



ZIRCONIA SUBSTRUCTURE RESTORATION INTRAORAL REPAIR METHODS ZİRKONYA ALT YAPILI RESTORASYONLARIN AĞIZ İÇİ TAMİR YÖNTEMLERİ

Özlem ÖZİŞÇİ¹

¹ Lecturer, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Başkent University, Ankara/TÜRKİYE,

ORCID ID: 0000-0003-2773-7320

Corresponding Author:

Lecturer. Özlem Özişçi,

Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Başkent University, 06490, Çankaya, Ankara / TÜRKİYE,

e-mail: oslemozisci@gmail.com , **Phone:** +90 0312 203 0000



Abstract

Veneering ceramic chipping is frequently reported in the literature. Intraoral repair is an ideal solution when a chipped veneering ceramic restoration cannot be removed and replaced. The purpose of the article is to compile the conditions can cause chipping, as well as current intraoral repair protocols and guidelines, to assist clinicians decide the best treatment option by determining whether a ceramic chipping is a failure that requires prosthesis replacement, the dimensions of the fracture surface, and whether it is located in an area that contributes to occlusion.

Keywords: Chipping, Intraoral repair, Zirconia.

Özet

Üst yapı seramiğinde chipping kırıkları literatürde sıklıkla bildirilmektedir. Bu kırıkların ağız içi tamiri, restorasyonların çıkarılmadığı ya da değiştirilemediği durumlarda klinisyene tedavi alternatifi sunmaktadır. Bu makalenin amacı, chipping kırıklarını etkileyen faktörleri, ağız içi tamir için mevcut protokolleri ve kılavuzları derleyerek klinisyenin, seramik kırılmasının protezin değiştirilmesini gerektiren bir başarısızlık oluşturup oluşturmadığını, kırık yüzeyinin boyutlarını ve okluzyona katkıda bulunan bir alanda yer alıp almadığını değerlendirerek uygun tedavi alternatifini belirlemesine yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ağız içi tamir, Chipping, Zirkonya.

OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

Zirkonya seramik restorasyonlar sertlik, aşınmaya karşı direnç, estetik ve biyouyumluluk gibi özellikleri nedeniyle günümüz diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (1-3). Zirkonya materyalinin beyaz rengini ve opak yapısını maskeleyebilmek, optimum estetik sağlayabilmek ve doğal görünümlü restorasyonlar elde edebilmek için üst yapı seramikleriyle veneerlenmesi gerekmektedir (4,5). Monolitik zirkonya restorasyonlar basitleştirilmiş üretim tekniklerine ve uygun mekanik özelliklere sahip olmasına rağmen estetik özelliklerinin yetersiz olması nedeniyle kısıtlı kullanım alanına sahiptir (6,7).

Yüksek başarı oranlarına rağmen zirkonya alt yapıli restorasyonlarda klinik başarısızlığın çoğunluğunu 'chipping' olarak adlandırılan üst yapı seramiği atması veya kırılmasının oluşturduğu bildirilmiştir (8-11). Bu başarısızlık, mekanik tutuculuk için zirkonya alt yapı materyaline uygulanan yüzey işlemleri, termal genişleme katsayısındaki uyumsuzluk sonucu oluşan gerilimler, zirkonya alt yapı ve üst yapı seramiği arasında oluşan yapısal defektler, zirkonya alt yapının üst yapı seramiği tarafından düşük islanalabilirliği ve hacimsel büzülme gibi nedenlerle ilişkilendirilmektedir (12-14). Kırık varlığında başarısız bir restorasyonun değiştirilmesi idealdir, ancak restorasyonun değiştirilme maliyeti, destek dişte meydana gelen ek travma ve hastaya bağlı diğer faktörler nedeniyle her zaman en pratik çözüm olarak kabul edilmemektedir. Küçük chipping alanı olan, estetik veya fonksiyonel sorun oluşturmayan vakalarda kompozit rezin ile ağız içi tamir teknikleri daha etkili yöntemler olarak uygulanabilmektedir. Kırık yüzeyi optimize etmek ve kompozit rezin ile bağlanma kuvvetlerini iyileştirmek için çeşitli ağız içi tamir sistemleri geliştirilmiş ve kullanılmıştır (15,16). Son zamanlarda ağız içi tamir uygulamaları, tedavi prosedürleri ve klinik performansı diş hekimleri için önemli bir ilgi alanı haline gelmiştir. Seramik üst yapıli zirkonya restorasyonların ağız içi tamir yöntemlerini gözden geçirmek, önerilen teknikler hakkında bilgi sahibi olmak tedavi alternatifleri açısından oldukça önem taşımaktadır.

