (titanyum, krom-kobalt) yapılmış, küçük boyutlu braketler kullanılabilir.

- GE sekansı yerine, SE sekansı kullanılabilir.

- Görüntüleme süresi kısa tutulabilir.

- Artefaktı kompanse edebilen özel yazılımlar kullanılabilir.

- Düşük manyetik alan kuvvetinde tarama yapılabilir.

ORTODONTİDE EN ÇOK KULLANILAN ÜÇ ALAŞIMIN MANYETİK DUYARLILIKLARI

Nikel içeren titanyum alaşımları (Nitinol®, Titanol®, Rematitan®) veya molibden içeren titanyum alaşımları (TMA®, Rematitan Special®) genellikle 0,0002 (SI)'den daha düşük bir hassasiyete sahiptir. Manyetize edilemediği için 3 T'de bile ivmeye maruz kalmamakta ve yalnızca minimum artefakt üretmektedir.⁴⁸ Manyetik alan içinde bulunduğu konumu, hareket etmeden koruyabilmektedir.⁵ Titanyum alaşımları ile ilgili bazı araştırmacılar belirgin artefakta neden olmadığını rapor eder iken, bazıları zıt görüş bildirmiştir.⁴⁹⁻⁵³ Bu farklılık, MRG esnasında farklı parametreler kullanılmasından kaynaklanabilmektedir.

Kobalt-krom-nikel-demir-molibden alaşımları (örneğin; Remaloy®, Elgiloy/Phynox®, Forestaloy®) sadece tellerde kullanılır ve düşük manyetik duyarlılığa sahiptir.⁶ Weik ve ark.nın çalışmasında; bu değer Elgiloy için 0,00228 (SI) olarak rapor edilmiştir.⁵⁴ Ortaya çıkan artefakt, titanyum alaşımlarına kıyasla ortalama iki kat büyüktür.⁵⁵ Manyetik alan içinde bulunduğu konumu, hareket etmeden koruyabilmektedir.

Piyasadaki paslanmaz çelikler, manyetik davranışlarında büyük farklılık gösteren çok çeşitli alaşımlar ve ürünler içerebilmektedir. Bu yüzden manyetik duyarlılığı hakkında kesin bir ifade kullanmak güçtür; ancak birçok araştırmacı yüksek düzeyde artefakta yol açtığını rapor etmiştir.^{45,50,51,56-58}

ORTODONTİDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ MATERYALLER VE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

Sabit ortodontik tedavide kullanılan materyaller MRG sırasında ısınabilmekte, hareket edebilmekte ve artefakta yol açabilmektedir. Bu bölümde; seramik, plastik, paslanmaz çelik ve titanyum gibi farklı maddelerden yapılan ortodontik aygıtların MRG ile ilişkisini inceleyen çalışmalardan bahsedilecektir.

Asano ve ark.nın, ortodontik materyallerin oluşturduğu artefaktın beyin MRG'si üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmada; seramik braketlerin, krom-kobalt klipsi olan seramik braketlerin, titanyum braket ve tüplerin MRG öncesi çıkarılmak zorunda olmadığı sonucuna varılmıştır.⁵⁹

Beau ve ark.nın, sabit ortodontik aygıtların MRG'de oluşturduğu artefaktı değerlendirdikleri çalışmada; baş-boyun MRG'si gereken 60 gönüllü hasta değerlendirmeye alınmış ve paslanmaz çelik braketler, titanyum braketler, metal slotlu paslanmaz çelik braketler, paslanmaz çelik lingual "retainer"ların dört farklı anatomik bölgedeki (maksiller sinüs, oral kavite, TME ve posterior serebral fossa) artefakt etkisi değerlendirilmiş ve bu değerlendirme 15 T'de yapılmıştır. Ark telleri kolayca çıkarılabildiği için çalışmaya dâhil edilmemiştir. Paslanmaz çelik braketlerin tüm anatomik bölgelerde artefakta neden olduğu, teşhisi imkansızlaştırdığı; ancak titanyum braket, metal slotlu seramik braket ve paslanmaz çelikten yapılan lingual retainer'ın sadece oral bölgede artefakta yol açtığı saptanmıştır. Paslanmaz çelik braketlerin baş-boyun bölgesinden alınacak MRG öncesi muhakkak çıkarılması gerektiği, retainer'ın sadece oral kavitenin değerlendirilmek istendiği MRG'ler için çıkarılması gerektiği, titanyum ve metal slotlu seramik braketlerin baş-boyun bölgesinde incelenecek alana göre çıkarılması gerekebileceği sonucuna varılmıştır.⁹

