

Derleme

Ortodontide biyoyumluluk

Merve Doğan, Çağrı Ulusoy*

Ortodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Ortodontik tedavide kullanılan malzemelerin üretildiği alanlar ağız epiteli, bağ dokusu, diş sert dokuları veya kemikle temas halinde oldukları için biyolojik uyumlulukları büyük önem taşımaktadır. Bu malzemelerden ağız ortamına metal iyonlarının salınımı sonucu birçok alerjik reaksiyon gözlemlenebilir. Bu makalede ortodontik tedavide kullanılan malzemelerin biyoyumlulukları ve tedavi sırasında dikkat edilmesi gereken kavramlar hakkında bilgi verilmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Biyoyumluluk; ortodonti; ortodontik gereçler

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Doğan M, Ulusoy Ç. Ortodontide Biyoyumluluk. *Acta Odontol Turc* 2013;30(2):110-4

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

Giriş

Diş hekimliğinde yaygın kullanım alanına ve geniş çeşitliliğe sahip olan dental döküm alaşımları ağız epiteli, bağ dokusu, diş sert dokuları veya kemikle temas halinde olan uygulamalarda kullanıldıkları için biyoyumlulukları büyük önem taşımaktadır.¹ Bir materyalin biyoyumluluğu materyalin tipine, uygulandığı bölgeye ve fonksiyonuna bağlıdır.² Alaşımların bileşimi, mikro yapısı, korozyonu ve alaşımlardan element salınımı, döküm alaşımların biyoyumlulukla ilişkili özellikleridir.³

Son yıllarda dental materyallerin biyoyumluluğu ile ilgili artan bir endişe mevcuttur.⁴ Metallerin salınımı patolojik bir süreci başlatabilir veya yabancı cisim reaksiyonuna sebep olabilir. Özellikle ortodontide ikincil reaksiyonlara sebep olan, allerjen olarak bilinen metallerle karşı özel bir ilgi mevcuttur.

Korozyon bir materyalin kendisini çevreleyen ortamı ile kimyasal reaksiyonudur.⁵ Çeşitli etkenler nedeniyle metalin termodinamik stabilitesinin bozulup katı formdan iyonik forma geçme potansiyeline sahip olması ve bunun

sonucunda içinde bulunduğu ortama iyon salınımı yapmasıyla korozyon meydana gelir. Metalik bir maddenin korozyona uğrayıp uğramaması metalin termodinamik stabilitesi ile ilgilidir. Metallerden yalnızca saf altın ve platin hemen her ortamda stabil kalmayı başarır.

Korozyonun en önemli etkileri, metalin mekanik özelliklerinin ve ömrünün azalması ile ürünleriyle bulunduğu ortama lokal ya da sistemik olarak zararlı etkiler göstermesidir. Koroziv metal iyonu salınımı bazı hastalarda istenmeyen reaksiyonlar oluşmasına neden olur.⁶ En çok oluşan reaksiyonlardan biri nikel (Ni) hassasiyetidir. Nikel hassasiyeti bu metalin direkt ortamda bulunmasıyla veya deri ve mukozayla direkt temasıyla oluşabilir.⁷

Materyalin yapısı, materyalin kimyasal ve termal etkileşimlere cevabı, yüzey alanı, yüzey özellikleri, pH, ısı, metalin içinde bulunduğu ortam ve galvanik akım korozyonu etkileyen faktörlerdendir.⁷ Bu faktörlere metallerin ağız içinde bulunma durumlarında tükürük özellikleri, beslenme, ilaç kullanımı, hijyen, kapanış özellikleri gibi farklı etkenler de dahil olur. Kullanılmış metallerin yeniden işlenip kullanılabilir hale getirilmesi, ısıl işlem ve tellerdeki gümüş lehim (içeriği: %59 Ag, %24 Cu, %3.5 Cd, az miktarda Zn) korozyonu artırıcı faktörlerdendir.⁸ Alaşım elementlerinin pasif hale getirilmesi (alaşıma krom eklenerek krom oksit tabakası oluşturulması) ve alaşımın başka bir materyalle kaplanması ise korozyonu azaltır.

