



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyonun In Vitro Ölçüm Yöntemleri

In Vitro Measurement Methods of Marginal Adaptation in Fixed Prosthetic Restorations

Marjinal Adaptasyonun Ölçüm Yöntemleri

Ferruh Semir SMAİL¹, Hüseyin Emir YÜZBAŞIOĞLU²

¹Dr. Öğr. Üyesi, Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Dişçilik Hizmetleri Bölümü,
İstanbul/Türkiye
ferruhsemir.smail@bau.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5497-1804

²Prof. Dr., Bağımsız Araştırmacı, Klinisyen
İstanbul/Türkiye
emiryuzbasioglu@icloud.com
ORCID: 0000-0001-5348-6954

Makale Bilgisi / Article Information
Makale Türü / Article Types: Derleme / Review
Geliş Tarihi / Received: 29-08-2023
Kabul Tarihi / Accepted: 19-12-2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 288-293

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ferruh Semir SMAİL

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1351881>

Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyonun In Vitro Ölçüm Yöntemleri

In Vitro Measurement Methods of Marginal Adaptation in Fixed Prosthetic Restorations

ÖZET

Hastalara uygulanan sabit restorasyonların temel amacı, hastanın oral dokularına zarar vermeden, eksik dokuların; fonksiyonunu, fonasyonunu ve estetiğini sağlamaktır. Sabit protezlerdeki temel başarı kriterlerinden biri marjinal uyumdur. Marjinal uyumun kabul edilebilir olması, restorasyonun klinik başarısını direkt olarak artırmaktadır. Uyumun ideal olmadığı restorasyonlarda dental plak birikimi oluşmakta, bağlantıyı sağlayan siman çözülme ve mikro sızıntılar meydana gelmektedir. Bu durum sonucunda destek dişlerin periodontal dokuları hasar görmekte, klinik ataçman kaybı yaşanmakta ve kemik kayıpları gerçekleşmektedir. Bu derleme çalışmasında, marjinal uyumu ölçme teknikleri değerlendirilmiştir. Bu teknikler içinde; fotoğrafçılık ile doğrudan görüş tekniği, kesit alma tekniği, replika yöntemi, profilometri, silikon ağırlığın ölçülmesi, spesifik yazılım ve üç boyutlu tarama ile kontrol etme, mikro- CT ve 3 boyutlu dijital değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bu ölçüm yöntemlerini hakkında bilgi vermek, vakaya özgü uygulanabilen ölçüm yöntemleri arasındaki kombinasyonları, yöntemlerin güvenilirliğini değerlendirmek, yöntemler arasındaki doğruluğu etkileyebilecek potansiyel faktörleri belirlemektir.

Anahtar Kelimeler: Marjinal uyum; Ölçüm Yöntemleri; In vitro; Sabit Restorasyonlar

ABSTRACT

The main purpose of fixed restorations is to provide function, phonation and aesthetics of the missing tissues without damaging the patient's oral tissues. One of the main success criteria for fixed prostheses is marginal fit. An acceptable marginal fit directly increases the clinical success of the restoration. In restorations where the fit is not ideal, dental plaque accumulation occurs, the cement that provides the connection dissolves and microleakages occur. As a result, periodontal tissues of the supporting teeth are damaged, clinical attachment is lost and bone loss occurs. In this review study, techniques for measuring marginal fit were evaluated. These techniques include; direct vision technique with photography, cross-sectioning technique, replica method, profilometry, measurement of silicone weight, checking with specific software and three-dimensional scanning, micro-CT and 3D digital evaluation methods. The aim of this study is to provide information about these measurement methods, to evaluate the combinations between measurement methods that can be applied case-specifically, to evaluate the reliability of the methods, and to identify potential factors that may affect the accuracy between methods.

