

# Braketlerin Geri Dönüşüm Yöntemleri ve Etkileri: Geleneksel Derleme

## Recycling Methods of Brackets and Their Effects: Literature Review

<sup>ID</sup> Refia Lale TANER<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Eda ŞİRİN<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti ABD, Ankara, Türkiye

**ÖZET** Sabit ortodontik tedavinin temel parçası olan braketler tedavi sırasında çeşitli nedenlerle dişten ayrılabilir. Hastaya veya ortodontiste bağlı çok sayıda faktör braket kopmasını etkileyebilir. Hastayla ilişkili faktörler olarak mine defektleri, kooperasyon, ağız hijyeni gibi nedenler sayılabilirken, ortodontiste bağlı faktörler mine pürüzlendirme yöntemi, primer, kompozit rezin türü, ışık cihazı, polimerizasyon süresi ve kullanılan braket tipi olarak sayılabilir. Ortodontist tedavi sırasında zaman kaybını önlemek veya ekonomik tasarruf sağlamak amacıyla aynı braketi tekrar kullanmayı isteyebilir. Bu amaçla çeşitli geri dönüşüm yöntemleri braketlerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ortodontik braketlerin geri dönüşümü için birçok yöntem mevcuttur; geri dönüşüm için seçenekler yakma, freze etme yöntemi, kumlama ve lazer olarak sayılabilirken, bu yöntemler kombine olarak da uygulanabilmektedir. Braketlerin geri dönüşümünün braketlerin mine yüzeyine bağlanma dayanımına ve braketlerin fiziksel özelliklerine etkisi araştırma konusu olmuştur. Braketlerin geri dönüşümüyle birlikte slot boyutlarında değişiklik olup olmaması, sürtünme ve korozyon miktarları araştırılmıştır. Geri dönüştürülerek kullanılan braketlerin fiziksel özelliklerinde oluşan değişikliğin klinik açıdan etkisi üzerinde durulmuştur. Ayrıca uygulanan geri dönüşüm yönteminin braket materyali tipine (paslanmaz çelik, seramik) bağlı olarak da etkisi değişebilmektedir. Her geri dönüşüm yöntemi kendine özgüdür ve etkileri de farklı olabilir. Kullanılan geri dönüşüm yöntemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları olduğu için ortodontist braketleri tekrar kullanmak istediğinde braket tabanındaki artık adezivi temizlemek için kullanacağı uygun yöntemi seçmelidir. Bu derlemenin amacı ortodontik braketlerin geri dönüşüm yöntemlerini tanımlamak, bu konuda yapılmış çalışmalarını incelemek ve geri dönüşüm yöntemlerinin braketler üzerine etkilerini açıklayarak klinik açıdan öngörü sağlamaktır.

**ABSTRACT** Brackets, which are the basic part of fixed orthodontic treatment, can be separated from the teeth for various reasons during treatment. Many factors related to the patient or the orthodontist can affect bracket failure. While patient related factors can be enamel defects, cooperation, and oral hygiene, factors related to the orthodontist can be as enamel roughening method, primer, composite resin type, light device, polymerization time, and type of bracket. The orthodontist may want to reuse the same bracket in order to prevent time loss or to save money during treatment. Thereby, various recycling methods allow the use of brackets. There are many methods for recycling orthodontic brackets; options for recycling are burning, milling method, sandblasting, laser, and combination of these methods. The effects of the recycling brackets on the bond strength of the brackets to the enamel surface and the physical properties of the brackets have been investigated. By recycling the brackets, changes in slot dimensions, the amount of friction and corrosion were assessed. The clinical effects of the change in the physical properties of the recycled brackets have been emphasized. In addition, the effects of the recycling method may vary depending on the bracket material type (stainless steel, ceramic). Each recycling method is unique and its effects can be different. Since the recycling methods used have advantages and disadvantages compared to each other, when the orthodontist wants to reuse the brackets, he should choose the appropriate method to clean the residual adhesive on the bracket base. The aim of this review is to describe the recycling methods of orthodontic brackets, examine the studies on this subject and provide clinical foresight by explaining the effects of recycling methods on brackets.

**Anahtar Kelimeler:** Sabit ortodontik tedavi; ortodontik braketler; sıyrma bağlanma dayanımı; bakteri tutulumu; sürtünme

**Keywords:** Fixed orthodontic appliances; orthodontic brackets; shear bond strength; bacterial adhesion; orthodontic friction

Ortodontist, sabit ortodontik tedavi sırasında hastanın uygun olmayan çiğneme kuvvetleri veya yapıştırma işlemi sırasında oluşan teknik hatalar nede-

niyle braketin diş yüzeyinden ayrılmasıyla karşılaşabilmektedir.<sup>1</sup> Bazen ise uygun olmayan braket konumunu değiştirmek amacıyla kasıtlı olarak braketi diş

**KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:**

Taner RL, Şirin E. Braketlerin geri dönüşüm yöntemleri ve etkileri: Geleneksel derleme. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(2):332-40.

