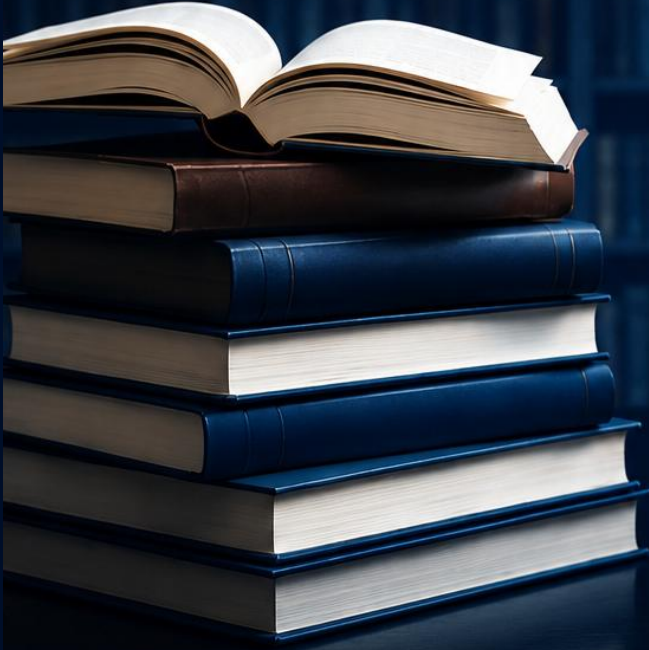


PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA
GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Merve Cennet ALTUNTAŞ



**Protetik Diş Tedavisi Alanında
Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Merve Cennet ALTUNTAŞ

yaz
yayınları

2026

**Protetik Diş Tedavisi Alanında Güncel
Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Merve Cennet ALTUNTAŞ

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-5450-26-5

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

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

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

İmplant Üstü Protetik Yaklaşımlar ve Yapay Zekâ	1
<i>Ayşe ERSİN</i>	
Ti-Base Destekli İmplant Üstü Sabit Restorasyonlarda Güncel Klinik ve Laboratuvar Protokolleri	27
<i>Gökçe KEÇECİ</i>	
Protetik Diş Tedavisinde Yapay Zekâ: Güncel Uygulamalar ve Klinik Perspektifler.....	48
<i>Sevgi ÖĞÜT</i>	
Cam Seramik Restorasyonlarda Güncel Yaklaşımlar	69
<i>Mehmet KARAKUZU, Serdar GÖÇMEN</i>	
Yumuşak Astar Materyalleri	88
<i>Seniha KISAKÜREK, Hüsnâ Gülay KESİK</i>	

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

İMLANT ÜSTÜ PROTETİK YAKLAŞIMLAR VE YAPAY ZEKÂ

Ayşe ERSİN¹

1. GİRİŞ VE TARİHSEL GELİŞİM

İnsanlık tarihi boyunca eksik dişlerin rehabilitasyonu; fonksiyonel, fonetik ve estetik gereksinimleri karşılamak amacıyla çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilmiştir.

Modern diş hekimliğinde temel hedef, hastaların beklentilerini en üst düzeyde karşılayan ve uzun dönem başarısı öngörülebilir tedavi seçenekleri sunmaktır. Bu bağlamda dental implantlar, kaybedilen doğal diş ve çevre dokularının fonksiyon, estetik ve biyolojik uyum açısından gerçeğe en yakın şekilde yerine konulmasını sağlayan, etkinliği kanıtlanmış bir tedavi seçeneğidir.

1.1. İmplant Protezlerde Analogdan Dijital Döneme Evrim

Ağız ve diş sağlığı alanında eksik dişlerin rehabilitasyonu, osseointegrasyon kavramının Brånemark (1983) tarafından tıp literatürüne kazandırılmasıyla birlikte köklü bir dönüşüm geçirmiştir. İlk yıllarda temel odak noktası implantın kemik içerisinde başarılı bir şekilde tutunması yani cerrahi başarı iken, zamanla klinik beklentiler biyomekanik uzun ömürlülük, estetik uyum ve hasta konforunu kapsayacak şekilde genişlemiştir. Bu durum, implant diş hekimliğinde "Cerrahi Yönlendirmeli

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, ORCID: 0000-0002-4171-6158.

İmplantoloji" anlayışından "Protetik Yönlendirmeli İmplantoloji" kavramına geçilmesini zorunlu kılmıştır (Sharma, vd., 2016).

Geleneksel protetik iş akışı süreçlerinde, materyal büzülmesi, alçı genleşmesi, insan eli hataları ve çok aşamalı laboratuvar prosedürler nedeniyle doku uyumsuzlukları ve marjinal uyumsuzluklar görülebilmektedir. Son yirmi yılda Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAD/CAM) teknolojilerinin diş hekimliğine entegrasyonu, protez üretimindeki hassasiyeti ve tekrarlanabilirliği belirgin şekilde artırmıştır. Ağız içi tarayıcıların (AİT) klinik kullanıma girmesiyle birlikte, hastadan fiziksel ölçü alma zorunluluğu ortadan kalkmaya başlamış; doğrudan dijital veri (STL/PLY/OBJ formatlarında) elde edilerek tamamen dijitalize edilmiş iş akışlarına geçiş sağlanmıştır (Ahlholm, vd., 2018; Mangano , vd., 2017).

1.2. Dijital Diş Hekimliği Çağı ve Veri Odaklı İş Akışı

Günümüz implant protezi uygulamaları, tekil bir cihaza veya yazılıma bağlı olmaktan çıkmış; ağız içi tarama, koni ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ve yüz tarama gibi farklı dijital veri kaynaklarının bütünleştirildiği kapsamlı bir dijital iş akışına dönüşmüştür. Bu dijital iş akışı üç temel bileşen üzerine kuruludur:

Ağız İçi Tarama Verileri: Sert ve yumuşak dokuların üç boyutlu yüzey anatomisini mikron düzeyinde hassasiyetle dijital ortama aktarır.

KIBT: Çene kemiğinin hacmini, yoğunluğunu ve vital anatomik komşulukları kesitsel olarak görüntüler (Kailash, 2014).

Yüz Tarama ve Dijital Fotoğraflama: Hastanın yüz simetrisini, dudak desteğini ve gülüş hattını protez tasarımına entegre etmeye olanak sağlar.

Bu üç farklı veri kaynağının karşılaştırılması, hastanın klinik durumunun yüksek doğrulukla dijital olarak modellenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece protezin tasarımı, henüz implant cerrahisi uygulanmadan önce tamamlanabilmekte; implantın açısı ve derinliği tamamen protetik gereksinimlere göre planlanabilmektedir (Perez & Lombardi, 2025).

Bununla birlikte, dijital iş akışlarının bazı teknik sınırlılıkları bulunmaktadır. Tam çene ağız içi taramalarında kümülatif tarama hataları doğruluğu etkileyebilirken, KIBT görüntülerinde metal restorasyonlara bağlı artefaktlar görüntü kalitesini azaltabilmektedir. Benzer şekilde, yüz tarama verilerinin diğer dijital kayıtlarla eşleştirilmesi sırasında kayıt hataları oluşabilmekte, yapay zekâ algoritmalarının performansı ise büyük ölçüde kullanılan veri setinin kalitesine, çeşitliliğine ve temsil gücüne bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle, dijital iş akışlarında elde edilen verilerin klinik olarak doğrulanması ve nihai kararın klinisyen tarafından verilmesi önemini korumaktadır (Perez & Lombardi, 2025).

1.3. Yapay zekânın (YZ) Dönüştürücü Rolü ve Bölümün Amacı

Kural tabanlı çalışan geleneksel CAD/CAM sistemleri, tasarım sürecini hızlandırmış olsa da halen yüksek düzeyde kullanıcı tecrübesine ve manuel müdahaleye ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada YZ, özellikle Makine Öğrenmesi (ML) ve Derin Öğrenme (DL) algoritmalarıyla diş hekimliğindeki yeni teknolojik devrimi temsil etmektedir (Parnian, vd., 2026).

YZ; büyük veri setlerini işleme yeteneği sayesinde, hekim ve dental teknisyenin karar verme süreçlerini destekleme, operatöre bağlı değişkenliği azaltma ve tedavi öngörülebilirliğini artırma potansiyeli sunan dijital karar destek araçları arasında yer almaktadır.

İmplant üstü protezlerde YZ; ağız içi ve KIBT görüntülerinin otomatik segmentasyonu, dijital protez tasarımının desteklenmesi ve biyomekanik analizlerin optimize edilmesi gibi alanlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Buna karşın komplikasyon tahmini ve uzun dönem klinik sonuçların öngörülmesine yönelik yapay zekâ uygulamalarının önemli bir bölümü halen araştırma aşamasında olup, rutin klinik kullanımlarını destekleyecek daha fazla prospektif klinik kanıtı ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu kitap bölümünün amacı, implant üstü protezlere ilişkin güncel klinik uygulamaları ve biyomateryal yaklaşımlarını kapsamlı biçimde ele almak; YZ teknolojilerinin tedavi planlaması, dijital tasarım, klinik uygulama ve uzun dönem bakım süreçlerine sağladığı katkıları bilimsel kanıtlar doğrultusunda değerlendirmektir.,

2. GÜNCEL İMPLANT ÜSTÜ PROTETİK YAKLAŞIMLAR

İmplant üstü protezlerde başarının tanımı implantın kemik içinde osseointegre kalmasıyla sınırlı değildir. Uzun dönemli klinik başarı; protetik bileşenlerin doğru seçimi, biyomekanik kuvvetlerin dengeli dağıtılması, çevre yumuşak doku sağlığının korunması ve estetik beklentilerin karşılanmasıyla mümkündür. Son yıllarda materyal bilimi ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler, protetik kavramlarda köklü değişimlere yol açmıştır.

2.1. Tutuculuk Tiplerinde Güncel Eğilimler ve Biyomekanik Yaklaşımlar

İmplant üstü sabit protezlerde tutuculuk geleneksel olarak simante veya vida tutuculu olmak üzere iki ana mekanizmayla sağlanmaktadır. Güncel protetik diş hekimliğinde bu iki yöntemin

avantaj ve dezavantajları yeniden değerlendirilmekte, hibrit çözümler ön plana çıkmaktadır (Hamed , vd., 2020).

Simante protezler; oklüzal yüzeyde vida çıkış deliği barındırmamaları nedeniyle estetik açıdan avantaj sunmakta ve pasif uyum toleransını artırmaktadır. Ancak, subgingival alanda tamamen temizlenemeyen siman artıkları, peri-implant mukozitis ve peri-implantitisin en temel lokal etiyolojik faktörlerinden biri olarak tanımlanmıştır (Staubli, vd., 2017).

Vida tutuculu sistemlerin en önemli avantajları arasında siman artığı riskini tamamen ortadan kaldırması, protezin gerektiğinde zarar görmeden çıkarılabilmesi ve onarılabilmesi yer alır. Bunun yanı sıra, yumuşak doku marjinlerinin daha öngörülebilir biçimde yönetilmesine olanak sağlayarak biyolojik komplikasyonların azaltılmasına katkıda bulunur.

Vida tutuculu protezlerin en büyük kısıtlaması, implantın aksına bağlı olarak vida çıkış deliğinin insizal veya labiyal yüzeye denk gelmesidir. Bu durum estetiği ve oklüzal temasları olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunu gidermek amacıyla geliştirilen Açılı Vidalı Kanal ve dinamik dayanak sistemleri, vida kanalının implant aksından yaklaşık 25°–30°'ye kadar yönlendirilmesine olanak tanımaktadır (Berroeta, vd., 2015).

2.2. İleri Biyomateryaller

İmplant üstü protetik restorasyonlarda, geleneksel metal destekli seramik sistemlerin yerini yüksek biyouyumluluk, üstün mekanik özellikler ve gelişmiş optik performans sunan yeni nesil biyomateryaller almaktadır. Bu materyaller, doğal diş dokularını estetik ve fonksiyonel açıdan daha başarılı şekilde taklit edebilmekte ve dijital üretim teknolojileriyle uyumlu olarak kullanılabilmektedir.

Zirkonya (Y-TZP) Monolitik Restorasyonlar: Yitriyum ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonya polikristalleri, yüksek

kırılma direnci, biyouyumluluğu ve uzun dönem klinik başarısı nedeniyle implant üstü protetik restorasyonlarda en yaygın kullanılan seramik biyomateriyaller arasında yer almaktadır. Metal destekli seramik restorasyonlarda görülebilen üst yapı seramiğinin yongalanması sorunu, monolitik zirkonya restorasyonların geliştirilmesiyle önemli ölçüde azaltılmıştır (Pjetursson vd., 2018). Ancak, polikristalin yapısı nedeniyle zirkonyumun bazı optik kısıtlamaları bulunmaktadır. Yitrium oksit (Y_2O_3) içeriğinin artırılmasıyla kübik faz oranı artmış ve ışık geçirgenliği belirgin şekilde iyileşmiştir. Bununla birlikte, yitrium içeriğinin artması transformasyonla sertleşme mekanizmasını azaltabildiğinden, mekanik dayanımda belirli ölçüde azalma görülebilmektedir (Hjerpe ve Özcan, 2023).

PEEK / PEKK Bazlı Altyapılar ve Polimer Teknolojileri: Polietereterketon ve polieterketonketon, yüksek performanslı polimerler grubunda yer alan ve implant üstü protetik restorasyonlarda giderek daha fazla ilgi gören biyomateriyallerdir. Bu materyaller, metallere kıyasla daha düşük elastikiyet modülüne sahip olmaları nedeniyle oklüzal kuvvetlerin daha dengeli dağılımına katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca yüksek biyouyumlulukları, düşük ağırlıkları, korozyon dirençleri ve CAD/CAM sistemleriyle işlenebilir olmaları önemli avantajları arasında yer almaktadır.

PEEK ve PEKK, düşük elastikiyet modülleri sayesinde oklüzal yüklerin bir kısmını sönümleyebilme potansiyeline sahip olup implant-protez kompleksindeki stres dağılımını olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle özellikle tam çene implant destekli hibrit protezlerde altyapı materyali olarak tercih edilmekte; yüksek oklüzal kuvvetlerin beklendiği olgularda ve brüksizm hastalarında alternatif bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Villefort vd., 2022). Bununla birlikte, peri-implant kemik üzerindeki uzun dönem biyomekanik

etkilerini ve klinik performanslarını ortaya koyacak daha fazla prospektif klinik çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

2.3. Yükleme Protokolleri ve Çıkış Profili

İmplant çevresi yumuşak dokuların estetik ve fonksiyonel başarısı, uygun yükleme protokolünün seçimi ve restorasyonun çıkış profilinin doğru şekillendirilmesiyle yakından ilişkilidir. Bu iki faktör, peri-implant yumuşak dokuların stabilitesi, papil oluşumu, biyolojik genişliğin korunması ve doğal diş görünümünün elde edilmesinde kritik rol oynamaktadır.

Yükleme Protokolleri: İmplant üstü protezlerde yükleme zamanlaması; primer implant stabilitesi, kemik kalitesi ve miktarı, hastanın sistemik durumu ve protetik planlama dikkate alınarak belirlenmelidir. Uygun yükleme protokolünün seçimi, başarılı osseointegrasyonun sürdürülmesi, peri-implant dokuların korunması ve uzun dönem klinik başarının sağlanması açısından önem taşımaktadır. Günümüzde yükleme protokolleri, implantın fonksiyonel yük altında kullanılmaya başlandığı zamana göre hemen, erken ve konvansiyonel (gecikmeli) yükleme olarak sınıflandırılmaktadır (Kishen vd., 2026).

Yumuşak Doku Yönlendirmesi ve Çıkış Profili: Peri-implant yumuşak dokuların şekillendirilmesinde, kişiselleştirilmiş iyileşme başlıkları ve geçici restorasyonlar önemli rol oynar. Bu bileşenler, transmukozal bölgedeki çıkış profilinin kademeli olarak oluşturulmasına olanak tanıyarak yumuşak doku konturunun, papil morfolojisinin ve servikal profilin doğal diş anatomisine uygun şekilde oluşturulmasını destekler (Mesquida, vd., 2024).