Keywords: Marginal fitting; Measurement Methods; In vitro; Fixed Restorations

Giriş

Hastalara uygulanan sabit restorasyonların temel amacı, hastanın oral dokularına zarar vermeden, eksik dokuların; fonksiyonunu, fonasyonunu ve estetiğini sağlamaktır.¹ Sabit protezlerdeki temel başarı kriterlerinden biri marjinal uyumdur. Marjinal uyumun kabul edilebilir olması, restorasyonun klinik başarısını direkt olarak artırmaktadır.²

Restorasyonlarda ideal marjinal uyum için, restorasyonun marjinal bölgedeki bitim sınırı ile dayanak dişteki basamak sınırlarının birbirlerine adapte olması beklenir.³ Marjinal adaptasyonun ölçümü ise bu sınırlar arasındaki mesafenin ölçülmesi ile belirlenir.⁴ Restorasyonun yalnız marjinal aralığında değil, iç yüzeyinde de ölçümler yapılabilir. Preparasyon ile restorasyonun aksiyal duvarı arasındaki ölçüm “internal aralık” olarak adlandırılmaktadır. Ölçümler restorasyon kenarında yapıldığı zaman ise “marjinal aralık” olarak nitelendirilmektedir.⁵

Marjinal uyumun ideal olmadığı restorasyonlarda plak birikimi, mikro sızıntılar, sekonder çürük, pulpal rahatsızlıklar meydana gelir ve destek dişlerde periodontal harabiyet görülür. Klinik ataçman kaybı ve kemik rezorpsiyonu gerçekleşir.^{6,7} McLean ve Von Fraunhofer⁸, 120 µm'dan küçük olan marjinal aralığın klinik olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

Restorasyon ile diş arasındaki marjinal uyumsuzluklar; restorasyonun farklı noktalarından yapılan ölçümlerle belirlenebilir.⁴ Marjinal uyumu inceleme yöntemleri, temel olarak direkt ve indirekt inceleme yöntemleri olarak iki farklı başlıkta toplanır. Direkt yöntem herhangi bir araç olmadan gözleme dayalı iken, indirekt yöntemde ise genellikle bir ölçüm aracı tercih edilir. Bu teknikler; kesitlendirme, fotoğraflama, silikon replika, simantasyon sonrası epoksi replika, Profilometre, Mikro CT ve 3 boyutlu dijital değerlendirme eşliğinde yapılan ölçümlerdir.^{9,10}

Restorasyonlardaki marjinal uyum, protezin ağızda kalma süresini etkiler. Standardize edilmiş örneklerde, aynı ölçüm yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapılan farklı çalışmalarda birbirlerinin zıttı sonuçlar alınabilmekte, birinde mükemmel marjinal uyuma sahip olarak düşünülürken başka bir çalışmada klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmayabilmektedir.⁶

Bu incelemenin amacı, bu ölçüm yöntemlerini hakkında bilgi vermek, uygun görülen ölçüm yöntemleri arasındaki kombinasyonları değerlendirmek, yöntemlerin güvenilirliğini incelemek ve bu yöntemlerin arasındaki doğruluğu etkileyebilecek potansiyel faktörleri belirlemektir.

Marjinal Uyumu Ölçüm Teknikleri

Direkt Yöntem

Marjinal uyumun ölçümünde en sık kullanılan yöntemdir.⁶ In vivo olarak ölçüm imkanı sağlayan bu yöntem, gözleme dayalıdır. Bu yöntemde restorasyon ve destek dişin ağız içindeki konumları incelenerek belirlenir. Diğer tekniklere göre daha basit ve daha kısa sürede sonuçlanabilmekte ve diğer tekniklerde birden fazla işlemin neden olduğu hatalı sonuç verme olasılığını azaltabilir. Bununla beraber bir örnek üretmeye gerek kalmadığından maliyet olarak diğer tekniklere göre daha uygundur.