Sadowsky ve ark.nın, ortodontik aygıtların beyin ve TME MRG'si üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmada; ortodontik aygıtların tüm MRG'lerde artefakta yol açtığı; ancak artefaktın ağız bölgesinde yoğunlaşmasından dolayı beyin ve

TME bölgesinde teşhisi etkilemediği bildirilmiştir.⁶⁰ Buna karşın Fellner ve ark., sabit ortodontik aygıtların sadece görüntü kalitesini etkilemediğini, teşhisi de zorlaştırdığını bildirmişlerdir.⁶¹

Elison ve ark.nın plastik, seramik, titanyum ve paslanmaz çelik braketleri değerlendirmeye aldıkları çalışmada; plastik, seramik ve titanyumun MRG’inde çok az distorsiyona yol açtığı; buna karşın paslanmaz çelik braketlerin belirgin artefakta neden olduğu bildirilmiştir.⁵

Zhylich’in yaptığı tez çalışmasında; 3T manyetik alanda seramik braketlerin minimal distorsiyona neden olduğu, paslanmaz çelik braketlerin ise ciddi şekilde artefakta yol açtığı ve teşhisi imkânsız hâle getirdiği bildirilmiştir (*Zhylich D. Effects of orthodontic appliances on diagnostic quality of MR images of the head. Doctoral dissertation, University of Toronto; 2015. p.86*). Harris ve ark., bu konuda benzer sonuç rapor etmişlerdir.⁴⁰

Blankenstein ve ark.nın, metalik ortodontik aygıtların MRG’de oluşturduğu artefaktı değerlendirdikleri çalışmada; farklı tipteki paslanmaz çelikten, titanyumdan ya da krom-kobalt alaşımından yapılmış 16 tür ortodontik materyal seçilmiştir. 1,5 T ve 3,0 T manyetik alanda yapılan değerlendirmede; artefakt oluşumunun incelenen materyalin büyüklüğüne, kristalin yapısına (ostenit, martensit, hekzagonal), üretim safhalarına, MRG sisteminde kullanılan sekans türüne (SE ya da GE) ve manyetik alan gücüne bağlı olarak farklılık gösterebileceği; bu yüzden materyalin “çelik” içermesinin artefakt oluşumunu ve boyutunu tahmin etmede tek başına yeterli olamayacağı sonucuna varılmıştır.⁶ Bu durum, benzer çalışmalarda farklı sonuçların elde edilme nedenini açıklamaktadır.

SONUÇ

1. Genel olarak paslanmaz çelikten yapılmış braketler; plastik, seramik ve titanyum braketlere kıyasla belirgin olarak daha fazla artefakta neden olmaktadır.

2. Manyetik duyarlılığı olan madde, görüntü istenen anatomik alandan uzaklaştıkça oluşturduğu artefakt azalmaktadır. Bu yüzden; MRG istenen

bölge, braketlerin çıkarılıp çıkarılmamasına karar vermede en önemli unsurlardan biridir.

3. MRG iyonize radyasyon içermez ve aynı hastada tekrarlanmasında sakınca yoktur. Bu yüzden, braketler çıkarılmadan önce ilgili bölgeden MRG alınıp incelendikten ve artefakt varlığının teşhise olanak tanımadığı fark edildikten sonra söküm yapmak makul bir alternatif olabilmektedir.

4. Ortodontist, periyodik MRG gerektiren hastalarda paslanmaz çelik braket kullanımından kaçınılmalıdır. Bu tarz hastalarda seramik braket iyi bir alternatif olabilmektedir.

5. MRG öncesi, uzaklaştırılabilir olan ark teli, transpalatalve lingual ark gibi ortodontik aygıtlar muhakkak uzaklaştırılmalıdır. Braketlerin ve lingual “retainer”ın bağlantıları kontrol edilmelidir.

6. MRG sırasında ortodontik aygıtların ısınma ya da yerinden oynama ihtimali bulunmasına karşın, bu konuda yeterli bilimsel kanıt olmadığı ve sabit ortodontik aygıtlar ağızda iken alınan MRG’lerdeki en ciddi problemin teşhisi zorlaştıran ya da imkânsızlaştıran artefaktlar olduğu unutulmamalıdır. Bu yüzden artefaktı azaltacak stratejilere dikkat edilmelidir.