Üst Yapı Seramiği Kırılma Tipleri

Literatürde, seramik üst yapıli zirkonya restorasyonlar ile ilgili yapılan pek çok çalışma farklı analiz yöntemleri, farklı takip süreleri ve farklı restorasyon tipleri için değişiklik gösterse de çalışmaların çoğu, en sık gözlenen komplikasyonun üst yapı seramiğinin alt yapıdan kırılarak ayrılması (chipping) olduğunu bildirmiştir (17-24). Heintze ve Rousson yaptıkları sistematik derlemede seramik üst yapıli zirkonya restorasyonların chipping kırıklarını sınıflandırmış ve tamir edilmesi gerekmeyen ancak basitçe polisajlanabilen çok küçük kırıkların derecesini 1; ışıkla polimerize kompozit rezinler kullanılarak ağız içi tamiri gerçekleştirilebilen orta dereceli kırıkların derecesini 2 olarak kabul etmiştir. Diğer yandan, restorasyonun yeniden yapılmasını gerektiren hacimdeki büyük ve yaygın kırıkların

derecesi 3 olarak belirlenmiştir (25). Bu sınıflandırma, kırılma tiplerini ifade etmenin basit ve pratik bir yolu olmasına rağmen kırılma derecesinin nasıl belirlendiği konusunda hiçbir kriter belirtilmemiştir.

Üst yapı seramiğinde chipping kırıkları veya zirkonya alt yapı kırıkları, estetik ve fonksiyonun bozulması ve ek onarım işlemlerinin maliyet ve zaman kaybına yol açması nedeniyle hastaların yaşam kalitesi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilmektedir. Bu komplikasyonlar özellikle üç veya daha fazla üyeli restorasyonlarda ciddi problemlere neden olmaktadır (26,27). Tıbbi veya protetik açıdan zor durumlarda restorasyonun tamamen değiştirilmesini önleyebilmek için hekimlerin kırık alanını ağız içi tamir yöntemleri ile tedavi etme olasılığı da bulunmaktadır. Ancak literatürde bu yöntemlerin klinik başarıları ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Artan materyal çeşitliliği ve gelişen üretim teknolojileri, uygun ağız içi tamir protokollerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (28,29).

Yapılan farklı çalışmalar, seramik üst yapı zirkonya restorasyonlarda en sık karşılaşılan kırılma derecelerinin 1 ve 2 olduğunu göstermiştir (24,25,30). Ayrıca, seramik üst yapı zirkonya restorasyonların kırılma oranlarının metal destekli porselen restorasyonlardan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (31,32). Literatürde seramik veneer yapının zirkonya alt yapı ile bağlanma mekanizması hakkındaki bilgiler belirsizliğini korumaktadır. Yüzey işlemleri, termal genleşme katsayılarındaki uyumsuzluklar, ara yüzeydeki yapısal kusurlar, ıslanma özellikleri ve hacimsel büzülme gibi farklı değişkenlerin seramik üst yapı zirkonya restorasyonların bağlanma dayanımını etkilediği bildirilmiştir. Ek olarak, okluzal yükün büyüklüğü, okluzal temaslar ve üst yapı seramik kalınlığının da önemli bir rol oynadığı varsayılmaktadır (33,34).

Ağız İçi Tamir Yöntemleri

Ağız içi tamir yöntemleri, kırık restorasyonun bir kısmını doğrudan veya dolaylı olarak restore etmek için klinik bir strateji olarak tanımlanmıştır. Tamir materyali, eski restorasyonun kalan kısmı ile doğrudan temas edecek ve onun bir parçası haline gelerek fonksiyon ve estetiği geri kazandıracaktır (35,36). Günümüzde seramik üst yapı zirkonya restorasyonların mevcut ağız içi tamir yöntemleri, kırılma tipine göre sınıflandırılabilir.