Geçici restorasyon aşamasında oluşturulan kişiselleştirilmiş çıkış profili, ağız içi tarayıcılar aracılığıyla dijital ortama aktarılır ve CAD/CAM iş akışı içerisinde kalıcı restorasyonun altyapısına yüksek doğrulukla yansıtılır. Böylece

yumuşak doku mimarisi korunur, estetik süreklilik sağlanır ve klinik sonuçların öngörülebilirliği artırılır. (Gonzalez, vd., 2026)

2.4. All-on-4 / All-on-X ve Hibrit Protez Konseptleri

İleri derecede alveoler kemik rezorpsiyonu bulunan tam dişsiz hastalarda, geleneksel implant tedavileri çoğu zaman sinüs tabanı elevasyonu, yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu veya blok kemik grefti gibi ileri cerrahi girişimler gerektirebilmektedir. Bu cerrahi işlemlere olan gereksinimi azaltmak amacıyla geliştirilen All-on-4 ve daha geniş uygulama alanını kapsayan All-on-X konseptleri, günümüzde tam çene implant destekli rehabilitasyonda öngörülebilir ve bilimsel olarak desteklenen tedavi seçenekleri arasında yer almaktadır.

Bu konseptte anterior bölgeye iki implant aksiyal olarak yerleştirilirken, posterior implantlar anatomik oluşumlardan kaçınmak ve implantların anteroposterior yayılımını artırmak amacıyla genellikle 30–45° açıldırılarak yerleştirilmektedir. Böylece daha uzun implantların kullanılmasına olanak sağlanırken distal kanat uzunluğu azaltılmakta, biyomekanik yük dağılımı iyileştirilmekte ve kemik greftleme gereksinimi önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Isufi vd., 2023).

Güncel protetik yaklaşımlarda açıldırılmış implantların oluşturduğu eksen farklılıkları, farklı açılarda üretilebilen Multi-Unit Abutment (MUA) sistemleri aracılığıyla kompanse edilmekte ve ortak bir protez yerleştirme eksenini oluşturulmaktadır. Bu yaklaşım, vida erişim kanallarının daha uygun konumlandırılmasını sağlayarak hem pasif uyumu kolaylaştırmakta hem de estetik sonuçları iyileştirmektedir (Isufi vd., 2023).

Bu konseptlerde restorasyonlar çoğunlukla vida tutuculu olarak planlanmaktadır. Kalıcı restorasyon seçenekleri arasında monolitik zirkonya, titanyum altyapı üzerine zirkonya, titanyum veya PEKK bar destekli akrilik ya da kompozit hibrit protezler

yer almaktadır. Materyal seçimi; hastanın oklüzal kuvvetleri, estetik beklentileri, parafonksiyon varlığı, karşıt çenedeki restorasyon tipi ve bakım gereksinimleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Dijital diş hekimliğindeki gelişmeler, All-on-X konseptinin planlama ve üretim süreçlerini önemli ölçüde değiştirmiştir. KIBT, AİT ve yüz tarama verilerinin aynı dijital platformda birleştirilmesi sayesinde implantların konumu, nihai protetik restorasyon esas alınarak planlanabilmekte; cerrahi rehberler, geçici restorasyonlar ve nihai protezler tamamen dijital iş akışı içerisinde üretilebilmektedir. Böylece tedavi süresi kısaltmakta, klinik öngörülebilirlik artmakta ve uygun vakalarda implant yerleştirildiği gün geçici sabit protez uygulanabilmektedir.

YZ destekli planlama sistemleri; kemik hacmi ve yoğunluğu, anatomik risk bölgeleri, implant pozisyonları ve protetik yük dağılımını birlikte analiz ederek implant sayısı, implant yerleşimi ve protez tasarımına ilişkin karar verme süreçlerini desteklemektedir. Oluşturulan dijital implant planlaması, statik cerrahi rehberler veya dinamik navigasyon sistemleri aracılığıyla cerrahi uygulamaya aktarılabilmekte, böylece planlanan implant pozisyonlarının klinikte daha öngörülebilir şekilde uygulanmasına katkı sağlanmaktadır.

3. DİŞ HEKİMLİĞİ VE PROTEZDE YAPAY ZEKÂNIN TEMELLERİ

Veri yoğun bir disiplin olan diş hekimliğinde dijitalleşme; yalnızca verinin dijital olarak kaydedilmesi aşamasını geride bırakmış, bu verilerin işlenerek klinik kararlara dönüştürüldüğü YZ çağına evrilmiştir. Protetik diş tedavisinde YZ; tanı, tedavi planlaması, dijital protez tasarımı, materyal seçimi ve komplikasyon öngörüsü gibi birçok aşamada klinisyen ve dental

teknisyene karar desteği sağlayarak daha öngörülebilir, kişiselleştirilmiş ve veriye dayalı tedavi süreçlerinin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

3.1. Temel Kavramlar

YZ terminolojisi sıklıkla birbiri yerine kullanılsa da, kavramların hiyerarşik yapısını anlamak protetik uygulamalardaki algoritmik mantığı kavramak açısından önemlidir:

Yapay Zekâ: İnsan zekâsını taklit ederek karmaşık problemleri çözme, kalıpları tanıma ve karar verme yeteneğine sahip bilgisayar sistemlerinin genel adıdır.

Makine Öğrenmesi (Machine Learning-ML): Açıkça programlanmadan, mevcut veriler üzerinden deneyim kazanarak tahminler yapan veya kararlar veren alt disiplindir (Sarankumar vd.,2025). Protetik tedavilerde, hasta yaşı, sistemik durum, bruksizm varlığı ve implant sayısı gibi parametreleri işleyerek protez başarısızlık riskini hesaplayan algoritmalar ML tabanlıdır.

Derin Öğrenme: İnsan beynindeki nöral ağlardan esinlenen Yapay Sinir Ağları (YSA) yardımıyla çok katmanlı veri analizi yapan ML alt dalıdır. Ham veriden öznelilik çıkarma yeteneği son derece yüksektir (Rokhshad vd., 2026).

Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN): Derin öğrenmenin piksel tabanlı görsel verileri (radyografiler, 3D taramalar, fotoğraflar) işlemek üzere özel olarak tasarlanmış mimarisidir. Diş hekimliğinde radyografik teşhis, anatomik yapıların belirlenmesi ve implant sistemlerinin tanımlanmasında CNN tabanlı modeller uzun yıllardır en yaygın kullanılan derin öğrenme mimarileri olmuştur (Schneider vd., 2025).

Generatif Yapay Zekâ (Generative AI): Mevcut verilerden öğrenerek yeni metin, görüntü, tasarım veya üç boyutlu modeller

oluşturabilen yapay zekâ sistemlerini ifade eder. Protetik diş hekimliğinde hasta özelinde oklüzal anatominin oluşturulması, dijital protez tasarımı ve estetik simülasyonlar gibi uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Villena, vd., 2025).

3.2. Protetik Veri Kaynakları ve Veri Entegrasyonu

Protez odaklı YZ algoritmalarının başarısı, beslendikleri verinin kalitesi ve çeşitliliği ile doğrudan ilişkilidir. İmplant üstü protez planlamasında kullanılan üç temel veri kaynağı bulunmaktadır:

KIBT Verileri: DICOM formatındaki bu veriler, çene kemiğinin 3D anatomisi, yoğunluğu ve sinir kanalları gibi alt yapı verilerini sunar (Kailash, 2014).

3D Yüzey Tarama Verileri: AİT ve laboratuvar tarayıcılarından elde edilen STL, PLY veya OBJ formatındaki bu veriler; dişlerin oklüzal anatomisini, marjin sınırlarını ve yumuşak doku konturlarını mikron düzeyinde temsil eder.

Klinik Fotoğraflar ve Yüz Taramaları: Yüz estetiği, orta hat, oklüzal düzlem ve gülüş hattının protez tasarımına aktarılmasında girdi verisi olarak kullanılır.

Bu farklı veri tiplerinin tek bir dijital platformda bütünleştirilmesi, "Sanal Hasta (Virtual Patient)" kavramının temelini oluşturmaktadır. Heterojen yapıdaki bu verilerin (DICOM + STL + Görsel) YZ algoritmaları tarafından otomatik olarak çakıştırılması ve hizalanması, yapay zekânın diş hekimliğindeki ilk kritik görevidir (C. Mangano, vd., 2018).

3.3. Görüntü İşleme, Otomatik Segmentasyon ve Anatomik Sınır Belirleme

Geleneksel CAD/CAM yazılımlarında bir KIBT görüntüsü üzerinde alt çene sinirinin çizilmesi, çene kemiğinin sınırlarının belirlenmesi veya ağız içi taramadaki hazırlanan dişin

marjin çizgisinin işaretlenmesi manuel olarak dakikalarca süren ve hekim tecrübesine dayanan bir süreçtir. YZ tabanlı görüntü işleme algoritmaları, otomatik segmentasyon yöntemleri sayesinde görüntü analiz süreçlerinin süresini önemli ölçüde azaltabilmektedir (Oliveira-Santos vd., 2023).

KIBT Segmentasyonu: CNN tabanlı derin öğrenme algoritmaları (özellikle U-Net mimarisi), KIBT görüntülerindeki kemik dokusu, dişler, maksiller sinüs ve nervus alveolaris inferior gibi anatomik yapıları hacim pikseli düzeyinde sınıflandırarak üç boyutlu segmentasyon maskeleri oluşturabilmektedir. (Oliveira-Santos vd., 2023).

Anatomik Sınır Tespiti: Kemik rezorpsiyon derecesi, implant yerleştirilecek alanın meziodistal ve bukkolingual genişliği yapay zekâ tarafından otomatik olarak ölçümlenebilir.

Otomatik Marjin Çizgisi Belirleme: Yapay zekâ destekli görüntü analiz sistemleri, dijital preparasyon modellerinde bitim çizgisini otomatik olarak belirleyerek CAD tasarım sürecini hızlandırmakta ve operatöre bağlı değişkenliği azaltmaktadır.

Protetik Aks Analizi: Yapay zekâ algoritmaları, komşu ve antagonist dişlerin uzun aksları ile oklüzal ilişkileri ve planlanan protetik restorasyonu birlikte değerlendirerek implant yerleşim aksına yönelik karar destek önerileri sunabilmektedir.

Bu otomasyon; planlama süresini önemli ölçüde kısaltırken, hekimler arası sübjektif farklılıklardan kaynaklanan değişkenliği azaltmakta ve dijital implant planlamasının daha standart ve tekrarlanabilir şekilde gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktadır. Böylece YZ, implant üstü protetik tedavilerin sonraki aşamalarını oluşturan dijital tasarım ve üretim süreçleri için güvenilir bir temel hazırlamaktadır.

4. İMPLANT ÜSTÜ PROTEZLERDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

İmplant tedavilerinde klinik başarının anahtarı, implantın yalnızca mevcut kemik hacmine göre değil, nihai protetik restorasyonun biyomekanik ve estetik gereksinimlerine göre konumlandırıldığı "Protetik Yönlendirmeli İmplantoloji" konseptidir. YZ, bu yaklaşımı destekleyen görüntü işleme, veri entegrasyonu ve karar destek algoritmaları sayesinde implant planlamasının daha standart, veriye dayalı ve öngörülebilir şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır.

4.1. Protetik Yönlendirmeli İmplant Planlaması ve Otomatik Hizalama

YZ destekli KIBT ve AİT Çakıştırmaları: KIBT verileri (DICOM) ile ağız içi tarayıcıdan elde edilen yumuşak doku ve diş yüzey verileri (STL/PLY), YZ algoritmaları kullanılarak otomatik olarak hizalanabilmekte ve kayıt doğruluğunun artırılmasına katkı sağlayabilmektedir. Geleneksel manuel çakıştırmalarda restorasyondan kaynaklanan metal artefaktları kaymalara neden olabilirken, YZ tabanlı görüntü filtreleme ve nokta bulutu hizalama algoritmalarının kayıt doğruluğunu artırabildiği ve veri eşleştirme hatalarını azaltabildiği bildirilmiştir (R. Wajer, vd., 2024).

İdeal İmplant Pozisyonunun Otomatik Tespiti: Yapay zekâ algoritmaları, eksik diş bölgesi için planlanan protetik restorasyonun morfolojisini (çiğneme kuvveti eksen, estetik çıkış profili ve marjin kalınlığı gibi) dijital ortamda oluşturarak protetik gereksinimleri belirlemektedir. Ardından KIBT verileri üzerinden kemik hacmi ve kalitesini analiz ederek, planlanan protez tasarımıyla uyumlu implantın konumu, açısı, uzunluğu ve çapına ilişkin biyomekanik temelli karar destek önerileri sunabilmektedir (Sarankumar vd.,2025). Bununla birlikte, nihai implant planlaması klinisyenin değerlendirmesi ile yapılmalı;

yapay zekâ önerileri bağımsız bir karar mekanizması olarak değil, klinik karar destek aracı olarak değerlendirilmelidir.

4.2. Otomatik CAD Tasarımı ve Protez Formu Üretimi

Geleneksel CAD sistemleri statik diş kütüphanelerine dayanırken, YZ tabanlı tasarım algoritmaları hastanın biyolojik ve morfometrik verilerinden beslenen dinamik tasarımlar sunar.

Üretken Çekişmeli Ağlar (Generative Adversarial Networks-GAN) ile Oklüzal Anatomi: Üretken Çekişmeli Ağlar geniş doğal diş ve çene anatomisi veri setleri kullanılarak eğitilen üretken YZ modelleridir. Güncel YZ tabanlı üretken tasarım algoritmaları, hastanın mevcut dentisyonu, oklüzal düzlemi ve morfolojik özelliklerini dikkate alarak hastaya özgü oklüzal anatominin oluşturulmasına yönelik karar destek ve otomatik tasarım olanakları sunmaktadır (Zhao vd., 2026). Bununla birlikte, bu uygulamaların önemli bir bölümü halen araştırma ve geliştirme aşamasında olup, farklı klinik senaryolardaki doğruluklarının ve uzun dönem klinik performanslarının daha fazla prospektif çalışma ile doğrulanmasına ihtiyaç vardır.

Komşu ve Antagonist Dişlerle Uyumlu Marjin ve Çıkış Profil Tasarımı: YZ algoritmaları, karşıt çenedeki dişlerin tüberkül eğimlerini ve komşu dişlerin kontak alanlarını analiz ederek protez sınırları ile implant-doku birleşimindeki çıkış profilinin biyolojik ve mekanik gereksinimlere uygun şekilde tasarlanmasına yönelik kontur önerileri sunabilmektedir (Jin vd., 2023; Kong & Kim, 2024). Ayrıca preparasyon sınırlarının otomatik olarak belirlenmesi CAD tasarım sürecini hızlandırabilmekte ve operatöre bağlı değişkenliği azaltabilmektedir. Gerektiğinde tasarım klinisyen tarafından gözden geçirilip manuel olarak düzenlenebilmektedir.

4.3. Sanal Hastalar ve Yüz Odaklı Protez Tasarımı

Sanal Hasta Entegrasyonu: YZ, yalnızca intraoral verilere odaklanmak yerine hastanın 3D yüz taraması, yüz fotoğrafları ve dinamik dudak hareketlerini içeren videolarını tek bir dijital platformda birleştirir. Pupiller hat, komissural çizgi, dudak destek miktarı ve gülüş hattı analiz edilerek dijital bir "Sanal Hasta" oluşturulur (Perez & Lombardi, 2025). Böylece implant yerleşimi, restorasyon tasarımı ve estetik sonuçlar üretim aşamasına geçilmeden önce dijital ortamda değerlendirilip optimize edilebilmektedir.

Dinamik Estetik Simülasyon: Tasarlanan implant üstü protez, doğrudan bu sanal yüz üzerinde simüle edilerek fasyal asimetrimlerle ve estetik parametrelerle dinamik uyumu henüz üretim yapılmadan değerlendirilir (Singh vd., 2026).