Neredeyse tüm korozyon olayı sulu çözelti içinde elektrolitik etki ile gerçekleşmektedir.⁹ Sıvı ortam nedeniyle ağızda elektrokimyasal korozyon meydana gelir.¹⁰ Ağız ortamında bu işlem, denge sağlanıncaya ya da iyon salınımını durduracak bir faktör oluşuncaya kadar devam eder. Dental metalik restorasyonların üzerindeki biyolojik film, korozyon hızını etkileyebilir.⁵ Ağız asiditesindeki artış biyofilmin kimyasal yüzey özelliklerini değiştirebilir. Bu yüzden bir biyofilmin varlığı korozyon hızını artırabilir ya da azaltabilir.⁵

ORTODONTİK MATERYALLER

Braket çeşitleri

Paslanmaz çelik braketler

Paslanmaz çelik braketler, genellikle içinde %18 krom ve %8 nikel bulunan paslanmaz çelikten üretilmektedir.¹¹

Makale gönderiliş tarihi: 02 Aralık 2011; Yayına kabul tarihi: 09 Şubat 2012
*İletişim: Çağrı Ulusoy, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Ortodonti Anabilim Dalı, 06510, Emek, Ankara, Türkiye;
e-posta: culusoy77@yahoo.com

Paslanmaz çelik braketler çok dayanıklı, hijyenik ve ucuz olmaları nedeni ile en sık kullanılan braket çeşididir. Başlıca dezavantajı nikeli ve krom serbestlemesidir; bu nedenle alerjisi olan kişilerde diğer materyalden yapılan braketler tercih edilmektedir.¹¹

Seramik braketler

Seramik, katı, dayanıklı, estetik, hijyenik, doku dostu ve renkleşmeye dirençli bir materyal olduğu için braket üretiminde tercih edilmektedir. Yaygın olarak kullanılmasına rağmen kırılma, yüksek sürtünme kuvveti oluşturmaması, brakete temas eden karşı dişte aşınma ve söküm sırasında mine kırığı meydana getirmesi gibi olumsuz özellikleri mevcuttur.¹¹

Plastik braketler

1970'li yıllarda farklı estetik materyallerden braket üretme çabalarının bir sonucu olarak polimer-polikarbonat materyalinden enjeksiyon kalıplama tekniğiyle plastik braketler üretilmeye başlanmıştır. Ancak bu braketlerin deforme olma, çatlama, renk değiştirme ve kokuya neden olma gibi problemler gösterdiğini bildirilmiştir.¹²

Titanyum (Ti) braketler

Nikel hassasiyeti olan bireylerde paslanmaz çelik braketler, alerjik reaksiyona neden olabilmektedir. Bu nedenle paslanmaz çelik braketlere alternatif olarak korozyona dirençli ve doku uyumluluğu yüksek olan titanyum alaşımından braketler üretilmiştir.¹³

Ortodontik tedavide kullanılan tel alaşımları

Ortodontik tedavide altın, paslanmaz çelik alaşımları, krom- kobalt alaşımları, β titanyum, Ni-Ti ve kompozit teller kullanılır.¹⁴

Altın alaşımları

Altın alaşımları ortodontik tedavide kullanılan ilk tel alaşımlarıdır.¹⁴ Tek başına yumuşak olan bu metale platin, krom ve paladyum eklenerek ağız ortamına uygun hale getirilmiştir. Fakat diğer tel alaşımlarına göre maliyetinin fazla olması sebebiyle günümüzde kullanılmamaktadır.

Paslanmaz çelik alaşımlar

Paslanmaz çelik alaşımları, 1950'li yıllardan itibaren ortodonti pratiğinde önemli yere sahip olmuştur.¹⁴ Bu tellerin şekil verilebilme ve esneklik özelliklerinin yanında maliyetinin düşük olması popüler kalmalarını sağlamıştır. Ortodontik tedavide kullanılan çelik alaşımları %70-75 demir, %18 krom, %8 nikel, %0.2 karbon içerir. Krom alaşımın korozyona karşı direncini sağlarken, nikel stabiliteyi, karbon da sertliği sağlamaktadır.