**Correspondence:** Eda ŞİRİN

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti ABD, Ankara, Türkiye

**E-mail:** edasirin1994@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

**Received:** 24 Aug 2023 **Accepted:** 23 Oct 2023 **Available online:** 28 Dec 2023

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

yüzeyinden ayırabilmektedir. Braketlerin aynı seansta tekrar kullanılabilmesi amacıyla çeşitli braket geri dönüşüm yöntemlerinden yararlanılmaktadır.<sup>2</sup> Geri dönüşüm yöntemi, braketin tabanındaki yapıştırıcı artığını braketle zarar vermeden temizlenmesine ve tekrar kullanılabilmesine olanak vermelidir.<sup>3</sup> Kullanılan yöntem braket slotunu ve braketin fiziksel özelliklerini olumsuz etkilememeli veya klinik açıdan ihmal edilebilir düzeyde minimum etkilemelidir. Yakma, freze etme, kumlama ve lazer yöntemleri braket tabanındaki artık adezivi temizlemek için kullanılan geri dönüşüm yöntemleridir. Literatürde her yöntemin kendi özellikleri, avantajları ve dezavantajları yer almaktadır. Ortodontistin kliniğinde uygun yöntemi seçmesi, geri dönüşüm yöntemlerinin birbirine karşı avantaj ve dezavantajlarını bilmesi önemlidir. Bu derlemenin amacı, braketlerin geri dönüşüm yöntemlerini tanıtmak ve bu yöntemlerin etkinliğini değerlendirerek klinik pratiği için önerilerde bulunmaktır. Bu amaç doğrultusunda bu derleme için PubMed (National Library of Medicine, USA), Google Scholar'da (Google Inc., California, USA) 1979-2023 yılları arasında "bracket recycling, orthodontic brackets" adıyla literatür taraması yapılmıştır. Yapılan taramada, 1.340 literatür özeti incelenmiş olup, konuyla ilişkili olan 53 literatür derlemeye dâhil edilmiştir. Derlemeye braket geri dönüşüm yöntemleri ile en fazla ilişkili olan literatürler dâhil edilirken, farklı mine yüzey işlemleri uygulanan, farklı taban tasarımına sahip braketler ya da farklı adeziv sistemleri ile yapıştırılan braketler üzerinde yapılan çalışmalar dışlanmıştır.

## BRAKETLERİN GERİ DÖNÜŞÜM AVANTAJLARI

Geri dönüşümün temel avantajı, bir braketin tekrar tekrar kullanılabilmesini sağlayarak oluşan ekonomik tasarruftur.<sup>4</sup> Klinikte braketler hemen geri dönüştürülerek aynı seansta tekrar yapıştırılabilir ve zaman kaybı önlenmiş olur. Yapılan bazı çalışmalarda, geri dönüştürülen braketlerin de yeni braketler kadar bağlanma dayanımına sahip olduğu tespit edilmiştir. Halwai ve ark. 60 premolar diş üzerinde yaptıkları *in vitro* çalışmada, kumlama yönteminin en yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği ve geri dönüşümün yeterli klinik bağlanma dayanımını sağladığını bildirmiştir.<sup>5</sup>

Cacciafesta ve ark. 2004 yılında yaptıkları 12 aylık klinik çalışmada, 310 paslanmaz çelik braket (156 braket geri dönüştürülmüş, 154 braket yeni) incelemiştir. Geri dönüştürülen ve yeni braketler arasında düşme (fail olma) oranı arasında fark bulunamamıştır.<sup>6</sup> Lunardi ve ark. ise 40 sığır kesici dişi üzerinde yaptıkları *in vitro* çalışmada, 50 mikron Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama yöntemi ile ardışık iki geri dönüşümün braketle kesme bağlanma dayanımını [shear bond strength (SBS)] etkilemediğini bildirmiştir.<sup>7</sup>

Iluru ve ark. yaptıkları çalışmada, yeni ve yenilenmiş braketlerin fiziksel özelliklerini incelemiş ve statik sürtünme direncinde istatistiksel olarak bir farklılık olmadığını bulmuştur ve geri dönüşümün braket slotunda sürtünmeyi etkilemediğini bildirmiştir.<sup>8</sup>

## BRAKETLERİN GERİ DÖNÜŞÜM DEZAVANTAJLARI

Braketlerin geri dönüşüm işlemi braket slotunda minimal bir değişikliğe, braketin fiziksel özelliklerinde bozulmaya ve korozyona karşı direncin azalmasına neden olabilir.<sup>9-11</sup> Bazı çalışmalarda, literatürdeki diğer çalışmaların aksine geri dönüştürülen braketlerin yeni braketler kadar bağlanma dayanımına sahip olmadığı vurgulanmıştır.<sup>12</sup> Khanal ve ark. 2021 yılında yaptıkları çalışmada, yeni braketlerin makaslama dayanımı, geri dönüştürülmüş braketlere göre önemli ölçüde daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Geri dönüştürülmüş braketler arasında, kumlama + yakma yöntemi yeterli SBS sağlarken, ultrasonik temizleme+yakma yöntemi klinik kullanım için sınırda bir değer sağlamıştır. Sadece yakma yöntemi ile temizlenen braketler önemli ölçüde daha düşük bir bağlanma dayanımı göstermiştir.<sup>13</sup>

Yassaei ve ark. farklı geri dönüşüm yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmada, Er:YAG lazerle ve kumlama yöntemi ile geri dönüştürülmüş braketlerin kontrol gruplarına benzer SBS değerleri verdiği, yakma yöntemi ile geri dönüştürülmüş braketlerin ortalama SBS değeri anlamlı derecede düşük olmasına rağmen klinik olarak yeterli olduğu belirtilmiştir. CO<sub>2</sub> lazer ile geri dönüştürülen braketlerin, klinik olarak yeterli bağlanma dayanımına sahip olmadığı tespit edilmiştir.<sup>14</sup> Literatürde geri dönüşüm yönteminin braketlerin bağlanma dayanımına etkisi tartışmalıdır

ve geri dönüşümün etkileri, yöntemin tipine (kumlama, yakma, freze etme, lazer yöntemi) ve braketin yapıldığı materyal tipine (paslanmaz çelik, seramik) bağlı olarak değişebilmektedir.<sup>2,9,15</sup>

## BRAKETLERİN GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ

Braket tabanındaki yapıştırıcı artığı temizlemek için günümüze kadar çeşitli yöntemler kullanılmıştır.<sup>15</sup> Geri dönüşüm yöntemleri; yakma, freze etme, kumlama ve son yıllarda diş hekimliği pratiğinde yaygın kullanılan lazer uygulamasıdır. Bu yöntemler, yapıştırıcı artığını temizlemek için tek başına ya da yakma + kumlama yöntemi şeklinde kombine olarak da kullanılabilir.<sup>2,3,15</sup>

