

DİJİTAL TEKNOLOJİLERDEN İMLANT DESTEKLİ PROTEZLERE UZANAN MODERN PROTETİK YAKLAŞIMLAR



Editör: EMİNE GÖNCÜ BAŞARAN



BİDGE Yayınları

**Dijital Teknolojilerden İmplant Destekli Protezlere Uzanan
Modern Protetik Yaklaşımlar**

Editör: EMİNE GÖNCÜ BAŞARAN

ISBN: 978-625-8995-60-2

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2026-03-25

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



Bu kitap, diş hekimliğinde 3D üretim ve dijital teknolojiler ile İmplant üstü protezlerde bağlantı seçimi gibi güncel konulara dikkat çekerek, bu alandaki bilimsel ve klinik gelişmelere kısa bir bakış sunmaktır.

İÇİNDEKİLER

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE 3D YAZICILAR	1
<i>MAHMUT SERTAÇ ÖZDOĞAN</i>	
DİJİTAL PROTETİK DİŞ HEKİMLİĞİNDE SUBTRAKTİF VE ADDİTİF ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE KULLANILAN GÜNCEL MATERYALLER	14
<i>İBRAHİM TAŞ</i>	
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA ADDİTİF ÜRETİM (3B BASKI)	38
<i>SELİM ATLI</i>	
DİJİTAL OLARAK ÜRETİLEN PROTEZ KAİDE REZİNLERİNDE YÜZEY TOPOGRAFYASI VE CANDIDA ALBICANS TUTUNMASI: CAD/CAM VE 3B BASKI PERSPEKTİFİ	62
<i>ALİ MERT AKSOY, ÖZGE KIRARSLAN KARAGÖZ, MEHMET ALİ GÜNGÖR</i>	
HAPTİK TABANLI DİJİTAL EĞİTİMİN PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE KULLANIMI	90
<i>MAHMUT SERTAÇ ÖZDOĞAN</i>	
İMLANT DESTEKLİ PROTETİK RESTORASYONLARDA VİDALI VE SİMANTE TUTUCULUK SİSTEMLERİ	101
<i>AYŞEGÜL HAZİR</i>	
SİMANTE VE VİDALI İMLANT ÜSTÜ RESTORASYONLARDA KOMPLİKASYONLAR VE KLİNİK KARAR SÜRECİ	135
<i>ECE ÇİÇEK, ÖZGE KIRARSLAN KARAGÖZ, MEHMET ALİ GÜNGÖR</i>	

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE 3D YAZICILAR

BÖLÜM 1

MAHMUT SERTAÇ ÖZDOĞAN¹

Giriş

Protetik diş tedavisinde dijital dönüşüm, CAD/CAM ile başlamış, ardından additif üretim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla yeni bir aşamaya ulaşmıştır. Eksiltmeli üretime göre additif üretim, nesnenin katman katman oluşturulmasına dayanır; bu yaklaşım, materyal israfını azaltabilir ve karmaşık geometrilerin üretimini kolaylaştırabilir. Prostodontide 3D baskı; kron ve köprüler, tam protezler, hareketli bölümlü protez iskeletleri, implant rehberleri, geçici restorasyonlar ve dental modeller gibi çok sayıda uygulama alanına sahiptir (Alyami et al., 2024). Son dönem klinik ve anlatsal derlemeler, tam protezlerde 3D baskının hasta konforu, retansiyon ve üretim standardizasyonu açısından umut verici olduğunu bildirmektedir (Abdelnabi et al., 2024; Alotaibi et al., 2025).

Tam protezler açısından mevcut kanıtlar, 3D baskılı protezlerin birçok olguda konvansiyonel protezlerle benzer ya da bazı ölçütlerde daha iyi sonuçlar verebildiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte klinik sonuçlar, kullanılan ölçü yaklaşımı, yazıcı tipi, reçine markası,

¹ Doçent Doktor, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0003-1312-8794

baskı parametreleri ve baskı sonrası işlemler nedeniyle çalışmadan çalışmaya değişebilmektedir (Abdelnabi et al., 2024; Sivaswamy et al., 2026).

Tablo 1. Protetik diş tedavisinde kullanılan başlıca 3D baskı teknolojileri

Teknoloji	Temel prensip	Prostodon tide tipik kullanım	Başlıca avantaj	Başlıca sınırlılık
SLA	Lazer ile reçine polimerizasyonu	Tam protez kaidesi, model, geçici restorasyon	Yüksek çözünürlük, iyi yüzey detayı	Post-cure zorunluluğu, reçineye bağımlılık
DLP/LCD	Işık projeksiyonu ile katman bazlı polimerizasyon	Denture base, geçici kron, rehber	Görece hızlı üretim, yaygın erişim	Katman izi, yönelim etkisi
Material jetting	Damla bazlı reçine birikimi	Yüksek hassasiyetli prototip	Çok iyi doğruluk	Yüksek maliyet
FDM	Erimiş filament birikimi	Eğitim modelleri, düşük maliyetli örnekler	Ekonomik, erişilebilir	Düşük doğruluk, sınırlı klinik kullanım
SLM/SLS	Metal tozunun lazerle	RPD metal iskeletleri	Karmaşık metal	Cihaz ve işlem

	ergitilmesi/sint erlenmesi		geometri üretimi	maliyeti yüksek
--	-------------------------------	--	---------------------	--------------------

Bu teknoloji ayrımı ve klinik dağılım, protodontide 3D baskı üzerine yayımlanan güncel derlemelerle uyumludur (Alyami et al., 2024; Chen et al., 2025; Chander & Gopal, 2024).

3D baskı teknolojileri ve çalışma prensipleri

Protetik diş tedavisinde en sık kullanılan 3D baskı teknolojileri stereolithography, digital light processing, LCD tabanlı fotopolimerizasyon, material jetting, fused deposition modeling ve metal yapılar için selective laser melting ya da selective laser sintering yaklaşımlarıdır (Alyami et al., 2024; Chen et al., 2025). Rezin esaslı protetik uygulamalarda SLA ve DLP tabanlı sistemler yaygınken, metal hareketli bölümlü protez iskeletlerinde lazer tabanlı metal üretim yöntemleri ön plandadır (Alyami et al., 2024; Chander & Gopal, 2024). FDM sistemleri daha ekonomik olmakla birlikte, kesin protetik uygulamalar için gereken doğruluk ve yüzey kalitesinde çoğu zaman daha sınırlı kalmaktadır (Alyami et al., 2024).

Bu teknolojiler arasında seçim yapılırken doğruluk, yüzey kalitesi, mekanik performans, biyouyumluluk, cihaz maliyeti ve post-processing gereklilikleri dikkate alınmalıdır. Özellikle fotopolimer reçinelerde yıkama ve post-cure süreçleri, nihai ürünün biyouyumluluğu, dayanımı ve boyutsal kararlılığı üzerinde kritik etkiye sahiptir (Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024).

Protetik diş tedavisinde kullanım alanları

Tam protezler

3D baskının protetik diş tedavisinde en hızlı geliştiği alanlardan biri tam protezlerdir. Dijital tam protez iş akışları, klinik randevu sayısını azaltma potansiyeli, veri saklama kolaylığı ve protezin kaybı durumunda yeniden üretim olanağı nedeniyle dikkat çekmektedir (Abdelnabi et al., 2024; Sivaswamy et al., 2026). Klinik sonuçlara odaklanan derlemeler, 3D baskılı tam protezlerde retansiyon ve hasta konforunun genellikle kabul edilebilir düzeyde olduğunu, bazı çalışmalarda konvansiyonel protezlere göre üstün sonuçların da bildirildiğini göstermektedir (Abdelnabi et al., 2024; Sivaswamy et al., 2026).

Hareketli bölümlü protezler

Metal hareketli bölümlü protez iskeletlerinde 3D baskı, özellikle seçici lazer ergitme temelli üretimle önem kazanmıştır. Güncel incelemeler, 3D baskılı RPD metal iskeletlerinin klinik doğruluk ve mekanik performans açısından konvansiyonel ya da hibrit dijital yaklaşımlarla karşılaştırılabilir, hatta bazı ölçütlerde daha iyi olabildiğini bildirmektedir (Alqutaibi et al., 2025; Oh et al., 2022). Bununla birlikte doğruluk; destek yapısı, katman kalınlığı, baskı parametreleri ve baskı sonrası stabilizasyon süreçlerinden etkilenmektedir (Alqutaibi et al., 2025; Ferreira et al., 2026; Curinga et al., 2025).

Sabit protetik restorasyonlar

3D baskı, geçici kron ve köprüler gibi rezin esaslı sabit restorasyonlarda yaygınlaşmıştır. Seramik ve özellikle zirkonya baskısı ise hâlâ gelişmekte olan bir alandır. Son dönem yayınlar, 3D baskılı zirkonya kronların marjinal ve internal uyum açısından klinik olarak umut verici olduğunu, ancak frezelenmiş restorasyonların hâlâ daha uygun bir teknoloji tabanına sahip olduğunu göstermektedir (Pinelli et al., 2025; Hassan et al., 2025). Yakın tarihli bir randomize klinik çalışma da 12 aylık takipte yeni nesil 3D baskılı zirkonya tek kronların CAD/CAM frezelenmiş kronlarla

klirik olarak karşılaştırılabilir olabildiğini bildirmiştir (Cai et al., 2024).

İmplant destekli protezler

3D baskı, cerrahi rehberler ve geçici restorasyonların yanı sıra implant overdenture yapımında da kullanılmaktadır. Randomize klinik çalışma ve klinik değerlendirme verileri, 3D baskılı implant overdenture'ların çiğneme etkinliği ve hasta memnuniyeti açısından umut verici sonuçlar verdiğini göstermiştir (Elawady et al., 2021; Nabil et al., 2024).

Tablo 2. Protetik uygulamalarda 3D baskının başlıca kullanım alanları, avantajları ve sınırlılıkları

Uygulama alanı	Klinik yarar	Başlıca sınırlılık
Tam protez	Dijital arşiv, hızlı yeniden üretim, kabul edilebilir retansiyon	Farklı iş akışlarında değişken sonuçlar
RPD iskeleti	Karmaşık metal geometri, iyi doğruluk potansiyeli	Parametrelere duyarlı üretim
Geçici kron-köprü	Hızlı üretim, kişiselleştirme	Uzun dönem kalıcı kullanım için sınırlı veri
Zirkonya kron	Gelişen teknoloji, umut verici uyum	Hâlâ erken gelişim aşaması
İmplant overdenture	Kişiselleştirme, hasta memnuniyeti potansiyeli	Daha fazla uzun dönem klinik veri gerekli

Bu özet, tam protez, RPD, zirkonya ve implant overdenture alanındaki güncel yayınlarla desteklenmektedir (Abdelnabi et al.,

2024; Sivaswamy et al., 2026; Alqutaibi et al., 2025; Pinelli et al., 2025; Elawady et al., 2021).

Avantajlar

3D yazıcıların protetik diş tedavisindeki başlıca avantajları; dijital verinin saklanabilmesi, gerektiğinde aynı tasarımın yeniden üretilebilmesi, karmaşık geometrilerin üretilebilmesi, materyal israfının azaltılması ve hasta özelinde kişiselleştirmenin kolaylaşmasıdır (Alyami et al., 2024; Chen et al., 2025). Tam protezlerde daha az klinik randevu ihtimali, hızlı prototipleme ve dijital laboratuvar standardizasyonu da pratik avantajlar arasında sayılmaktadır (Abdelnabi et al., 2024; Sivaswamy et al., 2026). Ancak bu avantajlar her klinik senaryoda otomatik olarak gerçekleşmez; yazıcı türü, reçine sistemi, yazılım altyapısı ve post-processing süreçleri toplam süre ve maliyeti belirgin biçimde etkiler (Chen et al., 2025; Cabrol et al., 2024).

Sınırlılıklar ve sorun alanları

3D baskının temel sınırlılıkları arasında baskı yönüne bağlı mekanik anisotropi, katman çizgilerine bağlı yüzey pürüzlülüğü, post-curing bağımlılığı, reçinelerin yaşlanma davranışı, biyouyumluluk sorunları ve uzun dönem klinik kanıt eksikliği yer almaktadır (Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024; Azab et al., 2025). Özellikle denture base reçineleri üzerine yapılan sistematik derleme ve meta-analiz, 3D baskılı materyallerin fleksural dayanım açısından frezelenmiş materyallerden daha düşük ya da benzer, ancak çoğu zaman klinik kabul sınırlarında olduğunu; termal döngünün bu özellikleri olumsuz etkileyebildiğini göstermiştir (Azab et al., 2025). Baskı açısı, katman kalınlığı ve depolama koşullarının doğruluk ve mekanik performans üzerinde anlamlı etkileri olduğu da bildirilmiştir (Ferreira et al., 2026; Curinga et al., 2025; Morali et al., 2025).

Biyouyumluluk açısından, ağız mukozasıyla temas eden baskılı reçinelerde artık monomer ve yetersiz temizleme önemli riskler oluşturabilir. Sistematik incelemeler, baskı sonrası yıkama ve post-cure protokolünün biyouyumluluk üzerinde belirleyici rol oynadığını vurgulamaktadır (Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024).

Tablo 3. 3D baskılı protetik ürünlerde mekanik, biyolojik ve üretim temelli başlıca sorunlar

Sorun	Olası neden	Klinik/Laboratuvar bulgusu	Yönetim
Düşük fleksural dayanım	Yanlış baskı açısı, termal yaşlandırma , reçine farkı	Çatlak, kırılma riski	Baskı yönünü ve reçineyi optimize etme
Yüzey pürüzlülüğü	Katman izi, yetersiz finisaj	Plak retansiyonu, estetik zayıflık	Polisaj ve uygun post-processing
Biyouyumluluk sorunu	Yetersiz yıkama, eksik post-cure	Doku irritasyonu	Üretici protokolüne bağlı post-processing
Uyum problemi	Tarama veya CAD hatası	Retansiyon kaybı, marjinal uyumsuzluk	Veri toplama ve sanal tasarım kontrolü

Bağ sorunu	Dijital kaide ve liner uyumsuzluğu	Astar ayrılması	Yüzey işlemleri ve materyal eşleşmesinin gözden geçirme
------------	------------------------------------	-----------------	---

Bu sorunlar denture base reçineleri, post-processing ve dijital kaide-liner bağ dayanımı çalışmalarında tekrar eden başlıklardır (Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024; Azab et al., 2025; Morali et al., 2025).

Materyaller ve üretim parametreleri

Protetik uygulamalarda en yaygın 3D baskı materyalleri ışıkla polimerize olan reçinelerdir. Bunlar arasında denture base reçineleri, geçici kron-köprü reçineleri, model reçineleri, splint ve cerrahi rehber reçineleri bulunur (Alyami et al., 2024; Chen et al., 2025). Metal uygulamalarda kobalt-krom alaşımlar öne çıkarken, zirkonya gibi seramiklerin 3D baskısı daha yeni ve teknik olarak daha karmaşık bir alan olarak gelişmektedir (Chander & Gopal, 2024; Pinelli et al., 2025).

Üretim parametreleri, nihai ürünün performansını doğrudan etkiler. Katman kalınlığı, destek tasarımı, baskı açısı, post-cure süresi ve depolama koşulları; doğruluk, yüzey kalitesi, fleksural dayanım ve biyouyumluluk üzerinde belirleyicidir (Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024; Ferreira et al., 2026; Curinga et al., 2025; Morali et al., 2025). Özellikle 25 µm katman kalınlığı ve uygun destek tasarımı ile bazı RPD framework çalışmalarında daha iyi doğruluk rapor edilmiştir (Ferreira et al., 2026).

Klinik iş akışı

3D baskılı protetik iş akışı genellikle veri toplama, CAD tasarım, baskı öncesi yerleşim ve destek planlaması, baskı, yıkama,

post-cure, desteklerin uzaklaştırılması, finisaj-polisaj ve teslim aşamalarını içerir (Alyami et al., 2024; Chen et al., 2025). Tam protezlerde veri toplama basamağı kritik önemdedir; bazı derlemeler, konvansiyonel ölçünün dijitalleştirilmesiyle elde edilen iş akışlarının tamamen dijital ölçüye göre daha iyi retansiyon sağlayabildiğini bildirmiştir (Abdelnabi et al., 2024). Bu durum, dijital zincirin ilk halkasının klinik sonucu güçlü biçimde etkilediğini göstermektedir.

Klinik sonuçlar ve hasta odaklı değerlendirme

3D baskılı protezlerin klinik değerlendirmesinde hasta memnuniyeti, retansiyon, mastikasyon, ısırma kuvveti, estetik algı ve yaşam kalitesi gibi çıktılar önem taşır. Son dönem sistematik incelemeler, 3D baskılı tam protezlerde genel hasta memnuniyetinin olumlu olduğunu, ancak çalışma tasarımlarının heterojenliği nedeniyle standart protokol önerilerinin henüz netleşmediğini göstermektedir (Abdelnabi et al., 2024; Sivaswamy et al., 2026). İmplant overdenture alanında da çiğneme etkinliği ve hasta memnuniyeti açısından olumlu sonuçlar bildirilmiştir (Elawady et al., 2021; Nabil et al., 2024).

Tablo 4. Protetik diş tedavisinde 3D baskı için klinik karar algoritması ve kontrol noktaları

Aşama	Temel soru	Kontrol noktası
Endikasyon	Tam protez mi, RPD mi, geçici restorasyon mu?	Uygulama alanına uygun teknoloji seçimi
Veri toplama	Ölçü dijital mi, konvansiyonel taranmış mı?	Klinik doku kaydı doğruluğu

Tasarım	CAD tasarım uygun mu?	Oklüzyon, sınırlar, destekler
Üretim	Hangi baskı yönü ve katman kalınlığı seçildi?	Mekanik ve doğruluk dengesi
Post-processing	Yıkama ve post-cure yeterli mi?	Biyouyumluluk ve nihai dayanım
Teslim	Retansiyon, uyum, konfor nasıl?	Erken kontrol ve ayarlama

Bu algoritma, özellikle tam protez ve baskı sonrası biyouyumluluk çalışmalarında vurgulanan klinik karar noktalarına dayanmaktadır (Abdelnabi et al., 2024; Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024).

Sonuç

3D yazıcılar, protetik diş tedavisinde yalnızca yeni bir üretim aracı değil, aynı zamanda klinik-laboratuvar ilişkisinin yeniden yapılandırıldığı kapsamlı bir dijital iş akışı yaklaşımıdır. Tam protezler, hareketli bölümlü protez iskeletleri, geçici restorasyonlar, implant rehberleri ve overdenture uygulamaları başlıca kullanım alanlarını oluşturur (Alyami et al., 2024; Abdelnabi et al., 2024; Alqutaibi et al., 2025; Elawady et al., 2021). Mevcut kanıtlar klinik uygulanabilirliğin giderek güçlendiğini, ancak materyal standardizasyonu, post-processing, biyouyumluluk ve uzun dönem performans konusunda daha fazla veriye ihtiyaç olduğunu göstermektedir (Chen et al., 2025; Cabrol et al., 2024; Hassanpour et al., 2024; Azab et al., 2025). Bu nedenle 3D baskı, protetik biyomekanik, materyal bilimi ve dijital tasarım bilgisiyle birlikte değerlendirilmesi gereken çok bileşenli bir üretim yaklaşımı olarak ele alınmalıdır.

Kaynakça

Abdelnabi, M. H., Swelem, A. A., El Bokle, D. N., Fayyad, D. M., & Sultan, O. S. (2024). 3D-printed complete dentures: A review of clinical and patient-based outcomes. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(10), 275.

Alotaibi, H. N., Alharthi, A. M., Almutairi, A., Alenezi, A., Al-Mohaya, A., & Alshaikh, A. (2025). Patient satisfaction with CAD/CAM 3D-printed complete dentures: A systematic review. *Journal of Personalized Medicine*, 15(2), 57.

Alqutaibi, A. Y., Alzahrani, M. A., Alghamdi, S. A., et al. (2025). Clinical performance, accuracy, and physical-mechanical properties of 3D-printed removable partial denture metal frameworks: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Alyami, M. H., Aljohani, H. A., Aljohani, S. M., Aloufi, M. A., Althaqafi, A. S., Alzahrani, A. H., ... Alharbi, A. A. (2024). The applications of 3D-printing technology in prosthodontics. *Cureus*, 16(9), e70076.

Azab, A., et al. (2025). Systematic review and meta-analysis of mechanical properties of 3D-printed denture base materials compared to milled and conventional materials. *Scientific Reports*, 15, 27584.

Cabrol, A., Goujat, A., Colon, P., & Grosogeat, B. (2024). Effectiveness of postprocessing on 3D printed resin biocompatibility for devices in contact with the oral mucosa: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication.

Cai, F., et al. (2024). Clinical efficacy of a novel 3D-printed zirconia single crown: A 12-month randomized controlled trial. *Journal of Dentistry*.

Chander, N. G., & Gopal, K. S. (2024). Trends and future perspectives of 3D printing in prosthodontics. *Journal of Prosthodontic Research*.

Chen, Y., Liu, Y., Wang, Z., & Xu, X. (2025). Application of 3D printing technology in dentistry: A review. *Advanced Powder Materials*, 4(2), 100214.

Curinga, M. R. S., et al. (2025). Mechanical properties and accuracy of removable partial denture frameworks manufactured with different digital methods: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Elawady, D. M., et al. (2021). Clinical evaluation of implant overdentures fabricated using 3D printing technology versus conventional fabrication techniques: A randomized clinical trial. *International Journal of Computerized Dentistry*, 24(4).

Ferreira, M. C. P. M., et al. (2026). Trueness of 3D printed removable partial denture frameworks. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication.

Hassan, R. M., et al. (2025). Analysis of the marginal gap and internal fit accuracy of 3D-printed zirconia crowns compared with milled crowns. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.

Hassanpour, M., Vanaei, S., Salehi, A., & Hamedani, S. (2024). Effects of post-processing parameters on 3D-printed dental devices: A comprehensive review. *Polymers*, 16, 2875.

Morali, A., et al. (2025). Influence of different post-processing procedures on the properties of 3D-printed dental materials. *Applied Sciences*, 15(20), 11123.

Nabil, M. S., et al. (2024). Evaluation of masticatory performance and patient satisfaction of 3D-printed implant overdentures versus conventional overdentures. *BMC Oral Health*, 24, 710.

Oh, K. C., Yun, B. S., Kim, J. H., et al. (2022). Accuracy of metal 3D printed frameworks for removable partial dentures evaluated by digital superimposition. *Dental Materials*, 38, 309-317.

Pinelli, L. A. P., et al. (2025). Accuracy and adaptation of 3D printed zirconia crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Prakash, J., et al. (2024). Biocompatibility of 3D-printed dental resins: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Sivaswamy, V., Chander, N. G., & Madhu, C. N. (2026). Clinical outcomes of 3D printed complete dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication.

BÖLÜM 2

DİJİTAL PROTETİK DİŞ HEKİMLİĞİNDE SUBTRAKTİF VE ADDİTİF ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNDE KULLANILAN GÜNCEL MATERYALLER

İBRAHİM TAŞ¹

Giriş

Protetik diş tedavisinde konvansiyonel iş akışları; artan materyal tüketimi, klinik ile laboratuvar arasında fiziksel transfer gereksinimi ve buna bağlı lojistik kaynaklı materyal kayıpları gibi dezavantajlar taşımaktadır. Buna karşılık intraoral tarama, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemleri ile additif üretimi içeren dijital iş akışları; materyal tüketimini ve laboratuvar atıklarının azaltarak üretim süreçlerini daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmekte, aynı zamanda tedavi sürelerinin kısaltılmasına katkı sağlamaktadır (Trivedi, 2026). Ayrıca, verilerin etkin biçimde arşivlenmesi ve paylaşılmasının yanı sıra, olası değişikliklerin üç boyutlu ortamda görselleştirilmesi ve simülasyonuna da olanak tanımaktadır (Bae et al., 2017).

¹ Uzman Diş Hekimi, Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, 0009-0008-2878-7446

CAD/CAM sistemlerinin klinik ve laboratuvar uygulamalarına entegrasyonu, dijital dental ürünlerin üretiminde daha sade, kontrollü ve deformasyon riskini azaltan yöntemlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır (Moon et al., 2022).

Günümüzde dijital üretim, esas olarak subtraktif (eksiltmeli üretim) ve additif (eklemeli üretim) olmak üzere iki ana yaklaşım üzerinden yürütülmektedir (Grande et al., 2022). Subtraktif üretim, önceden hazırlanmış katı bir blok ya da diskten materyalin uzaklaştırılması yoluyla restorasyonun elde edilmesi prensibine dayanırken, additif üretim dijital model verilerinden hareketle yapının katman katman inşa edilmesi ilkesine dayanmaktadır (Cevik et al., 2022). Her iki yöntem de diş hekimliğinde yaygın kullanım alanı bulmuş olsa da, CAD/CAM teknolojileri uzun yıllar subtraktif üretimin baskınlığı nedeniyle çoğunlukla frezeleme temelli sistemler olarak algılanmıştır (Sahin & Tokar, 2026).

Subtraktif yöntemler uzun yıllardır protetik diş hekimliğinde yüksek mekanik güvenilirlik ve klinik öngörülebilirlik nedeniyle güçlü bir konuma sahip olmuştur (Ellakany et al., 2025). Buna karşılık additif yöntemler, materyal israfını azaltmaları, daha karmaşık geometrilere izin vermeleri ve kişiye özgü üretim esnekliği sağlamaları nedeniyle giderek daha önemli bir alternatif haline gelmiştir (Khalil et al., 2025).

Güncel literatür, herhangi bir materyalin başarısının yalnızca kimyasal kompozisyonuna indirgenemeyeceğini, kullanılan üretim platformunun ve proses parametrelerinin de sonucu doğrudan etkilediğini göstermektedir (Revilla-León et al., 2025). Dijital üretim süreçlerinde kullanılan materyallerin; polimer ve fotopolimer reçineler, metal alaşımları, seramikler ve hibrit-kompozit yapılar gibi farklı gruplarda çeşitlendiği görülmektedir (Chaudhary et al., 2023). Bununla birlikte bu materyallerin klinik performansı, subtraktif veya additif yöntemlerle işlenmelerine bağlı olarak özellikle doğruluk, yüzey karakteristiği, mekanik dayanım ve uzun

dönem stabilite açısından farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle dijital protetik diş hekimliğinde materyal seçimi, yapısal özelliklerin yanı sıra klinik kullanım amacı ve üretim stratejisiyle birlikte bütüncül olarak değerlendirilmelidir (Ellakany et al., 2025).

Bu bölümde, dijital protetik diş hekimliğinde kullanılan güncel materyaller subtraktif ve additif üretim teknolojileri temelinde; materyal grupları, klinik kullanım alanları ve performans ölçütleri çerçevesinde sistematik olarak ele alınacaktır (Methani et al., 2020).

Dijital Protetik Diş Hekimliğinde Üretim Yaklaşımları

Hem subtraktif hem de additif yöntemlerde üretim süreci, üç boyutlu dijital verinin elde edilmesiyle başlamakta ve bu verinin fiziksel restorasyona dönüştürülmesiyle tamamlanmaktadır. Bu genel dijital iş akışı; veri elde edilmesi, verilerin işlenmesi ve üretim olmak üzere üç temel bileşen üzerinden tanımlanmaktadır (Brawek et al., 2013). CAD/CAM sistemleri, additif ve subtraktif üretim yaklaşımlarını aynı dijital çerçevede buluşturarak manuel iş gücüne ve operatöre bağımlılığı azaltmakta; klinik ve laboratuvar süreçlerinde daha kontrollü ve standartlaştırılmış bir üretim modeli sunmaktadır (Karademir et al., 2026).

Subtraktif üretimde restorasyon, zirkonya veya rezin gibi dental materyallerden oluşan blokların döner kesici aletlerle işlenmesiyle elde edilmektedir (Ali Alenezi & Yehya, 2021). Bununla birlikte bu yöntemin temel sınırlılığı, başlangıç materyalinin önemli bir bölümünün üretim sırasında atık hâline gelmesidir; hatta önceki çalışmalarda bu oranın yaklaşık %90'a ulaşabildiği bildirilmiştir (Strub et al., 2006). Additif üretimde ise restorasyon, sıvı veya toz hâldeki materyalin katmanlar hâlinde birleştirilmesiyle oluşturulmakta ve böylece yalnızca gerekli materyal kullanılarak üretim yapılabilir (Ali Alenezi & Yehya, 2021). Bu yaklaşım, karmaşık geometrilerin üretimi ve eş

zamanlı çoklu üretim açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte baskı teknolojisi, üretim parametreleri, dilimleme stratejileri ve son işlem basamakları, additif sistemlerde tekrarlanabilirliği doğrudan etkileyen başlıca değişkenlerdir (Karademir et al., 2026).

Subtraktif üretim yaklaşımları, yüksek verimlilik ve hassas uyum elde edilmesine olanak tanırken; eklemeli üretim teknikleri, özellikle üç boyutlu baskı uygulamaları, giderek artan bir önem kazanmaktadır. Lazer sinterleme ile bilgisayar sayısal kontrollü (CNC) işleme ya da dijital tasarım süreçlerinin üç boyutlu baskı ve geleneksel seramik presleme yöntemleriyle birlikte kullanılması gibi hibrit üretim yaklaşımları, bu teknolojilerin sahip olduğu kapsamlı ve yenilikçi potansiyeli açıkça ortaya koymaktadır (Schweiger et al., 2021).

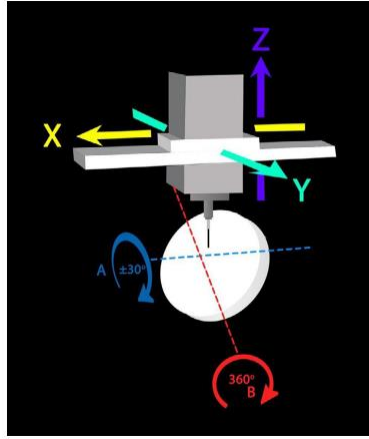
Subtraktif Üretim Sistemlerinin Temel Prensipleri

Subtraktif üretim (Subtractive Manufacturing, SM), istenen restorasyonun üretilmesi amacıyla belirli bir materyalden oluşan katı bir bloğun bilgisayar kontrollü frezeleme işlemiyle şekillendirilmesini ifade etmektedir (Methani et al., 2020). Bu süreçte restorasyon tasarımı bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarıyla gerçekleştirilmekte, elde edilen dijital veriler bilgisayar destekli üretim (CAM) aşamasında frezeleme sistemlerine aktarılmaktadır. Üretim doğruluğu; kullanılan frezeleme sisteminin özellikleri, eksen sayısı ve seçilen işleme parametrelerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. (Ali Alenezi & Yehya, 2021).

Resim 1’de gösterildiği üzere, üç eksenli (x, y ve z eksenleri) frezeleme sistemlerinden beş eksenli (x, y, z, a ve b eksenleri) sistemlere kadar farklı eksen sayılarına sahip frezeleme cihazları kullanılmaktadır (Ellakany et al., 2025). Eksen sayısının artması, özellikle çok üniteli köprüler ile karmaşık geometriye ve undercut alanlarına sahip restorasyonların, artan hareket serbestliği sayesinde

daha hassas morfolojik detaylarla daha homojen yüzey kalitesiyle frezlenmesini mümkün kılmaktadır. (Abduo et al., 2014).

Resim 1. Farklı frezeleme eksenlerini gösteren diyagram. Üç eksenli frezeleme sisteminde x, y ve z eksenleri bulunurken, dört eksenli frezeleme sisteminde x, y, z ve a eksenleri yer almaktadır. Beş eksenli frezeleme sistemi ise x, y, z, a ve b olmak üzere beş eksen içermektedir.



Kaynak: (Ellakany et al., 2025).

Mekanik özellikler açısından değerlendirildiğinde, frezeleme yöntemiyle üretilen restorasyonların genellikle daha yüksek eğilme dayanımı ve kırılma direnci sergilediği bildirilmiştir. Üç boyutlu baskı teknikleri ise, özellikle stres dağılımı ve pasif uyum açısından bazı avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, dişin anterior veya posterior bölgede yer almasının mekanik performans üzerinde belirleyici olduğu ve posterior restorasyonların daha yüksek oklüzal yükler nedeniyle daha düşük kırılma direnci gösterebildiği belirtilmiştir. CAD/CAM tabanlı üretim yaklaşımlarının klinik performanslarının tek tip olmadığı; doğruluk, iç ve marjinal uyum ile mekanik özelliklerin restorasyon tipi, üretim teknolojisi ve materyal özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, subtraktif üretimin sağladığı yüksek

doğruluk ve öngörülebilirliğe rağmen, belirli klinik endikasyonlarda alternatif üretim yaklaşımlarının değerlendirilmesini gerekli kılmakta ve additif üretim sistemlerine yönelik artan ilgiyi açıklamaktadır (Ellakany et al., 2025).

Subtraktif üretimde kullanılan güncel protetik materyaller

- **Cam seramik tabanlı CAD/CAM materyalleri**

Cam seramik tabanlı CAD/CAM materyalleri, estetik potansiyelleri, kontrollü işlenebilirlikleri ve klinik olarak öngörülebilir davranışları nedeniyle dijital protetik diş hekimliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu grup içinde feldspatik seramikler ve lityum disilikat cam seramikler, özellikle inley, onley, veneer ve tek kron restorasyonlarında yaygın kullanım alanı bulmaktadır. Feldspatik seramikler yüksek optik özelliklere sahip olmalarına rağmen daha kırılğan davranış göstermeleri nedeniyle sınırlı endikasyonlarda tercih edilmektedir. Lityum disilikat cam seramikler ise estetik ile mekanik dayanım arasında daha dengeli bir profil sundukları için hem anterior hem de belirli posterior sabit restorasyonlarda daha geniş bir klinik kullanım alanına sahiptir. Bu materyallerin dijital üretiminde subtraktif frezeleme halen baskın yaklaşım olarak kabul edilmekte ve klinik açıdan en öngörülebilir işleme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Cam seramik restorasyonların başarısı yalnızca materyalin kristal faz yapısıyla değil, aynı zamanda marjinal uyum, yüzey pürüzlülüğü ve oklüzal yükler altında çatlak ilerlemesine karşı gösterebildiği dirençle de ilişkilidir. Dolayısıyla cam seramik CAD/CAM materyalleri, dijital protetikte estetik beklentinin yüksek olduğu ve yüklenmenin görece kontrollü kaldığı sabit restorasyonlarda güçlü bir materyal grubu oluşturmaktadır (Branco et al., 2023).

- **Oksit seramik tabanlı CAD/CAM materyalleri**

Oksit seramikler içinde en baskın ve klinik olarak en güçlü materyal grubu zirkonya temelli sistemlerdir. Zirkonya, yüksek

kırılma tokluğu, yüksek fleksural dayanım, biyouyumluluk ve kimyasal stabilite gibi özellikleri nedeniyle çağdaş dijital protetik restorasyonların temel seramik materyallerinden biri haline gelmiştir. Uzun yıllar boyunca 3Y-TZP, yüksek dayanımı nedeniyle referans zirkonya materyali olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte güncel materyal gelişimi, translusensiyi artırılmış 4Y-TZP ve 5Y-PSZ gibi yeni nesil zirkonya sistemlerine doğru genişlemektedir (Branco et al., 2023). Özellikle 4Y-TZP, dayanım ile translusensi arasında daha dengeli bir profil sunması nedeniyle implant destekli altyapılarda ve estetik beklentinin yüksek olduğu sabit restorasyonlarda dikkat çekmektedir. Monolitik zirkonya sistemleri, veneer seramiğine bağlı chipping riskini azaltmaları nedeniyle güncel dijital protetikte giderek daha sık tercih edilmektedir. Çok katmanlı zirkonya sistemleri ise renk geçişi ve translusensi bakımından geliştirilmiş yapıları sayesinde özellikle estetik bölgede daha doğal restorasyonların elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Cevik et al., 2022). Bununla birlikte zirkonya restorasyonların başarısı yalnızca materyalin jenerasyonuna değil, sinterleme protokolüne, yüzey işlemlerine ve üretim sistemleri arasındaki farklılıklara da bağlıdır. Bu nedenle oksit seramik tabanlı CAD/CAM materyalleri, mekanik güvenilirlik ve estetik beklentilerin birlikte değerlendirildiği sabit protetik restorasyonlarda dijital diş hekimliğinin en güçlü materyal sınıflarından birini oluşturmaktadır (Ellakany et al., 2025).