Cr-Co alaşımları

Krom-kobalt alaşımları (Elgiloy) 1950'li yıllarda geliştirilmiştir.¹⁴ Bu teller %40 kobalt, %20 krom, %15 nikel, %15

demir, %7 molibden içerir. Bu teller çelik tellere göre daha yumuşaktır. Kolay şekil verilebilir. Şekil verildikten sonra uygulanan ısı tedavisi telin uyguladığı kuvveti ve telin sertliğini artırır.

β Titanyum teller

β titanyum teller 1980'li yıllarda Burstone ve Goldberg tarafından ortodontide kullanılmaya başlanmıştır.¹⁵ Bileşiminde %77.8 titanyum, %11.3 molibden, %7 zirkonyum, %4 kalay içerir. Bu teller çelik tellere göre %40 daha elastik yapıdadır ve geri yayılma değerleri diğer tellere göre daha yüksek olduğu için çalışma aralığı da geniştir. İçindeki zirkonyum ve kalay telin sertliğinin ve kuvvetinin artmasını sağlar. İçeriğinde nikel olmaması bu telin korozyona karşı direncini ve biyolojik uyumluluğunu sağlar.

Ni-Ti teller

Yüksek elastikiyet, şekil hafızası ve plastik deformasyona karşı gösterdiği direnç ile diğer tellerden ayrılır.¹⁶ Plastik deformasyon özelliği zamana bağlı bir özelliktir, bu yüzden ağızda kaldığı süre sonucunda plastik deformasyona uğrayabilir. Şekil hafızası ise düşük sıcaklıklarda şekil verilebilir haldeyken belli bir geçiş sıcaklığı üzerine ısıtıldığında ilk şeklini hatırlayıp ona dönebilir. Ni-Ti alaşımlarındaki nikel iyonlarının salınarak alerji oluşturma riski bulunmaktadır.¹⁶

Ortodontik tellere ilişkin, üreticiler alaşımların korozyona karşı savunmasızlığının farkındadırlar ve bu olası yıkım süreci için çeşitli önlemler almaktadırlar. Alaşımlara bazı metallerin eklenmesi, ark tellerinin yüzeyini titanyum nitrit ve epoksi rezinlerle kaplama ve üretim sürecinin modifikasyonu bu önlemlerden bazılarıdır.¹⁷

Ortodontik alaşımlara krom iyonları eklenmesi elektrokimyasal pasif bir film tabakası oluşturur, oral çevredeki agresif iyonlara karşı koruma sağlar ve korozyonu önler.¹⁸ Bu nedenle paslanmaz çelik ve krom içerikli alaşımlar kolay kolay korozyona uğramaz. Ancak paslanmaz çelik ısıtıldığında, tele büküm verildiğinde ve kaynak yapıldığında, yüzey oksidasyonu oluşabilir ve pürüzlü oksit film tabakası lokalize korozyona sebep olabilir. Herhangi bir metalin korozyon derecesi ve açığa çıkan iyonlar çözünün kimyasına, ve solüsyonun pH'sine bağlıdır. Yapılan bir çalışmada paslanmaz çelik, Ni-Ti ve termo Ni-Ti teller 28 gün boyunca farklı pH değerlerinde yapay tükürük içine batırılmıştır.¹⁹ Titanyum, krom, nikel, demir, bakır ve çinko iyonlarının açığa çıktığı belirlenmiştir. İyon çıkışının ilk 7 gün en fazla olduğu, daha sonra azaldığı tespit edilmiştir. Ph'nin 6.75'den 3.5'e düşmesinin iyon salınımını ortalama 37 kat artırdığı, en fazla salınan iyonun krom, en az salınan iyonun titanyum olduğu bulunmuştur.