Genellikle direkt yöntemde, USPHS kriterleri tercih edilmektedir. Bu teknik sabit protezlerin restorasyonlarının klinikte kabul edilebilirliğini incelenmesi için kullanılır. Kriterlerde renk uyumu, marjinal renklenme, anatomik form ve sekonder çürük ile beraber restorasyonun marjinal uyumu incelenir.¹¹

USPHS kriterinde, gözle görülür herhangi bir açıklık olmaması ve sondun takıldığı bir yüzey olmaması alfa olarak, gözle az bir açıklık olması ve bu açıklığa sondun takılması bravo olarak, sondun dentine veya restorasyon tabanına doğru ilerleme göstmesi charlie, restorasyonun ise tamamiyle hareketli olması ise delta olarak adlandırılır. Alfa ideal restorasyonu, bravo klinik olarak kabul edilebilir restorasyonları belirtir. Bunların aksine charlie, çevre dokulara zarar verme halinde kısa sürede restorasyonun değişmesi gereken durumları ifade ederken, delta ise restorasyonun hemen değiştirilmesi gerektiği durumları ifade eder.¹²

USPHS sisteminden farklı olarak, kullanılan modifiye USPHS-Ryge sisteminde ise daha hassas bir ölçüm yapmak ve restorasyonun kabul edilebilirliğini incelenmesinden ziyade, restorasyonun klinik başarısını ölçülür. Bu teknik klinik olarak kabul edilebilir ve klinik olarak kabul edilemez olarak iki ayrı bölümde incelenir, ve her bir olguya puan verilir. Bu puanlama sistemi klinik

olarak kabul edilebilirler (+) artı olarak, kabul edilemeyecek durumda olan olgulara ise (-) eksi grup olarak gruplandırılır. Restorasyon uygun ve sond takılmıyor ise 0, sond takılıyor fakat boşluğa giremiyor ise 1, marjinde mine yüzeyi açıkta ise 2 puan, marjinde açıklık var ise ve dentin yüzeyi açıkta ise 3, restorasyon mobil, kırık veya eksik ise 4 puan verilir. Puanlama sistemi arttıkça restorasyonun başarısı düşmektedir.¹³

Direkt yöntemlerde hastadan alınan ölçümlerin tekrarlanabilmesi güçtür. Bu nedenle standardizasyonu oldukça düşüktür.¹⁴ Göz ile beraber sond yardımıyla yapılan bu ölçümler, indirekt tekniklere oranla daha kalitatif sonuçlar vermektedir. Bu değerlendirmeler insan gözünün algılayabildiği 60 mikrometre ile sınırlıdır.¹⁵ Bu nedenlerden ötürü indirekt yöntemler, direk yöntemlere oranla daha sık kullanılmaktadır.¹¹

İndirekt Yöntem

İndirekt yöntemlerin temel amacı, elde edilen marjinal uyum verilerinin depolanmasıdır. Tekrarlanabilir ve veriler başka çalışmalarda kullanılabilir. Elde edilen verilerin standardizasyonu direkt yöntemlere göre daha yüksektir. Ağız içi yapılan çalışmalarda meydana gelebilecek problemler in vitro olarak incelendiğinden ötürü daha farklı sonuçlar elde edilebilir.⁹

Genellikle kullanılan indirekt yöntemlerde yapılan gözlemler, alınan görüntüler eşliğinde elde edilir. Bu görüntüler; fotoğraflama, ışın mikroskopu veya scanning electron mikroskopu (SEM) eşliğinde yapılabilir. Fotoğraflama metodunda, hazırlanan bir düzenek eşliğinde DSLR fotoğraf makinasından görüntü alınırken, uygulaması basit ve maliyeti ucuzdur. Oluşan kontrast renk farklarından dolayı yüzeyleri incelemek oldukça basittir. Fakat özellikle görüntüler üzerinden ölçüm yapılacak yüzeylerde piksel hassasiyetinden ötürü, mikroskopta elde edilen görüntülerde daha hassas ölçümler yapılabileceği bildirilmiştir.¹¹ Yapılan çalışmalar sonucunda ise mikroskoplar incelendiğinde, SEM mikroskobundan alınan görüntülerin, ışık mikroskopuna oranla daha başarılı olduğu belirtilmiştir.⁹