- **Rezin bazlı CAD/CAM protetik materyaller**

Rezin bazlı CAD/CAM materyaller, özellikle geçici restorasyonlar, çalışma modelleri, tam protez kaideleri ve seçili sabit restoratif endikasyonlar açısından dijital protetik uygulamalarda önemli bir materyal ailesi haline gelmiştir. Bu grubun en yerleşik üyeleri prepolimerize PMMA disklerdir. CAD/CAM PMMA disklerin en önemli avantajı, polimerizasyonun üretici tarafından kontrollü koşullarda önceden tamamlanmış olması nedeniyle daha

düşük rezidüel monomer, daha homojen yapı ve daha iyi yüzey kalitesi sunmalarıdır. Bu özellikler, konvansiyonel akriliklerle karşılaştırıldığında daha yüksek fleksural dayanım, daha düşük su absorpsiyonu ve daha iyi renk stabilitesi ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle prepolimerize PMMA diskler, geçici kron ve köprülerde, implant destekli geçici sabit protezlerde ve protez kaidelerinde subtraktif üretimin temel materyal hatlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte frezeleme kaynaklı materyal kaybı ve bazı CAD/CAM akrilik sistemlerde veneering materyaliyle bağlanma güçlükleri bu grubun önemli sınırlılıkları arasında yer almaktadır (Raszewski, 2020).

Rezin bazlı CAD/CAM materyaller yalnızca PMMA ile sınırlı değildir ve rezin nanoseramikler ile hibrit seramikler de bu alanın güncel çeşitlenmesini temsil etmektedir. Rezin nanoseramikler ve hibrit seramikler, seramiklerin estetik ve aşınma direnci avantajlarıyla polimerlerin daha kontrollü elastik davranışını bir araya getirmeye çalışan materyaller olarak tanımlanmaktadır. Bu materyallerin fiziksel stabilitesi ve suya karşı davranışı üretim yöntemine duyarlıdır ve frezelenabilir hibrit bloklar çoğu zaman additif benzerlerine göre daha güçlü fiziksel performans sergilemektedir. Dolayısıyla rezin bazlı CAD/CAM materyaller, güncel dijital protetik restorasyonlarda yalnızca geçici materyaller olarak değil, belirli endikasyonlarda daha uzun süreli kullanım potansiyeli taşıyan restoratif seçenekler olarak da değerlendirilmelidir (Alanazi & Elkaffas, 2025).

- **Polimerler ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler**

Subtraktif üretimde güncel materyal portföyünün en dikkat çekici genişleme alanlarından biri PEEK, PEKK ve fiberle güçlendirilmiş kompozit sistemlerdir. PEEK ve PEKK, hafiflik, biyouyumluluk, korozyona direnç ve düşük plak afinitesi gibi özellikleri nedeniyle metal ve zirkonyaya alternatif yüksek

performanslı polimerler olarak öne çıkmaktadır. Bu materyaller özellikle implant destekli altyapılarda biyomekanik bakımdan ilgi çekici görünmektedir, çünkü daha düşük elastik modülleri stres iletimini rijit metal altyapılardan farklı biçimde düzenleyebilmektedir. Trinia ve Trilor gibi fiberle güçlendirilmiş kompozit sistemler, düşük elastik modül ve şok absorbe edici davranışları nedeniyle özellikle peri-implant stres dağılımı açısından dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, bu materyallerin özellikle tam ark ve kantileverli implant destekli restorasyonlardaki marjinal uyum ve uzun dönem yük taşıma kapasitesine ilişkin klinik kanıt düzeyi halen sınırlıdır. Bu nedenle yüksek performanslı polimerler ve fiberle güçlendirilmiş kompozitler, dijital protetikte yüksek potansiyel taşıyan ancak klinik seçimi dikkatle yapılması gereken materyal grupları arasında değerlendirilmelidir (Cevik et al., 2022).

- **Metal altyapı materyalleri**

Subtraktif üretimde metal esaslı altyapı materyalleri, özellikle implant destekli kalıcı restorasyonlarda ve uzun köprü açıklığına sahip sabit protezlerde önem taşımaktadır. Bu alanda ön sinterlenmiş, frezelenabilir kobalt-krom alaşımları güncel metal materyaller arasında yer almaktadır. Bu materyaller, frezeleme öncesinde ön sinterlenmiş blok formunda bulunmakta; frezeleme işlemi tamamlandıktan sonra ise nihai sinterleme uygulanmaktadır. Bu nedenle sinterleme sonrası ortaya çıkan boyutsal büzülme ile restorasyonun nihai uyumu arasındaki ilişki klinik açıdan özel önem taşımaktadır. Bu materyallerin marjinal uyum bakımından klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar verebildiği bildirilmekle birlikte, tam ark implant destekli sabit protezlerdeki uzun dönem klinik davranışları ve yük taşıma kapasiteleri konusunda daha fazla veriye gereksinim bulunmaktadır. Bu nedenle subtraktif metal altyapı materyalleri, dijital protetikte güçlü bir seçenek olmayı sürdürmekle birlikte, restorasyonun köprü açıklığı, uygulanacak üstyapı kaplama

yaklaşımı ve maruz kalacağı fonksiyonel yükler birlikte değerlendirilerek seçilmelidir (Cevik et al., 2022).

Additif Üretim Sistemlerinin Temel Prensipleri

Eklemeli imalat (Additive Manufacturing, AM) teknolojisi, üç boyutlu prototip verileri kullanılarak, genellikle katman katman olacak şekilde malzemelerin birleştirilmesiyle nesnelerin oluşturulmasını sağlayan; subtraktif üretim yaklaşımlarının tersine çalışan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (van Noort, 2012). Bu yöntemde, subtraktif üretimde olduğu gibi materyalin katı bir bloktan uzaklaştırılması yerine, yapı yalnızca gerekli bölgelere kontrollü biçimde materyal eklenerek oluşturulmaktadır. Bu sayede AM; geliştirilmiş üretim doğruluğu, basitleştirilmiş üretim süreci, malzeme ve iş gücü tasarrufu, kısalmış üretim süresi ve artmış üretim verimliliği gibi avantajlar sunmakta; ayrıca karmaşık üç boyutlu yapıların doğrudan üretilebilmesi nedeniyle dış hekimliğinde giderek daha fazla tercih edilmektedir (Prendergast & Burdick, 2020).

Dış hekimliğinde kullanılan başlıca additif üretim teknikleri arasında stereolitografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP), doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS), füzyonla biriktirme modelleme (FDM), PolyJet baskı ve seçici lazer sinterleme (SLS) yer almaktadır (Ellakany et al., 2025). Stereolitografi (SLA) ve maskeli stereolitografi (mSLA), yüksek çözünürlük ve üstün yüzey kalitesi sunan polimer esaslı eklemeli üretim teknolojileri arasında yer almaktadır. SLA tekniğinde fotopolimer reçine, ultraviyole lazer yardımıyla nokta nokta polimerize edilirken; mSLA sistemlerinde LED ışık kaynağı ve LCD maske kullanılarak her katman eş zamanlı olarak kurlenmekte, böylece üretim süresi kısalmaktadır (Üstündağ & Kır, 2025).

Additif üretimde kullanılan güncel protetik materyaller

- **Fotopolimer rezin bazlı baskı materyalleri**

Fotopolimer reçineler, additif dijital protetik üretimde en yaygın kullanılan materyal ailesini oluşturmaktadır. Bu materyaller özellikle stereolitografi, dijital ışık işleme ve maskeli stereolitografi gibi vat-photopolymerization tabanlı sistemlerle ilişkilidir (Üstündağ & Kır, 2025). Dental modeller, cerrahi rehberler, splintler, ölçü kaşıkları, geçici restorasyonlar ve tam protez kaideleri gibi geniş bir kullanım alanına sahip olmaları, fotopolimer esaslı materyallerin yalnızca laboratuvar yardımcı materyalleri ile sınırlı kalmadığını, aynı zamanda doğrudan hasta ağızında kullanılan protetik yapıların üretiminde de önemli bir yer edindiğini göstermektedir (Methani et al., 2020).

Geçici protetik restorasyonlar açısından değerlendirildiğinde, additif üretimde kullanılan geçici restorasyon reçinelerinin marjinal uyum bakımından frezelenmiş PMMA gruplarıyla karşılaştırılabilir performans sergileyebildiği bildirilmiştir (Sidhom et al., 2022). Benzer şekilde, ışıkla kürlenene protez kaide reçinelerinin bazı çalışmalarda frezelenmiş PMMA protez kaidelerine kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığı belirtilmiştir. Bu bulgular, fotopolimer bazlı materyallerin yalnızca geçici kullanım alanlarıyla sınırlı kalmayıp, doğrudan klinik protetik uygulamalarda da giderek daha güçlü bir konum kazandığını düşündürmektedir (Grande et al., 2022). Bununla birlikte fotopolimer reçinelerin başarısı yalnızca materyalin formülasyonuna bağlı değildir ve ışık kaynağı, katman kalınlığı, baskı yönelimi, yıkama ve baskı sonrası kürlenme gibi parametreler nihai performansı doğrudan etkilemektedir (Üstündağ & Kır, 2025). Bu nedenle fotopolimer bazlı baskı materyalleri sabit özellikli materyaller olarak değil, üretim protokolüne yüksek derecede duyarlı materyaller olarak değerlendirilmelidir (Revilla-León et al., 2025).

- **Hibrit ve kompozit bazlı restoratif materyaller**

Kalıcı indirekt restorasyonlara yönelik kompozit bazlı 3D baskı materyalleri, additif üretimin geçici restorasyon sınırlarının ötesine taşınmasında öne çıkan güncel gelişmeler arasında yer almaktadır. Bu grupta Crowntec, VarseoSmile Crown Plus ve diğer ticari 3D baskı kompozit/hibrid kompozit materyaller dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, mevcut veriler bu materyallerin mekanik performans bakımından hâlen gelişim sürecinde olduğunu göstermektedir. Özellikle sertlik, fleksural dayanım ve aşınma davranışı açısından frezelenmiş kompozitler ve seramiklerle kıyaslandığında daha düşük sonuçlar bildirilebilmektedir. Buna karşın, bazı çalışmalarda marjinal adaptasyon açısından rekabetçi, hatta frezeleme yöntemine üstün sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca belirli katman kalınlıklarında bazı materyallerin 100 MPa'ın üzerinde fleksural dayanım gösterebildiği bildirilmiştir. Ancak güncel derleme literatürü, bu materyallerin rutin kalıcı indirekt restorasyonlarda birinci seçenek olarak önerilebilmesi için henüz yeterli uzun dönem klinik kanıt bulunmadığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle additif kompozit bazlı restoratif materyaller, önemli klinik potansiyel taşımakla birlikte, mekanik performans ve uzun dönem klinik güvenilirlik açısından daha fazla doğrulanması gereken bir alan olarak değerlendirilmelidir (Pot et al., 2024).

- **Metal bazlı additif üretim materyalleri**

Metal additif üretimde kullanılan güncel protetik materyal grubunun temelini kobalt-krom ve titanyum alaşımları oluşturmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2017). Bu alaşımlar, seçici lazer sinterleme, seçici lazer ergitme, doğrudan metal lazer sinterleme ve elektron ışınlı ergitme gibi toz yataklı üretim sistemleriyle işlenmektedir. Söz konusu üretim teknolojileri; implant destekli altyapılar, metal kopingler, hareketli bölümlü protez iskeletleri ve farklı protetik üstyapıların üretiminde önemli bir kullanım alanına sahiptir (Methani et al., 2020).

- **Kobalt-krom alaşımları**

Kobalt-krom alaşımları, additif metal üretiminin en köklü materyal grupları arasında yer almaktadır (Revilla-León & Özcan, 2017). Bu alaşımlar, özellikle çok üyeli implant destekli altyapılar ve hareketli bölümlü protez iskeletleri için önemli bir üretim materyali olarak değerlendirilmektedir (Methani et al., 2020).

Literatürde, seçici lazer ergitme ile üretilen kobalt-krom yapıların konvansiyonel ya da frezelenmiş alternatiflere göre daha iyi marjinal uyum sağlayabildiğı bildirilmektedir (Khalil et al., 2025). Bununla birlikte, kobalt-krom alaşımlarının additif üretiminde üretim yönelimi, lazer tarama stratejisi, porozite kontrolü ve işlem sonrası protokoller mekanik özellikler üzerinde belirleyici olabilmektedir. Dolayısıyla bu alaşımlarda klinik ve yapısal başarının, yalnızca alaşım kompozisyonundan değil, üretim sürecinin titizlikle standardize edilmesinden de etkilendiğı anlaşılmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2017).

- **Titanyum ve titanyum alaşımları**

Titanyum ve özellikle Ti_6Al_4V , dijital protetik diş hekimliğinde implantlar, abutmentlar, teleskopik yapılar, barlar ve çeşitli protetik üstyapılar için stratejik bir metal materyal grubudur. Bu alaşım, biyouyumluluk, düşük yoğunluk, yüksek mekanik dayanım ve korozyon direnci nedeniyle protetik ve biyomedikal uygulamalarda geniş kullanım potansiyeli taşımaktadır. Uygun SLS koşulları sağlandığında, Ti_6Al_4V örneklerde frezelenmiş döküm materyalleri aşan mekanik değerler elde edilebildiğı gösterilmiştir. Buna karşın porozite, eksik sinterleme ve yetersiz cihaz parametreleri mekanik performansı belirgin biçimde düşürebilmektedir. Bu nedenle titanyum alaşımlarının additif üretimdeki başarısı, yalnızca malzemenin biyolojik avantajlarına değil, proses parametrelerinin ayrıntılı optimizasyonuna da bağlıdır (Dobrzański et al., 2020).

- **Zirkonya ve diğer seramik materyaller**

Zirkonya bazlı materyaller, additif seramik üretiminin en stratejik ve en yoğun araştırılan alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu kapsamda en sık incelenen materyal 3Y-TZP olmakla birlikte, 4Y-TZP, 5Y-PSZ ve ATZ gibi yeni nesil sistemler de giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Stereolitografi ve dijital ışık işleme teknikleri, zirkonya bazlı dental materyallerin additif üretiminde en umut verici yöntemler arasında gösterilmektedir. Bu tekniklerin önemi, yüksek çözünürlükte ve daha kontrollü geometrik özelliklerde üretim olanağı sunmalarından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, zirkonyanın additif üretimi polimer esaslı baskı sistemlerine kıyasla çok daha karmaşık bir süreç yönetimi gerektirmektedir. Süspansiyon viskozitesi, katı faz yükü, baskı yönelimi, bağlayıcının uzaklaştırılması ve sinterleme protokolleri; nihai yoğunluk, mekanik dayanım ve boyutsal doğruluk üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle additif zirkonya sistemlerinde materyal başarısı, yalnızca kimyasal bileşime değil, aynı zamanda süreç mühendisliğinin etkin biçimde yönetilmesine de bağlıdır. Güncel bulgular, additif zirkonya materyalinin yüksek potansiyel taşıdığını, ancak porozite, çatlak oluşumu, hacimsel büzülme ve katman arayüzlerine bağlı sorunların klinik rutine geçişi hâlen sınırladığını göstermektedir. Dolayısıyla additif zirkonya materyali, dijital protetik diş hekimliğinde umut verici olmakla birlikte, teknik optimizasyon gereksinimi devam eden bir materyal alanı olarak değerlendirilmelidir (Branco et al., 2023).

- **Biyomatemeryaller ve gelişmekte olan additif materyal sistemleri**

Additif üretim alanında, klasik protetik materyallerin yanı sıra doku mühendisliği ve iskele yapı temelli biyomatemeryaller de dikkat çeken bir gelişim alanı oluşturmaktadır. Aljinat, kolajen, jelatin, hyalüronik asit, kitozan, polikaprolakton ve çeşitli hidrojel

sistemleri, özellikle biyomürekkep ve biyobaskı uygulamaları çerçevesinde değerlendirilmektedir. Bu materyaller, mevcut klinik protetik restorasyon uygulamalarından çok, rejeneratif ve fonksiyonel biyomateryal geliştirme yaklaşımını yansıtmaktadır. Dolayısıyla biyomateryaller, bugün için rutin protetik materyallerden ziyade, gelecekte dijital diş hekimliğinin biyomühendislik boyutuna yön verebilecek gelişmekte olan materyal sistemleri olarak değerlendirilmelidir (Tigmeanu et al., 2022).

Subtraktif ve additif üretimle elde edilen protetik restorasyonların performans açısından karşılaştırılması

Subtraktif ve additif üretim yöntemlerinin klinik performans karşılaştırması, güncel dijital protetik literatürünün en önemli tartışma başlıklarından birini oluşturmaktadır. Mevcut veriler, bu iki yaklaşım arasında tek yönlü bir üstünlük ilişkisi olmadığını, üstünlüğün değerlendirilen parametreye göre değiştiğini göstermektedir (Ellakany et al., 2025).

Mekanik dayanım ve kırılma direnci:

Mekanik dayanım açısından değerlendirildiğinde, subtraktif olarak işlenen blok materyallerin çoğu zaman daha öngörülebilir ve daha yüksek kırılma direnci sunduğu bildirilmektedir. Bu durum özellikle frezelenen kompozitler, PMMA bloklar ve bazı zirkonya sistemlerinde belirginleşmektedir (Ellakany et al., 2025).

Additif kompozit bazlı kalıcı materyallerde ise sertlik, fleksural dayanım ve aşınma davranışının hâlen önemli gelişim alanları olduğu görülmektedir (Pot et al., 2024). Öte yandan metal additif üretimde, uygun proses optimizasyonu sağlandığında Ti₆Al₄V gibi alaşımlarda oldukça yüksek mekanik performans elde edilebilmektedir. Dolayısıyla mekanik üstünlük, tek başına üretim yöntemine göre değil; materyal ailesi ve üretim parametrelerinin etkileşimine göre belirlenmektedir (Dobrzański et al., 2020).

Marjinal ve internal uyum:

Marjinal ve internal uyum açısından additif üretim özellikle kompleks geometriye sahip restorasyonlarda dikkat çekici avantajlar gösterebilmektedir. Sistematik derleme verileri, üç boyutlu baskılı inley ve onleylerin frezelenmiş alternatiflerine göre daha iyi internal ve marjinal uyum gösterebildiğini ortaya koymuştur. Benzer biçimde, bazı implant destekli kobalt-krom altyapılarda additif üretimin pasif uyum açısından başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Khalil et al., 2025). Ayrıca tam protez kaidelerinde, additif üretimle elde edilen kaide materyallerinin bazı çalışmalarda frezelenmiş PMMA kaidelere kıyasla daha yüksek doğruluk sergilediği belirtilmiştir (Grande et al., 2022). Bu bulgular, additif üretimin özellikle hassas uyum gerektiren yapılarda klinik olarak güçlü bir alternatif üretim modeli oluşturduğunu göstermektedir (Khalil et al., 2025).

Yüzey kalitesi ve doğruluk:

Yüzey kalitesi ve doğruluk bakımından subtraktif ve additif sistemlerin farklı güçlü yanları bulunmaktadır. Frezelenmiş restorasyonlar daha öngörülebilir mekanik bütünlük sağlayabilse de frez çapı ve frezeleme izlerine bağlı olarak özellikle ince morfolojik detaylarda bazı sınırlılıklar ortaya çıkabilmektedir (Bae et al., 2017).

Vat fotopolimerizasyon tabanlı additif sistemler, yüksek çözünürlük ve daha düzgün yüzey kalitesi sağlayabilmekle birlikte, katmanlı üretim yapısı ile temizleme ve son kütleme basamaklarına bağlı olarak boyutsal sapmalara açık olabilmektedir (Üstündağ & Kır, 2025). Dolayısıyla doğruluk yalnızca materyal seçiminin değil, tüm dijital iş akışının ortak ürünüdür (Ali Alenezi & Yehya, 2021).

Aşınma, yaşlandırma ve uzun dönem stabilite:

Aşınma ve yaşlandırma davranışı açısından değerlendirme daha karmaşık olup, özellikle additif kompozit materyallerde yüzey

stabilitesi ve renk değişimi önemli sınırlılıklar arasında yer almaktadır. Buna karşılık subtraktif hibrit materyaller ve seramikler, bu bakımdan çoğu zaman daha öngörülebilir sonuçlar sunmaktadır. Bununla birlikte, additif üretimin kısa dönem marjinal uyum açısından sağladığı avantaj, her zaman uzun dönem yüzey ve mekanik stabilite üstünlüğü anlamına gelmemektedir. Bu nedenle dijital protetikte restorasyon performansı değerlendirilirken yalnızca başlangıç uyumu değil, yaşlandırma sonrası davranış da dikkate alınmalıdır (Pot et al., 2024).

Klinik başarı ve mevcut kanıt düzeyi:

Klinik başarı ve sağkalım verileri açısından değerlendirildiğinde, additif üretimin birçok alanda umut verici bir yaklaşım olduğu anlaşılmaktadır; ancak mevcut kanıtların önemli bir bölümü hâlen in vitro çalışmalar düzeyindedir (Ellakany et al., 2025). Bu sınırlılık, özellikle kalıcı kompozit bazlı baskı materyalleri ve additif zirkonya sistemleri için daha belirgin görünmektedir (Pot et al., 2024). Buna karşın subtraktif üretim, uzun süreli klinik kullanım geçmişine bağlı olarak daha güçlü bir kanıt altyapısına sahiptir. Bu nedenle güncel literatür, additif üretimin yüksek potansiyelini ortaya koymakla birlikte, özellikle kalıcı restorasyonlar bağlamında daha uzun dönemli klinik doğrulama çalışmalarına ihtiyaç bulunduğunu göstermektedir.(Ellakany et al., 2025).

Dijital protetik diş hekimliğinde materyal seçimini etkileyen faktörler

Dijital protetik diş hekimliğinde materyal seçimi, klinik endikasyon temelinde planlanmalıdır. Geçici restorasyonlar, implant destekli kalıcı yapılar, inley, onley ve overlay restorasyonları, tam protez kaideleri ile hareketli protez altyapıları birbirinden farklı materyal gereksinimlerine sahiptir. Bu nedenle materyal seçimi; restorasyonun ağız içindeki konumu, açıklık uzunluğu, destekleyici

yapı özellikleri ve oklüzal yüklenme koşulları birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır (Ellakany et al., 2025).

Üretim yöntemi ile materyal arasındaki uyum, dijital protetik diş hekimliğinde karar sürecinin temel bileşenlerinden biridir. Her materyal grubu, her üretim platformunda aynı başarıyı göstermemekte; bu durum özellikle additif sistemlerde daha belirgin hale gelmektedir (Huang et al., 2022). Kobalt-krom ve Ti_6Al_4V alaşımları toz yataklı üretim sistemleriyle başarılı sonuçlar verirken, fotopolimer reçineler daha çok stereolitografi, dijital ışık işleme ve maskeli stereolitografi tabanlı sistemlerle ilişkilidir (Methani et al., 2020). Zirkonya ise additif üretimde yüksek potansiyel taşımaya karşın, proses duyarlılığı yüksek bir seramik grubu olma özelliğini sürdürmektedir (Branco et al., 2023).

Estetik ve fonksiyonel beklentiler de materyal seçiminde belirleyici rol oynamaktadır. Anterior restorasyonlarda translusensi, renk geçişi ve yüzey karakteri ön plana çıkarken, posterior ve implant destekli yapılarda yük taşıma kapasitesi ve yapısal güvenilirlik daha kritik hâle gelmektedir (Cevik et al., 2022). Bu nedenle klinik karar sürecinde estetik, biyouyumluluk, mekanik dayanım, üretim verimliliği ve uzun dönem stabilite birlikte değerlendirilmelidir (Ellakany et al., 2025).

Güncel eğilimler ve gelecek perspektifi

Dijital protetik materyal bilimindeki en dikkat çekici güncel eğilimlerden biri, çok katmanlı ve gradyan özellik gösteren materyal sistemlerine yönelimdir. Bu yaklaşım, tek bir restorasyonda estetik ve fonksiyonel özelliklerin daha hassas biçimde taklit edilmesini amaçlamaktadır. Özellikle çok katmanlı estetik baskı sistemleri ile seramikle güçlendirilmiş hibrit materyaller, bu gelişim çizgisinin öne çıkan örnekleri arasında yer almaktadır (Schweiger et al., 2021).

Additif üretimle zirkonya bazlı ileri seramiklerin geliştirilmesi, geleceğe yönelik en önemli araştırma alanlarından

birini oluşturmaktadır. Zirkonya esaslı seramik sistemler, alümina ile toklaştırılmış zirkonya (ATZ) yapıları ve kontrollü iç mimariye sahip seramikler, additif üretimin yalnızca bir işleme yöntemi değil, aynı zamanda bir materyal mühendisliği platformu hâline geldiğini göstermektedir (Branco et al., 2023).

Bir diğer önemli eğilim ise hibrit üretim teknikleridir. Additif ve subtraktif üretim basamaklarının aynı iş akışında birleştirilmesi, özellikle implant destekli metal yapılarda doğruluk ve verimlilik açısından umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle gelecekte materyal seçiminin yalnızca frezelenebilir veya basılabilir olma özelliğine göre değil, hibrit iş akışlarıyla uyumluluğuna göre de yapılacağı öngörülmektedir (Ellakany et al., 2025).

Dijital protetik diş hekimliğinde güncel eğilimler, materyal çeşitliliğinin artmasından çok, materyal ile üretim süreci arasındaki uyumun daha hassas biçimde yönetilmesine yönelmektedir. Gelecek perspektifinde temel odak; daha estetik, daha dayanıklı ve daha öngörülebilir restorasyonların elde edilmesi kadar, bu sonuçların farklı üretim platformlarında tekrarlanabilir biçimde standardize edilebilmesidir. Bu doğrultuda materyal biliminin geleceği, yalnızca yeni materyal geliştirilmesine değil, aynı zamanda baskı ve frezeleme parametrelerinin optimize edilmesine, hibrit iş akışlarının yaygınlaşmasına ve uzun dönem klinik doğrulama verilerinin güçlendirilmesine bağlı görünmektedir. (Dobrzański et al., 2020; Ellakany et al., 2025; Schweiger et al., 2021).

Sonuç

Dijital protetik diş hekimliğinde materyal seçimi, artık yalnızca restorasyonun hangi maddeden üretileceğine ilişkin teknik bir tercih değil; üretim teknolojisi, klinik endikasyon ve uzun dönem performans beklentilerinin birlikte değerlendirildiği bütüncül bir karar sürecidir. Bu dönüşüm, klasik materyal anlayışının yerini;

prepolimerize PMMA diskler, yüksek performanslı polimerler, fiberle güçlendirilmiş kompozitler, fotopolimer reçineler, kalıcı kompozit bazlı baskı materyalleri, Co-Cr ve Ti₆Al₄V alaşımları ile additif zirkonya sistemlerini içeren daha geniş ve dinamik bir materyal yelpazesine bırakmasıyla somutlaşmaktadır (Schweiger et al., 2021). Bu çerçevede subtraktif üretim, mekanik öngörülebilirlik ve yerleşik klinik deneyim açısından güçlü konumunu korurken; additif üretim, kişiselleştirme olanağı, karmaşık geometrilerin üretimi, düşük materyal israfı ve bazı endikasyonlarda sağladığı uyum avantajları nedeniyle giderek daha stratejik bir seçenek haline gelmektedir (Ellakany et al., 2025; Khalil et al., 2025). Bununla birlikte güncel literatür, materyal başarısının yalnızca materyal kompozisyonuyla açıklanamayacağını göstermektedir (Revilla-León et al., 2025). Nihai klinik performans; materyalin yapısı, seçilen üretim yöntemi, üretim parametreleri, yüzey işlemleri ve klinik endikasyonun birlikte değerlendirilmesine bağlıdır. Bu nedenle subtraktif ve additif üretim, birbirinin mutlak alternatifi değil; farklı klinik gereksinimlere göre avantaj sunan tamamlayıcı stratejiler olarak ele alınmalıdır. Özellikle kalıcı restorasyonlar açısından additif sistemlerin klinik doğrulanma düzeyi hâlen gelişim sürecindedir. Sonuç olarak dijital protetik diş hekimliğinde rasyonel materyal seçimi, materyal, üretim teknolojisi ve klinik gereksinimlerin bütüncül biçimde eşleştirilmesini gerektirmektedir (Ellakany et al., 2025).

Anahtar Kelimeler: Dijital protetik diş hekimliği, additif ve subtraktif üretim, CAD/CAM materyalleri

Kaynakça/References

- Abduo, J., Lyons, K., & Bennamoun, M. (2014). Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *International Journal of Dentistry*, 2014(1), 783948.
- Alanazi, K. K., & Elkaffas, A. A. (2025). Physical assessment of CAD/CAM and 3D-printed resin-based ceramics integrating additive and subtractive methods. *Polymers*, 17(16), 2168.
- Ali Alenezi, B., & Yehya, M. (2021). Evaluating the accuracy of dental restorations manufactured by two CAD/CAM milling systems and their prototypes fabricated by 3D printing methods: An in vitro study.
- Bae, E.-J., Jeong, I.-D., Kim, W.-C., & Kim, J.-H. (2017). A comparative study of additive and subtractive manufacturing for dental restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 118(2), 187-193.
- Branco, A. C., Colaço, R., Figueiredo-Pina, C. G., & Serro, A. P. (2023). Recent advances on 3D-printed zirconia-based dental materials: a review. *Materials*, 16(5), 1860.
- Brawek, P. K., Wolfart, S., Endres, L., Kirsten, A., & Reich, S. (2013). The clinical accuracy of single crowns exclusively fabricated by digital workflow—the comparison of two systems. *Clinical oral investigations*, 17(9), 2119-2125.
- Cevik, P., Schimmel, M., & Yilmaz, B. (2022). New generation CAD-CAM materials for implant-supported definitive frameworks fabricated by using subtractive technologies. *BioMed research international*, 2022(1), 3074182.
- Chaudhary, S., Avinashi, S. K., Rao, J., & Gautam, C. (2023). Recent advances in additive manufacturing, applications and challenges for dentistry: a review. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 9(7), 3987-4019.

- Dobrzański, L. A., Dobrzański, L. B., Achtelik-Franczak, A., & Dobrzańska, J. (2020). Application solid laser-sintered or machined Ti6Al4V alloy in manufacturing of dental implants and dental prosthetic restorations according to dentistry 4.0 concept. *Processes*, 8(6), 664.
- Ellakany, P., Madi, M., Elwan, A. H., Alshehri, T., Aljubran, H., & Aly, N. M. (2025). Influence of CAD-CAM manufacturing methods on the accuracy and mechanical properties of implant-supported prostheses: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 34(9), 900-912.
- Grande, F., Tesini, F., Pozzan, M. C., Zamperoli, E. M., Carossa, M., & Catapano, S. (2022). Comparison of the accuracy between denture bases produced by subtractive and additive manufacturing methods: a pilot study. *Prosthesis*, 4(2), 151-159.
- Huang, G., Wu, L., Hu, J., Zhou, X., He, F., Wan, L., & Pan, S.-T. (2022). Main applications and recent research progresses of additive manufacturing in dentistry. *BioMed research international*, 2022(1), 5530188.
- Karademir, S. A., Atasoy, S., Akarsu, S., & Yilmaz, B. (2026). Surface pretreatments and erosive aging effects on the bond strength of CAD/CAM resin-based materials with a self-adhesive resin cement. *Scientific Reports*.
- Khalil, A. S., Alrehaili, R. S., Alenazi, S., Alfawzan, F., Alobaidi, R., Alshami, A., Sultan, T., Alahmari, F., Alarjan, L., & Alshammari, N. (2025). How Accurate is the Fit of Additive 3D-Printed Implant-Supported Restorations and Partial Coverage Posterior Restorations? A Systematic Review. *Journal of Pioneering Medical Sciences*, 14, 12-22.
- Methani, M. M., Cesar, P. F., de Paula Miranda, R. B., Morimoto, S., Özcan, M., & Revilla-León, M. (2020). Additive manufacturing in dentistry: current technologies, clinical applications, and limitations. *Current Oral Health Reports*, 7(4), 327-334.

- Moon, J.-M., Jeong, C.-S., Lee, H.-J., Bae, J.-M., Choi, E.-J., Kim, S.-T., Park, Y.-B., & Oh, S.-H. (2022). A comparative study of additive and subtractive manufacturing techniques for a zirconia dental product: An analysis of the manufacturing accuracy and the bond strength of porcelain to zirconia. *Materials*, 15(15), 5398.
- Pot, G. J., Van Overschelde, P. A., Keulemans, F., Kleverlaan, C. J., & Tribst, J. P. M. (2024). Mechanical properties of additive-manufactured composite-based resins for permanent indirect restorations: A scoping review. *Materials*, 17(16), 3951.
- Prendergast, M. E., & Burdick, J. A. (2020). Recent advances in enabling technologies in 3D printing for precision medicine. *Advanced Materials*, 32(13), 1902516.
- Raszewski, Z. (2020). Acrylic resins in the CAD/CAM technology: A systematic literature review. *Dental and Medical Problems*, 57(4), 449-454.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2017). Additive manufacturing technologies used for 3D metal printing in dentistry. *Current Oral Health Reports*, 4(3), 201-208.
- Revilla-León, M., Supaphakorn, A., Barmak, A. B., Rutkunas, V., & Kois, J. C. (2025). Influence of print orientation on the intaglio surface accuracy (trueness and precision) of tilting stereolithography definitive resin-ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 133(1), 246-251.
- Sahin, N. I., & Tokar, E. (2026). Mechanical Properties of Additively Manufactured Composite Resin vs. Subtractively Manufactured Hybrid Ceramic Implant-Supported Permanent Crowns Before and After Thermal Aging. *Micromachines*, 17(1), 116.
- Schweiger, J., Edelhoff, D., & Güth, J.-F. (2021). 3D printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of clinical medicine*, 10(9), 2010.

- Sidhom, M., Zaghloul, H., Mosleh, I. E.-S., & Eldwakhly, E. (2022). Effect of different CAD/CAM milling and 3D printing digital fabrication techniques on the accuracy of PMMA working models and vertical marginal fit of PMMA provisional dental prosthesis: an in vitro study. *Polymers*, 14(7), 1285.
- Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289-1296.
- Tigmeanu, C. V., Ardelean, L. C., Rusu, L.-C., & Negrutiu, M.-L. (2022). Additive manufactured polymers in dentistry, current state-of-the-art and future perspectives-a review. *Polymers*, 14(17), 3658.
- Trivedi, D. A. (2026). Sustainable Prosthodontics Through Eco-Dentistry: A Scoping Review of Current Practices and Future Challenges. *Scholastic Dental Sciences*, 2, 01-06.
- Üstündağ, M., & Kır, M. (2025). Polymer additive manufacturing in stereolithography (SLA) and masked stereolithography (mSLA) methods: a review of advantages, limitations, and current applications. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(4), 1291-1306.
- van Noort, R. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3-12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.10.014>

BÖLÜM 3

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA ADDİTİF ÜRETİM (3B BASKI)

Selim ATLI¹

Giriş

Protetik diş tedavisi eksik veya yetersiz dişler ve oral-maksillofasiyal dokularla ilişkili klinik durumlarda, hastanın oral fonksiyonunu, konforunu, estetiğini, fonasyon ve sağlığını yeniden kurmayı amaçlayan; bunun için biyouyumlu ve yerine koyucu yapılar kullanan bir uzmanlık alanı olarak tanımlanır. Her alan gibi protetik diş tedavisi de hem hastaların hem de hekimlerin artan taleplerine yanıt verebilmek için dijitalleşme sürecinde ilerlemektedir (Joda vd., 2017).