Nikel kontakt allerjisinin en yaygın sebebidir ve diğer metallerin hepsinin birleşiminden daha fazla alerjik reaksiyona sebep olduğu bilinmektedir. Nikel ve kromun

allerjik etkilere ilaveten karsinojenik, mutajenik ve sitotoksik etkileri belirlenmiştir.²⁰

Nikel vücuda en çok yemeklerle ve içme suyuyla alınır. Solunumla alınan nikelin %30'u akciğerlere ulaşır, %20'si kan dolaşımına katılır. Nikel biriken bir toksin değildir; gastrointestinal sistemde absorbe edilir ve metabolik olarak elimine edilir. Nikelin yaklaşık %90'ı böbreklerden idrarla atılır. Mesleki olarak nikel maruz kalmayanlarda ortalama nikel seviyesi yaklaşık 4.5 mg/L olarak belirlenmiştir.²¹ Nikel ayrıca tükürük ve terle de elimine edilebilmektedir.

Nikelin toksik özelliği çeşitli bileşiklerden nikel açığa çıkması ile oluşur. Nikelin toksik dozu 1 ppm'dir. Baş ağrısı, baş dönmesi, sersemlik hali, mide bulantısı ve kusma akut nikel zehirlenmesinin ilk belirtileridir. Daha ciddi durumlarda nefes darlığı, mental konfüzyon ve titreme görülebilir. Ciddi zehirlenmelerde yaygın pnömoni ve beyin ödemi hastayı ölüme götürebilir. Plasentayı aşabildiği için embriyotoksik ve teratojenik özellik gösterebilir. Fazla nikel alınması durumunda nefrotoksik etkiler görülebilir.²²

Nikel, kadınlardaki alerjik dermatitisin birinci nedenidir. Toplumda kadınlarda %10, erkeklerde %1 oranında nikel alerjisi görüldüğü bildirilmiştir.²² Gözlük, saat ve mücevher gibi nikel içeren nesnelere, direkt temas yoluyla kontakt dermatitis meydana gelmesinin nedenlerindedir.²³ Genetik faktörlerin de immünolojik cevapta rol oynadığı düşünülmektedir.²⁴

Titanyumun bilinen toksik ve alerjik etkisi yoktur. Titanyum, sabit protezlerde, iskelet protezlerde, metal-porselen restorasyonlarda ve implant uygulamalarında özellikle biyolojik uyumluluğu nedeniyle tercih edilmektedir.²⁵ Dental alaşımlara bağlı kobalt alerjisi nadiren oluşur. Toksik reaksiyonlar ise, genelde oral alım miktarı 25–30 mg'yi aştığı zaman meydana gelir.²⁶ Bakır ve çinko yaşam için gerekli ve düşük toksisiteye sahip elementlerdir.²⁷ Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre, yetişkinlerde günlük 22 mg çinko alımına gereksinim vardır. Bu miktar, dental alaşımlardan salınan iyon miktarının altındadır. Bu nedenle, dental protezlerden kaynaklanan alerjik veya toksik reaksiyon olasılığı düşüktür.²⁷

Bazı çoklu alerjik reaksiyonlar akrilik monomerlerin (metil metakrilat) çapraz alerjisinden kaynaklanmaktadır. Bireyin dental materyallerdeki farklı akrilik monomerlerin hangilerine maruz kalmış olabileceğini ayırt etmek oldukça güçtür. Alerjik reaksiyonlar genellikle kontak alerji/dermatit, egzama şeklinde gözlenmektedir.²⁸ Yayınlanmış bir vaka raporunda ortodontik tedavi gören 60 yaşındaki bir bireyde metil metakrilata karşı alerjik reaksiyonu gösterilmiştir.²⁹ Üst çenede pekiştirme döneminde takılan pekiştirme aygıtı palatinal bölgede alerjiye sebep olmuştur. Yapılan 'patch testi' pozitif çıkmıştır.

