
AKADEMİK PERSPEKTİFTEN PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ

Editör: Doç.Dr. Mehmet UĞUR



yaz
yayınları

Akademik Perspektiften Protetik Diş Tedavisi

Editör

Doç.Dr. Mehmet UĞUR

yaz
yayınları

2025

Akademik Perspektiften Protetik Diş Tedavisi

Editör: Doç.Dr. Mehmet UĞUR

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5838-39-1

Haziran 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Rezin – Matriks Seramiklerin Sınıflandırılmasında Farklı Yaklaşımlar	1
<i>Seda ÜSTÜN ALADAĞ</i>	
İmplant Üstü Protezlerin Ölçüsünün Alınmasında Fotogrametri Yönteminin Kullanılması.....	13
<i>Verda Gökçe ÇAKAR, Zelal SEYFİOĞLU POLAT</i>	
Protetik Diş Tedavisinde Geçici Restorasyonlar	29
<i>Melis Nişanuhi MILDANOĞLU</i>	
Biyomimetik Kavramı ve Diş Hekimliğinde Biyomimetik	49
<i>Cansel BELGE, Emrah AYNA, Zelal SEYFİOĞLU POLAT</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

REZİN – MATRİKS SERAMİKLERİN SINIFLANDIRILMASINDA FARKLI YAKLAŞIMLAR

Seda ÜSTÜN ALADAĞ¹

1. GİRİŞ

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD – CAM) teknolojisiyle millenebilen seramik bloklar, mekanik dayanıklılıkları ve üstün biyouyumlulukları sayesinde indirekt restorasyon üretiminde yaygın olarak tercih edilen materyaller arasında yer almaktadır (Abdou vd., 2021). Seramiklerin doğal diş dokusunu taklit edebilme yetisi ile üstün fiziksel ve optik özellikleri, seramikleri yüksek estetik beklentilere sahip hastalar için öncelikli protetik materyal konumuna getirmektedir. Uzun yıllar boyunca, geleneksel feldspatik porselenler, porselen veneerlerde optimal estetik sonuçlar elde etmek için en uygun materyal olarak kabul edilmiştir (Barizon vd., 2014). Zaman içerisinde monokromatik feldspatik bloklardaki gelişmeler ile ton farklılıkları içeren bloklar elde edilmiş bu sayede doğal renk geçişlerine ve translüsensiye sahip feldspatik restorasyonlar tasarlanmıştır (Li, Chow, ve Matinlinna, 2014).

Cam seramiklerin estetik ve optik avantajlarının yanında kırılganlık, antagonist dişlerde aşınmaya neden olma ve frezelenmesindeki zorluklar gibi dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar, cam seramiklerin klinik ve üretim başarısını sınırlamıştır (Alamouch, Silikas, Salim, Al-Nasrawi, ve Satterthwaite, 2018). Diş hekimliğinde sıkça kullanılan restoratif

¹ Doç.Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, sedaustun@uludag.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6990-4660.

materyallerden kompozitler ise, düşük aşındırıcılıkları ve dentine benzer elastikiyet modülleri sayesinde avantaj sağlarken; renk stabilitesi, aşınma direnci ve mekanik dayanımları açısından seramiklere kıyasla daha sınırlı performans göstermektedir (Akarca, Şahin, ve Canay, 2021). Bu durum hem kompozitlerin hem de seramiklerin istenen niteliklerini bünyesinde barındıran CAD – CAM bloklara yönelik araştırmaların önünü açmaktadır (Yu, Özcan, Yoshida, Cheng, ve Sawase, 2020).

2. REZİN – MATRİKS SERAMİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, ve Bonfante (2016) yayınladıkları çalışmalarında; Amerikan Diş Hekimleri Birliği'nin (ADA) "seramik" tanımına dayanarak (2015), dental seramik ve seramik benzeri materyalleri, (1) Cam – matriks seramikler, (2) Polikristalin seramikler, (3) Rezin – matriks seramikler olarak 3 alt gruba ayırmış ve bu sınıflama literatürde oldukça kabul görmüştür.

Rezin – matriks seramikler (RMC'ler); porselenler, camlar, seramikler ve cam – seramikler gibi çoğunlukla ısıya dayanıklı inorganik bileşikler içeren polimer matris içeriğinde materyallerdir. Bu seramikler; (1) Rezin nanoseramik, (2) Rezin ile iç içe geçmiş matris yapısında cam – seramik, (3) Rezin ile iç içe geçmiş matris yapısında zirkonya – silika seramik olarak gruplandırılmıştır (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, ve Bonfante, 2016). RMC'lerin, kompozit rezinlerle tamir edilebildiği, kolayca frezelendiği, bitim, cilalama ve uyumlama işlemlerinin cam seramiklere kıyasla daha kolay olduğu bildirilmiştir (Alamouh vd., 2018; Çelik, Sahin ve Dede, 2018).

Bunun yanında, literatürde "indirekt kompozit bloklar" veya "rezin kompozit bloklar" tanımlamaları sıkça karşımıza çıkmaktadır (Abdou vd., 2021; Aladağ ve Ayaz, 2024; Mainjot,

Dupont, Oudkerk, Dewael, ve Sadoun, 2016; Reymus vd., 2019; Yu vd., 2020). Bu sınıflama yaklaşımı, rezin ile iç içe geçmiş matris yapısında cam – seramik materyalini, bir diğer deyişle polimer infiltre seramik ağ (PICN) yapısındaki blokları ayrı tutarak indirekt kompozit blokları mikroyapılarına göre; PICN ve dağılmış dolgu parçacıkları içeren indirekt kompozit bloklar olarak iki gruba ayırmaktadır (Abdou vd., 2021; Mainjot vd., 2016; Yu vd., 2020)

İndirekt kompozit bloklar, yüksek sıcaklık (HT) ve yüksek basınç (HP) altında üretilerek geliştirilmiş ve geleneksel seramikler ile kompozit materyallere bir alternatif olarak sunulmuştur (Mainjot vd., 2016). Yüksek sıcaklık ve basınç altında üretilen bu materyaller, daha yüksek polimerizasyon verimliliği sayesinde düşük monomer salınımı, minimal boşluk oluşumu ve iyileştirilmiş mekanik dayanıklılık sunmaktadır (Reymus vd., 2019). Seramik bloklar daha iyi mekanik özelliklere sahip olsa da dağılmış dolgu partikülleri içeren rezin kompozit bloklar daha iyi yorulma direnci, daha yüksek işlenebilirlik, daha kolay bitim prosedürleri sunar ve karşıt dişler için daha az aşındırıcıdır. PICN’ler ise, elastik modülü CAD – CAM ile üretilen dağılmış dolgulu kompozitler ile cam – seramikler arasında kalan hibrit materyaller olarak göze çarpmaktadır (Fouquet vd., 2022).

2.1. Rezin ile iç içe geçmiş matris yapısında cam – seramik / Polimer infiltre hibrit seramik / PICN

Hibrit seramik olarak da adlandırılan bu materyal, baskın bir seramik ağ (ağırlıkça %86) ile bu yapıyı güçlendiren akrilat polimer ağ (ağırlıkça %14) içermektedir. Bu iki ağ yapısı, birbiriyle homojen bir şekilde birleşmiştir (Elsaka, 2014). Bu amaçla, her fazın mikro yapı boyunca topolojik olarak birbirine bağlı olduğu polimer infiltre seramik ağ materyali olan Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) üretilmiştir.

Birbirine nüfuz eden mikroyapılar konsepti ilk olarak 1980’li yılların ortalarında dental materyaller alanına tanıtılmış olsa da Vita Enamic, şu ana kadar bu kategoride ticari olarak mevcut olan tek dental materyaldir (El Zhawi, Kaizer, Chughtai, Moraes, ve Zhang, 2016).

PICN materyali, inorganik feldspatik seramik faz ile üretan dimetakrilat (UDMA) ve trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) içeren organik polimer fazın üç boyutlu olarak birbirine entegre olduğu çift ağırlı bir yapıya sahiptir (Gracis vd., 2016). PICN’ler, klasik olarak karıştırma yöntemiyle içerisine dağılmış dolgu maddeleri eklenen kompozit materyallerden önemli ölçüde farklıdır (Mainjot vd., 2016). Geleneksel kompozitlerde yalnızca matris fazı süreklilik gösterirken (El Zhawi vd., 2016), PICN’lerde hem seramik hem de polimer fazları iç içe geçmiş ve birbirine bağlı bir yapı oluşturarak üç boyutlu sürekli bir iskelet meydana getirmiştir. Bu yapı, gerilimleri daha etkin şekilde dağıtarak materyalin dayanıklılığını iyileştirmektedir (Swain, Coldea, Bilkhair, ve Guess, 2016). Seramik faz, aşınma ve deformasyona karşı direnç sağlarken; polimer fazın sünek karakteri, çatlak ilerlemesini engelleyerek kırılma dayanımını arttırmaktadır (Coldea, Swain, ve Thiel, 2014).

PICN materyalinin, seramiklere göre azalmış kırılma, sertlik ve rijitlik, artmış esneklik, daha iyi işlenebilirlik ve kırılma tokluğu gibi birçok avantaja sahip olması beklenmektedir. Amaç, geleneksel restoratif materyaller olan seramikler ve kompozitlerin istenen mekanik özelliklerine sahip bir materyal üretmektir (Coldea, Swain, ve Thiel, 2013). PICN materyallerinin; minimal invaziv restorasyonlar, posterior kronlar, veneerler, posterior dişlerde inley/onleyler ve implant destekli kronların yapımında kullanılabildiği bildirilmiştir (Facenda, Borba, ve Corazza, 2018).

2.2. Dağılmış dolgu parçacıkları içeren indirekt kompozit bloklar

Literatür incelendiğinde bu alt grubun Gracis vd. (2016) tarafından rezin nanoseramik (örneğin: Lava Ultimate, 3M ESPE, St. Paul, MN, ABD; Cerasmart, GC, Tokyo, Japonya) ve rezin ile iç içe geçmiş matris yapısında zirkonya – silika seramik (örneğin: Shofu Blok HC, Shofu, Kyoto, Japonya) olarak sınıflandırılmış rezin – matriks seramikleri kapsadığı görülmektedir.

Dağılmış doldurucu içeren bu bloklarda, dolgu partikülleri genellikle UDMA ve TEGDMA gibi dimetakrilatlardan oluşan bir matris içerisinde karıştırılarak yapılandırılmaktadır. Bu matris, yüksek sıcaklıklarda (>100 °C) polimerize edilerek sertleştirilmektedir. Üretici firmalar tarafından yayımlanan teknik verilere göre, piyasadaki bloklar; içerdiği dolgu maddelerinin miktarı, boyutu ve kimyasal bileşimi açısından çeşitlilik göstermektedir (Eldafrawy vd., 2018).

Lava Ultimate, 3M tarafından "nanoseramik" adı altında geliştirilen bir materyaldir. İçeriğinde %79 oranında zirkonya ve silika bazlı nano boyutta partiküller bulunmaktadır; bu partiküller hem dağılmış hem de kümelenmiş formda olabilir. Lava Ultimate, direkt kompozitlerde kullanılanlarla aynı türde dolgu maddelerine sahip nanodolgulu kompozit yapısındadır (Mainjot vd., 2016). Temel iyileştirme, tamamen ısıyla polimerize edilen ve UDMA'dan oluşan matris yapısında görülmektedir. UDMA, Bis – GMA'ya göre daha fazla çift bağ içerdiğinden, daha yüksek dönüşüm oranı ve çapraz bağlanma sağlamakta; ayrıca ışık etkisiyle daha yüksek oranda polimer yapıya dönüşmektedir (Sideridou, Tserki, ve Papanastasiou, 2002).

Yüksek sıcaklık (HT) ve yüksek basınç (HP) altında uygulanan HT – HP tekniği (Sadoun, 2011), CAD – CAM kompozit blokların üretiminde kullanılan özel bir polimerizasyon yöntemidir. Bu yöntem sayesinde materyalin yaklaşık %96'sı

polimerleşebilir (Phan ve ark., 2015). Bu kadar yüksek bir dönüşüm oranına ulaşılması, blokta serbest halde kalan monomer miktarını önemli ölçüde azaltır. Ancak, serbest monomer miktarının azalması, blokların kompozit simanlarla kimyasal olarak bütünleşmesini, yani simanla birlikte polimerleşmesini sınırlandırabilir (Eldafrawy ve ark., 2018). Nitekim Lava Ultimate bloklarında bildirilen yüksek debonding oranları, bu durumu destekler niteliktedir. Bu nedenle üretici firma, Lava Ultimate'in tek kron yapımında kullanımına yönelik desteğini geri çekmiştir (Fouquet ve ark., 2022; Yoshihara ve ark., 2017). Bununla birlikte, Lava Ultimate materyalinin veneer, inley ve onley gibi tek diş restorasyonlarında kullanılabileceği bildirilmiştir (Akarca, Şahin ve Canay, 2021).