İndirekt yöntemlerde ölçüm yöntemleri iki farklı şekilde yapılabilir. Bunlar invaziv ve non-invaziv yöntemlerdir. İnvaziv yöntemlerde belirli yüzeylerde kesitler alınarak incelemeler yapılırken, non-invaziv yöntemlerde ise restorasyonun bir replikası yapılır ve gerekli ölçümler

bu replika üzerinden yapılır. Non-invaziv yöntemin en büyük avantajı örnekler herhangi bir zarar vermeden gözleme fırsatı sunar ve ileride yapılması planan çalışmalar için aynı örnekleri tekrar kullanmaya olanak sağlar. Örnekler incelenen yöntemlere göre dayanaklara simante edilebilir veya simante edilmeden, simanın film kalınlığı dikkate alınarak marjinal uyum incelenebilir.⁶

İndirekt yöntemlerde, kesit alma tekniği, silikon replika tekniği, üçlü tarama tekniği, mikro bilgisayarlı tomografi, optik tomografi ve CAD-CAM yazılımları kullanılarak ölçümler yapılabilir.

Kesit Alma Yöntemi

Örneklerden alınan kesitlerle beraber gözlemlene yapılan bu teknik, invaziv bir yöntemdir. Genellikle kaynağı belli olmayan çekilmiş dişler tercih edilse de, kesit alma sırasında zarar görmeyecek kuronlarda da tercih edilebilir. Siman kalınlığını ve marjinal uyumu, vertikal ve horizontal düzlemlerde inceleme fırsatı veren bu yöntem, ölçüm esnasında restorasyonu konumlandırma hatalarını da en aza indirger. Ölçümler ışık mikroskopu veya SEM yardımıyla incelenir.¹⁶ Fakat bu yöntemde, örnekler tekrar kullanılamaz hale gelir ve yalnızca elde edilen kesitlerdeki düzlemler incelenebilir.¹⁷

Silikon Replika Tekniği

Silikon replika tekniğinde, restorasyonların simantasyonuyla benzer protokol uygulanır. Temel olarak bu yöntem, protezin iç yüzeyine siman yerine silikon enjekte etmeyi hedefler. Diğer yöntemlere göre daha basit, maliyeti düşük bir yöntem olduğu için birçok çalışmada kullanılmıştır.¹⁸ Ancak kullanılan silikon ölçü malzemelerinin deforme olma ve yırtılma olasılığı vardır.¹⁹ Ek olarak, kesit alma tekniğine benzer olarak, silikon replika tekniğinde yalnızca iki boyutlu (2B) olarak analiz yapılabilir.²⁰

Uygulanmasında ise restorasyonun iç yapısı, düşük viskoziteli hafif gövdeli silikon malzeme ile doldurulur ve simantasyon prosedürünü simüle edecek şekilde uygulanır. Silikon reaksiyonu tamamlandıktan sonra, restorasyon yavaşça dayanak dişten çıkarılır ve restorasyonun içinden ince hafif gövdeli silikon filmi stabilize etmek için içine ağır gövdeli silikon enjekte edilir. Elde edilen silikon yapı istenilen bölgeden kesilerek, ölçüm yapılacak düzlemler silikon üzerinde elde edilir.⁶

Bazı araştırmacılar ise, silikonda meydana gelen deformiterler nedeniyle, bu yöntemde çeşitli modifikasyonlar yapmışlardır. Bunlardan en sık karşılaşılan deformite ise restorasyon uzaklaştırılırken düşük viskositeli ölçü malzemesinde meydana gelen yırtıklar veya deformasyonlardır.²¹

Üçlü Tarama Tekniği

Üçlü tarama tekniğinde, alınan üç farklı tarama ile beraber verilerin analiz edilmesi oluşur. Tarayıcı ile öncelikle restorasyon, daha sonra dayanak diş, en son ise restorasyon simante edilerek dayanak diş ile beraber tarama yapılır. Bu alınan üç veri STL formatında 3 boyutlu olarak kaydedilir. Görüntüler üst üste çakıştırılarak, bir analiz programlarında gerekli incelemeler ve ölçümler yapılır.²²

