

Güncel Protetik Diş Tedavisi Çalışmaları X

Editör
Bülent KESİM



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN	Sayfa ve Kapak Tasarımı
978-625-375-875-2	Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı	Yayıncı Sertifika No
Güncel Protetik Diş Tedavisi Çalışmaları X	47518
Editör	Baskı ve Cilt
Bülent KESİM ORCID iD: 0000-0002-9878-2068	Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü	Bisac Code
Yasin DİLMEN	MED016000
	DOI
	10.37609/akya.3991

Kütüphane Kimlik Kartı

Güncel Protetik Diş Tedavisi Çalışmaları X / ed. Bülent Kesim.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.
118 s. : şekil, tablo. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253758752

UYARI

Bu üründe yer alan bilgiler sadece lisanslı tıbbi çalışanlar için kaynak olarak sunulmuştur. Herhangi bir konuda profesyonel tıbbi danışmanlık veya tıbbi tanı amacıyla kullanılmamalıdır. Akademisyen Kitabevi ve alıcı arasında herhangi bir şekilde doktor-hasta, terapist-hasta ve/veya başka bir sağlık sunum hizmeti ilişkisi oluşurmaz. Bu ürün profesyonel tıbbi kararların eşleniği veya yedeği değildir. Akademisyen Kitabevi ve bağlı şirketleri, yazarları, katılımcıları, partnerleri ve sponsorları ürün bilgilerine dayalı olarak yapılan bütün uygulamalardan doğan, insanlarda ve cihazlarda yaralanma ve/veya hasarlardan sorumlu değildir.

İlaçların veya başka kimyasalların reçete edildiği durumlarda, tavsiye edilen dozunu, ilacın uygulanacak süresi, yöntemi ve kontraendikasyonlarını belirlemek için, okuyucuya üretici tarafından her ilaca dair sunulan güncel ürün bilgisini kontrol etmesi tavsiye edilmektedir. Dozun ve hasta için en uygun tedavinin belirlenmesi, tedavi eden hekimin hastaya dair bilgi ve tecrübelerine dayanak oluşturması, hekimin kendi sorumluluğundadır.

Akademisyen Kitabevi, üçüncü bir taraf tarafından yapılan ürüne dair değişiklikler, tekrar paketlemeler ve özelleştirmelerden sorumlu değildir.

GENEL DAĞITIM

Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

ÖN SÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 35 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 3800’ü aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

Bilimsel ve düşünsel çalışmaların kalıcı belgeleri sayılan kitaplar, bilgi kayıt ortamı olarak yüzlerce yılın tanıklarındır. Matbaanın icadıyla varoluşunu sağlam temellere oturtan kitabın geleceği, her ne kadar yeni buluşların yörüngesine taşınmış olsa da, daha uzun süre hayatımızda yer edineceği muhakkaktır.

Akademisyen Yayınevi, kendi adını taşıyan **“Bilimsel Araştırmalar Kitabı”** serisiyle Türkçe ve İngilizce olarak, uluslararası nitelik ve nicelikte, kitap yayımlama sürecini başlatmış bulunmaktadır. Her yıl mart ve eylül aylarında gerçekleşecek olan yayımlama süreci, tematik alt başlıklarla devam edecektir. Bu süreci destekleyen tüm hocalarımıza ve arka planda yer alan herkese teşekkür borçluyuz.

Akademisyen Yayınevi A.Ş.

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Bruksizm Hastalarında Dijital Splint Tasarımı ve 3D Yazıcı Teknolojileri... 1
	<i>Erman DİREKÇİ</i>
Bölüm 2	Dijital Diş Hekimliğinde Güncel Gelişmeler ve Klinik Uygulamalar..... 15
	<i>Mehmet KARAKUZU</i>
	<i>Bahar GÜRPINAR</i>
Bölüm 3	Ağız İçi Tarama Sistemlerinde Ölçü Doğruluğunu Etkileyen Faktörler 29
	<i>Mehmet KARAKUZU</i>
	<i>Bahar GÜRPINAR</i>
Bölüm 4	Protetik Diş Tedavisinde Üç Boyutlu Yazıcıların Dental Kullanımı: Eklemeli Üretim Materyalleri ve Güncel Yaklaşımlar 43
	<i>Kaan YERLİYURT</i>
	<i>Tuğba ALTINBAŞ</i>
Bölüm 5	İmplant Destekli Protetik Rehabilitasyonda Güncel Biyomekanik ve Protetik Odaklı Planlama Prensipleri 61
	<i>Büşra Nur GÖR</i>
	<i>Seçil ÖZKAN ATA</i>
Bölüm 6	Dental Seramiklerin Yapısı, Sınıflandırılması ve Güncel CAD/CAM Materyalleri 85
	<i>Büşra Nur AZGIN</i>
Bölüm 7	Diş Hekimliğinde Non-termal Plazma..... 101
	<i>Emine MUSTAFAOĞLU</i>

YAZARLAR

Arş. Gör. Dt. Tuğba ALTINBAŞ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş
Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD

Doç. Dr. Seçil ÖZKAN ATA

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş
Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD

Arş. Gör. Dt. Büşra Nur AZGIN

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD

Dr. Erman DİREKÇİ

Arş. Gör. Dt. Büşra Nur GÖR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş
Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD

Dr. Öğr. Üyesi Bahar GÜRPINAR

Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD

Uzm. Dt. Mehmet KARAKUZU

Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD

Dr. Öğr. Üyesi Emine MUSTAFAOĞLU

Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Dişhekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi
AD

Doç. Dr. Kaan YERLİYURT

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş
Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD

Bölüm 1

BRUKSİZM HASTALARINDA DİJİTAL SPLİNT TASARIMI VE 3D YAZICI TEKNOLOJİLERİ

Erman DİREKÇİ¹

GİRİŞ

Bruksizm, güncel literatürde parafonksiyonel bir çene aktivitesi olarak tanımlanmakta olup; uyku ya da uyanıklık dönemlerinde ortaya çıkabilen, ritmik veya ritmik olmayan kas aktiviteleriyle karakterize edilmektedir (1). Bruksizmin geçmişte ağırlıklı olarak oklüzal faktörlerle ilişkilendirilmesine karşın, güncel literatür bu durumun multifaktöriyel bir etiyolojiye sahip olduğunu göstermektedir. Santral sinir sistemi aktivitesi, stres ve duygudurum, genetik yatkınlık, uyku fizyolojisi ve çeşitli periferik etkenlerin bu kompleks tabloya birlikte katkıda bulunduğu kabul edilmektedir (2). Bruksizmin etyopatogenezi, nöromüsküler aktivitenin artışıyla ilişkili olduğu kadar, kortikal ve subkortikal uyarılmalar, nörotransmitter değişimleri ve otonom sinir sistemi regülasyonundaki farklılıklar ile de ilişkilidir.

Bruksizmin prevalansı topluma ve değerlendirme yöntemine göre değişmekle birlikte yetişkinlerde yaklaşık %8-31 oranında bildirilmiştir (3). Uyku bruksizmi daha düşük prevalansa sahip olmakla birlikte fiziksel etkileri, özellikle dental ve periodontal yapılar üzerindeki destrüktif potansiyeli nedeniyle klinik açıdan daha kritik kabul edilmektedir. Şiddetli bruksizm, restoratif materyallerde kırılmas, aşınma ve fraktür, temporomandibular eklem bozuklukları, kas yorgunluğu ve orofasiyal ağrı gibi çok yönlü komplikasyonlarla seyredabilmektedir (4).

Bruksizmin yönetiminde tedavi yaklaşımı çoğunlukla semptomatik olup, altta yatan nörofizyolojik mekanizmaların tamamen ortadan kaldırılması günümüz koşullarında mümkün görülmemektedir. Bu nedenle, oklüzal splintler uzun yıllardır en yaygın kullanılan konservatif tedavi yöntemlerinden biri olmuştur. Splint tedavisi; çiğneme kas aktivitesini modüle etme, diş aşınmasının önlenmesi,

¹ Dr., ermandirekci@gmail.com, ORCID iD: 0009-0007-6523-8967

süresini kısaltmakta ve kullanıcı bağımlılığını azaltmaktadır. Ayrıca, CAD/CAM parametre optimizasyonunun yapay zeka ile gerçekleştirilmesi, üretim sürecinin doğruluğunu daha da arttırabilmektedir.

Son olarak, sürdürülebilirlik ve maliyet açısından dijital yolla üretilen splintlerin avantajları daha da belirginleşmektedir. Additif üretim atıklarının düşük olması ve dijital dosyaların yeniden kullanılabilir olması, uzun vadeli klinik bakımda kaynak verimliliği sağlamaktadır (36,40). Bu bağlamda, 3D baskılı splintlerin hem ekonomik hem ekolojik açıdan cazip bir seçenek olduğu söylenebilmektedir.

SONUÇ

Dijital teknolojilerin splint tasarımı ve üretimine entegrasyonu, hem klinik doğruluğu hem de tedavi süreçlerinin verimliliğini belirgin biçimde artırmıştır. İntraoral tarama, CAD yazılımları ve 3D baskının oluşturduğu dijital iş akışı; daha iyi anatomik uyum, hassas oklüzal ilişkiler ve tekrarlanabilir üretim sağlamaktadır. Modern fotopolimerlerin geliştirilmesi ve additif üretimin sunduğu ekonomik-sürdürülebilir avantajlar, dijital splintleri geleneksel yöntemlere güçlü bir alternatif hâline getirmektedir. Ayrıca yapay zekâ destekli tasarım araçlarının gelişmesi, kişiye özel splintlerin daha hızlı ve objektif şekilde üretilmesine olanak tanımakta, dijital splintlerin gelecekte standardize tedavi yaklaşımlarında önemli bir yer edineceğini göstermektedir. Bununla birlikte materyal dayanıklılığı, uzun dönem klinik sonuçlar ve yapay zekâ destekli sistemlerin validasyonu konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Genel olarak dijital splintler, bruksizm ve temporomandibular bozuklukların yönetiminde yüksek doğruluk, hız ve hasta konforu sunan yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Lobbezoo F, Ahlberg J, Raphael KG, Wetselaar P, Glaros AG, Kato T, vd. International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. J Oral Rehabil. Kasım 2018;45(11):837-44.
2. Manfredini D, Lobbezoo F. Role of psychosocial factors in the etiology of bruxism. J Orofac Pain. 2009;23(2):153-66.
3. Wieckiewicz M, Bogunia-Kubik K, Mazur G, Danel D, Smardz J, Wojakowska A, vd. Genetic basis of sleep bruxism and sleep apnea-response to a medical puzzle. Sci Rep. 04 Mayıs 2020;10(1):7497.
4. Jiménez-Silva A, Peña-Durán C, Tobar-Reyes J, Frugone-Zambra R. Sleep and awake bruxism in adults and its relationship with temporomandibular disorders: A systematic review from 2003 to 2014. Acta Odontol Scand. Ocak 2017;75(1):36-58.
5. Klasser GD, Greene CS. The changing field of temporomandibular disorders: what dentists need to know. J Can Dent Assoc. Şubat 2009;75(1):49-53.

6. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*. 12 Aralık 2017;17(1):149.
7. Lavigne GJ, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: an overview for clinicians. *J Oral Rehabil*. Temmuz 2008;35(7):476-94.
8. Shetty S, Pitti V, Satish Babu CL, Surendra Kumar GP, Deepthi BC. Bruxism: a literature review. *J Indian Prosthodont Soc*. Eylül 2010;10(3):141-8.
9. Abe Y, Suganuma T, Ishii M, Yamamoto G, Gunji T, Clark GT, vd. Association of genetic, psychological and behavioral factors with sleep bruxism in a Japanese population. *Journal of Sleep Research*. Haziran 2012;21(3):289-96.
10. Manfredini D, Winocur E, Guarda-Nardini L, Paesani D, Lobbezoo F. Epidemiology of bruxism in adults: a systematic review of the literature. *J Orofac Pain*. 2013;27(2):99-110.
11. Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 6th ed. St. Louis, Mo: Mosby Elsevier; 2008. vii+631.
12. Suvinen TI, Kempainen P. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. *J Oral Rehabil*. Eylül 2007;34(9):631-44.
13. Al-Ani MZ, Davies SJ, Gray RJM, Sloan P, Glenny AM. Stabilisation splint therapy for temporomandibular pain dysfunction syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004;(1):CD002778.
14. Clark GT. A critical evaluation of orthopedic interocclusal appliance therapy: effectiveness for specific symptoms. *J Am Dent Assoc*. Mart 1984;108(3):364-8.
15. Lobbezoo F, Naeije M. [Etiology of bruxism: morphological, pathophysiological and psychological factors]. *Ned Tijdschr Tandheelkd*. Temmuz 2000;107(7):275-80.
16. Tăut M, Buduru SD, Tălmăceanu D, Ban A, Roman R, Leucuța D, vd. Occlusal Splint Therapy Combined with Cranio-Temporomandibular Kinesiotherapy in Patients with Temporomandibular Disorders—A CBCT Study. *Life (Basel)*. 19 Aralık 2022;12(12):2143.
17. Kaygusuz NA, Mazlouminia E, Gök GD. Oklüzal Splintler ve Gelenekselden Dijitale Üretim Teknikleri. *BSEBD*. 30 Haziran 2025;8(1):13-33.
18. Venezia P, Muzio LL, Furia CD, Torsello F. Digital manufacturing of occlusal splint: from intra-oral scanning to 3D printing.
19. Buduru S, Talmaceanu D, Baru O, Buduru R, Szuhanek C, Mesaros A. CAD-CAM Occlusal Splints: Milling and Printing Methods. *Rev Chim*. 15 Ocak 2019;69(12):3461-3.
20. Šimunović L, Čimić S, Meštrović S. Three-Dimensionally Printed Splints in Dentistry: A Comprehensive Review. *Dentistry Journal*. Temmuz 2025;13(7):312.
21. Ma Y, Li W, Li L, Cao M, Zhang C. Clinical evaluation of 3D printed splint in the treatment of temporomandibular disorders. *BMC Oral Health*. 26 Temmuz 2025;25(1):1263.
22. Qin H, Liu Y, Miao H, Wang T, Chen X, Lu L, vd. Comparative Efficacy of Digital 3D-Printed and Conventional Stable Occlusal Splints in the Treatment of Temporomandibular Disorders. *J Oral Rehabil*. Ekim 2025;52(10):1699-706.
23. Shopova D, Yordanova M, Yordanova S. 3Shape Digital Design Software in Splints Creation—A Pilot Study. *Eur J Dent*. 24 Aralık 2021;16(4):815-9.
24. D'Albis G, Forte M, Stef L, Feier DR, García VDF, Corsalini M, vd. A Digital Workflow for Virtual Articulator Mounting Using Face Scan and Facebow Capture: A Proof-of-Concept. *Dent J (Basel)*. 20 Ağustos 2025;13(8):378.
25. Saini RS, Alshoail HH, Kanji MA, Vaddamanu SK, Mosaddad SA, Heboyan A. Virtual Articulator Software: Accuracy, Usability, and Clinical Applicability: A Systematic Review. *International Dental Journal*. 01 Haziran 2025;75(3):1691-704.
26. Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig*. 2020;24(12):4607-15.
27. Chen Y, Wei J. Application of 3D Printing Technology in Dentistry: A Review. *Polymers*. Ocak 2025;17(7):886.