Cerasmart, esnek, hibrit bir nanoseraamik olup, organik reçine matrisi içinde ağırlıkça %71 oranında silika dolgusu ve baryum cam parçacıkları içermektedir (Çelik vd., 2018; Marchesi, Camurri Piloni, Nicolin, Turco, ve Di Lenarda, 2021). Shofu Block HC'ye bakıldığında, UDMA ve TEGDMA bazlı organik matris yapısı içinde %61 oranında silika ve zirkonyum silikat dolgular içerdiği görülmektedir (Chuenjit, Suzuki, ve Shinkai, 2021). Lava Ultimate'in polimerik matrisinin nano seramik doldurucularla güçlendirilmesine karşılık, Cerasmart ve Shofu Block HC'nin polimer matrisi nanohibrit seramik doldurucularla kuvvetlendirilmiştir (Yu vd., 2020). Estetik açıdan doğal diş benzer özellikler göstermesi ve çift katmanlı blok seçeneklerinin bulunması sayesinde Shofu Block HC, üretici firma önerisi doğrultusunda anterior ve posterior bölgelerde; implant üstü kronlar, inleyler, onleyler ve veneer restorasyonlarda kullanım alanı bulmaktadır (Akarca, Şahin, ve Canay, 2021). Cerasmart materyali ise, tüberküllerin restorasyonu, inleyler ve kronlar gibi tek diş restorasyonların yapımı için önerilmektedir. Güncel bir klinik çalışmada Cerasmart lityum disilikat ile karşılaştırılmış, iki yıllık inley ve onley uygulamalarında benzer

performans ile kullanıldığı bildirilmiştir. Seramik fırınlama prosedürlerini elimine ederek tedavi süresini azaltması nedeniyle, rezin nanoseramik materyallerinin inley ve onley restorasyonlarında iyi bir seçenek olarak değerlendirilebileceği vurgulanmıştır (Coşkun, Aslan, ve Özkan, 2020).

3. SONUÇLAR

Rezin – matriks seramikler, geleneksel seramiklerin estetik ve dayanıklılık özellikleri ile kompozit materyallerin esneklik ve işlenebilirlik avantajlarını bir araya getiren hibrit yapılar olarak dikkat çekmektedir. CAD – CAM teknolojilerinin gelişimiyle birlikte bu materyaller, indirekt restoratif ve protetik uygulamalarda önemli bir alternatif haline gelmiştir. Literatürde farklı sınıflandırma yaklaşımları olmakla birlikte, günümüzde rezin – matriks seramikler temel olarak polimer infiltre seramik ağ yapısına sahip materyaller (PICN) ve dağılmış dolgu partikülleri içeren indirekt kompozit bloklar olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir.

PICN yapılar, üç boyutlu iç içe geçmiş çift fazlı ağ sistemleri sayesinde hem mekanik performans hem de klinik uyum açısından başarılı sonuçlar sunmaktadır. Öte yandan, dolgu partikülleriyle güçlendirilmiş indirekt kompozit bloklar ise frezelenabilirlik, cilalanabilirlik ve antagonist dişlerde minimal aşındırıcılık gibi avantajları ile öne çıkmaktadır. Bu materyallerin içerik farklılıkları; polimer matris tipi, dolgu oranı ve dolgu tipi açısından çeşitlilik göstermekte ve bu da klinik kullanımda materyal seçimini etkileyen önemli bir faktör oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, rezin – matriks seramikler, biyomekanik ve estetik açıdan uyumlu restoratif ve protetik çözümler sunarak modern diş hekimliğinde önemli bir yer edinmiştir. Ancak, uzun dönem klinik başarılarının ve materyal bağımlı farklılıkların daha

net anlaşılabilmesi için ileriye dönük, kontrollü klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdou, A., Takagaki, T., Alghamdi, A., Tichy, A., Nikaido, T., ve Tagami, J. (2021). Bonding performance of dispersed filler resin composite CAD/CAM blocks with different surface treatment protocols. *Dental Materials Journal*, 40(1), 209-219.
- Akarca, E. M., Şahin, D., ve Canay, R. Ş. (2021). Rezin matriks seramikler-Derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 1-1.
- Aladağ, S. Ü., ve Ayaz, E. A. (2024). Bonding effectiveness of multi-step adhesive resin cements to CAD/CAM blocks: impact of thermal cycling and surface treatment methods. *BMC Oral Health*, 24(1), 1326.
- Alamouch, R. A., Silikas, N., Salim, N. A., Al-Nasrawi, S., ve Satterthwaite, J. D. (2018). Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties. *BioMed Research International*, 2018, 1-8.
- American Dental Association. (2015). CDT: Code on dental procedures and nomenclature. Şuradan erişilmiştir: <http://www.ada.org/en/publications/cdt/>
- Barizon, K. T. L., Bergeron, C., Vargas, M. A., Qian, F., Cobb, D. S., Gratton, D. G., ve Geraldelli, S. (2014). Ceramic materials for porcelain veneers: Part II. Effect of material, shade, and thickness on translucency. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 864-870.
- Chuenjit, P., Suzuki, M., ve Shinkai, K. (2021). Effect of various surface treatments on the bond strength of resin luting agent and the surface roughness and surface energy of CAD/CAM materials. *Dental Materials Journal*, 40(1), 16-25.

- Coldea, A., Swain, M. V., ve Thiel, N. (2014). Hertzian contact response and damage tolerance of dental ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 34, 124-133.
- Coşkun, E., Aslan, Y. U., ve Özkan, Y. K. (2020). Evaluation of two different CAD-CAM inlay-onlays in a split-mouth study: 2-year clinical follow-up. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 244-250.
- Çelik, E., Sahin, S. C., ve Dede, D. Ö. (2018). Shear Bond Strength of Nanohybrid Composite to the Resin Matrix Ceramics After Different Surface Treatments. *Photomedicine and Laser Surgery*, 36(8), 424-430.
- El Zhawi, H., Kaizer, M. R., Chughtai, A., Moraes, R. R., ve Zhang, Y. (2016). Polymer infiltrated ceramic network structures for resistance to fatigue fracture and wear. *Dental Materials*, 32(11), 1352-1361.
- Eldafrawy, M., Ebroin, M. G., Gailly, P. A., Nguyen, J.-F., Sadoun, M. J., ve Mainjot, A. K. (2018). Bonding to CAD-CAM Composites: An Interfacial Fracture Toughness Approach. *Journal of Dental Research*, 97(1), 60-67.
- Elsaka, S. E. (2014). Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement: the effect of surface treatments. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 16(6), 531-40.
- Facenda, J. C., Borba, M., ve Corazza, P. H. (2018). A literature review on the new polymer-infiltrated ceramic-network material (PICN). *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 30(4), 281-286.
- Fouquet, V., Lachard, F., Abdel-Gawad, S., Dursun, E., Attal, J.-P., ve François, P. (2022). Shear bond strength of a direct

- resin composite to CAD-CAM composite blocks: Relative contribution of micromechanical and chemical block surface treatment. *Materials*, 15(14), 5018.
- Gracis, S., Thompson, V., Ferencz, J., Silva, N., ve Bonfante, E. (2016). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3).
- Li, R. W. K., Chow, T. W., ve Matinlinna, J. P. (2014). Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. *Journal of Prosthodontic Research*, 58(4), 208-216.
- Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., ve Sadoun, M. J. (2016). From artisanal to CAD-CAM blocks. *Journal of Dental Research*, 95(5), 487-495.
- Marchesi, G., Camurri Piloni, A., Nicolin, V., Turco, G., ve Di Lenarda, R. (2021). Chairside CAD/CAM materials: Current trends of clinical uses. *Biology*, 10(11), 1170.
- Reymus, M., Roos, M., Eichberger, M., Edelhoff, D., Hickel, R., ve Stawarczyk, B. (2019). Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clinical Oral Investigations*, 23(2), 529-538.
- Sadoun M, inventor. (2011). Composite ceramic block. US patent 8,507,578 B2. Şuradan erişilmiştir: <http://www.uspto.gov/web/patents/patog/week33/OG/html/1393-2/US08507578-20130813.html>
- Sideridou, I., Tserki, V., ve Papanastasiou, G. (2002). Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials*, 23(8), 1819-1829.

- Swain, M. V., Coldea, A., Bilkhair, A., ve Guess, P. C. (2016). Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dental Materials*, 32(1), 34-42.
- Yu, H., Özcan, M., Yoshida, K., Cheng, H., ve Sawase, T. (2020). Bonding to industrial indirect composite blocks: A systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*, 36(1), 119-134.

İMLANT ÜSTÜ PROTEZLERİN ÖLÇÜSÜNÜN ALINMASINDA FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

Verda Gökçe ÇAKAR¹

Zelal SEYFİOĞLU POLAT²

1. GİRİŞ

Fotogrametri (FG) farklı açılardan çekilmiş fotoğrafların üç boyutlu konumlarının referans noktaları ile analiz edilmesi mantığı ile geliştirilen bir teknolojidir (1). FG kartografi, antropometrik veriler, optik arkeoloji, otomotiv ve madencilik endüstrileri gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmıştır (2-4). Ortam ışığının nesneyi aydınlatması mantığına dayanan PG; diş hekimliğinde birçok alanda kullanılabilmektedir. Özellikle, kısmen ya da tam dişsiz bölgelerin tedavisi için uygulanan implantlarının konumu belirlemede yardımcı bir metot olmuştur (5-6).

2. ANA METİN

İmplantların uzun dönem başarısı için pasif uyumun çok önemli olduğu bildirilmiştir (7-9). İmplant destekli üstyapı restorasyonların pasif uyumunun olmaması sonucu; vidaların gevşemesi, implant birleşenlerinin kırılması, marjinal kemikte rezorpsiyon, peri-implantitis gibi birçok komplikasyon ile

¹ Protetik Diş Tedavisi Uzmanı, Diyarbakır Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, v.gokce.yasar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6976-5093.

² Prof. Dr., Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi A.B.D, zelalpolat@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-5466-7247.

karşılaşılabilmektedir. Bu sebeple, iyi bir final protezin üretilmesi, alınan ölçünün hassasiyeti ile doğrudan orantılıdır (10-12). İmplant destekli restorasyonların üretimi için, ölçü alımı, implantların pozisyonun saptanması ve ölçü dökümü işlemi gibi aşamaların yapılması gerekmektedir. İmplant üstü ölçü alımında açık ya da kapalı kaşık ölçü tekniklerinin yanı sıra splintlenmiş veya splint uygulamadan alınan ölçü teknikleri de mevcuttur.

Fakat literatür incelemelerinde çenelerdeki implantlarının konumunu belirlemede hangi yöntemin doğru olduğuna dair bir fikir birliği oluşmamıştır. Splintlenmenin ne zaman yapılması gerektiği ya da yapılmaması gerektiği, implant üstü protezlerin ölçüsünde kullanılması gereken ölçü türü ve kalitesi hakkında da ortak karara varılamamıştır (12-14). Bunlara ek olarak, geleneksel ölçü yönteminin zaman alıcı olması, klinisyen için uygulama zorluğunun olması, taşınması ve saklanması zor olması, hastalar içinde zor ve konforlu olmaması gibi dezavantajları mevcuttur. Metal alt yapının üretiminde ölçü malzemesi ve üretim materyalinde gelişebilecek hatalar tüm bu karmaşık düzeni sıkıntıya koyabilmektedir (15).

Ölçü alımı işlemi olarak kısmi dişsiz implant destekli protez vakalarda güncel olarak dijital intraoral tarayıcılar (IOS'lar) kullanılmaktadır. Fakat tam ark implant destekli protez vakalarda IOS ile ölçü alınması restorasyonun üretim aşamalarında sıkıntı yaşanmasına sebep olabilmektedir (16-19). FG; dental implantların pozisyonun belirlenmesinde IOS'lara bir alternatif seçenek olmaktadır (20-23). Yapılan çalışmalar, IOS'ların tek üye implantların taranmasında başarılı bulunmuş olmasına rağmen; implant sayısının fazla olduğu ve dişsiz hastalarda başarı oranının düştüğünü göstermektedir (15). Tarama alanının uzunluğunun artmasına bağlı olarak, tarama hassasiyetindeki azalmadan kaynaklı özellikle tüm çene implant destekli protez hastalarda başarı oranının azalacağı sonucuna varılmıştır (24-28). Yapılan diğer çalışmalarda ise; IOS'ların

geleneksel yöntemlere eşit ya da daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (29). Ek olarak, tarama hassasiyetinin implantlar arası mesafe, implantın açısı, derinlik, tarayıcının markası ve klinisyenin deneyimi gibi faktörlerden etkileneceği sonucuna varılmıştır (24-30).

2.1. Tüm çene implant destekli protezlerin pasif uyumunun önemi

Sabit protezlerde pasif uyum; restorasyona oklüzal yönde bir kuvvet gelmeden tüm yüzeylerin gerilimsiz ve aynı andaki sabit teması olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer söylemle; pasif uyum, implant ile üstyapı arasında herhangi bir gerilimin olmamasıdır. İmplant destekli protezlerde implantların prognozunun iyileştirilmesi, implant bileşenlerindeki kırılmaların ve marjinal kemik kaybının önlenmesi için pasif uyum mümkün olduğunca doğru olmalıdır (31,32).