Ortodontik aygıtların korozyon süreci ciddileştikçe, korozyon ürünlerinin kireçlenmesi sonucu oluşan renk değişimi (braketlerin etrafındaki minedeki renk değişimi) çıplak gözle bile görülebilir.³⁰ Korozyon sürekli olan bir süreçtir, bu nedenle zaman geçtikçe braket slotlarında pürüzlülük veya korozyon ürünlerinin birikmesi görülebilir.

Dental materyaller ile ağız dokuları arasındaki etkileşimler hakkında bilgilerin artması ve test teknolojilerinin ilerlemesi ile birlikte, biyouyumluluk değerlendirme yöntemleri de hızla gelişmektedir. Açığa çıkan metal iyonlarının değerlendirilmesi için *in vivo*, *in vitro* ve kullanım testlerinden yararlanılmaktadır. Yaptıkları *in vitro* çalışmada, Kerosuo ve arkadaşları²⁰ sabit tedavinin ilk 8 gününde ciddi nikel salınımı tespit etmişlerdir. Eliades ve ark.³¹ kullanılmış ve yeni paslanmaz çelik ve Ni-Ti ark tellerinde nikel içeriğini ve salınımını değerlendirmiş ve herhangi bir fark bulamamışlardır. Amini ve ark.¹⁸ ağız içerisinde sabit ortodontik aygıt bulunan ve bulunmayan hastaların ağız mukozası hücrelerinde nikel, krom ve kobalt konsantrasyonlarını karşılaştırmış; gruplar arasında krom ve kobalt seviyeleri arası önemli farklılık saptamazken, oral mukozadaki nikel seviyesi önemli derecede fazla bulunmuştur.

Sabit ortodontik aygıtlardan metal salınımı ve oral mukoza hücrelerindeki DNA hasarının *in vivo* olarak incelendiği bir çalışmada, nikel ve kobalt konsantrasyonları sabit ortodontik tedavi görenlerde, görmeyenlere göre sırasıyla 3.4 ve 2.8 kat daha fazla bulunmuştur.³² Çalışma grubunda kontrol grubuna göre hücreler için yaşanabilirlik daha az bulunmuştur; bu nedenle nikel ve kobaltın oral mukoza hücrelerinde DNA hasarı meydana getirdiği ileri sürülmektedir.

Elmas benzeri filmler (Diamond Like Coating; DLC) sağlamlık, düşük kırılma katsayısına sahip olma ve aşınmaya karşı direnç gösterme gibi özelliklere sahiptir. Bunlara ek olarak DLC filmi kimyasal cansızlık ve biyouyumluluk gibi biyomedikal işlemler için koruyucu kaplama görevi görmektedir. Kobayashi ve ark.³³ Ni-Ti ortodontik ark tellerinden ağız boşluğuna nikel salınımını önlemek için DLC film ile kaplayarak yaptıkları çalışmada DLC filmle kaplanan Ni-Ti ark telinden salınan nikel miktarının 6 kat azaldığını saptamışlardır.

Shah ve ark.³⁴ yapmış oldukları çalışmada *Lactobacillus acidophilus*'un yapışmasını önlemek ve antibakteriyel etki oluşturmak için paslanmaz çelik ortodontik braketlerin yüzeyini fotokatalitik titanyum oksit (Ti₂O₂) ile modifiye etmişlerdir. Fotokatalitik titanyum oksit ile kaplı braketler kaplı olmayanlarla karşılaştırıldığında *L. acidophilus*'a karşı yapışmayı önleyici özellik göstermiştir.

Pazzini ve ark.³⁵ ortodontik tedavi gören alerjik hastalarda nikel alerjisi prevalansını ve periodontal anormallikleri longitudinal olarak değerlendirmiştir. Ça-

Işımaya katılan 96 bireyde ortalama bir yıllık ortodontik tedavi süresince ağız ortamına salınan nikelin alerjik bireylerde periodontal anormalliklerin oluşumunda önemli artışa neden olduğu ileri sürülmüştür.