### YAKMA YÖNTEMİ

Yakma yönteminde braketler gaz torç veya dental bek üzerinde ortalama 5 sn kiraz kırmızısı renge kadar yakıldıktan sonra su içerisinde soğutulur ve kompozit kalıntılar bir dental sond ile çıkarılır.<sup>2,5,16</sup> Yakma yöntemi tek başına kullanılabilir gibi yakma işlemi sonrası kumlama ya da elektropolisaj yapılabilir (Buchman yöntemi).<sup>6</sup> Bazı çalışmalarda yakma + kumlama yöntemi sonrası asit banyosu solüsyonu (hidroklorik asit ve nitrik asit) ile 15 sn temizlik ve 30-60 sn arasında akan suda durulanma şeklinde uygulamalar yapılmaktadır.<sup>2</sup>

### FREZE ETME YÖNTEMİ

Freze etme yöntemi ile braket tabanında yer alan yapıştırıcı, yeşil taş, elmas frez vs. kullanılarak yüksek hızlı veya düşük hızlı el aleti (air rotor) ile aşındırma şeklinde temizlenmektedir. Tavares ve ark. yeni ve geri dönüştürülmüş braketlerin bağlanma dayanımını karşılaştırdıkları çalışmada, freze etme yöntemi için silisyum karbür taşı (yeşil taş) düşük hızda kullanılırken, Halwai ve ark. yaptıkları çalışmada, freze etme yöntemi ile braket tabanındaki artık adezivi temizlemek için 25 sn boyunca düşük turlu anguldurva ile konik şeklinde 3/16 inç yeşil taş kullanılmıştır.<sup>5,16-18</sup> Chacko ve ark. ise 2013 yılında yaptıkları çalışmada, bir grup braket tabanında artık kompozit çıkarılana kadar 25 sn boyunca 000.25 devir/dk hızında yavaş turlu el aleti ile çalıştırılan tungsten karbür taş kullanılmıştır. Çalışma sonucunda bu grupta

artık adezivin tamamen temizlenemediği ve braket mesh tabanında düzleşme ve örgü kaybı görüldüğü bildirilmiştir.<sup>19</sup>

### LAZER YÖNTEMİ

Lazerlerin ortodontik uygulamaları genellikle ağrı giderme, diş hareketinin hızlandırılması ve braket tabanından yapıştırıcının temizlenmesi olarak bildirilmiştir.<sup>20,21</sup> Artık adezivin braket tabanından uzaklaştırılmasında Er:YAG, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG ve CO<sub>2</sub> gibi lazerler kullanılmaktadır. Er:YAG lazerin ve son zamanlarda Er,Cr:YSGG'nin geliştirilmesi, hiçbir olumsuz yan etki olmaksızın braket tabanından artık adezivin tamamen çıkarılmasını sağlamıştır.<sup>19</sup> Artık yapıştırıcı temizlenmesi için braket tabanlarına Er:YAG lazer cihazı dik şekilde 5-7 mm, CO<sub>2</sub> lazer cihazının ucu 2-3 mm mesafeden uygulanabilmektedir. Ayrıca lazer yöntemi ile kumlama yönteminin kombine olarak da kullanılabilirliği bildirilmiştir.<sup>22</sup> Elektron mikroskobu çalışmaları, artık rezinin lazerle temizlenmesinin derinliğinin kontrol edilebildiğini ve mesh braket tabanına hasar vermediğini bildirmiştir. Tekrar yapıştırılan braketlerin yeterli bağlanma kuvveti nedeniyle lazer tekniğinin, kumlama yöntemi veya yeni braket kullanımına kabul edilebilir bir alternatif olabileceğini göstermiştir.<sup>23</sup> Shi ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmada, braket tabanından artık adezivi yakma, freze etme, kumlama yöntemlerine alternatif olarak "krypton fluoride laser (KrF lazer)" ile temizlenmesini araştırmıştır. Sonuç olarak KrF lazerin brakete minimum hasar veren ve daha fazla çalışmaya değer üstün bir braket yenileme yöntemi olduğu bildirilmiştir ve KrF lazer üzerine daha fazla araştırma yapılması önerilmiştir.<sup>24</sup>

### KUMLAMA YÖNTEMİ

Geri dönüşüm amacıyla giderek yaygınlaşan kullanımına rağmen alüminyum oksit püskürtme tekniği başlangıçta yeni braketlerin mekanik tutuculuğunu ve restore edilmiş dişlere braket bağlanmasını artırmayı amaçlamıştır. Kumlama yöntemi, braketin tabanında yapıştırıcıyı temizlemek için farklı boyutlarda alüminyum oksit partikülü püskürtme şeklinde kullanılarak gerçekleştirilir.<sup>25</sup> Kumlama cihazı ucu yaklaşık 5-10 mm uzaktan ortalama 50-90 psi ile farklı boyutlarda (50-90 mikron) alüminyum oksit partikülleri

püskürterek, braket tabanından yapıştırıcı temizlenene kadar uygulanır. Genellikle 15-30 sn uygulama yapılır.<sup>16</sup> Kumlama yönteminde rutinde 50 ve 90 mikron partikül kullanılırken, farklı mikron alüminyum oksit partiküllerinin etkinliğinin araştırıldığı 2015 yılında yapılmış bir çalışma bulunmaktadır. Montero ve ark. tarafından 300 sığır üst kesici dişi üzerinde yapılan *in vitro* çalışmada, 25, 50 ve 110 mikron boyutunda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama partikülü ile artık adeziv temizlenen braketlerin kum partikül boyutu arttıkça ve art arda kumlama yapıldığında bağlanma dayanımının azaldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada, elektron mikroskopu incelemesinde braketlerin endüstriyel olarak temizlenmesinde kumlama yöntemine göre daha az artık adeziv kaldığı bildirilmiştir.<sup>26</sup> 2021 yılında yapılan bir sistematik derleme ve metaanaliz çalışmasında, yeni ve kumlanmış braketlerin SBS'si arasındaki ortalama farkın 0,85 N/mm<sup>2</sup> olduğu bildirilmiştir. Bu farkın klinik olarak göz ardı edilebileceği ve yüksek kalitede kanıt gösteren çalışmaların, kumlamanın SBS'yi etkilemeden braketlerin geri dönüşümünde etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.<sup>27</sup>