Vidalı implant destekli protezlerde mükemmel uyumun oluşturulması çok güçtür çünkü; ideal ayarlanmış protez yapılarında bile vida sıkma işlemi protezde gerginlik oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeple bazı yazarlar ‘pasif uyum’ teriminin ‘aktif uyum’ olarak değiştirilmesini önerilmektedir (33-34). Geleneksel ya da dijital ölçüye bağlı olmadan tüm çene implant destekli restorasyonların üretiminde ortaya çıkabilecek üretim hataları ve bozulmalar kaçınılmazdır. Yapılan çalışmalarda; yapılar arasındaki uyumsuzlukların 10µm’a kadar pasif olmadığını, 38µm ile 345µm arasındaki değerlerin ise klinik olarak kabul edildiği olduğunu bildirilmiştir. İmplant vidalarının sıkıca bağlandığı bazı çalışmalarda ise; değerler 30µm ile 500µm arasında değiştiği bu durumun dikey tutarsızlıkları ortadan kaldıracığına inanılmaktadır (35-38).

Sheffield testi ya da diğer ismiyle “1 vida testi” implant destekli protezlerde klinikte pasif uyumun değerlendirildiği en popüler testlerden biridir. En dış konumdaki implant yapısının

vidası sıkıldığında, diğer abutment yapıları arasında herhangi bir uyumsuzluğun olmama durumu olarak tanımlanmaktadır. Vidanın sıkılması bir dirençle karşılaşılana kadar orta hattan başlanılarak tek tek tüm vidalara uygulanır. Vidanın sıkılması pasif uyuma ulaşılan kadar yarım turdan fazlasını gerektiriyorsa, restorasyonun pasif uyuma sahip olmadığı düşünülür. Supragingival ve subgingival seviyelerdeki uyumsuzlukların ölçümü için ise, tükürüğün elimine edilmesi için mumlar ya da macunlar kullanılabilir. Bunlara ek olarak, pasif uyumun değerlendirilmesinde, tomografik bilgisayarlı bir X-ışını da kullanılabilmektedir (38-40). Şüphesiz ki, başarılı bir implant destekli restorasyon için pasif uyum çok önemlidir. Buna bağlı olarak alınan ölçü de büyük bir öneme sahip olmaktadır. (33,41-43).

2.2. Konvansiyonel ve dijital ölçünün karşılaştırılması

Tüm çene implant destekli protezlerin ölçüsünün alınmasında geleneksel olarak doğrudan implantlar ile uyumlu ölçü başlıkları ile splintleme yapılar ya da yapılmadan ölçü alınmaktadır (41,44,45). Konvansiyonel ölçü yönteminde; ana ölçüyü elde etmek için çok fazla ara aşama gerekmektedir. Ölçü malzemesinin esnekliği, ölçü transferlerin ve implantların fiksasyonundaki uyumsuzluklar, ölçü kaşığının erken ve yönün yanlış çıkarılması gibi birçok faktöre bağlı olarak ölçünün doğruluğu etkilenmektedir (13,41,46,47). Dijital ölçüler; implant pozisyonlarının ve alçı modellerin elde edilmesi için yeni bir yöntem olmuştur (48,49). IOS sistemi taranacak olan nesneye diş ya da implanta ışık kaynağının (lazer veya yakın zamanda yapılandırılmış ışık) gönderilmesi, görüntüleme sensörleri sayesinde elde edilen görüntülerin tarama yazılımına aktarılması mantığı ile çalışmaktadır. Diş veya implantın konumunun ölçüsü için tarama gövdelerine gönderilen veriler, IOS sistemi tarafından kaydedilip, dijital ortamda CAD sistemi kullanılarak belgelenip işlenebilmektedir. Tarama gövdelerinin konumuna göre ana

model sanal ortamda oluşturularak protezlerin üretimi yapılabilmektedir. IOS sistemi ile alınan ölçüler konvansiyonel ölçü yöntemine göre; hasta konforunu artırması, zaman açısından verimin artması, klinik uygulamalar için alçı modelin olmaması uygulamayı basitleştirip aynı zamanda kontaminasyonu engelleyerek, çapraz enfeksiyon riskini azaltması gibi avantajlara sahiptir (29,45). Fakat yapılan çalışmalar; implantların açısının ve derinliğinin mevcut olduğu vakalarda, daha yüksek öngörülebilirlik göstermesine rağmen yapılan diğer çalışmalarda taranacak alanın artmasına bağlı olarak, farklı açı ve derinlikteki implantların ve dişsiz hastalar için tutarsız sonuçların olduğu bildirilmiştir (31). Bunlara ek olarak, yapılan diğer çalışmalarda; IOS'ların doğruluğu konvansiyonel yöntemlere göre eşit ya da daha iyi olduğu sonucuna varılıp; IOS'ların birden fazla implantın bulunduğu vakalar için önerilmediği sonucuna varılmıştır (11,34,50-52).

Fotogrametri, çoklu implantların ölçüsünün alınmasına bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (53,54). Fotogrametri, fotoğraflardan ölçüm alma bilimi ve teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Farklı açılardan elde edilen fotoğrafların referans noktaları arayıcılığı ile 3D koordinatlarının oluşturulmasını esas alan bir tekniktir (55,56). FG tekniğinde iki boyutlu alınan resimler üst üste koyularak 3 boyutlu görüntülerinin oluşturulması mantığı ile çalışmaktadır (57). Diş hekimliğinde FG uygulamaları ilk olarak; Lamb, Anderson ve McGarrah'ın mutlak diş hareketi, kompozit restorasyonların aşınması, diş yüzeyindeki marjinal bozulma miktarının ölçüldüğü çalışmalara dayanmaktadır (58). Bu çalışmaların ardından, Lie ve Jemt protezlerin uyum testlerine dahil edip implant yapılarındaki bozulmayı FG tekniği ile ölçmüşlerdir (53). İmplantların pozisyonu, protezin yapısı ve arasındaki mikro boşlukların ölçülmesi için FG yöntemi kullanılarak yapılan in vitro çalışmalarda elde edilen sonuçlarda; 12 µm'lik tutarsızlık elde

edilmiştir. Bu değerlerin geleneksel ölçü yöntemleri ile karşılaştırılabilir olduğu bildirilmiştir. Bu sebeple FG'nin Bilgisayar Sayısal Kontrollü (CNC) bir cihazla frezelenmiş titanyum altyapıların geleneksel alınan ölçülere seçenek olabileceği ve hatta önüne geçebileceği düşünülmektedir (53,54,59-61). Flügge (29) ve arkadaşları, sistematik inceleme ve meta analiz olarak yapmış oldukları çalışmada; implant destekli protez ölçülerinde geleneksel ve dijital ölçüler arasında farklılıklar olduğu sonucuna varılıp doğrusal sapmanın 170 mm'den büyük ve açısal sapmanın tüm cihazlarda ve teknik değerlendirmelerde 0,5 dereceden büyük olduğunu bildirmişlerdir. Bu tutarsızlıkların FG ile azalacağı 5 mm ile 5,6 mm arasında olduğu koşulların uygun olduğu durumlarda ise 4 mm kadar düşebileceği gösterilmiştir (62). Yapılan son çalışmalar; tüm çene implant destekli restorasyonların ölçüsünün alınmasında PG'lerin IOS'lardan daha yararlı olabileceği yönündedir (63,64). Yapılan bir çalışmada; PICdental® cihazı ile taranan ölçüde implantın konumunun 3D olarak tespit edildiği bu durumun ortam ışığına, tükürüğe veya uzun dişsiz alanlara bağlı olmadığına fakat yumuşak doku ve çeneler arası ilişkinin kaydı için ağız içi taramaya gerek olduğu yönündedir (64). Maria ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; FG yöntemi ile tüm çene implant destekli restorasyonların ölçüsü alınmış olup yapılan klinik takipte; ölçü alınma süresinde azalma, hasta ve diş hekimi açısından memnuniyetin daha fazla olduğu ve geleneksel ölçüler ile karşılaştırıldığında 1 yıllık takipte kemik kaybı ve protez sağkalımı açısından fark göstermediği bildirilmiştir (62). Revilla ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada; tüm çene implant destekli restorasyonların ölçüsü için ekstraoral fotogrametri ve intraoral fotogrametri sistemleri karşılaştırılmış olup tüm sistemlerin klinik açıdan ful ark protezler için güvenli olduğunu kabul etmişlerdir (65).

3. SONUÇ

FG tekniği dijital ölçülere kıyasla kolay ve yeni bir yöntem olarak diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel ve dijital ölçülere göre kıyasla birçok avantaja sahip olmasına rağmen sert ve yumuşak dokunun kopyasının oluşturulması için ek bir ölçüye gerek duyulmaktadır. FG yöntemi, geleneksel ve dijital ölçüler ile kıyaslandığında implant destekli protezlerin ölçüsünün alınmasında güvenilir bir yöntem olsa bile bilimsel kanıtların az olması sebebiyle randomize çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

1. Bergin JM, Rubenstein JE, Manc L, Brudvik JS, Raigrodski A. An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthet Dent* 2013;110:243–51.
2. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J* 2004;41:507–18.
3. Cerasoni JN, do Nascimento Rodrigues F, Tang Y, Hallett EY. Do-It-Yourself digital archaeology: introduction and practical applications of photography and photogrammetry for the 2D and 3D representation of small objects and artefacts. *PLoS One* 2022;17:e0267168.
4. Torkan M, Janiszewski M, Uotinen L, Baghbanan A, Rinne M. Photogrammetric method to determine physical aperture and roughness of a rock fracture. *Sensors (Basel)* 2022;22:4165.
5. Agustín-Panadero R, Peñarrocha-Oltra D, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diago M. Stereophotogrammetry for recording the position of multiple implants: technical description. *Int J Prosthodont* 2015;28:631–36.
6. Kachalia PR, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: In-office CAD/CAM technology. *J Calif Dent Assoc* 2010;38:323–330.
7. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2008;100:285–291.
8. Cehreli MC, Akça K. Impression techniques and misfit-induced strains on implant-supported superstructures: An

in vitro study. Int J Periodontics Restorative Dent 2006;26:379–385.

9. Pujari, M.; Garg, P.; Prithviraj, D.R. Evaluation of accuracy of casts of multiple internal connection implant prosthesis obtained from different impression materials and techniques: An in vitro study. J. Oral Implantol. 2014, 40, 137–145.
10. Lyu, M.; Di, P.; Lin, L.; Jiang, X. Accuracy of impressions for multiple implants: A comparative study of digital and conventional techniques. J. Prosthet. Dent. **2022**, 128, 1017–1023
11. Lee, H.; So, J.S.; Hochstedler, J.L.; Ercoli, C. The accuracy of implant impressions: A systematic review. J. Prosthet. Dent. 2008, 100, 285–291.
12. Pera, F.; Pesce, P.; Bevilacqua, M.; Setti, P.; Menini, M. Analysis of Different Impression Techniques and Materials on Multiple Implants Through 3-Dimensional Laser Scanner. Implant. Dent. 2016, 25, 232–237.
13. Perez-Davidi, M.; Levit, M.; Walter, O.; Eilat, Y.; Rosenfeld, P. Clinical accuracy outcomes of splinted and nonsplinted implant impression methods in dental residency settings. Quintessence Int. 2016, 47, 843–852.
14. Lee, S.J.; Gallucci, G. Digital vs. conventional implant impressions: Efficiency outcomes. Clin. Oral Implant. Res. 2013, 24, 111–115.
15. Rubio Serrano M, Albalat Estela S, Peñarrocha Diago M, Peñarrocha Diago M. Software applied to oral implantology: Update. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2008;13:E661–E665.