Tam da bu nedenle 3B teknolojiler protetik diş tedavisinin “yanında” değil, giderek daha fazla “içinde” konumlanmaktadır. Protetik diş tedavisinde dijitalleşme, uzun süre “tarama–tasarım–frezeleme” yani CAD/CAM ekseninde ilerledi. 3B yazıcıların klinik üretime girmesiyle birlikte ise dijital zincire yeni bir seçenek eklendi: eklemeli üretim. Güncel protetik yaklaşımda dijital iş akışı;

¹ Arş. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0001-9821-030X

verinin toplanması (intraoral/masaüstü tarama), sanal ortamda tasarım (CAD) ve üretim (CAM) adımlarının birbirine bağlandığı bir hat olarak düşünülür. Bu hattın CAM ayağında uzun süre frezeleme baskınken, eklemeli üretim yani 3B baskı; özellikle kişiye özgü geometri gerektiren model, cerrahi rehber, splint, geçici restorasyonlar gibi birçok protetik parçada klinik pratiğe güçlü bir alternatif sunmuştur (Tian vd., 2021).

Eklemeli üretimin en güçlü tarafı, karmaşık geometrileri üretebilmesi ve malzeme kaybını minimize etmesidir. 3B baskının dental protezlerde güncel ve gelişen uygulamalarını derleyen kapsamlı derlemeler, alanın artık “niş” olmaktan çıkıp standart dijital iş akışlarının parçası haline geldiğini net biçimde ortaya koyuyor (Rezaie vd., 2023).

Additif Üretim (3B Baskı) Teknolojileri

3B baskı teknolojileri, protetik diş hekimliğinin dijitalleşmesinde merkezî bir rol üstlenmiş ve dijital veriden fiziksel restorasyonlara ulaşmanın temel yolunu oluşturmuştur. Bu üretim yöntemleri, dijital tarama verilerini katman katman materyale dönüştürerek, geleneksel üretim tekniklerine göre daha esnek, tekrarlanabilir ve hassas ürünler sunmaktadır (Jeong vd., 2023).

Protetik uygulamalarda kullanılan baskı teknolojileri; kullanılan ışık ve enerji kaynağına, malzeme formuna ve katmanlama yöntemine göre sınıflandırılabilir. Aşağıda, klinik uyumluluğu yüksek olan ve diş hekimliğinde yaygınlaşan temel 3B baskı teknolojileri açıklanmaktadır.

Vat Fotopolimerizasyon: SLA / DLP / LCD

Protetik diş hekimliğinde en yaygın kullanılan 3B baskı teknolojisi sınıfı, ışıkla kürleme prensibine dayanan vat fotopolimerizasyon sistemleridir. Bu sistemler, sıvı reçinenin kontrollü ışık kaynağıyla katılaştırılması yoluyla yüksek hassasiyetli

parçalar üretir. SLA, DLP ve LCD teknolojileri bu sınıftadır. Bu sistemlerin her biri; ışık kaynağı, reçine tankı ve hareketli platformdan oluşan temel bileşenlere sahiptir; bu bileşenlerin kalitesi doğrudan çıktı doğruluğunu etkiler (Caussin, Moussally, Le Goff, vd., 2024).

Stereolithography (SLA)

Stereolithography, 3B baskının en eski ve en yaygın kullanılan ışıkla kürleme teknolojilerinden biridir. SLA sistemlerinde ultraviyole (UV) lazer ışığı, ışığa duyarlı sıvı reçine tankının yüzeyini noktasal olarak tarar; her bir katmanda seçilen alan sertleştirilerek katman katman yapı oluşturulur. Bu teknoloji, özellikle yüksek çözünürlük ve mükemmel yüzey kalitesi sağlaması nedeniyle dental modeller, cerrahi şablonlar, geçici restorasyonlar ve splint üretiminde yaygın olarak tercih edilir (Šimunović vd., 2025).

SLA cihazlarında lazerin pozisyonlanması genellikle galvo aynalar ile sağlanır ve reçine yüzeyinde noktadan noktaya kürleme yapılır. Bu durum daha uzun baskı süresi yaratabilir ancak detay hassasiyeti çok yüksektir. Klinik çalışmalarda SLA ile üretilen modellerin boyutsal doğruluğu ve yüzey detaylarının netliği öne çıkmaktadır (Caussin, Moussally, Le Goff, vd., 2024; Šimunović vd., 2025).

Digital Light Processing (DLP)

Digital Light Processing (DLP), SLA ile benzer bir prensipte çalışmakla birlikte, kürleme işlemi lazer yerine dijital projeksiyonla gerçekleştirilir. DLP sistemleri, her katmanı tek seferde kürleyebilen bir dijital ışık projektörü (DMD) kullanır ve bu sayede baskı süresi belirgin şekilde kısalır. Bu teknoloji, hızlı üretim gerektiren klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. DLP'nin önemli avantajlarından biri de parçalar arası tekrarlanabilirlik ve daha az mekanik parça gereksinimi nedeniyle cihaz dayanıklılığıdır (Caussin, Moussally, Le Goff, vd., 2024; Jeong vd., 2023).

Ancak DLP sistemlerinde kullanılan ışık projektörlerinin çözünürlüğü, baskı kalitesini doğrudan etkiler; düşük piksel yoğunluğu, katman çizgilerinin belirginleşmesine ve küçük ayrıntıların kaybına yol açabilir (Hâi, t.y.).

Liquid Crystal Display (LCD)

LCD teknolojisi, DLP'ye benzer bir prensiple çalışsa da, ışık kaynağı olarak LED paneller kullanır ve görüntü bir LCD ekran aracılığıyla reçineye aktarılır. Bu sistem, DLP'ye kıyasla daha uygun maliyetlidir ve yaygın olarak masaüstü 3B yazıcılarda kullanılır. Klinik doğrulukları belirli sınırlar içinde kabul edilebilir olmakla birlikte, yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda sınırlı performans gösterebilirler (Jeong vd., 2023; Yüceer vd., 2025).

LCD yazıcılar, SLA ve DLP'ye göre daha düşük donanım maliyeti ve daha basit yapıya sahiptir. Bu durum onları eğitim kurumları, küçük laboratuvarlar ve bireysel kullanıcılar için cazip hale getirir. Ancak, kullanılan LCD ekranın çözünürlüğü, baskının detay kalitesini doğrudan etkiler ve ekran ömrü sınırlı olabilir (Caussin, Moussally, Le Goff, vd., 2024).

Material Jetting (PolyJet) ve Benzeri

Işığa duyarlı reçineler dışında başka malzemelerle çalışan ve daha fazla üretim esnekliği sağlayan bir diğer yöntem ise Material Jetting teknolojileridir. Bu teknolojiye sıvı malzeme mikro damlacıklar halinde yüzeye püskürtülerek katılaştırılır. Özellikle PolyJet sistemleri, çoklu malzeme kombinasyonları sayesinde estetik ve yapısal prototiplerin eşzamanlı üretimini mümkün kılar. PolyJet baskının diğer yöntemlere göre temel avantajları; basılabilen malzeme çeşitliliğinin çok geniş olması ve tek bir üründe birden fazla malzemeyi aynı baskı sürecinde bir arada üretebilmesidir (Castiaux vd., 2019).

Powder Bed Fusion: SLS / SLM

Daha dayanıklı (mekanik olarak güçlü) malzemelerle üretim yapılabilen 3B baskı yöntemlerinden bir diğeri de, toz halindeki malzemeyi ince katmanlar halinde serip lazerle ısıtarak birbirine kaynaştıran, yani sinterleyen veya tamamen eritip birleştiren sistemlerdir. Diş hekimliğinde (özellikle metal altyapı/iskelet vb. üretiminde) Selective Laser Sintering (SLS) ve Selective Laser Melting (SLM) kullanmak, klasik metal döküm yöntemine göre daha kontrollü, daha standart ve bu yüzden sonucu önceden öngörmesi daha kolay bir üretim sağlar; ayrıca işlem sürecinde bazı riskleri azalttığı için daha güvenli kabul edilir (Jeong vd., 2023).

Selective Laser Sintering (SLS), termoplastik tozların tamamen eritilmeden yüksek sıcaklıkta sinterlenmesiyle polimer bazlı parçalar üretir. Bu yöntem; dayanıklılık, esneklik ve uzun ömür gerektiren modeller için uygundur (Awad vd., 2021).

Selective Laser Melting (SLM) ise metal tozlarının lazerle tamamen eritilerek katılaştırılması prensibine dayanır ve özellikle kobalt-krom ve titanyum alaşımları gibi biyouyumlu metallerin kullanımını mümkün kılar. SLS ve SLM malzeme ve süreçler açısından benzer olsa da arasındaki temel fark birinde toz parçacıkları ısıtılarak sinterlenme yapılırken diğerinde tamamen eritilmesidir (Konda Gokuldoss vd., 2017).

Fused Deposition Modeling (FDM)

Fused Deposition Modeling (FDM) teknolojisi, eritilmiş termoplastik filamentin katman katman ekstrüde edilmesi ile çalışır ve dentalde daha çok eğitim modelleri ya da prototip amaçlı tercih edilir. FDM'nin avantajları düşük maliyet ve kullanım kolaylığı iken, yalnızca termoplastik malzemeyle çalışması ve düşük çözünürlük nedeniyle klinik restorasyonlar için kullanımı kısıtlıdır (Jeong vd., 2023).

Tablo 1: 3B Baskı Teknolojileri Karşılaştırması

Teknoloji	Çözünürlük	Uygulama Alanı	Avantajlar	Sınırlılıklar / Tipik Hatalar	Maliyet
SLA	Yüksek	Model, rehber, splint	Detay hassasiyeti, yüzey kalitesi	Yüksek post-processing gereksinimi, kırılğan destekler	Orta
DLP	Orta–Yüksek	Geçici restorasyon, model	Hızlı üretim, homojen kürlenme	Piksel kaynaklı hatalar	Orta
LCD	Orta	Model, geçici restorasyon	Uygun maliyet, kullanıcı dostu	Düşük ışık yoğunluğu, yüzey izleri	Düşük
MJ (PolyJet)	Çok yüksek	Mock-up, splint, maksillofasiyal	Multi-materyal, yüksek çözünürlük	Maliyetli bakım, sınırlı ısı direnci	Yüksek
SLS / SLM	Orta–Yüksek	Metal altyapı, bar	Metalik dayanıklılık, destek gerektirmez	İnce tozların kullanımı riskli olabilir	Çok Yüksek
FDM	Düşük	Eğitim modeli, prototip	Ucuz ve hızlı	Düşük doğruluk, yüzey kalitesi zayıf, sadece termoplastik malzemeler	Çok Düşük

Dijital İş Akışı

Dijital iş akışı, bir hastanın intraoral olarak toplanan verilerinin dijital ortama aktarılmasından başlanarak, restorasyonun klinik olarak teslimine kadar uzanan süreçler bütünüdür. Bu akış, ölçü alma, tasarım (CAD), üretim ve üretim sonrası işlemler gibi birbirini takip eden modüllerden oluşur. Başarılı bir dijital protetik süreç, yalnızca doğru veri ve tasarım ile değil, aynı zamanda üretim sonrası süreçlerin uygun şekilde yürütülmesiyle tamamlanır (Anadioti vd., 2020).

Veri Toplama

Veri toplama aşaması, dijital iş akışında temel adımlardan biridir ve doğru restorasyon üretiminin ön koşulu olarak kabul edilir. Bu aşamada intraoral tarayıcılar (IOS), laboratuvar model tarayıcıları veya gerektiğinde CBCT verileri ile ağız içi ve çevresindeki yapılar yüksek çözünürlüklü olarak dijital ortama aktarılır. Bu dijital veriler, geleneksel ölçülere kıyasla yüksek doğrulukta 3B modellerin oluşturulmasını sağlar ve hatalı veri girişinin restorasyon hatalarına dönüşmesini engeller. Ayrıca, IOS kullanımı hastalar için daha kısa işlem süreleri ve konfor sağlar (Gawali vd., 2024).

Tasarım (CAD)

Toplanan dijital ölçüler, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarında restorasyon, cerrahi rehber, splint veya total protez kaidesi gibi protez parçalarının sanal modellerine dönüştürülür. CAD yazılımları, restorasyonun anatomik uyumunu optimize edecek şekilde dijital tasarım yapılmasına imkan verir ve tasarım sürecinde parametrelerin kolaylıkla ayarlanabilmesi, manuel işlemlerde oluşabilecek insan hatasını minimize eder. Bu sanal modeller üzerinde uygulanacak üretim sonrası optimizasyonlar da bu yazılımlar üzerinden planlanır (Strub vd., 2006).

Üretim Öncesi Hazırlık: Slicing, Destek, Oryantasyon, Parametre Seçimi

Burada öncelikle slice etmek, destek yapıları ve oryantasyon kelimelerinin bize ne ifade ettiğini anlamamız gerekir. Slice etmek modeli yazdırmak için yazılımın modeli çok ince katmanlara bölüp dilimlemesini anlatır. Yazıcı bu katmanları üst üste koyarak parçayı oluşturur. Destek yapıları terimi ise altı boşta olan bölgelerin basılabilmesi için yazılımın eklediği geçici destekleri ifade eder. Baskı bitince bu destekler çıkarılır. Oryantasyon ise parçanın yazıcı içinde hangi açıyla ve hangi yönde basılacağını anlatır.

Baskı öncesi hazırlık, dijital modelin 3B yazıcıda üretilebilir hale getirilmesi sürecidir. Yazılımda model slice edilerek katmanlara ayrılır, uygun destek yapıları tanımlanır ve parça oryantasyonu belirlenir. Bu adımlar, hem baskı kalitesini hem de üretim sonrası süreçlerin etkinliğini doğrudan etkiler. Örneğin, parça oryantasyonu katman hatalarının yerleşimini ve son yüzey pürüzlülüğünü etkilerken, desteklerin konumu ve yoğunluğu post-processing sürecini ve malzeme israfını belirler (Piedra-Cascón vd., 2021).

Üretim Sonrası Süreç: Yıkama, Post-Cure, Finishing/Polishing

Üretim sonrası süreç, protetik restorasyonların klinik performansını belirleyen en kritik aşamalardan biridir. Ürün baskısı tamamlandıktan sonra süreç genellikle şu adımları izler:

- Destek yapılarının uzaklaştırılması
- Yıkama / durulama (post-rinsing)
- İkincil polimerizasyon (post-curing)
- Yüzey düzeltme ve polisaj

Baskı tamamlandıktan sonra ilk olarak genellikle restorasyonun iç ya da dış yüzeyine temas edecek şekilde oluşturulan destek yapılar, baskı tamamlandıktan sonra manuel ya da mekanik yollarla uzaklaştırılır. Daha sonra parça üzerinde halen mevcut olan polimerize olmamış reçine kalıntılarının temizlenmesi için yıkama işlemi yapılır. Bu adım, reçinenin mekanik dayanımını ve biyouyumluluğunu artırmak açısından önemlidir çünkü kalan monomerlerin çözünmesi toksisite riskini azaltır ve daha stabil mekanik özellik sağlar (Hassanpour vd., 2024).

Ardından post-curing (UV kürleme) uygulanır; bu işlem, reçinenin tam olarak çapraz bağlanmasına yardımcı olarak sertlik, eğilme ve kırılma dayanımını artırır, bu da özellikle restorasyonların klinik dayanıklılığı için gereklidir.

Daha sonra yazıcı destekleri çıkarılır ve yüzey üzerinde nihai düzeltme (finishing) ve cilalama yapılır. Doğru yüzey bitimi, sadece estetik görünümü geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda mikro yüzey pürüzlülüğünü azaltarak bakteriyel retansiyonu düşürür ve uzun süreli hijyen sağlanmasına katkıda bulunur.

Bu üretim sonrası zincirin her bir adımı, restorasyonun mekanik özelliklerini, biyoaktif davranışını ve klinik uyumunu doğrudan etkiler. Yanlış veya eksik post-processing, malzemenin yüzey kalitesini bozabilir ve bu da hem fonksiyonel performansı hem de biyouyumlu yüzey özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir (Caussin, Moussally, Le Goff, vd., 2024; Kang vd., 2022).

Klinik Teslim

3B baskı ve post-processing süreçleri tamamlandıktan sonra restorasyon klinik ortamda değerlendirilir. Bu aşamada restorasyonun ağız içinde uyum kontrolü yapılır, dijitalde ayarlanan oklüzyonun doğruluğu kontrol edilir ve simantasyon veya vida ile sabitleme gibi son işlemler gerçekleştirilir. Ayrıca hastaya restorasyonun bakımı ve uzun ömürlü kullanımı için özel öneriler verilir; bu, restorasyonun klinik başarısı ve hasta memnuniyetini artırır (Abdulkarim vd., t.y.).

Protetik Endikasyonlar ve Klinik Kullanım Alanları

3 B baskı teknolojileri, protetik diş tedavisinde hem ön çalışma aşamalarında hem de nihai restorasyon üretiminde önemli uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar, yalnızca üretim hızını ve tekrarlanabilirliği artırmakla kalmaz; aynı zamanda kişiye özel çözümler sunarak hasta konforu ve klinik başarı oranlarını yükseltir (Alyami, t.y.).

Diagnostik Modeller ve Çalışma Modelleri

Diagnostik modeller, hastanın ağız içi anatomisinin fiziksel olarak incelenmesini sağlar ve tedavi planlamasında temel bir rol

oyunar. Additif üretimle üretilen bu modeller yüksek boyutsal doğruluk ve tekrarlanabilirlik sunar; böylece geleneksel alçı modellerde sıklıkla görülen deformasyon ve ölçü sapmaları azalmış olur (Alyami, t.y.).

Bu modeller, implant yerleşimi, oklüzal ilişkiler ve uyum analizi gibi klinik kararların verilmesinde kullanılır ve doğruluk bakımından dijital modellerin avantajları literatürde desteklenmektedir.

Cerrahi Rehberler (Implant Guide)

3 B baskı ile üretilen cerrahi rehberler, implant tedavilerinde implantın yerleştirileceği doğru yeri ve açığı belirlemek için kullanılır. Bu rehberler, dijital planlama verilerine göre CBCT ve intraoral tarama kombinasyonu ile kişiye özel olarak üretilir. Cerrahi rehberlerin kullanımı, implant yerleştirme sırasında hata oranını düşürerek operasyon güvenliğini ve klinik başarı oranını artırır. Ayrıca restoratif diş hekimi ve cerrah arasındaki korelasyonu arttırarak daha öngörülebilir protezlerin üretimine olanak sağlar (Yeager vd., 2024).

Geçici Restorasyonlar

3 B baskı ile üretilen geçici kron ve köprüler, hastanın tedavi süresince hem fonksiyonel hem de estetik ihtiyaçlarını karşılamak için yaygın olarak kullanılır. Bu restorasyonlar özellikle fotopolimer reçinelerden üretilir ve klinik geçici kullanım süresi için yeterli dayanıklılık sağlar. Aynı seans üretilebilir ve bu sayede hastanın daimi restorasyona kadar estetik ve konforunu idame etmesini sağlar. Literatürde, geçici restorasyonların özellikle uyum ve oklüzal ilişki açısından kabul edilebilir toleranslar içinde üretilebildiği gösterilmiştir (Tahayeri vd., 2018).

Oklüzal Splint / Bruksizm Plakları

Oklüzal splintler ve bruksizm plakları, diş gıcırdatma ve temporomandibular bozuklukların yönetiminde kullanılan cihazlardır. 3 B baskı ile üretilen bu plaklar, kişiye özel tarama verileri kullanılarak hızlı ve ekonomik şekilde üretilebilir.

Bu plakların dijital üretimi, geleneksel yöntemlere göre uyum ve konfor açısından avantajlar sunar ve aynı zamanda tekrarlanabilir bir üretim süreci sağlar (Bargellini vd., 2024).

Total Protez ve Parsiyel Protez Uygulamaları

3 B baskı teknolojisi, total ve parsiyel protezlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Bu uygulama ile kişiye özel protez kaidesi tasarımı kolaylaştırırken, uyum ve estetik sonuçlar da iyileştirilebilir.

Araştırmalar, 3 B baskı ile üretilen protez kaidelerinin hem mekanik dayanım hem de uyum açısından klinik olarak kabul edilebilir aralıkta performans gösterdiğini bildirmektedir (Al-omiri & Saraç, 2024).

Maksillofasiyal Protezler ve Obtüratörler

Maksillofasiyal protezler, yüz ve çene bölgesinde geniş doku kayıplarına bağlı deformitelerin rehabilitasyonunda kritik rol oynar. 3 B baskı teknolojisi bu protezlerin üretiminde karmaşık anatomik geometrilerin birebir modellenmesini sağlar.

Özellikle obtüratör ve benzeri maksillofasiyal uygulamalar için 3 B baskı, özelleştirilmiş, hafif ve biyouyumlu çözümler sunarak hasta konforunu ve fonksiyonel sonucu artırır (Alyami, t.y.).

Materyaller: Reçineler, Metaller ve Klinik Gereksinimler

Additif üretim teknolojilerinin protetik uygulamadaki başarısı, kullanılan materyalin türü, mekanik özellikleri, biyouyumluluğu ve işlem parametrelerine verdiği yanıt ile doğrudan ilişkilidir. Dental restorasyon üretiminde tercih edilen malzemeler polimerik reçinelerden metal alaşımlarına kadar uzanır ve her bir

sınıf farklı klinik gereksinimlere yanıt verir. 3B baskı ile malzeme seçimi, yalnızca üretim kolaylığı değil aynı zamanda uzun süreli kullanım performansı, biyouyumluluk ve estetik beklentilerin karşılanması açısından da belirleyicidir (Altıntaş vd., 2025).

Fotopolimer Reçineler

Fotopolimer reçineler, 3B baskı teknolojilerinde en yaygın kullanılan maddeler olup, özellikle SLA ve DLP gibi ışıkla kürleme yöntemlerinde tercih edilirler. Bu reçineler, yüksek çözünürlük ve yüzey detay kalitesi sağlamak üzere formüle edilmiştir; bu nedenle çalışma modelleri, cerrahi rehberler, splintler ve geçici restorasyonlar gibi uygulamalarda yüksek performans sunar. Reçinelerin çoğu, metakrilat veya üretan-akrilat bazlı olup, polimerizasyon sonrası yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal stabiliteyi optimize eden yapıdadır (Borthakur vd., 2025).

İçerdikleri polimerizasyon başlatıcılar, monomer bileşenler ve çapraz bağlayıcılar, yeterli sertlik ve esneklik ile birlikte kabul edilebilir mekanik dayanım değerleri sağlar; bu da geçici protezlerin intraoral kullanımı için gereklidir. Bununla birlikte, fotopolimer reçinelerin dönüşüm derecesi (degree of conversion) ve kalan monomer kalıntıları, mekanik ve biyouyumluluk özelliklerini etkileyebilir. Dönüşüm derecesi ile ifade edilmek istenen başlangıçta monomer formunda bulunan moleküllerin polimer ağına ne oranda katıldığıdır. Yani, ışıkla sertleşme (polimerizasyon) sürecinde reaksiyona giren çift bağların oranını temsil eder. Bu oran ne kadar yüksekse:

- Mekanik dayanım artar,
- Yüzey çözünürlüğü ve sertlik iyileşir,
- Kalan serbest monomer miktarı azalır, bu da biyouyumluluğu artırır ve toksisite riskini düşürür.

Özellikle son kürleme işlemleri daha iyi özellikler için gereklidir (Kirby vd., 2024).

Metal Baskı Tozları (Co-Cr, Ti)

Metal malzemeler, yüksek dayanıklılık, korozyon direnci ve uzun dönemli biyouyumluluk gibi özellikleri sayesinde özellikle sabit protez altyapıları ve implant bileşenleri için vazgeçilmezdir. Titanyum (Ti) ve kobalt-krom (Co-Cr) alaşımları, SLM veya benzeri toz yatağı teknolojileriyle üretilerek sabit veya hareketli protezlerin altyapı iskeletlerinde, barlarda ve maksillofasiyal defektlerin rehabilitasyonu için tasarlanan protezlerde kullanılabilir. Bu alaşımlar, yüksek akma dayanımı ve yorulma direnci sağlayarak dental yükler altında uzun süre dayanabilen yapılar oluşturur (Tian vd., 2021).

Titanyumun yüzey oksit tabakası, biyouyumluluğu artırırken korozyon direncini de güçlendirir; bu özellikle implant destekli protezlerde hem doku toleransı hem de uzun ömür açısından önemlidir. Co-Cr alaşımları ise yüksek sertlik ve aşınma direnci ile parsiyel veya total protez iskeletlerinde yaygın şekilde kullanılır (Tian vd., 2021).

Ancak metal tozlarının işlenmesi, yüksek erime noktaları ve ağır metal partikülleri nedeniyle karmaşık proses kontrolü gerektirir; bu hem üretim sürecini hem de post-processing adımlarını etkiler (Alyami, t.y.).

Seramikler ve Kompozitler

Seramikler, özellikle estetik ve aşınma direnci açısından önemli malzemelerdir. Diş restorasyonlarında zirkonya ve lityum disilikat gibi seramikler, doğal dişlere yakın optik ve mekanik özellikler sunar; ancak 3B baskı ile seramik üretimi, yüksek ergime noktası ve kırılma direnci nedeniyle hala karmaşık bir uygulama alanıdır. Bu nedenle seramik üretimi genellikle seramik ile polimer

malzemelerin birlikte kullanıldığı hibrit malzeme stratejileri ile yürütülür.

Kompozit malzemeler ise reçineler ile seramik veya metal partiküllerinin kombinasyonu olarak kullanılır; bu yaklaşım hem mekanik dayanımı hem de estetik görünümü dengeleyen hibrit yapılar sağlar ve geçici restorasyonların ötesinde de protetik uygulamalarda umut verici sonuçlar verir (Alyami, t.y.; Nulty, 2021).

Doğruluk, Uyum ve Kalite

3B baskı teknolojilerinde doğruluk (accuracy), dijital tasarım dosyası ile fiziksel üretim çıktısı arasındaki benzerlik derecesini ifade eden kritik bir performans göstergesidir. Doğruluk kavramı, iki farklı bileşene ayrılır: trueness (gerçeklik) ve precision (tekrarlanabilirlik). Trueness; üretilen parçanın referans dijital modele ne kadar yakın olduğunu gösterirken, precision aynı teknolojinin tekrarlanan baskılarında çıktılarının birbirine ne kadar benzer olduğunu tanımlar (Grymak vd., 2023).

Klinik uygulamalar açısından bu iki parametre işlevsel ve biyomekanik uyum açısından hayati öneme sahiptir; çünkü protez kaideleri, cerrahi rehberler veya sabit restorasyonlar gibi yapıların, dijital ölçülere çok yakın şekilde üretilmesi gereklidir. Örneğin, tam ark dental modeller veya protez kaideleri gibi büyük ölçekli parçalar için düşük trueness değerleri, marjinal açıklıklara ve uyum problemlerine yol açabilir (Gökmen vd., t.y.).

Trueness ve precision değerlendirmelerinde, literatürde sıklıkla üç boyutlu süperpozisyon ve Root Mean Square (RMS) gibi metrikler kullanılır; bu ölçümler referans STL verisi ile üretilmiş parçanın taranmış verisi arasındaki farkı kantitatif olarak ifade eder. Düşük RMS değerleri, daha yüksek uyum ve doğruluk anlamına gelir (García Gil vd., 2025).

Çeşitli 3B baskı teknikleri üzerine yapılan çalışmalarda, SLA, DLP, PolyJet gibi teknolojilerin trueness ve precision açısından birbirlerinden farklı performans gösterdiği rapor edilmiştir. Bazı çalışmalar, PolyJet ve DLP teknolojilerinin daha yüksek precision değerleri sergilediğini ve bu nedenle daha tutarlı sonuçlar verdiğini bildirmiştir (Gökmen vd., t.y.).

Ayrıca, baskı oryantasyonu, katman kalınlığı ve iç yapı tasarımı gibi parametrelerin de doğruluk üzerine etkisi literatürde incelenmiş ve bu faktörlerin değişiminin model doğruluğunu önemli ölçüde etkilediği gösterilmiştir. Örneğin, belli açılardaki baskı yönelimlerinin trueness değerlerini iyileştirdiği veya kötüleştirdiği raporlanmıştır (García vd., 2024).

Bu nedenle dental protez üretiminde yüksek doğruluk sağlanması yalnızca teknolojinin seçimiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda baskı parametrelerinin doğru ayarlanması, ölçüm yöntemlerinin doğru uygulanması ve nihai parçanın kalite kontrolünün sistematik bir şekilde yapılması ile ilişkilidir.

Gelecek Yönelimleri

3B baskı teknolojisi diş hekimliğinde sadece mevcut klinik uygulamaları dönüştürmekle kalmamış, aynı zamanda geleceğin tedavi yaklaşımlarını şekillendirecek birçok yenilikçi yönelimi de beraberinde getirmiştir. Bu gelişmeler hem yeni malzemeler hem de gelişmiş süreçler ve entegre teknolojiler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Klinik uygulamalardan araştırma alanlarına kadar geniş bir yelpazede, dijital üretimin gelecekte diş hekimliğinde oynayacağı rol gittikçe artmaktadır (Monalisa vd., 2025).

Çoklu Malzeme (Multi-Material) ve Fonksiyonel Baskı Yaklaşımları

Gelecekte diş hekimliği için 3B baskının en önemli gelişim yönlerinden biri, çoklu malzeme baskı (multi-material 3D printing)

olacaktır. Ticari olarak çeşitli 3B yazıcılar mevcut olmasına rağmen, yalnızca sınırlı sayıda yazıcı birden fazla malzemeyle 3B parça üretimine olanak sağlar. Bu yaklaşım sayesinde bir parçanın farklı mekanik ve biyolojik özelliklere sahip materyallerle aynı anda üretilmesi mümkün hale gelir. Çoklu materyal baskı teknikleri hem protetik hem ortodontik uygulamalarda daha geniş bir kullanım yelpazesi sunduğu için gelecekteki klinik çözümlerde önemli bir rol oynayacaktır (Rafiee vd., 2020).

4B Baskı ve Akıllı (Smart) Malzemeler

Bir diğer yenilikçi alan, 4D baskı teknolojisidir; burada dördüncü boyut, zaman olarak tanımlanır ve basılı parçanın ortam koşullarına göre kendi şeklini veya özelliklerini değiştirme kapasitesi bulunur. Örneğin şekil hafızalı polimerler veya uyarana yanıt veren malzemeler sayesinde, basılı dental parçalar sıcaklık, nem veya ağız içi pH gibi çevresel etkilere tepki verebilecek şekilde tasarlanabilir. Bu, kendi kendini ayarlayan splintler, adaptif oklüzal plaklar veya büyüme ve iyileşme süreçlerine uyum sağlayan biyomateryaller gibi yenilikçi tedavi seçeneklerinin önünü açabilir (Cai vd., 2023).

Biyobaskı ve Doku Mühendisliği

3B baskı teknolojisinin ileri aşaması olarak kabul edilen biyobaskı (bioprinting), özellikle doku mühendisliği ve rejeneratif tedaviler alanında büyük potansiyel taşır. Bu yaklaşımda, hücre-bazlı bioink materyaller kullanılarak hastaya özel doku yapılarına (örneğin pulpa-dentin kompleksleri) yönelik baskılar gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu da gelecekte biyolojik olarak fonksiyon gösteren diş dokularının üretimine yönelik önemli bir adım olabilir (Cai vd., 2023).

Yapay Zeka (AI) ve Otomasyonun Entegrasyonu

3B baskı süreçlerindeki bir başka önemli gelişme de yapay zeka (AI) ve otomasyon ile iş akışlarının güçlendirilmesidir. Tasarım aşamasından son üretime kadar birçok süreçte AI, otomatik tasarım optimizasyonu, parametre ayarı, hata tahmini ve kalite kontrol gibi görevlerde kullanılabilir. Bu da tedavi planlarının doğruluğunu artırmak, üretim hatalarını azaltmak ve klinik süreçleri daha verimli hale getirmek için fırsatlar sunar. AI destekli üretim sistemlerinin gelişmesi, gelecekte hem klinisyenlerin hem de laboratuvar teknisyenlerinin iş yükünü azaltabilir ve dijital protetik süreçlerin hızını artırabilir (Aung vd., 2026; Ding vd., 2023).

Metal 3B Baskı ve İmplantlar

Metal 3B baskı teknolojisinin gelişimi, özellikle titanyum (Ti) veya kobalt-krom (Co-Cr) gibi biyouyumlu alaşımlarla üretilen özel implantlar, barlar ve bireyselleştirilmiş sabit altyapılar için yeni fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde mikro-gözenekli yapılar, yüzey modifikasyonları ve osseointegrasyon için optimize edilmiş implant geometrileri tasarlanabilir ve bu da implant stabilitesi ve uzun dönem klinik başarı olasılığını artırabilir (Cai vd., 2023).

Sonuç

3B baskı teknolojilerinin protetik diş tedavisindeki yükselişi, dijitalleşmenin klinik pratiğe entegrasyonunun en önemli göstergelerinden biridir. Bu teknoloji yalnızca ölçü alma, tasarım ve üretim süreçlerini modernize etmekle kalmaz; aynı zamanda kişiye özel restorasyonlar, cerrahi rehberler ve implant altyapıları gibi kompleks uygulamaları da güvenilir ve tekrarlanabilir bir biçimde üretme imkanı sunar. Bununla birlikte, teknolojinin klinik başarısı yalnızca bir 3B yazıcıya sahip olmakla elde edilmez. Materyal seçimi, üretim parametreleri, doğru post-processing, doğruluk (trueness/precision) değerlendirmeleri ve klinik kalite kontrolü gibi bir dizi faktörün birlikte optimize edilmesini gerektirir (Alyami, t.y.).

Geleceğe bakıldığında, çoklu malzeme üretimi, yapay zeka (AI) destekli optimizasyon, 4B baskı ve biyobaskı gibi ileri yaklaşımlar, diş hekimliğinde tedavi kişiselleştirme, adaptif restorasyonlar ve biyolojik dokularla bütünleşen implantlar gibi yeni tedavi alanlarının kapısını aralamaktadır. Bu yönelimler, teknolojinin yalnızca üretim verimliliğini değil, aynı zamanda tedavi etkinliğini ve hasta deneyimini dönüştürme potansiyelini de artırır (Borthakur vd., 2025).

Sonuç olarak, 3B baskı teknolojilerinin protetik diş tedavisindeki rolü, mevcut klinik uygulamaları iyileştirmekle kalmayıp, geleceğin dijital diş hekimliği modellerinin temelini de oluşturacak bir evrimsel süreç sunmaktadır. Bu nedenle hem klinisyenlerin hem de araştırmacıların bu teknolojiyi bilimsel kanıtlara dayalı olarak sürekli geliştirmesi ve güvenli bir şekilde uygulaması, modern protetik uygulamalarda başarıyı sürdürülebilir hale getirecektir (Alyami, t.y.).