## BRAKETLERİN GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

İncelenen literatürlerde, kumlama yöntemi ile braket geri dönüşümünün klinik olarak etkili ve teknik olarak basit olduğu vurgulanmıştır. Cihaz ucundan braket tabanına 10 mm'lik mesafeden 50 ve 90 mikron alüminyum oksit partikül ile aşındırmanın braket tabanına herhangi bir zarar vermediği ve bağlanma dayanımını azaltmadığı tespit edilmiştir.<sup>17,28</sup>

Chetan ve ark. yaptıkları çalışmada, paslanmaz çelik metal braketlerin yeşil taşla freze edilerek ve yakma yöntemi ile yenilenmesinin, önemli ölçüde daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiğini tespit etmiştir. Paslanmaz çelik metal braketlerin kumlama yöntemiyle yenilenmesi, test edilen yöntemler arasında en yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir.<sup>16</sup> Yapılan *in vitro* bir çalışmada; yakma, kumlama, freze etme, yakma + kumlama yöntemi karşılaştırılmıştır. Freze etme yöntemi ile geri dönüştürülen braketler en düşük bağlanma dayanımına sahipken, kumlama yöntemi ile geri dönüştürülen braketler diğer yöntemlerden daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir.<sup>29,30</sup>

Kumar ve ark. 50 premolar diş üzerinde yaptıkları *in vitro* çalışmada; metal braketleri, 1. Grup (yakma+ultrasonik temizleme+elektropolisaj+silan ajanı uygulama); 2. Grup (yakma+kumlama); 3. Grup (yakma+ultrasonik temizleme); 4. Grup (yakma+elektropolisaj) şeklinde geri dönüştürmüştür. Çalışma sonucunda yakma yöntemi sonrası ultrasonik temizleme ve elektro-polisaj yapılan grupta bağlanma dayanımının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kumlama yönteminin bağlanma dayanımını etkilemediğini, zaman kazandıran uygun bir geri dönüşüm yöntemi olduğu vurgulanmıştır.<sup>31</sup>

Er,Cr:YSGG lazer yöntemi ile braket geri dönüşümünün klinik olarak yararlı bir yöntem olduğu ve bağlanma dayanımını azaltmadığı tespit edilmiştir. Kumlama yöntemi ile Er,Cr:YSGG lazer yöntemi arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Kumlama yöntemine alternatif olarak kullanılabilen Er,Cr:YSGG lazer yönteminin temel dezavantajı ise pahalı sistemler olmasıdır.<sup>22</sup> Han ve ark. yaptıkları çalışmada, Er:YAG lazer ile geri dönüşüm yönteminin, adezivin braket tabanından tamamen çıkarılmasına olanak sağladığını ve geri dönüştürülmüş braketlerin bağlanma dayanımının yeni braketlerin bağlanma dayanımına benzer olduğunu bulmuştur.<sup>32</sup> Grazioli ve ark. tarafından 2021 yılında yapılan bir sistematik derleme ve metaanaliz çalışmasında, dâhil edilme kriterlerine uygun 12 çalışma incelenmiştir. İncelenen literatür sonucunda Er:YAG lazerin, braketlerin geri dönüşümü için en uygun yöntem olarak kabul edilebileceği sonucuna varmıştır. Bununla birlikte, çalışma verileri ortodontik braket tabanından artık adezivin uzaklaştırılması için yakma, freze etme veya kumlama yönteminin de klinik olarak kabul edilebilir bağlanma dayanımı sağladığını göstermiştir.<sup>33</sup>

Kachoei ve ark.nın 2016 yılında yaptıkları çalışmada, birinci grup braketlere 30 adet üst kesici diş kullanılarak 50 mikron Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri ile kumlama yapılmış, ikinci grupta ise CO<sub>2</sub> lazer kullanılarak artık adeziv temizlenmiştir. Ardışık 3 kez temizleme, yapıştırma işlemi sonrası SBS değerleri ölçülmüştür. Kumlama ve lazer yöntemi ile geri dönüşümden sonra braket bağlanma dayanımında önemli bir fark bulunamamıştır. Ancak geri dönüşümün kumlama ile tekrarlanması, lazere kıyasla daha yüksek SBS değerleri vermiştir.<sup>34</sup>



Bahnasi ve ark. 180 premolar diş üzerinde yapılan çalışmada, 180 paslanmaz çelik braket tabanındaki artık adeziv 50 mikron kumlama, freze etme, yakma ve kimyasal yöntemle temizlendikten sonra SBS değerleri ölçülmüştür. Kumlama yöntemi ile braket geri dönüşümü, paslanmaz çelik braketlerin SBS'sini etkilememişken, freze etme, yakma ve kimyasal yöntemler kullanılarak braket geri dönüşümü, daha düşük SBS göstermiştir.<sup>35</sup>

## SERAMİK VE PASLANMAZ ÇELİK BRAKETLERDE GERİ DÖNÜŞÜM ETKİSİ

Seramik braketler çeşitli yöntemler ile geri dönüştürülebilir. Lew ve ark. yaptıkları çalışmada, yeni ve geri dönüştürülmüş seramik braketlerin ortalama bağlanma dayanımlarını sırasıyla 259,7±88,2 N ve 187,2±60,8 N olarak bulmuştur. Geri dönüştürülmüş seramik braketlerin bağlanma kuvveti daha düşük olmasına rağmen klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.<sup>36</sup>