16. Freedman M, Quinn F, O’Sullivan M. Single unit CAD/CAM restorations: A literature review. *J Ir Dent Assoc* 2007;53:38–45.
17. Persson AS, Andersson M, Odén A, Sandborgh-Englund G. Computer aided analysis of digitized dental stone replicas by dental CAD/CAM technology. *Dent Mater* 2008;24:1123–1130.
18. Park JI, Yoon TH. A three-dimensional image-superimposition CAD/CAM technique to record the position and angulation of the implant abutment screw access channel. *J Prosthet Dent* 2013;109:57–60.
19. Wulfman C, Naveau A, Rignon-Bret C. Digital scanning for complete arch implant-supported restorations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2020;124:161–67.
20. Papaspyridakos P, Vazouras K, Chen YW, Kotina E, Natto Z, Kang K, et al. Digital vs conventional implant impressions: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont* 2020;29:660–78.
21. Schmidt A, Wöstmann B, Schlenz MA. Accuracy of digital implant impressions in clinical studies: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2022;33:573–85.
22. Paratelli A, Vania S, Gómez-Polo C, Ortega R, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Techniques to improve the accuracy of complete-arch implant intraoral digital scans: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2023;129:844–54.
23. van der Meer, W.J.; Andriessen, F.S.; Wismeijer, D.; Ren, Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e43312.
24. Andriessen, F.S.; Rijkens, D.R.; van der Meer, W.J.; Wismeijer, D.W. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in

- edentulous mandibles: A pilot study. *J. Prosthet. Dent.* **2014**, 111, 186-194. [CrossRef] [PubMed]
25. Basaki, K.; Alkumru, H.; De Souza, G.; Finer, Y. Accuracy of Digital vs Conventional Implant Impression Approach: A Three-Dimensional Comparative In Vitro Analysis. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* **2017**, 32, 792-799.
26. Alsharbaty, M.H.M.; Alikhasi, M.; Zarrati, S.; Shamshiri, A.R. A Clinical Comparative Study of 3-Dimensional Accuracy between Digital and Conventional Implant Impression Techniques. *J. Prosthodont.* **2019**, 28, e902-e908.
27. Schmidt, A.; Rein, P.E.; Wostmann, B.; Schlenz, M.A. A comparative clinical study on the transfer accuracy of conventional and digital implant impressions using a new reference key-based method. *Clin. Oral Implant. Res.* **2021**, 32, 460-469.
28. Farhan, F.A.; Sahib, A.J.A.; Fatalla, A.A. Comparison of the accuracy of intraoral digital impression system and conventional impression techniques for multiple implants in the full-arch edentulous mandible. *J. Clin. Exp. Dent.* **2021**, 13, e487-e492.
29. Alikhasi, M.; Siadat, H.; Beyabanaki, E.; Kharazifard, M.J. Accuracy of Implant Position Transfer and Surface Detail Reproduction with Different Impression Materials and Techniques. *J. Dent.* **2015**, 12, 774-783.
30. Pradíes, G.; Ferreiroa, A.; Özcan, M.; Giménez, B.; Martínez-Rus, F. Using stereophotogrammetric technology for obtaining intraoral digital impressions of implants. *J. Am. Dent. Assoc.* **2014**, 145, 338-344.

31. Moreno, A.; Giménez, B.; Özcan, M.; Pradies, G. A clinical protocol for intraoral digital impression of screw-retained CAD/CAM framework on multiple implants based on wavefront sampling technology. *Implant. Dent.* 2013, 22, 320–325.
32. Pan, Y.; Tsoi, J.K.H.; Lam, W.Y.H.; Pow, E.H.N. Implant framework misfit: A systematic review on assessment methods and clinical complications. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* **2021**, 23, 244–258. [CrossRef]
33. Katsoulis, J.; Takeichi, T.; Gaviria, A.S.; Peter, L.; Katsoulis, K. Misfit of implant prostheses and its impact on clinical outcomes. Definition, assessment and a systematic review of the literature. *Eur. J. Oral Implantol.* **2017**, 10 (Suppl. S1), 121–138.
34. Spazzin, A.O.; Dos Santos, M.B.F.; Sobrinho, L.C.; Consani, R.L.X.; Mesquita, M.F. Effects of horizontal misfit and bar framework material on the stress distribution of an overdenture-retaining bar system: A 3D finite element analysis. *J. Prosthodont.* **2011**, 20, 517–522. [CrossRef]
35. Gomes, J.M.L.; Dantas de Moraes, S.L.; Santiago, J.F.; Lemos, C.A.A.; Grossi, M.L.; Pellizzer, E.P. Evaluation of Marginal Misfit of Implant-Supported Fixed Prostheses Made Using Different Techniques. *Int. J. Prosthodont.* **2019**, 32, 345–348.
36. Alikhasi, M.; Siadat, H.; Beyabanaki, E.; Kharazifard, M.J. Accuracy of Implant Position Transfer and Surface Detail Reproduction with Different Impression Materials and Techniques. *J. Dent.* **2015**, 12, 774–783.
37. Menini, M.; Setti, P.; Pera, F.; Pera, P.; Pesce, P. Accuracy of multi-unit implant impression: Traditional techniques versus a digital procedure. *Clin. Oral Investig.* **2018**, 22,

- 1253-1262. [Abduo, J. Fit of CAD/CAM implant frameworks: A comprehensive review. *J. Oral Implantol.* **2014**, 40, 758-766.
38. Moreno, A.; Giménez, B.; Özcan, M.; Pradies, G. A clinical protocol for intraoral digital impression of screw-retained CAD/CAM framework on multiple implants based on wavefront sampling technology. *Implant. Dent.* 2013, 22, 320-325.
39. Al-Meraikhi, H.; Yilmaz, B.; McGlumphy, E.; Brantley, W.; Johnston, W.M. In vitro fit of CAD-CAM complete arch screw-retained titanium and zirconia implant prostheses fabricated on 4 implants. *J. Prosthet. Dent.* 2018, 119, 409-416.
40. Richi, M.W.; Kurtulmus-Yilmaz, S.; Ozan, O. Comparison of the accuracy of different impression procedures in case of multiple and angulated implants: Accuracy of impressions in multiple and angulated implants. *Head Face Med.* **2020**, 16, 9.
41. Barbosa, S.A.; Bacchi, A.; Barão VAR Silva-Souza, Y.T.; Bruniera, J.F.; Caldas, R.A.; Consani, R.L.X. Implant Volume Loss, Misfit, Screw Loosening, and Stress in Custom Titanium and Zirconia Abutments. *Braz. Dent. J.* 2020, 31, 374-379.
42. Katsoulis, J.; Müller, P.; Mericske-Stern, R.; Blatz, M.B. CAD/CAM fabrication accuracy of long- vs. short-span implant-supported FDPs. *Clin. Oral Implant. Res.* 2015, 26, 245-249.
43. Menini, M.; Setti, P.; Pera, F.; Pera, P.; Pesce, P. Accuracy of multi-unit implant impression: Traditional techniques versus a digital procedure. *Clin. Oral Investig.* **2018**, 22, 1253-1262.

44. Flügge, T.; van der Meer, W.J.; Gimenez Gonzalez, B.; Vach, K.; Wismeijer, D.; Wang, P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Oral Implant. Res.* 2018, 29 (Suppl. S16), 374–392.
45. Romero, L.; Jiménez, M.; Espinosa, M.M.; Domínguez, M. New Design for Rapid Prototyping of Digital Master Casts for Multiple Dental Implant Restorations. *PLoS ONE* **2015**, 10, e0145253.
46. Takashi Sawase, T.; Kuroshima, S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. *Dent. Mater. J.* **2020**, 39, 57–61.
47. Marghalani, A.; Weber, H.P.; Finkelman, M.; Kudara, Y.; El Rafie, K.; Papaspyridakos, P. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. *J. Prosthet. Dent.* 2018, 119, 574–579. [CrossRef] [PubMed]
48. Papaspyridakos, P.; Vazouras, K.; Chen, Y.-W.; Kotina, E.; Natto, Z.; Kang, K.; Chochlidakis, K. Digital vs Conventional Implant Impressions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Prosthodont.* 2020, 29, 660–678.
49. Nikoyan, F.; Gandolfi, A.; Luongo, G.; Logozzo, S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health* **2017**, 17, 149.
50. Eliasson, A.; Ortorp, A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* **2012**, 14 (Suppl. S1), e30–e38.
51. Vandeweghe, S.; Vervack, V.; Dierens, M.; De Bruyn, H. Accuracy of digital impressions of multiple dental

- implants: An in vitro study. Clin. Oral Implant. Res. **2017**, 28, 648-653.
52. Lie, A.; Jemt, T. Photogrammetric measurements of implant positions. Description of a technique to determine the fit between implants and superstructures. Clin. Oral Implant. Res. 1994, 5, 30-36.
53. Jemt, T.; Bäck, T.; Petersson, A. Photogrammetry--an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study. Int. J. Prosthodont. 1999, 12, 363-368.
54. Bratos, M.; Bergin, J.M.; Rubenstein, J.E.; Sorensen, J.A. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses. J. Prosthet. Dent. 2018, 120, 232-241.
55. Stuari, V.T.; Ferreira, R.; Manfredi, G.G.P.; Cardoso, M.V.; Sant'Ana, A.C.P. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. Med. Hypotheses 2019, 128, 43-49.
56. Bergin, J.A.; Rubenstein, J.E.; Mancl, L.; Brudvik, J.S.; Raigrodski, A.J. An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. J. Prosthet. Dent. 2013, 110, 243-251.
57. Anderson, R.W.; McGarrah, H.E.; Lamb, R.D.; Eick, I.D. Root surface measurements of mandibular molar using stereophotogrammetry. J. Am. Dent. Assoc. 1983, 107, 613-615.
58. Jemt, T.; Book, K.; Lie, A.; Börjesson, T. Mucosal topography around implants in edentulous upper jaws. Photogrammetric three-dimensional measurements of the effect of replacement of a removable prosthesis with a

- fixed prosthesis. Clin. Oral Implant. Res. 1994, 5, 220–228. [CrossRef]
59. Örtorp, A.; Jemt, T.; Bäck, T. Photogrammetry and conventional impressions for recording implant positions: A comparative laboratory study. Clin. Implant. Dent. Relat. Res. 2005, 7, 43–50. [CrossRef]
60. Örtorp, A.; Jemt, T. CNC-milled titanium frameworks supported by implants in the edentulous jaw: A 10-year comparative clinical study. Clin. Implant. Dent. Relat. Res. 2012, 14, 88–99.
61. Peñarrocha-Diago, M.; Balaguer-Martí, J.C.; Peñarrocha-Oltra, D.; Balaguer-Martínez, J.F.; Peñarrocha-Diago, M.; Agustín-Panadero, R. A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete arch, implant-supported prosthesis: A randomized controlled pilot clinical trial. J. Prosthet. Dent. 2017, 118, 596–603.
62. Ma, B.; Yue, X.; Sun, Y.; Peng, L.; Geng, W. Accuracy of photogrammetry, intraoral scanning, and conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation: An in vitro comparative study. BMC Oral Health **2021**, 21, 636. [CrossRef]
63. Pinto, R.J.; Casado, S.A.; Chmielewski, K.; Caramês, J.M.; Marques, D.S. Accuracy of different digital acquisition methods in complete arch implant-supported prostheses: An in vitro study. J. Prosthet. Dent. **2023**, 22, 172–177.
64. Revilla-León M, Gómez-Polo M, Drone M, Barmak AB, Kois JC, Alonso Pérez-Barquero J. Accuracy of complete arch implant scans recorded by using intraoral and extraoral photogrammetry systems. J Prosthet Dent. 2025 Feb 27:S0022-3913(25)00084-8.

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE GEÇİCİ RESTORASYONLAR

Melis Nişanuhi MILDANOĞLU¹

1. GİRİŞ

Geçici restorasyonlar, protetik diş tedavilerinde tedavi sürecinin önemli bir aşamasını oluşturan ve birçok klinik fonksiyonu yerine getiren geçici çözümlerdir (1). Bu restorasyonlar; diş preparasyonu sonrası, daimi restorasyonun uygulanmasına kadar geçen sürede, estetik, fonksiyonel ve biyolojik gereksinimleri karşılamak amacıyla kullanılır (5). Özellikle pulpa dokusunun korunması, dentin hassasiyetinin azaltılması, dişin pozisyonunun sabitlenmesi ve periodontal sağlığın sürdürülmesi gibi amaçlarla önem taşırlar (7).

Ayrıca geçici restorasyonlar, diş hekiminin oklüzal ilişkileri değerlendirmesi ve estetik sonuçları önceden görebilmesi açısından da klinik bir ön prova işlevi görür (9). Günümüzde bu restorasyonların üretiminde kullanılan materyaller, gelişen teknoloji ile birlikte dayanıklılık, renk stabilitesi ve biyouyumluluk açısından yüksek performans göstermektedir (10). Özellikle bis-akril kompozitler, PMMA bazlı materyaller ve CAD/CAM blokları geçici restorasyon üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir (11).

Son yıllarda dijital üretim yöntemleri, geçici restorasyonların hazırlanmasında önemli bir yer edinmiştir. CAD/CAM frezeleme sistemleri ve 3D baskı teknikleri,

¹ Doktor Öğretim Üyesi , İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, mpalancioglu@yahoo.com.tr , ORCID: 0000-0002-3135-9644.

restorasyonların marjinal uyumu, mekanik dayanıklılığı ve estetik özellikleri açısından başarılı sonuçlar sunmaktadır (13). Ayrıca geçici restorasyonlar, implant üstü geçici kronlar gibi kompleks vakalarda da yumuşak doku şekillendirmesi ve geçici fonksiyon sağlama amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (14).

Bu kitap bölümünde, geçici restorasyonların tarihçesi, sınıflandırılması, kullanılan materyaller, üretim teknikleri, klinik kullanım alanları, dijital yöntemlerin entegrasyonu, biyolojik ve estetik değerlendirmeleri güncel bilimsel kaynaklar ışığında kapsamlı biçimde ele alınacaktır (15).