28. Tigmeanu CV, Ardelean LC, Rusu LC, Negrutiu ML. Additive Manufactured Polymers in Dentistry, Current State-of-the-Art and Future Perspectives-A Review. *Polymers*. Ocak 2022;14(17):3658.
29. Altıntaş E, Tartuk BK, Tartuk GA. 3D Printing Technology Applied to Dentistry: A Review. *BÜSAD*. 31 Ağustos 2025;6(2):250-65.
30. Caussin E, Moussally C, Le Goff S, Fasham T, Troizier-Cheyne M, Tapie L, vd. Vat Photopolymerization 3D Printing in Dentistry: A Comprehensive Review of Actual Popular Technologies. *Materials* (Basel). 19 Şubat 2024;17(4):950.
31. Kraemer-Fernandez P, Spintzyk S, Wahl E, Huettig F, Klink A. Implementation of a Full Digital Workflow by 3D Printing Intraoral Splints Used in Dental Education: An Exploratory Observational Study with Respect to Students' Experiences. *Dent J* (Basel). 26 Aralık 2022;11(1):5.
32. Zoe. Digital Splint Workflow from A to Z - MEDIT Intraoral Scanner and Dental Software [Internet]. 2024 [a.yer 18 Kasım 2025]. Erişim adresi: <https://www.medit.com/digital-splint-workflow-from-a-to-z/>
33. CreSplint: Revolutionizing Digital Splint Design for Dentists [Internet]. www.shining3ddental.com. [a.yer 18 Kasım 2025]. Erişim adresi: <https://www.shining3ddental.com/application/cresplint-as-simple-as-you-want-as-complex-as-you-need/>
34. Liu Z, Xu C, Zhu Z, Tai Y, Liu Y, Luo E. Artificial Intelligence Splint in Orthognathic Surgery for Skeletal Class III Malocclusion: Design and Application. *J Craniofac Surg*. 01 Nisan 2023;34(2):698-703.
35. Tomaka AA, Luchowski L, Tarnawski M, Pojda D. Computer-Aided Design of Personalized Occlusal Positioning Splints Using Multimodal 3D Data. *Computer Vision and Image Understanding*. Aralık 2025;262:104527.
36. Somogyi A, Végh D, Róth I, Hegedüs T, Schmidt P, Hermann P, vd. Therapy for Temporomandibular Disorders: 3D-Printed Splints from Planning to Evaluation. *Dentistry Journal*. Mayıs 2023;11(5):126.
37. Harichane Y. 3D Printing of Thermoflexible Therapeutic Splints: Treating Bruxism More Comfortably. *Compend Contin Educ Dent*. Ekim 2023;44(9):518-21.
38. Prpic V, Spehar F, Stajdohar D, Bjelica R, Cimic S, Par M. Mechanical Properties of 3D-Printed Occlusal Splint Materials. *Dentistry Journal*. Ağustos 2023;11(8):199.
39. Adami CR, Rodrigues IC, Rodrigues LC, Frassini R, Ely MR, Beltrami LVR, vd. 3D-printed resins used in occlusal splints modified with graphene nanoplatelets. *Discov Mater*. 14 Şubat 2025;5(1):38.
40. Rabel K, Lüchtenborg J, Linke M, Burkhardt F, Roesner AJ, Nold J, vd. 3D printed versus milled stabilization splints for the management of bruxism and temporomandibular disorders: study protocol for a randomized prospective single-blinded crossover trial. *Trials*. 05 Eylül 2024;25(1):589.

Bölüm 2

DİJİTAL DİŞ HEKİMLİĞİNDE GÜNCEL GELİŞMELER VE KLİNİK UYGULAMALAR

Mehmet KARAKUZU¹
Bahar GÜRPINAR²

GİRİŞ

Ağız içi tarayıcılar (IOS), dijital diş hekimliğinin ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir. Bu teknolojiler, ağız içi optik ölçülerin (IOI) alınmasına ve elde edilen verilerin ayrıntılı sanal modeller olarak sunulmasına imkân tanımaktadır. Son yıllarda donanım ve yazılım alanında kaydedilen gelişmeler, IOS teknolojisinin önemli ölçüde ilerlemesine katkı sağlamıştır. Bu yenilikler, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD-CAM) süreçlerinde IOS kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, tarama verimliliğini ve doğruluğunu artırmıştır.

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve üç boyutlu yüz taramaları gibi görüntüleme yöntemleriyle sağlanan entegrasyon, IOS'ların teknolojik kapasitesini ve uygulama alanlarını genişletmiştir. Günümüzde IOS uygulamaları yalnızca ölçü alma işlemiyle sınırlı kalmayıp teşhis, tedavi planlaması ve takip süreçlerini de kapsamaktadır. Dijital ve görüntüleme teknolojilerinde yaşanan hızlı ilerlemeler sayesinde, IOS'ların diş hekimliği ve alt dallarının her birinde giderek daha kritik bir rol üstlenmeye hazır olduğu görülmektedir.

Bu bölümde, IOS teknolojisindeki güncel gelişmeler ve klinik uygulamalar ele alınarak, hasta bakımına sağladığı katkılar ve mevcut sınırlılıklar açıklanmaktadır. İlk olarak, IOS donanım ve yazılımlarındaki yeniliklere genel bir çerçeve sunulmakta, ardından yeni tanısal kullanım alanları değerlendirilmektedir. Sonraki kısımlarda ise hasta ve kullanıcı deneyimleri ile IOS doğruluğuna ilişkin bulgular incelenmektedir. Bu kitap bölümünde tüm IOS kullanım alanlarının ayrıntılı bir

¹ Uzm. Dt., Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dt.mhmtkrkz@gmail.com, ORCID iD: 0009-0008-8452-3736

² Dr. Öğr. Üyesi Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, bahargurpinar@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-3884-2073

Gelecekteki araştırmalar, IOS'ların farklı klinik ortamlarda maliyet etkinliğinin değerlendirilmesine odaklanmalıdır. Kullanıcı dostu yazılımların geliştirilmesi, mevcut diş hekimliği sistemleriyle sorunsuz entegrasyonu sağlayarak verimliliği artıracaktır. Ayrıca, IOS'ların tanısal araçlar, kişiselleştirilmiş dental çizelgeler, tedavi planlaması ve ağız sağlığı takibinde kapsamlı platformlar olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Telediş hekimliği uygulamalarında IOS kullanımına yönelik artan ilgi, bu teknolojilerin uzaktan teşhis ve hasta yönetiminde önemini pekiştirmektedir. Hasta tarafından gerçekleştirilen ağız içi görüntüleme uygulamalarında akıllı telefonların entegrasyonu, kişiselleştirilmiş danışmanlık ve izleme açısından gelecek vaat eden bir araştırma alanıdır. Bunun yanı sıra, sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile robot destekli işlemlerde IOS'ların gelişmiş görüntüleme yöntemleriyle bütünleştirilmesi de dikkat çekici bir potansiyel taşımaktadır.

Sonuç olarak, IOS teknolojilerindeki sürekli ilerlemeler, diş hekimliği pratiğinde bakım standartlarının yükselmesine katkıda bulunacaktır. Mevcut sınırlamaların aşılması ve yenilikçi araştırmaların sürdürülmesi, IOS'ların hasta bakımını iyileştirme potansiyelinin tam anlamıyla hayata geçirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

1. Al-Hassiny A, Végh D, Bányai D, et al. User experience of intraoral scanners in dentistry: Transnational questionnaire study. *International Dental Journal*. 2023;73(5):754-9. doi:10.1016/j.identj.2023.04.002
2. Bandiaky ON, Le Bars P, Gaudin A, et al. Comparative assessment of complete-coverage, fixed tooth-supported prostheses fabricated from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022;127(1):71-9. doi:10.1016/j.prosdent.2020.09.017
3. Tabesh M, Nejatidanesh F, Savabi G, et al. Marginal accuracy of lithium disilicate full-coverage single crowns made by direct and indirect digital or conventional workflows: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(9):744-53. doi:10.1111/jopr.13515
4. Turkyilmaz I, Lakhia S, Tarrida LG, et al. Guest Commentary: The Battle of File Formats from Intraoral Optical Scanners. *International Journal of Prosthodontics*. 2020;33(4). doi:10.11607/ijp.2020.4.gc
5. Hao J, Liao W, Zhang Y, et al. Toward clinically applicable 3-dimensional tooth segmentation via deep learning. *Journal of dental research*. 2022;101(3):304-11. doi:10.1177/00220345211040459
6. Luo D, Zeng W, Chen J, et al. Deep learning for automatic image segmentation in stomatology and its clinical application. *Frontiers in Medical Technology*. 2021;3:767836. doi:10.3389/fmedt.2021.767836
7. Schlenz MA, Schupp B, Schmidt A, et al. New caries diagnostic tools in intraoral scanners: a comparative in vitro study to established methods in permanent and primary teeth. *Sensors*. 2022;22(6):2156. doi:10.3390/s22062156
8. Michou S, Vannahme C, Bakhshandeh A, et al. Intraoral scanner featuring transillumination for proximal caries detection. An in vitro validation study on permanent posterior teeth. *Journal of Dentistry*. 2022;116:103841. doi:10.1016/j.jdent.2021.103841

9. Ntovas P, Michou S, Benetti A, et al. Occlusal caries detection on 3D models obtained with an intraoral scanner. A validation study. *Journal of Dentistry*. 2023;131:104457. doi:10.1016/j.jdent.2023.104457
10. Metzger Z, Colson DG, Bown P, et al. Reflected near-infrared light versus bite-wing radiography for the detection of proximal caries: A multicenter prospective clinical study conducted in private practices. *Journal of Dentistry*. 2022;116:103861. doi:10.1016/j.jdent.2021.103861
11. Michou S, Lambach MS, Ntovas P, et al. Automated caries detection in vivo using a 3D intraoral scanner. *Scientific reports*. 2021;11(1):21276. doi:10.1038/s41598-021-00259-w
12. Cuenin K, Chen J, Tai SK, et al. Caries detection and characterization in pediatric patients using iTero 5D near-infrared technology. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2024;165(1):54-63. doi:10.1016/j.ajodo.2023.06.026
13. Cardoso-Silva L, Vicioni-Marques F, de Paula-Silva FWG, et al. Comparison between intraoral scanning and direct visual analysis for the assessment of developmental defects of enamel. *Journal of Dentistry*. 2023;137:104677. doi:10.1016/j.jdent.2023.104677
14. Tabatabaian F, Namdari M, Mahshid M, et al. Accuracy and precision of intraoral scanners for shade matching: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2024;132(4):714-25. doi:10.1016/j.prosdent.2022.08.034
15. Akl MA, Mansour DE, Zheng F. The role of intraoral scanners in the shade matching process: a systematic review. *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(3):196-203. doi:10.1111/jopr.13576
16. Kuralt M, Fidler A. Methods and parameters for digital evaluation of gingival recession: a critical review. *Journal of Dentistry*. 2022;118:103793. doi:10.1111/jcpe.13573
17. Dritsas K, Halazonetis D, Ghamri M, et al. Accurate gingival recession quantification using 3D digital dental models. *Clinical oral investigations*. 2023;27(4):1697-705. doi:10.1007/s00784-022-04795-1
18. Song YW, Bienz SP, Benic GI, et al. Soft-tissue dimensional change following guided bone regeneration on peri-implant defects using soft-type block or particulate bone substitutes: 1-year outcomes of a randomized controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*. 2023;50(2):147-57. doi:10.1111/jcpe.13738
19. Kuralt M, Fidler A. A novel computer-aided method for direct measurements and visualization of gingival margin changes. *Journal of Clinical Periodontology*. 2022;49(2):153-63. doi:10.1111/jcpe.13573
20. Doi K, Yoshiga C, Kobatake R, et al. Use of an intraoral scanner to evaluate oral health. *Journal of Oral Science*. 2021;63(3):292-4. doi:10.2334/josnusd.21-0048
21. Jung K, Giese-Kraft K, Fischer M, et al. Visualization of dental plaque with a 3D-intraoral-scanner—A tool for whole mouth planimetry. *PLoS One*. 2022;17(10):e0276686. doi:10.1371/journal.pone.0276686
22. Shen KL, Huang CL, Lin YC, et al. Effects of artificial intelligence-assisted dental monitoring intervention in patients with periodontitis: a randomized controlled trial. *Journal of clinical periodontology*. 2022;49(10):988-98. doi:10.1111/jcpe.13675
23. Witecy C, Ganss C, Wöstmann B, et al. Monitoring of erosive tooth wear with intraoral scanners in vitro. *Caries Research*. 2021;55(3):215-24. doi:10.1159/000514666
24. Charalambous P, O'Toole S, Austin R, et al. The threshold of an intra oral scanner to measure lesion depth on natural unpolished teeth. *Dental Materials*. 2022;38(8):1354-61. doi:10.1016/j.dental.2022.06.022
25. Bronkhorst H, Bronkhorst E, Kalaykova S, et al. Inter-and intra-variability in tooth wear progression at surface-, tooth- and patient-level over a period of three years: A cohort study. *Journal of Dentistry*. 2023;138:104693. doi:10.1016/j.jdent.2023.104693
26. Serrano-Velasco D, Martin-Vacas A, Paz-Cortes MM, et al. Intraoral scanners in children: Evaluation of the patient perception, reliability and reproducibility, and chairside time—A systematic review. *Frontiers in Pediatrics*. 2023;11:1213072. doi:10.3389/fped.2023.1213072