Literatür tarandığında nikel allerjisi ile ilgili ciddi iki olguya rastlanmıştır.^{36,37} İlk vakada 27 yaşındaki bayan hastada ortodontik tedavi sırasında beklenmeyen nikel reaksiyonu meydana gelmiştir. Vakada ciddi egzama ve üritiker reaksiyonları, yüzde kızarıklık, iritasyon, kaşınma, deskuamasyon ve ağız içi diffüz kırmızı alanlar oluşmuştur. Braketleri sökülen ve 7 ay boyunca alerji tedavisi gören hastanın ortodontik tedavisi daha sonra seramik braketler ve kaplanmış ark teller ile yürütülmüştür. İkinci vakada da teller çıkarıldıktan sonra 4 gün içerisinde tamamen iyileşme görülmüştür.³⁶

Kao ve ark.³⁸ yaptıkları *in vitro* çalışmada, insan osteosarkom hücre dizisine paslanmaz çelik ve Ni-Ti tellerin etkilerini, flor solüsyonuna bağlı oluşan korozyona göre incelemişlerdir. Paslanmaz çelik ve Ni-Ti teller asidik karakterli sodyum florür içeren yapay tükürükte sitotoksik etki göstermiştir. Ortodontik hastalara flor içerikli ajanlar uygulanırken dikkatli olunması, toksisiteyi önlemek için flor işlemi öncesinde teli çıkarmak önerilmiştir.

Salınan metal iyonlarının tükürükteki konsantrasyonu geniş farklılıklar göstermektedir. Tükürüğün fiziksel özellikleri, miktarı ve kompozisyonu gün içinde alınan diyetten, fiziki koşullardan ve gün içerisindeki periyottan etkilenir. Kocadereli ve ark.³⁹ sabit ortodontik tedavi gören hastalarda tükürükteki nikel ve krom seviyelerindeki değişimi incelemişler ve tükürükteki nikel ve krom değişimlerinde zamana bağlı (1 hafta sonra, 1 ay sonra ve 2 ay sonra) önemli bir farklılığa rastlamamışlardır. Ancak Ağaoğlu ve arkadaşlarının⁴⁰ yaptıkları çalışmada kanda farklı zaman aralıklarında nikel ve krom seviyelerinde belirgin farklılıklar görülmüştür. Özellikle iki yılın sonunda nikel ve krom seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede yükselme olmuştur. Tükürükte nikel ve krom seviyesi 1. ayda maksimum seviyeye ulaşmış ve 2. yıla doğru başlangıçtaki nikel ve krom seviyesine düşmüştür. Sonuç olarak sabit ortodontik aygıtların ağıza yerleştirilmesiyle nikel ve krom seviyelerinde artış görülmüş, ancak bu artışın toksik seviyelere ulaşmadığı bildirilmiştir.

Ortodontik tedavide korozyondan korunma yöntemleri

Malzeme seçiminde mekanik özelliklerin de göz önünde tutulması gerekmektedir. Ortam içerisinde galvanik etkileşime uğrayabileceğinden, günümüzde kullanılan Ni-Ti alaşımlarından yapılan tellerin seçiminde dikkatli olunmalıdır.

Tasarım, korozyona etki eden önemli faktörlerden biridir. Özellikle, anodik etki oluşturan girinti çıkıntılarının

olmaması önemli bir etkidir. Gerek tellerin braket kanalı içinde hareketini engelleyerek mekanik olarak olumsuz etki yaratacağından, gerekse korozyon direncini azaltacağından malzeme yüzeyinin olabildiğince pürüzsüz olması gerekmektedir. Aynı zamanda gerilme oluşturacak köşelerden de kaçınılmalı, büküm işlemi sonunda gerilmeleri azaltacak ısıl işlemler uygulanmalıdır. Ark teli yüzeyinin korozyona karşı direnci çok yüksek polimer, seramik veya titanyum oksit gibi malzemeler ile kaplanması ile korozyona karşı daha dirençli teller elde edilmektedir. Bu tellerin ortodontik tedavi süresince kullanılması sayesinde de koroziv ürünlerin etkilerinden korunabilir.