2. GEÇİCİ RESTORASYONLARIN TANIMI VE AMAÇLARI

Geçici restorasyonlar, daimi protezlerin laboratuvar aşamasında olduğu dönemde, dişin işlevini, estetiğini ve biyolojik bütünlüğünü korumak amacıyla uygulanan geçici protezlerdir (6). Bu restorasyonlar hem sabit hem de implant destekli protetik tedavilerde tedavi süreci boyunca çeşitli fonksiyonları yerine getirir (1). Tedavi aşamasında hastanın estetik beklentilerini karşılamak, fonksiyonel konforunu sağlamak ve psikososyal etkilenimi azaltmak geçici restorasyonların temel klinik hedefleri arasında yer alır (3).

Geçici restorasyonlar, pulpa dokusunun termal ve mekanik iritanlardan korunmasını sağlar; özellikle vital dişlerde preparasyon sonrası oluşabilecek hassasiyeti azaltmada etkili olur (2). Ayrıca preparasyon sonrası oluşabilecek diş hareketlerini engelleyerek dişin konumunun stabil kalmasına katkı sağlar (4). Aynı zamanda oklüzal yüklerin geçici olarak yönlendirilmesi ve antagonistlerle olan ilişkilerin değerlendirilmesi açısından da klinik olarak önemlidir (17).

Periodontal açıdan değerlendirildiğinde, geçici restorasyonlar gingival dokuların stabilizasyonunu sağlamakta ve dişeti konturlarının şekillendirilmesine yardımcı olmaktadır (20). Özellikle anterior bölgede, estetik kriterlerin sağlanmasında dişeti seviyesi ve konturunun yönetilmesi için geçici restorasyonların doğru tasarımı büyük önem taşır (14). Geçici restorasyonlar aynı zamanda hekimin nihai restorasyonda uygulanacak tasarımı prova etmesine ve hastayla birlikte değerlendirmesine olanak tanır (9).

Bu nedenle geçici restorasyonlar, yalnızca geçici bir çözüm olarak değil, aynı zamanda daimi protezin başarısını doğrudan etkileyen kritik bir klinik basamak olarak kabul edilmelidir (6). Hem biyomekanik hem de estetik planlamanın başarısı, bu restorasyonların doğru materyal, üretim yöntemi ve süre ile uygulanmasına bağlıdır (11).

3. KULLANILAN MALZEMELER

Geçici restorasyonların başarısı, büyük ölçüde kullanılan materyalin biyomekanik özelliklerine ve klinik performansına bağlıdır (5). Bu materyallerin seçiminde; estetik uyum, mekanik dayanıklılık, biyouyumluluk, üretim kolaylığı ve renk stabilitesi gibi faktörler göz önünde bulundurulmaktadır (6). Günümüzde geçici restorasyonlar için kullanılan başlıca materyaller arasında polimetil metakrilat (PMMA), bis-akril kompozit reçineler, CAD/CAM blokları ve 3D baskı reçineleri yer almaktadır (7, 10).

3.1. Polimetil Metakrilat (PMMA)

PMMA, geçici restorasyonlarda kullanılan ilk materyallerden biridir ve özellikle laboratuvar tipi indirekt restorasyonlarda yaygın olarak tercih edilir (2). Sertliği ve düşük maliyeti avantaj sağlarken, polimerizasyon sırasında oluşan hacim değişimi ve termal irritasyon potansiyeli gibi

dezavantajlara sahiptir (6). Sıcak polimerize PMMA, soğuk polimerize formlara göre daha yüksek mekanik direnç gösterse de, estetik özellikleri sınırlı kalabilmektedir (11).

3.2. Bis-Akril Kompozitler

Bis-akril bazlı geçici materyaller, otomatik karıştırma sistemleri sayesinde kolay uygulanabilir olmaları ve düşük polimerizasyon ısısı üretmeleri ile dikkat çeker (3). Bu materyaller, özellikle tek diş ya da kısa köprü uygulamalarında yeterli kırılma direnci ve marjinal adaptasyon sağlamaktadır (12). Ayrıca bis-akril kompozitlerin renk stabilitesi, PMMA'ya göre daha başarılıdır ve klinik kullanımda tercih edilmelerini sağlar (9).

3.3. CAD/CAM Blokları

CAD/CAM teknolojisi ile üretilmiş PMMA blokları, fabrika ortamında yüksek basınç altında polimerize edildiği için daha homojen bir yapı ve üstün mekanik dayanıklılık sağlar (24). Bu materyaller, hem estetik hem de fonksiyonel olarak geleneksel materyallerle kıyaslandığında daha uzun süreli geçici restorasyonlar için uygundur (13). Ayrıca CAD/CAM blokları, manuel hata riskini azaltması bakımından da avantaj sağlar (26).

3.4. 3D Baskı Reçineleri

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen geçici restorasyon materyalleri, kısa sürede üretim imkânı ve yüksek hassasiyet sunmalarıyla öne çıkmaktadır (25). Ancak bu reçinelerin bazı türlerinde, mekanik dayanım ve renk stabilitesinin klasik materyaller kadar güçlü olmadığı gösterilmiştir (34). Son yıllarda yapılan çalışmalar, fotopolimer reçinelerin formülasyonlarının geliştirildiğini ve biyouyumluluk ile marjinal adaptasyon özelliklerinin iyileştirildiğini ortaya koymaktadır (35).

4. ÜRETİM TEKNİKLERİ

Geçici restorasyonların üretiminde uygulanan yöntemler, restorasyonun klinik başarısını doğrudan etkileyen faktörler arasında yer alır (4). Üretim tekniği; restorasyonun marjinal uyumu, mekanik dayanıklılığı, estetik özellikleri ve hastaya sağladığı konfor üzerinde belirleyici rol oynar (6). Temel olarak doğrudan (klinikte), yarı-doğrudan ve dolaylı (laboratuvar ortamında) yöntemler ile dijital üretim teknikleri olmak üzere dört ana grupta incelenir (1, 4, 6).

4.1. Doğrudan Teknik

Doğrudan teknik, geçici restorasyonun doğrudan ağız içinde hazırlanmasını içerir. Genellikle otopolimerizan akrilik veya bis-akril materyallerle uygulanır (2). Bu yöntem, zamandan tasarruf sağlaması nedeniyle sık tercih edilse de; polimerizasyon sırasında oluşan ısı, pulpal irritasyona neden olabileceğinden dikkatli kullanılmalıdır (10).

4.2. Yarı-Doğrudan Teknik

Yarı-doğrudan teknikte, ölçü alındıktan sonra model üzerinde bir ön form hazırlanır, ardından ağız içinde uyarlama yapılır (6). Bu yöntem, doğrudan tekniğe göre daha iyi uyum sağlarken; dolaylı tekniğe kıyasla daha kısa sürede tamamlanabilir (20).

4.3. Dolaylı Teknik

Dolaylı teknikte, geçici restorasyon laboratuvar ortamında hazırlanır ve ardından hastanın ağzına uygulanır. Bu yöntemde marjinal adaptasyon daha başarılı olur ve restorasyonun estetik kalitesi daha yüksektir (4, 19). Ayrıca polimerizasyon tamamlandığı için restorasyon daha stabil hale gelir ve klinik ayarlama ihtiyacı azalır (16).

4.4. CAD/CAM ile Frezeleme

CAD/CAM teknolojisi ile bloklardan kazıma yöntemiyle yapılan geçici restorasyonlar, yüksek hassasiyet ve homojen yapı avantajı sunar (26). Bu restorasyonlar, özellikle uzun dönem geçici restorasyon gereken implant vakalarında tercih edilmektedir (28). CAD/CAM üretim süreci, ölçü alımından dizayna kadar tamamen dijitalleştirilebildiğinden, manuel hata oranı düşer (33).

4.5. 3D Baskı (Additive Manufacturing)

Son yıllarda üç boyutlu yazıcılarla geçici restorasyon üretimi giderek yaygınlaşmıştır. Bu yöntemle üretim, dijital modelin fotopolimer reçine ile katman katman basılması esasına dayanır (13). 3D baskı ile hazırlanan restorasyonlar kısa sürede üretilebilirken, marjinal uyum ve yüzey kalitesi gibi parametrelerde hala iyileştirmeye açık yönler bulunmaktadır (24, 27). Bununla birlikte yeni geliştirilen reçinelerle bu sınırlılıkların büyük oranda aşıldığı gösterilmiştir (34, 36).

5. KLİNİK KULLANIM ALANLARI

Geçici restorasyonlar, protetik tedavi sürecinde yalnızca geçici estetik ve fonksiyon sağlamaktan çok daha fazlasını üstlenmektedir (1). Bu restorasyonlar; pulpa korunumu, oklüzal ilişkilerin değerlendirilmesi, estetik planlama ve gingival şekillendirme gibi pek çok klinik amaca hizmet etmektedir (4, 6).

5.1. Sabit Protez Uygulamaları

Sabit köprü ve kuron restorasyonlarında geçici protezler, özellikle preparasyon sonrası dişin termal, kimyasal ve mekanik uyarıcılara karşı korunmasında önemli rol oynar (2). Ayrıca dişin yer değiştirmesini önleyerek final restorasyonun planlandığı şekilde yerleştirilmesine olanak tanır (20). Bu restorasyonlar, aynı zamanda hastanın tedavi sürecindeki estetik ihtiyaçlarını

karşılammakta, sosyal ve psikolojik açıdan konfor sağlamaktadır (3, 17).

5.2. İmplant Destekli Restorasyonlar

İmplant üstü geçici restorasyonlar, yumuşak dokunun şekillendirilmesi ve mukoza ile implant arasındaki biyolojik genişliğin korunması açısından büyük önem taşır (18, 26). Özellikle estetik bölgede, dişeti konturunun yönlendirilmesi ve papil formasyonunun sağlanması amacıyla geçici restorasyonlar stratejik olarak kullanılmaktadır (14). Anterior implant vakalarında, geçici restorasyon ile oklüzal yüklerin kontrol edilmesi sayesinde, implantın osseointegrasyon süreci daha güvenli hale getirilir (30).

5.3. Periodontal Uyum ve Yumuşak Doku Şekillendirme

Geçici restorasyonlar, gingival dokunun iyileşmesi ve şekillenmesi sürecine yön verir. Dişeti konturlarının şekillendirilmesi, özellikle final restorasyon estetiğinde kritik bir faktördür (9). Bu amaçla CAD/CAM veya 3D baskı teknikleriyle hazırlanmış geçici restorasyonlar, doku dostu yüzey özellikleriyle biyolojik uyumu destekler (28, 29).

5.4. Fonksiyonel Prova ve Hasta Onayı

Uzun süreli geçici restorasyonlar, final restorasyon öncesinde oklüzal düzenlemeler, estetik kontroller ve hastanın fonksiyonel uyumunun test edilmesi için kullanılır (12). Bu restorasyonlar aynı zamanda hekimin tasarımını hastayla birlikte değerlendirmesine olanak tanır ve hasta onayına dayalı planlama yapılmasını kolaylaştırır (21).

6. BİYOLOJİK VE MEKANİK DEĞERLENDİRMELER

Geçici restorasyonlar, ağız içi biyolojik ortamla uyumlu olmalı ve klinik kullanım süresince fonksiyonel yüklemelere karşı yeterli dayanıklılık göstermelidir (1, 6). Bu restorasyonların biyolojik değerlendirmesinde; pulpal korunma, doku dostu yüzey özellikleri ve mikrosızıntı kontrolü ön plandadır (2, 4).

6.1. Biyolojik Değerlendirme

Geçici restorasyonların polimerizasyon sırasında oluşan ısı, özellikle doğrudan teknikle hazırlanan restorasyonlarda pulpa üzerinde zararlı etkilere neden olabilir (6). Ayrıca, geçici materyalin sızıntıya neden olmaması için marjinal uyumu yüksek olmalı, mikroorganizma penetrasyonunu engellemelidir (7, 8). Özellikle implant üstü restorasyonlarda, geçici protezin çevre yumuşak dokuya zarar vermemesi, periodontal sağlığın korunması açısından önemlidir (18, 28).

Biyofilm oluşumu, geçici materyallerin yüzey pürüzlülüğü ile doğrudan ilişkilidir (29). Konvansiyonel yöntemlerle üretilen geçici restorasyonların, CAD/CAM ve 3D baskı tekniklerine kıyasla daha yüksek yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu, dolayısıyla plak birikimine daha yatkın olduğu gösterilmiştir (28, 36). Bu nedenle modern üretim teknikleriyle elde edilen restorasyonlar, periodontal uyum açısından daha avantajlıdır (32).

6.2. Mekanik Değerlendirme

Geçici restorasyonların fonksiyonel başarısı, kırılma direnci, aşınma dayanıklılığı ve elastik modül gibi mekanik özelliklerle doğrudan ilişkilidir (5, 25). Özellikle molar bölgelerde yüksek çiğneme kuvvetlerine maruz kalan geçici restorasyonlar, bu özellikleri karşılamadığında erken kırıklar meydana gelebilir (31).