4.4. Oklüzal Analiz ve Biyomekanik Simülasyon

YZ Entegre Sonlu Elemanlar Analizi (FEA): İmplant-kemik ara yüzündeki ve protetik bileşenlerdeki stres dağılımını ölçen geleneksel Sonlu Elemanlar Analizi yüksek hesaplama gücü ve saatler süren zaman gerektirir. YZ tabanlı makine öğrenmesi ve vekil modelleri, çiğneme kuvvetleri altındaki stres ve mikro gerilim dağılımını kısa sürede analiz ederek aşırı yüklenen bölgeleri görsel olarak belirlenmesine ve CAD tasarımının biyomekanik açıdan optimize edilmesine yönelik öneriler sunar (Chan vd., 2026). Bu yaklaşımlar hesaplama süresini azaltma potansiyeli göstermesine rağmen, klinik karar verme sürecindeki etkinlikleri henüz sınırlı sayıda çalışma ile değerlendirilmiştir

Erken Kontak ve Oklüzal Girişim Tespiti: Sanal artikülatör ortamında çene hareketleri simüle edilirken, YZ antagonist dişlerle çakışan veya yıkıcı yük getiren erken temas noktalarını belirleyerek CAD tasarımında oklüzal düzenlemeye yönelik öneriler sunulabilir (Sarankumar vd.,2025).

4.5. Renk Seçimi, Renk Eşleme ve Materyal Önerisi

Spektrofotometrik Veri ve YZ Entegrasyonu: İntraoral tarayıcılardan veya spektrofotometrik cihazlardan alınan spektral ve renk uzayı verileri YZ algoritmaları ile işlenir. Doğal komşu dişlerin servikal, orta ve insizal bölgelerindeki renk ve ışık geçirgenliği haritası çıkarılır (Shetty, vd.,2024). Bu sistemlerin klinik doğruluğu umut verici olmakla birlikte, farklı cihazlar ve materyaller arasında standardizasyonun sağlanmasına yönelik ek çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Monolitik Blok ve Katmanlama Önerileri: YZ; restoratif materyal seçiminin planlanmasına yönelik karar desteği sağlayabilmektedir. YZ algoritmaları, çok katmanlı bloklar içerisinde restorasyonun konumunu ve frezeleme yönünü optimize ederek farklı ışık geçirgenliği ve renk geçişlerinden en etkin şekilde yararlanılmasını sağlar.

5. KLİNİK KARAR DESTEK VE KOMPLİKASYON ÖNGÖRÜSÜ

Yapay zekânın protetik diş hekimliğindeki rolü, yalnızca tanı, planlama ve restorasyon tasarımıyla sınırlı olmayıp; tedavi başarısının öngörülmesi, komplikasyon risklerinin değerlendirilmesi ve uzun dönem klinik izlemin desteklenmesini de kapsamaktadır.

5.1. Klinik Karar Destek Sistemleri (Clinical Decision Support Systems - CDSS)

Klinik Karar Destek Sistemleri hastanın sistemik durumu (diyabet, sigara kullanımı, osteoporoz vb.), kemik kalitesi, implant boyutu ve protetik yükleme türü gibi çok sayıda klinik değişkeni ML algoritmaları ile değerlendirerek protetik tedavi seçeneklerine ilişkin kanıta dayalı karar desteği sağlayabilmektedir (Vikram & Karjodkar, 2009). Ayrıca hastaları

komplikasyon riski açısından düşük, orta veya yüksek risk gruplarına ayırarak kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasına katkıda bulunabilmektedir. Bununla birlikte, bu sistemler klinisyenin yerini alan araçlar değil, klinik değerlendirme ve karar verme sürecini destekleyen yardımcı sistemler olarak değerlendirilmelidir.

5.2. Komplikasyon Tahmini ve Risk Analizi

İmplant üstü protezlerde karşılaşılan en temel komplikasyonlar mekanik (vida gevşemesi/kırılması, seramik yongalanması) ve biyolojik (peri-implant mukozitis, peri-implantitis ve marjinal kemik kaybı) sorunlardır.

Mekanik Komplikasyon Tahmini: YZ tabanlı Random Forest ve XGBoost algoritmaları; oklüzal yük eksenini, kanat uzunluğu, tüberkül eğimleri ve implant dağılımı gibi biyomekanik parametreleri değerlendirerek uzun dönemde vida gevşemesi, dayanak kırığı veya üst yapı seramiğinde yongalanma gelişme olasılığına ilişkin risk tahminleri sunabilmektedir (Atieh vd., 2026; Milic, vd., 2026).

Biyolojik Komplikasyon ve Kemik Kaybı Öngörüsü: Peri-implantitis gelişme riski, YZ tarafından hastanın sistemik verileri, oral hijyen skorları ve protetik restorasyonun plak retansiyonunu artırabilecek marjinal konturları analiz edilerek önceden tahmin edilebilir (Milic vd., 2026).

6. YAPAY ZEKÂNIN MEVCUT KISITLAMALARI VE ETİK BOYU

Bu bölümde ele alınan yapay zekâ uygulamalarının klinik olgunluk düzeyleri farklılık göstermektedir. Görüntü segmentasyonu, veri kayıt işlemleri ve dijital tasarım desteği gibi uygulamalar klinik kullanıma girmiş veya ticari yazılımlarda yer almaya başlamışken; komplikasyon tahmini, tam otomatik protez

tasarımı ve biyomekanik karar destek sistemleri gibi uygulamaların önemli bir bölümü halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır. Bu nedenle mevcut bulguların yorumlanmasında kanıt düzeyi ve klinik doğrulama çalışmaları dikkate alınmalıdır.

Yapay zekânın sunduğu devrimsel avantajlara rağmen, klinik entegrasyonda karşılaşılan bazı temel kısıtlamalar da mevcuttur (Schwendicke, vd., 2020):

Siyah Kutu (Black Box) Problemi: Derin öğrenme algoritmalarının karar verme sürecinin her zaman tam olarak açıklanamaması, klinik güvenilirlik ve kullanıcı güveni açısından önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Günümüzde bu sorunun azaltılması amacıyla geliştirilen Açıklanabilir Yapay Zekâ (Explainable Artificial Intelligence, XAI) yaklaşımları, algoritmaların karar mekanizmalarını daha şeffaf hâle getirmeyi amaçlamaktadır (Shiddik, 2026). Bunun yanı sıra, büyük hacimli klinik ve görüntüleme verilerinin işlenmesi sırasında hasta mahremiyetinin korunması, veri güvenliğinin sağlanması ve ilgili yasal düzenlemelere uyum büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de bu süreçlerin 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında, uluslararası çalışmalarda ise ilgili veri koruma düzenlemeleri doğrultusunda yürütülmesi gerekmektedir.

Veri Yanlılığı ve Genellenebilirlik: Algoritmalar eğitildikleri veri setlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Farklı etnik popülasyonlardan veya standart dışı klinik vakalardan elde edilen verilerde algoritmaların başarımı düşebilir (Kelly, vd., 2019). Bu nedenle yapay zekâ modellerinin farklı merkezlerden ve farklı popülasyonlardan elde edilen geniş veri kümeleriyle eğitilmesi, genellenebilirliğin artırılması açısından önem taşımaktadır.

Sorumluluk ve Etik: YZ destekli kararlar sonucunda ortaya çıkabilecek olumsuz klinik sonuçlarda hukuki ve etik sorumluluğun klinisyen, sağlık kurumu ve yazılım geliştiricisi

arasında nasıl paylaşılacağı konusu günümüzde uluslararası düzeyde tartışmaya devam etmektedir (Price, vd., 2019).

Düzenleyici Gereklilikler: Yapay zekâ tabanlı tıbbi yazılımların klinik kullanıma sunulabilmesi için güvenilirlik, doğruluk ve hasta güvenliği açısından ilgili düzenleyici kuruluşlar (örneğin FDA ve Avrupa Birliği Tıbbi Cihaz Regülasyonu) tarafından belirlenen gereklilikleri karşılaması önem taşımaktadır.

7. GELECEK PERSPEKTİFİ

Geleceğin protetik diş hekimliğinin; artırılmış gerçeklik ile entegre YZ destekli klinik rehberlik sistemleri, biyobaskı teknolojileri, dijital ikiz modelleri ve nesnelerin interneti tabanlı akıllı protez sistemleri gibi yenilikçi teknolojilerin klinik uygulamalara entegrasyonu ile şekillenmesi beklenmektedir. Yapay zekânın, klinik karar verme süreçlerini destekleyen, tedavi öngörülebilirliğini artırmaya katkı sağlayan ve kişiselleştirilmiş hasta bakımını destekleyen bir karar destek aracı olarak implant protetiğinde kullanımının giderek yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

8. SONUÇ

İmplant diş hekimliği, cerrahi odaklı yaklaşımlardan protetik yönlendirmeli tedavi konseptlerine doğru önemli bir dönüşüm geçirmiş; günümüzde ise yapay zekâ destekli dijital teknolojilerin katkısıyla veri odaklı bir döneme ulaşmıştır. YZ algoritmaları; KIBT, ağız içi taramalar, yüz taramaları ve klinik verilerin bütüncül olarak değerlendirilmesini sağlayarak tanı, tedavi planlaması, implant konumlandırılması, protetik tasarım ve uzun dönem takip süreçlerinde klinisyenlere önemli karar desteği sunmaktadır. Ayrıca CAD/CAM sistemleriyle bütünleşen

YZ uygulamaları, kişiye özgü restorasyonların daha yüksek doğrulukla tasarlanmasına, biyomekanik analizlerin optimize edilmesine ve estetik sonuçların iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Bununla birlikte, algoritmaların güvenilirliği, veri kalitesi, açıklanabilirliği, etik sorumluluklar ve hasta verilerinin korunması gibi konular, yapay zekânın klinik uygulamalardaki sürdürülebilir başarısı açısından önemini korumaktadır. Bu nedenle yapay zekâ, klinisyenin yerini alan bağımsız bir sistemden ziyade, bilimsel kanıtlar doğrultusunda karar verme süreçlerini destekleyen ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını güçlendiren tamamlayıcı bir teknoloji olarak değerlendirilmelidir. Gelecekte daha güçlü algoritmalar, çok merkezli veri tabanları ve gerçek zamanlı karar destek sistemlerinin gelişmesiyle birlikte yapay zekânın implant üstü protetik tedavilerdeki rolünün daha da artacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. (2018). Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *Journal of Prosthodontics*, 27(1), 35-41. <https://doi.org/10.1111/jopr.12527>
- Atieh, M. A., Shah, M., Hakam, A., AlAli, F., AlSayed, S., Tawse-Smith, A., & Alsabeeha, N. H. M. (2026). Diagnostic Accuracy of Deep Learning Models in Detecting Peri-Implant Marginal Bone Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 37(4), 385-401.
- Berroeta, E., Zabalegui, I., Donovan, T., & Chee, W. (2015). Dynamic Abutment: A method of redirecting screw access for implant-supported restorations: Technical details and a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(6), 516-519. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.11.009>
- Branemark, P. I.,(1983) Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent* 50(3), 399-410. doi: 10.1016/s0022-3913(83)80101-2.
- Chan, W. W., Buzayan, M. M., Sulaiman, E., Radzi, N. D. M., Kadir, M. R. A., & Ibrahim, M. Z. (2026). Comparative finite element analysis of stress distribution of different implant-supported crown and abutment materials. *BMC Oral Health*, 26(1), 402. <https://doi.org/10.1186/s12903-026-07684-1>
- Gonzalez, Y., El-Kerdani, T., & Cho, S.-H. (2026). Ideal emergence profile made using artificial intelligence tooth segmentation technology and mirror image feature of CAD software programs for a maxillary anterior implant-supported single crown. *The Journal of Prosthetic*

Dentistry, 135(3), 458-462.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.03.008>

- Hamed, M. T., Abdullah Mously, H., Khalid Alamoudi, S., Hossam Hashem, A. B., & Hussein Naguib, G. (2020). A Systematic Review of Screw versus Cement-Retained Fixed Implant Supported Reconstructions. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry, Volume 12*, 9-16.
- Hjerppe, J., & Özcan, M. (2023). Zirconia: More and More Translucent. *Current Oral Health Reports*, 10(4), 203-211. <https://doi.org/10.1007/s40496-023-00344-1>
- Isufi, R., Xhajanka, E., Thodhorjani, A., Hysenaj, N., Lela, F., Bara, S., & Isufi, R. (2023). All-On-Four Concept Literature Review. *International Journal of Membrane Science and Technology*, 10(2), 3892-3899.
- Jin, X., Wang, S., Hu, J., Xu, X., Shi, Y., Yu, H., Wang, J., Wang, H. (2023). Automated tooth crown design with optimized shape and biomechanics properties. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11, 1216651.
- Kailash, S. (2014). CBCT – Cone Beam Computed Tomography. *Journal of Academy of Dental Education*, 1, 9-15.
- Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G., & King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC Medicine*, 17(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1426-2>
- Kishen, A., Murthy, V., Devi, L., Jayachandran, B., Sadish, & S., S. (2026). Clinical and biomechanical determinants of immediate, early, progressive, and delayed implant loading: A comprehensive narrative review. *The Saudi Dental Journal*, 38(4), 47. <https://doi.org/10.1007/s44445-026-00122-6>

- Kong, H.-J., & Kim, Y.-L. (2024). Application of artificial intelligence in dental crown prosthesis: A scoping review. *BMC Oral Health*, 24(1), 937.
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149.
- Mangano, C., Luongo, F., Migliario, M., Mortellaro, C., & Mangano, F. G. (2018). Combining Intraoral Scans, Cone Beam Computed Tomography and Face Scans: The Virtual Patient. *Journal of Craniofacial Surgery*, 29(8), 2241-2246.
- Mesquida, J., Firmino, D., Matji, C., & Ginebreda, I. (2021). Transferring emergence profile and position of interim restorative implant fixture: A novel digital technique. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 19 (2), 140-150.
- Milic, M. S., Todorovic, V. S., Vucetic, M., & Milosavljevic, N. (2026). Predicting dental implant failure using machine learning: Comparative evaluation of Random Forest, gradient boosting, and logistic regression with feature importance analysis. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 1-11.
- Oliveira-Santos, N., Jacobs, R., Picoli, F. F., Lahoud, P., Niclaes, L., & Groppo, F. C. (2023). Automated segmentation of the mandibular canal and its anterior loop by deep learning. *Scientific Reports*, 13(1), 10819. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37798-3>
- Parnian, B., Borhani, S., & Panahi, O. (2026). The Digital Revolution: Applications of Artificial Intelligence in Modern Dentistry. *A Epidemiol Public Health*, 9(1): 1132.

- Perez, A., & Lombardi, T. (2025). Integration and Innovation in Digital Implantology—Part I: Capabilities and Limitations of Contemporary Workflows: A Narrative Review. *Applied Sciences*, 15(22), 12214.
- Pjetursson, B. E., Valente, N. A., Strasding, M., Zwahlen, M., Liu, S., & Sailer, I. (2018). A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S16), 199-214. <https://doi.org/10.1111/clr.13306>
- Price, W. N., Gerke, S., & Cohen, I. G. (2019). Potential Liability for Physicians Using Artificial Intelligence. *JAMA*, 322(18), 1765. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.15064>
- Rokhshad, R., Khosravi, K., Motie, P., Sadeghi, T. S., Tehrani, A. M., Zarbakhsh, A., & Revilla-León, M. (2026). Deep learning applications in prosthodontics: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(3), 539-551.
- Sarankumar, M., Devigayathri, Selvamani, & Kumar, A. K. (2025) AI and machine learning applications in prosthodontics: a review. *TPM*, 32(5), 1019-1025.
- Schneider, L., Krasowski, A., Pitchika, V., Bombeck, L., Schwendicke, F., & Büttner, M. (2025). Assessment of CNNs, transformers, and hybrid architectures in dental image segmentation. *Journal of Dentistry*, 156, 105668.
- Schwendicke, F., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *Journal of Dental Research*, 99(7), 769-774.
- Sharma, M. S., Pandey, V., Vartak, V., & Bondekar, V. (2016). Prosthetic driven implantology- a review. *Int J Res Health Allied Sci* 2(3), 21-25.