Kaynakça

Abdulkarim, L. I., Alharamlah, F. S. S., Abubshait, R. M., Alotaibi, D. A., & Abouonq, A. O. (t.y.). Impact of Digital Workflow Integration on Fixed Prosthodontics: A Review of Advances and Clinical Outcomes. *Cureus*, 16(10), e72286. <https://doi.org/10.7759/cureus.72286>

Al-omırı, A., & Saraç, D. (2024). Üç Boyutlu Baskı Yöntemi ile Üretilen Protez Kaide Materyallerinin Üretim Yöntemleri, Mekanik ve Fiziksel Özellikleri. *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 2(3), 266-277. <https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1341374>

Altıntaş, E., Tartuk, B. K., & Tartuk, G. A. (2025). 3D Printing Technology Applied to Dentistry: A Review. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, 6(2), 250-265. <https://doi.org/10.58605/bingolsaglik.1694419>

Alyami, M. H. (t.y.). The Applications of 3D-Printing Technology in Prosthodontics: A Review of the Current Literature. *Cureus*, 16(9), e68501. <https://doi.org/10.7759/cureus.68501>

Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, M. B., Papavasiliou, G., & Kamposiora, P. (2020). 3D printed complete removable dental prostheses: A narrative review. *BMC Oral Health*, 20(1), 343. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01328-8>

Aung, Z. H., Noppadolmongkol, S., Suwunnapang, N., Chaweewannakorn, C., Satravaha, Y., Peanchitlertkajorn, S., & Boonpratham, S. (2026). Towards automated model analysis: A multiview AI segmentation of 3D dental scans. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, S2212-4438(25)00831-8. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2025.12.002>

Awad, A., Fina, F., Goyanes, A., Gaisford, S., & Basit, A. W. (2021). Advances in powder bed fusion 3D printing in drug delivery and

healthcare. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 174, 406-424.
<https://doi.org/10.1016/j.addr.2021.04.025>

Bargellini, A., Mannari, E., Cugliari, G., Deregibus, A., Castroflorio, T., Es Sebar, L., Serino, G., Roggia, A., & Scotti, N. (2024). Short-Term Effects of 3D-Printed Occlusal Splints and Conventional Splints on Sleep Bruxism Activity: EMG–ECG Night Recordings of a Sample of Young Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 13(3), 776.
<https://doi.org/10.3390/jcm13030776>

Borthakur, P. P., Sahariah, J. J., Sarma, M., Das, A., Pathak, K., Ahmad, M. Z., & Abdel-Wahab, B. A. (2025). Advances in 3D printing for dentistry: Clinical applications and future perspectives. *Exploration of Medicine*, 6, 1001374.
<https://doi.org/10.37349/emed.2025.1001374>

Cai, H., Xu, X., Lu, X., Zhao, M., Jia, Q., Jiang, H.-B., & Kwon, J.-S. (2023). Dental Materials Applied to 3D and 4D Printing Technologies: A Review. *Polymers*, 15(10), 2405.
<https://doi.org/10.3390/polym15102405>

Castiaux, A. D., Pinger, C. W., Hayter, E. A., Bunn, M. E., Martin, R. S., & Spence, D. M. (2019). PolyJet 3D-Printed Enclosed Microfluidic Channels without Photocurable Supports. *Analytical chemistry*, 91(10), 6910-6917.
<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.9b01302>

Caussin, E., Moussally, C., Le Goff, S., Fasham, T., Troizier-Cheyne, M., Tapie, L., Dursun, E., Attal, J.-P., & François, P. (2024). Vat Photopolymerization 3D Printing in Dentistry: A Comprehensive Review of Actual Popular Technologies. *Materials*, 17(4), 950.
<https://doi.org/10.3390/ma17040950>

Ding, H., Cui, Z., Maghami, E., Chen, Y., Matinlinna, J. P., Pow, E. H. N., Fok, A. S. L., Burrow, M. F., Wang, W., & Tsoi, J. K. H. (2023). Morphology and mechanical performance of dental crown

designed by 3D-DCGAN. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 39(3), 320-332. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.02.001>

García Gil, I., Rodríguez Alonso, V., Tobar Arribas, C., Mosaddad, S. A., Peláez, J., & Suárez, M. J. (2025). Effect of 3D printing technology, build orientation, and shell thickness on the accuracy of full-arch dental models for fixed dental prostheses: An in vitro study. *Scientific Reports*, 15(1), 40938. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24780-4>

García, N., Gómez-Polo, M., Fernández, M., Antonaya-Martín, J. L., Ortega, R., Gómez-Polo, C., Revilla-León, M., & Cascos, R. (2024). Influence of Printing Angulation on the Accuracy (Trueness and Precision) of the Position of Implant Analogs in 3D Models: An In Vitro Pilot Study. *Applied Sciences*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/app14072966>

Gawali, N., Shah, P. P., Gowdar, I. M., Bhavsar, K. A., Giri, D., & Laddha, R. (2024). The Evolution of Digital Dentistry: A Comprehensive Review. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 16(Suppl 3), S1920-S1922. https://doi.org/10.4103/jpbbs.jpbs_11_24

Gökmen, Ş., Görgülü, S., Topsakal, K. G., & Duran, G. S. (t.y.). Accuracy of 3D Printer Technologies Using Digital Dental Models. *Turkish Journal of Orthodontics*, 37(4), 257-264. <https://doi.org/10.4274/TurkJOrthod.2024.2023.8>

Grymak, A., Badarneh, A., Ma, S., & Choi, J. J. E. (2023). Effect of various printing parameters on the accuracy (trueness and precision) of 3D-printed partial denture framework. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 140, 105688. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105688>

Hải, P. N. (t.y.). Effect of Horizontal Resolution of Printer on Trueness of 3D-Printed Provisional Crown: An In Vitro Study.

European Journal of General Dentistry. <https://doi.org/10.1055/S-0043-1764478>

Hassanpour, M., Narongdej, P., Alterman, N., Moghtadernejad, S., & Barjasteh, E. (2024). Effects of Post-Processing Parameters on 3D-Printed Dental Appliances: A Review. *Polymers*, 16(19), 2795. <https://doi.org/10.3390/polym16192795>

Jeong, M., Radomski, K., Lopez, D., Liu, J. T., Lee, J. D., & Lee, S. J. (2023). Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview. *Dentistry Journal*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/dj12010001>

Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>

Kang, M.-J., Lim, J.-H., Lee, C.-G., & Kim, J.-E. (2022). Effects of Post-Curing Light Intensity on the Mechanical Properties and Three-Dimensional Printing Accuracy of Interim Dental Material. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(19), 6889. <https://doi.org/10.3390/ma15196889>

Kirby, S., Pesun, I., Nowakowski, A., & França, R. (2024). Effect of Different Post-Curing Methods on the Degree of Conversion of 3D-Printed Resin for Models in Dentistry. *Polymers*, 16(4), 549. <https://doi.org/10.3390/polym16040549>

Konda Gokuldoss, P., Kolla, S., & Eckert, J. (2017). Additive Manufacturing Processes: Selective Laser Melting, Electron Beam Melting and Binder Jetting—Selection Guidelines. *Materials*, 10(6), 672. <https://doi.org/10.3390/ma10060672>

Monalisa, S., Alipuor, M., Paul, D., Rahman, M. A., Siddika, N., Apu, E. H., & Mostafiz, R. B. (2025). Transforming Dental Care, Practice and Education with Additive Manufacturing and 3D

Printing: Innovations in Materials, Technologies, and Future Pathways. *Dentistry Journal*, 13(12), 555. <https://doi.org/10.3390/dj13120555>

Nulty, A. B. (2021). *3D Printing Part 2—A Literature Review of 3D Printing Materials in Dentistry* (No. 2021050316). Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202105.0316.v1>

Piedra-Cascón, W., Krishnamurthy, V. R., Att, W., & Revilla-León, M. (2021). 3D printing parameters, supporting structures, slicing, and post-processing procedures of vat-polymerization additive manufacturing technologies: A narrative review. *Journal of Dentistry*, 109, 103630. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103630>

Rafiee, M., Farahani, R. D., & Therriault, D. (2020). Multi-Material 3D and 4D Printing: A Survey. *Advanced Science*, 7(12), 1902307. <https://doi.org/10.1002/advs.201902307>

Rezaie, F., Farshbaf, M., Dahri, M., Masjedi, M., Maleki, R., Amini, F., Wirth, J., Moharamzadeh, K., Weber, F. E., & Tayebi, L. (2023). 3D Printing of Dental Prostheses: Current and Emerging Applications. *Journal of composites science*, 7(2), 80. <https://doi.org/10.3390/jcs7020080>

Šimunović, L., Brenko, L., Marić, A. J., Meštrović, S., & Haramina, T. (2025). Rheology of Dental Photopolymers for SLA/DLP/MSLA 3D Printing. *Polymers*, 17(19). <https://doi.org/10.3390/polym17192706>

Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer-aided design and fabrication of dental restorations: Current systems and future possibilities. *Journal of the American Dental Association* (1939), 137(9), 1289-1296. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0389>

Tahayeri, A., Morgan, M., Fugolin, A. P., Bompolaki, D., Athirasala, A., Pfeifer, C., Ferracane, J., & Bertassoni, L. E. (2018). 3D Printed Versus Conventionally Cured Provisional Crown and Bridge Dental Materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 34(2), 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.10.003>

Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., Lu, X., Shi, H., Lee, E.-S., & Jiang, H. B. (2021). A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021, 9950131. <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>

Yeager, B., Çakmak, G., Zheng, F., Johnston, W. M., & Yilmaz, B. (2024). Error analysis of stages involved in CBCT-guided implant placement with surgical guides when different printing technologies are used. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(5), 995-1004. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.11.018>

Yüceer, Ö. M., Kaynak Öztürk, E., Çiçek, E. S., Aktaş, N., & Bankoğlu Güngör, M. (2025). Three-Dimensional-Printed Photopolymer Resin Materials: A Narrative Review on Their Production Techniques and Applications in Dentistry. *Polymers*, 17(3), 316. <https://doi.org/10.3390/polym17030316>

BÖLÜM 4

DİJİTAL OLARAK ÜRETİLEN PROTEZ KAİDE REZİNLERİNDE YÜZEY TOPOGRAFYASI VE CANDIDA ALBICANS TUTUNMASI: CAD/CAM VE 3B BASKI PERSPEKTİFİ

**ALİ MERT AKSOY, ÖZGE KIRARSLAN KARAGÖZ,
MEHMET ALİ GÜNGÖR**

GİRİŞ

Tam protez kullanan bireylerde protez yüzeyinde biyofilm birikimi, özellikle *Candida albicans* kolonizasyonu yoluyla protez stomatitinin gelişimine katkıda bulunabilmektedir. Protez stomatitinin prevalansı protez kullanıcılarında geniş bir aralıkta bildirilmiş; yetersiz protez hijyeni, protezin gece boyunca ağızda tutulması, ağız kuruluğu ve uyumsuz protez kullanımı başlıca risk etmenleri arasında gösterilmiştir. Bu nedenle protez kaide rezinleri değerlendirilirken yalnızca mekanik performans değil, yüzey özellikleriyle ilişkili biyolojik davranış da dikkate alınmalıdır (Silva ve ark., 2023; Alhajj ve ark., 2024).

Polimetil metakrilat esaslı protez kaidelerinde porozite, yüzey düzensizlikleri ve işlem sonrası ortaya çıkan mikroyapısal farklılıklar, mikroorganizmalar için korunmuş tutunma alanları oluşturabilmektedir. Yüzey topografyası, ıslanabilirlik, yüzey serbest enerjisi ve yüzey işlemleri; *Candida* adezyonu ve biyofilm

olgunlaşması üzerinde birlikte etkili olan başlıca değişkenlerdir. Bu nedenle protez kaide materyallerinin biyolojik başarısını belirleyen unsur yalnızca kimyasal bileşim değildir , üretim tekniği ve yüzey sonlandırma süreçleri de bu başarı üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Meiowitz ve ark., 2021; Gad ve ark., 2022).

Dijital diş hekimliğinin gelişmesiyle birlikte protez kaidesi üretiminde konvansiyonel ısıyla polimerize polimetil metakrilata alternatif olarak CAD/CAM ile frezelenen ve eklemeli üretimle hazırlanan 3B baskılı rezinler klinik uygulamada giderek daha fazla yer bulmuştur. Dijital üretim tekniklerinin temel iddiası; daha öngörülebilir, daha standardize ve potansiyel olarak biyofilm birikimi açısından daha kontrol edilebilir yüzeyler sağlayabilmesidir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, üstünlüğün yalnız “dijital” olma özelliğinden değil, kullanılan üretim parametreleri ile işlem sonrası protokollerin kalitesinden kaynaklandığını göstermektedir (Alqarawi ve Gad, 2024).

Konvansiyonel, 3B baskılı ve frezelenen tam protezleri karşılaştıran klinik randomize kontrollü çalışmada, Candida albicans koloni oluşturan birim değerlerinin konvansiyonel grupta daha yüksek olabildiği; ancak tüm gruplarda zamanla artış eğilimi görülebildiği bildirilmiştir. Bu bulgu, materyal seçiminden bağımsız olarak bakım protokolü ve klinik izlemin önemini açık biçimde ortaya koymaktadır (Salem ve ark., 2026). Bu bölümde dijital üretim yöntemleri, yüzey oluşumu, pürüzlülük ve ıslanabilirlik gibi yüzey parametreleri, Candida adezyonu ile biyofilm değerlendirme yöntemleri ve mevcut laboratuvar-klinik kanıtlar birlikte ele alınarak klinik karar vermeyi destekleyecek bir çerçeve sunulacaktır (Alhajj ve ark., 2024; Neves ve ark., 2026).

PROTEZ KAİDE REZİNLERİNDE DİJİTAL ÜRETİM YAKLAŞIMLARI

CAD/CAM ile frezelenen protez kaide rezinleri genellikle endüstriyel koşullarda yüksek basınç ve sıcaklık altında polimerize edilmiş bloklardan elde edilir. Bu üretim biçimi materyalin daha homojen bir yapıda olmasına, artık monomer miktarının azalmasına ve porozitenin daha sınırlı kalmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle frezelenen kaidelerde hem mekanik kararlılığın hem de yüzey davranışının daha öngörülebilir olabildiği bildirilmektedir.

Eklemeli üretimle hazırlanan 3B baskılı protez kaide rezinlerinde ise stereolitografi, dijital ışık işleme ve sıvı kristal ekran tabanlı sistemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde materyal katmanlar halinde üretildiği için baskı yönelimi, katman kalınlığı, rezin viskozitesi, destek tasarımı, yıkama süresi ve işlem sonrası polimerizasyon gibi değişkenler yüzey morfolojisini doğrudan etkiler. Bu nedenle 3B baskı materyallerinin biyolojik performansı, kullanılan reçinenin özelliği kadar üretim protokolünün standardizasyon derecesine de bağlıdır (Lee, Alauddin ve ark., 2023; Osman ve ark., 2023).

FİZİKSEL, MEKANİK, TERMAL VE KİMYASAL ÖZELLİKLER

Dijital olarak üretilen protez kaide rezinlerinin değerlendirilmesinde yalnızca yüzey pürüzlülüğü değil, fiziksel ve mekanik özellikler de dikkate alınmalıdır. Fleksural dayanım, elastik modül, sertlik, kırılma tokluğu, darbe dayanımı, aşınma direnci ve boyutsal kararlılık, protezin uzun dönem performansını ve stabilitesini belirleyen başlıca özelliklerdir. Önceden polimerize CAD/CAM blokların daha yüksek dönüşüm derecesi ve daha homojen mikroyapı göstermesi, özellikle fleksural dayanım ve sertlik bakımından avantaj sağlayabilmektedir. Buna karşılık 3B baskılı rezinlerde katmanlar arası bağlanma kalitesi, baskı yönelimi ve son ışık polimerizasyonu mekanik performansı belirleyen

başlıca unsurlardır (al-Qarni ve Gad, 2023; Abdul-Monem ve Hanno, 2024; Altarazi ve ark., 2024).

Yakın dönem çalışmalar, yapay yaşlandırma ve termal siklus sonrasında sertlik, kırılma tokluğu ve bazı olgularda fleksural özelliklerde azalma görülebildiğini; bu azalmanın 3B baskılı materyallerde daha belirgin olabildiğini göstermektedir. Bu durum, klinik değerlendirmede yalnız başlangıç değerlerinin değil, zaman içinde su emilimi, çözünürlük ve yapısal yorulma karşısındaki dayanımın da dikkate alınması gerektiğini düşündürmektedir.

Termal özellikler klinik açıdan ikincil görünse de hastanın sıcak-soğuk algısı ve materyalin boyutsal kararlılığı üzerinde dolaylı etkiye sahiptir. Polimetil metakrilat esaslı rezinlerin ısı iletkenliği sınırlıdır; bu nedenle metal kaidelerle karşılaştırıldığında sıcaklık iletimi farklılaşabilir. Bununla birlikte nanodolgu sistemleriyle elde edilen bazı deneysel iyileştirmelerin dijital protez kaide rezinlerine doğrudan genellenmesi güçtür çünkü bu etkinin üretim yöntemi ve reçine kompozisyonuna göre değişebileceği anlaşılmaktadır (Sá ve ark., 2020; Sabri ve ark., 2021).

Kimyasal özellikler bakımından protez kaide rezinlerinde klasik metal korozyonundan çok su emilimi, çözünürlük, artık monomer salınımı ve oral çevrede gelişen kimyasal bozunma süreçleri önem taşır. Yapay tükürükte bekletme ve yaşlandırma sonrasında sorpsiyon ve çözünürlük davranışının değişebilmesi, yüzey sertliğinde azalma ve biyofilm için elverişli yeni mikronişlerin oluşumu ile ilişkili olabilir. Elektriksel iletkenlik ise bu materyallerde klinik açıdan öncelikli bir parametre değildir. Mevcut veriler, dijital protez kaide rezinlerinde klinik değerlendirmeyi esas olarak termal konfor, çözünürlük, boyutsal kararlılık ve yüzey bütünlüğü üzerinden yapmanın daha anlamlı olduğunu göstermektedir (Sabri ve ark., 2021; Altarazi ve ark., 2024).

YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI

Yüzey pürüzlülüğü, protez kaide literatüründe en sık raporlanan parametrelerden biridir ve çoğunlukla aritmetik ortalama pürüzlülük ya da alan temelli ortalama pürüzlülük değerleri ile ifade edilir. Ağ meta-analizi düzeyindeki veriler, ısıyla polimerize akrilik rezin, CAD/CAM ile frezelenen ve 3B baskılı gruplar arasında yüzey pürüzlülüğü bakımından farkın her çalışmada belirgin olmadığını göstermektedir. Buna karşın olasılık sıralamalarında frezelenen materyallerin daha avantajlı bir yerde konumlanabildiği bildirilmiştir (Neves ve ark., 2026).

Yüzey pürüzlülüğü çoğu çalışmada temaslı profilometre ile değerlendirilmekte, yüzey morfolojisi ise taramalı elektron mikroskobu ile desteklenmektedir. Bazı araştırmalarda atomik kuvvet mikroskobu, üç boyutlu optik yüzey analizleri, temas açısı ölçümleri ve yüzey serbest enerjisi hesaplamaları da kullanılmaktadır. Ancak bu parametrelerin her biri yüzey davranışının farklı bir yönünü yansıttığı için, tek bir ölçüm üzerinden genelleyici klinik sonuçlara varmak uygun değildir (Fouda ve ark., 2024).

NUMUNE HAZIRLAMA VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

Bu alandaki çalışmaların önemli bir kısmında, incelenen sonlanıma göre farklı numune geometrileri kullanılmaktadır. Candida adezyonu, temas açısı ve tetrazolyum temelli metabolik aktivite testlerinde çoğunlukla disk biçimli örnekler tercih edilirken; fleksural dayanım ve elastik modül değerlendirmelerinde Uluslararası Standardizasyon Örgütü ölçütlerine uygun dikdörtgen çubuk numuneler kullanılmaktadır. Bu yöntemsel farklılık, yapılan çalışmalarda bulguların doğrudan karşılaştırılmasını güçleştiren temel nedenlerden biridir.

Bazı çalışmalarda polisajlı dış yüzey ile dokuya bakan iç yüzey ayrı ayrı değerlendirilmiş, bazı çalışmalarda ise üretimden

çıkan yüzey doğrudan teste alınmıştır. Özellikle 3B baskılı materyallerde katman izlerinin dokuya bakan yüzeyde korunma olasılığı düşünüldüğünde, hangi yüzeyin analiz edildiğinin açık biçimde raporlanması büyük önem taşımaktadır (Silva ve ark., 2023; Fouda ve ark., 2024).

Numune hazırlama akışı genel olarak sayısal tasarım, üretim, desteklerin uzaklaştırılması, yıkama, işlem sonrası polimerizasyon, polisaj, depolama ya da yaşlandırma ve son test aşamalarından oluşur. 3B baskılı gruplarda yıkama ve işlem sonrası polimerizasyon süresi en az katman kalınlığı ve baskı yönü kadar kritik görünmektedir. Frezelenmiş gruplarda ise önceden polimerize bloktan elde edilen yüzeyin bitim ve polisaj standardizasyonu belirleyicidir. Mikrobiyolojik deneylerde tükürük pelikülünün oluşturulması, sonikasyon ve sterilizasyon süreçleri ile inokülasyon süresinin standardize edilmesi, farklı çalışmalar arasında anlamlı karşılaştırma yapabilmek için zorunludur (Silva ve ark., 2023; Lee ve ark., 2023).

Yüzey pürüzlülüğü için temaslı profilometre en yaygın araç olmakla birlikte, biyofilm çalışmalarında tek bir sonlanıma dayanan yaklaşım giderek yetersiz görülmektedir. Koloni oluşturan birim sayımı, metabolik aktivite testleri ve konfokal lazer taramalı mikroskopi gibi yöntemlerin birlikte kullanılması, biyofilmin hem canlı hücre yoğunluğu hem de mekânsal organizasyonu hakkında daha güvenilir bilgi sunmaktadır (Silva ve ark., 2023; Fouda ve ark., 2024).

CANDIDA ADEZYONU VE BİYOFİLM DEĞERLENDİRMESİ

Candida albicans adezyonu ve biyofilm oluşumunun değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemler koloni oluşturan birim sayımı, XTT benzeri metabolik aktivite testleri ve mikroskobik incelemelerdir. Bununla birlikte bu yöntemlerin her

biri aynı biyolojik olayın farklı bir boyutunu ölçmektedir. Koloni oluşturan birim sayımı canlı ve çoğalabilir hücreleri yansıtırken, metabolik aktivite testleri biyofilmin canlılık düzeyi hakkında bilgi verir; taramalı elektron mikroskopu ve konfokal lazer taramalı mikroskopi ise biyofilmin yapısal düzeni ile yüzey dağılımını ortaya koyar. Bu nedenle sonuçlar yorumlanırken kullanılan ölçüm aracının neyi temsil ettiği açık biçimde dikkate alınmalıdır (Fouda ve ark., 2024; Silva ve ark., 2023).

Candida adezyonunun yalnız yüzey pürüzlülüğü ile açıklanamayacağı da giderek daha açık hale gelmektedir. Yüzey hidrofobisitesi, temas açısı, tükürük pelikülü, yüzey serbest enerjisi ve hatta erken dönemde yüzeyde oluşan protein tabakası, ilk tutunma kuvvetlerini değiştirebilmektedir. Bu nedenle benzer pürüzlülük değerlerine sahip iki materyalin farklı kolonizasyon paternleri göstermesi beklenmedik değildir.

KANITLARIN SENTEZİ: ÜRETİM TEKNİĞİ - YÜZEY - CANDIDA İLİŞKİSİ

Sistematik derleme ve meta-analiz düzeyindeki veriler, frezelenen rezinlerde *Candida albicans* adezyonunun konvansiyonel polimetil metakrilata kıyasla daha düşük olabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte 3B baskılı materyaller için sonuçlar daha heterojendir. Bu heterojenliğin temel nedeni, baskı parametreleri, işlem sonrası polimerizasyon, yüzey bitim protokolleri ve çalışmalarda kullanılan biyofilm değerlendirme yöntemleri arasındaki farklılıklardır (Alhajj ve ark., 2024; Neves ve ark., 2026; Osman ve ark., 2023).

Bazı in vitro çalışmalarda 3B baskılı materyallerde daha yüksek biyofilm oluşumu gösterilmiş, bazı çalışmalarda ise iyi standardize edilmiş protokoller altında frezelenen ve 3B baskılı gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. CAD/CAM rezinlerde

Candida adezyonunun benzer bulunabildiği, ancak temas açısı ve yüzey kimyası ile ilişki gösterebildiği de bildirilmiştir. Klinik randomize kontrollü çalışma ise konvansiyonel grupta daha yüksek koloni oluşturan birim değerleri bildirmiştir. Dolayısıyla üretim tekniği önemli olmakla birlikte, kolonizasyon davranışını tek başına açıklayan bir değişken olarak değerlendirilmemelidir (Fouda ve ark., 2024; Salem ve ark., 2026).

3B BASKIDA ÜRETİM PARAMETRELERİ VE İŞLEM SONRASI BASAMAKLAR

3B baskılı protez kaide rezinlerinde katman kalınlığı, üretim açısı ve baskı yönelimi yüzey topografyası ile mikrobiyal tutunmayı etkileyebilen temel değişkenlerdir. Daha kalın katmanlar ve belirli açılardaki üretim, yüzeyde basamaklanma etkisini artırarak mikroorganizma tutunması için daha elverişli mikroyapılar oluşturabilir. Bununla birlikte bu ilişkinin doğrusal ve tek yönlü olmadığı, kullanılan reçine ile işlem sonrası protokole göre değişebildiği bildirilmektedir (Li ve ark., 2023; Ryu ve ark., 2025; Lee, Jo ve ark., 2023).

Yıkama, desteklerin uzaklaştırılması, işlem sonrası polimerizasyon ve polisaj gibi işlem sonrası basamaklar da biyolojik performans üzerinde doğrudan belirleyicidir. Yetersiz yıkama artık reçine kalıntısına, eksik işlem sonrası polimerizasyon düşük dönüşüm derecesine, yetersiz polisaj ise yüzey düzensizliklerinin korunmasına yol açabilir. Buna karşılık uzatılmış işlem sonrası ışık polimerizasyonu ve kontrollü yüzey işlemleri bazı yüzey özelliklerini iyileştirebilse de, aşırı uygulamalar hidrofobisiteyi ya da yüzey kimyasını istenmeyen biçimde değiştirebilir. Bu nedenle 3B baskı iş akışında yalnız cihaz seçimi değil, kurum içi süreç disiplini de kritik önem taşımaktadır (Sabbah ve ark., 2022; Lee, 2025).

ÇEVRESEL ETKİLER VE BAKIM PROTOKOLLERİ

Yapay tükürükte farklı pH koşullarında yapılan yaşlandırma çalışmaları, yüzey pürüzlülüğü ve *Candida albicans* adezyonunun çevresel değişkenlerden etkilenebildiğini göstermektedir. Bu bulgu, ağız ortamının dinamik yapısını ve laboratuvar koşullarında uygun görünen bir yüzeyin zaman içinde farklı biyolojik davranış gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Arslan ve ark., 2025).

Temizleyici ajanlar mikrobiyal yükü azaltma açısından yararlı olmakla birlikte, bazı ajanların yüzey topografyası ve yüzey kimyası üzerinde değişiklik oluşturabildiği bildirilmiştir. Bu nedenle bakım protokolü planlanırken kısa dönem antifungal yarar ile uzun dönem yüzey stabilitesi birlikte değerlendirilmelidir (Alfouzan ve ark., 2023).

Termal siklus da dijital protez kaide rezinlerinin yalnız mekanik değil, biyolojik davranışını dolaylı biçimde etkileyebilen bir yaşlandırma aracıdır. Yaşlandırma sonrasında sertlik, su emilimi ve bazı yüzey parametrelerinde görülen değişiklikler, biyofilm oluşumu için daha uygun bir mikroçevre yaratabilir. Bu nedenle laboratuvar verileri yorumlanırken kullanılan yaşlandırma protokolünün döngü sayısı, ortamı ve süresi mutlaka dikkate alınmalıdır (Altarazi ve ark., 2024; Fouda ve ark., 2022).

Tükürüğün niceliği ve niteliği de yüzey-mikroorganizma etkileşiminin merkezindedir. Tükürük pelikülü, *Candida*'nın protez yüzeyine ilk yaklaşımında biyolojik bir ara tabaka görevi görür. Bu nedenle tükürüğün protein içeriği, akış hızı, tampon kapasitesi ve pH düzeyi kolonizasyon paternini etkileyebilir. Kserostomi, ilaca bağlı hiposalivasyon ve düşük pH gibi durumlar bu koruyucu dengeyi bozarak biyofilm riskini artırabilmektedir (Sá ve ark., 2020; McReynolds ve ark., 2023).

Çevresel etkiler yalnız laboratuvar yaşlandırması ile sınırlı değildir. Yüksek karbonhidratlı beslenme, asidik ağız ortamı, sigara kullanımı, protezin gece ağızda tutulması ve yetersiz temizlik

alışkanlıkları protez stomatiti riskini artıran klinik davranış örüntüleridir. Bu nedenle etkili bir bakım protokolü yalnız temizlik ajanı seçimine değil, protezin gece çıkarılması, mekanik temizliğin standardizasyonu ve biyofilm birikimini artıran alışkanlıkların sorgulanmasına da dayanmalıdır (Perić ve ark., 2024; McReynolds ve ark., 2023).

ASTAR VE YENİDEN ASTARLAMA MATERYALLERİ İLE MİKROBİYOLOJİK İLİŞKİ

Klinik uygulamada protezin uyumunu düzeltmek amacıyla kullanılan yumuşak astarlar ve koltuk başında uygulanan yeniden astarlama materyalleri, Candida kolonizasyonu açısından ayrı bir değerlendirme gerektirir. Bu materyallerde su emilimi, plastikleştirici kaybı ve yüzey düzensizlikleri zaman içinde artabildiğinden, iyi hazırlanmış bir dijital protez kaidesi üzerinde dahi biyofilm için ek nişler oluşabilir (Alojaymi ve ark., 2023; Perić ve ark., 2024).

Bu nedenle yeniden astarlama gereksinimi bulunan hastada amaç yalnız uyumu artırmak değil, mikrobiyolojik riski de sınırlandırmaktır. Özellikle protez stomatiti öyküsü olan olgularda geçici yumuşak astarların uzun süreli kullanımından kaçınılmalıdır. Materyalin temizlenebilirliği, yüzey stabilitesi ve yenilenme sıklığı klinik planlamaya dâhil edilmelidir. Yeniden astarlama kararı, mekanik uyum kadar biyofilm yönetimi boyutuyla da ele alınmalıdır (McReynolds ve ark., 2023).

MEKANİZMALAR: YÜZEY - MİKROORGANİZMA ETKİLEŞİMİNİ ŞEKİLLENDİREN ARA BASAMAKLAR

Yüzey pürüzlülüğü ve ıslanabilirlik çoğu çalışmada raporlansa da, Candida adezyonunun tek bir fiziksel parametreyle açıklanamadığı anlaşılmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden biri, klinik ortamda adezyonun çoğu zaman tükürük proteinleri ve müsinlerin oluşturduğu bir kondisyon filmi üzerinden

gerçekleşmesidir. Bu ara tabaka yüzeyin kimyasal ve topografik özellikleriyle etkileşime girerek mikroorganizmanın yüzeye yaklaşma biçimini değiştirebilir (Meirowitz ve ark., 2021; Gad ve ark., 2022).

3B baskılı materyallerde işlem sonrası polimerizasyon, kumlama ve polisaj gibi uygulamalar yüzey hidrofobisitesini ve pürüzlülüğü değiştirebildiği için, adezyon davranışı üzerinde dolaylı etkiler oluşturabilir. Temas açısı ile Candida adezyonu arasında ilişki bildiren çalışmalar bulunduğu gibi, bu ilişkiyi doğrulamayan çalışmalar da vardır. Bu durum, klinik yorumda “tek ölçüm-tek sonuç” yaklaşımının yetersiz kaldığını göstermektedir (Fouda ve ark., 2024; Topaloğlu ve ark., 2025).

Biyofilmin olgunlaşma evresinde yalnız Candida değil, bakteriyel türler de rol oynayabilmektedir. Candida albicans ile metisiline duyarlı Staphylococcus aureus gibi türleri içeren karma biyofilm modelleri, klinik gerçekliğe tek tür modellerinden daha yakındır. Bu nedenle gelecekteki çalışmaların karma biyofilm yapıları ve uzun dönem yüzey değişimleri üzerine yoğunlaşması beklenmelidir (Moisés ve ark., 2026).

ÖLÇÜM VE RAPORLAMA İÇİN PRATİK STANDARDİZASYON ÖNERİSİ

Literatürdeki heterojenliğin başlıca kaynakları; hangi yüzeyin ölçüldüğü, yüzey bitim ve polisaj protokolleri, kullanılan mikroorganizma suşu, inokulum yoğunluğu, inkübasyon süresi ve tercih edilen ölçüm yöntemidir. Bu nedenle çalışmalar klinik yoruma aktarılırken yalnız sonuçlar değil, protokol bileşenleri de birlikte değerlendirilmelidir (Neves ve ark., 2026; Alqarawi ve Gad, 2024).

Gelecekteki çalışmalar ve klinik laboratuvar uygulamaları için asgari raporlama setinin; üretim yöntemi ve cihaz modeli, baskı parametreleri, destek stratejisi, üretim sonrası işlem

protokolü, ölçülen yüzey bölgesi, pürüzlülük ölçüm parametreleri ve mikrobiyolojik deney ayrıntılarını içermesi yararlı olacaktır. Bu düzeyde bir standardizasyon, mevcut literatürdeki dağınıklığı azaltarak daha güvenilir karşılaştırmalar yapılmasına katkı sağlayacaktır.

KLİNİK - LABORATUVAR AKIŞI: 3B BASKI PROTEZ KAİDESİ ÜRETİMİNDE BİYOLOJİK RİSK ODAKLI KONTROL LİSTESİ

3B baskı protez kaidesi planlanırken mekanik ve uyum hedeflerine ek olarak biyofilm riskini azaltmaya yönelik basit bir kontrol listesi klinik tutarlılığı artırabilir. Öncelikle baskı parametreleri kurum içinde standardize edilmeli; katman kalınlığı, üretim açısı ve yönelim olabildiğince sabit tutulmalıdır. İşlem sonrası polimerizasyon süresi, yıkama protokolü ve yüzey işlemleri kayıt altına alınıp teslim öncesi bitim ve polisaj için açık bir kurum içi standart oluşturulmalıdır. Son olarak hastaya yazılı bakım önerileri verilmeli ve özellikle ilk aylarda planlı kontrol aralıkları belirlenmelidir (Li ve ark., 2023; Ryu ve ark., 2025; Lee, 2025).

KLİNİK SENARYOLAR: HANGİ HASTADA HANGİ STRATEJİ?

Kanıtlar, üretim tekniğinin kolonizasyon riskini etkileyebileceğini düşündürse de klinik karar verme sürecinde hasta kaynaklı risk etmenleri belirleyicidir. Yetersiz hijyen, protezin gece kullanımı, ağız kuruluğu, immünsüpresyon, ileri yaş ve sigara kullanımı protez stomatiti riskini artırabilmektedir. Bu nedenle materyal seçimi ile bakım protokolü birbirinden bağımsız düşünülmemelidir (Alhajj ve ark., 2024; Perić ve ark., 2024).

Yüksek riskli hastalarda, daha önce protez stomatiti öyküsü bulunan veya hijyen uyumu düşük bireylerde, mümkünse daha düşük Candida adezyon eğilimi bildirilen frezelenen rezinler düşünülebilir. Bununla birlikte 3B baskı iş akışının zorunlu olduğu

olgularda, baskı parametreleri ile işlem sonrası basamakların sıkı biçimde standardize edilmesi gerekir. Her iki durumda da bakım protokolünün yazılı verilmesi, protezin gece çıkarılması ve düzenli kontrol ziyaretleri planlanması esastır (Alfouzan ve ark., 2023; Salem ve ark., 2026).