Çalışmalarda, 3D baskı ile üretilen geçici restorasyonların farklı reçineleri arasında elastikiyet ve kırılma direnci bakımından anlamlı farklar bulunduğu gösterilmiştir (25, 34). Ayrıca üretim yönü (örneğin dikey ya da yatay baskı), restorasyonun marjinal uyumunu ve iç uyumunu etkileyebilmektedir (24). CAD/CAM freze teknolojisiyle hazırlanan restorasyonların ise genellikle daha homojen ve yüksek dayanımlı olduğu bildirilmiştir (26, 33).

Uzun süreli kullanımda yaşanan termal genleşme farklılıkları ve materyalin yorgunluk direnci de göz önünde bulundurulmalıdır (30, 32). Özellikle bis-akril esaslı materyallerin, polimetil metakrilata göre daha düşük termal genleşme gösterdiği ve bu durumun restorasyon stabilitesi açısından avantaj sunduğu bildirilmiştir (30).

7. ESTETİK DEĞERLENDİRME VE RENK STABİLİTESİ

Geçici restorasyonlar, tedavi sürecinde yalnızca fonksiyon değil, aynı zamanda estetik beklentileri de karşılamak zorundadır (3, 14). Özellikle anterior bölgede yer alan geçici kuron ve köprüler, hastanın gülümseme estetiğini etkilediği için, renk uyumu, translusensi ve yüzey düzgünlüğü gibi estetik parametrelerin dikkatle değerlendirilmesi gerekir (14, 21).

7.1. Estetik Parametreler

Geçici restorasyonlarda estetik başarıyı etkileyen başlıca faktörler arasında renk stabilitesi, yüzey pürüzlülüğü ve translusens oranı yer almaktadır (9, 10). 3D baskı teknolojisi ile üretilen restorasyonların, konvansiyonel yöntemlerle hazırlananlara göre daha yüksek çözünürlük ve detay sunması, estetik açıdan daha başarılı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamaktadır (11, 22, 33).

Yüzey düzgünlüğü, restorasyonun parlaklık düzeyini ve renk algısını etkilerken; pürüzlü yüzeyler renk emilimini artırarak estetik kayıplara neden olabilir (29). CAD/CAM ile frezelenen geçici restorasyonlar ise, daha homojen yapıları sayesinde doğal diş benzeri yüzey yansıması sağlar (26, 32).

7.2. Renk Stabilitesi

Geçici restorasyonlarda zamanla görülebilecek renk değişimleri, estetik başarının sürekliliğini tehdit eden önemli bir faktördür (9). Sigara dumanı, kahve, çay ve benzeri dışsal ajanlar restorasyon yüzeyinde renklenmeye neden olabilir (10, 36). Yapılan çalışmalarda, 3D baskı ile üretilen restorasyonların, CAD/CAM ve konvansiyonel materyallerle karşılaştırıldığında, renk stabilitesi açısından benzer ya da daha üstün performans gösterdiği rapor edilmiştir (21, 22, 37).

Ayrıca, kullanılan reçine materyallerinin içerdiği fotoinisiyatörler ve stabilizatör maddeler, materyalin renk tutma kapasitesini belirleyen başlıca etkenlerdir (5, 35). Bazı çalışmalarda, bis-akril temelli materyallerin PMMA türevlerine göre daha düşük renk değişimi gösterdiği belirtilmiştir (30, 31).

7.3. Klinik Yansımalar

Renk stabilitesinin sağlanamaması, özellikle uzun süreli geçici restorasyon kullanılan olgularda, hasta memnuniyetini azaltabilir (33). Bu nedenle materyal seçimi yapılırken, yalnızca mekanik değil, aynı zamanda estetik ve optik özellikler de dikkate alınmalıdır (3, 14, 26).

8. DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN ENTEGRASYONU VE KLİNİK AVANTAJLARI

Son yıllarda dijital teknolojilerin diş hekimliğine entegrasyonu, geçici restorasyonların üretiminde devrim

niteliğinde gelişmelere yol açmıştır (15, 33). Geleneksel yöntemlerle hazırlanan restorasyonların zaman alıcı ve operatöre bağımlı süreçlerine karşın, CAD/CAM frezeleme ve 3D baskı teknolojileri, daha hızlı, öngörülebilir ve hasta odaklı çözümler sunmaktadır (11, 12, 26).

8.1. CAD/CAM Sistemleri

CAD/CAM sistemleri, tasarım ve üretim aşamalarını dijitalleştirerek, özellikle tek diş veya kısa köprü aralıklı restorasyonlarda yüksek hassasiyet sağlamaktadır (26, 29). Bu sistemlerle hazırlanan geçici restorasyonların, marjinal uyumu ve iç uyumu geleneksel tekniklere göre daha tutarlı bulunmuştur (12, 33). Ayrıca frezelenmiş blokların homojen yapısı sayesinde, mekanik dayanıklılık ve estetik görünüm açısından daha başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir (5, 32).

8.2. 3D Baskı Teknolojisi

3D baskı, özellikle kompleks vakalarda ve hızlı üretim gerektiren durumlarda öne çıkmaktadır (13, 15). Bu teknoloji ile restorasyonlar, dijital ortamda planlanarak katman katman üretilmekte ve böylece hasta başında veya laboratuvar ortamında zaman kaybı minimuma indirilmektedir (24, 25). 3D baskı ile elde edilen geçici restorasyonların marjinal uyumu, üretim yönü ve reçine tipi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir (24, 31). Ancak genel olarak estetik ve fonksiyon açısından tatmin edici performans sundukları gösterilmiştir (21, 34, 35).

8.3. Klinik Avantajlar ve Hasta Perspektifi

Dijital üretim tekniklerinin bir diğer avantajı da, hastaya ait verilerin dijital ortamda saklanabilmesi ve gerektiğinde yeniden üretim yapılabilmesidir (17, 28). Ayrıca, hasta konforu açısından da ölçü alma sürecinin dijital tarayıcılarla yapılması, invazivliği azaltmakta ve daha pozitif hasta deneyimi sağlamaktadır (33). Hastaların 3D baskı ile hazırlanan

restorasyonları estetik, konfor ve uyum açısından geleneksel restorasyonlara kıyasla daha olumlu değerlendirdikleri belirtilmiştir (32, 33).

Bu teknolojilerin entegrasyonu, hem klinik verimliliği artırmakta hem de bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını desteklemektedir (15, 26, 37).

9. KLİNİK SONUÇLAR, HASTA MEMNUNİYETİ VE KOMPLİKASYONLAR

Geçici restorasyonların başarısı yalnızca mekanik ve estetik özelliklerle değil, aynı zamanda hasta memnuniyeti ve klinik uzun dönem sonuçları ile değerlendirilmelidir (3, 26). Günümüzde kullanılan CAD/CAM ve 3D baskı sistemleriyle üretilen geçici restorasyonların klinik performansı, geleneksel yöntemlerle hazırlananlara kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır (5, 13).

9.1. Klinik Sonuçlar

Yapılan çalışmalarda, 3D baskı ve freze yöntemleriyle hazırlanan geçici restorasyonların marjinal uyumunun, konvansiyonel tekniklere göre daha iyi olduğu gösterilmiştir (7, 12). Ayrıca, CAD/CAM sistemleriyle üretilen restorasyonlar daha az düzeyde mikrosızıntı göstermekte ve periodontal dokularla daha iyi uyum sağlamaktadır (28, 29). Bu özellikler, geçici restorasyonların daha uzun süre stabil kalmasını ve restoratif sürecin daha sağlıklı ilerlemesini sağlar (1, 18).

Mekanik olarak, CAD/CAM ve 3D baskı materyalleri arasında esneklik modülü ve kırılma dayanımı açısından bazı farklılıklar gözlemlenmiştir; ancak her iki yöntemde de klinik kullanım süresince yeterli dayanım sergiledikleri rapor edilmiştir (25, 32).

9.2. Hasta Memnuniyeti

Geçici restorasyonların başarısında hasta memnuniyeti kritik rol oynar (14, 32). Estetik görünüm, konfor, konuşma ve çiğneme gibi fonksiyonlar hastanın geçici restorasyona verdiği adaptasyonu etkiler (33). Yapılan anket temelli klinik araştırmalarda, hastaların CAD/CAM ve 3D baskı ile hazırlanmış geçici restorasyonları konvansiyonel olanlara kıyasla daha konforlu ve estetik bulduğu gösterilmiştir (32, 33, 35).

Ayrıca, dijital ölçü alma sürecinin daha az invaziv olması ve sürecin hızla tamamlanabilmesi hastaların tedaviye olan uyumunu artırmaktadır (26, 28). Özellikle estetik bölgedeki vakalarda, geçici restorasyonların hastanın sosyal yaşamını etkilemeyecek şekilde tasarlanmış olması önemli bir memnuniyet kriteridir (3, 14).

9.3. Komplikasyonlar

Geçici restorasyonlarda görülen başlıca komplikasyonlar arasında marjinal sızıntı, kırıklar, renklenme ve geçici simantasyonun kaybı sayılabilir (5, 30). Renk stabilitesinin yetersizliği özellikle uzun süre kullanılan geçici restorasyonlarda estetik kayıplara neden olabilir (10, 36).

Konvansiyonel materyallerde görülen kırık oranlarının, dijital yöntemlerle üretilen materyallere kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (25, 31). Ayrıca, geçici simanlar zamanla çözünüp restorasyonun yerinden oynamasına neden olabilmekte, bu da hasta açısından tedavi sürecinde aksamalara yol açabilmektedir (20, 6).

Uygun üretim tekniği ve materyal seçimi ile bu komplikasyonların sıklığı azaltılabilir; özellikle yüksek yük alan posterior bölgelerde kırılmaya dayanıklı materyaller tercih edilmelidir (32, 5).

10. SONUÇ

Geçici restorasyonlar, protetik tedavi sürecinin ayrılmaz bir parçası olarak yalnızca estetik ve fonksiyonel değil, aynı zamanda biyolojik ve psikolojik ihtiyaçları da karşılamak zorundadır (1, 3, 14). Geleneksel yöntemlerin sınırlarını aşan yeni nesil üretim teknolojileri sayesinde, geçici restorasyonların başarısı anlamlı ölçüde artmıştır (5, 12, 26).

Dijitalleşmenin etkisiyle CAD/CAM frezeleme ve 3D baskı teknolojileri, hem laboratuvar süreçlerinde hem de klinik uygulamalarda zaman kazancı, hassasiyet artışı ve kişiselleştirilmiş tedavi imkânları sunmaktadır (11, 15, 26, 28). Bu teknolojilerin giderek artan kullanılabilirliği ve ekonomik erişilebilirliği, geçici restorasyonların sadece “geçici” değil, tedavi sürecinin kritik bir ögesi olarak konumlandırılmasını sağlamaktadır (13, 25).

Mevcut literatür, dijital yöntemlerle hazırlanan geçici restorasyonların marjinal uyum, mekanik dayanıklılık ve estetik parametreler açısından konvansiyonel yöntemlere göre daha üstün olduğunu göstermektedir (7, 12, 22, 32, 34). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda 3D baskılı materyallerin uzun dönem renk stabilitesi veya yüzey pürüzlülüğü gibi konularda dikkatli seçilmesi gerektiği de vurgulanmaktadır (10, 31, 36).

Gelecekte, dijital materyallerin biyouyumluluğunun daha da artırılması, renklenmeye dirençli reçine içeriklerinin geliştirilmesi ve klinik simülasyonlara dayalı kişiselleştirilmiş geçici restorasyon algoritmalarının oluşturulması beklenmektedir (15, 30, 34, 35). Ayrıca, 4D baskı gibi dinamik yapı değişimi sağlayan teknolojilerin klinik kullanımına girmesiyle birlikte, geçici restorasyonlar çok daha aktif bir biyolojik rol üstlenebilir (15).

Özetle, geçici restorasyonlar artık yalnızca restorasyonun kalıcı versiyonuna kadar geçen süreci geçiştirici yapılar olmaktan

çıkılmış, modern protetik diş tedavisinde tedavinin başarısını doğrudan etkileyen stratejik araçlar haline gelmiştir (1, 3, 26, 33).