1. Sınıf 1 küçük yüzey chipping kırıkları için klinik yöntemler:

Üst yapı seramiğinin alt yapıdan kırılarak ayrılması (chipping) durumunun görüldüğü küçük yüzeyli Sınıf 1 vakalarda yüzeyler, ince elmas aşındırıcılar ve ardından polisaj patı ile birlikte yüzey pürüzlülüğünü en az düzeye indirmek için seramik materyale uygun polisaj lastikleri kullanılarak düzenlenmektedir. Yapılan çalışmalarda, üst yapı seramiği için uygun polisaj kitlerinin kullanımıyla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük ve renk değişiminin glazeli yüzeylerle kıyaslanabilecek kadar iyi olduğu bildirilmiştir (37,38).

2. Sınıf 2 orta yüzey chipping kırıkları için klinik yöntemler:

Sınıf 2 orta yüzey chipping kırıklarının ağız içi tamir prosedürlerinin başarı oranlarını öngörmek zor olsa da yeni bir restorasyon yapımına göre daha az randevu seansı gerektirmesi, daha düşük maliyet ve uygulama kolaylığı olmak üzere birçok avantaj sağlamaktadır (39,40).

Zirkonya alt yapıli restorasyonlar için, üst yapı seramiğinin alt yapıdan kırılarak ayrılması (chipping) durumunun görüldüğü orta yüzeyli Sınıf 2 vakalar, 2 alt gruba ayrılabilir; zirkonya alt yapının açığa çıkmadığı Sınıf 2-1 ve zirkonya alt yapının açığa çıktığı Sınıf 2-2 vakalar olarak sınıflandırılmaktadır. Günümüzde, Sınıf 2-1 ve/veya Sınıf 2-2 kırılma tipleri için, çeşitli ağız içi tamir kitleri piyasaya sürülmüştür. Tamir sistemlerinin çoğu asit olarak fosforik asit ve/veya hidroflorik asit (HF), seramik primeri olarak silan ve/veya zirkonya primeri, adeziv rezin ve tamir kompozitini içermektedir (32). Tamir kompozitinin doldurucu tipinin seramik bağlanma dayanımı üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar, seramik ara yüzünde büyük boyutlu doldurucu partikül içeren veya hibrit dolduruculu kompozitlerin, küçük boyutlu doldurucu partikül içeren kompozitlerden daha yüksek bağlanma dayanımı sağladığını bildirmiştir (41).

Tamir kompoziti ile seramik arasındaki bağlanma dayanımının artırılması için lastik örtü ile izolasyon (rubber dam kullanımı) önerilmektedir. Öncelikle yüzey temizliği için florür içermeyen pat veya pomza kullanılabilir. Kullanılacak kompozitin, restorasyonun rengine uyum sağlaması gerekmektedir ve uygun renk seçiminden sonra tamiri yapılacak seramik marjinlerinde bizotaj yapılması, bağlanma dayanımının artırılması açısından önem taşımaktadır (42). Kompozit rezin ile glazeli seramik yüzey arasındaki adezyon optimal olmadığı için tamiri yapılacak seramik yüzeyin ince elmas aşındırıcılar kullanılarak hafifçe pürüzlendirilmesi önem taşımaktadır. Kompozit rezin tabakalar halinde yerleştirilip polimerize edilmelidir. Ağız içi tamir prosedürleri tamamlandıktan sonra oklüzyon kontrol edilerek erken temas noktalarının kaldırılması gerekmektedir. Son olarak ağız içi polisaj kitleri ve elmas polisaj patları ile restorasyon yüzeyi parlatılmalıdır.

2.1. Sınıf 2-1 orta yüzey zirkonya alt yapının açığa çıkmadığı chipping kırıkları için klinik yöntemler:

Zirkonya alt yapının açığa çıkmadığı kırılma tiplerinde, seramik ve kompozit rezin arasındaki adezyon 3 şekilde gerçekleştirilebilmektedir: (1) Makromekanik, (2) mikromekanik ve (3) kimyasal adezyon olarak sınıflandırılmaktadır (43,44). Tamir materyali ile seramik yüzey arasında yüksek bağlanma kuvveti elde etmek için mekanik ve kimyasal bağlanma gereklidir.