Kserostomili hastalarda materyal seçimi tek başına yeterli değildir. Salya yetersizliği nedeniyle pelikül kompozisyonu ve doğal temizlenme kapasitesi bozulduğu için biyofilm kontrolü daha kırılgan hale gelir. Bu grupta daha düzgün yüzeyli materyaller, agresif olmayan ancak etkili temizlik ajanları, salya replasman ürünleri ve daha sık profesyonel kontroller birlikte değerlendirilmelidir. Buna karşılık bakım uyumu iyi, stomatit riski düşük ve hızlı üretim gereksinimi bulunan olgularda 3B baskı daha esnek bir klinik seçenek sunabilir (McReynolds ve ark., 2023; Abdul-Monem ve Hanno, 2024).

BIYOFİLMİN NİTELİĞİ: MİKTARIN ÖTESİNDE DEĞERLENDİRME

Literatür, Candida kolonizasyonunun yalnız sayısal artışla değil, biyofilmin organizasyonu ve fenotipi ile de değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir. CAD/CAM ile üretilen protez kaide rezini yüzeylerinde kolonizasyonu inceleyen çalışmalar, biyolojik davranışın yalnız hücre sayısı üzerinden açıklanamayacağını vurgulamaktadır. Ölçüm yönteminin koloni oluşturan birim sayımı, metabolik aktivite, canlı-ölü boyama ya da konfokal görüntüleme olması sonuç yorumunu doğrudan değiştirebilir. Bu nedenle klinik kararlarda tek bir metrik yerine, protokol ve ölçüm seti birlikte değerlendirilmelidir (Vetsch ve ark., 2025; Corrêa ve ark., 2025; Neves ve ark., 2026).

ÇALIŞMALARIN HARİTALANMASI: HANGİ SORUYU HANGİ TİP KANIT YANITLIYOR?

Bu alandaki literatür genel olarak üç grupta toplanabilir. Birinci grupta sistematik derlemeler, meta-analizler ve ağ meta-analizleri yer alır; bu çalışmalar genel eğilimi ve çalışmalar arası heterojenliği gösterir. İkinci grupta birincil laboratuvar çalışmaları bulunur; bu çalışmalar üretim yöntemi, yüzey parametreleri ve Candida çıktıları arasındaki ilişkileri kontrollü koşullarda test eder. Üçüncü grubu ise gerçek yaşam koşullarında kolonizasyonun zaman içindeki seyrini ve üretim yöntemleri arasındaki olası farkları değerlendiren klinik çalışmalar oluşturur (Alhajj ve ark., 2024; Neves ve ark., 2026; Salem ve ark., 2026).

Üst düzey sentezlerin gücü, tekil çalışmaların sınırlılıklarını kısmen dengeleyebilmesidir; ancak ulaşılan sonuçlar dâhil edilen çalışmaların niteliği ve raporlama standardına bağlıdır. Laboratuvar çalışmalarının gücü ise belirli bir parametrenin etkisini izole edebilmesidir. Örneğin katman kalınlığı, üretim açısı ve yönelimin yüzey topografyasını ve adezyonu etkileyebildiğini gösteren araştırmalar, 3B baskı materyallerinde süreç kontrolünün neden bu kadar önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Li ve ark., 2023; Ryu ve ark., 2025).

Öte yandan çevresel pH, yaşlandırma ve temizlik ajanları gibi değişkenlerin de sonuçları etkileyebilmesi, klinik gerçekliğin laboratuvar tasarımlarından daha karmaşık olduğunu göstermektedir. Bu nedenle mevcut kanıtın doğru okunabilmesi için, “hangi çalışma hangi soruyu yanıtlıyor?” sorusunun her zaman açık tutulması gerekir.

PROTOKOL ÖRNEĞİ: DİJİTAL PROTEZ KAİDESİ İÇİN LABORATUVAR ÇALIŞMASI TASARIMI

Mevcut çalışmaların ortak yaklaşımından hareketle örnek bir laboratuvar çerçevesi kurulabilir. Üretim grupları konvansiyonel ısıyla polimerize akrilik rezin, CAD/CAM ile frezelenen rezin ve tekne içinde fotopolimerizasyon temelli 3B baskılı rezin olarak

tanımlanabilir. 3B baskı gruplarında katman kalınlığı ve üretim yönelimi gibi parametreler için en az bir standart ve bir değişken protokol belirlenmesi, biyolojik çıktılardaki parametre duyarlılığını **daha net ve güçlü biçimde yansıtabilir** (Lee, Alauddin ve ark., 2023; Li ve ark., 2023).

Yüzey karakterizasyonunda hangi yüzeyin incelendiği açık biçimde tanımlanmalı; pürüzlülük ölçümleri için ölçüm noktası sayısı, temas açısı ölçüm koşulları ve polisaj protokolü ayrıntılı olarak raporlanmalıdır. Mikrobiyolojik protokolde kullanılan suş, inokulum yoğunluğu, inkübasyon süresi ve ölçüm yöntemi standardize edilmeli; ölçülen sonlanımın erken adezyonu mu yoksa olgun biyofilmi mi temsil ettiği net olarak belirtilmelidir. Üretim sonrası işlem basamaklarının eksiksiz raporlanması ise bu tür çalışmaların yeniden üretilebilirliği açısından zorunludur (Sabbah ve ark., 2022; Kurzendorfer-Brose ve Rosentritt, 2025).

SONUÇLARIN KLİNİK UYGULAMAYA AKTARIMI

Klinik uygulamada temel hedef, protez stomatiti riskini azaltacak bir “materyal-süreç-bakım” bütünlüğü kurmaktır. Üst düzey kanıtlar frezelenen rezinlerin Candida adezyonu açısından belirli bir avantaj taşıyabileceğini düşündürse de, bu avantaj kötü hijyen davranışları ya da yetersiz takip koşullarında tek başına koruyucu değildir. Klinik randomize kontrollü çalışmada tüm gruplarda zamanla artış eğilimi görülmesi, materyal seçiminin ancak iyi bir bakım sistemi ile anlam kazandığını göstermektedir (Alhajj ve ark., 2024; Salem ve ark., 2026).

3B baskı tercih edildiğinde protokol disiplini daha da önemli hale gelir. Katman kalınlığı ve yönelimin yüzey topografyası ile adezyonu etkileyebilmesi nedeniyle klinik laboratuvarlarda parametre setlerinin sabitlenmesi ve üretim sonrası işlemlerin kayıt altına alınması önerilir. Temizlik ajanlarının hem mikrobiyal yük hem de yüzey stabilitesi üzerindeki etkileri birlikte

değerlendirilmelidir. Yüksek riskli hastalarda daha yakın kontrol, yeniden eğitim ve gerektiğinde yüzey yenileme işlemleri yararlı olabilir (Li ve ark., 2023; Alfouzan ve ark., 2023; Arslan ve ark., 2025).

Kaide materyali seçimi protez dişlerinin bağlantısından ve fonksiyonel performanstan bağımsız düşünülemez. CAD/CAM kaideler ile yapay dişler arasındaki bağ dayanımı, protezin uzun dönem klinik başarısını etkileyen ayrı bir değişkendir. Benzer şekilde dijital üretim yöntemlerinin çiğneme etkinliği ve hasta memnuniyeti açısından umut verici sonuçlar vermesi, materyal seçiminin yalnız mikroorganizma tutunması üzerinden değil, fonksiyonel kabul ve günlük kullanım başarısı üzerinden de değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (Han ve ark., 2020; Ragheb ve Ibrahim, 2021; Nabil ve ark., 2024).

TARTIŞMA VE KLİNİK ÇIKARIMLAR

Bu bölümde özetlenen veriler birlikte değerlendirildiğinde iki ana sonuç öne çıkmaktadır. Birincisi, frezelenen protez kaide rezinleri bazı protokollerde ve üst düzey kanıt sentezlerinde daha düşük Candida adezyonu ile ilişkili görünmektedir. İkincisi ise klinik performansın yalnız materyal sınıfı ile açıklanamayacak kadar çok bileşenli olduğudur. Aynı 3B baskı reçinesi, farklı katman kalınlığı, baskı yönü, yıkama süresi, işlem sonrası polimerizasyon programı ve polisaj yaklaşımı altında farklı yüzey topografyaları üretebilmekte; bu da aynı materyal içinde bile değişken biyolojik sonuçlara yol açabilmektedir (Alhajj ve ark., 2024; Abdul-Monem ve Hanno, 2024; Silva ve ark., 2023).

Bu nedenle “frezelenen her zaman üstündür” ya da “3B baskı her zaman daha risklidir” biçimindeki yargılar, mevcut kanıtlar dikkate alındığında aşırı genelleyici kalmaktadır. Klinik karar sürecinde üretim tekniği, laboratuvarın süreç kontrol düzeyi ve hastanın biyofilm risk profili birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca

mekanik üstünlük ile biyolojik üstünlük her zaman örtüşmemektedir. Yüksek sertlik veya fleksural dayanım önemli avantaj sağlasa da, yetersiz yüzey işlemleri bu kazanımların biyofilm davranışına yansımaları sınırlandırabilir. Benzer şekilde, iyi polisajlanmış bir 3B baskı kaidesi kısa dönemde kabul edilebilir mikrobiyal performans gösterebilir ancak yaşlandırma sonrası yüzey değişimleri ayrıca değerlendirilmelidir. Bu nedenle yüzey topografyası, ıslanabilirlik, mekanik dayanım, bakım kolaylığı ve hastaya özgü oral çevre birlikte değerlendirilmelidir (Altarazi ve ark., 2024; Perić ve ark., 2024).

Uygulamada en rasyonel yaklaşım, materyal ve süreç seçiminin ardından bakım protokolünü de bu planlamanın ayrılmaz bir bileşeni olarak belirlemektir. Protezin gece çıkarılması, düzenli mekanik temizlik, uygun kimyasal dezenfeksiyon, kserostominin kontrolü ve gerektiğinde yeniden polisaj uygulanması biyofilm kontrolünde temel basamaklardır. Sonuç olarak amaç, yalnızca en “iyi” materyali seçmek değil, hastanın bunu sürdürebilir bir biçimde kullanabileceği bir sistem kurmaktır.

ARAŞTIRMA BOŞLUKLARI VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Mevcut literatürde öne çıkan boşluklar dört başlıkta toplanabilir. İlk olarak, 3B baskılı protez kaide rezinlerinde işlem sonrası polimerizasyon süresi, spektrumu ve atmosferi gibi değişkenlerin Candida adezyonuna etkisini aynı protokol altında karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. İkinci olarak, yapay tükürük, termal yaşlandırma ve temizlik ajanlarını birlikte değerlendiren uzun dönem modeller yetersizdir. Üçüncü olarak, karma biyofilm modelleri ile klinik takip çalışmalarının sayısı hâlâ düşüktür. Son olarak, numune hazırlama ve ölçüm standardizasyonundaki eksiklikler çalışmalar arası karşılaştırılabilirliği azaltmaktadır.

Gelecekteki araştırmaların, standardize edilmiş 3B baskı iş akışları altında uzun dönem biyofilm davranışı, karma mikrobiyal

yapıların etkisi ve hasta odaklı klinik sonuçlara yönelmesi, dijital protez kaide rezinlerinin biyolojik performansını daha sağlıklı değerlendirmeye olanak sağlayacaktır.

SONUÇ

Dijital üretim yöntemleri, protez kaide rezinlerinde yüzey topografyası ve yüzey kimyasını etkileyerek *Candida albicans* tutunma davranışında farklılıklara yol açabilmektedir. Mevcut üst düzey kanıtlar, frezelenen materyallerin bazı koşullarda daha düşük adezyon eğilimi gösterebileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu üstünlüğün tüm klinik senaryolar için mutlak ve değişmez olduğu söylenemez. Özellikle 3B baskılı materyallerde mikrobiyal tutunma davranışı, baskı parametreleri, işlem sonrası polimerizasyon düzeyi, yüzey polisajı, çevresel yaşlandırma koşulları ve hastanın protez bakım alışkanlıkları gibi çok sayıda değişkenin ortak etkisi altında şekillenmektedir. Bu durum, materyaller arası karşılaştırmaların yalnızca üretim yöntemine indirgenemeyeceğini ve yüzey özellikleri ile kullanım koşullarının birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca kısa dönem laboratuvar bulgularının uzun dönem klinik performansı her zaman doğrudan yansıtmayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle klinik karar süreci yalnızca material sınıfına odaklanmamalı, hastanın biyofilm riski, ağız ortamı, üretim sürecinin standardizasyon düzeyi ve bakım protokolünün sürdürülebilirliği birlikte ele alınmalıdır. Sonuç olarak, biyolojik açıdan daha güvenli ve öngörülebilir bir protez kullanımı için en uygun yaklaşım, materyal seçimini üretim disiplini ve etkili bakım stratejileri ile bütünleştiren kapsamlı bir klinik planlama anlayışıdır.

KISALTMALAR

CAD/CAM: Bilgisayar destekli tasarım / bilgisayar destekli üretim; DLP: Dijital ışık işleme; SLA: Stereolitografi; LCD: Sıvı kristal ekran; PMMA: Polimetil metakrilat; HPAR: Isıyla

polimerize akrilik rezin; CFU: Koloni oluşturan birim; CLSM: Konfokal lazer taramalı mikroskopi; SEM: Taramalı elektron mikroskobu; XTT: Tetrazolyum temelli metabolik aktivite testi; RCT: Randomize kontrollü çalışma; NMA: Ağ meta-analizi; MSSA: Metisiline duyarlı Staphylococcus aureus.

Tablo 1. Seçilmiş çalışmaların özeti.

Çalışma	Tasarım / Örnek	Üretim / Değişken	Temel
Alhajj ve ark., 2024	Sistematik derleme / meta-analiz	Frezelenen ve 3B baskı - konvansiyonel karşılaştırması	Frezel daha d eğilim sonuç
Neves ve ark., 2026	Ağ meta-analizi	CAD/CAM ve konvansiyonel rezinler	Yüzey temas her za değil; matery sıraları çıkabi
Osman ve ark., 2023	İn vitro	Konvansiyonel, frezelenen, 3B baskılı	Bazı p baskılı yüksel frezele düşük
Fouda ve ark., 2024	İn vitro	CAD/CAM rezinler	Candi benzer temas özellik görüle
Salem ve ark., 2026	Klinik randomize kontrollü çalışma	Konvansiyonel, 3B baskı, frezelenen	Konva daha y tüm gr zaman

Tablo 2. 3B baskıda parametrelerin yüzey ve Candida ile ilişkisine yönelik pratik özet.

Parametre	Beklenen yüzey	Candida açısından	Örnek
------------------	-----------------------	--------------------------	--------------

	etkisi	yorum	
Katman kalınlığı	Katman izleri ve pürüzlülükte değişim	Adezyon değişebilir; standardizasyon gerekir	Li ve a
Üretim açısı / yönelim	Oluklanma ve basamaklanma etkisi	Tutunma paternini etkileyebilir	Ryu ve Lee, J
İşlem sonrası polimerizasyon	Dönüşüm derecesi ve hidrofobisitede değişim	Adezyonu dolaylı olarak değiştirebilir	Sabbat Lee, 2
Temizleyiciler	Yüzey topografyası ve kimyasında değişim	Kısa vadede mikrobiyal azalma; uzun vadede yüzey etkisi önemli	Alfouz 2023
pH / yaşlandırma	Pürüzlülük ve yüzey bütünlüğünde değişim	Kolonizasyon eğilimi değişebilir	Arslan

Tablo 3. Sık kullanılan numune tipleri ve ölçüm yaklaşımları.

Sonlanım	Sık kullanılan numune	Başlıca yöntem	Rapor nokta
Candida adezyonu / biyofilm	Disk veya doku yüzeyini taklit eden eğrisel örnek	CFU, XTT, CLSM, SEM	Tükür inokül suş ve koşull
Yüzey topografyası	Disk, plak ya da iç yüzey benzeri örnek	Temaslı profilometre, SEM	Taram ölçüm ve ölç
Islanabilirlik	Polisajlı disk	Temas açısı	Damla kullanı ölçüm
Mekanik performans	Çubuk ya da plak örnekler	Üç nokta eğme, Vickers, kırılma tokluğu	ISO uy depola yaşlan protok

Tablo 4. Klinik senaryolara göre materyal ve bakım stratejisinin pratik özeti.

Klinik durum	Öncelikli risk	Düşünülebilecek strateji	Klinik
Protez stomatiti öyküsü / yüksek Candida riski	Biyofilm birikimi ve nüks	Daha düzgün yüzeyli kaide, yoğun polisaj, yakın kontrol	Hijyen verilm avanta
Kserostomi / hiposalivasyon	Pelikül ve tamponlama bozukluğu	Gece protezi çıkarma, salya desteği, yüzey stabilitesine duyarlı bakım ajanı	Tükür düşük riski h
Bakım uyumu zayıf hasta	Temizlik yetersizliği	Basitleştirilmiş bakım protokolü ve kısa aralıklı profesyonel takip	Temiz pratik gelir
Hızlı ve ekonomik protez gereksinimi	Süreç değişkenliği	3B baskı düşünülebilir; işlem sonrası protokol sıkı standardize edilir	Labor yöneti hetero
Sık yeniden astarlama gereksinimi	Astar yüzeyinde mikrobiyal tutunma	Geçici liner kullanımını sınırlama, gerektiğinde protezi yenileme	Akrili ek biy oluşt

[Şekil yer tutucu]

Şekil 1. Dijital protez kaide rezinlerinde sık kullanılan numune hazırlama ve değerlendirme akışı.

[Şekil yer tutucu]

Şekil 2. Literatürde öne çıkan yüzey, biyofilm ve mekanik değerlendirme yöntemleri.

[Şekil yer tutucu]

Şekil 3. Klinik risk profiline göre materyal ve bakım stratejisinin birlikte planlanması.

KAYNAKÇA

Alfouzan, A. F., Tuwaym, M., Aldaghri, E. N., Al Taweel, S. M., Al-Otaibi, H. N., Ali, R., Alojaimi, T., Alotiabi, H. M., Labban, N., & Alshehri, H. (2023). Efficacy of denture cleansers on microbial adherence and surface topography of conventional and CAD/CAM-processed denture base resins. *Polymers*, 15(2), 460. <https://doi.org/10.3390/polym15020460>

Alhajj, M. N., Halboub, E., Yacob, N., Al-Maweri, S. A., Ahmad, S. F., Celebić, A., Al-Mekhlafi, H. M., & Mohd Salleh, N. (2024). Adhesion of *Candida albicans* to digital versus conventional acrylic resins: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24, 303. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04083-2>

Alqarawi, F. K., & Gad, M. M. (2024). Tendency of microbial adhesion to denture base resins: A systematic review. *Frontiers in Oral Health*, 5, 1375186. <https://doi.org/10.3389/froh.2024.1375186>

Arslan, E., Akay, C., Erdönmez, D., & Avukat, E. N. (2025). Evaluation of the effect of new generation denture base materials aged in artificial saliva at different pH levels on surface roughness and *Candida albicans* adhesion. *BMC Oral Health*, 25, 356. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05700-4>

Corrêa, P. G. L., Cruz-Araújo, S. R., da Silva, R. R., Silva-Lovato, C. H., Macedo, A. P., Oliveira, V. C., Galo, R., de Oliveira, C. A. F., Pagnano, V. O., Stirke, A., & Melo, W. C. M. A. (2025). Evaluation of colonization by *Candida albicans* and biofilm formation on 3D-printed denture base resins. *Materials*, 18(21), 5018. <https://doi.org/10.3390/ma18215018>

Fouda, S. M., AlRumaih, H. S., Al-Harbi, F. A., Gad, M. M., Abualsaud, R., Ellakany, P., Farooqi, F. A., Matin, A., Al-Eraky, D. M., & Al-Qarni, F. D. (2024). In vitro evaluation of *Candida albicans* adhesion and related surface properties of CAD/CAM denture base resins. *European Journal of Dentistry*, 18(2), 579-586. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1774319>

Gad, M. M., Abualsaud, R., & Khan, S. Q. (2022). Hydrophobicity of denture base resins: A systematic review and meta-analysis. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 12(2), 139-165. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_213_21

Hegab, A., Shehat, M., Kamal, S., Ezzelarab, S., & Segaan, L. (2025). *Candida albicans* colonization on denture base material fabricated by different methods (in-vitro study). *Alexandria Dental Journal*. Advance online publication. <https://doi.org/10.21608/adjalexu.2025.360111.1594>

Kurzendorfer-Brose, L., & Rosentritt, M. (2025). The effect of manufacturing factors on the material properties and adhesion of *C. albicans* and *S. mutans* on additive denture base material. *Materials*, 18(6), 1323. <https://doi.org/10.3390/ma18061323>

Lee, W. (2025). Analysis of mechanical, surface, and biological properties of dental polymers fabricated by additive manufacturing under variable parameters (Doctoral dissertation, Seoul National University). S-Space, Seoul National University.

Lee, W.-J., Jo, Y.-H., Yilmaz, B., & Yoon, H.-I. (2023). Effect of build angle, resin layer thickness, and resin viscosity on the surface properties and microbial adhesion of denture bases manufactured by using digital light processing. *Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104608>

Lee, H.-E., Alauddin, M. S., Mohd Ghazali, M. I., Said, Z., & Mohamad Zol, S. (2023). Effect of different vat polymerization techniques on mechanical and biological properties of 3D-printed denture base. *Polymers*, 15(6), 1463. <https://doi.org/10.3390/polym15061463>

Li, P., Kraemer Fernandez, P., Spintzyk, S., Schmidt, F., Yassine, J., Beuer, F., & Unkovskiy, A. (2023). Effects of layer thickness and build angle on the microbial adhesion of denture base polymers manufactured by digital light processing. *Journal of Prosthodontic Research*, 67(4), 562-567. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_22_00126

Meirowitz, A., Rahmanov, A., Shlomo, E., Zelikman, H., Dolev, E., & Sterer, N. (2021). Effect of denture base fabrication technique on *Candida albicans* adhesion in vitro. *Materials*, 14(1), 221. <https://doi.org/10.3390/ma14010221>

Moisés, L. S., Viotto, H. E. do C., Coelho, S. R. G., Mendoza Marin, D. O., Souza, R. F., & Pero, A. C. (2026). Biofilm formation of mixed *Candida albicans* and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* and surface properties of a 3D-printed denture base resin under different printing parameters. *Journal of Applied Oral Science*, 34, e20250526. <https://doi.org/10.1590/1678-7765-2025-0526>

Neves, B. R., Avelino, M. E. L., Barbosa, I. M. M., Borges-Grisi, M. H. S., Santiago Junior, J. F., Cintho, O. M., de Almeida, L. F. D., & Moraes, S. L. D. (2026). Adherence assessment of *Candida albicans* on CAD/CAM and conventional resin for denture base: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Prosthodontic Research*. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_25_00214

Osman, R. B., Khoder, G., Fayed, B., Kedia, R. A., Elkareimi, Y., & Alharbi, N. (2023). Influence of fabrication

technique on adhesion and biofilm formation of *Candida albicans* to conventional, milled, and 3D-printed denture base resin materials: A comparative in vitro study. *Polymers*, 15(8), 1836. <https://doi.org/10.3390/polym15081836>

Ryu, H. S., Lee, E.-H., Kwon, H.-B., Lim, Y.-J., Lee, S.-W., & Kim, M.-J. (2025). The effects of fabrication methods and build orientation on *Candida albicans* adhesion on 3D-printed and conventional denture resin: An in vitro comparative study. *BMC Oral Health*, 25, 1788. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-07266-7>

Sabbah, A., Romanos, G., & Delgado-Ruiz, R. (2022). Extended post-curing light exposure and sandblasting effects on surface hydrophobicity of 3D-printed denture base resin. *Prosthesis*, 4, 80-90. <https://doi.org/10.3390/prosthesis4010009>

Salem, A. A.-A., Abdel-Azim, A. A., El-Zalabany, N. N., Taha, M. S., & Donia, S. F. (2026). Influence of fabrication technique on microbial adhesion and biofilm formation to conventional, 3D-printed and milled resin denture base materials: Clinical randomized controlled trial. *SUE Oral & Dental Medicine Journal*, 2(1), 4-11. <https://doi.org/10.21608/suodmj.2025.449627.1020>

Silva, M. D. D., Nunes, T. S. B. S., Viotto, H. E. d. C., Coelho, S. R. G., Souza, R. F. d., & Pero, A. C. (2023). Microbial adhesion and biofilm formation by *Candida albicans* on 3D-printed denture base resins. *PLOS ONE*, 18(10), e0292430. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292430>

Temizci, T., Doğan, M., & Bozoğulları, H. N. (2024). *Candida Albicans* adhesion of new-generation denture base materials. *Selcuk Medical Journal*, 40(3), 110-116. <https://doi.org/10.30733/std.2024.01762>

Topaloğlu, O., Gürbüz, A., & Murat, S. (2025). Influence of surface properties on *Candida albicans* adhesion to denture base materials fabricated by different techniques. *Cumhuriyet Dental Journal*, 28(3), 427-434. <https://doi.org/10.7126/cumudj.1744874>

Vetsch, G., Manoil, D., Wulfman, C., Parga, A., Durual, S., & Srinivasan, M. (2025). *Candida albicans* colonization on CAD-CAM denture resin surface. *Journal of Dentistry*, 157, 105756. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105756>

Abdul-Monem, M. M., & Hanno, K. I. (2024). Effect of thermocycling on surface topography and fracture toughness of milled and additively manufactured denture base materials: an in-vitro study. *BMC Oral Health*, 24, 267. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03991-7>

Altarazi, A., Haider, J., Alhotan, A., Silikas, N., & Devlin, H. (2024). Impact of artificial aging on the physical and mechanical characteristics of denture base materials fabricated via 3D printing. *International Journal of Biomaterials*, 2024, 8060363. <https://doi.org/10.1155/2024/8060363>

Han, S. Y., Moon, Y.-H., & Lee, J. (2020). Shear bond strength between CAD/CAM denture base resin and denture artificial teeth when bonded with resin cement. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(5), 251-258. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.5.251>

McReynolds, D. E., Moorthy, A., Jabra-Rizk, M. A., O'Connor Moneley, J., & Sultan, A. S. (2023). Denture stomatitis - An interdisciplinary clinical review. *Journal of Prosthodontics*, 32, 680-692. <https://doi.org/10.1111/jopr.13687>

Nabil, M. S., Mahanna, F. F., & Said, M. M. (2024). Evaluation of masticatory performance and patient satisfaction for conventional and 3D-printed implant overdentures: a randomized

crossover study. BMC Oral Health, 24, 672.
<https://doi.org/10.1186/s12903-024-04389-1>

Perić, M., Miličić, B., Kuzmanović Pfićer, J., Živković, R., & Arsić Arsenijević, V. (2024). A systematic review of denture stomatitis: Predisposing factors, clinical features, etiology, and global Candida spp. distribution. Journal of Fungi, 10(5), 328.
<https://doi.org/10.3390/jof10050328>

Ragheb, N. A., & Ibrahim, W. I. (2021). Biting force and chewing efficiency of conventional and CAD/CAM complete dentures: A cross-over study. Egyptian Dental Journal, 67(4), 3323-3335. <https://doi.org/10.21608/edj.2021.77671.1648>

Sabri, B. A., Satgunam, M., Abreeza, N. M., & Abed, A. N. (2021). A review on enhancements of PMMA denture base material with different nano-fillers. Cogent Engineering, 8(1), 1875968.
<https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1875968>

Sá, M. J. C., de Souza, R. F., Compagnoni, M. A., et al. (2020). The influence of saliva pH on the fracture resistance of three complete denture base acrylic resins. International Journal of Dentistry, 2020, 8887219.

Haptik Tabanlı Dijital Eğitimin Protetik Diş Tedavisinde Kullanımı

BÖLÜM 5

MAHMUT SERTAÇ ÖZDOĞAN¹

Giriş

Protetik diş tedavisinde başarı, teorik bilginin yanı sıra hassas motor beceriye, kontrollü madde kaldırmaya, uygun taper oluşturmaya ve biyomekanik ilkeleri klinik uygulamaya dönüştürmeye bağlıdır. Özellikle sabit protetik preparasyonlarda öğrencilerin oklüzal reduksiyon, aksiyal duvar eğimi, marjin tasarımı ve komşu dokuların korunması gibi çoklu parametreleri aynı anda yönetmesi gerekir. Bu becerilerin geliştirilmesi geleneksel olarak fantom başlar, tipodontlar ve öğretici geribildirim ile yürütülmüştür; ancak bu yöntemler standartlaştırılmış, anlık ve nicel geribildirim sağlama açısından sınırlı olabilir (Bandiaky et al., 2024; Daud et al., 2023). Haptik tabanlı sistemler, bu eksikliği gidermek amacıyla geliştirilmiş ve öğrencinin yalnızca görsel değil, dokunsal olarak da işlem hissini deneyimlemesine olanak vermiştir (Bandiaky et al., 2024; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024).

¹ Doçent Doktor, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0003-1312-8794

Prostodonti açısından haptik eğitimin önemi özellikle sabit protetik preparasyon eğitiminde belirginleşmiştir. Fixed prosthodontics alanına odaklanan 2024 tarihli literatür derlemesi, öğrencilerin haptik deneyimi genellikle uyarıcı ve klinik ortama benzer bulunduğunu, ayrıca bazı haptik performans ölçütlerinin klinik kuron performansını öngörebildiğini bildirmiştir (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024). Bu nedenle haptik sistemler yalnızca pratik alanı değil, aynı zamanda erken performans değerlendirmesi ve bireyselleştirilmiş destek planlaması için de anlamlı araçlar olarak görülmektedir (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025).

Haptik tabanlı eğitimin tanımı ve eğitimsel temeli

Haptik tabanlı eğitim, kullanıcı ile dijital ortam arasındaki etkileşimi kuvvet geribildirim yoluyla zenginleştiren simülasyon sistemlerine dayanır. Diş hekimliği uygulamalarında bu sistemler, frez veya el aletinin sanal diş yüzeyi ile temasında farklı sertlik ve direnç hissi oluşturmaya amaçlar. Böylece öğrenci yalnızca neyi gördüğünü değil, neye ne kadar kuvvet uyguladığını da öğrenir. Bu özellik, özellikle preparasyon derinliği, frez kontrolü ve gereksiz madde kaldırmanın azaltılması gibi prostodontik beceriler açısından önemlidir (Bandiaky et al., 2024; Daud et al., 2023; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024).

Eğitim bilimleri açısından bakıldığında haptik sistemler; güvenli hata yapma alanı, sınırsız tekrar, objektif puanlama, standart senaryo kullanımı ve anlık geribildirim gibi önemli avantajlar sunar. Sistematik derlemeler, haptik simülatörlerin prelinik dental eğitimde motor beceri kazanımını desteklediğini ve kullanıcı deneyimi açısından çoğunlukla olumlu algılandığını göstermektedir (Bandiaky et al., 2024; Daud et al., 2023). Ek olarak, VR-haptics entegrasyonunun öğrenci motivasyonunu ve bireyselleştirilmiş geribildirimini güçlendirdiği, ancak bu sistemlerin kabulü için

doğrulama ve müfredat entegrasyonunun kritik olduğu vurgulanmaktadır (Felszeghy et al., 2025).

Protetik diş tedavisinde kullanım alanları

Protetik diş tedavisinde haptik tabanlı eğitimin en güçlü kullanım alanı sabit protetik preparasyonlardır. Tam kuron preparasyonu, oklüzal reduksiyonun kontrolü, aksiyal duvarların yönlendirilmesi, total oklüzal konverjansın ayarlanması ve marjin formunun oluşturulması gibi beceriler sanal-haptik ortamda tekrar tekrar çalışılabilir (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025). Özellikle kuron preparasyonuna odaklanan güncel çalışmalar, haptik sistemlerde kaydedilen performans ölçütlerinin öğrencilerin daha sonraki preklinik ya da klinik başarılarıyla ilişkili olabileceğini göstermiştir (Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025).

Laminate veneer preparasyonu, prostodontide ikinci güçlü kullanım alanıdır. 2025 tarihli randomize kontrollü çalışma, Simodont ve Unidental gibi VR sistemlerini geleneksel fantom baş eğitimi ile karşılaştırmış ve eğitim sonuçlarında anlamlı farklılık saptamamıştır; bu bulgu, VR-haptik yaklaşımın veneer preparasyon eğitiminde uygulanabilir bir alternatif ya da tamamlayıcı araç olabileceğini düşündürmektedir (Li et al., 2025). Aynı dönemde yayımlanan başka bir çalışma da VR simülatör kullanan öğrencilerin bazı preparasyon açısı ölçütlerinde daha başarılı olduğunu bildirmiştir (Dündar et al., 2025). Bu sonuçlar, haptik sistemlerin minimal invaziv sabit protetik eğitiminde de değer taşıdığını göstermektedir (Li et al., 2025; Dündar et al., 2025).

Tablo 1. Protetik diş tedavisinde haptik tabanlı eğitimin başlıca kullanım alanları

Eğitim alanı	Örnek uygulama	Hedef beceri	Beklenen öğrenme çıktısı	Kanıt durumu
Sabit protetik preparasyon	Tam kuron preparasyonu	Frez kontrolü, taper, reduksiyon miktarı	Daha kontrollü preparasyon , objektif performans takibi	Güçlü
Minimal invaziv sabit protetik eğitim	Laminate veneer preparasyonu	Sınırlı madde kaldırımı, yüzey kontrolü	Minimal invaziv preparasyon mantığının gelişmesi	Orta-güçlü
Preparasyon analizi ve öğretici geribildirimi	Kesim açıları, basamak, undercut değerlendirmesi	Geometrik farkındalık, teknik hata tanıma	Objektif analiz, görsel geri bildirim, öğretici destekli düzeltme	Orta-güçlü
Preklinik performans değerlendirme	Simülatör tabanlı puanlama	Hata sayısı, süre, geometri doğruluğu	Riskli öğrencilerin erken saptanması	Orta
Hibrit beceri eğitimi	Haptik + fantom baş sıralı eğitim	Sanal öğrenmede n fiziksel uygulamaya geçiş	Kliniğe daha hazırlıklı geçiş	Orta

Öğrenme çıktıları ve değerlendirme olanakları

Haptik tabanlı sistemlerin önemli üstünlüklerinden biri, performansı nicel göstergelerle izleyebilmesidir. Preparasyon derinliği, fazla madde kaldırımı, komşu diş hasarı, işlem süresi, hatalı giriş sayısı ve ideal geometriye yakınlık gibi parametreler birçok sistemde anlık ya da oturum sonu raporlanabilmektedir (Bandiaky et al., 2024; Daud et al., 2023). Bu durum, öğrencinin yalnızca öğretici yorumuna değil, ölçülebilir sayısal geribildirime de erişmesini sağlar.

Haptik tabanlı sistemlerin prostetik eğitim açısından en önemli katkılarından biri, diş preparasyonunun yalnızca uygulanmasını değil, aynı zamanda ayrıntılı biçimde analiz edilmesini mümkün kılmasıdır. Preparasyon tamamlandığında diş kesim açıları, total oklüzal konverjans, basamak formu ve sürekliliği, marjin yerleşimi, reduksiyon miktarı ve undercut varlığı gibi kritik parametreler sistem üzerinden görsel ve sayısal olarak değerlendirilebilir. Bu sayede öğrenci, yaptığı preparasyonun yalnızca genel biçimini değil, teknik doğruluğunu da somut olarak görebilir. Aynı zamanda öğretim üyesi, hazırlanan diş dijital ortamda farklı açılardan inceleyerek hatalı bölgeleri işaretleyebilir, kesim geometrisi hakkında teknik açıklama yapabilir ve öğrenciye standartlaştırılmış geri bildirim verebilir. Bu özellik, preparasyon eğitiminin daha objektif, daha şeffaf ve öğretici müdahaleye daha açık hale gelmesine katkı sağlar. Özellikle basamak tasarımı, duvar eğimleri ve undercut oluşumu gibi öğrencilerin erken dönemde kavramakta zorlandığı konuların görsel olarak gösterilmesi, teorik bilginin klinik uygulama ile ilişkilendirilmesini kolaylaştırır.