Ortam sıcaklığı, ortamdaki tuzlar, iyonlar, ortamın pH değeri korozyon hızını etkileyen faktörlerdendir. İstenilen ortamın sağlanması, ancak tel kullanıcısının bilgilendirilmesi ile sağlanabilir. Örnek olarak sıcaklığın yükselmesine karşı önlem, hastaya sıcak içeceklerin ne şekilde kullanılması gerektiği söylenerek alınabilir. Asidik ortama karşı önlem, beslenme sonrası ağız temizliği ile ilgili bilgiler verilerek ve hastanın beslenmesine dikkat etmesi gerektiği öğütlenerek sağlanabilir.⁴¹

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Tuncer S, Demirci M. Dental materyallerde biyouyumluluk değerlendirmeleri. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2011;21:141-9.
2. Kurtulmuş S, Aydın K. Dental döküm alaşımlarının genotoksinite, mutajenisite ve karsinogenisitesi. SÜ Diş Hek Fak Derg 2007;16:73-8.
3. Wataha JC. Biocompatibility of dental casting alloys: a review. J Prosthet Dent 2000;83:223-34.
4. de Menezes LM, Abdo Quintao CC. The release of ions from metallic orthodontic appliances. Semin Orthod 2010;16:282-92.
5. Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. American Dental Association status report on the occurrence of galvanic corrosion in the mouth and its potential effects. J Am Dent Assoc 1987;115:783-7.
6. Park HY, Shearer TR. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. Am J Orthod 1983;84:156-9.
7. Toms AP. The corrosion of orthodontic wire. Eur J Orthod 1988;10:87-97.
8. Bishara S, Barrett RD, Selim M. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1993;103:115-9.
9. Huang HH, Chiu YH, Lee TH, Wu SC, Yang HW, Su KH, et al. Ion release from NiTi orthodontic wires in artificial saliva with various acidities. Biomaterials 2003;24:3585-92.
10. Özkömür A. Elmas benzeri karbon kaplamanın implant üstyapı parçaları arası galvanik korozyona etkinliğinin incelenmesi [tez]. Adana: Çukurova Üniversitesi; 2008.
11. Tosun Y. Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri [tez]. İzmir: Ege Üniversitesi; 1999.
12. Reicheneder CA, Baumet U, Gedrange T, Proff P, Faltermeier A, Muessig D. Frictional properties of aesthetic brackets. Eur J Orthod 2007;29:359-65.
13. Hamdan A, Rock P. The effect of different combinations of tip and torque on archwire/ bracket friction. Eur J Orthod 2008;30:508-14.