- Shetty, S., Gali, S., Augustine, D., & Sv, S. (2024). Artificial intelligence systems in dental shade-matching: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 33(6), 519-532.
- Shiddik, A. B. (2026). Explainable Artificial Intelligence in Healthcare: Current Landscape, Challenges, and Future Directions. *Health Science Reports*, 9(3), e7217. <https://doi.org/10.1002/hsr2.72172>
- Singh, A. K., Ahuja, D., Mallick, S., Jose, N. P., Bhardwaj, I., Batra, P., & Rana, A. (2026). Artificial intelligence in digital smile design: A review of technological innovations and clinical integration. *Discover Artificial Intelligence*, 6(1), 101.
- 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>
- Vikram, K., & Karjodkar, F. R. (2009). Decision Support Systems in Dental Decision Making: An Introduction. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 9(2), 73-76.
- Villefort, R. F., Diamantino, P. J. S., Zeidler, S. L. V. V., Borges, A. L. S., Silva-Concílio, L. R., Saavedra, G. deSiqueira F. A., & Tribst, J. P. M. (2022). Mechanical Response of PEKK and PEEK As Frameworks for Implant-Supported Full-Arch Fixed Dental Prosthesis: 3D Finite Element Analysis. *European Journal of Dentistry*, 16(01), 115-121.
- Villena, F., Véliz, C., García-Huidobro, R., & Aguayo, S. (2025). Generative artificial intelligence in dentistry: Current

approaches and future challenges. *Dentistry Review*, 5(4), 100160. <https://doi.org/10.1016/j.dentre.2025.100160>

Wajer, R., Wajer, A., Kazimierczak, N., Wilamowska, J., & Serafin, Z. (2024). *The Impact of AI on Metal Artifacts in CBCT Oral Cavity Imaging*. *Medicine and Pharmacology*.

Zhao, W., Liu, Y., Lam, W. Y. H., Cheung, B. C. F., Ding, H., & Tsoi, J. K. H. (2026). Tooth generative adversarial network: Anatomical optimisation using Wasserstein generative adversarial network for tooth generation hyphenated dental 3-dimensional precision printing. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 170, 114215.

Tİ-BASE DESTEKLİ İMPLANT ÜSTÜ SABİT RESTORASYONLARDA GÜNCEL KLİNİK VE LABORATUVAR PROTOKOLLERİ

Gökçe KEÇECİ¹

1. GİRİŞ

Dijital teknolojiler implant protetiğinde yalnız üretim yöntemlerini değil, kullanılan protetik bileşenleri de değiştirmiştir. Prefabrike titanyum tabanlar (Ti-base), implant bağlantısının hassas olarak işlenmiş titanyum bir komponent üzerinde korunmasına, koronal üst yapının ise hastaya özgü olarak CAD/CAM ile tasarlanmasına olanak tanır. Bu yaklaşım, dijital tasarım esnekliğini vidalı restorasyonların geri alınabilirliğiyle birleştirir. Klinik sonuç ise implantın üç boyutlu konumu, mevcut protetik alan, Ti-base geometrisi, restoratif materyal, üst yapı tasarımı, yüzey işlemleri, simantasyon ve oklüzal koşulların birlikte yönetilmesine bağlıdır.

Ti-base destekli tek implant restorasyonlarına ilişkin klinik sonuçlar genel olarak olumludur. Chantler, Evans, Zitzmann ve Derksen (2023), 857 restorasyonu içeren sistematik derleme ve meta-analizlerinde bir yıllık tahmini sağkalım oranını %98,6 olarak bildirmiştir. Bununla birlikte Ti-base sistemleri transmukozal yükseklik, genişlik ve retantif geometri bakımından farklılık gösterdiğinden, bir komponent tasarımına ait sonuçların tüm sistemlere genellenmesi uygun değildir. Orta ve uzun dönem veriler daha sınırlı olmakla birlikte, Smirani et al. (2024) tarafından bildirilen 7,5 yıllık prospektif takip ve Gehrke et al.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü, ORCID: 0000-0002-4180-4289.

(2025) tarafından sunulan yaklaşık yedi yıllık çok merkezli veriler, uygun endikasyonda başarılı klinik sonuçların sürdürülebildiğini göstermektedir.

Yüksek sağkalım oranları teknik komplikasyonların bütünüyle önlenmediği anlamına gelmez. Ti-base ile seramik üst yapı arasındaki adeziv bağlantının kaybı bu sistemlerde bildirilen sorunlardan biridir. Klinik çalışmaları değerlendiren Shadid (2025), ayrılma oranlarının genel olarak düşük olduğunu; Ti-base yüksekliği ve geometrisi, simantasyon materyali, pasif uyum ve biyomekanik koşulların bağlantı stabilitesini etkileyebildiğini bildirmiştir. Laboratuvar çalışmalarını inceleyen Ntovas, Ladia, Pachiou, Fehmer ve Sailer (2024) da Ti-base yüksekliği, yüzey işlemleri ve simantasyon protokolünün restoratif materyalle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Biyolojik açıdan komponent seçiminin tek başına belirleyici olduğu söylenemez. Liu, Chiam ve Wang (2024), Ti-base destekli restorasyonlar ile tek parça dayanakları karşılaştırdıkları meta-analizde marjinal kemik düzeylerinde küçük bir fark saptarken sondalama derinliği, sondalamada kanama ve protezle ilişkili komplikasyonlarda anlamlı fark bildirmemiştir. Standart Ti-base geometrisinin uygun çıkış profili veya yeterli retansiyon sağlayamadığı durumlarda kişiselleştirilmiş dayanaklar değerlendirilmelidir (Derksen et al., 2023). İmplant aksının vida girişini estetik ya da fonksiyonel açıdan elverişsiz bir konuma taşıdığı seçilmiş olgularda açılı vida kanalları alternatif oluşturabilir; ancak bu sistemlere ilişkin klinik veriler heterojendir (De Angelis et al., 2025). Bu bölümde komponent seçiminden dijital ölçüye, üst yapı tasarımından simantasyon, vida bağlantısı ve klinik takibe uzanan protetik iş akışı güncel kanıtlar çerçevesinde ele alınmaktadır.

2. Tİ-BASE SİSTEMLERİNİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ VE PROTETİK SEÇİM KRİTERLERİ

Ti-base komponentler implant bağlantısı, transmukozal yükseklik, çap ve üst yapıyla bağlantı sağlayan retantif bölümün geometrisi bakımından farklılık gösterir. Bu nedenle mekanik uyumluluk tek başına yeterli bir seçim ölçütü değildir; implantın doku içindeki konumu, restoratif alan, planlanan çıkış profili ve üst yapı için gerekli materyal hacmi birlikte değerlendirilmelidir. Sistemler arasındaki geometrik farklılıklar, tek bir seçim yaklaşımının bütün Ti-base tasarımlarına genellenmesini güçleştirmektedir (Chantler et al., 2023). ITI konsensus raporu da dayanak seçiminin implant-protetik tedavi planlamasının bir parçası olarak ele alınmasını önermektedir (Derksen et al., 2023).

2.1. Retantif ve Transmukozal Geometrinin Önemi

Koronal retantif bölümün yüksekliği adeziv bağlantı için kullanılabilir yüzey alanını etkiler; ancak retansiyon yalnız yüksekliğe bağlı değildir. Komponentin makrogeometrisi, yüzey özellikleri, siman ve yüzey işlemleri de bağlantı davranışında rol oynar. Karasan et al. (2024), Ti-base yüksekliği ve geometrisinin restorasyonun mekanik performansı ve kırılma direnci üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. Klinikte amaç mümkün olan en uzun Ti-base'i seçmek değil, yeterli bağlantı alanını üst yapının mekanik bütünlüğünü koruyacak materyal hacmiyle dengelemektir.

Retantif yükseklik ile transmukozal yükseklik birbirinden ayrılmalıdır. Transmukozal bölüm, implant bağlantısı ile restorasyonun servikal geçişi arasındaki mesafeyi belirler. Derin yerleşimli implantlarda gereğinden kısa bir komponent Ti-base–üst yapı birleşimini fazla submukozal konuma taşıyabilir; gereğinden uzun bir komponent ise özellikle estetik bölgede servikal geçişi fazla koronale taşıyabilir. Hedef, implant

platformundan kron konturuna geçişi aşırı doku basıncı veya belirgin aşırı kontur oluşturmada sağlamaktır.

2.2. Restoratif Alan ve Kron Geometrisi

Ti-base seçimi restorasyon tasarımından bağımsız bir laboratuvar kararı olmamalıdır. Sınırlı vertikal alanda kısa komponent üst yapı için daha fazla materyal hacmi bırakırken adeziv bağlantı yüzeyini azaltabilir; uzun komponent ise retansiyonu artırabilse de kritik bölgelerde seramiğin incelmeye yol açabilir. Artmış kron yüksekliği de özellikle posterior bölgede implant-dayanak kompleksine iletilen eğilme momentini artırır. Bu nedenle kron yüksekliği, oklüzal tabla genişliği, yükün implant aksına göre konumu ve vida kanalı ile Ti-base'in koronal sınırı çevresindeki materyal hacmi birlikte değerlendirilmelidir.

2.3. Standart Ti-Base ve Kişiselleştirilmiş Dayanak Seçimi

Standart Ti-base'lerin temel avantajı, endüstriyel olarak üretilmiş implant bağlantısını dijital iş akışına kolaylıkla entegre etmeleridir. Ancak özellikle anterior bölgede implant platformu ile doğal dişin servikal formu arasındaki fark fazla ve transmukozal mesafe sınırlıysa, standart yuvarlak geometri aşırı konveks bir çıkış profiline yol açabilir. Uygun çıkış profili ile yeterli retansiyon ve direnç formu sağlanamadığında kişiselleştirilmiş dayanak seçeneği değerlendirilmelidir (Derksen et al., 2023). Kişiselleştirme biyolojik bir üstünlükten çok, standart geometrinin yetersiz kaldığı olgularda restoratif konturu daha kontrollü oluşturmayı sağlayan protetik bir seçenektir.

3. DİJİTAL VERİ ELDE ETME VE İMPLANT ÖLÇÜ PROTOKOLÜ

Dijital implant ölçüsünde temel amaç, implantın üç boyutlu konumunu ve rotasyonunu restorasyonun tasarlanacağı

sanal modele doğru aktarmaktır. Scan body bu aktarımın ara bileşeni olduğundan doğruluk yalnız intraoral tarayıcının performansına bağlı değildir; komponentin implant bağlantısına tam oturması, ayırt edici geometrisinin eksiksiz taranması ve doğru CAD kütüphanesiyle eşleştirilmesi aynı ölçü zincirinin parçalarıdır. Lee, Jamjoom, Le, Radics ve Gallucci (2022), tek implant restorasyonlarında dijital ve konvansiyonel yöntemlerin karşılaştırılabilir doğruluk sağladığını, dijital yöntemin ise işlem süresi ve hasta tercihi açısından avantajlı olabildiğini bildirmiştir.

3.1. Scan Body ile İmplant Pozisyonunun Dijital Aktarımı

Scan body implant sistemi, bağlantı seviyesi ve CAD kütüphanesiyle uyumlu olmalıdır. Eksik oturma veya yanlış kütüphane eşleştirmesi, tarama teknik olarak başarılı görünse bile implant pozisyonunun hatalı aktarılmasına neden olabilir. Rutkūnas et al. (2024), implant ve dayanak seviyesinde kullanılan komponentlerin yeniden konumlandırılmasında ölçülebilir üç boyutlu sapmalar oluşabileceğini göstermiştir. Bu nedenle scan body'nin stabilitesi ve oturduğu klinik olarak doğrulanmalı; doğrudan değerlendirmenin güç olduğu olgularda radyografik kontrol düşünülmelidir. Morita et al. (2026), internal konik bağlantılarda scan body materyali ve uygulanan sıkma torkunun vertikal konumu etkileyebildiğini bildirmiştir. Scan body yerleştirilirken kullanılan sisteme özgü sıkma protokolüne uyulması bu açıdan önemlidir.

Tarama sırasında scan body'nin rotasyonel referans yüzeyleri eksiksiz kaydedilmeli; veri aktarılmadan önce eksik yüzeyler, servikal veri kaybı ve belirgin tarama ağı bozulmaları kontrol edilmelidir. Çoklu implant modellerinde scan body tasarımı ile intraoral tarayıcı seçiminin doğruluğu etkileyebildiği gösterilmiştir (Meneghetti, Li, Borella, Mendonça, & Burnett, 2023; Grande, Mosca Balma, Mussano, & Catapano, 2025). Bu

nedenle belirli bir scan body tasarımının bütün tarayıcı ve implant konfigürasyonlarında aynı performansı göstereceği varsayılmamalıdır.

3.2. Tek İmplant Restorasyonlarında Dijital Ölçü

Tek implant olgularında sınırlı tarama mesafesi ve komşu dişlerin belirgin anatomik referanslar sağlaması kümülatif birleştirme hatasını azaltır. Yine de tarama scan body ile sınırlandırılmamalı; komşu dişlerin proksimal ve oklüzal yüzeyleri, peri-implant yumuşak dokular, karşıt ark ve interoklüzal ilişki restorasyon tasarımına yetecek ayrıntıda kaydedilmelidir. Estetik bölgede geçici restorasyonla şekillendirilen çıkış profili definitif restorasyona aktarılacaksa, yumuşak doku konturu ile geçici restorasyonun servikal geometrisi dokular belirgin biçimde değişmeden dijital olarak kaydedilmelidir.

3.3. Çoklu İmplant ve Tam Ark Olgularında Klinik Sınırlar

İmplant sayısı ve tarama mesafesi arttıkça görüntülerin ardışık birleştirilmesine bağlı kümülatif sapmalar önem kazanır; dişsiz alanlarda anatomik referansların sınırlı olması bu etkiyi artırabilir. Tam ark taramalarında ek geometrik referanslar ve prefabrike tarama yardımcıları bu sapmaları azaltmak amacıyla araştırılmıştır. Farah, Alresheedi, Alazmi ve Al-Haj Ali (2025) ek geometrik referansların sapmaları azaltabildiğini, Fu et al. (2025) ise prefabrike tarama yardımcılarının dijital model doğruluğu ve pasif uyum üzerinde olumlu etkiler gösterebildiğini bildirmiştir.

Tam ark rehabilitasyonlarda dijital ölçünün konvansiyonel yönteme mutlak üstünlüğü gösterilmiş değildir. Jasim, Abo Elezz, Altonbary ve Elsyad (2024), maksiller tam ark vidalı protezlerde konvansiyonel implant seviyesi ölçüsünün incelenen dijital protokolden daha yüksek doğruluk sağlayabildiğini bildirmiştir. Llinás-Ceballos, Ata-Ali ve Piedra-

Cascón (2026) da intraoral tarayıcı seçiminin tam ark doğruluğunu etkileyebildiğini göstermiştir. Tek implant olgularındaki başarılı dijital sonuçlar bu nedenle tam ark rehabilitasyonlara doğrudan genellenmemeli; ölçü yöntemi implant sayısı ve dağılımı, açılanma, scan body-tarayıcı sistemi ve pasif uyum gereksinimine göre seçilmelidir.

4. PROTETİK ÜST YAPI TASARIMI VE RESTORATİF MATERYAL SEÇİMİ

Ti-base destekli restorasyonlarda üst yapı tasarımı implantın konumu, komponent geometrisi, vida kanalının yerleşimi ve kullanılabilir restoratif hacimle birlikte planlanmalıdır. Materyal seçimi de bu tasarım kararlarından bağımsız değildir. Monolitik zirkonya Ti-base destekli restorasyonlarda yaygın kullanılan seçeneklerden biridir; lityum disilikat ise uygun olgularda değerlendirilebilir. Seçimde estetik gereksinim, restoratif alan, kron geometrisi ve beklenen fonksiyonel yükler birlikte dikkate alınmalıdır.

4.1. Monolitik Zirkonya

Monolitik zirkonya, yüksek mekanik dayanımı ve tabakalama seramiğine gerek olmadan anatomik formda üretilebilmesi nedeniyle özellikle posterior tek implant kronlarında sık kullanılır. Di Fiore, Stellini, Monaco ve Yılmaz (2024), Ti-base üzerinde farklı retansiyon tasarımlarına sahip monolitik zirkonya kronları dört yıl değerlendirmiş ve üst yapı-Ti-base bağlantı tasarımının teknik komplikasyonları etkileyebildiğini bildirmiştir. Yüksek dayanım, restorasyon kalınlığına ilişkin gereksinimi ortadan kaldırmaz. Seo, Ko, Huh, Park ve Cho (2025), implant destekli monolitik zirkonya kronlarda oklüzal ve aksiyal kalınlığın kırılma yükünü etkilediğini göstermiştir. Bu bulgular tüm zirkonyalar için sabit klinik sınırlar olarak yorumlanmamalı; kullanılan materyalin

üretici önerileri korunmalı ve özellikle vida kanalı ile Ti-base'in koronal sınırı çevresinde aşırı incelmış alanlardan kaçınılmalıdır.