Bu teknik her zaman tekrarlanabilir, radyoaktif olmayan bir yöntemdir. Non- invaziv olması nedeniyle çalışmalarda kullanılan örnekler zarar vermez. Bu teknikte bazı durumlarda tarama ve çakıştırma işlemlerinde oluşan hatalardan ötürü farklı sonuçlar verebilmektedir.²⁰

Mikro- Bilgisayarlı Tomografi

Bu teknikte, radyografik görüntüleme kullanılarak protezin iç ve marjinal uyumu ölçülür. Bu yöntemin avantajları arasında yüksek çözünürlük ve 3D görüntüler elde ederek, istenen mesafeleri ölçme yeteneği bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemin dezavantajları arasında artefaktların varlığı nedeniyle metal altyapılı protezleri ölçmek zordur ve ölçümler sırasında radyasyona maruz kalma riski mevcuttur. Bu teknikte görüntüler Tag Image File Format (TIFF) verisi olarak elde edilir. Elde edilen görüntüler bilgisayar destekli programlar eşliğinde istenilen düzeylerde 3 boyutlu görüntüyü dilimleyerek 2 boyutlu görüntüler oluşturur. Oluşan 2 boyutlu görüntüler arasında uzunluk ölçümü yapılarak marjinal uyum belirlenir.²⁰

Optik Bağdaşımli Tomografi

Eş fazlı ışık kullanarak optik saçılma ortamında daha yüksek çözünürlüklü 2D veya 3D görüntüler için kullanılan bir ölçüm yöntemidir. Genellikle in vivo araştırmalar için kullanılan gerçek zamanlı olarak daha yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesine izin verme avantajına sahip, tahribatsız, radyolojik olmayan bir yöntemdir. Öte yandan, dezavantajı ise çok kalın veya optik opak malzemelerin ölçülmesi oldukça zordur. Üçlü tarama

tekniki ve mikro- bilgisayarlı tomografi tekniğinde olduğu gibi optik tomografi tekniğinde de hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu görüntü elde etmek mümkündür.^{23,24} Alınan görüntüler analiz programları eşliğinde, restorasyonların marjinal uyum değerleri ölçülür.

CAD/CAM Sistemleri

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisi, protetik restorasyonlar için yaygın bir üretim tekniği haline gelmiştir.²⁵ Bu restorasyon üretim tekniği belirli yazılımlar ile beraber uygulanmaktadır. Yaygınlaşan CAD/CAM teknolojilerinde kullanılan yazılımlar yalnızca tasarım ve üretim için değil aynı zamanda ağız içi sert ve yumuşak dokuların analizi içinde kullanılmaktadır. Analizler; hacimsel (3 boyutlu) veya kesitsel (2 boyutlu) olarak yapılabilir.

Bu teknikte ilk olarak, ağız içi tarayıcı ile beraber dayanak diş taranır. Taranan diş dokusu programa kaydedilerek, ölçülmesi hedeflenen restorasyon dişe yerleştirilip simantasyon yapılır. Simante edilen restorasyon tekrar taranarak, oluşan iki görüntü çakıştırılarak, restorasyonun marjin hattındaki ölçüm gerçekleştirilir.²⁶

Sonuç

Sabit restorasyonların ağızda kalma süresini doğrudan etkileyen marjinal uyumun ölçme yöntemleri üzerinde literatürde herhangi bir fikir birliği yoktur. Kullanılan metodların farklılığı nedeniyle marjinal uyum değerleri farklı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle test edilecek materyale özgü en uygun metodu seçip, en az iki farklı yöntem ile beraber değerlendirmek, çalışmanın güvenilirliğini arttıracaktır.