8. Uzun dönemde kullandığımız malzemelerin MRG güvenilirliği ile ilgili üretici firmalardan paketler üzerine MRG güvenilir, MRG koşullu, MRG tehlikeli gibi açıklama yapması talep edilebilmektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Abbaszadeh K, Heffez LB, Mafee MF. Effect of interference of metallic objects on interpretation of T1-weighted magnetic resonance images in the maxillofacial region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89(6):759-65.
2. Yousem DM, Grossman RI. Techniques in neuroimaging. *Neuroradiology: The Requisites*. 3rd ed. Philadelphia: Mosby/Elsevier; 2010. p.4-15.
3. Hinshaw DB Jr, Holshouser BA, Engstrom HI, Tjan AH, Christiansen EL, Catelli WF. Dental material artifacts on MR images. *Radiology* 1988;166(3):777-9.
4. Patel A, Bhavra GS, O'Neill JR. MRI scanning and orthodontics. *J Orthod* 2006;33(4):246-9.
5. Elison JM, Leggett VL, Thomson M, Oyoyo U, Wycliffe ND. Influence of common orthodontic appliances on the diagnostic quality of cranial magnetic resonance images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134(4):563-72.
6. Blankenstein F, Truong BT, Thomas A, Thieme N, Zachriat C. Predictability of magnetic susceptibility artifacts from metallic orthodontic appliances in magnetic resonance imaging. *J Orofac Orthop* 2015;76(1):14-29.
7. Goldstein LB, Bushnell CD, Adams RJ, Appel LJ, Braun LT, Chaturvedi S, et al; American Heart Association Stroke Council; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Epidemiology and Prevention; Council for High Blood Pressure Research; Council on Peripheral Vascular Disease, and Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research. Guidelines for the primary prevention of stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 2011;42(2):517-84.
8. Wintermark M, Sanelli PC, Albers GW, Bello J, Derdeyn C, Hetts SW, et al. Imaging recommendations for acute stroke and transient ischemic attack patients: A joint statement by the American Society of Neuroradiology, the American College of Radiology, and the Society of NeuroInterventional Surgery. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013;34(11):E117-27.
9. Beau A, Bossard D, Gebeile-Chauty S. Magnetic resonance imaging artefacts and fixed orthodontic attachments. *Eur J Orthod* 2015;37(1):105-10.
10. Işık B. [Magnetic resonance imaging and anesthesia]. *Marmara Medical Journal* 2006;19(2):98-103.
11. Bushong SC, Clarke G. The magnetic resonance imaging. *Magnetic Resonance Imaging: Physical and Biological Principles*. 4th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Health Sciences; 2014. p.58-91.
12. Korkmaz H, Akbulut M. [Safety of magnetic resonance imaging in patients with vascular stents]. *Firat Tıp Dergisi* 2010;15(4):164-7.
13. Weishaupt D, Köchli VD, Marincek B. Spin and the nuclear magnetic resonance phenomenon. How Does MRI Work?: An Introduction to the Physics and Function of Magnetic Resonance Imaging. 2nd ed. Berlin, Heidelberg; Springer Science & Business Media; 2008. p.1-2.
14. Peden CJ, Menon DK, Hall AS, Sargentoni J, Whitam JG. Magnetic resonance for the anaesthetist. Part II: Anaesthesia and monitoring in MR units. *Anaesthesia* 1992;47(6):508-17.
15. Shellock FG, Cruess JV 3rd. MR Safety and the American College of Radiology White Paper. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178(6):1349-52.
16. Kransdorf MJ, Jelinek JS, Moser RP Jr, Utz JA, Brower AC, Hudson TM, et al. Soft-tissue masses: diagnosis using MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1989;153(3):541-7.