27. Revilla-Leon M, Frazier K, da Costa JB, et al. Intraoral scanners: An american dental association clinical evaluators panel survey. *The Journal of the American Dental Association*. 2021;152(8):669-70. e2. doi:10.1016/j.adaj.2021.05.018
28. Jahangiri L, Akiva G, Lakhia S, et al. Understanding the complexities of digital dentistry integration in high-volume dental institutions. *British Dental Journal*. 2020;229(3):166-8. doi:10.1038/s41415-020-1928-5
29. Karakuzu M, Öztürk C, Karakuzu ZB, et al. The effects of different lighting conditions on the accuracy of intraoral scanning. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2024;16(5):311. doi:10.4047/jap.2024.16.5.311
30. Vitai V, Németh A, Solyom E, et al. Evaluation of the accuracy of intraoral scanners for complete-arch scanning: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of Dentistry*. 2023;137:104636. doi:10.1016/j.jdent.2023.104636
31. Rasaie V, Abduo J, Hashemi S. Accuracy of intraoral scanners for recording the denture bearing areas: a systematic review. *Journal of Prosthodontics*. 2021;30(6):520-39. doi:10.1111/jopr.13345
32. Schmidt A, Wöstmann B, Schlenz MA. Accuracy of digital implant impressions in clinical studies: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*. 2022;33(6):573-85. doi:10.1111/clr.13951
33. Giglio GD, Giglio AB, Tarnow DP. A Paradigm Shift Using Scan Bodies to Record the Position of a Complete Arch of Implants in a Digital Workflow. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. 2024;44(1). doi:10.11607/prd.6733
34. Mahat NS, Shetty NY, Kohli S, et al. Clinical outcomes of implant-supported and tooth-supported fixed prostheses fabricated from digital versus analogue impression: a systematic review and meta-analysis. *Evidence-Based Dentistry*. 2023;24(3):142-. doi:10.1038/s41432-023-00904-5
35. Lee J-H, Lee H-L, Park I-Y, et al. Effectiveness of creating digital twins with different digital dentition models and cone-beam computed tomography. *Scientific Reports*. 2023;13(1):10603. doi:10.1038/s41598023-37774-x
36. Connert T, Weiger R, Krastl G. Present status and future directions–Guided endodontics. *International endodontic journal*. 2022;55:995-1002. doi:10.1111/iej.13687
37. Morsy N, El Kateb M. In vivo precision of digital static interocclusal registration for full arch and quadrant arch scans: a randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):559. doi:10.1186/s12903-022-02612-5
38. Joda T, Gintautė A, Brägger U, et al. Time-efficiency and cost-analysis comparing three digital workflows for treatment with monolithic zirconia implant fixed dental prostheses: A double-blinded RCT. *Journal of dentistry*. 2021;113:103779. doi:10.1016/j.jdent.2021.103779
39. Safrany-Fark A, Laczi B, Nagy A, et al. A novel approach for determining instantaneous centers of rotation of the mandible with an intraoral scanner: a preliminary study. *PLoS One*. 2023;18(5):e0285162. doi:10.1371/journal.pone.0285162
40. Gómez-Polo M, Barmak AB, Ortega R, et al. Accuracy, scanning time, and patient satisfaction of stereophotogrammetry systems for acquiring 3D dental implant positions: a systematic review. *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(S2):208-24. doi:10.1111/jopr.13751
41. Christopoulou I, Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, et al. Intraoral scanners in orthodontics: a critical review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(3):1407. doi:10.3390/ijerph19031407
42. Palone M, Bellavia M, Floris M, et al. Evaluation of effects of brackets and orthodontic wires on intraoral scans: A prospective in-vivo study. *Orthodontics & Craniofacial Research*. 2024;27(1):44-54. doi:10.1111/ocr.12682
43. Lee S-C, Hwang H-S, Lee KC. Accuracy of deep learning-based integrated tooth models by merging intraoral scans and CBCT scans for 3D evaluation of root position during orthodontic treatment. *Progress in orthodontics*. 2022;23(1):15. doi:10.1186/s40510-022-00410-x

44. Benitez BK, Brudnicki A, Surowiec Z, et al. Digital impressions from newborns to preschoolers with cleft lip and palate: A two-centers experience. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2022;75(11):4233-42. doi:10.1016/j.bjps.2022.08.015
45. Weise C, Frank K, Wiechers C, et al. Intraoral scanning of neonates and infants with craniofacial disorders: feasibility, scanning duration, and clinical experience. *European Journal of Orthodontics*. 2022;44(3):279-86. doi:10.1093/ejo/cjab068
46. Shanbhag G, Pandey S, Mehta N, et al. A virtual noninvasive way of constructing a nasopalveolar molding plate for cleft babies, using intraoral scanners, CAD, and prosthetic milling. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*. 2020;57(2):263-6. doi:10.1177/1055665619886476
47. Abreu A, Lima MH, Hatten E, et al. Intraoral digital impression for speech aid/obturator in children: report of 2 Cases. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*. 2022;59(2):262-7. doi:10.1177/10556656211002686
48. Ayoub A, Khan A, Aldhanhani A, et al. The validation of an innovative method for 3D capture and analysis of the nasolabial region in cleft cases. *The Cleft Palate Craniofacial Journal*. 2021;58(1):98-104. doi:10.1177/1055665620946987
49. Zarean P, Zarean P, Thieringer FM, et al. A point-of-care digital workflow for 3D printed passive presurgical orthopedic plates in cleft care. *Children*. 2022;9(8):1261. doi:10.3390/children9081261
50. Dohiem MM, Emam NS, Abdallah MF, et al. Accuracy of digital auricular impression using intraoral scanner versus conventional impression technique for ear rehabilitation: A controlled clinical trial. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*. 2022;75(11):4254-63. doi:10.1016/j.bjps.2022.08.002
51. Unkovskiy A, Spintzyk S, Beuer F, et al. Accuracy of capturing nasal, orbital, and auricular defects with extra- and intraoral optical scanners and smartphone: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2022;117:103916. doi:10.1016/j.jdent.2021.103916
52. Steinmeier S, Wiedemeier D, Hämmerle CH, et al. Accuracy of remote diagnoses using intraoral scans captured in approximate true color: a pilot and validation study in teledentistry. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):266. doi:10.1186/s12903-020-01255-8
53. Ferlito T, Hsiou D, Hargett K, et al. Assessment of artificial intelligence-based remote monitoring of clear aligner therapy: A prospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2023;164(2):194-200. doi:10.1016/j.ajodo.2022.11.020
54. Simon B, Aschheim K, Vág J. The discriminative potential of palatal geometric analysis for sex discrimination and human identification. *Journal of Forensic Sciences*. 2022;67(6):2334-42. doi:10.1111/1556-4029.15110
55. Mikolicz A, Simon B, Gáspár O, et al. Reproducibility of the digital palate in forensic investigations: a two-year retrospective cohort study on twins. *Journal of Dentistry*. 2023;135:104562. doi:10.1016/j.jdent.2023.104562

Bölüm 3

AĞIZ İÇİ TARAMA SİSTEMLERİNDE ÖLÇÜ DOĞRULUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Mehmet KARAKUZU¹
Bahar GÜRPINAR²

GİRİŞ

Teknolojideki hızlı ilerlemeler, diş hekimliğinde hem estetik hem de fonksiyonel açıdan üstün restorasyonlara olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Günümüzde hasta ve hekim beklentilerinin karşılanabilmesi amacıyla, dijital ve geleneksel yöntemleri kapsayan çeşitli ölçü tekniklerinden yararlanılmaktadır (1).

Protetik restorasyonların üretim sürecinde geleneksel ölçü tekniklerinin yanı sıra dijital ölçü sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Literatürde, dijital ölçülerin konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında farklı avantajlar ve dezavantajlar sunduğu bildirilmektedir (2, 3). Dijital ölçü teknikleri, özellikle hasta konforunu artırması, öğürme refleksini tetiklememesi ve aspirasyon riskini ortadan kaldırması açısından öne çıkmaktadır. Hekim açısından değerlendirildiğinde ise bu sistemlerin zaman tasarrufu sağlaması ve uzun vadede maliyet etkinliği sunması önemli avantajlar arasında yer almaktadır (4).

Teknolojik gelişmelerle birlikte ağız içi tarayıcılar (İOS), ölçü doğruluğu ve kalite açısından dikkate değer bir gelişim göstermiştir. Protez uyum problemlerinin en aza indirilmesi ve olası hata paylarının azaltılması, günümüzde yapılan çok sayıda araştırmanın odak noktasını oluşturmaktadır (5, 6).

İlk olarak piyasaya sürüldüklerinde yalnızca tek diş restorasyonlarında kullanılabilen ağız içi tarayıcılar, günümüzde tam dişsiz olgularda sabit protetik restorasyonların ölçülenmesi için de uygun hale gelmiştir (7, 8). Dijital ölçülerin başarısı, sistemlerin doğruluk (trueness) ve kesinlik (precision) düzeyleriyle

¹ Uzm. Dt., Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dt.mhmtkrkz@gmail.com, ORCID iD: 0009-0008-8452-3736

² Dr. Öğr. Üyesi Okan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, bahargurpinar@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-3884-2073

artırır. Ayrıca, ölçülerin yüksek çözünürlükte gerçekleştirilmesi, veri ayrıntısının artmasına ve daha doğru bir üç boyutlu modelin elde edilmesine katkı sağlar. Bununla birlikte, yüksek çözünürlüklü taramalar veri boyutunu artırdığı, işleme süresini uzattığı ve daha fazla sistem belleği gerektirdiği için bazı dezavantajlar da oluşturabilir (12).

SONUÇLAR

Dijital ölçü sistemleri, diş hekimliğinde estetik, fonksiyonel ve zamansal verimliliği artıran önemli teknolojik gelişmelerden biridir. Ancak bu sistemlerin klinik başarısı, yalnızca kullanılan cihazların teknik yeterliliğine değil, aynı zamanda ölçü doğruluğunu etkileyen çok sayıda faktörün kontrolüne de bağlıdır. Tarayıcı tipi, tarama protokolü, operatör deneyimi, taranan yüzeyin materyal özellikleri, çevresel aydınlatma koşulları, implant pozisyonu ve derinliği, yazılım algoritmaları ile klinik faktörler ölçü kalitesi üzerinde doğrudan etki göstermektedir.

Bu faktörlerin her biri, ölçü sürecinin farklı aşamalarında hata kaynakları oluşturabileceğinden, dijital iş akışının her basamağında standardizasyonun sağlanması büyük önem taşır. Özellikle çevresel ışık şiddeti ve renk sıcaklığı gibi dış etkenlerin optimize edilmesi, optik gürültüyü azaltarak tarama doğruluğunu artırmaktadır. Aynı şekilde, operatörün tarama tekniğine hâkim olması ve yazılım algoritmalarının düzenli kalibrasyonla güncel tutulması, elde edilen verilerin güvenilirliğini yükseltmektedir.

Güncel bulgular, dijital ölçü teknolojilerinin doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından klinik uygulamalarda yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, in vitro koşullarda elde edilen verilerin doğrudan in vivo ortamlara aktarılmasında hâlâ sınırlılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle gelecekte yapılacak araştırmalarda, klinik koşulları daha gerçekçi biçimde yansıtan çalışma modellerinin kullanılması, dijital ölçülerin klinik güvenilirliğinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

1. Lauvahutanon S, Shiozawa M, Takahashi H, et al. Discoloration of various CAD/CAM blocks after immersion in coffee. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2017;42(1):9-18. doi:10.5395/rde.2017.42.1.9
2. Joda T, Brägger U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clinical oral implants research*. 2015;26(12):1430-5. doi:10.1111/clr.12476
3. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, et al. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC oral health*. 2017;17(1):1-11. doi:10.1186/s12903-017-0442-x
4. Akarslan Z, Yıldırım Biçer A. Influence of gag reflex on dental attendance, dental anxiety, self-reported temporomandibular disorders and prosthetic restorations. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2013;40(12):932-9. doi:10.1111/joor.12106

5. Endera A, Mehlb A. Full arch scans: conventional versus digital impressions—an in-vitro study Ganzkieferaufnahmen: konventionelle versus digitale Abformtechnik—eine In-vitro-Untersuchung. *International journal of computerized dentistry*. 2011;14:11-21. doi:10.5167/UZH-54545
6. Menini M, Setti P, Pera F, et al. Accuracy of multi-unit implant impression: traditional techniques versus a digital procedure. *Clinical oral investigations*. 2018;22:1253-62. doi:10.1007/s00784-017-2217-9
7. Fasbinder DJ, Poticny D. Accuracy of occlusal contacts for crowns with chairside CAD/CAM techniques. *International journal of computerized dentistry*. 2010;13(4):303-16. doi:10.1111/joor.12106
8. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International journal of computerized dentistry*. 2019;22(1):11-9. doi:10.5167/UZH-180700
9. Chandran DT, Jagger DC, Jagger RG, et al. Two-and three-dimensional accuracy of dental impression materials: effects of storage time and moisture contamination. *Bio-medical materials and engineering*. 2010;20(5):243-9. doi:10.3233/BME-2010-0628
10. Bilmenoglu C, Cilingir A, Geckili O, et al. In vitro comparison of trueness of 10 intraoral scanners for implant-supported complete-arch fixed dental prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;124(6):755-60. doi:10.1016/j.prosdent.2020.01.025
11. Di Fiore A, Meneghello R, Graiff L, et al. Full arch digital scanning systems performances for implant-supported fixed dental prostheses: a comparative study of 8 intraoral scanners. *Journal of Prosthodontic Research*. 2019;63(4):396-403. doi:10.1016/j.jpor.2019.01.008
12. Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2018;120(3):343-52. doi:10.1016/j.prosdent.2017.11.011
13. Wang J, Yu Z, Zhu W, et al. Feature-preserving surface reconstruction from unoriented, noisy point data. *Computer Graphics Forum*; 2013: Wiley Online Library. doi:10.1111/cgf.12006
14. Persson AS, Odén A, Andersson M, et al. Digitization of simulated clinical dental impressions: virtual three-dimensional analysis of exactness. *Dental materials*. 2009;25(7):929-36. doi:10.1016/j.dental.2009.01.100
15. Ender A, Zimmermann M, Attin T, et al. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clinical oral investigations*. 2016;20(7):1495-504. doi:10.1007/s00784-015-1641-y
16. Nayyar N, Yilmaz B, McGlumphy E. Using digitally coded healing abutments and an intraoral scanner to fabricate implant-supported, cement-retained restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013;109(4):210-5. doi:10.1016/S0022-3913(13)00073-5
17. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, et al. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC oral health*. 2017;17(1):92. doi:10.1186/s12903-017-0383-4
18. Gintaute A, AJ K, CA O, et al. Precision of maxillo-mandibular registration with intraoral scanners in vitro. *Journal of prosthodontic research*. 2020;64(2):114-9. doi:10.1016/j.jpor.2019.07.005
19. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, et al. Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2014;29(4). doi:10.11607/jomi.3403
20. Rhee Y-K, Huh Y-H, Cho L-R, et al. Comparison of intraoral scanning and conventional impression techniques using 3-dimensional superimposition. *The journal of advanced prosthodontics*. 2015;7(6):460. doi:10.4047/jap.2015.7.6.460
21. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, et al. Accuracy of a digital impression system based on active triangulation technology with blue light for implants: effect of clinically relevant parameters. *Implant dentistry*. 2015;24(5):498-504. doi:10.1097/ID.0000000000000304
22. Lee SJ, MacArthur IV RX, Gallucci GO. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2013;110(5):420-3. doi:10.1016/j.prosdent.2013.07.006