Kaynaklar

1. Rosenstiel, S.F., Land, M.F. and Fujimoto, J. (2006) Contemporary fixed prosthodontics. 4th Edition, Mosby, St Louis, 323-327.
2. Goldin EB, Boyd NW 3rd, Goldstein GR, Hittelman EL, Thompson VP. Marginal fit of leucite-glass pressable ceramic restorations and ceramic-pressed-to-metal restorations. J Prosthet Dent. 2005;93(2):143-147. doi:10.1016/j.prosdent.2004.10.023
3. Shillingburg H.T, Hobo S, Whitsett LD et al. Fundamentals of Fixed Prosthodontics, III. Baskı, Carol Stream (IL), Quintessence, ABD, 2003, 85- 103, 142-154, 455.
4. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent. 1989;62(4):405-408.
5. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. J Prosthet Dent. 2007;98(5):389-404.
6. Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. J Prosthodont. 2013;22(5):419-428.
7. Knoernschild KL, Campbell SD. Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. J Prosthet Dent. 2000;84(5):492-498.
8. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J. 1971;131(3):107-111.
9. Metiner, C. , Türker, Ş. B. & Keleş, M. A. (2019). Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyon . European Journal of Research in Dentistry , 3 (1) , 35-43.
10. Zimmermann M, Valcanaia A, Neiva G, Mehl A, Fasbinder D. Influence of Different CAM Strategies on the Fit of Partial Crown Restorations: A Digital Three-dimensional Evaluation. Oper Dent. 2018 Sep/Oct and 9., 43(5):530-538.
11. Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. Dent Mater 2012; 28:102-1.
12. Büyükdere, A. K. & Sertgöz, A. (2016). Sabit Protetik Restorasyonların İn Vivo Çalışmalar İle Değerlendirilmesi . Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , 25 (13),0-0.
13. Bindl A, Mörmann WH. An up to 5-Year Clinical Evaluation of Posterior In-Ceram CAD/CAM Core Crowns Int J Prosthodont 2002, 15:451-6.
14. Contrepolis, M., Soenen, A., Bartala, M., & Laviolle, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. The Journal of prosthetic dentistry, 110(6), 447–454.e10.
15. Ushivata O, Moraes JV. Method for marginal measurement of restorations: accessory device for toolmakers microscope. J Prosthet Dent. 2000, 83:362-6.
16. Good M, Mitchell C, Pintado M, et al: Quantification of all-ceramic crown margin surface profile from try-in to 1-week post-cementation. J Dent 2009; 37:65-75.
17. Mitchell CA, Pintado MR, Douglas WH: Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. J Prosthet Dent 2001; 85:575-584).
18. Han HS, Yang HS, Lim HP, et al: Marginal accuracy and internal fit of machine-milled and cast titanium crowns. J Prosthet Dent 2011;106:191-197
19. Laurent M, Scheer P, Dejou J, et al: Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns validation of the silicone replica method. J Oral Rehabil 2008;35:116-122
20. Son K, Lee S, Kang SH, et al. A Comparison Study of Marginal and Internal Fit Assessment Methods for Fixed Dental Prostheses. J Clin Med. 2019; 8(6):785.
21. Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, et al: Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. Int J Prosthodont 2003; 16:587-592.
22. Schaefer O, Kuepper H, Thompson GA, Cachovan G, Hefti AF, Guentsch A. Effect of CNC-milling on the marginal and internal fit of dental ceramics: a pilot study. Dent Mater. 2013; 29(8):851-858.
23. Pahlevaninezhad, H.; Khorasaninejad, M.; Huang, Y.W.; Shi, Z.; Hariri, L.P.; Adams, D.C.; Ding, V.; Zhu, A.; Qiu, C.W.; Capasso, F. Nano-optic endoscope for high-resolution optical coherence tomography in vivo. Nat. Photonics 2018, 12, 540.
24. Monteiro, G.Q.; Montes, M.A.; Gomes, A.S.; Mota, C.C.; Campello, C.C.; Freitas, A.Z. Marginal analysis of resin composite restorative systems using optical coherence tomography. Dent. Mater. 2011, 27, e213–e223.
25. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006;137 Suppl:7S-13S. doi:10.14219/jada.archive.2006.0398

26. Schlenz, M.A., Vogler, J.A.H., Schmidt, A. et al. Chairside measurement of the marginal and internal fit of crowns: a new intraoral scan-based approach. Clin Oral Invest 24, 2459–2468 (2020).