4.2. Lityum Disilikat

Lityum disilikat, optik özelliklerin ön planda olduğu tek diş restorasyonlarında önemli bir seramik seçeneğidir ve CAD/CAM veya presleme yöntemiyle üretilebilir. Burkhardt, Sailer, Fehmer, Mojon ve Pitta (2023), Ti-base'e bağlanan farklı CAD/CAM materyallerinde retansiyonun restoratif materyal ile bağlayıcı sistem arasındaki etkileşime bağlı olduğunu göstermiştir. Benzer biçimde, de Oliveira et al. (2026) lityum disilikat kronlarda dayanak tipi ve yüksekliğinin kırılma davranışını etkileyebildiğini bildirmiştir. Lityum disilikat özellikle yeterli materyal hacminin bulunduğu ve estetik gereksinimin ön planda olduğu seçilmiş olgularda düşünülebilir; vida kanalı çevresinde sınırlı kalınlık, artmış kron yüksekliği veya belirgin lateral yüklenme varlığında mekanik koşullar daha dikkatli değerlendirilmelidir.

4.3. Restoratif Hacim ve Vida Kanalının Tasarımı

Dijital tasarımda kronun dış konturu ile Ti-base'in restorasyon içindeki konumu birlikte değerlendirilmelidir. Kısa klinik kronlarda komponent seramik için kullanılabilir hacmi sınırlarken, yüksek kronlarda kaldırma kolu uzar. Vida kanalı çevresinde yeterli materyal kalınlığı korunmalı, iç yüzeyde keskin geçişlerden kaçınılmalıdır. Posterior bölgede kanalın santral fossaya yakın konumu oklüzal morfolojiyi korumayı kolaylaştırırken fonksiyonel tüberkül veya eğimli yüzeye yaklaşması çevredeki materyal kalınlığını azaltabilir. Anterior bölgede fasiyal veya insizal vida çıkışı estetik sorun oluşturabilir; açılı vida kanalları çıkışı daha uygun bir konuma taşıyabilse de elverişsiz implant konumunun tüm biyomekanik ve servikal tasarım sorunlarını ortadan kaldırmaz.

4.4. Çıkış Profili ve Klinik Materyal Seçimi

Servikal tasarım peri-implant yumuşak doku desteğini ve restorasyonun temizlenebilirliğini etkiler. Dar implant platformundan daha geniş doğal diş konturuna geçiş için yeterli transmukozal mesafe bulunmadığında aşırı konveks bir servikal form gelişebilir. Endres et al. (2025), estetik bölgede konkav ve konveks çıkış profillerini üç yıl değerlendirmiş ve orta fasiyal mukozal çekilmenin konkav gruba kıyasla konveks profilli restorasyonlarda daha sık görüldüğünü bildirmiştir. Rathe et al. (2024) ise Ti-base grubunda 30 derecenin üzerindeki çıkış açısı ile marjinal kemik kaybı arasında genel ve değişmez bir ilişki göstermemiştir. Çıkış profili bu nedenle tek bir açı eşiği üzerinden değil; implantın bukkolingual konumu, transmukozal mesafe, yumuşak doku kalınlığı ve temizlenebilirlikle birlikte değerlendirilmelidir.

5. Tİ-BASE VE PROTETİK ÜST YAPININ YÜZEY HAZIRLIĞI VE ADEZİV SİMANTASYON

Ti-base ile protetik üst yapı arasındaki adeziv arayüz, restorasyonun uzun dönem mekanik bütünlüğü açısından kritik bir bölgedir. Bağlantı stabilitesinde siman seçimi kadar Ti-base geometrisi ve yüksekliği, restoratif materyal, yüzey hazırlığı ve kontaminasyon kontrolü de belirleyicidir. Burkhardt et al. (2023), aynı simantasyon sisteminin farklı CAD/CAM materyallerinde eşdeğer retansiyon sağlamadığını; Stratos et al. (2026) ise yüzey işlemi, siman tipi ve üst yapı materyalinin bağlantı performansını etkilediğini ve mekanik yaşlandırmanın retansiyonu azaltabildiğini göstermiştir.

5.1. Ti-Base Yüzeyinin Hazırlanması

Titanyum bağlanma yüzeyinin hazırlanmasında amaç, mikromekanik ve kimyasal bağlantıya elverişli temiz bir yüzey

oluşturmaktır. Bu amaçla alüminyum oksit partikülleriyle hava abrazyonu yaygın olarak kullanılır. Krongvanitchayakul ve Kunavisarut (2023), hava abrazyonunun Ti-base yüzey pürüzlülüğünü ve zirkonya kronların retansiyonunu artırabildiğini; Stratos et al. (2026) da abrazyon uygulanmış titanyum yüzeylerinde daha yüksek retansiyon elde edilebildiğini bildirmiştir. Partikül boyutu, basınç ve süre tüm sistemler için tek bir protokole indirgenmemeli; implantla temas eden hassas bağlantı yüzeyi ve vida yuvası korunmalıdır. Mikromekanik hazırlığın ardından titanyumla kimyasal etkileşim sağlayabilen primer veya rezin siman sistemleri kullanılabilir. Ancak ürünleri yalnız 10-MDP içeriğine göre eşdeğer kabul etmek yerine, uyumluluğu gösterilmiş materyal ve protokoller tercih edilmelidir.

5.2. Zirkonya ve Lityum Disilikat Yüzeylerinin Hazırlanması

Zirkonya ve lityum disilikatın yüzey kimyaları farklı olduğundan aynı bağlanma protokolü her iki materyale uygulanmamalıdır. Zirkonyada kontrollü hava abrazyonu ve uygun kimyasal bağlayıcı sistemler tercih edilir; partikül boyutu ve basıncın kontrolsüz kullanımı yüzey hasarına yol açabileceğinden üretici önerileri dikkate alınmalıdır. Lityum disilikatta ise cam seramik yapı, materyale özgü konsantrasyon ve sürede hidroflorik asitle pürüzlendirmeye ve ardından silan uygulamasına olanak tanır.

Maqbool, Rego, Santos, Ari ve Santos (2024), lityum disilikatta hem yüzey işleminin hem de rezin siman seçiminin bağlanma dayanımını etkilediğini göstermiştir. Pilecco et al. (2025) ise prova sonrasında uygulanan yüzey işlemi protokolünün yaşlandırılmış bağlanma dayanımını etkileyebildiğini bildirmiştir. Bu nedenle prova sonrasında seramik yüzeyinin kontaminasyon durumu göz önünde

bulundurulmalı ve kullanılan sisteme uygun temizleme veya yüzey yenileme protokolü uygulanmalıdır.

5.3. Kontaminasyon Kontrolü ve Rezin Siman Seçimi

Hazırlanmış yüzeylerin simantasyona kadar temiz tutulması gerekir. Klinik prova, elle temas, tükürük veya laboratuvar artıkları bağlantı yüzeylerini olumsuz etkileyebilir. Burkhardt, Pitta, Fehmer, Mojon ve Sailer (2021), tükürük kontaminasyonunun Ti-base bağlanma yüzeyindeki bağlantı stabilitesini azaltabildiğini ve kontaminasyon sonrasında uygulanan temizleme protokolünün performans açısından önemli olduğunu bildirmiştir. Rezin siman seçiminde başlangıç retansiyonunun yanı sıra yaşlandırma sonrası stabilite de dikkate alınmalıdır; zirkonya ve lityum disilikatta en yüksek retansiyonun aynı bağlayıcı sistemle elde edilmemesi materyal-siman uyumunun önemini desteklemektedir (Burkhardt et al., 2023).

5.4. Ekstraoral Simantasyon

Ti-base ile üst yapının ağız dışında birleştirilmesi çalışma alanının kontrolünü ve fazla simanın uzaklaştırılmasını kolaylaştırır. Simantasyondan önce üst yapının Ti-base üzerine tam oturduğu doğrulanmalı; uyum sorunu simanla giderilmeye çalışılmamalıdır. Materyale özgü yüzey hazırlığından sonra rezin siman uygulanmalı, restorasyon polimerizasyon süresince doğru konumda tutulmalı ve birleşim hattında artık bırakılmamalıdır. Son kontrolde vida kanalının açık, implant bağlantı yüzeyinin temiz ve üst yapının doğru rotasyonel konumda olduğu doğrulanmalıdır. Bağlantının uzun dönem stabilitesi, uygun komponent geometrisi ile doğru yüzey hazırlığı, kontaminasyon kontrolü ve uyumlu adeziv sistemin birlikte uygulanmasına bağlıdır.

6. VİDA SIKMA, ÖN YÜKLEME VE RESTORASYONUN KLİNİK TESLİMİ

Definitif torktan önce restorasyonun implant üzerine pasif olarak oturduğu, proksimal temasların yerleşimi engellemediği ve implant-Ti-base bağlantısında açıklık bulunmadığı doğrulanmalıdır. Subgingival bağlantılarda radyografik kontrol yararlı olabilir; uyumsuz bir restorasyonun vida aracılığıyla yerine çekilmesi uygun değildir.

6.1. Ön Yükleme ve Definitif Tork

Protetik vida sıkıldığında uygulanan torkun bir bölümü implant ve protetik komponentleri birbirine çeken ön yüklemeye dönüşür. Vida geometrisi, yüzey koşulları ve bağlantıdaki sürtünme tork-ön yükleme ilişkisini etkilediğinden aynı tork değeri farklı koşullarda aynı ön yüklemeyi oluşturmayabilir (Hess, Wadhwani, Chung, & Wee, 2026). Bu nedenle tüm Ti-base sistemleri için geçerli tek bir tork değeri yoktur; üreticinin önerdiği değer kalibre edilmiş mekanik veya elektronik tork anahtarlarıyla uygulanmalıdır. Yetersiz tork ön yüklemeyi azaltabilir, aşırı tork ise vida ve bağlantı bileşenlerinde istenmeyen gerilimler oluşturabilir. Fardin et al. (2022), üretici önerisinin %16 altında tork uygulanan grupta sayısal olarak daha düşük sağkalım olasılığı bildirmiş; ancak farklı sıkma protokolleri arasındaki fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır.

6.2. Yeniden Torklama ve Vida Gevşemesi

İlk sıkmadan sonra vida dişleri ve bağlantı yüzeylerindeki mikroskobik düzensizliklerin kısmen düzleşmesi başlangıç ön yüklemesinde azalmaya yol açabilir. Varvara, Sinjari, Caputi, Scarano ve Piattelli (2020), iki farklı implant bağlantısında iki dakika sonra yapılan yeniden torklamanın ön yükleme kaybını azaltabildiğini göstermiştir. Buna karşılık Fardin et al. (2022), on dakika sonra yeniden torklama ile yalnız başlangıç torku arasında yorulma sonrası sağkalım açısından anlamlı fark bildirmemiştir.

Mevcut veriler tüm sistemler için zorunlu tek bir yeniden torklama süresini desteklememektedir; üretici protokolüne uyulması ve başlangıç torkunun doğru uygulanması daha önemlidir. Tekrarlayan vida gevşemesinde yalnız vidayı yeniden sıkamak yerine bağlantı geometrisi, restorasyon uyumu, kron yüksekliği, oklüzal yük ve parafonksiyon birlikte değerlendirilmelidir.

6.3. Oklüzal Kontrol ve Vida Giriş Kanalı'nın Kapatılması

Final torktan sonra oklüzyon yeniden değerlendirilmelidir. Belirgin erken temaslardan ve restorasyona gereksiz lateral kuvvet ileten kontaklardan kaçınılmalı; bruksizm veya belirgin parafonksiyon varlığında koruyucu oklüzal splint gereksinimi göz önünde bulundurulmalıdır. Zirkonya yüzeyinde oklüzal düzeltme yapılmışsa yüzey yeniden polisajlanmalıdır. Vida giriş kanalı kapatılırken geri alınabilirlik korunmalı; vida başı üzerinde PTFE gibi uzaklaştırılabilir bir ara materyal kullanılabilir. Kanal çevresindeki seramik yüzey, zirkonya ve lityum disilikatın farklı yüzey özellikleri dikkate alınarak materyale uygun adeziv protokolle hazırlanmalıdır.

6.4. Teslim Öncesi Son Kontrol

Teslim öncesinde peri-implant dokular, servikal kontur, proksimal temalar ve oklüzyon son kez değerlendirilmelidir. Estetik açıdan kabul edilebilir görünse bile temizlenemeyen aşırı konveks bir servikal kontur uzun dönem protetik açıdan uygun değildir. Teslim radyografisi implant-Ti-base bağlantısının tam oturuşunu değerlendirmeye ve başlangıç marjinal kemik seviyesini belgelemeye yardımcı olabilir. Hastaya restorasyonda hareket, ani oklüzal değişiklik veya çiğneme sırasında rahatsızlık geliştiğinde kontrol gerekliliği açıklanmalıdır.

7. KLİNİK TAKİP VE KOMPLİKASYONLARIN ÖNLENMESİ

Ti-base destekli restorasyonlarda teknik komplikasyonlar genel olarak düşük sıklıkta görülmekle birlikte uzun dönem başarı düzenli klinik takip gerektirir. Vida gevşemesi, seramikle ilişkili komplikasyonlar ve üst yapının Ti-base'den ayrılması izlem sırasında karşılaşılabilecek sorunlardır (Chantler et al., 2023). Ti-base ile üst yapı arasındaki bağlantı kaybı özellikle dikkate alınması gereken teknik komplikasyonlardan biridir (Shadid, 2025). Kontrol seanslarında peri-implant dokular, plak birikimi, sondalamada kanama, restorasyon konturu, oklüzyon ve marjinal kemik seviyeleri birlikte değerlendirilmelidir. Ti-base ve tek parça dayanakları karşılaştıran meta-analizde sondalama derinliği ve sondalamada kanama açısından anlamlı fark saptanmazken, Ti-base grubunda marjinal kemik kaybında küçük ancak istatistiksel olarak anlamlı bir artış bildirilmiştir (Liu et al., 2024).

Tekrarlayan vida gevşemesi veya restorasyonda hareket saptandığında implant-Ti-base bağlantısı, üst yapının mekanik bütünlüğü ve oklüzal koşullar yeniden incelenmelidir. Uzun dönem takipte temizlenebilirliğin korunması da önemlidir; aşırı konveks servikal konturlar plak kontrolünü güçleştirebilir. Estetik bölgede çıkış profilinin yumuşak doku stabilitesiyle ilişkili olabileceğini gösteren klinik veriler, restorasyon konturunun yalnız teslimde değil takip sürecinde de değerlendirilmesini desteklemektedir (Endres et al., 2025).