23. Kim J-E, Amelya A, Shin Y, et al. Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017;117(6):755-61. doi:10.1016/j.prosdent.2016.09.023
24. Lee J-H. Improved digital impressions of edentulous areas. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2017;117(3):448-9. doi:10.1016/j.prosdent.2016.09.015
25. Del Corso M, Abà G, Vazquez L, et al. Optical three-dimensional scanning acquisition of the position of osseointegrated implants: an in vitro study to determine method accuracy and operational feasibility. *Clinical implant dentistry and related research*. 2009;11(3):214-21. doi:10.1111/j.1708-8208.2008.00044.x
26. Eliasson A, Örtorp A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. *Clinical implant dentistry and related research*. 2012;14:e30-e8. doi:10.1111/j.1708-8208.2011.00370.x
27. Stimmelmayer M, Güth J-F, Erdelt K, et al. Digital evaluation of the reproducibility of implant scanbody fit—an in vitro study. *Clinical oral investigations*. 2012;16(3):851-6. doi:10.1007/s00784-011-0573-7
28. Li H, Lyu P, Wang Y, et al. Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2017;117(1):93-101. doi:10.1016/j.prosdent.2016.05.006
29. Lin W-S, Harris BT, Elathamna EN, et al. Effect of implant divergence on the accuracy of definitive casts created from traditional and digital implant-level impressions: an in vitro comparative study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2015;30(1). doi:10.11607/jomi.3663
30. Fluegge T, Att W, Metzger M, et al. A novel method to evaluate precision of optical implant impressions with commercial scan bodies—An experimental approach. *Journal of Prosthodontics*. 2017;26(1):34-41. doi:10.1111/jopr.12365
31. Chan D, Chung A-H, Haines J, et al. The accuracy of optical scanning: influence of convergence and die preparation. *Operative dentistry*. 2011;36(5):486-91. doi:10.2341/10-209-L
32. Ye X, Liu H, Chen L, et al. Reverse innovative design—an integrated product design methodology. *Computer-aided design*. 2008;40(7):812-27. doi:10.1016/j.cad.2007.08.004
33. Pinto JM, Arrieta C, Andia ME, et al. Sensitivity analysis of geometric errors in additive manufacturing medical models. *Medical engineering & physics*. 2015;37(3):328-34. doi:10.1016/j.medengphy.2015.01.003
34. Karakuzu M, Öztürk C, Karakuzu ZB, et al. The effects of different lighting conditions on the accuracy of intraoral scanning. *The Journal of Advanced Prosthodontics*. 2024;16(5):311. doi:10.4047/jap.2024.16.5.311
35. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, et al. Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant angulation, and depth. *Clinical implant dentistry and related research*. 2015;17:e54-e64. doi:10.1111/cid.12129
36. Andriessen FS, Rijkens DR, Van Der Meer WJ, et al. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014;111(3):186-94. doi:10.1016/j.prosdent.2013.07.017

Bölüm 4

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE ÜÇ BOYUTLU YAZICILARIN DENTAL KULLANIMI: EKLEMELİ ÜRETİM MATERYALLERİ VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Kaan YERLİYURT¹
Tuğba ALTINBAŞ²

GİRİŞ

Üç boyutlu (3D) baskı teknolojisi ilk kez Charles Hull tarafından 1986 yılında tanıtılmış ve bu tarihten itibaren çok sayıda farklı üretim yöntemi geliştirilerek çeşitli alanlarda uygulanmıştır (1–4). Hull aynı yıl, stereolitografi (SLA) yönteminin patentini alarak ilk 3D baskı sistemini kurup geliştirmiştir. Daha sonra 1990 yılında Scott Crump, erimiş yığma modelleme (FDM) teknolojisinin patentini almıştır (5). O zamandan günümüze kadar 3D baskı teknolojileri sürekli gelişim göstermektedir.

Tıp alanında travmatoloji, kardiyoloji, nöroşirürji, plastik cerrahi ve kraniyomaksillofasiyal cerrahi gibi birçok branşta, 3D baskı teknolojileri cerrahi planlamada dijital görüntüleme, kişiselleştirilmiş cerrahi cihaz üretimi ve hasta-hekim iletişimini kolaylaştırmak amacıyla yaygın biçimde kullanılmaktadır (6). Diş hekimliğinde ise bu teknoloji; protetik diş tedavisi (prostodonti), ağız ve çene-yüz cerrahisi, oral implantoloji, ortodonti, endodonti ve periodontoloji gibi çok sayıda alanda uygulanmaktadır (7,8).

3D baskı teknolojisi, geleneksel kayıp mum ve eksiltmeli bilgisayarlı sayısal kontrol yöntemlerine kıyasla süreç mühendisliği açısından çeşitli avantajlar sunmaktadır (9). Hızlı üretim, yüksek hassasiyet ve kişiye özel üretim imkânları sayesinde tam protezler ve implant üstü restorasyonlar daha kolay elde edilmektedir (10). Ayrıca 3D baskının diş hekimliğindeki uygulamaları, hastalara

¹ Doç. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, kaanyerliyurt@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-9236-2732

² Arş. Gör., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dtkurtcu@gmail.com, ORCID iD: 0009-0000-0428-0829

geleneksel tekniklere göre zaman tasarrufu, laboratuvar aşamalarının kısalması ve protetik tasarımların dijital ortamda saklanabilmesi yer alır. Sonuç olarak, protezin uyumlanması için klinik koltukta geçirilen süre önemli ölçüde azalır (97).

SONUÇ

Eklemeli üretimin sağladığı kişiselleştirme, tasarım esnekliği ve karmaşık protetik yapıları minimum atıkla üretebilme avantajlarının, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli üstünlükler sunduğu görülmektedir. Özellikle, sınırlı üretim adımı sayesinde insan müdahalesini azaltması, hem üretim verimliliğini artırmakta hem de laboratuvar süreçlerindeki hata payını düşürmektedir. Protetik diş tedavisinde üç boyutlu yazıcıların güncel kullanımı, rehber plaklar, geçici protezler, model üretimi ve daimi restorasyonlar gibi geniş bir yelpazede yaygınlaşmıştır. Her ne kadar yüzey kalitesi, boyutsal doğruluk ve uzun dönem mekanik stabilite konularında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulsa da, bu teknolojinin sağladığı *seri ve düşük maliyetli kişiselleştirilmiş üretim* potansiyeli göz ardı edilemez. Tüm bu bulgular ışığında, eklemeli üretimin protetik diş hekimliği uygulamalarında giderek artan bir rol üstleneceği ve yakın gelecekte dijital diş hekimliği iş akışının temel üretim teknolojilerinden biri haline gelerek hasta bakım standartlarını yükselteceği öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, et al. Additive technology: update on current materials and applications in dentistry. *J Prosthodontics*. 2017;26(2): 156–163.
2. Vukicevic M, Mosadegh B, Min JK, et al. Cardiac 3D printing and its future directions. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(2): 171-184.
3. Farooqi KM, Sengupta PP. Echocardiography and three-dimensional printing: sound ideas to touch a heart. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(4): 398-403.
4. Mai HN, Lee KB, Lee DH. Fit of interim crowns fabricated using photopolymer-jetting 3D printing. *J Prosthet Dent*. 2017;118(2):208-215.
5. Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, et al. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal Chem*. 2014;86(7): 3240-3253.
6. Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery – a literature review. *J Formos Med Assoc*. 2018;117(7):547-558.
7. Oberoi G, Nitsch S, Edelmayer M, et al. 3D printing-encompassing the facets of dentistry. *Front Bioeng Biotechnol*. 2018;6:172.
8. Prechtel A, Reymus M, Edelhoff D, et al. Comparison of various 3D printed and milled PAEK materials: effect of printing direction and artificial aging on Martens parameters. *Dent Mater*. 2020;36(2):197-209.
9. Revilla-Leon M, Sadeghpour M, Ozcan M. An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. *Odontology*. 2020;108(3):331–338.

10. Zanetti EM, Aldieri A, Terzini M, et al. Additively manufactured custom loadbearing implantable devices. *Australasian Med J.* 2017;10(8): 694–700.
11. Lin L, Fang Y, Liao Y, et al. 3D printing and digital processing techniques in dentistry: a review of literature. *Adv Eng Mat.* 2019;21(6):1801013.
12. Alharbi N, Alharbi S, Cuijpers V, et al. Three-dimensional evaluation of marginal and internal fit of 3D-printed interim restorations fabricated on different finish line designs. *J Prosthodont Res.* 2018;62(2):218–226.
13. Jang Y, Sim JY, Park JK, Kim WC, Kim HY, Kim JH. Evaluation of the marginal and internal fit of a single crown fabricated based on a three-dimensional printed model. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(5):367–373.
14. Bassoli E, Gatto A, Iuliano L, et al. 3D printing technique applied to rapid casting. *Rapid Prototyping Journal.* 2007;13(3):148–155.
15. Tack P, Victor J, Gemmel P, et al. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed. Eng. Online.* 2016;15:115.
16. Liaw CY, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine. *Bio-fabrication.* 2017;9(2):024102.
17. Özay M, Sarıdağ S. Diş hekimliğinde fotopolimerizasyon ile 3 boyutlu üretim yöntemleri ve kullanım alanları. *Selçuk Dent J.* 2023;10(2):479–485. doi:10.15311/selcukdentj.1135010
18. Giannatsis J, Dedoussis V. Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: a review. *Int J Adv Manuf Technol.* 2009;40(1-2):116–127.
19. Çelik İ, Karakoç F, Çakır MC, et al. Hızlı prototipleme teknolojileri ve uygulama alanları. *Dumlupınar Üniv Fen Bil Ens Derg.* 2013;31:53–69.
20. Kuzu Demir EB, Çaka C, Tuğtekin U, et al. Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı. Türkiye'deki uygulamalar. *Ege Eğitim Derg.* 2016;17(2):481–503.
21. Németh A, Vitai V, Czumbel M, et al. Clear guidance to select the most accurate technologies for 3D printing dental models - A network meta-analysis. *J Dent.* 2023;104532. doi:10.1016/j.jdent.2023.104532.
22. Della Bona Á, Cantelli V, Britto V, et al.. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. *Dent Mater.* 2021;37(2): 336–350. doi:10.1016/j.dental.2020.11.030.
23. Geng Q, Wang D, Chen P, et al. Ultrafast multifocal 3D nanomanufacturing based on two-photon polymerization. *Nature Communications.* 2019;10. doi:10.1038/s41467-019-10249-2.
24. Chaudhary R, Fabbri P, Leoni E, et al. Additive manufacturing by digital light processing: a review. *Advances in Additive Manufacturing.* 2022;8:331–351. doi:10.1007/s40964-022-00336-0.
25. Amini A, Guijt R, Themelis T, et al. Recent developments in digital light processing 3D printing techniques for microfluidic analytical devices. *J Chromatography. A.* 2023;1692:463842. doi:10.1016/j.chroma.2023.463842.
26. Branco A, Colaço R, Figueiredo-Pina C, et al. Recent advances on 3D-printed zirconia-based dental materials: a review. *Materials.* 2023;16. doi:10.3390/ma16051860.
27. Batista M, Mora-Jimenez J, Salguero J, et al. Assessment of development performance of additive manufacturing VPP parts using digital light processing (DLP) and liquid crystal display (LCD) technologies. *Appl Sci.* 2024;14(9):3607. doi:10.3390/app14093607.
28. Shafique H, Karamzadeh V, Kim G, et al. High resolution, low-cost LCD 3D printing for microfluidics and organ-on-a-chip devices. *Lab on a Chip.* 2024. doi: 10.1039/d3lc01125a.
29. Januszewicz R, Tumbleston J, Quintanilla A, et al. Layerless fabrication with continuous liquid interface production. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2016;113:11703–11708. doi:10.1073/pnas.1605271113.
30. Lee B, Hsiao K, Lipkowitz G, et al. Characterization and enhancement of a CLIP-based 3D printer with 30 µm pixel size through dynamic print optimization. *Additive Manufacturing.* 2022;55:102800. doi:10.1016/j.addma.2022.102800.