17. Babadağ M, Yazıcıoğlu AN. [Assessment of magnetic resonance imaging and kinematic magnetic resonance imaging on diagnosis of temporomandibular disorders]. *A.Ü. Diş Hek Fak Derg* 2005;32(2):99-106.
18. Comi G, Filippi M, Martinelli V, Campi A, Rodegher M, Alboroni M, et al. Brain MRI correlates of cognitive impairment in primary and secondary progressive multiple sclerosis. *J Neurol Sci* 1995;132(2):222-7.
19. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT. Diagnostic and prognostic value of clinical findings in 83 athletes with posterior thigh injury: comparison of clinical findings with magnetic resonance imaging documentation of hamstring muscle strain. *Am J Sports Med* 2003;31(6):969-73.
20. Bikkina RS, Tujo CA, Schraner AB, Major NM. The "floating" meniscus: MRI in knee trauma and implications for surgery. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184(1):200-4.
21. Toyone T, Takahashi K, Kitahara H, Yamagata M, Murakami M, Moriya H. Visualisation of symptomatic nerve roots. Prospective study of contrast-enhanced MRI in patients with lumbar disc herniation. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(4):529-33.
22. Schellinger PD, Bryan RN, Caplan LR, Detre JA, Edelman RR, Jaigobin C, et al. Evidence-based guideline: The role of diffusion and perfusion MRI for the diagnosis of acute ischemic stroke report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2010;75(2):177-85.
23. Fernández Sanromán J, Gómez González JM, del Hoyo JA. Relationship between condylar position, dentofacial deformity and temporomandibular joint dysfunction: an MRI and CT prospective study. *J Craniomaxillofac Surg* 1998;26(1):35-42.
24. Iannetti P, Spalice A, Atzei G, Boemi S, Trasiomeni G. Neuronal migrational disorders in children with epilepsy: MRI, interictal SPECT and EEG comparisons. *Brain Dev* 1996;18(4):269-79.
25. Yıldırım D, Alkış Ü. [Imaging methods used in the evaluation of temporomandibular joint disorders]. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2016;7(2):51-7.
26. Aisen AM, Martel W, Braunstein EM, McMillin KI, Phillips WA, Kling TF. MRI and CT evaluation of primary bone and soft-tissue tumors. *AJR Am J Roentgenol* 1986;146(4):749-56.
27. Wielpütz M, Kauczor HU. MRI of the lung: state of the art. *Diagn Interv Radiol* 2012;18(4):344-53.
28. Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Omnell KA, et al. Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;83(5):609-18.
29. Bulas D, Eglöf A. Benefits and risks of MRI in pregnancy. *Semin Perinatol* 2013;37(5):301-4.
30. Holland SK, Altaye M, Robertson S, Byars AW, Plante E, Szaflarski JP. Data on the safety of repeated MRI in healthy children. *Neuroimage Clin* 2014;4(1):526-30.
31. Dill T. Contraindications to magnetic resonance imaging: non-invasive imaging. *Heart* 2008;94(7):943-8.
32. Görgülü S, Ayyıldız S, Kamburoglu K, Gökçe S, Ozen T. Effect of orthodontic brackets and different wires on radiofrequency heating and magnetic field interactions during 3-T MRI. *Dentomaxillofac Radiol* 2014;43(2):201-3.
33. Mathew CA, Maller S, Maheshwaran. Interactions between magnetic resonance imaging and dental material. *J Pharm Bioallied Sci* 2013;5(Suppl 1):S113-6.
34. Kladny B, Glückert K, Swoboda B, Beyer W, Weseloh G. Comparison of low-field (0.2 Tesla) and high-field (1.5 Tesla) magnetic resonance imaging of the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 1995;114(5):281-6.
35. Yarnykh VL, Terashima M, Hayes CE, Shimakawa A, Takaya N, Nguyen PK, et al. Multicontrast black-blood MRI of carotid arteries: comparison between 1.5 and 3 tesla magnetic field strengths. *J Magn Reson Imaging* 2006;23(5):691-8.