Seramik yüzey ile tamir kompozit rezin materyali arasında ideal adezyonun sağlanabilmesi için bazı yöntemlerin uygulanması önerilmektedir. Yüzey izole edildikten sonra, ağız içi kumlama kullanılarak makro-mekanik tutuculuk artırılmaktadır (45). Seramik yüzeye 90-180 sn boyunca %6-10'luk HF asit uygulamasının, seramik yüzeyde silan bağlayıcı ajanın ve adeziv rezinin bağlanmasına izin veren mikromekanik yüzeyler oluşturarak bağlanma dayanımını arttırdığı bilinmektedir (46-48).

Asit uygulanan yüzey 3 dakika boyunca su ile temizlenmelidir. Ardından, silan bir tabaka şeklinde 20 saniye süreyle uygulandıktan sonra havayla kurutulmalıdır. Silan, kompozit rezin ve adezivin yapısında bulunan metakrilat için kimyasal reseptör bölgeleri oluşturmaktadır. Yapılan çok sayıda çalışma, tamir prosedüründe silan bağlayıcı ajan kullanımının belirgin olumlu etkilerini kanıtlamıştır (49-51). Kompozit rezini, tamir için uygulamadan önce adeziv ajan uygulanır ve ışık ile polimerize edilir. Özcan (40), zirkonya alt yapının açığa çıkmadığı durumlarda, HF asit, silan bağlayıcı ajan ve adeziv rezin uygulamasını içeren prosedürlerin yeterli olduğu sonucuna varmıştır.

2.2. Sınıf 2-2 orta yüzey zirkonya alt yapının açığa çıktığı chipping kırıkları için klinik yöntemler:

Zirkonya alt yapının açığa çıktığı kırılma durumlarında, ağız içi tamir prosedürlerinin prognozu, büyük oranda zirkonya ve kompozit rezin arasındaki adezyon tarafından belirlenmektedir. Zirkonyanın kimyasal yapısı ve silika içeriğinin olmadığı göz önüne alındığında, asitle aşındırma ve silan bağlayıcı ajan uygulaması gibi yüzey işlemlerinin zirkonya alt yapı ile kompozit arasındaki yapışmayı etkilemediği ve etkisinin ihmal edilebilir olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (12,14). Veneer seramik yüzeyine uygulanan prosedürler dışında, zirkonya ve tamir kompoziti arasındaki bağlanma dayanımını arttırmak için zirkonya alt yapı üzerine yüzey temizliğini ve yüzey modifikasyonunu içeren yüzey işlemleri uygulanmalıdır (52).

2.2.1. Zirkonya yüzey işlemleri: Yüzey temizliği

Zirkonya yüzeyinin ağız içi tamir işleminden önce temizlenmesi, dayanıklı bir kompozit-rezin-zirkonya bağlantısı elde etmek için oldukça önem taşımaktadır (53). Kontamine yüzey, su ve etanol ile etkin bir şekilde temizlenemeyeceği için Al₂O₃ partikülleri ile air abrazyon uygulamasının yapılması yüzey temizliği için en basit ve en etkili yöntem olarak bildirilmiştir (54,55). Literatüre göre yüzey temizliği, 30-50 µm alümina partikülleri ile zirkonya yüzeyine dik pozisyonda, 10 mm mesafeden dairesel hareketlerle 10-20 sn süre ile yapılmalıdır. Ayrıca, elmas aşındırıcıların kullanımı, kontaminasyonu gidermek ve kompozit-rezin-zirkonya bağlantısının dayanıklılığını arttırmak için avantaj sağlamaktadır. Uygulama yapılan alan daha sonra bol su ile yıkanmalı ve yüzeydeki partiküllerin tamamen uzaklaştırılabilmesi için kurutulmalıdır (53,56).

2.2.2. Zirkonya yüzey işlemleri: Yüzey modifikasyonu

Tribokimyasal silika kaplama işleminin ağız içi uygulanabildiği sistemlerde (örneğin CoJet, 3M ESPE, USA), silika kaplı 30 µm boyutlarında Al₂O₃ partikülleri ile yüzey pürüzlendirilerek silika, zirkonya yüzeyine bağlanmaktadır ve bu yüzey daha sonra silan ile reaksiyona girer (57). 10-metakriloksidil dihidrojen fosfat (MDP) monomerinin, zirkonya-kompozit-rezin ara yüzeyinde güçlü kimyasal bağlar oluşturduğu savunulmaktadır. MDP monomerleri içeren adeziv rezinler ve primerler, kompozitlerin zirkonyaya bağlanmasını arttırabilmektedir ve bu nedenle zirkonya alt yapılı

restorasyonların Sınıf 2-2 kırılmaları için tasarlanmış tamir sistemlerinin çoğunda MDP bazlı bir primer yer almaktadır (58-60).