31. Kristiawan R, Imaduddin F, Ariawan D, et al. A review on fused deposition modeling (FDM) 3D printing: filament processing, materials and printing parameters. *Open Eng.* 2021;11:639–649. doi:10.1515/eng-2021-0063.
32. Acierno D, Patti A. Fused deposition modeling (FDM) of thermoplastic-based filaments: processing and rheological properties - an overview. *Materials.* 2023;16(24):7664. doi:10.3390/ma16247664.
33. Shi J, Cagney N, Tatum J, et al. Jetting and droplet formation of particle-laden fluids. *Physics of Fluids.* 2024. doi:10.1063/5.0180014.
34. Elkaseer A, Chen K, Janhsen J, et al. Material jetting for advanced applications: state-of-the-art review, deficiencies, and future directions. *Additive Manufacturing.* 2022;103270. doi:10.1016/j.addma.2022.103270.
35. Yuan J, Chen C, Yao D, et al. 3D printing of oil paintings based on material jetting and reduction of staircase effect. *Polymers.* 2020;12(11):2536. doi:10.3390/polym12112536.
36. Yap C, Chua C, Dong Z, et al. Review of selective laser melting: materials and applications. *Applied Physics Reviews.* 2015;2:041101. doi:10.1063/1.4935926.
37. Thakkar R, Jara M, Swinnea S, et al. Impact of laser speed and drug particle size on selective laser sintering 3D printing of amorphous solid dispersions. *Pharmaceutics.* 2021;13(8):1149. doi:10.3390/pharmaceutics13081149.
38. Kozak J, Zakrzewski T, Witt M, et al. Selected problems of additive manufacturing using SLS/SLM processes. *Transactions on Aerospace Research.* 2021;24–44. doi:10.2478/tar-2021-0003.
39. Revilla-León M, Özcan M. Additive manufacturing technologies used for 3D metal printing in dentistry. *Current Oral Health Reports.* 2017;4:201–208. doi:10.1007/s40496-017-0152-0.
40. Dobrzański L, Dobrzański L, Achtelek-Franczak A, et al. Application solid laser-sintered or machined Ti6Al4V alloy in manufacturing of dental implants and dental prosthetic restorations according to dentistry 4.0 concept. *Processes.* 2020;8(6):664. doi:10.3390/pr8060664.
41. Attaran M. The rise of 3-D printing: the advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons.* 2017;60:677–688. doi:10.1016/j.bushor.2017.05.011.
42. Harada Y, Ishida Y, Miura D, et al. Mechanical properties of selective laser sintering pure titanium and Ti-6Al-4V, and its anisotropy. *Materials.* 2020;13. doi:10.3390/ma13225081
43. Hitzler L, Alifui-Segbaya F, Williams P, et al. Additive manufacturing of cobalt-based dental alloys: analysis of microstructure and physicomaterial properties. *Adv. Mat Sci Eng.* 2018;8213023. doi:10.1155/2018/8213023.
44. Ucar Y, Akova T, Akyl MS, et al. Yeni bir diş kronu üretim tekniği kullanılarak hazırlanan kronların iç uyum değerlendirmesi: lazer sinterlenmiş Co-Cr kronlar. *J Prosthet Dent.* 2009;102:253–259.
45. Revilla-León M, Ceballos L, Martínez-Klemm I, et al. Discrepancy of complete-arch titanium frameworks manufactured using selective laser melting and electron beam melting additive manufacturing technologies. *J Prosthet Dent.* 2018;120:942–947.
46. Ligon S, Liska R, Stampfl J, et al. Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing. *Chemical Reviews.* 2017;117:10212–10290. doi:10.1021/acs.chemrev.7b00074.
47. Rashid A, Khan S, Al-Ghamdi S, et al. Additive manufacturing of polymer nanocomposites: needs and challenges in materials, processes, and applications. *J Mat Res Tech.* 2021;14:910–941. doi:10.1016/j.jmrt.2021.07.016.
48. Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, et al. Additive manufacturing (3D printing): a review of materials, methods, applications and challenges. *Compos B Eng.* 2018;143:172–196.
49. Wang X, Jiang M, Zhou Z, Gou J, Hui D. 3D printing of polymer matrix composites: a review and prospective. *Compos B Eng.* 2017;110:442–458.
50. Quan C, Han B, Hou Z, et al. 3D printed continuous fiber reinforced composite auxetic honeycomb structures. *Compos B Eng.* 2020;187:107858.
51. Pal A, Mohanty A, Misra M, et al. Additive manufacturing technology of polymeric materials for customized products: recent developments and future prospective. *RSC Advances.* 2021;11:36398–36438. doi:10.1039/d1ra04060j

52. Kuo CC, Liu LC, Teng WF, et al. Preparation of starch/acrylonitrile-butadienestyrene copolymers (ABS) biomass alloys and their feasible evaluation for 3D printing applications. *Compos B Eng.* 2016;86:36-39.
53. Galante R, Figueiredo-Pina CG, Serro AP. Additive manufacturing of ceramics for dental applications: a review. *Dent Mater.* 2019;35:825-846.
54. Senatov FS, Niaza KV, Zadorozhnyy MY, et al. Mechanical properties and shape memory effect of 3D-printed PLA-based porous scaffolds. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016; 57:139-148.
55. Chen J, Zhang Z, Chen X, et al. Design and manufacture of customized dental implants by using reverse engineering and selective laser melting technology. *J Prosthet Dent.* 2014; 112:1088-1095.e1.
56. Jindal SK, Sherriff M, Waters MG, et al. Development of a 3D printable maxillofacial silicone: Part II. Optimization of moderator and thixotropic agent. *J Prosthet Dent.* 2018; 119:299-304.
57. Bengisu M. Engineering ceramics. Springer Science & Business Media; 2013. p. 104-136.
58. Chen Z, Li Z, Li J, et al. 3D printing of ceramics: A review. *J Eur Ceram Soc.* 2019; 39:661-687.
59. Marcus HL, Beaman JJ, Barlow JW, et al. Solid freeform fabrication-powder processing. *Am Ceram Soc Bull.* 1990; 69:1030-1031.
60. Sachs E, Cima M, Cornie J. Three-dimensional printing: rapid tooling and prototypes directly from a CAD model. *CIRP annals* 1990; 39:201-204.
61. Travitzky N, Bonet A, Dermeik B, et al. Additive manufacturing of ceramic-based materials. *Adv Eng Mater.* 2014;16: 729-754.
62. Pfaffinger M, Mitteramskogler G, Gmeiner R, et al. Thermal debinding of ceramic-filled photopolymers. *Mater Sci Forum.* 2015;825: 75-81.
63. Al-Sanabani F, Madfa A, Al-Qudaimi N. Alumina ceramic for dental applications: A review article. *Am J Mater Sci.* 2014;1: 26-34.
64. Mao L, Kaizer MR, Zhao M, et al. Graded Ultra-Translucent Zirconia (5Y-PSZ) for strength and functionalities. *J Dent Res.* 2018;97: 1222-1228.
65. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, et al. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28: 227-235.
66. Zhang Y, Lawn BR. Novel zirconia materials in dentistry. *J Dent Res.* 2018;97: 140-147.
67. Josset Y, Oum'Hamed Z, Zarrinpour A, et al. In vitro reactions of human osteoblasts in culture with zirconia and alumina ceramics. *J Biomed Mater Res.* 1999;47: 481-493.
68. Özkol E, Zhang W, Ebert J, et al. Potentials of the "Direct Inkjet Printing" method for Manufacturing 3Y-TZP based dental restorations. *J Eur Ceram Soc.* 2012;32: 2193-2201.
69. Lian Q, Sui W, Wu X, et al. Additive manufacturing of ZrO₂ ceramic dental bridges by stereolithography. *Rapid Prototyp J.* 2018;24: 114-119.
70. Cheng YC, Lin DH, Jiang CP, et al. Dental implant customization using numerical optimization design and 3- dimensional printing fabrication of zirconia ceramic. *Int J Numer Method Biomed Eng.* 2017;33: e2820.
71. Anssari Moin D, Hassan B, Wismeijer D. A novel approach for custom three-dimensional printing of a zirconia root analogue implant by digital light processing. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28: 668-670.
72. Maleksaeedi S, Eng H, Wiria F, et al. Property enhancement of 3D-printed alumina ceramics using vacuum infiltration. *J Mater Process Technol.* 2014;214: 1301-1306.
73. Uçar Y, Aysan Meriç İ, Ekren O. Layered manufacturing of dental ceramics: fracture mechanics, microstructure, and elemental composition of lithography-sintered ceramic. *J Prosthodont.* 2019;28: e310-e318.
74. Abdeen L, Chen Y, Kostagianni A, et al. Prosthesis accuracy of fit on 3D-printed casts versus stone casts: A comparative study in the anterior maxilla. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34: 1238-1246.
75. Sim JY, Jang Y, Kim WC, et al. Comparing the accuracy (trueness and precision) of models of fixed dental prostheses fabricated by digital and conventional workflows. *J Prosthodont Res.* 2019;63: 25-30.

76. Tahayeri A, Morgan MC, Fugolin AP, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater.* 2018;34: 192-200.
77. Wang W, Yu H, Liu Y, et al. Trueness analysis of zirconia crowns fabricated with 3-dimensional printing. *J Prosthet Dent.* 2019;121: 285-291.
78. Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, et al. Selective laser melting technique of Co-Cr dental alloys: A review of structure and properties and comparative analysis with other available techniques. *J Prosthodont.* 2015;24: 303-312.
79. Presotto AGC, Barao VAR, Bhering CLB, et al. Dimensional precision of implant-supported frameworks fabricated by 3D printing. *J Prosthet Dent.* 2019;122: 38-45.
80. Bartikian M, Ferreira A, Gonçalves-Ferreira A, et al. 3D printing anatomical models of head bones. *Surg Radiol Ana.* 2019;41: 1205-1209.
81. Xia J, Ip HH, Samman N, et al. Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2000;29: 11-17.
82. Alshawaf B, Weber HP, Finkelman M, et al. Accuracy of printed casts generated from digital implant impressions versus stone casts from conventional implant impressions: A comparative in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2018;28: 835-842.
83. Rokhshad R, Tehrani AM, Zarbakhsh A, et al. Influence of fabrication method on the manufacturing accuracy and internal discrepancy of removable partial dentures: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2023;133: 724-735.
84. Chen J, Ahmad R, Suenaga H, et al. Shape optimization for additive manufacturing of removable partial dentures A new paradigm for prosthetic CAD/CAM. *PLoS One.* 2015;10: e0132552.
85. Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, et al. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: fabrication of complete dentures. *Int J Prosthodont.* 1994;7(1): 17-21.
86. Baba NZ, AlRumaih HS, Goodacre BJ, et al. Current techniques in CAD/CAM denture fabrication. *Gen Dent.* 2016;64: 23-28.
87. Steinmassl O, Dumfahrt H, Grunert I, et al. CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig.* 2018;22: 2829-2835.
88. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, et al. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent.* 2019;121: 637-643.
89. Lin WS, Harris BT, Pellerito J, et al. Fabrication of an interim complete removable dental prosthesis with an in-office digital light processing three-dimensional printer: A proof-of-concept technique. *J Prosthet Dent.* 2018;120: 331-334.
90. Unkovskiy A, Schmidt F, Beuer F, et al. Stereolithography vs. direct light processing for rapid manufacturing of complete denture bases: an in vitro accuracy analysis. *J Clin Med.* 2021;10: 1070.
91. Salmi M, Paloheimo KS, Tuomi J, et al. A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study. *J R Soc Interface.* 2013;10: 20130203.
92. Lutz AM, Hampe R, Roos M, et al. Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. *J Prosthet Dent.* 2019;121: 166-172.
93. Reyes-Sevilla M, Kuijs RH, Werner A, et al. Comparison of wear between occlusal splint materials and resin composite materials. *J Oral Rehabil.* 2018;45: 539-544.
94. Park JM, Ahn JS, Cha HS, et al. Wear resistance of 3D printing resin material opposing zirconia and metal antagonists. *Materials (Basel).* 2018;11: 1043.
95. Revilla-Leon M, Sanchez-Rubio JL, Oteo-Calatayud J, et al. Impression technique for a complete arch prosthesis with multiple implants using additive manufacturing technologies. *J Prosthet Dent.* 2017;117: 714-720.
96. AlShaibani R, Akhtar T, Gentle M, et al. Digital applications of maxillofacial reconstruction- A systematic review. *J Adv Dent.* 2021;1: 21-27.
97. de Caxias FP, Dos Santos DM, Bannwart LC, et al. Classification, history, and future prospects of maxillofacial prosthesis. *Int J Dent.* 2019;1: 8657619.

Bölüm 5

İMLANT DESTEKLİ PROTETİK REHABİLİTASYONDA GÜNCEL BİYOMEKANİK VE PROTETİK ODAKLI PLANLAMA PRENSİPLERİ

Büşra Nur GÖR¹
Seçil ÖZKAN ATA²

1. GİRİŞ

Dental implantoloji, günümüzde tam ve parsiyel diş kaybında fonksiyon, fonetik ve estetiğin uzun dönemli yeniden kazanılmasını sağlayan en güvenilir tedavi modalitelerinden biridir. Güncel yaklaşım, implant başarısını yalnızca osseointegrasyon süreci ile sınırlı değerlendirmemektedir. Bunun yerine, protetik olarak yönlendirilmiş planlama, dijital cerrahi rehberlik, yumuşak doku biyolojisinin korunması ve biyomekanik yük yönetimi gibi parametreler eş zamanlı ele alınmaktadır. Modern implantolojinin merkezinde protez uyumlu planlamanın bulunduğunu ve üç boyutlu görüntüleme desteğiyle bunun daha öngörülebilir hale geldiğini vurgulamıştır (1).

Cerrahi ve protetik süreçler arasındaki bu entegrasyon, dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla daha da güçlenmiştir. Statik ve dinamik rehber kullanımının implant yerleşim doğruluğunu anlamlı şekilde artırdığı; özellikle anterior bölgede komplikasyon oranlarını düşürdüğü bildirilmiştir (2,3). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT), implant yerleşiminde yalnızca anatomik güvenlik sınırlarını değerlendirmekle kalmaz; aynı zamanda yumuşak doku kalınlığı ve bukkal kemik duvarının korunmasını da mümkün kılar (4).

Fonksiyon ve estetiğe ek olarak yumuşak doku stabilitesi, tedavi başarısının üçüncü bileşenidir. Peri-implant mukoza kalınlığının ≥ 2 mm olduğu olgularda hem papiller stabilitenin hem de marjinal kemik seviyesinin daha avantajlı

¹ Arş. Gör. Dt., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, busranurgor26@gmail.com, ORCID iD: 0009-0005-0220-8811

² Doç. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, secil.oata@ogu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1756-4390

10.6 Yumuşak Doku Cerrahisi: Endikasyonlar

Tablo-6	
Endikasyon	Yaklaşım
İnce biyotip	BDG, tünel teknikleri
Keratinize doku yetersizliği	SDG , apikal kaydırma
Papilla kaybı	Protetik kontur yönetimi + sınırlı cerrahi
Yüksek gülüş hattı	Cerrahi öncesi estetik analizi + yumuşak doku augmentasyonu

Tablo 6’ da özetlendiği gibi, yumuşak doku cerrahisinde ince biyotip için Bağ Dokusu Greftleri (BDG), keratinize doku yetersizliği için Serbest Dişeti Greftleri (SDG) ve yüksek gülüş hattı gibi estetik zorluklar için augmentasyon odaklı stratejiler uygulanmaktadır.

Not: Estetik bölgedeki implantlar, sert dokudan çok yumuşak dokunun kalitesi ile başarılıdır.

Klinik Özet

- Estetik bölgede mukoza kalınlığı ≥ 2 mm hedeflenmelidir.
- Keratinize doku genişliği ≥ 2 mm peri-implant sağlığını destekler.
- Papilla korunumu için kontak noktası-kemik mesafesi kritik parametredir.
- Geçici restorasyonlar yumuşak doku şekillendirme aracıdır.
- BDG, ince biyotipte altın standarttır.
- Platform switching ve dijital kontur yönetimi uzun dönem stabiliteyi artırır.

Not:Kemik, implantı taşır; yumuşak doku tedaviyi taşır.