8. SONUÇ

Ti-base sistemleri, endüstriyel olarak üretilmiş titanyum implant bağlantısını hastaya özgü protetik üst yapılarla birleştirerek özellikle vidalı tek implant restorasyonlarında öngörülebilir bir tedavi seçeneği sunar. Uzun dönem başarı ise tek

bir materyal veya komponent tercihindan çok, implantın üç boyutlu konumundan restoratif hacme, dijital veri aktarımından yüzey hazırlığı ve simantasyona, vida bağlantısından oklüzal kontrol ve takibe kadar tüm protetik iş akışının doğru yönetilmesine bağlıdır. Standart Ti-base bu gereksinimleri karşılamadığında farklı komponentler veya kişiselleştirilmiş dayanak seçenekleri değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Burkhardt, F., Pitta, J., Fehmer, V., Mojon, P., & Sailer, I. (2021). Retention forces of monolithic CAD/CAM crowns adhesively cemented to titanium base abutments—Effect of saliva contamination followed by cleaning of the titanium bond surface. *Materials*, 14(12), 3375. doi:10.3390/ma14123375
- Burkhardt, F., Sailer, I., Fehmer, V., Mojon, P., & Pitta, J. (2023). Retention and marginal integrity of CAD/CAM fabricated crowns adhesively cemented to titanium base abutments—Influence of bonding system and restorative material. *The International Journal of Prosthodontics*, 36(5), e88–e102. doi:10.11607/ijp.7576
- Chantler, J. G. M., Evans, C. D. J., Zitzmann, N. U., & Derksen, W. (2023). Clinical performance of single implant prostheses restored using titanium base abutments: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 34(Suppl. 26), 64–85. doi:10.1111/clr.14128
- De Angelis, P., Rella, E., Liguori, M. G., Piccirillo, D., Palmieri, A., D'Addona, A., & Manicone, P. F. (2025). Angulated titanium bases screw channel abutments for single implant restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontics*, 34(3), 240–251. doi:10.1111/jopr.14032
- de Oliveira, A. C., Strazzi-Sahyon, H. B., Maluly-Proni, A. T., de Marchi, A. L., Assunção, W. G., dos Santos, P. H., & Margonar, R. (2026). Influence of titanium-base and universal abutment heights on the adaptation and fracture of screw-and-cemented-retained lithium disilicate crowns. *Journal of Prosthodontic Research*, 70(2), 259–267. doi:10.2186/jpr.JPR_D_25_00065

- Derksen, W., Joda, T., Chantler, J., Fehmer, V., Gallucci, G. O., Gierthmuehlen, P. C., . . . Zitzmann, N. U. (2023). Group 2 ITI Consensus Report: Technological developments in implant prosthetics. *Clinical Oral Implants Research*, 34(Suppl. 26), 104–111. doi:10.1111/clr.14148
- Di Fiore, A., Stellini, E., Monaco, C., & Yilmaz, B. (2024). Clinical outcome of monolithic zirconia on bonded or mechanically retained prefabricated titanium-base: A 4-year retrospective study. *Journal of Dentistry*, 150, 105350. doi:10.1016/j.jdent.2024.105350
- Endres, J., Strauss, F. J., Siegenthaler, M., Naenni, N., Jung, R. E., & Thoma, D. S. (2025). Convex versus concave emergence profile of implant-supported crowns in the aesthetic zone: 3-year results of a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(11), 1605–1615. doi:10.1111/jcpe.70018
- Farah, R. I., Alresheedi, B., Alazmi, S., & Al-Haj Ali, S. N. (2025). Evaluating the impact of scan body angulation and geometric attachments on the accuracy of complete-arch digital implant impressions: A comparison of two intraoral scanners. *Journal of Prosthodontics*, 34(2), 174–181. doi:10.1111/jopr.13807
- Fardin, V. P., Bergamo, E. T. P., Bordin, D., Hirata, R., Bonfante, E. A., Bonfante, G., & Coelho, P. G. (2022). Effect of different tightening protocols on the probability of survival of screw-retained implant-supported crowns. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 126, 105019. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.105019
- Fu, X. J., Liu, M., Shi, J. Y., Deng, K., Lai, H. C., Gu, W., & Zhang, X. M. (2025). Comparison of different intraoral scanners with prefabricated aid on accuracy and

framework passive fit of digital complete-arch implant impression: An in vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 36(1), 17–27. doi:10.1111/clr.14353

Gehrke, P., Pietruska, M. J., Korth, A., Schöttler, T., Jenatschke, R., Fischer, C., . . . Weigl, P. (2025). Retrospective, multicenter cohort study evaluating clinical, technical, biologic, and esthetic outcomes of implant-supported zirconia single crowns cemented on titanium-base abutments: 7-year mean follow-up. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 40(2), 207–217. doi:10.11607/jomi.11039

Grande, F., Mosca Balma, A., Mussano, F., & Catapano, S. (2025). Effect of implant scan body type, intraoral scanner and scan strategy on the accuracy and scanning time of maxillary complete arch implant scans: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 159, 105782. doi:10.1016/j.jdent.2025.105782

Hess, D. P., Wadhwani, C. P. K., Chung, K. H., & Wee, A. G. (2026). A practical approach to determining screw preload in dental implant systems. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(5), 901–903. doi:10.1016/j.prosdent.2025.08.022

Jasim, A. G., Abo Elezz, M. G., Altonbary, G. Y., & Elsyad, M. A. (2024). Accuracy of digital and conventional implant-level impression techniques for maxillary full-arch screw-retained prosthesis: A crossover randomized trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 26(4), 714–723. doi:10.1111/cid.13336

Karasan, D., Pitta, J., Zarauz, C., Strasding, M., Liu, X., Fehmer, V., & Sailer, I. (2024). The influence of titanium-base abutment geometry and height on mechanical stability of

- implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research*, 35(8), 1033–1041. doi:10.1111/clr.14207
- Krongvanitchayakul, R., & Kunavisarut, C. (2023). Retention of zirconia crown to oxidized titanium base abutment: Experimental research. *PLoS ONE*, 18(10), e0287108. doi:10.1371/journal.pone.0287108
- Lee, S. J., Jamjoom, F. Z., Le, T., Radics, A., & Gallucci, G. O. (2022). A clinical study comparing digital scanning and conventional impression making for implant-supported prostheses: A crossover clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(1), 42–48. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.043
- Liu, H.-P., Chiam, S. Y., & Wang, H.-L. (2024). Influence of Ti-base-supported implant restoration on peri-implant conditions: A systematic review and meta-analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 39(6), 815–822. doi:10.11607/jomi.10924
- Llinás-Ceballos, P., Ata-Ali, J., & Piedra-Cascón, W. (2026). Evaluation of impact of intraoral scanning technology and scan body design on the accuracy of maxillary complete arch digital scans: A clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(2), 352–361. doi:10.1016/j.prosdent.2025.03.018
- Maqbool, B., Rego, H. M. C., Santos, G. C., Jr., Ari, N., & Santos, M. J. M. C. (2024). Effect of different surface treatment protocols on the bond strength between lithium disilicate and resin cements. *Odontology*, 112(1), 74–82. doi:10.1007/s10266-023-00809-w
- Meneghetti, P. C., Li, J., Borella, P. S., Mendonça, G., & Burnett, L. H., Jr. (2023). Influence of scanbody design and intraoral scanner on the trueness of complete arch implant

digital impressions: An in vitro study. *PLoS ONE*, 18(12), e0295790. doi:10.1371/journal.pone.0295790

Morita, D., Matsuzaki, T., Sakai, N., Ogino, Y., Atsuta, I., & Ayukawa, Y. (2026). Influence of material and tightening torque on the subsidence of implant scan bodies. *Journal of Prosthodontic Research*, 70(1), 37–42. doi:10.2186/jpr.JPR_D_24_00224

Ntovas, P., Ladia, O., Pachiou, A., Fehmer, V., & Sailer, I. (2024). In vitro assessment of cementation of CAD/CAM fabricated prostheses over titanium bases: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 35(10), 1203–1225. doi:10.1111/clr.14347

Pilecco, R. O., Machry, R. V., Dal Piva, A. M. O., Tribst, J. P. M., Kleverlaan, C. J., Moraes, R. R., & Pereira, G. K. R. (2025). Exploring how surface treatments affect the bond stability of lithium disilicate ceramic to resin cement during try-in. *Brazilian Dental Journal*, 36, e236383. doi:10.1590/0103-644020256383

Rathe, F., Junker, R., Blumenröhr, J., Martin, L., Löhlein, N., Heumann, C., . . . Schlee, M. (2024). The impact of implant abutment angle and height on peri-implant tissue health: Retrospective analyses from a randomized controlled clinical trial. *The International Journal of Prosthodontics*, 37(1), 16–26. doi:10.11607/ijp.8138

Rutkūnas, V., Bilius, V., Dirsė, J., Revilla-León, M., Rimašauskas, M., Zadrožny, Ł., & Trumpaitė-Vanagienė, R. (2024). Repositioning accuracy of the implant- and abutment-level prosthetic components used in conventional and digital workflows. *Journal of Dentistry*, 143, 104835. doi:10.1016/j.jdent.2024.104835

- Seo, M.-G., Ko, K.-H., Huh, Y.-H., Park, C.-J., & Cho, L.-R. (2025). Effect of occlusal and axial thickness on the fracture load of implant-supported monolithic zirconia crowns. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 40(3), 313–320. doi:10.11607/jomi.11086
- Shadid, R. M. (2025). How much is stable the bonding of CAD-CAM implant-supported all-ceramic restorations to titanium bases clinically? A systematic review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 17, 181–200. doi:10.2147/CCIDE.S510760
- Smirani, R., Chantler, J. G. M., Endres, J., Jung, R. E., Naenni, N., Strauss, F. J., & Thoma, D. S. (2024). Clinical outcomes of single implant supported crowns utilising the titanium base abutment: A 7.5-year prospective cohort study. *Journal of Dentistry*, 149, 105306. doi:10.1016/j.jdent.2024.105306
- Stratos, A., Niakou, A., Kamalakidis, S., Pissiotis, A., Tortopidis, D., & Michalakis, K. (2026). Effect of cement, surface treatment, and mechanical aging on the retention of zirconia and Co-Cr restorations on titanium base abutments: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(6), e123–e131. doi:10.1016/j.prosdent.2025.12.029
- Varvara, G., Sinjari, B., Caputi, S., Scarano, A., & Piattelli, M. (2020). The relationship between time of retightening and preload loss of abutment screws for two different implant designs: An in vitro study. *Journal of Oral Implantology*, 46(1), 13–17. doi:10.1563/aaid-joi-D-18-00138

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE YAPAY ZEKÂ: GÜNCEL UYGULAMALAR VE KLİNİK PERSPEKTİFLER

Sevgi ÖĞÜT¹

1. GİRİŞ

Protetik diş tedavisinde intraoral tarama, CAD/CAM, üç boyutlu görüntüleme ve dijital planlama klinik iş akışının yerleşik bileşenleri hâline gelmiştir. Dijital veri miktarındaki artış, yapay zekâ (YZ) yöntemlerinin sınıflandırma, yorumlama ve tasarım desteği amacıyla kullanımını hızlandırmıştır (Schwendicke ve ark., 2025). Protetik diş hekimliğinde YZ; implantların radyografik tanımlanması, restorasyon tasarımı, renk tahmini, hareketli protez planlaması ve klinik bilgi desteği gibi farklı alanlarda araştırılmaktadır (Rokhshad ve ark., 2026a).

Literatürdeki hızlı artışa karşın bütün YZ uygulamaları aynı olgunluk düzeyinde değildir. Yapay sinir ağlarının protetik diş hekimliğindeki gelişimini inceleyen sistematik haritalama çalışması, 2007-2024 döneminde 70 çalışmanın yayımlandığını ve özellikle son yıllarda belirgin bir yoğunlaşma olduğunu göstermiştir (Bobeică ve Iorga, 2024). Güncel şemsiye derlemeler ise en tutarlı sonuçların implantların radyografik tanımlanması ve anatomik yapıların segmentasyonu gibi sınırları açık görevlerde elde edildiğini; preparasyon sınırı, estetik değerlendirme ve uzun dönem prognoz gibi çok değişkenli görevlerde sonuçların daha heterojen olduğunu bildirmektedir (Alfaraj ve ark., 2026).

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü, ORCID: 0000-0002-6785-3089.

Teknik performans ile klinik yarar aynı kavram değildir. Bir algoritmanın kontrollü veri setinde yüksek doğruluk göstermesi, farklı hasta gruplarında, farklı cihazlarla ve rutin klinik koşullarda aynı performansı sürdüreceği anlamına gelmez. Bu nedenle güncel değerlendirmeler dış doğrulama, prospektif klinik çalışmalar, hasta merkezli sonuçlar ve gerçek iş akışındaki zaman veya kalite kazancı gibi ölçütlerin önemini vurgulamaktadır (Jayasheelan ve ark., 2026). Bu bölümde YZ'nin protetik diş tedavisindeki temel kavramları ve güncel uygulamaları; sabit, implant destekli ve hareketli protetik tedaviler, estetik, klinik karar desteği, eğitim, etik ve gelecek perspektifi çerçevesinde ele alınmıştır.

2. YAPAY ZEKÂNIN TEMEL KAVRAMLARI

Yapay zekâ; sınıflandırma, tahmin, örüntü tanıma ve karar desteği gibi görevleri gerçekleştiren yöntemlerin genel adıdır. Diş hekimliğindeki uygulamaların çoğu makine öğrenmesi ve derin öğrenmeye dayanır. Makine öğrenmesi verilerdeki ilişkilerden tahmin üretirken, çok katmanlı yapay sinir ağlarına dayanan derin öğrenme özellikle görüntülerde ayırt edici özellikleri doğrudan veriden öğrenebilir (Sitaras ve ark., 2025).

Protetik diş hekimliğinde en sık kullanılan derin öğrenme mimarilerinden biri konvolüsyonel sinir ağlarıdır (convolutional neural networks; CNN). CNN modelleri radyografi, intraoral tarama ve diğer dijital görüntülerde sınıflandırma, nesne tanıma ve segmentasyon için kullanılmaktadır. Mevcut çalışmalar özellikle implant protetiği, restorasyon tasarımı ve tedavi sonuçlarının tahmini çevresinde yoğunlaşmıştır (Bobeică ve Iorga, 2024; Rokhshad ve ark., 2026a). Bununla birlikte model performansının veri setinin büyüklüğü, çeşitliliği, etiket kalitesi ve bağımsız doğrulama biçimiyle birlikte yorumlanması gerekir.

Üretken YZ sistemleri, mevcut veriyi yalnızca sınıflandırmak yerine yeni metin, görüntü veya tasarım üretebilir. Protetik uygulamalarda bu yaklaşım restorasyon morfolojisinin oluşturulması ve dijital tasarımın otomatikleştirilmesi açısından önem taşırken; büyük dil modelleri (large language models; LLM) daha çok bilgiye erişim, eğitim, hasta iletişimi ve klinik karar desteği bağlamında değerlendirilmektedir (Schwendicke ve ark., 2025). Bu iki grup aynı veriyle, aynı amaçla veya aynı performans ölçütleriyle değerlendirilmemelidir.

3. PROTETİK DİŞ TEDAVİSİNDE YAPAY ZEKÂNIN GÜNCEL UYGULAMALARI

3.1. Sabit Protetik Restorasyonlarda Yapay Zekâ

Sabit protetik tedavide YZ'nin başlıca hedefi, klasik CAD iş akışında kullanıcı deneyimine bağımlı olan preparasyon sınırının belirlenmesi, başlangıç morfolojisinin oluşturulması, proksimal temasların ve oklüzal ilişkilerin düzenlenmesi gibi aşamaları kısmen otomatikleştirmektir. Tek diş destekli restorasyonları değerlendiren sistematik derlemede preparasyon bitim sınırı, marjinal ve internal uyum, oklüzyon, proksimal temas, estetik bütünlük ve tasarım süresi en sık incelenen sonlanımlar olarak bildirilmiştir (Ladia ve ark., 2026).

Kron tasarımı, bu alandaki en gelişmiş uygulamalardan biridir. Öğrenme tabanlı sistemler prepare diş ile komşu ve antagonist dişlerin üç boyutlu ilişkilerini kullanarak başlangıç kron morfolojisi oluşturabilir. Sistematik değerlendirmeler, özellikle tek üyeli kronlarda YZ tabanlı tasarımların insan tasarımlarına yaklaşabildiğini, ancak proksimal temaslar, oklüzyon, anterior rehberlik ve estetik ayrıntılarda deneyimli kullanıcının son düzenlemelerine gereksinim duyulabildiğini göstermektedir (Limpuangthip ve ark., 2026). Bu nedenle

otomasyonun mevcut değeri, klinisyeni veya teknisyeni tasarım sürecinden çıkarmaktan çok ilk tasarımı hızlandırmaktır.

Zaman verimliliği YZ destekli CAD sistemlerinin en belirgin avantajlarından biridir. Wu ve ark. (2025), posterior kronlarda iki YZ destekli yazılımı geleneksel CAD ile karşılaştırmış ve YZ gruplarında tasarım süresinin deneyimsiz operatörün geleneksel CAD süresinin yaklaşık dörtte birine indiğini bildirmiştir. Bununla birlikte morfolojik doğruluk tüm yüzeylerde deneyimli teknisyen tasarımından üstün bulunmamıştır. Bu sonuç, kısa tasarım süresinin tek başına klinik kalite göstergesi olmadığını ortaya koymaktadır.