Mevcut literatüre dayanarak zirkonya alt yapılı restorasyonların Sınıf 2-2 chipping kırıklarında açığa çıkan zirkonya yüzeyine, air abrazyonun ardından MDP bazlı bir primer uygulaması önerilmektedir. Üst yapı seramik yüzeyinde ise porselen tamir prosedürleri sırasıyla uygulanmalıdır. Ağız içi onarıma ek olarak, kırılan restorasyon yüzeyinin laminate veneer için hazırlanması ve veneerin mevcut restorasyona yapıştırılması Sınıf 2 kırıkların tamiri için başka bir tedavi seçeneğini oluşturmaktadır. Estetik beklentinin yüksek olduğu durumlarda, büyük defektlerin veya çok üyeli restorasyonların söz konusu olduğu vakalarda, üst yapı seramiğinin kısmen laminate veneer ile değiştirilmesi alternatif bir çözüm sunmaktadır (30,32).

3. Sınıf 3 yaygın chipping kırıkları için klinik yöntemler:

Kırık, okluzyona katkı sağlayan fonksiyonel bir alana uzandığında, bu Sınıf 3 yaygın chipping kırığı olarak kabul edilmektedir. Protezin fonksiyonu her zaman birinci öncelik olduğu için en iyi tedavi planı kırılan protezin değiştirilmesi olacaktır.

Ağız İçi Tamir İşleminin Ömrü

Kompozit rezin restorasyonlar ile uygulanan ağız içi tamir yöntemleri, güvenilir ve etkili bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir (36). Özcan ve Niedermeier (61), metal-seramik restorasyonların ağız içi tamir prosedürlerinden sonra %89 sağ-kalım oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ağız içi tamir prosedürlerinin uygulandığı üst yapı seramiği ile veneerlenmiş zirkonya alt yapılı restorasyonların ömrü hakkında çok sınırlı bilgi bulunmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, daha kapsamlı klinik sonuçlara varmak için büyük önem taşımaktadır.

SUMMARY / SONUÇ

Chipping, üst yapı seramiği ile veneerlenmiş zirkonya alt yapılı restorasyonların en sık görülen komplikasyonlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu kırılma, restorasyonun değiştirilmesi veya ağız içi tamir prosedürleri ile düzeltilebilmektedir. Mevcut restorasyonun tamiri, restorasyonun ve destek dişin ömrünü uzatır; restorasyonun değiştirilmesine nazaran daha az maliyetli ve daha az invazivdir. Başarılı bir ağız içi tamir işlemi için uygun vaka seçimi, kullanılan tamir materyali ile restorasyon arasında dayanıklı bir bağ kurulması ve tamir prosedürlerinde kullanılan materyallerin özellikleri önem taşımaktadır. Zirkonya seramik restorasyonların tamir başarısını değerlendirmek için klinik ve bilimsel çalışmalar sınırlıdır ve bu konuda yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Acknowledgements / Teşekkürler