Kumlama yöntemi seramik braketlerin mikrokristalin yapısına hasar verebilmektedir ve bu tekniğin seramik braketler için uygun olmadığı bildirilmiştir.<sup>37</sup> Ayrıca Han ve ark. 2016 yılında seramik braketlerde farklı geri dönüşüm yöntemlerini (yakma, kumlama, lazer) karşılaştırdıkları çalışmada, kumlama yönteminin bağlanma dayanımını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir.<sup>32</sup> Khan ve Kontham'ın 2023 yılında yaptıkları sistematik derleme ve metaanaliz çalışmasında, seramik braketlerin geri dönüşümü üzerine 11 çalışma dâhil edilmiştir. Çalışma sonucunda kumlama yöntemi sonrası silan uygulanarak, seramik braket tabanı temizlenmesinin yeterli bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmiştir.<sup>38</sup>

Literatürde yakma yöntemi ile geri dönüştürülen seramik braketlerin, yeni seramik braketlere benzer bir bağlanma kuvvetine sahip olduğu tespit edilmişse de braketlerin görünümünü etkilemesiyle tercih edilmesi düşünülmelidir. Er:YAG lazer yöntemi, adezivin seramik braketlerin tabanından hasar görmeden tamamen çıkarılmasına olanak sağlamıştır ve geri dönüştürülmüş braketlerin bağlanma dayanımı yeni braketlere benzer bulunmuştur.<sup>32</sup> Yassaei ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmada, hem kumlama hem de Er:YAG lazer ile seramik braket tabanı temizlen-

mesinin etkili olduğunu bildirmiştir.<sup>14</sup> Mirhashemi ve ark. ise Er:YAG lazer ile seramik braket geri dönüştürülmesinin diğer yöntemlere göre en yüksek SBS değerini verdiğini bildirmiştir.<sup>39</sup>

Paslanmaz çelik braketlerin geri dönüştürülmesi için yakma, freze etme, kumlama ve lazer yöntemleri tek veya kombine şeklinde uygulanabilmektedir. Geri dönüşüm yöntemleri paslanmaz çelik braketlerin fiziksel özelliklerine minimum zarar verirken, geri dönüşüm yöntemlerinden kumlama ve lazer yöntemi diğer yöntemlere üstünlük göstermektedir. Paslanmaz çelik braketlerin geri dönüşümlerinde lazer yöntemi ve kumlama yöntemi, çalışmalarda yakma ve freze etme yöntemine üstünlük gösteren etkili, kısa zamanda geri dönüşüm sağlayan yöntemlerdir.<sup>5,16,20-22</sup>

## GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ BRAKETLERDEN TÜKÜRÜĞE İYON SALINIMI, KOROZYON

Ortodontik bantların, braketlerin çoğu nikel, krom, bakır, titanyum ve demir içeren paslanmaz çelikten yapılır.<sup>40</sup> Paslanmaz çelik veya nikel-titanyum alaşımlarından yapılan çoğu ortodontik braket tükürük içine metal iyonları salabilir. Bu metallerin hipersensitiviteye, dermatite neden olabileceği, önemli kanserojen ve mutajenik potansiyeli olduğu bildirilmiştir.<sup>41</sup> Faccioni ve ark. nikel iyonlarının oral mukoza hücrelerinde DNA hasarları oluşturabildiğini bildirmiştir.<sup>42</sup>

Yeni ve geri dönüştürülmüş braketlerin yapay bir tükürük sisteminde *in vitro* olarak değerlendirildiği bir çalışmada, geri dönüştürülmüş braketlerin kullanılmasının korozyon sürecini hızlandırabildiği tespit edilmiştir. Geri dönüşüm, braketlerin korozyona uğrama riskini artırmıştır.<sup>43</sup> Geri dönüştürülmüş braketlerdeki korozyon, kullanılan geri dönüşüm tekniklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.<sup>44,45</sup>

Gürsoy ve ark. yaptıkları çalışmada, geri dönüştürülmüş braketlerin yeni braketlerden daha yüksek miktarlarda bakır, krom, demir ve titanyum açığa çıkardığını tespit etmiştir.<sup>40</sup>

Sfondrini ve ark. 2009 yılında yaptıkları çalışmada, en fazla krom salınımının yeni braketlerden olduğunu ve salınan krom miktarının günlük diyet alım seviyesinin oldukça altında olduğunu belirtmişlerdir.<sup>46</sup> 2010 yılında yaptıkları çalışmada ise geri dön-

üstürülmüş braketlerden daha fazla miktarda nikel salındığını tespit etmişlerdir.<sup>47</sup>

Huang ve ark. yeni ve geri dönüştürülmüş braketlerden 48 hafta boyunca iyon salınımını inceledikleri çalışmada, geri dönüştürülmüş braketlerden salınan iyon miktarı yeni braketlerden daha yüksek bulunmuştur.<sup>48</sup>

Jithesh ve ark. 2015 yılında yaptıkları çalışmada, yeni ve geri dönüştürülmüş braketlerin farklı suni pH ve farklı zaman aralıklarında nikel salınımını araştırmışlardır. Çalışma, geri dönüştürülmüş paslanmaz çelik braketlerden nikel salınımının 4,2 pH'de 120. saat dışında en yüksek seviyeye sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle nikel alerjisi olan hastalarda geri dönüşümlü paslanmaz çelik braketler kullanılmaması önerilmiştir.<sup>49</sup>

## GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ BRAKETLERDE BAKTERİ TUTULUMU

Sabit ortodontik tedavinin en önemli parçasını oluşturan braketler bakteriyel adezyonu artırır. *Streptococcus mutans* adezyonunun geri dönüştürülmüş ortodontik braketler üzerinde değerlendirilmesi önemlidir. *S. mutans*, mine demineralizasyonu ve dental çürük oluşumunda temel faktördür. Bu konuda 2022 yılında Thiruvengadam ve ark. tarafından yapılmış bir çalışmada, braketlere 3 farklı geri dönüşüm yöntemi (Grup 1: yakma+asit banyosu, Grup 2: yakma+ultrasonik temizleme+elektropolisaj, Grup 3: yakma+kumlama+elektropolisaj) uygulanmıştır. Her grupta braketler, 1 gece boyunca  $10^8$  koloni oluşturan birim *S. mutans* ile inkübe edilmiştir ve takibinde canlı bakteri sayısı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda geri dönüşüm yapılan braketlerin daha fazla *S. mutans* bakterisi adezyonu gösterdiğini ve braketlere geri dönüştürüldükten sonra elektropolisaj yapılmasının bakteriyel adezyonu azalttığı tespit edilmiştir.<sup>50</sup>

## GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ BRAKETLERDE SLOT DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜRTÜNME

Reimann ve ark., 300 paslanmaz çelik braket üzerinde yaptıkları çalışmada, yeni braketlerle karşılaştırıldığında, asit banyosunda veya endüstriyel geri dönüştürülen braketlerde önemli boyutsal değişiklikler

ortaya çıktığını ve geri dönüştürülen braketlerin slot tabanında boyutsal değişimler olduğunu tespit etmişlerdir. Işık mikroskobu altında slot giriş genişlikleri tüm geri dönüştürülmüş braketlerde 0,55 ile 0,60 mm arasında değişirken, yeni braketlerde 0,57 mm ölçülmüştür. Slot taban genişlikleri, yeni braketlerin 0,57 mm iken, yakma yöntemi ile geri dönüştürülen braketlerde 0,51 mm ve asit banyosunda geri dönüştürülenlerde <0,50 mm olarak ölçülmüştür. Ayrıca bu çalışmada, yeni braketler ve geri dönüştürülmüş braketler arasında sürtünme kaybı açısından istatistiksel bir farklılık olmadığı da bildirilmiştir. Sonuç olarak braketlerin geri dönüşümünün ekonomik avantajı olmasına rağmen geri dönüşümün braket yuvalarının boyutsal stabilitesini ve özelliklerini etkilediği bilincinde olarak geri dönüşümün tek seferle sınırlı kalınması gerektiği önerilmiştir.<sup>44</sup>

Hixson ve ark. tarafından yapılan bir çalışma, paslanmaz çelik braketlerin, ticari 3 yöntemle [Esmadent (Esmadent Chemicals, USA), Ortho-Cycle Company (Missouri, USA), Century 2001 Inc. (St. Austell, UK)] geri dönüştürüldükten sonra dikdörtgen bir ark teli ile torklanma kabiliyetini değerlendirmiş ve ardışık iki geri dönüşüm boyunca, üç farklı yöntemin hiçbirinde ark telinin brakete yerleştirilmesi için klinik olarak önemli bir değişiklik bulunmamıştır.<sup>51</sup>

Iluru ve ark. ise 60 santral keser braketi üzerinde yaptıkları çalışmada, sürtünme direncinin yeni braketlerde geri dönüştürülmüş braketlere göre daha düşük bulmuşlardır. Yeni braketlerin ortalama statik sürtünmesi 0,2613 iken, geri dönüştürülmüş braketlerin 0,3167 olarak ölçülmüştür ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Yenileme işlemi braket yapısında fiziksel değişikliklerle sonuçlansa da bunun statik sürtünme direnci üzerinde önemli bir etkiye neden olduğu görülmektedir.<sup>8</sup>

Martina ve ark.ın yaptıkları çalışma bulguları geri dönüşümün bukkal ve taban slot genişliklerinde (-0,0013 inç), slot derinliğinde (+0,0014 inç) ve toplam braket taban alanında (+1,46 mm<sup>2</sup>) oluşan değişikliklerin çok az klinik etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Chapman ise 0,018 inç slot braketlerin 2. dönüşümden sonra slot genişliğinin 0,0005 inç arttığını ve 3. dönüşümden sonra ise slot genişliğinin 0,019 inçten büyük olduğunu bildirmiştir. Çalışma

sonucunda geri dönüştürülme sayısı ile orantılı olarak slot genişliğinde bir artış olduğunu bulmuştur ve braketlerin yalnızca bir veya iki geri dönüşümü tolere edebileceğini belirtmiştir.<sup>52,53</sup>

## SONUÇ

Sonuç olarak araştırılan literatürler incelendiğinde, braket geri dönüşümü için çeşitli yöntemlerin geliştirildiği tespit edilmiştir. Lazer ve kumlama yönteminin diğer yöntemlere göre daha yüksek bağlanma değerleri gösterdiği çalışmaların genel bulgusu iken, yakma ve freze etme yöntemi de klinik olarak yeterli bağlanma dayanımı sağlayabilmektedir. Eğer yakma yöntemi kullanılacaksa sonrasında korozyon ve bakteriyel adezyonu azaltmak amacıyla elektropolisaj veya ultrasonik temizleme yapılması önerilmektedir. Lazer yöntemi pahalı bir yöntem olmasına rağmen braket mesh tabana zarar vermeyen hassas ve etkili bir yöntemdir. Braket geri dönüşümünün temel avantajlarından biri ekonomik tasarruftur. Bu durum göz önüne alındığında, kumlama yöntemi hem klinik olarak yeterli bağlanma dayanımı sağlaması hem de kısa zamanda uygulaması kolay, uygun maliyetli, etkili bir yöntem olmasıyla diğer yöntemlere üstünlük göstermektedir.