KAYNAKÇA

1. Flügge TV, Pietzka S, Zitzmann NU, Hämmerle CHF, Benic GI. Prosthetic set-up and virtual implant planning for digitally fabricated immediate interim restorations. *BMC Oral Health*. 2022;22:512. doi:10.1186/s12903-022-02547-6.
2. Ku JK, Vargas-Villamil J, Leung C, Jahangiri L. Accuracy of computer-guided implant surgery: A systematic review. *BMC Oral Health*. 2022;22:547. doi:10.1186/s12903-022-02567-2.
3. Tallarico M, Esposito M, Xhanari E, Caneva M, Meloni SM. Accuracy of surgical templates with and without metallic sleeves for guided implant placement: a randomized controlled trial. *J Prosthodont Res*. 2021;65(3):345-353. doi:10.2186/jpr.JPOR_2020_425.
4. Shi Y, Zhu W, Zhao W, Yu R, Wang L, Huang Y. Accuracy of computer-assisted implant surgery using surgical guides: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent*. 2023;9:8. doi:10.1186/s40729-023-00467-1.

5. Jung RE, Sapata VM, Hämmerle CHF, Jung S, Thoma DS. Soft tissue stability around implants: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2022;33(Suppl 24):203-220. doi:10.1111/clr.13978.
6. Thoma DS, Sanz-Sánchez I, et al. EAO S3–Level clinical practice guideline on peri-implant soft tissue management. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(Suppl 21):183-206. doi:10.1111/clr.13828.
7. Chen S-T, Buser R, Buser D. Optimal three-dimensional implant position in the esthetic zone: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2023;34(12):1191-1209. doi:10.1111/clr.14194
8. Abad-Coronel C, Malo P, et al. Immediate full-arch implant rehabilitation: a critical review. *Materials (Basel).* 2024;17(4):880. doi:10.3390/ma17040880.
9. Mustapha AD, Chatzopoulos GS, Finkelman M, et al. Impact of smoking on dental implants: A systematic review and meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract.* 2021;21(4):101579. doi:10.1016/j.jebdp.2021.101579.
10. Revilla-León M, Özcan M. Additive and subtractive manufacturing in dentistry: A review. *J Prosthet Dent.* 2022;128(1):51-60. doi:10.1016/j.prosdent.2021.04.024.
11. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Survival and complications of full-arch fixed implant-supported prostheses: an updated systematic review. *Eur J Oral Implantol.* 2021;14(2):S1-S24.
12. Carvalho-Silva M, de Santana IL, Pellizzer EP, et al. Influence of cusp inclination and occlusal table on stress distribution in implant-supported prostheses: A finite element study and review. *Materials (Basel).* 2022;15(23):8472. doi:10.3390/ma15238472.
13. De Angelis P, Braian M, Hammerle CHF, et al. Passive fit of CAD/CAM implant frameworks: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2023;27:3383-3402. doi:10.1007/s00784-023-04843-1.
14. Atieh MA, et al. Angled screw channel-retained vs. cement-retained implant crowns in non-molar sites: systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent.* 2025;37(3):547-563. doi:10.1111/jerd.13463.
15. Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, eds. *Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry.* Chicago: Quintessence; 1985.
16. Brånemark P-I, Hansson BO, Adell R, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.
17. Maló P, de Araujo Nobre M, Lopes A. Long-term outcome of the All-on-4 concept: systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2020;35(2):345-359. doi:10.11607/jomi.7767.
18. Caramês JMM, Marques DN, et al. Four vs six implants for full-arch immediate loading: a cohort with up to 17-year follow-up. *J Clin Med.* 2025;14(12):4237. doi:10.3390/jcm14124237.
19. Moreno A, et al. Biomechanics of bar vs locator attachments in implant overdentures: experimental and clinical outcomes. *J Prosthodont Res.* 2022;66(4):601-612. doi:10.2186/jpr.JPOR_2021_481.
20. Pozzi A, Tallarico M, Moy PK. CAD/CAM full-arch frameworks: a systematic review on passive fit and mechanical outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(5):e81-e96. doi:10.11607/jomi.8914
21. Wijeratne DT, Perera J, et al. Tilted vs axial implants in full-arch prostheses: systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2022;24(5):625-642. doi:10.1111/cid.13128.
22. Borges GA, et al. Effectiveness of tilted implants to reduce cantilevers in full-arch prostheses: systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2023;38(2):293-308. doi:10.11607/jomi.9645.
23. Moraschini V, et al. Survival and complications of zygomatic implants compared to conventional implants: systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2023;34(5):461-474. doi:10.1111/clr.14093.
24. Polido WD, Machado-Fernandez A, Lin W-S, Aghaloo T. Indications for zygomatic implants: systematic review. *Int J Implant Dent.* 2023;9:17. doi:10.1186/s40729-023-00480-4.
25. Feine JS, Carlsson GE, et al. The McGill/Global consensus revisited: overdentures as minimum standard for mandibular edentulism—update. *J Dent.* 2021;108:103636. doi:10.1016/j.jdent.2021.103636.

26. Chrcanovic BR, et al. Patient-reported outcomes and satisfaction with mandibular overdentures vs fixed prostheses: systematic review. *J Prosthodont.* 2022;31(6):520-533. doi:10.1111/jopr.13523.
27. Chae SK, et al. Retentive force and wear pattern of Locator vs ADD-TOC on CAD-CAM milled bars. *J Prosthet Dent.* 2022;128(6):1152-1160. doi:10.1016/j.prosdent.2021.09.026.
28. Block MS, Emery RW. Dynamic navigation for dental implant placement: a review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(1):183-192. doi:10.1016/j.joms.2021.10.002.
29. Zhou Y, Liu L, et al. Quantitative occlusal analysis for implant restorations: systematic review. *J Prosthet Dent.* 2023;130(5):748-757. doi:10.1016/j.prosdent.2022.10.025.
30. Häggman-Henrikson B, Ekberg E, et al. Bruxism and dental implants: systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil.* 2024;51(8):720-736. doi:10.1111/joor.13567.

Bölüm 6

DENTAL SERAMİKLERİN YAPISI, SINIFLANDIRILMASI VE GÜNCEL CAD/CAM MATERYALLERİ

Büşra Nur AZGIN¹

GİRİŞ

Seramik kelimesi, Yunanca topraktan yapılmış ve yanmış anlamına gelen Keramikos sözcüğünden türemiş olup dilimize Fransızca'dan geçmiştir (1). Günümüzde birçok eşya üretiminde kullanılan seramiklerin ana bileşeni kaolindir. Yapılarına kuvars ve feldspat gibi minerallerin eklenmesi, opak ve gözenekli yapının daha dayanıklı ve şeffaf hale gelmesini sağlamıştır. Bu özel kombinasyon “porselen” olarak adlandırılmıştır ve ismini istiridye kabuğu içerisindeki sedefin beyaz ve parlak görünümünden almaktadır (2-4). Diş hekimliğinde “porselen” terimi, dental seramikleri tanımlamak için kullanılmaktadır (1).

Seramikler, kristal yapılarında kovalent ve iyonik bağlar içerirler; bu bağlar sayesinde sertlik, renk stabilitesi, sıcaklığa ve kimyasal etkilere karşı direnç kazanırlar (5). Estetik açıdan yüksek performans göstermeleri, biyouyumlu olmaları ve dental uygulamalarda en az plak tutulumuna sahip olmaları tercih edilmelerinin başlıca nedenleridir (6, 7). Dental amaçlı seramikler ilk kez 1774 yılında tanıtılmış, 1789'da ilk patent alınmış ve 1903'te Dr. Charles Land tarafından jacket kron patenti geliştirilmiştir (8).

Dental seramikler, temel olarak dört oksijen atomunun merkezdeki silisyum atomuna bağlandığı tetrahedral yapıya sahiptir. Ana çekirdek yapı SiO_4 molekülü olup feldspat, kaolin ve kuvars bu sistemin temel bileşenlerindendir (5). Bunlara ek olarak, renk pigmentleri, cam modifiye edici ajanlar, opaklaştırıcılar ve floresans sağlayıcı maddeler de eklenebilir (9). Seramiklerin kimyasal bileşiminde feldspat %75–85, kuvars %12–22 aralığında, kaolin ise %3–5 oranında bulunur (10).

¹ Arş. Gör. Dt. Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, busran-38@hotmail.com, ORCID iD: 0009-0004-6766-1097

Son yıllarda, doğal diş görünümünü taklit edebilmek amacıyla farklı pigment katmanları içeren multikromatik zirkonyalar geliştirilmiştir. Bu materyaller, insizal ve servikal bölgeler arasında kademeli renk geçişleri sağlayarak daha estetik sonuçlar sunar. İlk örneklerden biri, Kuraray firmasının geliştirdiği Katana sistemidir. Bu sistem, farklı translüsensi derecelerine sahip 3Y-TZP (ML), 4Y-TZP (STML) ve 5Y-TZP (UTML) seçeneklerini içermektedir (83, 95).

SONUÇ

Dental seramik materyalleri, mikroyapılarındaki gelişmeler ve CAD/CAM teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde günümüzde hem anterior hem de posterior bölgelerde güvenle kullanılabilen, estetik ve dayanıklı restorasyon seçenekleri sunmaktadır. Cam matriksli, polikristalin ve hibrit seramik sistemlerinin her biri, farklı endikasyonlara yönelik avantaj ve sınırlılıklar taşımaktadır. Bu nedenle materyal seçiminin, klinik durum, mekanik gereksinim, optik beklenti ve simantasyon protokolü göz önünde bulundurularak yapılması restorasyonun uzun dönem başarısı açısından kritik önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Toval B, Maiara P, Nathanson D. Esthetic dentistry & ceramic restoration. Berlin: Martin Dunitz Ltd. 1999:25-38.
2. Jones DW. Development of dental ceramics. An historical perspective. Dental Clinics of North America. 1985;29(4):621-44.
3. Wildgoose DG, Johnson A, Winstanley RB. Glass/ceramic/refractory techniques, their development and introduction into dentistry: A historical literature review. The Journal of prosthetic dentistry. 2004;91(2):136-43.
4. Craig P. Craig's restorative dental materials. Mechanical properties. 2006:51-96.
5. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials: Elsevier Health Sciences; 2012.
6. Lawn BR, Deng Y, Lloyd IK, Janal MN, Rekow ED, Thompson VP. Materials design of ceramic-based layer structures for crowns. J Dent Res. 2002;81(6):433-8.
7. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş Hekimliğinde Maddeler Bilgisi: Ankara Üniversitesi Basımevi; 1993.
8. Denry IL. Recent advances in ceramics for dentistry. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine. 1996;7(2):134-43.
9. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. Journal of Prosthetic Dentistry. 1996;75(1):18-32.
10. Zhang Y, Kelly JR. Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. Dent Clin North Am. 2017;61(4):797-819.
11. Yavuzylmaz H, Turhan B, Baybek B, Kurt E. Tam Porselen Sistemleri II. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2005;22(1):49-60.
12. Akın E. Diş hekimliğinde porselen. Ü Dişhekimliği Fakültesi Yayın lan. 1999;43(2).
13. Denry I, Kelly JR. Emerging ceramic-based materials for dentistry. J Dent Res. 2014;93(12):1235-42.

14. Pini NP, Aguiar FH, Lima DA, Lovadino JR, Terada RS, Pascotto RC. Advances in dental veneers: materials, applications, and techniques. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2012;4:9-16.
15. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont*. 2015;28(3):227-35.
16. Bindl A, Lüthy H, Mörmann WH. Strength and fracture pattern of monolithic CAD/CAM-generated posterior crowns. *Dent Mater*. 2006;22(1):29-36.
17. Rosenblum MA, Schulman A. A review of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*. 1997;128(3):297-307.
18. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent*. 2010;31(9):682-4, 6, 8 passim; quiz 98, 700.
19. Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF. Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent*. 1995;74(2):145-50.
20. Sorensen JA, Munksgaard EC. Ceramic inlay movement during polymerization of resin luting cements. *Eur J Oral Sci*. 1995;103(3):186-9.
21. Kurbad A, Reichel K. Multicolored ceramic blocks as an esthetic solution for anterior restorations. *Int J Comput Dent*. 2006;9(1):69-82.
22. Fasbinder DJ. Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent*. 2002;23(10):911-6, 8, 20 passim; quiz 24.
23. 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.
24. Wiedhahn K, Kerschbaum T, Fasbinder DF. Clinical long-term results with 617 Cerec veneers: a nine-year report. *Int J Comput Dent*. 2005;8(3):233-46.
25. Otto T, Mörmann WH. Clinical performance of chairside CAD/CAM feldspathic ceramic posterior shoulder crowns and endocrowns up to 12 years. *Int J Comput Dent*. 2015;18(2):147-61.
26. Reiss B. Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent*. 2006;9(1):11-22.
27. Pröbster L, Geis-Gerstorfer J, Kirchner E, Kanjantra P. In vitro evaluation of a glass-ceramic restorative material. *J Oral Rehabil*. 1997;24(9):636-45.
28. Giordano RA. Dental ceramic restorative systems. *Compend Contin Educ Dent*. 1996;17(8):779-82, 84-6 passim; quiz 94.
29. Ural Ç, Kaleli N. Diş hekimliğinde kullanılan güncel porselenler ve farklı sınıflamaları. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*. 2017;3(3):151-63.
30. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am*. 2004;48(2):viii, 513-30.
31. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*. 2011;56 Suppl 1:84-96.
32. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(2):171-81.
33. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent*. 2002;88(1):4-9.
34. Ural C, Kalyoncuoğlu E, Balkaya V. The effect of different power outputs of carbon dioxide laser on bonding between zirconia ceramic surface and resin cement. *Acta Odontol Scand*. 2012;70(6):541-6.
35. Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V. A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res*. 2000;53(4):297-303.
36. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2004;92(6):557-62.
37. Abu Haimed TS, Alzahrani SJ, Attar EA, Al-Turki LE. Effect of Repressing Lithium Disilicate Glass Ceramics on The Shear Bond Strength of Resin Cements. *Materials*. 2023;16(18):6148.
38. Holland W, Beall GH. Holland W., Beall G.: Glass-ceramic technology,"The American Ceramic Society", Westerville, OH, USA, 2002, pp. 372. *Science of Sintering*. 2019;36.