36. Regatte RR, Schweitzer ME. Ultra-high-field MRI of the musculoskeletal system at 7.0 T. *J Magn Reson Imaging* 2007;25(2):262-9.
37. Kemper J, Klocke A, Kahl-Nieke B, Adam G. [Orthodontic brackets in high field MR imaging: experimental evaluation of magnetic field interactions at 3.0 Tesla]. *RoFo* 2005;177(12):1691-8.
38. Yassi K, Ziane F, Bardinet E, Moinard M, Veyret B, Chateil JF. [Evaluation of the risk of overheating and displacement of orthodontic devices in magnetic resonance imaging]. *J Radiol* 2007;88(2):263-8.
39. Marıncaş C, Mada M, Rotaru D, Carpenter A, Ciupa R. Evaluation of radio frequency-induced heating near fixed orthodontic appliances during MRI examination at 3 Tesla. *Acta Electrotehnica* 2013;54(1):72-5.
40. Harris TM, Faridrad MR, Dickson JA. The benefits of aesthetic orthodontic brackets in patients requiring multiple MRI scanning. *J Orthod* 2006;33(2):90-4.
41. Chen DP, Wu GY, Wang YN. Influence of galvano-ceramic and metal-ceramic crowns on magnetic resonance imaging. *Chin Med J (Engl)* 2010;123(2):208-11.
42. Beuf O, Lissac M, Crémillieux Y, Briguet A. Correlation between magnetic resonance imaging disturbances and the magnetic susceptibility of dental materials. *Dent Mater* 1994;10(4):265-8.
43. Fache JS, Price C, Hawbolt EB, Li DK. MR imaging artifacts produced by dental materials. *AJNR Am J Neuroradiol* 1987;8(5):837-40.
44. Shellock FG, Kanal E. Aneurysm clips: evaluation of MR imaging artifacts at 1.5 T. *Radiology* 1998;209(2):563-6.
45. Eggers G, Rieker M, Kress B, Fiebach J, Dickhaus H, Hassfeld S. Artefacts in magnetic resonance imaging caused by dental material. *MAGMA* 2005;18(2):103-11.
46. Lee MJ, Kim S, Lee SA, Song HT, Huh YM, Kim DH, et al. Overcoming artifacts from metallic orthopedic implants at high-field-strength MR imaging and multi-detector CT 1. *Radiographics* 2007;27(3):791-803.
47. Poorsattar-Bejeh Mir A, Rahmati-Kamel M. Should the orthodontic brackets always be removed prior to magnetic resonance imaging (MRI)? *J Oral Biol Craniofac Res* 2016;6(2):142-52.
48. Klocke A, Kahl-Nieke B, Adam G, Kemper J. Magnetic forces on orthodontic wires in high field magnetic resonance imaging (MRI) at 3 Tesla. *J Orofac Orthop* 2006;67(6):424-9.
49. Teitelbaum GP, Bradley WG Jr, Klein BD. MR imaging artifacts, ferromagnetism, and magnetic torque of intravascular filters, stents, and coils. *Radiology* 1988;166(3):657-64.
50. Vaccaro AR, Chesnut RM, Scuderi G, Healy JF, Massie JB, Garfin SR. Metallic spinal artifacts in magnetic resonance imaging. *Spine (Phila Pa 1976)* 1994;19(11):1237-42.
51. Suh JS, Jeong EK, Shin KH, Cho JH, Na JB, Kim DH, et al. Minimizing artifacts caused by metallic implants at MR imaging: experimental and clinical studies. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171(5):1207-13.
52. Malik AS, Boyko O, Aktar N, Young WF. A comparative study of MR imaging profile of titanium pedicle screws. *Acta Radiol* 2001;42(3):291-3.
53. Ganapathi M, Joseph G, Savage R, Jones AR, Timms B, Lyons K. MRI susceptibility artefacts related to scaphoid screws: the effect of screw type, screw orientation and imaging parameters. *J Hand Surg Br* 2002;27(2):165-70.
54. Weik T, Fink U. [TiAl6V4-a material for aneurism clips]. *BIOMaterialien* 2001;2(4):182-6.
55. Thomsen M, Schneider U, Breusch SJ, Hansmann J, Freund M. [Artefacts and ferromagnetism dependent on different metal alloys in magnetic resonance imaging. An experimental study]. *Orthopade* 2001;30(8):540-4.
56. Lissac M, Coudert JL, Briguet A, Amiel M. Disturbances caused by dental materials in magnetic resonance imaging. *Int Dent J* 1992;42(4):229-33.
57. Destine D, Mizutani H, Igarashi Y. Metallic artifacts in MRI caused by dental alloys and magnetic keeper. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi* 2008;52(2):205-10.
58. Rudisch A, Kremser C, Peer S, Kathrein A, Judmaier W, Daniaux H. Metallic artifacts in magnetic resonance imaging of patients with spinal fusion. A comparison of implant materials and imaging sequences. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998;23(6):692-9.
59. Asano S, Kaneda T, Fukuda T, Makiyama Y, Hirota H, Saitoh K, et al. Influence of metal artifact by orthodontic appliances on brain MRI. *Int J Oral-Med Sci* 2016;14(4):74-81.
60. Sadowsky PL, Bernreuter W, Lakshminarayanan AV, Kenney P. Orthodontic appliances and magnetic resonance imaging of the brain and temporomandibular joint. *Angle Orthod* 1988;58(1):9-20.
61. Fellner C, Behr M, Fellner F, Held P, Handel G, Feuerbach S. [Artifacts in MR imaging of the temporomandibular joint caused by dental alloys: a phantom model study at T1.5]. *RoFo* 1997;166(5):421-8.