Internal ve marjinal uyum açısından bildirilen sonuçlar genel olarak umut vericidir. Sabit ve implant destekli restorasyonları değerlendiren bir kapsam derlemesinde YZ ile tasarlanan kronlarda ortalama internal aralıkların yaklaşık 59-83 µm arasında değiştiği bildirilmiştir (Khaohoen ve ark., 2025). Ancak klinik kabul edilebilirlik; internal uyumun yanı sıra marjinal bütünlük, proksimal temas, statik ve dinamik oklüzyon ile estetik gereksinimlerin birlikte sağlanmasına bağlıdır. Ayrıca tek kron sonuçlarının üç üyeli sabit bölümlü protez veya daha karmaşık restorasyonlara doğrudan aktarılması uygun değildir; restorasyon karmaşıklığı arttıkça düzeltme gereksinimi de artabilmektedir (Limpuangthip ve ark., 2026).

Sabit restorasyonlarda YZ'nin klinik uygulamasına ilişkin uzman görüşleri, sistemlerin preoperatif planlama, dijital ölçü işleme, preparasyon değerlendirmesi, fonksiyonel tasarım ve kişiselleştirilmiş estetik gibi aşamalarda destekleyici rol üstlenebileceğini; buna karşın nihai klinik onayın kullanıcıda kalması gerektiğini vurgulamaktadır (Feng ve ark., 2026). Mevcut çalışmaların önemli bölümü laboratuvar veya dijital model koşullarında yürütüldüğünden, gerçek hastalarda yerleştirme süresi, düzeltme miktarı, yeniden yapım oranı ve

uzun dönem biyolojik-mekanik sonuçlar daha fazla klinik çalışma gerektirmektedir.

3.2. İmplant Protetiğinde Yapay Zekâ

İmplant protetiğinde YZ'nin en sık çalışılan alanlarından biri, marka ve model bilgisi bulunmayan implantların radyografiler üzerinden tanımlanmasıdır. Bu durum özellikle yıllar önce yerleştirilmiş implantlarda uyumlu abutment veya protetik komponent seçimini zorlaştırabilir. İki boyutlu radyografilerde implant sınıflandırması ve peri-implant patolojilerin belirlenmesini değerlendiren sistematik derlemeler, özel olarak eğitilmiş derin öğrenme modellerinin implant tanımlamada yüksek performans gösterebildiğini bildirmektedir (Bonfanti-Gris ve ark., 2025). Şemsiye derlemede implant sistemi sınıflandırması için yaklaşık %95,6 doğruluk, %94,6 duyarlılık ve %97,9 özgüllük değerleri rapor edilmiştir (Alfaraj ve ark., 2026).

Özgün çalışmalar da yüksek ancak modele ve veri setine bağlı sonuçlar göstermektedir. Yuce ve ark. (2025), dört implant sistemine ait 5375 panoramik görüntüde en başarılı model için %98,9 doğruluk bildirirken modeller arasındaki değerlerin %84,4-%98,9 aralığında değiştiğini göstermiştir. Mesterházi ve ark. (2026) implant tespitinde %99'un üzerinde ve marka sınıflandırmasında yaklaşık %95,7 doğruluk elde etmiş; ancak marka ile protetik platform boyutunun birlikte doğru sınıflandırılmasında performans %85,6'ya düşmüştür. Bu fark, implantı tanımanın doğru protetik komponenti seçmekle tamamen eşdeğer olmadığını göstermektedir.

Genel amaçlı çok modlu büyük dil modellerinin implant tanımlamadaki performansı, özel görüntü sınıflandırma sistemlerinden belirgin biçimde düşüktür. Hlaing ve ark. (2026), güncel çok modlu LLM'lerin radyografilerden implant markasını belirleme doğruluğunun yalnızca yaklaşık %4-%33

arasında kaldığını ve yanlış yanıtların bir kısmının gerçekte tanınmayan implant için kesin marka belirtilmesi biçiminde ortaya çıktığını bildirmiştir. Dolayısıyla bu modellerin implant kimliği belirlemede, alan için özel olarak eğitilmiş ve doğrulanmış sistemlerin yerine kullanılması uygun değildir.

İmplant planlamasında YZ; CBCT üzerinde dişsiz alanın belirlenmesi, kemik boyutlarının ölçülmesi ve anatomik yapıların segmentasyonu gibi görevlerde kullanılmaktadır. Sistematik derleme ve meta-analizler, implant planlamasında YZ'nin özellikle anatomik veri işleme ve ölçüm aşamalarında yüksek performans gösterebildiğini, ancak başarı düzeyinin çene bölgesine ve kullanılan yöntemle göre değiştiğini ortaya koymaktadır (Alqutaibi ve ark., 2025). Protetik açıdan kritik olan nokta, anatomik olarak uygun görünen yerleşimin aynı zamanda çıkış profili, vida giriş deliği, estetik ve oklüzal yüklenme bakımından restoratif olarak yönlendirilmiş olmasıdır; bu bütüncül karar için klinisyen değerlendirmesi gereklidir.

Peri-implant kemik kaybı ve patolojilerin radyografik olarak saptanması da gelecek vaat eden bir kullanım alanıdır; ancak radyografik bulgular tek başına peri-implant hastalık tanısı koydurmadığından YZ çıktıları klinik muayeneden bağımsız yorumlanmamalıdır (Bonfanti-Gris ve ark., 2025). Daha karmaşık bir görev olan implant başarısı, osseointegrasyon veya komplikasyon tahmini ise hasta, kemik, implant, protetik tasarım ve bakım davranışları gibi çok sayıda değişkenden etkilenmektedir. Şemsiye derlemeler bu alandaki kanıtın implant tanımlama ve segmentasyona göre daha sınırlı ve heterojen olduğunu göstermektedir (Mathur ve ark., 2026).

3.3. Hareketli Protetik Tedavide Yapay Zekâ

Hareketli protetik tedavide YZ literatürü, sabit ve implant destekli uygulamalara göre daha sınırlıdır. Mevcut çalışmalar parsiyel dişsiz arkların değerlendirilmesi, hareketli

bölümlü protez (HBP) tasarımı, tam protez sonrası yüz görünümünün tahmini ve bazı maksillofasiyal uygulamalara odaklanmaktadır. Ali ve ark. (2024) tarafından yapılan derlemede yalnızca 15 çalışma belirlenmiş ve çalışmaların önemli bölümünün tanısal veya planlama aşamalarında yoğunlaştığı bildirilmiştir.

HBP tasarımında YZ'nin potansiyeli, diş eksikliği dağılımı, periodontal durum, oklüzal ilişkiler ve retansiyon gereksinimleri gibi birden fazla değişkeni birlikte ele alabilmesinden kaynaklanır. Li ve ark. (2026), 1000 HBP olgusuna ait klinik verilerle geliştirdikleri açıklanabilir YZ modelinde maksiller palatal bar/strap seçiminde %93,0, mandibular lingual bar/plak seçiminde %87,3 doğruluk bildirmiştir. Modelin hangi klinik özelliklere ağırlık verdiğinin gösterilebilmesi, kararın klinisyen tarafından denetlenmesini kolaylaştırması açısından önemlidir.

Buna karşılık genel amaçlı üretken YZ sistemlerinin doğrudan HBP iskelet tasarımında güvenilirliği henüz yeterli değildir. Alharbi ve Osman (2026), farklı ChatGPT modellerinin aynı klinik senaryoda değişken ve tekrarlanabilirliği sınırlı tasarımlar üretebildiğini göstermiştir. Alageel (2026) tarafından 25 parsiyel dişsizlik senaryosunda ChatGPT, Copilot, Gemini ve DeepSeek gibi LLM'ler ile alan için geliştirilmiş özel bir karar destek sistemi karşılaştırılmış; sistemler arasında belirgin performans farkları bildirilmiştir. Bu sonuçlar, genel amaçlı sohbet modelleri ile alana özgü klinik karar destek araçlarının birbirinden ayrılması gerektiğini göstermektedir.

Tam protezlerde araştırmalar daha az sayıdadır. Ma ve ark. (2026), 16 total dişsiz hastanın tedavi öncesi ve sonrası üç boyutlu yüz taramalarını kullanarak restorasyon sonrası yüz görünümünü tahmin eden bir derin öğrenme modeli geliştirmiş ve uzmanların tahmin edilen görüntüler ile gerçek tedavi sonrası

görüntüler arasındaki benzerliği 5 üzerinden ortalama 4,2 olarak değerlendirdiğini bildirmiştir. Bu yaklaşım hasta bilgilendirmesi ve estetik beklentilerin yönetimi için ilgi çekicidir; ancak küçük örneklem ve sınırlı dış doğrulama nedeniyle daha geniş klinik çalışmalar gereklidir.

3.4. Estetik ve Renk Değerlendirmesinde Yapay Zekâ

Renk seçimi ve estetik planlama, gözlemci deneyimi, aydınlatma, materyal optiği ve bireysel algı gibi birçok değişkenden etkilenir. YZ tabanlı renk eşleştirme çalışmalarında yapay sinir ağları, destek vektör makineleri, karar ağaçları ve diğer makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Shetty ve ark. (2024), sistematik derlemelerinde bazı modellerde yüksek renk tahmin doğruluğu bildirilmesine karşın sonuçların kullanılan cihaz, aydınlatma ve renk uzayına duyarlı olduğunu vurgulamıştır. Bu nedenle farklı çalışmaların doğruluk oranları tek başına klinik üstünlük olarak yorumlanmamalıdır.

Seramik restorasyonlarda nihai rengin tahmini, özellikle ince ve translüsent restorasyonlarda klinik açıdan önemlidir. Kose ve ark. (2023), substrat rengi, seramik rengi ve kalınlığı gibi değişkenlerle 28 regresyon modelini karşılaştırmış; karar ağacı modelinin en düşük tahmin hatasına sahip olduğunu ve nihai renk üzerinde substrat renginin belirgin etkisini göstermiştir. Sistematik derleme ve meta-analiz bulguları da CAD/CAM seramiklerde YZ tabanlı renk tahminlerinin çoğu çalışmada belirlenen klinik kabul sınırları içinde kaldığını, ancak kanıtın ağırlıklı olarak in vitro çalışmalara dayandığını göstermektedir (Ardila ve ark., 2025).

Dijital gülüş tasarımı YZ'nin estetik alandaki diğer uygulamasıdır. Baaj ve Alangari (2025), 2024 yılı sonuna kadar ölçütleri karşılayan yalnızca dört çalışma bulunduğunu ve kanıt tabanının henüz sınırlı olduğunu bildirmiştir. İnsan ve YZ tasarımlarını karşılaştıran çalışmaların sonuçları da tek yönlü

değildir: Kaushik ve ark. (2025) 320 katılımcının genel olarak insan tarafından hazırlanan tasarımları daha fazla tercih ettiğini bildirirken, Almohareb ve ark. (2026) 33 hastalık prospektif çalışmada YZ tasarımlarının uzman değerlendirmelerinde daha yüksek puan aldığını ve hastaların %69,7'si tarafından tercih edildiğini; ayrıca tasarım süresinin yaklaşık yarıya indiğini göstermiştir. Bu farklılıklar, estetik başarının kullanılan yazılım, vaka özellikleri ve değerlendiriciden etkilenebileceğini düşündürmektedir.

4. KLİNİK KARAR DESTEĞİ VE PROTETİK EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ

4.1. Klinik Karar Desteği

Protetik tedavi planlamasında çoğu zaman tek bir doğru seçenek bulunmaz; yaş, sistemik ve dental durum, mevcut dişlerin prognozu, destek dokular, oklüzyon, estetik beklenti ve ekonomik koşullar birlikte değerlendirilir. Bu nedenle LLM'lerin klinik karar desteğindeki başarısı, görüntü üzerinde bir implantı tanıyan özel bir sınıflandırıcının doğruluğuyla aynı biçimde yorumlanamaz. Kamalakidis ve ark. (2026), tam ve hareketli bölümlü protezlere ilişkin ileri düzey 10 klinik soruda beş LLM'yi değerlendirmiş ve en yüksek ortalama puanı 8,1/10 olarak bildirirken diğer modellerin 6,0-7,2 arasında kaldığını göstermiştir. Klinik açıdan anlamlı hataların tamamen ortadan kalkmaması, bu araçların bağımsız karar verici değil uzman denetiminde bilgi desteği olarak kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

LLM performansı model, sürüm, istem biçimi ve zaman içinde değişebilir. Shirani (2026), sabit protetik tedavi sorularında ChatGPT-4o, DeepSeek R1 ve Gemini 2 Pro'yu dört hafta boyunca değerlendirmiş ve doğruluk oranlarının %43-%71 arasında değiştiğini bildirmiştir. Gerçek klinik ortamda eksik

öykü, belirsiz radyografik bulgular ve hasta tercihleri gibi unsurların modele nasıl aktarıldığı da sonucu etkileyebilir. Bu nedenle metin tabanlı senaryolarda elde edilen iyi performans, doğrudan klinik yeterlilik olarak kabul edilmemelidir.

4.2. Protetik Eğitim ve Hasta Bilgilendirmesi

Büyük dil modellerinin protetik eğitimdeki en belirgin katkısı bilgiye hızlı erişim, konuların özetlenmesi, farklı tedavi seçeneklerinin karşılaştırılması ve soru-cevap temelli öğrenme desteğidir. Prasad ve ark. (2026), üç güncel LLM'yi 2024 ve 2025 National Prosthodontic Resident Examination'dan toplam 300 soruda değerlendirmiş; en yüksek performans gösteren modelin doğruluğunu sırasıyla %78,7 ve %85,3 olarak bildirmiştir. Bununla birlikte uzmanlık öğrencilerinin bağlamsal değerlendirme gerektiren bazı alanlarda daha iyi performans göstermesi, sınav başarısının klinik muhakemenin tamamını temsil etmediğini göstermektedir.

Benzer biçimde Perween ve ark. (2026), teorik ve klinik 36 protetik soruda protetik uzmanlarının genel doğruluk açısından ChatGPT'den daha başarılı olduğunu; farkın özellikle klinik ve orta güçlükteki sorularda belirginleştiğini bildirmiştir. Model yanıtlarının tekrarlanabilirliğinin sınırlı olması, eğitimde YZ çıktısının kontrol edilmeden doğru kabul edilmemesi gerektiğini gösterir. Eğitim açısından amaç, hazır yanıt ezberlemekten çok, modelin ürettiği bilgiyi kaynaklarla doğrulamak ve klinik gerekçelendirmeyi geliştirmektir.

Hasta bilgilendirmesinde LLM'ler, protetik işlemlerin temel kavramlarını anlaşılır biçimde açıklamada yardımcı olabilir. Işık ve Yerliyurt (2026), sabit ve hareketli protezler, implantlar ve estetik restorasyonlara ilişkin hasta sorularında altı LLM'yi değerlendirmiş; performansın genel olarak orta ile iyi arasında olduğunu, ancak hiçbir modelin tüm ölçütlerde en üst düzeye ulaşmadığını bildirmiştir. Bu nedenle kişiye özgü

endikasyon, risk ve prognoz açıklamalarının hekim değerlendirmesinin yerine geçmemesi gerekir.

5. YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARININ SINIRLILIKLARI, ETİK VE VERİ GÜVENLİĞİ

YZ çalışmalarında yüksek teknik doğruluk, modelin her klinik ortamda güvenilir olduğu anlamına gelmez. Retrospektif ve tek merkezli veri setleri, örneklem çeşitliliğinin sınırlı olması, dış doğrulamanın eksikliği ve gerçek klinik iş akışında yapılan çalışmaların azlığı başlıca sorunlardır (Lal ve ark., 2025). Bir kron tasarımı veya implant sınıflandırma modeli belirli bir cihaz, görüntü protokolü ya da hasta grubuyla eğitildiğinde bu özelliklere özgü örüntüleri öğrenebilir; farklı merkezlerde performans düşebilir. Bu nedenle eğitim verisinin sayısı kadar temsil gücü ve bağımsız test verisindeki sonuçlar da önemlidir.