Bu objektif değerlendirme potansiyeli, protodonti eğitiminde özellikle önemlidir. 2025 tarihli çalışma, Simodont üzerinde yapılan preklinik kuron preparasyonu ölçümlerinin öğrencilerin ilerleyen kuron preparasyon performansını öngörebileceğini göstermiştir (Hsu et al., 2025). Bir başka prospektif pilot çalışma ise haptik

egzersizlerdeki başarısızlık sayısının konvansiyonel simülasyon performansını tahmin etmeye yardımcı olabileceğini bildirmiştir (Bandiaky et al., 2025). Bu bulgular, haptik sistemlerin yalnızca eğitim değil, erken risk belirleme ve bireysel destek planlaması için de kullanılabileceğini düşündürmektedir (Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025).

Avantajlar ve sınırlılıklar

Haptik tabanlı eğitimin başlıca avantajları; güvenli hata yapma ortamı sunması, sınırsız tekrar imkanı vermesi, öğrenciler arasında standart senaryo sağlayabilmesi ve anlık geribildirim üretebilmesidir (Bandiaky et al., 2024; Daud et al., 2023; Felszeghy et al., 2025). Öğrenciler birçok çalışmada bu sistemleri motive edici, etkileşimli ve klinik ortama yakın olarak tanımlamıştır (Bandiaky et al., 2024; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Hadjichristou, Kokoti, Katrovasili, & Bakopoulou, 2024). Ayrıca eğitmeni açısından, aynı egzersizin çok sayıda öğrenciye karşılaştırılabilir ölçütlerle uygulanabilmesi önemli bir standartlaştırma avantajıdır (Bandiaky et al., 2024; Felszeghy et al., 2025).

Buna karşılık bu sistemler gerçek ağız içi koşulları tam olarak kopyalayamaz. Yumuşak doku hareketi, tükürük, sınırlı ağız açıklığı, hasta kooperasyonu ve klinik stres gibi değişkenler sanal eğitimde eksik kalmaktadır (Daud et al., 2023; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024). Ayrıca cihaz maliyeti, yazılım güncelleme gereksinimi, öğretim üyesi adaptasyonu ve müfredat entegrasyonu pratik sınırlılıklar oluşturur (Felszeghy et al., 2025). 2024 tarihli karşılaştırmalı çalışmada öğrenciler haptik sistemi yararlı bulmuş olsa da tipodontu tamamen ikame eden bir seçenek olarak görmemiştir (Hadjichristou, Kokoti, Katrovasili, & Bakopoulou, 2024). Bu nedenle en uygun model, haptik eğitimi fantom baş ve klinik hasta eğitimi ile bütünleştiren hibrit yaklaşımdır (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Li et al., 2025;

Felszeghy et al., 2025; Hadjichristou, Kokoti, Katrovasili, & Bakopoulou, 2024).

Tablo 2. Haptik tabanlı eğitimin avantajları, sınırlılıkları ve müfredat entegrasyon gereksinimleri

Başlık	Avantaj	Sınırlılık	Müfredat entegrasyon notu
Geribildirim	Anlık, sayısal, standartlaştırılmış	Her beceri gerçek klinik karmaşıklıkta yansıtılamaz	Fantom baş eğitiminden önce temel beceri aşamasında kullanılmalı
Tekrar imkanı	Sınırsız tekrar, güvenli hata yapma alanı	Donanım erişimi sınırlı olabilir	Açık laboratuvar saatleri ve bireysel tekrar oturumları planlanmalı
Ölçme-değerlendirme	Performans ayırıştırma ve erken risk belirleme	Tek başına nihai klinik yeterlilik ölçütü olmamalı	OSCE, fantom baş ve klinik değerlendirme ile birlikte kullanılmalı
Öğrenci deneyimi	Motive edici ve etkileşimli öğrenme	Bazı öğrenciler tipodontu daha	Hibrit model en uygun yaklaşım

Başlık	Avantaj	Sınırlılık	Müfredat entegrasyon notu
		gerçekçi bulabilir	
Kurumsal uygulama	Standardizasyon ve veri kaydı sağlar	Cihaz maliyeti, bakım ve öğretici eğitimi gerektirir	Öğretim üyesi kalibrasyonu ve teknik destek planlanmalı

Klinik öncesi eğitimden kliniğe geçişte rolü

Haptik tabanlı eğitimin en önemli katkılarından biri, preklinik dönem ile klinik uygulama arasındaki geçişi destekleyebilmesidir. Öğrenciler, klinik öncesi dönemde ideal preparasyon formunu, reduksiyon miktarını ve frez yönelimini tekrarlı biçimde çalışabilir; öğreticiler ise performans verileri üzerinden hangi öğrencilerin ek desteğe ihtiyaç duyduğunu daha erken saptayabilir (Bandiaky et al., 2024; Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025). Özellikle kuron preparasyonu gibi yüksek hassasiyet gerektiren işlemlerde bu geçiş desteği önemlidir. 2025 tarihli çalışma, VR simülatör kullanan öğrencilerin gerçek preparasyon becerilerinde belirli açısall ölçütlerde daha başarılı olduğunu bildirmiştir (Dündar et al., 2025).

Bu nedenle haptik sistemler, kliniğin yerine geçen araçlar olarak değil, kliniğe hazırlayıcı performans köprüleri olarak değerlendirilmelidir. En uygun kullanım modeli, temel manuel becerinin önce haptik sistemde güvenli biçimde geliştirilmesi,

ardından fantom başta fiziksel materyalle pekiştirilmesi ve son olarak klinik hasta uygulamasına aktarılmasıdır (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Li et al., 2025; Felszeghy et al., 2025; Hadjichristou, Kokoti, Katrovasili, & Bakopoulou, 2024).

Sonuç

Haptik tabanlı eğitim, protetik diş tedavisinde özellikle sabit protetik preparasyon becerilerinin öğretilmesinde güçlü bir tamamlayıcı araç olarak öne çıkmaktadır. Mevcut kanıtlar, bu sistemlerin motor beceri gelişimini destekleyebildiğini, öğrenciler tarafından olumlu algılandığını ve bazı performans ölçütleri üzerinden klinik ya da preklinik başarıyı öngörme potansiyeli taşıdığını göstermektedir (Bandiaky et al., 2024; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Hsu et al., 2025; Bandiaky et al., 2025). En güçlü kanıt alanları tam kuron ve veneer preparasyon eğitimidir (Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Li et al., 2025; Dündar et al., 2025; Hadjichristou, Kokoti, Katrovasili, & Bakopoulou, 2024). Bununla birlikte haptik eğitim, fantom baş ve gerçek hasta eğitimini bütünüyle ikame eden bir model olarak değil, tekrarlı uygulama ve ölçülebilir geribildirim avantajı sunan hibrit bir eğitim bileşeni olarak değerlendirilmelidir (Daud et al., 2023; Hadjichristou, Kokoti, & Bakopoulou, 2024; Li et al., 2025; Felszeghy et al., 2025). Gelecekte daha gerçekçi doku modellemeleri, yapay zeka destekli performans analizi ve müfredat entegrasyonuna yönelik kontrollü çalışmalar bu alanı daha da güçlendirecektir.

Kaynakça

Bandiaky, O. N., Loison, A., Charavet, C., Boutonnet, B., Grosgeat, B., & Tassery, H. (2025). Predicting novice dental

students' performances in conventional simulation: A prospective pilot study using haptic exercises. *Journal of Dental Sciences*, 20(2), 1036-1043.

Bandiaky, O. N., Lokossou, D. L., Mbvoum, R. M., & Tassery, H. (2024). Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review. *Journal of Dental Education*, 88(2), 302-316.

Daud, A., Tofeili, A., Tabbaa, S., Ahmad, S., AlMadi, E., Almoallim, H., Al Hamoudi, N., Alagl, A., Al-Halabi, M., Kujan, O., Marei, H., & AlSabbagh, M. (2023). The impact of virtual reality haptic simulators in pre-clinical restorative dentistry: A qualitative enquiry into dental students' perceptions. *BMC Medical Education*, 23, 739.

Dündar, B., Gönüldaş, F., Akat, B., & Orhan, K. (2025). The effect of virtual reality simulators on tooth preparation skills of dental students. *BMC Oral Health*, 25, 422.

Felszeghy, S., Vervoorn, M., Serrano, C. M., & Mattheos, N. (2025). Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality training within dental curricula. *Journal of Dental Education*, 89(2), 247-257.

Hadjichristou, C., Kokoti, M., & Bakopoulou, A. (2024). Haptics in fixed prosthodontics and their role in dental education: A literature review. *Journal of Dental Education*, 88(8), 1020-1028.

Hadjichristou, C., Kokoti, M., Katrovasili, D., & Bakopoulou, A. (2024). Haptics vs typodonts for crown preparation in undergraduate dental student education. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 32(2), 175-182.

Hsu, M.-H., Chang, Y.-C., Chiang, Y.-C., Chen, H.-L., Cheng, S.-M., & Chang, W.-J. (2025). Prediction of dental students' pre-clinical crown preparation performances by a virtual reality haptic-based dental simulator. *Journal of Dental Sciences*, 20(3), 1841-1849.

Li, Y., Chen, X., Lai, T., Wang, M., Yang, J., Wei, X., Ye, W., Huang, Y., Liang, J., & Li, J. (2025). Effectiveness and methodologies of virtual reality dental simulators for veneer tooth preparation training: Randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e63961.

BÖLÜM 6

İMLANT DESTEKLİ PROTETİK RESTORASYONLARDA VİDALI VE SİMANTE TUTUCULUK SİSTEMLERİ

Ayşegül HAZIR¹

Giriş

İmplant tedavisi, eksik dişler için uzun vadeli başarı sunmaktadır. 5 yıl sonra %96,4, 10 yıl sonra %93,9 ve 20 yıl sonra %93 oranında hayatta kalma oranları bildirilmiştir (Roccuzzo vd., 2022). İmplant üstü protezlerde önemli kararlardan biri, restorasyonun implantla bağlantı tipinin seçimidir. Restoratif bağlantı vida ile veya siman ile sağlanmış olabilir. Vida retansiyonlu implant destekli sabit protezler rijitlik sağlarken, siman retansiyonlu restorasyonlar işlemleri basitleştirmekte ve siman aralığı sayesinde uyumsuzlukları daha iyi tolere etmektedir, ancak aynı zamanda enfeksiyon riskini de artırmaktadır (Wittneben vd., 2014).

Biyomekanik prensipler, implant destekli restoratif işlemleri üzerinde önemli ölçüde rol oynayarak protez uyumu, çiğneme basınçları, implant pozisyonu ve implant başarısı gibi parametreleri etkilemektedir. İatrojenik hatalar ve üretim kusurları da, implant

¹ Öğr. Gör. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Dişçilik Hizmetleri Bölümü, Orcid: 0000-0002-7640-8243

destekli sabit protezlerin uyumunu önemli ölçüde etkilemektedir (Brånemark, 1983).

İmplant Üstü Restorasyonlarda Tutuculuk Kavramı

Tutuculuk mekanizması, protetik restorasyonun implant veya implant dayanağına nasıl sabitlendiğini ifade eder ve vida tutuculuğu ve siman tutuculuğu olmak üzere temelde iki ana yöntem üzerinden gerçekleştirilir. Tutuculuk mekanizması, implant destekli sabit protezlerin genel sağkalımını önemli ölçüde etkilemese de belirli komplikasyonların gelişiminden sorumlu olabileceği bildirilmiştir (Wittneben vd., 2017).

Vidalı ve simante sistemlerin yanı sıra, her iki yöntemin avantajlarını birleştiren hibrit sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, restorasyonlar önce dayanaklara siman ile yapıştırılır, ardından dayanaklar implantlara vida ile sabitlenir. Oklüzal yüzeyde bırakılan vida erişim kanalları sayesinde, gerektiğinde vida sökülerek tüm restorasyonun çıkarılması mümkün olmaktadır (Chee vd., 1998). Günümüzde klinik karar, birçok faktörün değerlendirilmesini gerektirmektedir. İmplant pozisyonu, estetik beklentiler, oklüzal ilişkiler, interoklüzal mesafe, hastanın oral hijyen düzeyi ve klinisyenin tercihleri, tutuculuk yöntemi seçiminde rol oynamaktadır. Vida tutuculuğunun öngörülebilir retansiyon ve kolayca çıkarılabilirlik sağladığı, siman tutuculuğunun ise açılı implantlarda hala en iyi seçenek olduğu vurgulanmaktadır (Shadid & Sadaqa, 2012).

Tutuculuk Sistemlerinin Gelişimi

Dental implantolojide tutuculuk yöntemlerinin evrimi, modern implantolojinin gelişimiyle paralellik göstermektedir. İlk endosseöz dental implantların kullanılmaya başlanmasından bugüne, tutuculuk mekanizmaları sürekli bir gelişim ve değişim göstermiştir. Bu evrim, malzeme bilimi, klinik deneyimler ve komplikasyon yönetim çabalarının bir sonucudur.

Branemark'ın 1960'larda osseointegrasyon kavramını tanıtmayı ve titanyum implantların klinik kullanıma girmesiyle birlikte, protetik restorasyonların implantlara sabitlenme yöntemleri de gelişmeye başlamıştır (Brånemark vd., 1969). Bu dönemde kullanılan vida tutuculu sistemler, bugünkü standartlara göre oldukça basit ve az sayıda seçenek sunmaktaydı. 1980'li ve 1990'lı yıllarda, simante sistemler popülerlik kazanmaya başlamıştır. Bu dönemde, klinisyenler doğal diş destekli protezlerde kullandıkları simantasyon tekniklerini, implant üstü restorasyonlara uyarlamaya çalışmışlardır. Siman tutuculuğunun sağladığı estetik avantajlar, özellikle anterior bölgede tercih edilmesine yol açmıştır. Ancak bu dönemde, siman artıklarının peri-implant dokuların sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri henüz tam olarak anlaşılmamıştır (Hebel & Gajjar, 1997). 1990'ların sonları ve 2000'lerin başında, her iki tutuculuk yönteminin de avantaj ve dezavantajları daha net bir şekilde ortaya konmaya başlamıştır. Klinik araştırmalar yoğunlaşmış ve uzun dönem takip çalışmaları artmıştır. Bu dönemde, peri-implant yumuşak doku yanıtlarının tutuculuk yöntemi ile ilişkisi detaylı olarak incelenmeye başlanmıştır (Vigolo vd., 2004). Dijital diş hekimliğinin gelişmesi, tutuculuk sistemlerinde de önemli değişikliklere yol açmıştır. CAD/CAM teknolojisi, vida erişim kanallarının ideal konumlandırılmasını ve pasif uyum sağlayan restorasyonların üretilmesini kolaylaştırmıştır (He vd., 2026). Gelecekte, biyomimetik materyaller ve akıllı implant komponentleri ile tutuculuk sistemlerinin daha da gelişmesi beklenmektedir.

İnternal ve Eksternal Bağlantı

Bağlantı tasarımı, biyomekanik stabilite, biyolojik doku yanıtı, protez tutuculuğu ve komplikasyon oranlarını belirleyen temel unsurdur (Lee vd., 2021).

Dayanağın implant ile birleştiği bölgede, dayanağın üzerine oturabileceği ve gelen aksiyal kuvvetlere fiziksel retansiyon

sağlayacağı bir platform mevcuttur. İmplant üreticileri bu platformun üzerine, implanta gelecek döndürücü kuvvetlere direnç gösterecek parçalar eklemişlerdir. Bu üniteler platformunun üzerinde olabileceği gibi implant gövdesinin içerisine de uzanabilirler (Saidin vd., 2012). İnternal veya eksternal hangi tip olursa olsun komponentler birbirleri ile minimal tolerans ve mükemmel uyumla birleşmelidir. Sistemlerin birbirine göre avantajları ve dezavantajları vardır.

Eksternal bağlantı sistemleri, implantın üst yüzeyinden dışarıya doğru uzanan bir bağlantı elemanına sahiptir. Branemark'ın geliştirdiği klasik eksternal heksagon, altı köşeli bir yapıya sahiptir ve uzun yıllar implant dış hekimliğinde standart olarak kullanılmıştır. Bu tasarım, dayanağın rotasyonel stabilitesini sağlamak ve vida gevşemesini önlemek amacıyla geliştirilmiştir (Gracis vd., 2012). Ancak yıllar içinde, bu sistemin bazı mekanik ve biyolojik sınırlılıkları ortaya çıkmıştır.

Eksternal bağlantının başlıca avantajları arasında; iki aşamalı implant cerrahisine uygun olması, anti-rotasyonel mekanizması ve üst parçalarının kolay değiştirilebilir olması, farklı sistemler arası uyumlu olması sayılabilir. Dezavantajları arasında ise; heksin boyutlarına bağlı olarak mikro hareket, rotasyon merkezinin yukarıda olması nedeniyle döndürücü ve lateral hareketlere daha az direnç göstermesi ve bununla bağlantılı olarak mikro sızıntı olasılığının daha yüksek olması sayılabilir (Gracis vd., 2012).

İnternal bağlantı sistemleri, implant platformunun içine yerleştirilmiş bağlantı geometrilerine sahiptir. İnternal bağlantılar, 1990'ların sonlarından itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır ve günümüzde pek çok implant üreticisi tarafından tercih edilmektedir. İnternal sistemin avantajları; dayanak-implant bağlantısının daha kolay gerçekleşmesi, tek aşamalı implant yerleştirilmesine uygun olması, bağlantı bölgesinde daha geniş temas yüzeyi nedeniyle daha iyi stabilite ve anti-rotasyon kabiliyeti, rotasyon merkezinin marjinal

kemiğe daha yakın olması nedeniyle lateral y¼klere daha y¼ksek direnç g¼stermesi ve daha dengeli stres dağılımı olarak sıralanabilir. Dezavantajları ise; birleşim b¼lgesinde implantın lateral duvarlarının incilmesi, implantlar arası açılanma problemlerinin giderilmesindeki güçlüklerdir (Gracis vd., 2012).

Mekanik açıdan incelendiğinde internal ve eksternal bağlantılı implantlarda dayanak, vida ile üretici firmaların belirlediği tork miktarıyla sıkıştırılarak implanta bağlanmaktadır. Bağlantının devamlılığı için genel kural olarak fonksiyonel yüklerin vidanın sıkıştırma kuvvetinden fazla olmaması gerekmektedir (McGlumphy vd., 1998).

Eksternal ve internal bağlantıların karşılaştırıldığı bir çalışmada, bir yıllık takip sonunda, eksternal bağlantıda krestal kemik kaybı anlamlı bulunurken internal bağlantıda anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir (Koo vd., 2012). Bu bulgu, bağlantı teknolojisinin peri-implant kemik seviyeleri üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermektedir. Bağlantı tipinin sağkalım ve başarı üzerindeki genel etkisi, uzun dönem klinik çalışmalarla değerlendirilmiştir. Her ne kadar internal bağlantılar daha az kemik kaybı gösterse de genel implant sağkalımı açısından eksternal ve internal bağlantılar arasında anlamlı fark bulunmamaktadır (Lemos vd., 2018).

Platform Switching Kavramı

Platform switching, dental implantolojide krestal kemik kaybını kontrol etmek amacıyla geliştirilen bir konsepttir. Bu teknik, implant platformundan daha küçük çaplı bir dayanağın kullanılmasıyla implant-dayanak arayüz kenarının horizontal olarak implant platformunun merkezine doğru kaydırılmasını sağlamaktadır (Lazzara & Porter, 2006). Platform switching'in altında yatan biyolojik mekanizma, peri-implant biyolojik boyutun korunması ile ilişkilidir. Histolojik ve radyografik gözlemler, dental

implantlar etrafında implant-dayanak arayüzünden apikale uzanan bir sert ve yumuşak doku biyolojik boyutunun bulunduğunu göstermektedir (Hermann vd., 2000). Konvansiyonel platformlarda, mikro-aralık implant platformunun dış kenarında yer almakta ve bu bölgede bakteriyel kolonizasyon ile enflamatuvar hücre infiltrasyonu meydana gelmektedir. Platform switching ile mikro-aralığın içe alınması, enflamatuvar reaksiyonun implant merkezine doğru kaymasına ve krestal kemiğin korunmasına yol açmaktadır (Lazzara & Porter, 2006).

2010 yılında yapılan bir meta-analiz, platform switching'in peri-implant kemik yüksekliğini ve yumuşak doku seviyelerini koruyabileceğini göstermiştir. Toplam 1239 implantı içeren 10 çalışmanın analizi, platform-switched implantlarda marjinal kemik kaybının platform-matched implantlara göre anlamlı derecede az olduğunu ortaya koymuştur. İmplant başarısızlığı açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Atieh vd., 2010).

Platform switching'in estetik sonuçlar üzerindeki etkisi de önemlidir. Platform switching'in krestal kemik kaybını önlemenin yanı sıra tatmin edici estetik sonuçlar elde edilmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir. Kemik seviyesinin korunması, yumuşak doku konturlarının stabilitesini sağlamakta ve interdental papilla kaybını önlemektedir, bu da özellikle anterior estetik bölgede kritik öneme sahiptir (Canullo vd., 2009).

Öte yandan, platform switching'in etkinliği konusunda çelişkili sonuçlar da mevcuttur. 3 yıllık randomize klinik bir çalışma, platform switching'in peri-implant krestal kemik kaybını azaltma hipotezini doğrulayamamıştır. Çalışmada, 25 hastanın posterior mandibulasına 4 mm çaplı iki implant yerleştirilmiş, birinde 3,3 mm platform diğerinde 4 mm platform kullanılmıştır. Üç yıl sonunda, ortalama radyografik kemik kaybı platform switching grubunda $0,69 \pm 0,43$ mm, standart platformda $0,74 \pm 0,57$ mm olarak ölçülmüş

ve bu veriler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmemiştir (Enkling vd., 2013).

Vida Gevşemesi ve Mikrosızıntı Mekanizmaları

İmplant destekli restorasyonlarda vida gevşemesi ve mikrosızıntı, birbirleriyle yakından ilişkilidir ve implant-dayanak ara yüzeyinde meydana gelen mekanik ve biyolojik değişikliklerin sonucudur.

Dayanak vidası gevşemesi, özellikle tek diş implant restorasyonlarında daha sık görülmektedir ve teknik başarısızlıkların önde gelen nedenlerinden biridir. Klinik bir çalışmada, 1928 implantın %7,2'sinde vida gevşemesi gözlenmiş ve bu olguların çoğunun yükleme sonrası ilk altı ay içinde meydana geldiği saptanmıştır (Lee vd., 2020).

Vida gevşemesinin temelinde, ön yük kaybı yatmaktadır. Vida sıkıldığında, vida başlığı ile dayanak arasında bir sıkıştırma kuvveti oluşur ve bu kuvvet implant-dayanak bağlantısını stabil tutar. Ancak zamanla, settling etkisi ve yorulma nedeniyle bu sıkışma azalır (Patterson & Johns, 1992). Settling etkisi, vida sıkılması sırasında kontakt yüzeylerdeki mikroskobik pürüzlerin düzleşmesi sonucu meydana gelir ve ilk sıkma sonrası vidanın yeniden sıkılması gerekliliğinin temel nedenidir.

Bağlantı tipinin vida gevşemesi üzerinde önemli etkisi vardır. Eksternal heksagon bağlantılarda, sınırlı parça teması ve lateral kuvvetler etki ettiğinde oluşan kısa fulkrum noktası, vida gevşemesinin ana nedenidir (Lee vd., 2020). Eksternal heksagon konfigürasyonunda, butt-joint tipi bağlantı oluşur ve bu yapı lateral ve rotasyonel kuvvetlere karşı düşük direnç gösterir. Klinik çalışmalar, eksternal bağlantılarda vida gevşemesi insidansının internal bağlantılara göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermektedir (Lee vd., 2020).

İnternal bağlantı sistemleri, vidayı koruyarak lateral kuvvetleri implantın iç kısmına derin olarak dağıtır ve geniş, sağlam bir temas yüzeyi sunar. İnternal bağlantılı, anti-rotasyonel ve konik tasarımlara sahip dayanakların vida gevşemesine karşı daha iyi direnç gösterdiği bildirilmiştir (Huang & Wang, 2019).

Kantilever uzantılar, vida gevşemesi riskini artıran önemli bir faktördür (Huang & Wang, 2019). Dayanak angülasyonu ve yetersiz tork uygulaması da vida gevşemesine katkıda bulunan faktörler arasındadır. İmplant çapı ile vida gevşemesi arasında da ilişki bulunmaktadır; 5 mm ve üstünde çapa sahip olan implantlarda vida gevşemesi insidansının %14,2 olduğu bildirilmiş, ayrıca lokalizasyon açısından da molar bölgede vida gevşemesinin daha sık görüldüğü belirtilmiştir (Lee vd., 2020).

İmplant-dayanak ara yüzeyinde mikro-aralık oluşumu, tüm iki parçalı implant sistemlerinde kaçınılmazdır ve bu aralık bakteriyel kolonizasyon için bir rezervuar oluşturur (D’Ercole vd., 2022). Mikro-aralık, implant ve dayanak arasındaki mikroskobik boşluk olup bakterilerin penetrasyonuna, metabolik ürünlerin birikmesine ve yumuşak doku enflamasyonuna yol açarak implant başarısını tehlikeye atabilmektedir.

Bakteriyel mikrosızıntı, mikro-aralıkta oral mikrobiyomun prolifer olmas ve peri-implant dokulara etki etmesi ile karakterizedir. D’Ercole ve arkadaşları (2022), implant ve dayanak doğru bir şekilde bağlansalar bile, mikro-aralık oluşabileceğini ve bunun bakterilerin ve metabolik ürünlerin geçişine izin vererek yumuşak doku enflamasyonuna neden olabileceğini göstermiştir.

Bakterilerin boyutu ve şekli oldukça değişkendir. Koklar 1-3 µm çapında küreler iken, çomaklar *Pelagibacter ubique* gibi çok küçük bakterilerden, *Escherichia coli* ve nispeten büyük bakterilere kadar geniş bir yelpazeye sahiptir (D’Ercole vd., 2022). Bu küçük

boyutlar, bakterilerin mikron altı seviyedeki mikro-aralıklardan kolayca geçmesine olanak tanır.

Bağlantı tipi, mikrosızıntı miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Eksternal heksagon implantların hem statik hem de dinamik yükleme koşullarında mikrosızıntıyı önlemede tamamen başarısız olduğu gösterilmiştir. İnternal heksagon implantlar, özellikle internal konik implantlar, statik yükleme durumunda çok umut vericidir ve dinamik yükleme koşullarında da daha az mikrosızıntı göstermiştir. Ayrıca zirkonya dayanaklar, titanyum dayanaklara göre mikro sızıntıya daha yatkındır ve kullanımları önerilmemektedir. Zirkonya dayanakların, yalnızca estetiğin çok önemli olduğu durumlarda kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Mishra vd., 2017).

Tork değeri, mikrosızıntı kontrolünde son derece büyük öneme sahiptir. Üretici tarafından önerilen tork değerlerinin dayanak-implant ara yüzeyinde daha iyi bir sızdırmazlık elde etmek için sıkı bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir (Larrucea Verdugo vd., 2014).

Vida gevşemesi ve mikrosızıntı arasında sıkı bir ilişki vardır. Vida gevşemesi, ön yük kaybına yol açar ve bu da implant-dayanak ara yüzeyindeki mikro-aralığın genişlemesine neden olur. Genişlemiş mikro-aralık, daha fazla bakteriyel penetrasyona izin verir ve peri-implant enflamasyon riskini artırır. Tersine, bakteriyel kolonizasyon ve enflamatuvar ürünler, implant-dayanak ara yüzeyinde korozyon ve mekanik dejenerasyona katkıda bulunarak vida gevşemesi riskini artırabilir (Mao vd., 2023). Vida gevşemesi ve mikrosızıntının önlenmesi için birkaç strateji mevcuttur. Öncelikle, internal bağlantı sistemleri, özellikle konik bağlantılar, hem vida gevşemesi hem de mikrosızıntı açısından üstün performans göstermektedir (Huang & Wang, 2019). Üretici tarafından önerilen tork değerlerinin kullanılması esastır ve vida sıkıldıktan sonra 10

dakika beklenerek vidanın yeniden sıkılması, settling etkisini kompanse eder.

Vida Retansiyonlu İmplant Üstü Restorasyonlar

İmplant destekli restorasyonların, implantlara bağlanma yöntemi, tedavinin uzun dönem başarısını doğrudan etkileyen önemli bir karar noktasıdır. İmplant destekli protetik restorasyonlar temelde vida tutuculuğu veya siman tutuculuğu olmak üzere iki farklı tutuculuk mekanizması ile implantlara sabitlenmektedir. Vida retansiyonlu sistemlerde, restorasyon doğrudan implanta veya dayanağa vida yardımıyla sabitlenir ve istendiğinde kolayca çıkarılabilir. Simante sistemlerde ise restorasyon, implanta vida ile sabitlenen bir dayanak üzerine dental siman kullanılarak yapıştırılır (Misch, 2007).

Vida retansiyonunun temel prensibi, dayanak vidasının sıkılması sırasında oluşturulan ön yük kavramına dayanır. Vida sıkıldığında, vida başlığı ile dayanak arasında bir sıkıştırma kuvveti oluşur ve bu kuvvet implant-dayanak bağlantısını stabil tutar. Bu ön yük, restorasyonun uzun dönem stabilitesi için büyük bir öneme sahiptir. Üretici tarafından önerilen tork değerlerinin kullanılması, optimal ön yük elde edilmesi için esastır (Shadid & Sadaqa, 2012).

Vida retansiyonlu restorasyonların en önemli ve belki de en çok vurgulanan avantajı, kolayca çıkarılabilirliğidir. Klinik uygulamada, dayanak gevşemesi, kron kırığı, vida değişimi, implant değerlendirmesi veya çevre dokuların tedavi edilmesi gibi durumlarda, restorasyon kolayca çıkarılabilir ve herhangi bir hasar görmeden yeniden yerleştirilebilir (Shadid & Sadaqa, 2012). Bu özellik, özellikle uzun dönem bakım açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Simante restorasyonlarda, siman bağının kırılması zor olabilmekte ve bazen restorasyonun çıkarılması sırasında hasar görebilmekte hatta tekrar kullanılamayacak hale gelebilmektedir. Gevşemiş bir dayanak üzerine uygulanan herhangi bir kuvvet,

implantın internal yivlerinde hasara neden olabilmektedir (Shadid & Sadaqa, 2012).

Subgingival siman artıkları, peri-implant mukozit ve peri-implantitis gelişimi ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Endoskopik bir çalışmada, rezidüel siman ile peri-implantitis belirtileri arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur (Wilson, 2009). Çok merkezli, 3 yıllık prospektif bir çalışmada, simante restorasyonlarda vida tutuculuğuna göre daha yüksek plak indeksi ve sondalamada kanama görüldüğü bildirilmiştir (Weber vd., 2006). Vidalı restorasyonlar, siman kullanımını tamamen ortadan kaldırarak bu riski elimine etmektedir. Özellikle subgingival marjinlerde, siman artıklarının tamamen uzaklaştırılması son derece zordur ve kalan siman anaerobik gelişim, biyofilm oluşumu, enfeksiyon ve sürekli kemik kaybına neden olabilmektedir (Shadid & Sadaqa, 2012).

Vidalı restorasyonlarda, simante sistemlere göre daha az interoklüzal alan gerekmektedir. Siman tutuculuğu için minimum 7-8 mm interark mesafe gerekirken, vida tutuculuğu sadece 5-7 mm minimum interoklüzal alan gerektirmektedir. Bu özellik, özellikle posterior bölgede sınırlı vertikal mesafe olan vakalarda vida tutuculuğunu tercih edilebilir kılmaktadır. 5 mm'den kısa dayanak gerektiren durumlar, siman tutuculuğu için yetersiz retansiyon sağlayabilir ve bu vakalarda vida tutuculuğu daha güvenilir bir seçenektir (Misch, 2007; Shadid & Sadaqa, 2012).

Vida retansiyonlu implant üstü restorasyonlarda, final tork uygulanmadan önce, restorasyonun implanta pasif uyumunun radyografik olarak doğrulanması mümkündür. Bu, özellikle çok sayıda implanttan destek alan sabit protezlerde daha fazla öneme sahiptir. Pasif uyum eksikliği, mekanik komplikasyonlara ve kemik kaybına yol açabilmektedir (Sahin & Cehreli, 2001). Ancak, restorasyonun tam pasif uyum sağlaması bazen zor olabilmektedir. Özellikle çok sayıda implantın kullanıldığı restorasyonlarda, tüm implantlara tam olarak pasif oturan bir altyapı üretimi teknik açıdan

zorlayıcıdır. Minimal uyumsuzluk bile, vidalar sıkıldığında altyapı üzerinde stres oluşturabilmekte ve bu da uzun dönemde mekanik komplikasyonlara yol açabilmektedir. Simante restorasyonlarda, siman aralığı küçük uyumsuzlukları tolere edebilmekte ve stres dağılımını iyileştirebilmektedir (Hebel & Gajjar, 1997). CAD/CAM teknolojisinin gelişmesi ile vida tutuculuğunda pasif uyum sağlama daha kolay hale gelmiştir, ancak dikkatli planlama ve hassas üretim gerektirmektedir (Katsoulis vd., 2014).

Vidalı restorasyonların en önemli dezavantajlarından biri, vida erişim kanalının varlığıdır. Bu kanal, özellikle anterior bölgede ciddi estetik sorunlara yol açabilmektedir. İdeal olarak, anterior bölgede vida erişim kanalı singulumdan, posterior bölgede ise oklüzal yüzeyde santral oluktan çıkmalıdır. Ancak, implant yerleşimindeki sapmalar nedeniyle, vida erişim kanalı bazen bukkal veya insizal bölgede konumlanabilmektedir ve bu durum estetik açıdan kabul edilemez olabilir (Chee & Jivraj, 2006).

Vida erişim kanalının kapatılması için çeşitli materyaller kullanılmaktadır. En yaygın yöntem, direkt kompozit rezin uygulamasıdır (AlQarawi vd., 2021). Ancak, vida erişim kanalının üzerindeki kompozit dolgu, zamanla renklenme gösterebilir ve estetik sonucu olumsuz etkileyebilir. Bazı klinisyenler, presleme veya frezeleme ile ayrı bir seramik inley üretilerek bu açıklığın üzerine simantasyon önermektedir (Mihali vd., 2016).

12 aylık bir in vivo çalışma, vida erişim kanalı dolgu materyallerinin performansını değerlendirmiştir. Çalışma sonunda, intraoral ve ekstraoral değerlendirmelere dayanarak vida erişim kanallarına yerleştirilen her iki dolgu materyalinin de umut vadeden malzemeler olduğu belirtilmiştir (Tanimura & Suzuki, 2017).

Vida erişim kanalının varlığı, porselen sürekliliğini bozar ve stabil olmayan oklüzal temaslar ile seramik kırılma riskini artırır. Vida erişim kanalı varlığının porselen kırılma direncini azalttığı

bildirilmiştir (Torrado vd., 2004). Bir in vitro çalışma, vida erişim kanalının zirkonyum kronların kırılma yükü üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve kanalın hazırlanma tekniğinin kırılma direncini etkilediğini bulmuştur (Mokhtarpour vd., 2016). Ancak, yeni nesil seramik materyallerin kullanımı bu riski azaltmaktadır. Zirkonyum ve lityum disilikat gibi yüksek dayanımlı seramiklerin kullanımı, vida erişim kanalının neden olduğu seramik zayıflığını kompanse edebilmektedir. CAD/CAM ile üretilmiş seramik kronlarda, vida erişim kanalı olan ve olmayan gruplar arasında kırılma direnci açısından anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir (Hussien vd., 2016).