39. Sartori N, Tostado G, Phark J-H, Takanashi K, Lin R, S DJ. CAD/CAM High-Strength Glass-Ceramics. Quintessence of Dental Technology (QDT). 2015;38.
40. Saint-Jean S. Dental Glasses and Glass-ceramics. Advanced Ceramics for Dentistry. 2014;255-77.
41. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Biaxial flexural strength, elastic moduli, and x-ray diffraction characterization of three pressable all-ceramic materials. J Prosthet Dent. 2003;89(4):374-80.
42. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. Dent Mater. 2004;20(5):449-56.
43. Mounajjed R, D ML, Azar B. The marginal fit of E.max Press and E.max CAD lithium disilicate restorations: A critical review. Dent Mater J. 2016;35(6):835-44.
44. Kang SH, Chang J, Son HH. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. Restor Dent Endod. 2013;38(3):134-40.
45. Phark JH, Duarte S, Jr. Microstructural considerations for novel lithium disilicate glass ceramics: A review. J Esthet Restor Dent. 2022;34(1):92-103.
46. Culp L, McLaren EA. Lithium disilicate: the restorative material of multiple options. Compend Contin Educ Dent. 2010;31(9):716-20, 22, 24-5.
47. Shen J. Advanced ceramics for dentistry: Oxford: Butterworth-Heinemann; 2013.
48. Duarte Jr S, Phark J-H, Blatz M, Sadan A. Ceramic Systems: An Ultrastructural Study. Quintessence of Dental Technology (QDT). 2010;33.
49. Alkadi L, Ruse ND. Fracture toughness of two lithium disilicate dental glass ceramics. J Prosthet Dent. 2016;116(4):591-6.
50. Alhomud M, Phark JH, Duarte S, Jr. Bond strength to different CAD/CAM lithium disilicate reinforced ceramics. J Esthet Restor Dent. 2023;35(1):129-37.
51. Chen YM, Smales RJ, Yip KH, Sung WJ. Translucency and biaxial flexural strength of four ceramic core materials. Dent Mater. 2008;24(11):1506-11.
52. Santos GC, Jr., Santos MJ, Jr., Rizkalla AS, Madani DA, El-Mowafy O. Overview of CEREC CAD/CAM chairside system. Gen Dent. 2013;61(1):36-40; quiz 1.
53. Quinn JB, Sundar V, Lloyd IK. Influence of microstructure and chemistry on the fracture toughness of dental ceramics. Dent Mater. 2003;19(7):603-11.
54. Pollington S. Novel glass-ceramics for dental restorations. J Contemp Dent Pract. 2011;12(1):60-7.
55. Li RW, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. J Prosthodont Res. 2014;58(4):208-16.
56. Ritter RG. Multifunctional uses of a novel ceramic-lithium disilicate. J Esthet Restor Dent. 2010;22(5):332-41.
57. Tysowsky GW. The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. Dent Today. 2009;28(3):112-3.
58. Marchesi G, Camurri Piloni A, Nicolin V, Turco G, Di Lenarda R. Chairside CAD/CAM Materials: Current Trends of Clinical Uses. Biology. 2021;10(11):1170.
59. Hurle K, Lubauer J, Belli R, Lohbauer U. On the assignment of quartz-like $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ - SiO_2 solid solutions in dental lithium silicate glass-ceramics: Virgilite, high quartz, low quartz or stuffed quartz derivatives? Dent Mater. 2022;38(9):1558-63.
60. Monmaturapoj N, Lawita P, Thepsuwan W. Characterisation and Properties of Lithium Disilicate Glass Ceramics in the SiO_2 - Li_2O - K_2O - Al_2O_3 System for Dental Applications. Advances in Materials Science and Engineering. 2013;2013:1-11.

61. Alao AR, Stoll R, Song XF, Abbott JR, Zhang Y, Abduo J, et al. Fracture, roughness and phase transformation in CAD/CAM milling and subsequent surface treatments of lithium metasilicate/disilicate glass-ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017;74:251-60.
62. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthun M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study. *Int J Prosthodont.* 2001;14(3):231-8.
63. Elsaka SE, Elnaghy AM. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater.* 2016;32(7):908-14.
64. Nakhaei M, Mohammadipour HS, Eslami SF, Soroush Z. Microshear bond strength of resin cement to a zirconia-reinforced lithium silicate glass ceramic using different surface treatments. *Dent Res J (Isfahan).* 2023;20:59.
65. Sen N, Us YO. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):593-9.
66. Awad MM, Alqahtani H, Al-Mudahi A, Murayshed MS, Alrahlah A, Bhandi SH. Adhesive Bonding to Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing Esthetic Dental Materials: An Overview. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18(7):622-6.
67. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Selective infiltration-etching technique for a strong and durable bond of resin cements to zirconia-based materials. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5):379-88.
68. Krüger S, Deubener J, Ritzberger C, Höland W. Nucleation Kinetics of Lithium Metasilicate in ZrO₂-Bearing Lithium Disilicate Glasses for Dental Application. *International Journal of Applied Glass Science.* 2013;4:9-19.
69. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J.* 2014;33(5):705-10.
70. Rinke S, Pfitzenreuter T, Leha A, Roediger M, Ziebolz D. Clinical evaluation of chairside-fabricated partial crowns composed of zirconia-reinforced lithium silicate ceramics: 3-year results of a prospective practice-based study. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(2):226-35.
71. Lubauer J, Belli R, Peterlik H, Hürle K, Lohbauer U. Grasping the Lithium hype: Insights into modern dental Lithium Silicate glass-ceramics. *Dent Mater.* 2022;38(2):318-32.
72. Hassan A, Hamdi K, Ali AI, Al-Zordk W, Mahmoud SH. Clinical performance comparison between lithium disilicate and hybrid resin nano-ceramic CAD/CAM onlay restorations: a two-year randomized clinical split-mouth study. *Odontology.* 2024;112(2):601-15.
73. Arkoy S, Ulusoy M. Effect of Different Surface Treatments on Repair Bond Strength of CAD/CAM Resin-Matrix Ceramics. *Materials.* 2022;15(18):6314.
74. Tribst JPM, Dal Piva AMO, Werner A, Anami LC, Bottino MA, Kleverlaan CJ. Durability of staining and glazing on a hybrid ceramic after the three-body wear. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;109:103856.
75. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2002;23(8):1819-29.
76. Fasbinder DJ, Neiva GF, Heys D, Heys R. Clinical evaluation of chairside computer assisted design/computer assisted machining nano-ceramic restorations: five-year status. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(2):193-203.
77. Turunç-Oğuzman R, Şişmanoğlu S. Influence of surface treatments and adhesive protocols on repair bond strength of glass-matrix and resin-matrix CAD/CAM ceramics. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(8):1322-31.
78. Stawarczyk B, Frevert K, Ender A, Roos M, Sener B, Wimmer T. Comparison of four monolithic zirconia materials with conventional ones: contrast ratio, grain size, four-point flexural strength and two-body wear. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* 2016;59:128-38.
79. Sevmez H, Bankoğlu Güngör M, Yılmaz H. Resin matrix ceramics. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.* 2019;25(3):351-9.

80. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2015;55:1-11.
81. Lawson NC, Burgess JO. Gloss and Stain Resistance of Ceramic-Polymer CAD/CAM Restorative Blocks. *J Esthet Restor Dent.* 2016;28 Suppl 1:S40-5.
82. Mainjot A. Recent advances in composite CAD/CAM blocks. *Int J Esthet Dent.* 2016;11(2):275-80.
83. Benalcázar-Jalkh EB, Bergamo ETP, Campos TMB, Coelho PG, Sailer I, Yamaguchi S, et al. A Narrative Review on Polycrystalline Ceramics for Dental Applications and Proposed Update of a Classification System. *Materials.* 2023;16(24):7541.
84. Fathy SM, Al-Zordk W, M EG, M VS. Flexural strength and translucency characterization of aesthetic monolithic zirconia and relevance to clinical indications: A systematic review. *Dent Mater.* 2021;37(4):711-30.
85. Bajraktarova-Valjakova E, Korunoska-Stevkovska V, Kapusevska B, Gigovski N, Bajraktarova-Misevska C, Grozdanov A. Contemporary Dental Ceramic Materials, A Review: Chemical Composition, Physical and Mechanical Properties, Indications for Use. *Open Access Maced J Med Sci.* 2018;6(9):1742-55.
86. Çelik M, Bural C, Bayrakdar G. Diş hekimliğinde zirkonya uygulamaları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2015;8(Suppl 8):106-16.
87. Turp V, Gültekin P. Zirkonyanın Yapısı. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences.* 2017;3:77.
88. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* 1999;20(1):1-25.
89. Polat NT. Diş hekimliğinde monolitik (tam anatomik= tam kontürlü) zirkonya uygulamaları. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics.* 2016;2(2):41-6.
90. Güth JF, Stawarczyk B, Edelhoff D, Liebermann A. Zirconia and its novel compositions: What do clinicians need to know? *Quintessence Int.* 2019;50(7):512-20.
91. Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res.* 2018;97(2):140-7.
92. Spies BC, Zhang F, Wesemann C, Li M, Rosentritt M. Reliability and aging behavior of three different zirconia grades used for monolithic four-unit fixed dental prostheses. *Dent Mater.* 2020;36(11):e329-e39.
93. Jerman E, Lümekemann N, Eichberger M, Zoller C, Nothelfer S, Kienle A, et al. Evaluation of translucency, Marten's hardness, biaxial flexural strength and fracture toughness of 3Y-TZP, 4Y-TZP and 5Y-TZP materials. *Dent Mater.* 2021;37(2):212-22.
94. Alfrisany NM, De Souza GM. Surface and bulk properties of zirconia as a function of composition and aging. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;126:104994.
95. Kolakarnprasert N, Kaizer MR, Kim DK, Zhang Y. New multi-layered zirconias: Composition, microstructure and translucency. *Dent Mater.* 2019;35(5):797-806.

Bölüm 7

DİŞ HEKİMLİĞİNDE NON-TERMAL PLAZMA

Emine MUSTAFAOĞLU¹

GİRİŞ

Diş hekimliği alanlarında, diş sağlığı problemlerini çözmek için çok çeşitli tedavi yöntemleri uygulanmaktadır. Geleneksel tedavilerdeki sorunlarını gidermek için etkili ve yenilikçi tedavi arayışı, araştırma ve geliştirmeyi yönlendirmeye devam etmektedir.

Plazmayı geleneksel tıbbi cihazlardan ayıran şey, atmosferik basınçta çalışabilmesi ve terapötik müdahaleler için farklı basınç seviyelerine ihtiyaç duyulmamasıdır.

Bu özelliği sayesinde tıp ve diş hekimliğinde çeşitli uygulama alanları için iyi bir potansiyel taşıyan çeşitli aktif maddelerin üretilmesi sağlanmıştır.

Biyomedikal sektöründe reaktif oksijen türleri, etkili antimikrobiyal özellikler göstermiş ve özellikle sterilizasyon ve dezenfeksiyon için kullanım alanı oluşturmuştur. Enfeksiyonlarla etkili bir şekilde mücadele etme ve hastaları korumada umut verici sonuçlar vermiştir (1, 2). Plazmanın ürettiği UV fotonları, mikroorganizmaların DNA'sını hedef alarak inaktivasyonlarına yol açabilir ve hijyenik bir ortam sağlayabilir (3).

Plazma, yüklü parçacıklar üretir ve iyonlaştırıcı radyasyon tedavilerinde kullanılır. Yüklü parçacıklar kanser hücrelerinde DNA hasarı oluşturabilir ve hücre ölümlerine yol açabilir (4).

Plazma, tıp alanında sterilizasyon uygulamasında, kanser tedavisinde ve yara iyileşmesinde kullanılabilmektedir. (5).

Diş hekimliğinde NTP, özellikle diş implantı sterilizasyonuna, diş beyazlatmaya ve çeşitli ağız hastalıklarının tedavisine katkıda bulunmuştur (6)

Bir plazma kaynağının belirli bir tıbbi uygulama için uygun olması için, belirli güvenlik standartlarına uyması gerekir. Canlı hücrelerde hasar oluşturmamak

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dişhekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, dt.e.mustafaoglu@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0003-3751-5393

NTP ayrıca geleneksel restoratif yöntemleri geliştirebilir ve diş-restoratif materyal arasındaki adezyonu optimize edebilir (73).

NTP'nin tüm özellikleri ve etkileri göz önüne alındığında, bu yenilikçi tekniğin uygulanması çürük hastalıklarının tedavisinde alternatif olabilir ve daha konservatif tedaviler geliştirilebilir.

AĞIZ ONKOLOJİSİNDE NTP UYGULAMASI

NTP nin etkisi kanser hücrelere karşı seçiciliği, hücre ölümünü tetikleme kapasitesi, bağışıklık yanıtı ve hastalığın moleküler mekanizmalarını etkileyebilen kontrollü RONS boşalmasına dayanmaktadır (74,75).

Klinik araştırmalar, NTP 'nin lezyonlarda mikrobiyal yükü ve ağrıyı azaltabileceğini, ayrıca baş ve boyun kanseri hastalarında kısmi remisyonu azaltabileceğini göstermiştir (76,77).

SONUÇLAR

Soğuk atmosfer basınçlı plazma diş hekimliğinin çeşitli alanlarında antimikrobiyal ve anti-inflamatuar etkilere sahiptir. Ayrıca, NTP 'nin ağız kanserini kontrol etmede kullanılması potansiyeli gösterilmektedir. Ancak, klinik protokolleri standartlaştırmak için ek in vivo çalışmalar hâlâ gereklidir. Teknolojinin ilerlemesi ile bu sorun da kısa sürede ortadan kalkacaktır. Plazma gelecek vaad eden etkiler oluşturma kapasitesine sahiptir.

KAYNAKÇA

1. Hoffmann C, Berganza C, Zhang J. Cold Atmospheric plasma: methods of production and application in dentistry and oncology. *Medical Gas Research*. 2013;3(1):21. doi:10.1186/2045-9912-3-21.
2. Borges AC, Kostov KG, Pessoa RS, de Abreu GMA, Lima Gd MG, Figueira LW, et al. Applications of cold atmospheric pressure plasma in dentistry. *Applied Sciences*. 2021;11:1975. doi:10.3390/app11051975.
3. Braný D, Dvorská D, Halašová E, Škovierová H. Cold atmospheric plasma: a powerful tool for modern medicine. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(8):2932. doi:10.3390/ijms21082932
4. Dayun JH, Sherman J, Keidar M. Cold atmospheric plasma, a novel promising anti-cancer treatment modality. *Oncotarget*. 2017;8(9):15977–15995. doi:10.18632/oncotarget.13304.
5. Chen Z, Chen G, Obenchain R, Zhang R, Bai F, Fang T, et al. Cold atmospheric plasma delivery for biomedical applications. *Materials Today*. 2022;54:153–188. doi:10.1016/j.mat-tod.2022.03.001.
6. Milhan NVM, Chiappim W, Sampaio AdG, Vegian MRdC, Pessoa RS, Koga-Ito CY. Applications of plasma-activated water in dentistry: a review. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23:4131. doi:10.3390/ijms23084131.