termeğidir. Geri dönüşüm yöntemleri, braketlerin fiziksel özelliklerini klinik olarak önemli miktarda olmasa da etkileyebilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, bir braket için ikiden daha fazla geri dönüşüm yapılması düşünülmelidir.<sup>53</sup>

### 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

*Fikir/Kavram: Eda Şirin; Tasarım: Eda Şirin, Refia Lale Taner; Denetleme/Danışmanlık: Refia Lale Taner; Kaynak Taraması: Eda Şirin; Makalenin Yazımı: Eda Şirin; Eleştirel İnceleme: Refia Lale Taner.*

## KAYNAKLAR

- Ahrari F, Basafa M, Fekrazad R, Mokarram M, Akbari M. The efficacy of Er,Cr:YSGG laser in reconditioning of metallic orthodontic brackets. *Photomed Laser Surg.* 2012;30(1):41-6. [Crossref] [PubMed]
- Yassaei S, Aghili H, KhanPayeh E, Goldani Moghadam M. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal. *Lasers Med Sci.* 2014;29(5):1563-8. [Crossref] [PubMed]
- Egan FR, Alexander SA, Cartwright GE. Bond strength of rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(1):64-70. [Crossref] [PubMed]
- Matasa CG. Pros and cons of the reuse of direct-bonded appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(1):72-6. [Crossref] [PubMed]
- Halwai HK, Kamble RH, Hazarey PV, Gautam V. Evaluation and comparison of the shear bond strength of rebonded orthodontic brackets with air abrasion, flaming, and grinding techniques: an in vitro study. *Orthodontics (Chic.).* 2012;13(1):e1-9. [PubMed]
- Cacciafesta V, Sfondrini MF, Melsen B, Scribante A. A 12 month clinical study of bond failures of recycled versus new stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 2004;26(4):449-54. [Crossref] [PubMed]
- Lunardi N, Gameiro GH, de Araújo Magnani MBB, Nouer DF, de Siqueira VCV, Consani S, et al. The effect of repeated bracket recycling on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *Braz. J. Oral Sci.* 2008;7(27):1648-52. [Link]
- Iluru R, Nellore C, Karnati PK, Thalapaneni AK, Myla VB, Ramyaree K, et al. The effects of in-office reconditioning on the slot dimensions and static frictional resistance of stainless steel brackets. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(1):ZC74-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Buchman DJ. Effects of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets. *Am J Orthod.* 1980;77(6):654-68. [Crossref] [PubMed]
- Buchwald A. A three-cycle in vivo evaluation of reconditioned direct-bonding brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;95(4):352-4. [Crossref] [PubMed]
- Papadopoulos MA, Eliades T, Morfaki O, Athanasiou AE, Bolender CJ. Recycling of orthodontic brackets: effects on physical properties and characteristics-ethical and legal aspects. *Revue D Orthopedie Dentofaciale.* 2000;34(2):257-78. [Crossref]
- Mascia VE, Chen SR. Shearing strengths of recycled direct-bonding brackets. *Am J Orthod.* 1982;82(3):211-6. [Crossref] [PubMed]
- Khanal PP, Shrestha BK, Yadav R, Prasad Gupta S. A comparative study on the effect of different methods of recycling orthodontic brackets on shear bond strength. *Int J Dent.* 2021;2021:8844085. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Yassaei S, Aghili H, Hosseinzadeh Firouzabadi A, Meshkani H. Effect of Er:YAG Laser and Sandblasting in Recycling of Ceramic Brackets. *J Lasers Med Sci.* 2017;8(1):17-21. [Crossref] [PubMed] [PMC]