Vida erişim kanalının oklüzal yüzeyde bulunması, doğal oklüzal morfolojinin bozulmasına neden olabilir. Bu durum, özellikle posterior dişlerde fonksiyonel açıdan problem yaratabilir. Kanal, ideal oklüzal temas noktalarının yerleşimini etkileyebilir ve bazen oklüzal temas vida erişim kanalını kapatan kompozit dolgu üzerine gelebilir (Hebel & Gajjar, 1997). Bu durum, kompozit materyalin aşınma riskini artırmaktadır.

Uzun dönem klinik performans açısından, çok merkezli retrospektif bir çalışmada, zirkonya esaslı vidalı implant destekli protezlerin 12 yıla kadar takip sonuçları değerlendirilmiştir. 111 restorasyon incelenmiş, ortalama takip süresi $7,2 \pm 3,4$ yıl olarak bulunmuştur. Hiçbir zirkonyum kırığı gözlenmemiş, implant sağkalım oranı %99,4, protetik sağkalım oranı %98,2 olarak rapor edilmiştir. En yaygın komplikasyon chipping olmuştur. Sonuç olarak, zirkonyum bazlı vida tutuculuğu ile restorasyonlar uzun dönem için güvenilir bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmiştir (Pozzi vd., 2023).

Vida gevşemesi, vida retansiyonlu restorasyonlarda karşılaşılan en yaygın mekanik komplikasyondur. Tek diş implant kronlarında 5 yıl sonra vida gevşemesi kümülatif insidansının %8,8 olduğunu rapor edilmiştir (Jung vd., 2012). İlk 6 ay içinde meydana gelen vida gevşemesi olguları için, vidanın uygun tork ile yeniden

sıkılması genellikle yeterlidir. Tekrarlayan vida gevşemesi durumunda, nedenin belirlenmesi gerekmektedir. Olası nedenler arasında yetersiz tork uygulaması, implant-dayanak uyumsuzluğu, aşırı oklüzal yükleme, kantilever uzantılar ve parafonksiyonel alışkanlıklar bulunmaktadır. Bu faktörlerin düzeltilmesi ve bazen vidanın değiştirilmesi gerekebilmektedir.

Vida erişim kanalını kapatan kompozit dolgunun kaybolması veya aşınması, düzenli olarak karşılaşılan bir komplikasyondur. 5 yıllık takipte vida erişim kanalı dolgu kaybı insidansının %5,4 olduğu bildirilmiştir (Pjetursson vd., 2012). Bu komplikasyon genellikle minör bir problemdir ve dolgunun yenilenmesi ile kolayca çözülebilir. Ancak, vida erişim kanalının açık kalması, besin birikimi ve hijyen problemlerine yol açabilir. Bu nedenle, dolgu kaybının erken tespiti ve tedavisi önemlidir. Modern kompozit materyaller ve uygun bağlama protokolleri, bu komplikasyonun insidansını azaltmaktadır.

Seramik veneerin chipping'i veya kırılması, hem vida hem de siman retansiyonlu restorasyonlarda görülebilen bir komplikasyondur. Vidalı sistemlerde, vida erişim kanalı çevresindeki porselen daha kırılabilir olabilmektedir. Veneer kırılmalarının yaygın bir komplikasyon olduğu bildirilmiştir (Wittneben vd., 2017). Küçük chipping'lerin intraoral onarımı mümkündür, ancak vidalı sistemlerin avantajı, gerektiğinde restorasyonun tamamen çıkarılabilmesi ve ekstraoral onarım veya yenilemenin yapılabilmesidir.

Geleneksel vida tutuculuğunun estetik limitasyonlarını aşmak için, açılı vida kanalı sistemleri geliştirilmiştir. Açılı vida kanalı, vida erişim kanalının 0° ile 25° arasında, 360° yarıçapında herhangi bir yere yönlendirilebilmesine olanak tanır. Bu sistem, ideal implant pozisyonundan sapma olsa bile, vida erişim kanalının palatinal veya oklüzal yüzeylere yerleştirilmesini sağlar. Bu sistemin başlıca avantajı, vidalı sistemlerin çıkarılabilirlik avantajını

korurken, estetik bölgede bukkal vida erişim noktasından kaçınmayı mümkün kılmasıdır. Vidalı kronlar için anterior estetik bölgede biyolojik, mekanik ve hasta tarafından bildirilen parametreler açısından hem açılı vida kanalı dayanakları hem de multi-unit dayanaklarının eşit derecede umut vadeden sonuçlar sağladığı bildirilmiştir (Varshney vd., 2023).

Siman Retansiyonlu İmplant Üstü Restorasyonlar

Siman retansiyonu, implant destekli sabit restorasyonların implant dayanaklarına sabitlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknikte, restorasyon implanta vida ile sabitlenen bir dayanak üzerine dental siman kullanılarak yapıştırılır (Wittneben vd., 2017). Siman tutuculuğu, estetik avantajları, basit imalat prosedürü ve pasif uyum sağlama kapasitesi nedeniyle implant üstü protezlerde en sık kullanılan restorasyon tiplerindendir (Reda vd., 2022). Ancak, siman artıkları ile ilişkili biyolojik komplikasyonlar, bu yöntemin kullanımında önemli bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Siman retansiyonunun seçimi, bireysel hasta faktörlerine, klinik duruma ve klinisyenin deneyimine bağlıdır.

Simante sistemler, doğal diş destekli sabit protezlerde kullanılan geleneksel simantasyon tekniklerinin implant protezine adaptasyonunu temsil etmektedir. Bu yöntemde, dayanak önce implanta vida ile sabitlenir, ardından restorasyonun iç yüzeyi dental siman ile kaplanır ve dayanağa yerleştirilir. Siman sertleşene kadar restorasyon basınç altında tutulur ve daha sonra fazla siman uzaklaştırılır. İmplant üstü protezlerde siman retansiyonunun gelişimi, vidalı restorasyonların erken dönem problemleriyle paralellik göstermektedir. Vida gevşemesi, estetik komplikasyonlar ve oklüzal bozulmalar, klinisyenleri alternatif tutuculuk yöntemleri aramaya itmiştir. Siman, doğal diş destekli protezlerde kanıtlanmış başarısı nedeniyle cezbedici bir seçenek olarak görülmüştür (Hebel & Gajjar, 1997).

Siman retansiyonunun en önemli avantajı, vida erişim kanalının olmaması nedeniyle sağladığı estetik üstünlüktür (Shadid & Sadaqa, 2012). Özellikle anterior estetik bölgede, vida erişim kanalının bulunmaması, restorasyonun doğal diş görünümünü bozmadan tasarlanmasına olanak tanımaktadır. Geçmişte yapılan bir çalışmada, osseointegrasyon ve estetik arasındaki ilişkiyi vurgulanmış ve simante restorasyonların estetik bölgede üstün sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Parel, 1990).

Vida erişim kanalının yokluğu, seramik katmanlamanın kesintisiz yapılmasını sağlar ve ideal oklüzal morfolojiyi bozmaz. Bu özellik, özellikle insizal kenar bölgesinde vida erişim kanalının bulunmasının kabul edilemez olduğu durumlarda kritik öneme sahiptir. Anterior tek diş implant restorasyonlarında protetik tasarım düşünceleri ele alınmış ve siman retansiyonunun estetik avantajları vurgulanmıştır (Sadan vd., 2004).

İdeal pozisyonlardan önemli ölçüde sapma gösteren açılı implantlarda, siman retansiyonu büyük avantaj sağlamaktadır. Vidalı restorasyonlarda, vida erişim kanalı bazen bukkal veya insizal bölgede konumlanabilmekte ve bu durum estetik açıdan kabul edilemez olabilmektedir. Simante restorasyonlarda ise, dayanak özel olarak açılabilir ve restorasyon marjini ideal konumda yerleştirilebilmektedir (Shadid & Sadaqa, 2012). Bu özellik, özellikle immediate yerleşim protokollerinde veya anatomik limitasyonlar nedeniyle implantın ideal pozisyonda yerleştirilememesi durumunda değerlidir. Açılı vida kanalı sistemlerinin geliştirilmesine rağmen, siman hala bu durumlarda tercih edilen bir seçenek olmaya devam etmektedir.

Simante restorasyonlarda, siman tabakası için oluşturulan aralık, küçük uyumsuzlukları tolere edebilmekte ve stres dağılımını iyileştirebilmektedir (Reda vd., 2022). Siman, implant-dayanak-restorasyon kompleksinde bir tampon görevi görerek fabrikasyon sırasında oluşabilecek minimal uyumsuzlukları kompanse

etmektedir. Bu durum, birden fazla implanttan destek alan sabit protezlerde, tam pasif uyum sağlamanın teknik olarak zor olduğu durumlarda avantajlıdır.

Deneysel bir çalışmada, implant-protez sisteminin iki farklı dinamik sanal modeli tek parça simante kron ve tek parça vidalı kron ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, siman tutuculuğunun daha iyi stres dağılımı sağladığını göstermiştir (Cicciu vd., 2014).

Siman tutuculuğu, laboratuvar prosedürlerinin basitliği ve hasta başında geçen zamanın daha az olması nedeniyle genellikle daha düşük maliyetlidir (Shadid & Sadaqa, 2012). Vida retansiyonu, ekstra komponentler ve karmaşık laboratuvar prosedürleri gerektirirken siman retansiyonunda, doğal diş destekli sabit protezlere benzer geleneksel teknikler kullanılmaktadır. Bu durum, hem laboratuvar maliyetlerini hem de klinikte harcanan zamanı azaltmaktadır.

Simante sistemlerde, vida erişim kanalının oklüzal yüzeyde olmaması nedeniyle, oklüzal ayarlama ve kontrol daha kolaydır. Oklüzal temas noktaları, vida erişim kanalı dolgusu ile interferans olmadan optimize edilebilir. Bu durum, özellikle posterior bölgede fonksiyonel oklüzyonun oluşturulmasında avantaj sağlar (Shadid & Sadaqa, 2012).

Siman tutuculuğunun en önemli ve endişe verici dezavantajı, subgingival siman artıklarının tamamen uzaklaştırılmasındaki zorluktur. Rezidüel siman, peri-implant mukozit ve peri-implantitis gelişimine neden olmaktadır. Sistematik bir derlemede, fazla simanın peri-implant hastalıklar için olası bir risk göstergesi olarak tanımlandığı gösterilmiştir (Staubli vd., 2017). Çalışmada, simante restorasyonların bulunduğu implantlarda peri-implant hastalık prevalansının %1,9 ile %75 arasında değiştiği ve bu olguların %33-100'ünün fazla siman ile ilişkilendirildiği bildirilmiştir.

Restorasyon marjın lokasyonunun, siman retansiyonu ile restore edilen implantlarda tespit edilemeyen fazla siman miktarı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, restorasyon marjınlarının subgingival yerleştirilmesi ile tespit edilemeyen siman artıkları miktarının arttığını göstermiştir. 1 mm subgingival marjinde %91, 1,5 mm'de %95, 2 mm'de %100 oranında tespit edilemeyen siman artığı bulunmuştur (Linkevicius vd., 2013).

Retrospektif klinik gözlemsel bir çalışmada, metakrilat siman kullanılarak simante edilen sabit implant destekli restorasyonlarda siman ile ilişkili peri-implantitis değerlendirilmiştir. 71 hasta ve 126 implant incelenmiş, implantların %59,5'inde siman artıkları tespit edilmiştir. Fazla simanlı implantların %80'inde sondalamada kanama, %21,3'ünde supürasyon gözlenmiştir. Fazla simanın uzaklaştırılması ve Temp Bond ile yeniden simantasyon sonrasında, takipte sondalamada kanamada %76,9 azalma bulunmuştur (Korsch vd., 2014).

Siman artıklarının tamamen uzaklaştırılması, özellikle subgingival marjınlerde son derece zordur. Dayanak angülasyonu, kron çıkış profilinin genişliği ve implant çapı gibi faktörler, tüm siman artıklarının temizlenmesini zorlaştırmaktadır (Reda vd., 2022). Ayrıca, yaygın olarak kullanılan dental simanlar zayıf radyoopasiteye sahiptir ve radyografilerde artık siman görünmemektedir, bu da tespit ve uzaklaştırmayı daha da zorlaştırmaktadır. Metal el aletleri ile siman uzaklaştırma girişimleri, titanyum dayanak yüzeylerinde çizikler ve hasara neden olabilmektedir. Alternatif olarak rezin el aletleri önerilse de bunların siman artıklarını uzaklaştırmada çok etkili olmadığı gösterilmiştir (Agar vd., 1997; Kuşçu & Hayran, 2025). Yetersiz siman uzaklaştırması, şişlik, ağrı, daha derin sondalama derinlikleri, sondalamada kanama ve/veya eksuda ve radyografik peri-implant kemik kaybı gibi komplikasyonlara yol açmaktadır.

İmplant destekli restorasyonlarda kullanılan siman tipi, retansiyon, biyouyumluluk ve uzaklaştırma kolaylığı açısından kritik öneme sahiptir. Simanlar, geçici simanlar ve daimi simanlar olmak üzere iki temel kategoride sınıflandırılmaktadır. Geçici simanlar, daha zayıf bağlama gücü sağlamakta ve gerektiğinde restorasyonun çıkarılmasını kolaylaştırmaktadır. Daimi simanlar ise, daha güçlü retansiyon sağlamaktadır ancak restorasyon uzaklaştırmasını zorlaştırmaktadır. Siman seçiminde dikkate alınması gereken faktörler; retansiyon gücü, biyouyumluluk, radyopasite, çözünürlük, manipülasyon kolaylığı ve estetik özellikler olarak sıralanabilir. Özellikle kolay çıkarılabilirlik istendiğinde, geçici simanların tercih edilmesi önerilmektedir (Michalakakis vd., 2003).

Metakrilat simanların peri-implant dokulara toksik etkisi olduğu bildirilmiştir (Korsch vd., 2014). Bir başka çalışmada, rezin simanların içerdikleri serbest monomerler nedeniyle yumuşak dokular için toksik olduğunu belirtilmiştir (Geurtsen, 1998). Alternatif olarak, öjenol içermeyen çinkooksit simanlar daha iyi peri-implant doku sağlığı ile ilişkilendirilmiştir.

Rezin simanlar, güçlü kimyasal bağlanma ve yüksek retansiyon sağlar. Ancak, serbest monomer içerikleri nedeniyle peri-implant dokulara potansiyel toksik etkileri vardır. Ayrıca, rezin simanlar tamamen sertleştikten sonra uzaklaştırılması son derece zordur. Rezin simanların en az miktarda rezidüel siman bıraktığı ancak polikarboksilat simanların en fazla miktarda artık bıraktığı bildirilmiştir (Kuşçu & Hayran, 2025).

Beagle köpekleri üzerinde yapılan deneysel bir çalışmada, simante ve vida retansiyonlu implant üstü restorasyonların peri-implant dokularını immünohistokimyasal olarak değerlendirmiştir. Sonuçlar, siman retansiyonunun peri-implant enflamatuvar yanıtta artışa neden olabileceğini göstermiştir (Assenza vd., 2006).

Posterior implant üstü kronlarda, havalandırma deliğinin lateral yüzeye yerleştirilmesinin, siman ekstrüzyonunun hidrodinamik özelliği ve retansiyon kapasitesi üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir. Sonuçlar, 1 mm havalandırma deliği veya 2,5 mm vida erişim deliği kullanımı konusunda öneriler sunmuştur (Zhou vd., 2022).

İmplant destekli restorasyonlarda kullanılan farklı siman ve siman izolasyon tekniklerinin rezidüel siman eliminasyonu üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Çalışmada, rubber dam ve politetrafloroetilen bant olmak üzere iki farklı izolasyon yöntemi kullanılmıştır. Rubber dam, siman artıklarını minimize etmede en etkili yöntem olarak bulunmuştur (Kuşçu & Hayran, 2025).

Bir başka çalışmada, fazla siman, peri-implant hastalıkları için olası bir risk göstergesi olarak tanımlanmış ve yumuşak doku iyileşme süreleri 4 haftadan kısa olan durumlarda daha sık gözlemlenmiştir. Fazla simana bağlı peri-implant hastalığı riskini azaltmak için, yeterli erişim sağlayan mukoza kenarı seviyesinde bir kuron kenarı ve restorasyon yerleştirildikten sonra yumuşak doku olgunlaşması ve erken takip kontrolleri sağlanması önerilmiştir (Staubli vd., 2017).

Simante restorasyonlar; vida erişim kanalının bukkal veya insizal bölgede çıkacağı ve estetik açıdan kabul edilemez olduğu durumlarda, ideal pozisyondan önemli sapmalar olan implantlarda, dayanak yüksekliğinin yeterli retansiyon sağlayacak kadar olduğu ancak vida erişim kanalı için yeterli mesafenin bulunmadığı durumlarda, vida erişim kanalının ana oklüzal temas noktalarına geleceği ve fonksiyonel problemlere yol açacağı vakalarda, hasta bütçesinin sınırlı olduğu ve daha ekonomik bir çözüm gerektiği durumlarda endikedir. Bununla beraber; restorasyon marjinlerinin 2 mm veya daha fazla subgingival olması gereken durumlarda, kötü oral hijyene sahip veya periodontal hastalık geçmişi olan hastalarda, dayanak boyunun kısa olduğu vakalarda, protez altındaki yumuşak

dokuların sık değ erlendirilmesi gereken durumlarda ve yumuşak doku matürasyonu için yeterli zaman olmadan simantasyon gereken durumlarda kontrendikedir (Misch, 2007).

Vida – Siman Hibrit Sistemler

Vida ve siman tutuculu unun avantajlarını birleştirmek için, hibrit sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, restorasyon önce laboratuvarda titanyum veya zirkonyum dayana a siman ile yap  tırılır, ardından bu kompleks a ız içinde vida ile implanta sabitlenir. Oklüzal yüzeyde bırakılan vida erişim kanalı sayesinde, gerektiğinde tüm kompleksin çıkarılması mümkündür.

Vida-siman retansiyonun klinisyenler tarafından tercih edildiği, çünkü kolay çıkarılabilirlik, pasif uyum, siman artıklarının tam olarak uzaklaştırılması ve komplike olmayan bakım ve yönetim sa lad   bildirilmiştir (Heo & Lim, 2015). Ancak, vida erişim kanalının kron yüzeyinde bulunması nedeniyle estetik ve protetik dezavantaj taşımaktadır.

Vida, siman ve vida-siman retansiyonlu posterior implant destekli metal-seramik kronların porselen kırılma direncini kar ıla tıran çalışmada, her üç yöntemin de benzer mekanik performans gösterdiği ortaya koyulmuştur (Al-Omari vd., 2010).

Klinik Karar: Vida Retansiyonlu mu Siman Retansiyonlu mu?

Sistematik derlemeler, vida ve siman retansiyonunun sağkalım oranları açısından benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir (Lemos vd., 2016; Sailer vd., 2012).

Anterior bölgede vida erişim kanalının singulumdan, posterior bölgede santral oluktan  ıkt  ı durumlarda, 5-7 mm'den az vertikal alan olan vakalarda, oral hijyen kontrolü zayıf olan veya periodontal hastalık geçmişi olan hastalarda, paralel olmayan implantlarda, dayanak preparasyonu sonrası yeterli retansiyon sağlanamayan durumlarda, protez altındaki yumuşak dokuların

periyodik değerlendirmesi gereken durumlarda vidalı sistemler tercih edilmelidir (Misch, 2007).

Vida erişim kanalının bukkal veya insizal bölgede çıkacağı durumlarda, ideal pozisyonlardan önemli sapmalar olan implantlarda, çok sayıda implanttan destek alan sabit restorasyonun pasif uyumunun kritik olduğu vakalarda, vida erişim kanalının mekanik bütünlüğü tehdit edeceği ince seramik restorasyonlarda simante sistemler tercih edilmelidir (Misch, 2007).

Kapsamlı bir sistematik derlemede, 4324 özet taranmış ve 73 çalışmaya dahil edilmiştir. 5 yıllık sağkalım oranları simante restorasyonlarda %96,03, vidalı restorasyonlarda %95,55 olarak bulunmuştur ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak aynı çalışma, vida tutuculuğunun daha az teknik ve biyolojik komplikasyon gösterdiğini ortaya koymuştur (Wittneben vd., 2014).

Simante restorasyonların daha ciddi biyolojik komplikasyonlar gösterirken vidalı restorasyonların ise daha fazla teknik problem sergilediği bildirilmiştir. Yazarlar, vidalı sistemlerin daha kolay çıkarılabilmesi nedeniyle, teknik ve biyolojik komplikasyonların daha kolay tedavi edilebileceğini ve bu nedenle vidalı sistemlerin daha tercih edilebilir olduğunu belirtmişlerdir (Sailer vd., 2012).

Bir başka sistematik derlemede, siman ve vida retansiyonu arasında implant sağkalımı veya kron kaybı açısından anlamlı fark olmadığı bildirilmiştir (Sherif vd., 2014).

Sonuç

İmplant destekli protetik restorasyonlarda tutuculuk mekanizmasının seçimi, tedavinin uzun dönem başarısını etkileyen önemli bir karardır. Vida ve siman retansiyonlu sistemlerin her ikisi de uygun endikasyonlarda kullanıldığında yüksek sağkalım oranları sunmaktadır. Sistematik derlemeler, her iki yöntemin de %95'in

üzerinde 5 yıllık sağkalım oranlarına sahip olduğunu göstermekte ve implant kaybı açısından aralarında anlamlı fark bulunmamaktadır.

Vida retansiyonlu sistemlerin başlıca avantajı, kolayca çıkarılabilirlik özelliğidir. Bu özellik, komplikasyon yönetimini önemli ölçüde kolaylaştırmakta ve uzun dönem bakımda büyük avantaj sağlamaktadır. Siman artıklarının tamamen elimine edilmesi, peri-implant doku sağlığı açısından önemli bir kazanımdır. Öte yandan, vida erişim kanalının varlığı, özellikle anterior estetik bölgede önemli limitasyonlar oluşturmaktadır. Vida gevşemesi ve dolgu kaybı gibi teknik komplikasyonlar, vidalı sistemlerde daha sık karşılaşılan problemlerdir. Ancak, bu komplikasyonların çoğu minör nitelikte olup, kolayca tedavi edilebilmektedir.

Siman retansiyonlu sistemlerin en önemli avantajı, estetik üstünlükleridir. Vida erişim kanalının olmaması, doğal diş görünümünün korunmasını sağlamakta ve ideal oklüzal morfoljinin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, subgingival siman artıkları, peri-implant hastalıklar için önemli bir risk faktörü olmaya devam etmektedir. Siman artıklarının tamamen uzaklaştırılmasındaki zorluklar ve rezidüel simanın biyolojik komplikasyonları, bu yöntemin en önemli dezavantajlarıdır.

Modern teknolojik gelişmeler, her iki sistemin de performansını iyileştirmeye devam etmektedir. Açılı vida kanalı sistemleri, vidalı restorasyonların estetik limitasyonlarını aşmak için umut vadeden bir seçenek sunmaktadır. CAD/CAM teknolojisi, pasif uyum sağlama konusundaki zorlukları azaltmakta ve daha öngörülebilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Yüksek dayanımlı seramiklerin kullanımı, vida erişim kanalının neden olduğu mekanik zayıflığı kompanse edebilmektedir. Platform switching konsepti ve internal bağlantı sistemlerinin yaygınlaşması, peri-implant kemik kaybını azaltmakta ve mekanik stabiliteyi artırmaktadır.

Klinik karar, bireysel hasta faktörlerinin ve anatomik koşulların dikkatlice değerlendirilmesini gerektirmektedir. Vida retansiyonu; anterior bölgede ideal yerleştirelemeyen implant pozisyonlarında, oral hijyeni zayıf hastalarda, protez altındaki dokuların periyodik değerlendirmesinin gerektiği durumlarda ve sınırlı interoklüzal mesafe olan vakalarda tercih edilmelidir. Siman retansiyonu ise; estetik beklentilerin yüksek olduğu anterior tek diş restorasyonlarında, ideal pozisyonlardan önemli sapmalar gösteren açılı implantlarda ve çok sayıda implanttan destek alan protezlerde pasif uyumun kritik olduğu durumlarda endikedir. Ancak, restorasyon marjinlerinin 2 mm veya daha fazla subgingival yerleştirileceği durumlarda ve peri-implant hastalık riski yüksek olan hastalarda, simantasyon kontrendikedir.

Güncel bilimsel veriler, tutuculuk yönteminin tek başına implant başarısını belirlemediğini, ancak komplikasyon tipini ve yönetim kolaylığını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Vida retansiyonlu sistemler daha fazla teknik komplikasyon gösterirken, siman retansiyonlu sistemler daha ciddi biyolojik komplikasyonlarla ilişkilidir. Vidalı sistemlerin kolay çıkarılabilirlik özelliği, komplikasyonların tedavisini basitleştirmekte ve bu nedenle birçok klinisyen tarafından daha tercih edilebilir bulunmaktadır.

Sonuç olarak, ideal bir tutuculuk yöntemi yoktur; her vaka kendi özelinde değerlendirilmelidir. Klinisyenler, her iki sistemin de avantaj ve dezavantajlarını iyi bilmeli, implant pozisyonunu dikkatle planlamalı ve hastanın anatomik, fonksiyonel ve estetik ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak karar vermelidir. Gelecekte, biyomimetik materyaller ve gelişmiş bağlantı teknolojilerinin, her iki sistemin de performansını daha da iyileştirmesi beklenmektedir.

Kaynakça

Agar, J. R., Cameron, S. M., Hughbanks, J. C., & Parker, M. H. (1997). Cement removal from restorations luted to titanium

abutments with simulated subgingival margins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 78(1), 43–47. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(97\)70086-6](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(97)70086-6)

Al-Omari, W. M., Shadid, R., Abu-Naba'a, L., & El Masoud, B. (2010). Porcelain fracture resistance of screw-retained, cement-retained, and screw-cement-retained implant-supported metal ceramic posterior crowns. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 19(4), 263–273. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00560.x>

AlQarawi, F. K., AlShammasi, B. M., AlBasry, Z. A., AlAwami, H. Z., AlEraky, D. M., AlJindan, R. Y., Alrumaih, H. S., & Alshahrani, F. A. (2021). Microleakage and Bacterial Adhesion with Three Restorative Materials Used to Seal Screw-access Channels of Implant Abutments: An In vitro Study. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences*, 9(3), 241–247. https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_76_20

Assenza, B., Artese, L., Scarano, A., Rubini, C., Perrotti, V., Piattelli, M., Thams, U., San Roman, F., Piccirilli, M., & Piattelli, A. (2006). Screw vs cement-implant-retained restorations: An experimental study in the beagle. Part 2. Immunohistochemical evaluation of the peri-implant tissues. *The Journal of Oral Implantology*, 32(1), 1–7. <https://doi.org/10.1563/754.1>

Atieh, M. A., Ibrahim, H. M., & Atieh, A. H. (2010). Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 81(10), 1350–1366. <https://doi.org/10.1902/jop.2010.100232>

Brånemark, P. I. (1983). Osseointegration and its experimental background. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(3), 399–410. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(83\)80101-2](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(83)80101-2)

Brånemark, P. I., Adell, R., Breine, U., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery*, 3(2), 81–100. <https://doi.org/10.3109/02844316909036699>

Canullo, L., Iurlaro, G., & Iannello, G. (2009). Double-blind randomized controlled trial study on post-extraction immediately restored implants using the switching platform concept: Soft tissue response. Preliminary report. *Clinical Oral Implants Research*, 20(4), 414–420. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01660.x>

Chee, W., & Jivraj, S. (2006). Screw versus cemented implant supported restorations. *British Dental Journal*, 201(8), 501–507. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4814157>

Chee, W. W., Torbati, A., & Albouy, J. P. (1998). Retrievable cemented implant restorations. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 7(2), 120–125. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849x.1998.tb00191.x>

Cicciu, M., Bramanti, E., Matakana, G., Guglielmino, E., & Risitano, G. (2014). FEM evaluation of cemented-retained versus screw-retained dental implant single-tooth crown prosthesis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 7(4), 817–825.

D’Ercole, S., Dotta, T. C., Farani, M. R., Etemadi, N., Iezzi, G., Comuzzi, L., Piattelli, A., & Petrini, M. (2022). Bacterial Microleakage at the Implant-Abutment Interface: An In Vitro Study. *Bioengineering*, 9(7), 277. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9070277>

Enkling, N., Jöhren, P., Katsoulis, J., Bayer, S., Jervøe-Storm, P.-M., Mericske-Stern, R., & Jepsen, S. (2013). Influence of platform switching on bone-level alterations: A three-year randomized

clinical trial. *Journal of Dental Research*, 92(12 Suppl), 139S-45S.
<https://doi.org/10.1177/0022034513504953>

Geurtsen, W. (1998). Substances released from dental resin composites and glass ionomer cements. *European Journal of Oral Sciences*, 106(2 Pt 2), 687–695. <https://doi.org/10.1046/j.0909-8836.1998.eos10602ii04.x>

Gracis, S., Michalakis, K., Vigolo, P., Vult von Steyern, P., Zwahlen, M., & Sailer, I. (2012). Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 23 Suppl 6, 202–216.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02556.x>

He, Z., Bennani, V., Aarts, J. M., Choi, J. J. E., & Veerasamy, A. (2026). Fit accuracy of 3D printed Co-Cr multiunit implant-supported fixed dental prostheses: A systematic review of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(1), 64.e1-64.e10.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.08.033>

Hebel, K. S., & Gajjar, R. C. (1997). Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 77(1), 28–35. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(97\)70203-8](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(97)70203-8)

Heo, Y.-K., & Lim, Y.-J. (2015). A Newly Designed Screw- and Cement-Retained Prosthesis and Its Abutments. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(6), 612–614.
<https://doi.org/10.11607/ijp.4236>

Hermann, J. S., Buser, D., Schenk, R. K., Higginbottom, F. L., & Cochran, D. L. (2000). Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clinical Oral Implants Research*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2000.011001001.x>

Huang, Y., & Wang, J. (2019). Mechanism of and factors associated with the loosening of the implant abutment screw: A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 31(4), 338–345. <https://doi.org/10.1111/jerd.12494>

Hussien, A. N. M., Rayyan, M. M., Sayed, N. M., Segaan, L. G., Goodacre, C. J., & Kattadiyil, M. T. (2016). Effect of screw-access channels on the fracture resistance of 3 types of ceramic implant-supported crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), 214–220. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.12.016>

Jung, R. E., Zembic, A., Pjetursson, B. E., Zwahlen, M., & Thoma, D. S. (2012). Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clinical Oral Implants Research*, 23 Suppl 6, 2–21. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02547.x>

Katsoulis, J., Mericske-Stern, R., Rotkina, L., Zbären, C., Enkling, N., & Blatz, M. B. (2014). Precision of fit of implant-supported screw-retained 10-unit computer-aided-designed and computer-aided-manufactured frameworks made from zirconium dioxide and titanium: An in vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 25(2), 165–174. <https://doi.org/10.1111/clr.12039>

Koo, K.-T., Lee, E.-J., Kim, J.-Y., Seol, Y.-J., Han, J. S., Kim, T.-I., Lee, Y. M., Ku, Y., Wikesjö, U. M. E., & Rhyu, I.-C. (2012). The effect of internal versus external abutment connection modes on crestal bone changes around dental implants: A radiographic analysis. *Journal of Periodontology*, 83(9), 1104–1109. <https://doi.org/10.1902/jop.2011.110456>

Korsch, M., Obst, U., & Walther, W. (2014). Cement-associated peri-implantitis: A retrospective clinical observational study of fixed

implant-supported restorations using a methacrylate cement. *Clinical Oral Implants Research*, 25(7), 797–802. <https://doi.org/10.1111/clr.12173>

Kuşçu, S., & Hayran, Y. (2025). Selection of Cement Materials and Isolation Techniques for the Effective Removal of Residual Cement in the Cementation. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 27(2), e70040. <https://doi.org/10.1111/cid.70040>

Larrucea Verdugo, C., Jaramillo Núñez, G., Acevedo Avila, A., & Larrucea San Martín, C. (2014). Microleakage of the prosthetic abutment/implant interface with internal and external connection: In vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 25(9), 1078–1083. <https://doi.org/10.1111/clr.12217>

Lazzara, R. J., & Porter, S. S. (2006). Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(1), 9–17.

Lee, H., Jo, M., & Noh, G. (2021). Biomechanical effects of dental implant diameter, connection type, and bone density on microgap formation and fatigue failure: A finite element analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 200, 105863. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105863>

Lee, K.-Y., Shin, K. S., Jung, J.-H., Cho, H.-W., Kwon, K.-H., & Kim, Y.-L. (2020). Clinical study on screw loosening in dental implant prostheses: A 6-year retrospective study. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 46(2), 133–142. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2020.46.2.133>

Lemos, C. A. A., de Souza Batista, V. E., Almeida, D. A. de F., Santiago Júnior, J. F., Verri, F. R., & Pellizzer, E. P. (2016). Evaluation of cement-retained versus screw-retained implant-supported restorations for marginal bone loss: A systematic review

and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(4), 419–427. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.08.026>

Lemos, C. A. A., Verri, F. R., Bonfante, E. A., Santiago Júnior, J. F., & Pellizzer, E. P. (2018). Comparison of external and internal implant-abutment connections for implant supported prostheses. A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 70, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.12.001>

Linkevicius, T., Vindasiute, E., Puisys, A., Linkeviciene, L., Maslova, N., & Puriene, A. (2013). The influence of the cementation margin position on the amount of undetected cement. A prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 24(1), 71–76. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02453.x>

Mao, Z., Beuer, F., Wu, D., Zhu, Q., Yassine, J., Schwitalla, A., & Schmidt, F. (2023). Microleakage along the implant-abutment interface: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00494-y>

McGlumphy, E. A., Mendel, D. A., & Holloway, J. A. (1998). Implant screw mechanics. *Dental Clinics of North America*, 42(1), 71–89.

Michalakis, K. X., Hirayama, H., & Garefis, P. D. (2003). Cement-retained versus screw-retained implant restorations: A critical review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 18(5), 719–728.

Mihali, S., Canjau, S., Bratu, E., & Wang, H.-L. (2016). Utilization of Ceramic Inlays for Sealing Implant Prostheses Screw Access Holes: A Case-Control Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(5), 1142–1149. <https://doi.org/10.11607/jomi.4733>

Misch, C. E. (2007). *Contemporary Implant Dentistry - E-Book: Contemporary Implant Dentistry - E-Book*. Elsevier Health Sciences.

Mishra, S. K., Chowdhary, R., & Kumari, S. (2017). Microleakage at the Different Implant Abutment Interface: A Systematic Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(6), ZE10–ZE15. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/28951.10054>

Mokhtarpour, H., Eftekhar Ashtiani, R., Mahshid, M., Tabatabaian, F., & Alikhasi, M. (2016). Effect of screw access hole preparation on fracture load of implant-supported zirconia-based crowns: An in vitro study. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 10(3), 181–188. <https://doi.org/10.15171/jodddd.2016.029>

Parel, S. M. (1990). Aesthetics and osseointegration. *Dentistry Today*, 9(1), 50–51.

Patterson, E. A., & Johns, R. B. (1992). Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 7(1), 26–33.