14. Brantley WA, Eliades T. Orthodontic materials: scientific and clinical aspects. 1st edn. New York: Thieme; 2001. p.84-97.
15. Burstone CJ, Goldberg JA. Beta titanium: A new orthodontic alloy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1980;77:121-32.
16. Kusy RP. A review of contemporary arch wires: Their properties and characteristics. *Angle Orthod* 1997;67:197-207.
17. Von Fraunhofer JA. Corrosion of orthodontic devices. *Semin Orthod* 1997;3:198-205.
18. Amini F, Borzabadi Farahani A, Jafari A, Rabbani M. In vivo study of metal content of oral mucosa cells in patients with and without fixed orthodontic appliances. *Orthod Craniofac Res* 2008;11:51-6.
19. Kuhta M, Pavlin D, Slaj M, Varga S, Lapter-Varga M, Slaj M. Type of archwire and level of acidity: effects on the release of metal ions from orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2009;79:102-10.
20. Kerosuo H, Moe G, Kleven E. In vitro release of nickel and chromium from different types of simulated orthodontic appliances. *Angle Orthod* 1995;65:111-6.
21. Sunderman FW Jr. Biological monitoring of nickel in humans. *Scand J Work Environ Health* 1993;19:34-8.
22. Barceloux DG. Nickel. *J Toxicol Clin Toxicol* 1999;37:239-58.
23. Kerosuo H, Kullaa A, Kerosuo E, Kanerva L, Hensten-Pettersen A. Nickel allergy in adolescents in relation to orthodontic treatment and piercing of ears. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:148-54.
24. Greig DG. Contact dermatitis reaction to a metal buckle on a cervical headgear. *Br Dent J* 1983;155:61-2.
25. Müller K, Valentine-Thon E. Hypersensitivity to titanium: clinical and laboratory evidence. *Neuro Endocrinol Lett* 2006;27:31-5.
26. Grimaudo NJ. Biocompatibility of nickel and cobalt dental alloys. *Gen Dent* 2001;49:498-503; quiz 504-5.
27. Çömlekoğlu E, Dündar M, Güngör M, Aladağ A, Gökçe B. Allergy in dentistry: General terms and testing materials. *EÜ Diş Hek Fak Derg* 2008;29:67-79.
28. Aalto-Korte K, Alanko K, Kuuliala O, Jolanki R. Methacrylate and acrylate allergy in dental personnel. *Contact Dermatitis* 2007;57:324-30.
29. Gonçalves TS, Morganti MA, Campos LC, Rizzato SM, Menezes LM. Allergy to auto-polymerized acrylic resin in an orthodontic patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:431-5.
30. Eliades T, Athanasiou AE. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. *Angle Orthod* 2002;72:222-37.
31. Eliades T, Zinelis S, Papadopoulos MA, Eliades G, Athanasiou AE. Nickel content of as-received and retrieved NiTi and stainless steel archwires: assessing the nickel release hypothesis. *Angle Orthod* 2004;74:151-4.
32. Faccioni F, Franceschetti P, Cerpelloni M, Fracasso ME. In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:687-93; discussion 693-4.

33. Kobayashi S, Ohgoe Y, Ozeki K, Hirakuri K, Aoki H. Dissolution effect and cytotoxicity of diamond-like carbon coatings on orthodontic archwires. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:2263-8.
34. Shah AG, Shetty PC, Ramachandra CS, Bhat NS, Laxmikanth SM. In vitro assessment of photocatalytic titanium oxide surface modified stainless steel orthodontic brackets for antiadherent and antibacterial properties against *Lactobacillus acidophilus*. *Angle Orthod* 2011;81:1028-35.
35. Pazzini CA, Júnior GO, Marques LS, Pereira CV, Pereira LJ. Prevalence of nickel allergy and longitudinal evaluation of periodontal abnormalities in orthodontic allergic patients. *Angle Orthod* 2009;79:922-7.
36. Dunlap CL, Vincent SK, Barker BF. Allergic reaction to orthodontic wire: report of case. *J Am Dent Assoc* 1989;118:449-50.
37. Kolokitha OE, Chatzistavrou E. A severe reaction to ni-containing orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2009;79:186-92.
38. Kao CT, Ding SJ, He H, Chou MY, Huang TH. Cytotoxicity of orthodontic wire corroded in fluoride solution in vitro. *Angle Orthod* 2007;77:349-54.
39. Kocadereli L, Ataç PA, Kale PS, Ozer D. Salivary nickel and chromium in patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2000;70:431-4.
40. Ağaoğlu G, Arun T, Izgi B, Yarat A. Nickel and chromium levels in the saliva and serum of patients with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod* 2001;71:375-9.
41. Küçükıldırım O. Ortodontik tellerin farklı ortamlardaki korozyon davranışlarının incelenmesi [tez]. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi; 2006.

Biocompatibility in orthodontics

ABSTRACT

The biological compatibility of the orthodontic treatment materials is an important issue because of their close relationship with the mouth epithelial and connective tissues, the teeth and the surrounding bone. Release of metallic ions from these materials to the oral cavity may cause some allergic reactions. Information on the biocompatibility of orthodontic materials have been given in this article and issues that must be considered during treatment period have been discussed.

KEYWORDS: Biocompatibility; orthodontics; orthodontic appliances