KAYNAKÇA

1. Jamel, R. S., & Yahya, E. M. (2022). Interim restorations in fixed prosthodontics: A literature review. *Al Rafidain Dental Journal*, 22(1), 203–219. <https://doi.org/10.33899/rdenj.2022.133218.1156>
2. Burns, D. R., Beck, D. A., & Nelson, S. K. (2003). A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: Report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(5), 474–497. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(03\)00259-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(03)00259-2)
3. Tezeciğlu, S. (2023). Additional manufactured interim restorations: A review. *Journal of Prosthetic Dentistry*. <https://doi.org/10.XXXX/PMC9883624>
4. Gratton, D. G., & Aquilino, S. A. (2004). Interim restorations. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 487–497. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.007>
5. Astudillo, D., Delgado Gaete, A., Bellot Arcis, C., Montiel Company, J., & Pascual, A. (2018). Mechanical properties of provisional dental materials: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 13(2), e0192178. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192178>
6. Regish, K. M., Sharma, D., & Prithviraj, D. R. (2011). Techniques of fabrication of provisional restoration: An overview. *International Journal of Dentistry*, 2011, 134659. <https://doi.org/10.1155/2011/134659>
7. Mohajeri, M., Khazaei, S., et al. (2021). Marginal fit of temporary restorations fabricated by conventional, 3D printing, and milling. *Frontiers in Dentistry*, 18, 31–37.
8. Patel, A. A., Dugal, R., Madanshetty, P., & Kirad, A. S. (2020). Evaluation of marginal fit of three different

- interim restoration materials: An in vitro study. *Journal of Prosthetic and Biomedical Sciences*, 12(3), 112–118.
9. Shiels Stanley, G. R., & Marshall, G. W. (2023). Color stability of temporary crown and bridge materials. *Dental Materials and Mouthguard Science*, 18(040), 40–45.
 10. Jain, S., Daak, H. A., Hamed, N. E., & Tannous, S. (2024). Effect of cigarette smoke on color stability and surface roughness of 3D printed, milled, and traditional provisional materials. *International Journal of Operative and Prosthetic Restorative Dentistry*, 4(2), 85–93.
 11. Revilla León, M., Meyers, M. J., Zandinejad, A., & Özcan, M. (2019). AM polymers for interim restorations: Composition, mechanical properties, workflow. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(1), 51–57.
 12. Karasan, D., Legaz, J., Boitelle, P., Mojon, P., Fehmer, V., & Sailer, I. (2022). Accuracy of additively manufactured and milled interim 3-unit fixed dental prostheses. *Journal of Prosthodontics*, 31(S1), 58–69. <https://doi.org/10.1111/jopr.13454>
 13. Del Hougne, M., Di Lorenzo, I., Höhne, C., & Schmitter, M. (2024). A retrospective cohort study on 3D printed temporary crowns. *Scientific Reports*, 14, 17295. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68354-2>
 14. Shenoy, A., Sivaswamy, V., Maiti, S., & Nallaswamy, D. (2023). Evaluating aesthetic outcomes of provisional restoration fabrication techniques in full mouth rehabilitation: An updated review. *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology*, 30(10), 329–349. <https://doi.org/10.47750/jptcp.2023.30.10.037>

15. Khorsandi, D., Fahimipour, A., Abasian, P., et al. (2021). 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Recent advances and future perspectives. *arXiv*.
16. Miura, S., Fujisawa, M., Komine, F., Maseki, T., Ogawa, T., Takebe, J., & Nara, Y. (2019). Importance of interim restorations in the molar region. *Journal of Oral Science*, 61(2), 195–199.
17. Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Fujimoto, J. (2006). *Contemporary fixed prosthodontics* (4th ed.). Mosby.
18. Impact of immediate interim restoration on peri-implant tissues: A randomized clinical trial. (2023). *Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(4), 467–475.
19. Smith, B. G. N. (1998). *Planning and making crowns and bridges*. Taylor & Francis.
20. Wassell, R. W., St. George, G., & Ingledew, R. P. (2002). Crowns and other extra coronal restorations: Provisional restorations. *British Dental Journal*, 192(11), 661–665.
21. Galbraith, A., Doan, M., Galbraith, T., & Abubakr, N. H. (2025). Evaluation of color stability and marginal integrity in provisional restorations: A study of milling, 3D printing, and conventional fabrication methods. *Dentistry Journal*, 13(5), 189. <https://doi.org/10.3390/dj13050189>
22. Zhang, X., Lin, Q., & Wang, Y. (2023). Comparative evaluation of colour stability of conventional, 3D printed and CAD/CAM provisional restorations: An in vitro study. *Journal of Esthetic Dentistry*, 29(3), 210–218.
23. Alqahtani, F. A., et al. (2024). Effect of wear and staining agents on surface roughness and color of provisional crowns. *Clinical Prosthodontics*, 11(2), 75–83.

24. Yang, K., Jang, J., Ryu, J., & Lee, J.-H. (2024). Influence of printing orientation and post-curing time on marginal and internal fit of 3D printed interim prostheses. *Frontiers in Oral Health*, 5, 1491984. <https://doi.org/10.3389/froh.2024.1491984>
25. Saini, R. S., Gurumurthy, V., Quadri, S. A., et al. (2024). The flexural strength of 3D printed provisional restorations fabricated with different resins: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 155. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03826-x>
26. De Souza, F. A., Blois, M. C., Collares, K., Fernandes dos Santos, M. B. F., et al. (2023). 3D printed vs. conventional provisional single crowns on anterior implants: Randomized clinical trial. *Dental Materials*, 40(2), e48–e59. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.12.004>
27. Hougne, M. D. L. (2023). Interim fixed dental prostheses fabrication techniques and factors affecting outcome: Patient satisfaction and survival. *Dentistry Reports*, 5(2), 44–56. <https://doi.org/10.3390/2673-6373>
28. Lee, S. H., Kim, J. Y., & Park, J. W. (2023). Biocompatibility and biofilm formation on conventional and CAD/CAM provisional implant restorations. *Journal of Prosthodontic Research*, 67(1), 44–52.
29. Wei, L., Zhao, Y., & Chen, L. (2023). Thermal expansion behavior of bis-acryl provisional materials. *Journal of Dental Thermography*, 9(1), 12–19.
30. Marchesi, G., Budá, M., Di Lenarda, R., et al. (2022). Fatigue resistance of CAD/CAM and 3D printing provisional restorations. *Dental Materials*, 38(Suppl 1), e26. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.072>

31. Silva, P. A., Santos, L. F., & Almeida, F. (2023). Patient perceptions of esthetics with provisional crowns fabricated by 3D printing vs conventional methods. *International Dental Journal*, 73(4), 320–327.
32. Kumar, S. M., & Chowdhary, R. (2023). Current evidence on 3D printed provisional restorations. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 13(3), 121–122.
33. Alzahrani, S. J., Hajjaj, M. S., Azhari, A. A., et al. (2023). Mechanical properties of 3D printed provisional resins: Systematic review. *Bioengineering*, 10(6), 663. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060663>
34. Nature Würzburg Study. (2024). Clinical survival & quality of life with 3D printed provisionals (Dec 2021 – Jun 2023 cohort). *Scientific Reports*, 14, 17295.
35. Sayed, M. E., Jain, S., Shetty, M., et al. (2024). Effect of smokeless tobacco on color and roughness of CAD/CAM, 3D printed, and conventional provisionals: An in vitro study. *Technology and Health Care*, 32(3), 1697–1711. <https://doi.org/10.3233/THC-230723>
36. Zhang, Y., Li, Z., & Xu, J. (2024). Cost effectiveness analysis of digital vs conventional interim prosthesis workflows. *Journal of Dental Economics*, 12(2), 95–102.
37. Öztürk, B., Demir, E., & Kaya, F. (2024). Influence of surface treatment on color stability of interim restorative materials. *Journal of Dental Materials and Techniques*, 41(9), 256–263.
38. Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Fujimoto, J. (2006). *Contemporary fixed prosthodontics* (4th ed.). Mosby.

BİYOMİMETİK KAVRAMI VE DİŞ HEKİMLİĞİNDE BİYOMİMETİK

Cansel BELGE¹

Emrah AYNA²

Zelal SEYFİOĞLU POLAT³

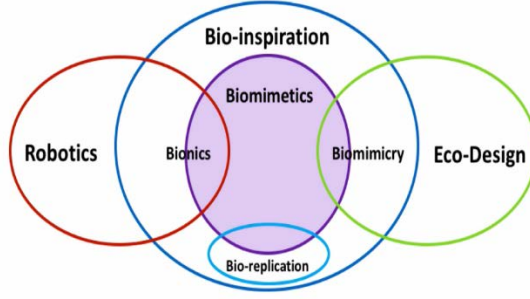
1. GİRİŞ

Biyomimetik, biyolojik sistemleri ve doğal süreçleri taklit ederek, insanlığın karşılaştığı sorunlara doğadaki modeller, sistemler ve yapıların benzerlerini kullanarak çözüm bulmasını sağlayan bir yaklaşımdır[1, 2]. Biyomimetik terimi ilk kez, 1957 yılında biyomedikal mühendisi Otto Schmitt tarafından, kalamaların sinirsel hareketlerini taklit eden fiziksel bir cihaz geliştirdiği araştırmasında kavramsal olarak kullanılmış olup, kelime olarak ise ilk kez 1969 yılında Boston'daki Üçüncü Uluslararası Biyofizik Kongresi'nde sunduğu bir makalenin başlığında yer alarak bilimsel literatüre giriş yapmıştır [3].

¹ Uzm. Dt., Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, canselbelge@hotmail.com ORCID: 0000-0001-6765-7312

² Prof. Dr., Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, emrah.ayna@dicle.edu.tr ORCID: 0000-0003-2684-0131

³ Prof. Dr., Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, zelalpolat@hotmail.com ORCID: 0000-0001-5466-7247



Şekil 1. Doğa temelli ilgili kavramları [2]

Biyomimetik kavramının doğru anlaşılabilmesi için doğa temelli diğer ilgili kavramlarla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 1);

Bio-inspiration: Biyolojik sistemlerin gözlemlenmesine dayalı yaratıcı bir yaklaşımdır.

Bio-replication: En az bir spesifik işlevi yerine getirmek amacıyla biyolojik yapıların doğrudan kopyalanmasıdır.

Biomimicry: Doğayı, sosyal, çevresel ve ekonomik zorlukların üstesinden gelmek için bir model olarak ele alan felsefi bir yaklaşımdır.

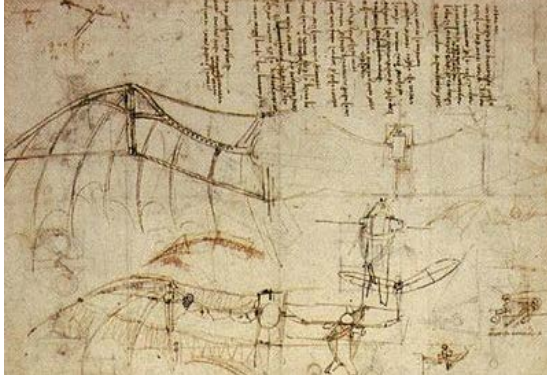
Eco-design: Bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca doğaya olan etkilerini göz önünde bulundurarak tasarlanmasını amaçlayan bir yaklaşımdır.

Bionics: Doğadan kopyalanan işlevleri veya doğal sistemlerin benzer özelliklerini temsil eden insan yapımı malzeme bilimiyle ilgilenir.

Robotics: Robotların tasarımı, işletimi ve kullanımı ile ilgilenen; nesnelerin bilgisayar kontrollü hareketlerini üretmeye yönelik bir mühendislik dalıdır[2, 4].

Biyomimetik kavramı nispeten yeni olsa da, doğadan ilham alma fikri tarih boyunca birçok disiplinde çeşitli teknolojik

yeniliklerin temelini oluşturmıştır. Örneğin döneminin dehası Leonardo da Vinci, kuşların uçuş mekanizmasını inceleyerek ilk uçan makine tasarımlarını önermiştir (Şekil 2). Yirminci yüzyılda ise bu yaklaşımlar daha sistematik hâle gelmiş; uçak tasarımı da dahil olmak üzere birçok teknolojik gelişme doğadaki canlı yapıların işlevsel prensiplerinden esinlenilerek gerçekleştirilmiştir [5]. Tekstil endüstrisinde, köpekbalığı derisinin mikroyapısal desenleri ve hidrodinamik özellikleri, olimpiik yarışmalarda kullanılan düşük sürtünmeli, antimikrobiyal mayoların geliştirilmesine ilham kaynağı olmuştur [6]. Benzer şekilde, lotus yaprağının süperhidrofobik mikroyapısından esinlenilerek su ve leke tutmayan tekstil yüzeyleri geliştirilmiştir (Şekil 3) [7]. Enerji üretim teknolojilerinde ise, akçaağaç tohumlarının dönerek yere düşerken izlediği düşük dirençli yol örnek alınarak geliştirilen rüzgar türbini kanatları sayesinde hem daha fazla enerji üretimi sağlanmış hem de çevresel gürültü ve titreşim azaltılmıştır (Şekil 4) [6]. Mimarlık alanında, Eiffel Kulesi'nin taşıyıcı sisteminde femur kemiğindeki trabeküler dizilimi model alan Gustave Eiffel, yüklerin sadece ağırlık merkezinde değil, farklı noktalarda da dağıtılabileceği prensibini uygulamıştır (Şekil 5) [8]. Ulaşım teknolojilerinde de doğa, yüksek verimlilik hedefiyle ilham kaynağı olmuştur; yalıçapkını kuşunun suya giriş şekli taklit edilerek hızlı trenlerin burun kısmı yeniden tasarlanmış, bu sayede hem aerodinamik sürtünme azaltılmış hem de enerji verimliliği ve hız artırılmıştır (Şekil 6) [9]. Tüm bu örnekler, biyomimetik yaklaşımın disiplinlerarası kullanım alanlarının ne denli geniş olduğunu göstermekte ve bu konseptin diş hekimliği de dahil olmak üzere birçok uygulama alanında devrim niteliğinde yenilikler sunduğunu ortaya koymaktadır.