Pjetursson, B. E., Thoma, D., Jung, R., Zwahlen, M., & Zembic, A. (2012). A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clinical Oral Implants Research*, 23 Suppl 6, 22–38. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02546.x>

Pozzi, A., Arcuri, L., Fabbri, G., Singer, G., & Londono, J. (2023). Long-term survival and success of zirconia screw-retained implant-supported prostheses for up to 12 years: A retrospective multicenter study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(1), 96–108. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.04.026>

Reda, R., Zanza, A., Cicconetti, A., Bhandi, S., Guarnieri, R., Testarelli, L., & Di Nardo, D. (2022). A Systematic Review of Cementation Techniques to Minimize Cement Excess in Cement-Retained Implant Restorations. *Methods and Protocols*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.3390/mps5010009>

Roccuzzo, A., Imber, J.-C., Marruganti, C., Salvi, G. E., Ramieri, G., & Roccuzzo, M. (2022). Clinical outcomes of dental implants in patients with and without history of periodontitis: A 20-year prospective study. *Journal of Clinical Periodontology*, 49(12), 1346–1356. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13716>

Sadan, A., Blatz, M. B., Bellerino, M., & Block, M. (2004). Prosthetic design considerations for anterior single-implant restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 16(3), 165–175; discussion 175. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2004.tb00028.x>

Sahin, S., & Cehreli, M. C. (2001). The significance of passive framework fit in implant prosthodontics: Current status. *Implant Dentistry*, 10(2), 85–92. <https://doi.org/10.1097/00008505-200104000-00003>

Saidin, S., Abdul Kadir, M. R., Sulaiman, E., & Abu Kasim, N. H. (2012). Effects of different implant-abutment connections on micromotion and stress distribution: Prediction of microgap formation. *Journal of Dentistry*, 40(6), 467–474. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.009>

Sailer, I., Mühlemann, S., Zwahlen, M., Hämmerle, C. H. F., & Schneider, D. (2012). Cemented and screw-retained implant reconstructions: A systematic review of the survival and complication rates. *Clinical Oral Implants Research*, 23 Suppl 6, 163–201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02538.x>

Shadid, R., & Sadaqa, N. (2012). A comparison between screw- and cement-retained implant prostheses. A literature review. *The Journal of Oral Implantology*, 38(3), 298–307. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-10-00146>

Sherif, S., Susarla, H. K., Kapos, T., Munoz, D., Chang, B. M., & Wright, R. F. (2014). A systematic review of screw- versus cement-retained implant-supported fixed restorations. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jopr.12128>

Staubli, N., Walter, C., Schmidt, J. C., Weiger, R., & Zitzmann, N. U. (2017). Excess cement and the risk of peri-implant disease—A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 28(10), 1278–1290. <https://doi.org/10.1111/clr.12954>

Tanimura, R., & Suzuki, S. (2017). Comparison of access-hole filling materials for screw retained implant prostheses: 12-month in vivo study. *International Journal of Implant Dentistry*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40729-017-0076-4>

Torrado, E., Ercoli, C., Al Mardini, M., Graser, G. N., Tallents, R. H., & Cordaro, L. (2004). A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crowns. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(6), 532–537. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.03.014>

Varshney, N., Kusum, C. K., Trivedi, A., Kaushik, M., Dubey, P., & Bali, Y. (2023). Comparative evaluation of biological, mechanical, and patient-reported outcomes of angulated screw channel abutments versus multi-unit abutment-retained single-unit implant restorations in the anterior esthetic zone: An in vivo study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 23(3), 244–252. https://doi.org/10.4103/jips.jips_101_23

Vigolo, P., Givani, A., Majzoub, Z., & Cordioli, G. (2004). Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: A 4-year prospective clinical study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 19(2), 260–265.

Weber, H. P., Kim, D. M., Ng, M. W., Hwang, J. W., & Fiorellini, J. P. (2006). Peri-implant soft-tissue health surrounding cement- and screw-retained implant restorations: A multi-center, 3-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*, 17(4), 375–379. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01232.x>

Wilson, T. G. (2009). The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: A prospective clinical endoscopic study. *Journal of Periodontology*, 80(9), 1388–1392. <https://doi.org/10.1902/jop.2009.090115>

Wittneben, J.-G., Joda, T., Weber, H.-P., & Brägger, U. (2017). Screw retained vs. Cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontology* 2000, 73(1), 141–151. <https://doi.org/10.1111/prd.12168>

Wittneben, J.-G., Millen, C., & Brägger, U. (2014). Clinical performance of screw- versus cement-retained fixed implant-supported reconstructions—A systematic review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29 Suppl, 84–98. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g2.1>

Zhou, H., Ye, S., Liu, M., Feng, H., & Wen, C. (2022). Selection of 1-mm venting or 2.5-mm screw access holes on implant crowns based on cement extrusion and retention capacity. *BMC Oral Health*, 22(1), 108. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02145-x>

SİMANTE VE VİDALI İMPLANT ÜSTÜ RESTORASYONLARDA KOMPLİKASYONLAR VE KLİNİK KARAR SÜRECİ

**ECE ÇİÇEK¹
ÖZGE KIRARSLAN KARAGÖZ²
MEHMET ALİ GÜNGÖR³**

Giriş

Dental implantlar, parsiyel veya tam dişsiz hastaların fonksiyonel ve estetik rehabilitasyonunda günümüz diş hekimliğinde en başarılı ve öngörülebilir tedavi seçeneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Güncel klinik çalışmalar, implant tedavilerinin uzun dönem sağkalım oranlarının %95'in üzerinde olduğunu bildirmektedir (Pjetursson ve ark., 2021; Papaspyridakos ve ark., 2023). Çalışmalar, implant destekli restorasyonların fonksiyonel performans, biyolojik stabilite ve hasta memnuniyeti açısından yüksek başarı sağladığını göstermektedir (Thoma ve ark., 2024). İmplant destekli sabit restorasyonların protetik tasarımı, implantın biyomekaniği, peri-implant yumuşak dokuların stabilitesi ve restorasyonun uzun dönem klinik başarısı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Papaspyridakos ve ark., 2023).

İmplant üstü restorasyonlar retansiyon şekline göre temel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır: simante restorasyonlar (cement-retained

¹Arş. Gör., Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0008-8911-4050

²Dr. Öğr. Üyesi, Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-3440-3217

³Prof. Dr., Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-6394-1479

restorations) ve vidalı restorasyonlar (screw-retained restorations). Her iki sistem implant protetiğinde yaygın olarak kullanılmakta olup biyolojik, mekanik ve estetik açıdan farklı avantajlar ve komplikasyon profilleri göstermektedir (Hamed ve ark., 2020; Fiorillo ve ark., 2024).

Simante restorasyonlarda kron, implant üzerine yerleştirilen abutment üzerine dental siman aracılığıyla sabitlenirken; vidalı restorasyonlarda restorasyon implant veya abutment üzerine doğrudan bir vida aracılığıyla bağlanmaktadır (Fiorillo ve ark., 2024; Yılmaz ve ark., 2024). Retansiyon sisteminin seçimi implantın üç boyutlu pozisyonu, estetik gereksinimler, interokluzal mesafe, restorasyonun geri çıkarılabilirliği ve biyolojik komplikasyon riski gibi çeşitli klinik faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir (Papaspnyridakos ve ark., 2023; Fiorillo ve ark., 2024).

Son yıllarda implant tedavisinin başarısının yalnızca osseointegrasyon ile sınırlı olmadığı, aynı zamanda protetik komplikasyonların önlenmesi ve etkin yönetimi ile yakından ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle implant üstü restorasyonların planlanmasında biyolojik, mekanik ve estetik faktörler birlikte değerlendirilmelidir. Ayrıca hasta-spesifik bir tedavi yaklaşımının benimsenmesi büyük önem taşımaktadır (Reda ve ark., 2022; Fiorillo ve ark., 2024).

İmplant Üstü Restorasyonlarda Retansiyon Sistemleri

Simante Restorasyonlar

Simante implant restorasyonları, implant protetiğinde uzun yıllardır kullanılan ve konvansiyonel sabit protez prensiplerine benzer şekilde planlanan restorasyonlardır. Bu restorasyonların başlıca avantajları arasında üretim sürecinin görece daha basit olması, laboratuvar aşamalarının daha kolay uygulanabilmesi ve

estetik açıdan daha doğal sonuçların elde edilebilmesi yer almaktadır (Yılmaz ve ark., 2024).

Simante restorasyonlarda oklüzal yüzeyde vida erişim kanalının bulunmaması restorasyonun morfolojik bütünlüğünün korunmasına katkı sağlayarak daha iyi oklüzal kontrol ve estetik sonuçların elde edilmesine olanak tanır (Fiorillo ve ark., 2024). Özellikle anterior bölgede implantın ideal üç boyutlu pozisyonda yerleştirildiği vakalarda simante restorasyonlar estetik açıdan önemli avantajlar sunabilmektedir (Kim ve ark., 2024; Thoma ve ark., 2024).

Simante restorasyonların bir diğer avantajı pasif uyumun daha kolay elde edilebilmesidir. Restorasyon ile abutment arasında bulunan siman tabakası mikroskobik düzeydeki uyumsuzlukları telafi edebilmekte ve bu durum implant-abutment kompleksine iletilen streslerin azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir (Hamed ve ark., 2020; Fiorillo ve ark., 2024).

Simante restorasyonların en önemli dezavantajı rezidüel siman varlığıdır. Subgingival bölgede kalan siman artıkları peri-implant dokularda inflamatuvar reaksiyonların gelişmesine neden olabilmektedir. Güncel klinik çalışmalar rezidüel simanın peri-implant mukozitis ve peri-implantitis gelişiminde önemli bir risk faktörü olabileceğini göstermektedir (Reda ve ark., 2022; Dos Reis ve ark., 2025).

Rezidüel siman özellikle restorasyon marjininin subgingival konumda olduğu durumlarda tamamen uzaklaştırılamayabilir. Bu durum plak retansiyonunu artırarak bakteriyel biyofilm oluşumunu kolaylaştırabilir ve peri-implant dokularda inflamatuvar süreçlerin gelişmesine zemin hazırlayabilir. Güncel literatür, subgingival siman kalıntılarının peri-implant hastalıklarının gelişiminde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir (Montevecchi ve ark., 2025).

Vidalı Restorasyonlar

Vidalı implant restorasyonları, protezin implant veya abutment üzerine doğrudan bir vida aracılığıyla sabitlendiği restorasyon tipidir. Bu restorasyonların en önemli avantajı restorasyonun gerektiğinde kolaylıkla çıkarılabilmesidir. Restorasyonun geri çıkarılabilir olması implant üstü restorasyonların bakım, kontrol ve onarım işlemlerinin daha kolay gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Fiorillo ve ark., 2024).

Geri çıkarılabilir özelliği sayesinde vidalı restorasyonlarda vida yeniden sıkılması, porselen onarımı, implant çevresi bakım işlemleri ve protetik bileşenlerin değiştirilmesi gibi klinik işlemler restorasyona zarar verilmeden gerçekleştirilebilmektedir (Borni ve ark., 2022; Papaspyridakos ve ark., 2023). Bu nedenle vidalı restorasyonlar özellikle tam ark implant restorasyonları, uzun aralıklı protezler ve bakım gereksinimi yüksek vakalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Fiorillo ve ark., 2024; Papaspyridakos ve ark., 2023).

Vidalı restorasyonların bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Literatürde vida gevşemesi, vida kırığı ve chipping gibi mekanik komplikasyonların vidalı restorasyonlarda daha sık görüldüğü bildirilmektedir (Fiorillo ve ark., 2024; Khurshid ve ark., 2025). Bu komplikasyonlar genellikle implant-abutment bağlantısındaki ön yük (preload) kaybı, oklüzal kuvvetlerin dağılımı ve restorasyon tasarımı gibi faktörlerle ilişkilendirilmektedir (Papaspyridakos ve ark., 2023).

Vidalı restorasyonların bir diğer dezavantajı ise vida erişim kanalının restorasyonun estetik görünümünü etkileyebilmesidir. İmplantın ideal olmayan pozisyonlarda yerleştirildiği durumlarda vida erişim kanalının kronun labial veya bukkal yüzeyinde konumlanması estetik açıdan olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir.

Bu sorunu azaltmak amacıyla son yıllarda angulated screw channel (ASC) sistemleri geliştirilmiştir. ASC sistemleri vida kanalının açısını değiştirerek estetik bölgede vida erişim deliğinin görünürlüğünü azaltmayı amaçlamakta ve bu sayede vidalı restorasyonların estetik performansını iyileştirmektedir (Atieh ve ark., 2025).

Tablo 1. Simante ve Vidalı İmplant Üstü Restorasyonların Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması

Özellik	Simante Restorasyonlar	Vidalı Restorasyonlar
Üretim ve Laboratuvar Süreci	Daha kolay üretim ve düşük maliyet	Daha kompleks laboratuvar süreci
Estetik	Vida erişim deliği olmadığı için estetik avantajlı	Vida erişim deliği estetiği etkileyebilir
Geri çıkarılabilirlik	Restorasyon çıkarılması zor olabilir	Restorasyon kolay çıkarılabilir
Pasif uyum	Siman tabakası pasif uyumu kolaylaştırabilir	Pasif uyum daha teknik hassasiyet gerektirir
Oklüzal yüzey	Kesintisiz oklüzal yüzey	Vida kanalı oklüzal yüzeyi etkileyebilir
Klinik endikasyonlar	Estetik bölgeler ve tek diş restorasyonları	Tam ark restorasyonları ve bakım gerektiren vakalar

Kaynak: Hamed ve ark., 2020; Papaspyridakos ve ark., 2023; Fiorillo ve ark., 2024; Dos Reis ve ark., 2025

Simante ve Vidalı Restorasyonların Klinik Performansı

Simante ve vidalı implant restorasyonlarının klinik performansı çok sayıda sistematik derleme ve meta-analizde değerlendirilmiştir. Mevcut literatür genel olarak incelendiğinde implant sağkalım oranları açısından iki retansiyon sistemi arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmektedir (Hamed ve ark., 2020).

Randomize klinik çalışmaların sistematik olarak değerlendirildiği güncel bir derlemede, simante ve vidalı tek implant restorasyonları arasında marjinal kemik seviyesi ve gingival parametreler açısından anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (Fiorillo ve ark., 2024). Bu bulgular, her iki restorasyon tipinin uygun klinik koşullar sağlandığında benzer biyolojik sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Benzer şekilde yakın tarihli meta-analizler, implant destekli protezlerde kullanılan retansiyon tipinin peri-implant mukozitis ve peri-implantitis insidansı üzerinde belirgin bir fark oluşturmadığını göstermektedir (Dos Reis ve ark., 2025; Doolgindachbaporn ve ark., 2025). Bu durum, peri-implant hastalıkların gelişiminde restorasyon tipinden ziyade hastaya ait biyolojik risk faktörleri, oral hijyen düzeyi ve protetik tasarım gibi değişkenlerin daha belirleyici olabileceğini düşündürmektedir (Schwarz ve ark., 2023; Dos Reis ve ark., 2025).

Literatür incelendiğinde iki restorasyon tipinin farklı komplikasyon profillerine sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak simante restorasyonların rezidüel siman varlığına bağlı biyolojik komplikasyonlarla daha fazla ilişkilendirildiği, vidalı restorasyonların ise vida gevşemesi, vida kırığı ve chipping gibi mekanik komplikasyonlara daha yatkın olduğu bildirilmektedir (Borni ve ark., 2022; Fiorillo ve ark., 2024; Khurshid ve ark., 2025). Bu nedenle retansiyon sisteminin seçimi yalnızca implant sağkalım oranlarına değil, aynı zamanda olası biyolojik ve mekanik komplikasyon risklerine de dayandırılmalıdır (Papasparyidakos ve ark., 2023).

Biyolojik Komplikasyonlar

Peri-implant Mukozitis ve Peri-implantitis

Peri-implant hastalıkları implant tedavisinin en önemli biyolojik komplikasyonları arasında yer almaktadır. Bu hastalıklar genellikle peri-implant mukozitis ve peri-implantitis olmak üzere iki temel klinik tablo şeklinde ortaya çıkmaktadır. Peri-implant mukozitis, peri-implant yumuşak dokularda inflamasyon ile karakterize olup geri dönüşümlü bir durum olarak kabul edilirken, peri-implantitis inflamasyon ile birlikte marjinal kemik kaybının görüldüğü daha ileri bir patolojik durumdur (Schwarz ve ark., 2023; Dos Reis ve ark., 2025).

Simante restorasyonlarda rezidüel siman varlığı, peri-implant dokularda inflamasyon gelişimine katkıda bulunabilen önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir. Subgingival bölgede kalan siman artıkları bakteriyel biyofilm birikimini kolaylaştırarak peri-implant mukozitis gelişimine zemin hazırlayabilmektedir. Klinik çalışmalar rezidüel siman ile peri-implant hastalıklar arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu ve özellikle periodontitis öyküsü bulunan hastalarda peri-implantitis gelişme riskinin artabileceğini göstermektedir (Reda ve ark., 2022; Dos Reis ve ark., 2025).

Rezidüel siman varlığı, peri-implant dokularda bakteriyel kolonizasyonu artırarak inflamatuvar süreçlerin başlamasına neden olabilir (Minim ve ark., 2024; Montevecchi ve ark., 2025). Bu inflamatuvar süreç kontrol altına alınmadığında peri-implant mukozitis zamanla ilerleyerek kemik kaybı ile karakterize peri-implantitis tablosuna dönüşebilmektedir (Schwarz ve ark., 2023; Minim ve ark., 2024). Bu nedenle simante restorasyonların planlanmasında restorasyon marjin derinliği ve rezidüel simanın uzaklaştırılabilirliği büyük önem taşımaktadır (Reda ve ark., 2022; Kuşçu ve ark., 2025).

Marjinal Kemik Kaybı

Marjinal kemik kaybı implant tedavisinin uzun dönem başarısını değerlendirmede kullanılan en önemli klinik parametrelerden biridir

(Pjetursson ve ark., 2021; Papaspyridakos ve ark., 2023). Klasik başarı kriterlerine göre, implant yüklenmesini izleyen ilk yıl içinde yaklaşık 1 mm'ye kadar marjinal kemik kaybı kabul edilebilir olarak değerlendirilmiş, takip eden yıllarda ise yıllık kemik kaybının 0,2 mm'nin altında olması önerilmiştir (Neto ve ark., 2025; Pjetursson ve ark., 2021).

Retansiyon tipinin marjinal kemik kaybı üzerindeki etkisi literatürde çeşitli çalışmalarla değerlendirilmiştir (Doolgindachbaporn ve ark., 2025; Neto ve ark., 2025). Bazı klinik çalışmalarda vidalı restorasyonlarda marjinal kemik kaybının daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bu durum simante restorasyonlarda rezidüel siman varlığına bağlı olarak gelişebilen inflamatuvar reaksiyonların peri-implant kemik dokusu üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmesi ile açıklanmaktadır (Montevecchi ve ark., 2025; Minim ve ark., 2024).

Güncel sistematik derlemelerin ve meta-analizlerin büyük bir kısmında simante ve vidalı restorasyonlar arasında marjinal kemik kaybı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (Neto ve ark., 2025; Doolgindachbaporn ve ark., 2025). Bu bulgular marjinal kemik stabilitesinin yalnızca retansiyon sistemine bağlı olmadığını; implant pozisyonu, protetik tasarım, oklüzal yük dağılımı ve hastaya ait biyolojik faktörler gibi birçok değişkenin birlikte rol oynadığını göstermektedir (Papaspyridakos ve ark., 2023; Neto ve ark., 2025).

Mekanik Komplikasyonlar

Vida Gevşemesi

Vida gevşemesi, vidalı implant restorasyonlarında en sık karşılaşılan mekanik komplikasyonlardan biridir (Papaspyridakos ve ark., 2023; Khurshid ve ark., 2025). Bu durum genellikle implant-abutment bağlantısında oluşan ön yük kaybı ve oklüzal kuvvetlerin oluşturduğu mikro hareketler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Vida bağlantısında yeterli ön yük oluşturulamaması

veya zaman içinde ön yük değerin azalması, bağlantı yüzeyleri arasında mikroskobik hareketlere neden olarak vida gevşemesine yol açabilmektedir (Borni ve ark., 2022; Papaspyridakos ve ark., 2023).

Vida gevşemesi özellikle tek implant restorasyonlarında ve posterior bölgede daha sık görülmektedir. Posterior bölgede oluşan yüksek oklüzal kuvvetler implant–abutment bağlantısında stres birikimine neden olarak vida bağlantısının stabilitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca oklüzal yüklerin eksantrik dağılımı, restorasyon tasarımı, implantın üç boyutlu pozisyonu ve abutment bağlantı tipi gibi faktörlerin de vida gevşemesi riskini etkileyebileceği bildirilmektedir (Fiorillo ve ark., 2024; Khurshid ve ark., 2025).

Chipping

Chipping, implant destekli restorasyonlarda görülen önemli mekanik komplikasyonlardan biridir (Papaspyridakos ve ark., 2023; Fiorillo ve ark., 2024). Bu komplikasyon restorasyonun veneer porselen tabakasında meydana gelen kırık veya çatlaklar ile karakterizedir ve genellikle fonksiyonel yükler, materyal özellikleri ve restorasyon tasarımı ile ilişkilidir (Khurshid ve ark., 2025; Papaspyridakos ve ark., 2023).

Vidalı restorasyonlarda porselen kırıklarının daha sık görülmesinin olası nedenlerinden biri vida erişim kanalının porselen yapının sürekliliğini bozabilmesidir (Fiorillo ve ark., 2024; Papaspyridakos ve ark., 2023). Vida erişim kanalının varlığı restorasyonun oklüzal yüzeyinde porselen kalınlığının azalmasına ve stres dağılımının değişmesine neden olabilmektedir. Bu durum porselen materyalinin mekanik dayanıklılığını azaltarak chipping riskini artırabilmektedir (Khurshid ve ark., 2025; Papaspyridakos ve ark., 2023).

Ayrıca oklüzal yüklerin dağılımı, restorasyon materyali, altyapı tasarımı ve parafonksiyonel alışkanlıklar gibi faktörlerin de porselen

kırıklarının oluşumunda rol oynayabileceği bildirilmektedir (Khurshid ve ark., 2025).

Tablo 2. Simante ve Vidalı Protezlerde Biyolojik ve Mekanik Komplikasyonların Karşılaştırılması

Klinik Parametre	Simante Protezler	Vidalı Protezler
Rezidü siman	Görülebilir	Görülmez
Peri-implant mukozitis	Daha sık bildirilebilir	Daha düşük risk
Peri-implantitis	Siman artığı ile ilişkili olabilir	Genellikle daha düşük
Marjinal kemik kaybı	Bazı çalışmalarda daha fazla	Çoğu çalışmada benzer
Sondlamada kanama	Siman artığı varsa artabilir	Genellikle daha düşük
Plak retansiyonu	Marjin ve siman nedeniyle artabilir	Temizlenmesi daha kolay
Vida gevşemesi	Görülmez	En sık görülen komplikasyon
Vida kırılması	Görülmez	Uzun dönem mekanik stres sonucu görülebilir
Chipping	Daha düşük	Vida deliği nedeniyle daha yüksek olabilir
Desimantasyon	En sık teknik komplikasyon	Görülmez
Bakım ve onarım	Daha zor	Daha kolay

Kaynak: Dos Reis ve ark., 2025; Atieh ve ark., 2025; Fiorillo ve ark., 2024

Estetik Sonuçlar

İmplant destekli restorasyonların estetik başarısı yalnızca kron morfolojisi ile sınırlı olmayıp peri-implant yumuşak doku mimarisinin stabilitesi ile yakından ilişkilidir. Doğal diş

görünümünün taklit edilebilmesi için restorasyonun formu, rengi ve yüzey özelliklerinin yanı sıra gingival kontur, interdental papilla varlığı ve yumuşak doku uyumu da önemli rol oynamaktadır. (Thoma ve ark., 2024; Schwarz ve ark., 2023).

Günümüzde implant restorasyonlarının estetik değerlendirilmesinde sıklıkla Pink Esthetic Score (PES) ve White Esthetic Score (WES) indeksleri kullanılmaktadır. PES peri-implant yumuşak dokuların estetik özelliklerini değerlendirirken, WES restorasyonun kron formu, renk uyumu ve yüzey karakteristikleri gibi parametreleri analiz etmektedir. Bu iki indeksin birlikte kullanılması implant restorasyonlarının estetik performansının daha objektif biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Thoma ve ark., 2024; Papaspyridakos ve ark., 2023).

Klinik çalışmalar, implantın uygun protetik planlama ile ideal konumda yerleştirildiği durumlarda simante ve vidalı restorasyonların benzer estetik sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir (Fiorillo ve ark., 2024; Kim ve ark., 2024). Bununla birlikte implantın ideal olmayan pozisyonlarda yerleştirilmesi durumunda vidalı restorasyonlarda bulunan vida erişim kanalının kronun labial veya bukkal yüzeyinde konumlanması estetik görünümü olumsuz etkileyebilmektedir (Atieh ve ark., 2025; Kim ve ark., 2024). Bu nedenle estetik bölgede implant tedavisi planlanırken implant yerleşimi, yumuşak doku yönetimi ve seçilecek restorasyon tipi birlikte değerlendirilmelidir.

Uygun cerrahi ve protetik planlama ile her iki retansiyon sisteminde de tatmin edici estetik sonuçlar elde edilebilmektedir (Thoma ve ark., 2024; Fiorillo ve ark., 2024; Yılmaz ve ark., 2024).

Klinik Karar Süreci

Güncel literatür implant üstü restorasyonlarda tüm klinik durumlar için geçerli tek bir ideal retansiyon sisteminin bulunmadığını göstermektedir. Bu nedenle restorasyon tipinin seçimi hasta-spesifik klinik koşullar, biyomekanik gereksinimler ve

estetik beklentiler dikkate alınarak yapılmalıdır (Fiorillo ve ark., 2024; Neto ve ark., 2025; Yılmaz ve ark., 2024).

Vidalı restorasyonlar özellikle restorasyonun gerektiğinde geri çıkarılabilir olmasının önemli olduğu klinik durumlarda tercih edilmektedir. Tam ark implant restorasyonları, kantilever içeren protezler, bakım veya protetik müdahale gereksinimi olasılığı yüksek vakalar ve sınırlı interokluzal mesafenin bulunduğu durumlar bu sistemin daha avantajlı olabileceği klinik senaryolar arasında yer almaktadır. Restorasyonun gerektiğinde kolaylıkla çıkarılabilmesi bakım ve onarım işlemlerini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır (Papaspzyridakos ve ark., 2023; Borni ve ark., 2022; Pjetursson ve ark., 2021).

Simante restorasyonlar ise çoğunlukla tek implant restorasyonlarında, kısa aralıklı köprülerde ve estetik beklentilerin yüksek olduğu anterior bölgelerde tercih edilmektedir. Vida erişim kanalının bulunmaması oklüzal bütünlüğün korunmasına katkı sağlayarak özellikle estetik bölgelerde avantaj sağlayabilmektedir. Ayrıca dar kron çapına sahip restorasyonlarda simante sistemler daha uygun bir protetik çözüm sunabilmektedir (Kim ve ark., 2024; Thoma ve ark., 2024; Fiorillo ve ark., 2024).

Sonuç olarak restorasyon tipinin belirlenmesinde implant yerleşimi, estetik beklentiler, biyolojik risk faktörleri ve restorasyonun bakım gereksinimi gibi birçok parametrenin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Cerrahi ve protetik planlamanın multidisipliner bir yaklaşımla ele alınması uzun dönem tedavi başarısının sağlanmasında kritik önem taşımaktadır (Found ve ark., 2024; İskefli ve ark., 2024).

Tartışma

Mevcut literatür simante ve vidalı implant üstü restorasyonların implant sağkalımı açısından benzer klinik sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Bu bulgu retansiyon tipinin implantın osseointegrasyonu veya uzun dönem sağkalımı üzerinde tek başına

belirleyici bir faktör olmadığını düşündürmektedir (Pjetursson ve ark., 2021; Neto ve ark., 2025; Fiorillo ve ark., 2024). Bununla birlikte iki retansiyon sistemi farklı komplikasyon profilleri ile ilişkilendirilmektedir.

Simante restorasyonlarda rezidüel siman varlığı peri-implant inflamasyon ve biyolojik komplikasyonların gelişimi açısından önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilirken, vidalı restorasyonlarda mekanik komplikasyonların daha sık görülebildiği bildirilmektedir. Ancak güncel meta-analizler incelendiğinde peri-implant hastalıklarının gelişiminde retansiyon tipinin tek başına belirleyici olmadığı görülmektedir. Bu durum biyolojik başarının hasta hijyeni, implant yerleşimi ve protetik tasarım gibi çok sayıda faktörün etkileşimi ile şekillendiğini göstermektedir (Dos Reis ve ark., 2025; Schwarz ve ark., 2023; Minim ve ark., 2024).

Mekanik açıdan değerlendirildiğinde vidalı restorasyonların en önemli avantajı restorasyonun gerektiğinde kolaylıkla çıkarılabilmesidir. Bu özellik özellikle bakım ve onarım gereksinimi bulunan vakalarda önemli bir klinik avantaj sağlamaktadır. Buna karşılık simante restorasyonlar kesintisiz oklüzal yüzeyleri sayesinde bazı durumlarda daha homojen stres dağılımı sağlayabilmektedir. Bu nedenle mekanik komplikasyon riskinin yalnızca retansiyon tipinden değil, oklüzal yük dağılımı, restorasyon tasarımı ve implant yerleşimi gibi faktörlerden etkilendiği düşünülmektedir (Papaspnyridakos ve ark., 2023; Khurshid ve ark., 2025; Borni ve ark., 2022).

Estetik açıdan değerlendirildiğinde implantın konumu ve peri-implant yumuşak doku yönetimi retansiyon sisteminden daha belirleyici faktörler olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda geliştirilen angulated screw channel sistemleri vidalı restorasyonların estetik dezavantajlarını azaltarak bu sistemlerin kullanım alanını genişletmiştir. Bu gelişmeler implant protetiğinde her iki retansiyon sisteminin farklı klinik durumlarda alternatif olarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır (Atieh ve ark., 2025; Kim ve ark., 2024; Thoma ve ark., 2024).

Genel olarak değerlendirildiğinde implant üstü restorasyonlarda tüm klinik durumlar için geçerli tek bir ideal retansiyon sistemi bulunmamaktadır. Bu nedenle restorasyon tipinin belirlenmesinde klinik koşulların bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerekmektedir (Yılmaz ve ark., 2024; Neto ve ark., 2025).

Sonuç

Simante ve vidalı implant üstü restorasyonlar implant protetiğinde yaygın olarak kullanılan iki temel retansiyon yaklaşımıdır. Güncel bilimsel veriler her iki sistemin implant sağkalımı açısından benzer klinik performans sergilediğini göstermektedir (Pjetursson ve ark., 2021; Fiorillo ve ark., 2024; Neto ve ark., 2025). Bununla birlikte bu sistemler biyolojik ve mekanik komplikasyonlar açısından farklı risk profillerine sahiptir.

Simante restorasyonlar rezidüel siman varlığına bağlı olarak peri-implant inflamasyon açısından risk oluşturabilirken, vidalı restorasyonlar vida gevşemesi ve chipping gibi mekanik komplikasyonlara daha yatkın olabilmektedir (Dos Reis ve ark., 2025; Montevecchi ve ark., 2025; Khurshid ve ark., 2025). Bu nedenle uygun retansiyon sisteminin seçimi implant yerleşimi, estetik gereksinimler, interokluzal mesafe, restorasyonun bakım ihtiyacı ve hastaya ait biyolojik risk faktörleri dikkate alınarak yapılmalıdır (Papaspyridakos ve ark., 2023; Kim ve ark., 2024).

Dijital planlama yöntemleri, CAD-CAM üretim teknolojileri ve gelişen implant protetik sistemleri her iki retansiyon yaklaşımının klinik performansını artırmakta ve komplikasyon oranlarının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda implant protetiğinde bireyselleştirilmiş tedavi planlaması uzun dönem klinik başarı açısından temel bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Park ve ark., 2025; Reda ve ark., 2022; Kuşçu ve ark., 2025).

Kaynakça/References

Atieh, M. A., Shah, M., Hakam, A., Albalushi, A., Abdulmunim, A., AlAli, F., & Alsabeeha, N. H. (2025). Angled screw channel-retained vs cement-retained implant crowns in nonmolar sites: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37, 1706–1720.

Borni, M., Grassi, S., Vescovi, P., & Manfredi, M. (2022). Biological and technical complications of screw-retained versus cement-retained implant prostheses: A systematic review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 37(4), 699–709.

Çıklacıfci, İ., et al. (2025). Effectiveness of ultrasonic tips and cement types on removal of residual cement. *British Dental Journal*.
Doolgindachbaporn, G., et al. (2025). Marginal bone changes in cement-retained and screw-retained implant-supported crowns: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Dos Reis, I. N. R., Fukuoka, G. L., Nagay, B. E., Pannuti, C. M., Spin-Neto, R., & Silva, E. V. (2025). Incidence of peri-implant disease associated with cement- and screw-retained implant-supported prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 134, 100–108.

Fiorillo, L., D’Amico, C., Ronsivalle, V., Cicciù, M., & Cervino, G. (2024). Single dental implant restoration: Cemented or screw-retained? A systematic review of randomized clinical trials. *Prosthesis*, 6, 871–886.

Found, A. A., et al. (2024). Survey of screw-retained versus cement-retained implant restorations in clinical practice. *Journal of Prosthodontics*.

Hamed, H. A., et al. (2020). Cement-retained versus screw-retained implant-supported restorations: A systematic review of biological and technical complications. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 12, 9–16.

İskefli, N., et al. (2024). Clinical approaches and preferences of dentists in implant prosthodontics. *Clinical and Experimental Health Sciences*.

Kim, Y., et al. (2024). Contemporary rationales for cemented implant restorations in the esthetic zone. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*.

Khurshid, G., et al. (2025). Assessment of prosthodontic complications in screw-retained and cement-retained implant crowns. *Journal of Prosthodontic Research*.

Kuşçu, S., et al. (2025). Selection of cement materials and isolation techniques for implant restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*.

Minim, P. R., et al. (2024). Effect of excess cement on peri-implantitis: A literature review. *Research, Society and Development*.

Montevecchi, M., et al. (2025). Excess cement and peri-implant disease: A cross-sectional study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*.

Neto, J. V. C., et al. (2025). Impact of cement- and screw-retained implant prostheses on marginal bone loss: Overview of systematic reviews. *Brazilian Oral Research*.

Papaspyridakos, P., Chen, C. J., Gallucci, G. O., Doukoudakis, A., Weber, H. P., & Chronopoulos, V. (2023). Implant prosthodontic complications: A systematic review of current evidence. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(3), 354–364.

Park, S. Y., et al. (2025). Randomized clinical trial comparing screw-retained and cementless digital implant prostheses. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*.

Pjetursson, B. E., Zarauz, C., Strasding, M., Sailer, I., & Zwahlen, M. (2021). A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses. *Clinical Oral Implants Research*, 32(Suppl 21), 115–142.

Reda, R., Zanza, A., Cicconetti, A., et al. (2022). Cementation techniques to minimize excess cement in implant restorations: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*.

Sailer, I., Makarov, N., Thoma, D. S., Zwahlen, M., & Pjetursson, B. E. (2020). All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses? A systematic review of the survival and complication rates. *Dental Materials*, 36(1), 1–12.

Schwarz, F., Derks, J., Monje, A., & Wang, H. L. (2023). Peri-implantitis. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(Suppl 26), 133–147.

Thoma, D. S., Sailer, I., Jung, R. E., & Hämmerle, C. H. F. (2024). Performance of implant-supported restorations in the esthetic zone: A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(Suppl 29), 94–108.

Yılmaz, Z. S., Yanıkoğlu, N., & Köseoğlu, M. (2024). Comparison of different implant-supported fixed restoration types: A literature review. *Open Journal of Stomatology*, 14, 421–432.