Funding: None

Conflict of interest: None

References / Referanslar

1. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, et al. Current status of zirconia restoration. J Prosthodont Res. 2013;57(4):236-261.
2. Agustin-Panadero R, Roman-Rodriguez JL, Ferreira A, et al. Zirconia in fixed prosthesis. A literature review. J Clin Exp Dent. 2014;6(1):e66-e73.
3. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. Dent Mater. 2004;20(5):449-56.
4. Luo XP, Zhang L. Effect of veneering techniques on color and translucency of Y-TZP. J Prosthodont 2010;19(6):465-70.
5. Passos SP, Linke B, Major PW, Nychka JA. Improving the compatibility of an Y-TZP/porcelain system using a new composite interlayer composition. J Mech Behav Biomed Mater. 2017;65:11-19.
6. Kontonasaki E, Rigos AE, Ilia C, Istantos T. Monolithic zirconia: an update to current knowledge. Optical properties, wear, and clinical performance. Dent J. 2019;7(3):90.
7. Flask JD, Thompson GA, Singh M, Berzins DW. Edge chipping of translucent zirconia. J Prosthet. Dent. 2021. Article in press.
8. Shilpa P, Narendra R, Sessa Reddy SR. Shear Bond Strength of Ceramic Bonded to Different Core Materials and Their Pattern of Failure: An In Vitro Study. Cureus 2019;11:e6242.
9. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. Dent Mater. 1999;15(6):426-433.
10. Guess PC, Kulis A, Witkowski S, et al. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. Dent Mater. 2008;24(11):1556-1567.
11. Kumchai H, Juntavee P, Sun AF, Nathanson D. Effects of Veneering Ceramic and Methods on Failure Load of Veneered Zirconia. Appl. Sci. 2021;11(5):2129.
12. Ural Ç, Külünk T, Külünk Ş, Kurt M, Baba S. Determination of resin bond strength to zirconia ceramic surface using different primers. Acta Odontol Scand. 2011;69:48-53.
13. Chaiyabutr Y, McGowan S, Phillips KM, Kois JC, Giordano RA. The effect of hydrofluoric acid surface treatment and bond strength of a zirconia veneering ceramic. J Prosthet Dent. 2008;100:194-202.
14. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? Dent Mater. 2011;27:71-82.

15. Kim BK, Bae HE, Shim JS, Lee KW. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all ceramic coping materials. *J Prosthet Dent.* 2005;94:357-62.
16. Han IH, Kang DW, Chung CH, et al. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. *J Adv Prosthodont.* 2013;5:248-255.
17. Sailer I, Feher A, Filser F, et al. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont.* 2007;20:383-388.
18. Molin MK, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont.* 2008;21:223-227.
19. Schmitt J, Holst S, Wichmann M, et al. Zirconia posterior fixed partial dentures: a prospective clinical 3-year follow-up. *Int J Prosthodont.* 2009;22:597-603.
20. Ortop A, Kihl ML, Carlsson GE. A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent.* 2012;40:527-530.
21. Lops D, Mosca D, Casentini P, et al. Prognosis of zirconia ceramic fixed partial dentures: a 7-year prospective study. *Int J Prosthodont.* 2012;25:21-23.
22. Nicolaisen MH, Bahrami G, Schropp L, et al. Comparison of metal ceramic and all-ceramic three-unit posterior fixed dental prostheses: a 3-year randomized clinical trial. *Int J Prosthodont.* 2016;29:259-264.
23. Bomicke W, Rammelsberg P, Stober T, et al. Short-term prospective clinical evaluation of monolithic and partially veneered zirconia single crowns. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29:22-30.
24. Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, et al. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2012;107:170-177.
25. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont.* 2010;23:493-502.
26. Limones A, Molinero-Mourelle P, Azevedo L, Romeo-Rubio M, Correia A, Gómez-Polo M. Zirconia-ceramic versus metal-ceramic posterior multiunit tooth-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Am Dent Assoc* 2020;151(4):230-238.
27. Özcan M. How to repair ceramic chipping or fracture in metal-ceramic fixed dental prostheses intraorally: step-by-step procedures. *J Adhes Dent* 2014;16(5):491-492.
28. Garbelotto LG, Maziero Volpato CA, Rocha Md, Maranghello CA, Calasans A, Ozcan M. Laboratory and clinical considerations on prosthetic zirconia infrastructures for implants. *Implant Dent* 2013;22(6):578-583.
29. Mesquita AM, Husain NA, Molinero-Mourelle P, Özcan M. An intraoral repair method for chipping fracture of a multi-unit fixed zirconia reconstruction: a direct dental technique. *European journal of dentistry.* 2021;15(01):174-8.

30. Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. *Dent Mater.* 2011;28:102-11.
31. Pjetursson BE, Tan K, Lang NP, et al. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2004;15:625-642.
32. Agingu C, Zhang CY, Jiang NW, Cheng H, Özcan M, Yu H. Intraoral repair of chipped or fractured veneered zirconia crowns and fixed dental prosthesis: clinical guidelines based on literature review. *Journal of Adhesion Science and Technology.* 2018;32(15):1711-23.
33. Isgr G, Pallav P, van der Zel JM, et al. The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. *J Prosthet Dent.* 2003;90:465-473.
34. Agustin-Panadero R, Fons-Font A, Roman-Rodriguez JL, et al. Zirconia versus metal: a preliminary comparative analysis of ceramic veneer behavior. *Int J Prosthodont.* 2012;25(3):294-300.
35. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. Longevity of repaired restorations: a practice based study. *J Dent.* 2012;40:829-835.
36. Loomans B, Özcan M. Intraoral repair of direct and indirect restorations: procedures and guidelines. *Oper Dent.* 2016;41:S68-S78.
37. Rashid H. The effect of surface roughness on ceramics used in dentistry: a review of literature. *Eur J Dent.* 2014;8:571-579.
38. Rosentritt M, Preis V, Behr M, et al. Two-body wear of dental porcelain and substructure oxide ceramics. *Clin Oral Investig.* 2012;16:935-943.
39. Kocaağaoğlu HH, Gurbulak A. An assessment of shear bond strength between ceramic repair systems and different ceramic infrastructures. *Scanning.* 2015;37:300-305.
40. Özcan M. Intraoral repair protocol for chipping or fracture of veneering ceramic in zirconia fixed dental prostheses. *J Adhes Dent.* 2015;17:189-190.
41. Mohamed FF, Finkelman M, Zandparsa R, et al. Effects of surface treatments and cement types on the bond strength of porcelain-to-porcelain repair. *J Prosthodont.* 2014;23:618-625.
42. Saraç YŞ, Külünk T, Elekdağ-Türk S, et al. Effects of surface conditioning methods on shear bond strength of brackets bonded to different all-ceramic materials. *Eur J Orthod.* 2011;33:667-672.
43. Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent.* 1997;78:267-274.
44. Hooshmand T, van Noort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silane treated ceramic surface. *Dent Mater.* 2002;18:179-188.
45. Kern M, Barloi A, Yang B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res.* 2009;88:817-822.

46. Della Bona A, van Noort R. Ceramic surface preparations for resin bonding. *Am J Dent.* 1998;11:276–280.
47. Özcan M, Volpato CA. Surface conditioning protocol for the adhesion of resin-based materials to glassy matrix ceramics: how to condition and why? *J. Adhes. Dent.* 2015;17:292–293.
48. Borges GA, Sophr AM, de Goes MF, et al. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent.* 2003;89:479-488.
49. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31:521–525.
50. Rosentritt M, Behr M, Kolbeck C, et al. In vitro repair of all-ceramic and fibre-reinforced composite crowns. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2000;8:107–112.
51. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent.* 2001;86:526–531.
52. Özcan M, Valandro LF, Pereira SM, et al. Effect of surface conditioning modalities on the repair bond strength of resin composite to the zirconia core / veneering ceramic complex. *J Adhes Dent.* 2013;15:207–210.
53. Yang B, Scharnberg M, Wolfart S, et al. Influence of contamination on bonding to zirconia ceramic. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2007;81:283-290.
54. Quaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater.* 2007;23:506-512.
55. Zhang S, Kocjan A, Lehmann F, et al. Influence of contamination on resin bond strength to nano-structured alumina-coated zirconia ceramic. *Eur J Oral Sci.* 2010;118:396-403.
56. Kirmali O, Kapdan A, Harorli OT, et al. Efficacy of ceramic repair material on the bond strength of composite resin to zirconia ceramic. *Acta Odontol Scand.* 2015;73:28-32.
57. Heikkinen TT, Lassila LV, Matinlinna JP, et al. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. *Acta Odontol Scand.* 2007;65:241-248.
58. Mirmohammadi H, Aboushelib MN, Salameh Z, et al. Innovations in bonding to zirconia based ceramics: part III. Phosphate monomer resin cements. *Dent. Mater.* 2010;26:786-792.
59. Zhao J, Wang X, Si W, et al. Effect of resin cement selection on the microtensile bond strength of adhesively veneered 3Y-TZP. *Acta Odontol Scand.* 2013;71:1105-1111.
60. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent.* 2014;112:182-187.
61. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *Int J Prosthodont.* 2002;15:299-302.