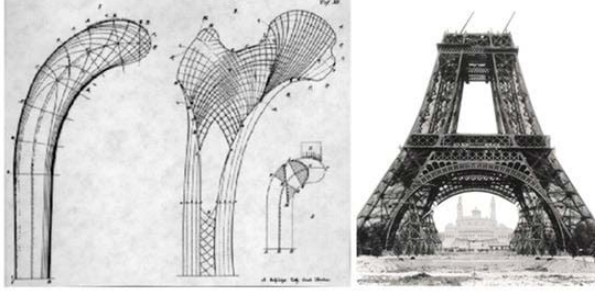
Şekil 2. Leonardo da Vinci'nin yarası kanatlarının yapısına benzeyen kanatlı uçan bir makine tasarımı [4]



Şekil 3. Lotus yaprağı ve ilham alınarak üretilen sentetik kumaş [7]



Şekil 4. Akçaağaç tohumu ve ilham alınarak üretilen rüzgar türbinleri [6]



Şekil 5. Femur kemiği ve İlham Alınarak Üretilen Eiffel Kulesi [8]



Şekil 6. Yalıçapkını Kuşu ve İlham Alınarak Üretilen Ulaşım Aracı [9]

2. DİŞ HEKİMLİĞİNDE BİYOMİMETİK

Biyomimetik diş hekimliği, restoratif yaklaşımlarda; doğal diş dokusunun biyolojik, estetik, biyomekanik ve fonksiyonel karakteristiklerini taklit etmeyi hedefleyen bir konsepttir [9]. Konvansiyonel restoratif tedaviler genellikle invaziv preparasyon gerektirmekte ve bu durum, sağlıklı diş dokusunun geniş oranda kaybına yol açmaktadır. Ayrıca, bu tedavilerde kullanılan materyaller çoğu zaman doğal mine ve dentin yapısının elastikiyet modülü, mikrostrüktürel organizasyonu ve optik özellikleriyle uyumsuzluk göstermektedir. Bu uyumsuzluk; restorasyonun marjinal

adaptasyonu, stres iletimi ve uzun dönem klinik başarısı üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, biyomimetik yaklaşımlar, diş yapısının korunmasını ve biyolojik işlevselliğinin sürdürülebilirliğini sağlayacak materyallerin geliştirilmesine odaklanmakta; kaybedilen diş dokularının, doğal yapıyı taklit eden yöntemlerle yeniden oluşturulmasını amaçlamaktadır[10]. Klinik diş hekimliğinde biyomimetik; biyolojik, estetik, biyomekanik ve fonksiyonel yeterlilikler açısından doğal diş dokularını taklit eden restorasyonları ifade eder[9]. Biyomimetik restoratif yaklaşımın temel hedefi, sağlam rezidüel diş dokularını biyolojik referans olarak kullanarak, tüm kronu fonksiyonel, biyolojik ve estetik açıdan entegre bir restoratif birime dönüştürmektir [11].

Bu doğrultuda, biyomimetik restoratif yaklaşım restoratif diş hekimliğinde dört temel biyolojik ve biyomekanik prensibe dayanmaktadır:

1. Adezyon kuvvetini maksimize etmek: Hibrit tabaka oluşumu sırasında polimerizasyon büzülme stresinin azaltılması, dentin bağlanma dayanımında %300–400 oranında artış sağlayabilmektedir. Elde edilen 30–60 MPa aralığındaki mikromekanik bağ kuvvetleri, dentin ve mine dokularının mekanik dayanım karakteristiklerine benzer değerler sunmakta ve bu da restorasyonun fonksiyonel yükler karşısında doğal diş gibi performans göstermesine olanak tanımaktadır[12].
2. Uzun dönem marjinal bütünlüğü sağlamak: Yüksek bağ dayanımı ve restorasyonun marjinal bölgeyle uyumlu entegrasyonu, fonksiyonel stresler altında marjinal sızıntıyı en aza indirerek restorasyon kenarlarında mikroinfiltrasyon, marjinal renklenme ve sekonder çürük riskini azaltmaktadır.

3. Pulpa dokusunun vitalitesini korumak: Mikrosızıntının kontrol altına alınması ve adeziv bariyerin biyoyumlu biçimde sürdürülmesi, sekonder lezyonlar ve bakteriyel penetrasyon kaynaklı pulpal irritasyonu önleyerek, restorasyonun biyolojik uyumunu uzun dönemde desteklemektedir[13].
4. Rezidüel stresleri en aza indirmek: Restorasyon sırasında oluşan rezidüel stresler; tüberkül fraktürü, marjinal açıklık, debonding ve postoperatif hassasiyet gibi komplikasyonlarla ilişkilidir. Bu nedenle, yüksek bağ dayanımı elde edilirken aynı zamanda polimerizasyon kaynaklı stresin azaltılması, biyomimetik restoratif protokollerin temel hedeflerinden biridir [14, 15].

Anlatılan sonuçların elde edilebilmesi için uygulanan biyomimetik restoratif protokoller, rezidüel stresi azaltmaya yönelik ve bond dayanımını artırmaya yönelik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Rezidüel stresi azaltmaya yönelik protokoller arasında, oklüzal ve proksimal restorasyonlarda indirekt tekniklerin tercih edilmesi, direkt kompozitlerin ≤ 1 mm kalınlıkta inkremental olarak yerleştirilmesi, büyük kavite preparasyonlarında hibrit tabaka üzerinde oluşabilecek polimerizasyon büzülme stresini azaltmak amacıyla aksiyal ve pulpal duvarların fiber-reinforced materyaller ile desteklenmesi, dual-cure kompozitlerin devital dişlerde tercih edilmesi ve polimerizasyonun kontrollü ilerlemesi için soft-start ya da pulse-delay ışık kütleme tekniklerinin uygulanması yer almaktadır. Ek olarak, yüksek elastisite modülüne (12–20 GPa) ve düşük büzülme oranına ($\leq 3\%$) sahip dentin-benzeri kompozitlerin kullanımı önerilmektedir. İç açıların keskin olmaması amacıyla yuvarlatılmış uçlu frezlerin kullanılması da kavite stresi yönetimi açısından önemlidir[14, 15].

Bağ dayanımını artırmaya yönelik protokoller ise; kavite çevresinde 2-3 mm genişliğinde çürüksüz bir bölge oluşturarak sızdırmazlığın sağlanması, bonding öncesi air-abrasion uygulamaları ile bağlanma yüzey alanının ve enerjisinin artırılması, dentindeki matriks metalloproteinaz (MMP) aktivitesinin inhibitör ajanlarla baskılanması, üç aşamalı total-etch veya self-etch adeziv sistemlerin tercih edilmesi, immediate dentin sealing ve resin coating protokollerinin uygulanması ile subgingival sınırların restoratif işlemlerden önce supragingival düzeye taşınması gibi yaklaşımları içermektedir [14, 16].

3. SONUÇ

Günümüzde biyomimetik restoratif yaklaşımların, klinik diş hekimliği pratiğinde benimsenmesi ve uygulanması her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Bu yaklaşım, tedavi planlamasında minimal invaziv preparasyonlara öncelik vererek; sağlam mine ve dentin dokusunun mümkün olan en üst düzeyde korunmasını hedeflemektedir. Biyomimetik restorasyonlar yalnızca dişin biyomekanik, estetik ve biyolojik bütünlüğünü desteklemekle kalmayıp; aynı zamanda doğadaki yapıların morfolojik ve fonksiyonel özelliklerini model alarak uzun ömürlü, biyouyumlu ve fonksiyonel restoratif çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, biyomimetik restoratif protokollerin klinik uygulamalara entegrasyonu, hem restorasyonların uzun dönem başarısını artırmak hem de dentin-pulpa kompleksinin fonksiyonel sürekliliğini sağlamak açısından çağdaş diş hekimliğinde temel bir gereklilik hâline gelmektedir.

KAYNAKÇA

1. Bhushan, B., Biomimetics: lessons from nature—an overview. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2009. 367(1893): p. 1445-1486.1. Bhushan, B., *Biomimetics: lessons from nature—an overview*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2009. 367(1893): p. 1445-1486.
2. Vincent, J.F., et al., Biomimetics: its practice and theory. Journal of the Royal Society Interface, 2006. 3(9): p. 471-482.2. Vincent, J.F., et al., *Biomimetics: its practice and theory*. Journal of the Royal Society Interface, 2006. 3(9): p. 471-482.
3. Bar-Cohen, Y., Biomimetics: biologically inspired technologies. 2005: CRC press.3. Bar-Cohen, Y., *Biomimetics: biologically inspired technologies*. 2005: CRC press.
4. Iouguina, A., et al., Biologically informed disciplines: A comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry, and bio-inspiration among others. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 2014. 9(3): p. 197-205.4. Iouguina, A., et al., *Biologically informed disciplines: A comparative analysis of bionics, biomimetics, biomimicry, and bio-inspiration among others*. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 2014. 9(3): p. 197-205.
5. Bhushan, B., Biomimetics: Lessons from Nature. 2012: na.5. Bhushan, B., *Biomimetics: Lessons from Nature*. 2012: na.

6. Han, Z., et al., Biomimetic multifunctional surfaces inspired from animals. *Advances in colloid and interface science*, 2016. 234: p. 27-50.6. Han, Z., et al., *Biomimetic multifunctional surfaces inspired from animals*. *Advances in colloid and interface science*, 2016. 234: p. 27-50.
7. Barthlott, W. and C. Neinhuis, Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 1997. 202(1): p. 1-8.7. Barthlott, W. and C. Neinhuis, *Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces*. *Planta*, 1997. 202(1): p. 1-8.
8. Skedros, J.G. and S.L. Baucom, Mathematical analysis of trabecular 'trajectories' in apparent trajectorial structures: the unfortunate historical emphasis on the human proximal femur. *Journal of theoretical biology*, 2007. 244(1): p. 15-45.8. Skedros, J.G. and S.L. Baucom, *Mathematical analysis of trabecular 'trajectories' in apparent trajectorial structures: the unfortunate historical emphasis on the human proximal femur*. *Journal of theoretical biology*, 2007. 244(1): p. 15-45.
9. Bazos, P. and P. Magne, Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis. *European Journal of Esthetic Dentistry*, 2011. 6(1).9. Bazos, P. and P. Magne, *Bio-emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histo-anatomic approach; structural analysis*. *European Journal of Esthetic Dentistry*, 2011. 6(1).
10. Goswami, S., Biomimetic dentistry. *Journal of Oral Research and Review*, 2018. 10(1): p. 28-32.10. Goswami, S., *Biomimetic dentistry*. *Journal of Oral Research and Review*, 2018. 10(1): p. 28-32.

11. DiMatteo, A., Duplicating nature: biomimetics and dentistry. Inside Dentistry, 2009. 5(10).11. DiMatteo, A., *Duplicating nature: biomimetics and dentistry*. Inside Dentistry, 2009. 5(10).
12. Urabe, I., et al., Physical properties of the dentin-enamel junction region. American Journal of Dentistry, 2000. 13(3): p. 129-135.12. Urabe, I., et al., *Physical properties of the dentin-enamel junction region*. American Journal of Dentistry, 2000. 13(3): p. 129-135.
13. Kishen, A. and S. Vedantam, Hydromechanics in dentine: Role of dentinal tubules and hydrostatic pressure on mechanical stress-strain distribution. Dental Materials, 2007. 23(10): p. 1296-1306.13. Kishen, A. and S. Vedantam, *Hydromechanics in dentine: Role of dentinal tubules and hydrostatic pressure on mechanical stress-strain distribution*. Dental Materials, 2007. 23(10): p. 1296-1306.
14. Dionysopoulos, D. and O. Gerasimidou, Biomimetic dentistry: Basic principles and protocols. ARC J Dent Sci, 2020. 5(3): p. 1-3.14. Dionysopoulos, D. and O. Gerasimidou, *Biomimetic dentistry: Basic principles and protocols*. ARC J Dent Sci, 2020. 5(3): p. 1-3.
15. Alleman, D.S., M. Nejad, and C. Alleman, The protocols of biomimetic restorative dentistry: 2002 to 2017. Inside Dentistry, 2017. 13(6): p. 64-73.15. Alleman, D.S., M. Nejad, and C. Alleman, *The protocols of biomimetic restorative dentistry: 2002 to 2017*. Inside Dentistry, 2017. 13(6): p. 64-73.
16. Magne, P., Composite resins and bonded porcelain: the postamalgam era? Journal of the California Dental Association, 2006. 34(2): p. 135-147.16. Magne, P., *Composite resins and bonded porcelain: the postamalgam*

era? Journal of the California Dental Association, 2006.
34(2): p. 135-147.

AKADEMİK PERSPEKTİFTEN
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com