7. Mann MS, Tiede T, Gavenis K, Daeschlein G, Bussiahn R, Weltmann K-D, et al. Introduction to DIN-specification 91315 based on the characterization of the plasma jet kINPen® MED. *Clinical Plasma Medicine*. 2016;4:35–45.
8. Gerling T, Helmke A, Weltmann K-D. In: Metelmann H-R, et al., editors. *Comprehensive Clinical Plasma Medicine: Cold Physical Plasma for Medical Application*. 1st ed. Springer International Publishing; 2018.
9. A A, Lehmann F, Pietag T, Arnold R. Human health risk evaluation of a microwave-driven atmospheric plasma jet as medical device. *Clinical Plasma Medicine*. 2017;7–8:1–6. doi:10.1016/j.cpm.2017.06.001.
10. Laney WR. The emphasis on esthetics. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2001;16:625.
11. Anselme K, Bigerelle M. Statistical demonstration of the relative effect of surface chemistry and roughness on human osteoblast short-term adhesion. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2006;17:471–479.
12. Placko HE, Mishra S, Weimer JJ, Lucas LC. Surface characterization of titanium-based implant materials. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2000;15:355–363.
13. Coelho PG, Lemons JE. Physico/chemical characterization and in vivo evaluation of nanothickness bioceramic depositions on alumina-blasted/acid etched Ti-6Al-4V implant surfaces. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. 2009;90:351–361.
14. Kawai H, Shibata Y, Miyazaki T. Glow discharge plasma pretreatment enhances osteoclast differentiation and survival on titanium plates. *Biomaterials*. 2004;25:1805–1811.
15. Shibata Y, Hosaka M, Kawai H, Miyazaki T. Glow discharge plasma treatment of titanium plates enhances adhesion of osteoblast-like cells to the plates through the integrin-mediated mechanism. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 2002;17:771–777.
16. Giro G, Tovar N, Witek L, Marin C, Silva NR, Bonfante EA, et al. Osseointegration assessment of chairside argon-based nonthermal plasma-treated CaP coated dental implants. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. 2013;101:98–103.
17. Noro A, Kaneko M, Murata I, Yoshinari M. Influence of surface topography and surface physicochemistry on wettability of zirconia (tetragonal zirconia polycrystal). *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2013;101:355–363.
18. Kanca 3rd J. Improving bond strength through acid etching of dentin and bonding to wet dentin surfaces. *Journal of the American Dental Association*. 1992;123:35–43.
19. Rosales JI, Marshall GW, Marshall SJ, Watanabe LG, Toledano M, Cabrerizo MA, et al. Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. *Journal of Dental Research*. 1999;78:1554–1559.
20. Hitmi L, Bouter D, Degrange M. Influence of drying and HEMA treatment on dentin wettability. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*. 2002;18:503–511.
21. Brentel AS, Ozcan M, Valandro LF, Alarca LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*. 2007;23:1323–1331.
22. Stangel I, Nathanson D, Hsu CS. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *Journal of Dental Research*. 1987;66:1460–1465.
23. Ruttermann S, Fries L, Raab WH, Janda R. The effect of different bonding techniques on ceramic/resin shear bond strength. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2008;10:197–203.
24. Valandro LF, Ozcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2006;8:175–81.
25. Cho BH, Han GJ, Oh KH, Chung SN, Chun BH. The effect of plasma polymer coating using atmospheric-pressure glow discharge on the shear bond strength of composite resin to ceramic. *Journal of Materials Science*. 2011;46:2755–2763.

26. Han GJ, Chung SN, Chun BH, Kim CK, Oh KH, Cho BH. Effect of the applied power of atmospheric pressure plasma on the adhesion of composite resin to dental ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2012;14:461–469.
27. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Enhanced bonding between YSZ surfaces using a gas-phase fluorination pretreatment. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2011;98:114–119.
28. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Development of a novel surface modification for improved bonding to zirconia. *Dental Materials*. 2011;27:e99–105.
29. Lohbauer U, Zipperle M, Rischka K, Petschelt A, Muller FA. Hydroxylation of dental zirconia surfaces: characterization and bonding potential. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2008;87:461–467.
30. Akgungor G, Sen D, Aydin M. Influence of different surface treatments on the short-term bond strength and durability between a zirconia post and a composite resin core material. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008;99:388–399.
31. Tanaka R, Fujishima A, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T. Cooperation of phosphate monomer and silica modification on zirconia. *Journal of Dental Research*. 2008;87:666–670.
32. Valverde GB, Coelho PG, Janal MN, Lorenzoni FC, Carvalho RM, Thompson VP, et al. Surface characterisation and bonding of Y-TZP following non-thermal plasma treatment. *Journal of Dentistry*. 2013;41:51–9.
33. Silva NRFA, Coelho PG, Valverde GB, Becker K, Ihrke R, Quade A, et al. Surface characterization of Ti and Y-TZP following non-thermal plasma exposure. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2011;99B:199–206.
34. Ritts AC, Li H, Yu Q, Xu C, Yao X, Hong L, et al. Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. *European Journal of Oral Sciences*. 2010;118:510–516.
35. Costa Dantas MC, do Prado M, Costa VS, Gaiotte MG, Simao RA, Bastian FL. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. *Journal of Endodontics*. 2012;38:215–218.
36. Southwood LL, Baxter GM. Instrument sterilization, skin preparation, and wound management. *The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 1996;12:173–194.
37. Ayliffe GA. Decontamination of minimally invasive surgical endoscopes and accessories. *Journal of Hospital Infection*. 2000;45:263–277.
38. Hutchings ML, Vandewalle KS, Schwartz RS, Charlton DG. Immersion disinfection of irreversible hydrocolloid impressions in pH-adjusted sodium hypochlorite. Part 2: effect on gypsum casts. *International Journal of Prosthodontics*. 1996;9:223–229.
39. Leung RL, Schonfeld SE. Gypsum casts as a potential source of microbial cross-contamination. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983;49:210–211.
40. Sung SJ, Huh JB, Yun MJ, Chang BM, Jeong CM, Jeon YC. Sterilization effect of atmospheric pressure non-thermal air plasma on dental instruments. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2013;5:2–8.
41. Moisan M, Barbeau J, Moreau S, Pelletier J, Tabrizian M, Yahia LH. Low-temperature sterilization using gas plasmas: a review of the experiments and an analysis of the inactivation mechanisms. *International Journal of Pharmaceutics*. 2001;226:1–221.
42. Laroussi M. Non-thermal decontamination of biological media by atmospheric-pressure plasmas: review, analysis, and prospects. *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2002;30:1409–1415.
43. Rupf S, Lehmann A, Hannig M, Schafer B, Schubert A, Feldmann U, et al. Killing of adherent oral microbes by a non-thermal atmospheric plasma jet. *Journal of Medical Microbiology*. 2010;59:206–212.
44. Stoffels E, Flikweert AJ, Stoffels WW, Kroesen GMW. Plasmaneedle: a non-destructive atmospheric plasma source for fine surface treatment of (bio)materials. *Plasma Sources Science and Technology*. 2002;11:383–388.

45. Sladek REJ, Stoffels E, Walraven R, Tielbeek PJA, Koolhoven RA. Plasma treatment of dental cavities: a feasibility study. *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2004;32:1540–1543.
46. Zitzmann NU, Berglundh T. Definition and prevalence of peri-implant diseases. *Journal of Clinical Periodontology*. 2008;35:286–291.
47. Sahm N, Becker J, Santel T, Schwarz F. Non-surgical treatment of peri-implantitis using an air-abrasive device or mechanical debridement and local application of chlorhexidine: a prospective, randomized, controlled clinical study. *Journal of Clinical Periodontology*. 2011;38:872–878.
48. Mellado-Valero A, Buitrago-Vera P, Sola-Ruiz MF, Ferrer-Garcia JC. Decontamination of dental implant surface in peri-implantitis treatment: a literature review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2013;18:e869–876.
49. Fricke K, Koban I, Tresp H, Jablonowski L, Schroder K, Kramer A, et al. Atmospheric pressure plasma: a high-performance tool for the efficient removal of biofilms. *PLoS ONE*. 2012;7:e42539.
50. Koban I, Holtfreter B, Hubner NO, Matthes R, Sietmann R, Kindel E, et al. Antimicrobial efficacy of non-thermal plasma in comparison to chlorhexidine against dental biofilms on titanium discs in vitro – proof of principle experiment. *Journal of Clinical Periodontology*. 2011;38:956–965.
51. Kieft IE, Broers JL, Caubet-Hilloutou V, Slaaf DW, Ramaekers FC, Stoffels E. Electric discharge plasmas influence attachment of cultured CHOK1 cells. *Bioelectromagnetics*. 2004;25:362–368.
52. Colak M, Evcil S, Bayindir Y, Yigit Y. The effectiveness of three instrumentation techniques on the elimination of *Enterococcus faecalis* from a root canal: an in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2005;6:94–106.
53. Menezes M, Valera M, Jorge A, Koga-Ito C, Camargo C, Mancini C. In vitro evaluation of the effectiveness of irrigants and intracanal medicaments on microorganisms within root canals. *International Endodontic Journal*. 2004;37:311–319.
54. Pan J, Sun K, Liang Y, Sun P, Yang X, Wang J, et al. Cold plasma therapy of a tooth root canal infected with *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*. 2013;39:105–110.
55. Liu DX, Iza F, Wang XH, Kong MG, Rong MZ. He+O₂+H₂O plasmas as a source of reactive oxygen species. *Applied Physics Letters*. 2011;98:221501.
56. Coutinho DS, Silveira L Jr, Nicolau RA, Zanin F, Brugnera A Jr. Comparison of temperature increase in in vitro human tooth pulp by different light sources in the dental whitening process. *Lasers in Medical Science*. 2009;24:179–185.
57. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *Journal of the American Dental Association*. 2004;135:194–201; quiz 28–29.
58. Park JK, Nam SH, Kwon HC, Mohamed AA, Lee JK, Kim GC. Feasibility of nonthermal atmospheric pressure plasma for intracoronary bleaching. *International Endodontic Journal*. 2011;44:170–175.
59. Borzini L, Condò R, De Dominicis P, Casaglia A, Cerroni L. Root canal irrigation: chemical agents and plant extracts against microorganisms. *Open Dentistry Journal*. 2016;10:692–703.
60. Chang YT, Chen G. Oral bacterial inactivation using a novel low-temperature atmospheric-pressure plasma device. *Journal of Dental Sciences*. 2016;11:65–71.
61. Yamamoto K, Ohshima T, Kitano K, Ikawa S, Yamazaki H, Maeda N, Hosoya N. The efficacy of plasma-treated water as a root canal irrigant. *Asian Pacific Journal of Dentistry*. 2017;17:8.
62. Ali A, Kim YH, Lee JY, Lee S, Uhm HS, Cho G, Park BJ, Choi EH. Inactivation of *Propionibacterium acnes* and its biofilm by non-thermal plasma. *Current Applied Physics*. 2014;14:S142–S148.
63. Mahasneh A, Darby M, Tolle SL, Hynes W, Laroussi M, Karakas E. Inactivation of *Porphyromonas gingivalis* by low-temperature atmospheric pressure plasma. *Plasma Medicine*. 2011;1:191–204.
64. Bostanci N, Bao K, Wahlander A, Grossmann J, Thurnheer T, Belibasakis GN. Secretome of gingival epithelium in response to subgingival biofilms. *Molecular Oral Microbiology*. 2015;30:323–335.

65. Küçük D, Savran L, Ercan UK, Yarali ZB, Karaman O, Kantarci A, Sağlam M, Köseoğlu S. Evaluation of efficacy of non-thermal atmospheric pressure plasma in treatment of periodontitis: a randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Investigations*. 2020;24:3133–3145.
66. Kwon JS, Kim YH, Choi EH, Kim CK, Kim KN, Kim KM. Non-thermal atmospheric pressure plasma increased mRNA expression of growth factors in human gingival fibroblasts. *Clinical Oral Investigations*. 2016;20:1801–1808.
67. Carreiro AFP, Delben JA, Guedes S, Silveira EJD, Janal MN, Vergani CE, Pushalkar S, Duarte S. Low-temperature plasma on peri-implant-related biofilm and gingival tissue. *Journal of Periodontology*. 2019;90:507–515.
68. Ranjan R, Krishnamraju PV, Shankar T, Gowd S. Nonthermal plasma in dentistry: an update. *Journal of the International Society of Preventive & Community Dentistry*. 2017;7:71–75.
69. Sladek REJ, Stoffels E, Walraven R, Tielbeek PJA, Koolhoven RA. Plasma treatment of dental cavities: a feasibility study. *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2004;32:1540–1543.
70. Hirano Y, Hayashi M, Tamura M, Yoshino F, Yoshida A, Masubuchi M, Imai K, Ogiso B. Singlet oxygen generated by a new nonthermal atmospheric pressure air plasma device exerts a bactericidal effect on oral pathogens. *Journal of Oral Science*. 2019;61:521–525.
71. Blumhagen A, Singh P, Mustapha A, Chen M, Wang Y, Yu Q. Plasma deactivation of oral bacteria seeded on hydroxyapatite disks as tooth enamel analogue. *American Journal of Dentistry*. 2014;27:84–90.
72. Figueira LWD, Panariello BHD, Koga-Ito CY, Duarte S. Low-temperature plasma as an approach for inhibiting a multi-species cariogenic biofilm. *Applied Sciences*. 2021;11:570.
73. Zhang Y, Yu Q, Wang Y. Non-thermal atmospheric plasmas in dental restoration: improved resin adhesive penetration. *Journal of Dentistry*. 2014;42:1033–1042.
74. Bauer G, Sersenová D, Graves DB, Machala Z. Cold atmospheric plasma and plasma-activated medium trigger RONS-based tumor cell apoptosis. *Scientific Reports*. 2019;9:14210.
75. Semmler ML, Bekeschus S, Schäfer M, Bernhardt T, Fischer T, Witzke K, Seebauer C, Rebl H, Grambow E, Vollmar B, et al. Molecular mechanisms of the efficacy of cold atmospheric pressure plasma (CAP) in cancer treatment. *Cancers*. 2020;12:269.
76. Metelmann HR, Nedrelov DS, Seebauer C, Schuster M, von Woedtke T, Weltmann KD, Kindler S, Metelmann PH, Finkelstein SE, Von Hoff DD, et al. Head and neck cancer treatment and physical plasma. *Clinical Plasma Medicine*. 2015;3:17–23.
77. Metelmann HR, Seebauer C, Miller V, Fridman A, Bauer G, Graves DB, Pouvesle JM, Rutkowski R, Schuster M, Bekeschus S, et al. Clinical experience with cold plasma in the treatment of locally advanced head and neck cancer. *Clinical Plasma Medicine*. 2018;9:6–13