15. Gupta N, Kumar D, Palla A. Evaluation of the effect of three innovative recycling methods on the shear bond strength of stainless steel brackets-an in vitro study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(4):e550-e5. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
16. Chetan GB, Reddy M. Comparative evaluation of four office reconditioning methods for orthodontic stainless steel brackets on shear bond strength an in vitro study. *Ann Essences Dent*. 2011;3(1):6-13. [[Link](#)]
17. Tavares SW, Consani S, Nouer DF, Magnani MB, Nouer PR, Martins LM. Shear bond strength of new and recycled brackets to enamel. *Braz Dent J*. 2006;17(1):44-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Valizadeh S, Alimohammadi G, Nik TH, Etemadi A, Tanbakuchi B. In vitro evaluation of shear bond strength of orthodontic metal brackets to aged composite using a self-adhesive composite: Effect of surface conditioning and different bonding agents. *Int Orthod*. 2020;18(3):528-37. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Chacko PK, Kodoth J, John J, Kumar K. Recycling stainless steel orthodontic brackets with Er:YAG laser - An environmental scanning electron microscope and shear bond strength study. *J Orthod Sci*. 2013;2(3):87-94. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
20. Tortamano A, Lenzi DC, Haddad AC, Bottino MC, Dominguez GC, Vigorito JW. Low-level laser therapy for pain caused by placement of the first orthodontic archwire: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(5):662-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
21. Yoshida T, Yamaguchi M, Utsunomiya T, Kato M, Arai Y, Kaneda T, et al. Low-energy laser irradiation accelerates the velocity of tooth movement via stimulation of the alveolar bone remodeling. *Orthod Craniofac Res*. 2009;12(4):289-98. Erratum in: *Orthod Craniofac Res*. 2010;13(1):68. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Ishida K, Endo T, Shinkai K, Katoh Y. Shear bond strength of rebonded brackets after removal of adhesives with Er,Cr:YSGG laser. *Odontology*. 2011;99(2):129-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Fuhrmann R, Gutknecht N, Magunski A, Lampert F, Diedrich P. Conditioning of enamel with Nd:YAG and CO2 dental laser systems and with phosphoric acid. An in-vitro comparison of the tensile bond strength and the morphology of the enamel surface. *J Orofac Orthop*. 2001;62(5):375-86. English, German. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Shi L, Yang K, Ji L, Ling C. Shear bond strength and morphological analysis of KrF laser-recycled metal brackets. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(3):168-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Canay S, Kocadereli I, Akca E. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000;117(1):15-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Montero MM, Vicente A, Alfonso-Hernández N, Jiménez-López M, Bravo-González LA. Comparison of shear bond strength of brackets recycled using micro sandblasting and industrial methods. *Angle Orthod*. 2015;85(3):461-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. Anita P, Kailasam V. Effect of sandblasting on the shear bond strength of recycled metal brackets: A systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *Int Orthod*. 2021;19(3):377-88. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Lunardi N, Gameiro GH, de Araújo Magnani MBB, Nouer DF, de Siqueira VCV, Consani S, et al. The effect of repeated bracket recycling on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *Braz J Oral Sci*. 2008;7(27):1648-52. [[Link](#)]
29. Kamisetty SK, Verma JK, Arun, Sundari S, Chandrasekhar S, Kumar A. SBS vs Inhouse Recycling Methods-An Invitro Evaluation. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(9):ZC04-8. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
30. Venugopal A, Tejani H, Manzano P, Vergara RG. Comparison of two different orthodontic bracket recycling techniques. *Orthod J Nepal*. 2016;6(2):28-32. [[Crossref](#)]
31. Kumar M, Maheshwari A, Lall R, Navit P, Singh R, Navit S. Comparative evaluation of shear bond strength of recycled brackets using different methods: an in vitro study. *J Int Oral Health*. 2014;6(5):5-11. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Han RQ, Yang K, Ji LF, Ling C. Analysis of shear bond strength and morphology of Er:YAG laser-recycled ceramic orthodontic brackets. *Biomed Res Int*. 2016;2016:7276287. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
33. Grazioli G, Hardan L, Bourgi R, Nakanishi L, Amm E, Zarow M, et al. Residual adhesive removal methods for rebonding of debonded orthodontic metal brackets: systematic review and meta-analysis. *Materials (Basel)*. 2021;14(20):6120. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
34. Kachoei M, Mohammadi A, Esmaili Moghaddam M, Rikhtegaran S, Pourghaznein M, Shirazi S. Comparison of multiple rebond shear strengths of debonded brackets after preparation with sandblasting and CO2 laser. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2016;10(3):148-54. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
35. Bahasi FI, Abd-Rahman AN, Abu-Hassan MI. Effects of recycling and bonding agent application on bond strength of stainless steel orthodontic brackets. *J Clin Exp Dent*. 2013;5(4):e197-202. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
36. Lew KK, Chew CL, Lee KW. A comparison of shear bond strengths between new and recycled ceramic brackets. *Eur J Orthod*. 1991;13(4):306-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Urichianu M, Makowka S, Covell D Jr, Warunek S, Al-Jewair T. Shear bond strength and bracket base morphology of new and rebonded orthodontic ceramic brackets. *Materials (Basel)*. 2022;15(5):1865. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
38. Khan Z, Kontham R. The best method of reconditioning ceramic brackets to get an optimum shear bond strength compared with new ceramic brackets - Systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Int Orthod*. 2023;21(3):100788. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Mirhashemi AH, Hosseini MH, Chiniforoush N, Soudi A, Moradi M. Shear bond strength of rebonded ceramic brackets using four different methods of adhesive removal. *J Dent (Tehran)*. 2018;15(1):54-62. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
40. Gürsoy S, Acar AG, Seşen C. Comparison of metal release from new and recycled bracket-archwire combinations. *Angle Orthod*. 2005;75(1):92-4. [[PubMed](#)]
41. Bishara SE, Barrett RD, Selim MI. Biodegradation of orthodontic appliances. Part II. Changes in the blood level of nickel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993;103(2):115-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
42. 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(6):687-93; discussion 693-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
43. Majier R, Smith DC. Biodegradation of the orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1986;90(3):195-8. Erratum in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91(4):352. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
44. Reimann S, Rewari A, Keilig L, Widu F, Jäger A, Bourauel C. Material testing of reconditioned orthodontic brackets. *J Orofac Orthop*. 2012;73(6):454-66. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
45. Huang TH, Yen CC, Kao CT. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(1):68-75. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
46. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Maffia E, Massironi S, Scribante A, Alberti G, et al. Chromium release from new stainless steel, recycled and nickel-free orthodontic brackets. *Angle Orthod*. 2009;79(2):361-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
47. Sfondrini MF, Cacciafesta V, Maffia E, Scribante A, Alberti G, Biesuz R, et al. Nickel release from new conventional stainless steel, recycled, and nickel-free orthodontic brackets: An in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010;137(6):809-15. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
48. Huang TH, Ding SJ, Min Y, Kao CT. Metal ion release from new and recycled stainless steel brackets. *Eur J Orthod*. 2004;26(2):171-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]



49. Jithesh C, Venkataramana V, Penumatsa N, Reddy SN, Poornima KY, Rajasigamani K. Comparative evaluation of nickel discharge from brackets in artificial saliva at different time intervals. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(Suppl 2):S587-93. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
50. Thiruvengadam V, Chitharanjan AB, Kumar K, Singaram V. Comparison of *Streptococcus mutans* Adhesion on New and Recycled Metal Brackets: An In Vitro Study. *Cureus.* 2022;14(3):e23574. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
51. Hixson ME, Brantley WA, Pincsak JJ, Conover JP. Changes in bracket slot tolerance following recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. *Am J Orthod.* 1982;81(6):447-54. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
52. Martina R, Laino A, Cacciafesta V, Cantiello P. Recycling effects on ceramic brackets: a dimensional, weight and shear bond strength analysis. *Eur J Orthod.* 1997;19(6):629-36. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
53. Chapman PL. Recycling the orthodontic bonded bracket [PhD thesis]. Indiana: Indiana University; 1979. [28/08/2023] [[Link](#)]