Açıklanabilirlik bir başka önemli konudur. Derin öğrenme modelleri yüksek doğruluk gösterebilirken kararın hangi özelliklere dayandığı her zaman klinisyen tarafından açık biçimde görülemeyebilir. Thaweesapphithak ve ark. (2026), diş hekimliğinde açıklanabilir YZ çalışmalarını değerlendirdikleri sistematik derlemede 19 çalışmanın 14'ünde yüksek yanlılık riski saptandığını ve yalnızca bir çalışmanın açıklanabilirliğin insanın modeli anlaması üzerindeki etkisini doğrudan incelediğini bildirmiştir. Dolayısıyla bir ısı haritası veya açıklama sunulması, modelin klinik olarak güvenilir olduğunu tek başına kanıtlamaz.

Üretken YZ ve LLM'lerde temel risklerden biri, bilimsel olarak hatalı veya kaynağı doğrulanamayan bir bilginin ikna edici bir dille sunulabilmesidir. Diş hekimliğinde LLM'lerin etik kullanımı için önerilen çerçeveler; doğruluk, şeffaflık, yanlılık, hasta mahremiyeti, veri güvenliği ve hukuki sorumluluğu

birlikte ele almaktadır (Rokhshad ve ark., 2026b). Dünya Sağlık Örgütü de sağlık alanında YZ için insan özerkliğinin ve denetiminin korunmasını, güvenlik ve hesap verebilirliğin sağlanmasını temel ilkeler arasında belirtmekte; büyük çok modlu modeller için yanlış/yanlı bilgi ve kullanıcıların sisteme aşırı güvenmesi risklerine ayrıca dikkat çekmektedir (World Health Organization, 2021, 2024).

Protetik tedavide radyografi, CBCT, intraoral tarama, yüz fotoğrafı ve klinik kayıtlar kişiyi doğrudan veya dolaylı olarak tanımlayabilir. Bu veriler YZ sistemlerine aktarılmadan önce saklama, yeniden kullanım ve üçüncü taraf erişimi koşulları bilinmeli; genel kullanıma açık sistemlere hasta verileri kimlikten arındırılmadan yüklenmemelidir. Hatalı bir implant tanımlaması, uygunsuz restorasyon tasarımı veya yanlış klinik öneride sorumluluk algoritmaya devredilemez; çıktı hekim tarafından klinik ve radyografik bulgularla doğrulanmalıdır (World Health Organization, 2021; Rokhshad ve ark., 2026b).

6. GELECEK PERSPEKTİFİ

Gelecekteki çalışmalar yalnızca algoritma doğruluğunu değil, gerçek klinik yararı ölçmelidir. Bir YZ tasarımının geometrik benzerliğinden daha anlamlı sonuçları; gereken klinik düzeltme, tedavi süresi, yeniden yapım, hasta memnuniyeti ve uzun dönem başarıdır. Güncel değerlendirmeler prospektif, çok merkezli ve hasta merkezli doğrulama çalışmalarına gereksinim olduğunu vurgulamaktadır (Jayasheelan ve ark., 2026).

Bir diğer gelişim alanı, farklı dijital veri kaynaklarının tek bir sanal hasta modeli içinde birleştirilmesidir. İntraoral tarama, CBCT, yüz taraması ve oklüzal kayıtların eş zamanlı değerlendirilmesi; restorasyon tasarımının yalnızca diş morfolojisine değil, hastanın anatomisi, yüz özellikleri ve

fonksiyonuna göre kişiselleştirilmesini sağlayabilir. Sabit restorasyonlara ilişkin uzman uzlaşısı raporu da YZ destekli iş akışının preoperatif planlama, ölçü işleme, preparasyon değerlendirme, fonksiyonel ve estetik tasarım gibi basamakları bütüncül biçimde desteklemesi gerektiğini belirtmektedir (Feng ve ark., 2026).

Bu gelişimin önündeki temel gereklilikler; ortak veri standartları, farklı cihaz ve yazılımlar arasında birlikte çalışabilirlik, dış doğrulama, şeffaf raporlama, veri güvenliği ve insan denetimidir. Tasarımın ilk aşamalarının otomatikleşmesi klinisyen veya teknisyenin ortadan kalkmasından çok, rollerin kalite kontrol, fonksiyon, estetik ve hasta özelinde karar verme gibi daha yüksek düzeyli görevlere kaymasına yol açabilir. Bu nedenle protetik diş tedavisinde YZ'nin yakın gelecekteki en gerçekçi konumu, klinik kararın yerine geçen bağımsız bir sistem değil, dijital iş akışını hızlandıran ve klinik kararı destekleyen bir araç olmaya devam etmektedir (Alfaraj ve ark., 2026; Feng ve ark., 2026).

7. SONUÇ

Yapay zekâ, protetik diş tedavisinde görüntü analizi, implant tanımlama, restorasyon tasarımı, renk değerlendirme, hareketli protez planlaması, eğitim ve klinik bilgi desteği gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Güncel kanıtlar en tutarlı başarının iyi tanımlanmış sınıflandırma, segmentasyon ve bazı tasarım görevlerinde elde edildiğini; karmaşık tedavi planlaması ve uzun dönem prognoz tahmininde ise performansın daha değişken olduğunu göstermektedir (Alfaraj ve ark., 2026; Mathur ve ark., 2026).

Klinik uygulamanın güvenilir biçimde yaygınlaşması için YZ sistemlerinin bağımsız veri setlerinde ve gerçek klinik koşullarda doğrulanması, hasta merkezli sonuçlarının

gösterilmesi, veri güvenliği ve etik sorumlulukların açık biçimde tanımlanması gerekir. Bugünkü veriler ışığında YZ, klinik deneyimin alternatifi değil; doğru görevde, doğrulanmış sistemlerle ve profesyonel denetim altında kullanıldığında protetik iş akışını destekleyebilecek tamamlayıcı bir araçtır.

KAYNAKÇA

- Alageel, O. (2026). Integration of artificial intelligence in designing removable partial dentures. *International Dental Journal*, 76(4), 109636. doi:10.1016/j.identj.2026.109636.
- Alfaraj, A., Limones, Á., Ahmad, S., Aljubairah, F., Albalaw, S., Albeshar, M., ... Lin, W.-S. (2026). Harnessing AI in prosthodontics and implant dentistry: An umbrella review of systematic evidence. *Journal of Prosthodontics*, 35(2), 127–142. doi:10.1111/jopr.70091.
- Alharbi, N. M., & Osman, R. B. (2026). Performance and repeatability of different models of Chat Generative Pretrained Transformer (GPT) in generating removable partial denture framework designs: A comparative study. *Journal of Dentistry*, 168, 106564. doi:10.1016/j.jdent.2026.106564.
- Ali, I. E., Tanikawa, C., Chikai, M., Ino, S., Sumita, Y., & Wakabayashi, N. (2024). Applications and performance of artificial intelligence models in removable prosthodontics: A literature review. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(3), 358–367. doi:10.2186/jpr.JPR_D_23_00073.
- Almohareb, T., Abou-Bakr, A., Hassanein, F. E. A., Ahmed, Y., Hamza, M., Aboheikal, M., & Nagi, N. (2026). Clinical and patient comparison of AI and expert digital smile design: A prospective paired study. *Dentistry Journal*, 14(3), 166. doi:10.3390/dj14030166.
- Alqutaibi, A. Y., Algabri, R., Ibrahim, W. I., Alhaji, M. N., & Elawady, D. (2025). Dental implant planning using artificial intelligence: A systematic review and meta-

- analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 134(5), 1619–1629. doi:10.1016/j.prosdent.2024.03.032.
- Ardila, C. M., Pulgarín-Medina, D. M., Pineda-Vélez, E., & Vivares-Builes, A. M. (2025). Artificial intelligence for color prediction and esthetic design in CAD/CAM ceramic restorations: A systematic review and meta-analyses. *Prosthesis*, 7(6), 160. doi:10.3390/prosthesis7060160.
- Baaj, R. E., & Alangari, T. A. (2025). Artificial intelligence applications in smile design dentistry: A scoping review. *Journal of Prosthodontics*, 34(4), 341–349. doi:10.1111/jopr.14000.
- Bobeică, O., & Iorga, D. (2024). Artificial neural networks development in prosthodontics—A systematic mapping review. *Journal of Dentistry*, 151, 105385. doi:10.1016/j.jdent.2024.105385.
- Bonfanti-Gris, M., Ruales, E., Salido, M. P., Martinez-Rus, F., Özcan, M., & Pradies, G. (2025). Artificial intelligence for dental implant classification and peri-implant pathology identification in 2D radiographs: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 153, 105533. doi:10.1016/j.jdent.2024.105533.
- Feng, Y., Gu, J., Jiang, X., Yu, H., Zhou, Y., Jiang, Q., ... Niu, L. (2026). Expert consensus on the clinical application of artificial intelligence in the design of fixed dental restorations. *Dental Research*, 1(3), 100041. doi:10.1016/j.dtrs.2026.100041.
- Hlaing, N. H. M. M., Park, K., Wan, Q., Lee, S. J., Gallucci, G. O., & Lee, J.-H. (2026). Accuracy and hallucination behaviors of artificial intelligence-based large language models for dental implant identification on radiographs.

Journal of Dentistry, 173, 106754.
doi:10.1016/j.jdent.2026.106754.

Işık, A. D., & Yerliyurt, K. (2026). Comparative efficacy of six contemporary large language models in prosthodontic patient education: A multi-parameter blinded assessment. *BMC Oral Health*, 26(1), 1442. doi:10.1186/s12903-026-08705-9.

Jayasheelan, J. A., Manju, V., Deepthy, S. S., & Saranya, S. K. (2026). Artificial intelligence and the future of prosthodontics: A narrative review. *The Saudi Dental Journal*, 38, 88. doi:10.1007/s44445-026-00192-6.

Kamalakidis, S. N., Lee, D. J., Vazouras, K., Giannakopoulos, K., & Kaklamanos, E. G. (2026). Evidence-based evaluation of large language models in advanced clinical decision-making for removable prosthodontics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication. doi:10.1016/j.prosdent.2026.06.018.

Kaushik, K., Sales, A., & Rodrigues, S. J. (2025). Comparative analysis of facial aesthetics in AI generated versus conventionally crafted digital smile designs—A cross-sectional study. *BDJ Open*, 11, 79. doi:10.1038/s41405-025-00367-z.

Khaohoen, A., Yoda, N., Rungsiyakull, P., Rungsiyakull, C., & Taichi, T. (2025). Can artificial intelligence optimize treatment planning and outcome prediction in fixed tooth- and implant-supported prosthodontics? A scoping review. *BMC Oral Health*, 26(1), 104. doi:10.1186/s12903-025-07300-8.

Kose, C., Jr., Oliveira, D., Pereira, P. N. R., & Rocha, M. G. (2023). Using artificial intelligence to predict the final color of leucite-reinforced ceramic restorations. *Journal*

of Esthetic and Restorative Dentistry, 35(1), 105–115.
doi:10.1111/jerd.13007.

- Ladia, O., Sarafianou, A., Revilla-León, M., Fehmer, V., Sailer, I., & Ntovas, P. (2026). Application of artificial intelligence in the design of single tooth-supported restorations: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(2), 355–378. doi:10.1016/j.prosdent.2026.05.014.
- Lal, A., Nooruddin, A., & Umer, F. (2025). Concerns regarding deployment of AI-based applications in dentistry—A review. *BDJ Open*, 11, 27. doi:10.1038/s41405-025-00319-7.
- Li, Y., Inamochi, Y., Anzai, T., Wakabayashi, N., Takahashi, K., & Fueki, K. (2026). Explainable artificial intelligence system using a convolutional neural network for designing major connectors of removable partial denture framework. *Journal of Prosthodontic Research*. Advance online publication. doi:10.2186/jpr.JPR_D_25_00183.
- Limpuangthip, N., Hlaing, N. H. M. M., Lee, S. J., & Lee, J.-H. (2026). Design quality and time efficiency of AI-based versus human-based design for tooth- and implant-supported fixed dental restorations: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 170, 106644. doi:10.1016/j.jdent.2026.106644.
- Ma, H., Wu, M., Han, Y., Lu, S., Dong, W., Deng, X., ... Zeng, Z. (2026). Predicting postrestorative facial appearance in edentulous patients using deep learning: A prospective cohort study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(1), 144–151. doi:10.1016/j.prosdent.2025.10.053.
- Mathur, A., Mehta, V., Bhadania, M., & Patil, P. G. (2026). Artificial intelligence in dental implant identifications,

- planning accuracies, and success predictions: An umbrella review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(2), 412–421. doi:10.1016/j.prosdent.2026.05.004.
- Mesterházi, M., Balogh, J., Takács, A., Faragó, J., Orsós, M., Tényi, D., ... Kivovics, M. (2026). Automated classification of dental implant brands and prosthetic platform sizes on panoramic radiographs using deep learning. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. Advance online publication. doi:10.1016/j.prosdent.2026.07.008.
- Perween, N., Khurana, P. R. S., Aggarwal, A., Chaudhary, A., Kumar, K. N., Hassan, S., & Sekhar, A. R. (2026). Evaluation of ChatGPT's accuracy, repeatability, and reasoning ability in prosthodontics education: A cross-sectional comparative study with prosthodontists. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 18(3), e342–e350. doi:10.4317/jced.63583.
- Prasad, S., Fang, Q., Koseoglu, M., Shembesh, M., Gheisarifar, M., & Sukotjo, C. (2026). Evaluating the performance of large language models versus prosthodontic residents on the 2024 and 2025 National Prosthodontic Resident Examination. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(2), e335–e341. doi:10.1016/j.prosdent.2026.03.043.
- Rokhshad, R., Khosravi, K., Motie, P., Sarrafan Sadeghi, T., Mazaheri Tehrani, A., Zarbakhsh, A., & Revilla-León, M. (2026a). Deep learning applications in prosthodontics: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(3), 539–551. doi:10.1016/j.prosdent.2025.04.009.
- Rokhshad, R., Tichy, A., Ducret, M., Chaurasia, A., Uribe, S. E., Gambelin, O., & Schwendicke, F. (2026b). The ethics and governance of large language models in dentistry: A framework for research and clinical implementation.

Journal of Dentistry, 164, 106187.
doi:10.1016/j.jdent.2025.106187.

Schwendicke, F., Mohammad Rahimi, H., & Tichy, A. (2025). Artificial intelligence in prosthodontics. *Dental Clinics of North America*, 69(2), 315–326. doi:10.1016/j.cden.2024.11.009.

Shetty, S., Gali, S., Augustine, D., & Sowmya, S. V. (2024). Artificial intelligence systems in dental shade-matching: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 33(6), 519–532. doi:10.1111/jopr.13805.

Shirani, M. (2026). Comparing the performance of ChatGPT 4o, DeepSeek R1, and Gemini 2 Pro in answering fixed prosthodontics questions over time. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(3), 571–576. doi:10.1016/j.prosdent.2025.04.038.

Sitaras, S., Tsolakis, I. A., Gelsini, M., Tsolakis, A. I., Schwendicke, F., Wolf, T. G., & Perlea, P. (2025). Applications of artificial intelligence in dental medicine: A critical review. *International Dental Journal*, 75(2), 474–486. doi:10.1016/j.identj.2024.11.009.

Thaweessapphithak, S., Thongchotchat, V., Alinejad-Rokny, H., Samaranayake, L., Osathanon, T., & Porntaveetus, T. (2026). Explainable artificial intelligence in dentistry: A systematic review of its trust and translation. *International Dental Journal*, 76(4), 109626. doi:10.1016/j.identj.2026.109626.

World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. Geneva, Switzerland: Author.

- World Health Organization. (2024). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models*. Geneva, Switzerland: Author.
- Wu, Z., Zhang, C., Ye, X., Dai, Y., Zhao, J., Zhao, W., & Zheng, Y. (2025). Comparison of the efficacy of artificial intelligence-powered software in crown design: An in vitro study. *International Dental Journal*, 75(1), 127–134. doi:10.1016/j.identj.2024.06.023.
- Yuce, H., Acikgoz, G., Al-Jumaili, S., Ucan, O. N., Ozlu Ucan, G., & Dere, K. A. (2025). Automatic identification of dental implant brands with deep learning algorithms. *Dentomaxillofacial Radiology*, 54(7), 588–596. doi:10.1093/dmfr/twaf054.

CAM SERAMİK RESTORASYONLARDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Mehmet KARAKUZU¹

Serdar GÖÇMEN²

1. GİRİŞ

Cam seramikler, camsı bir matris içinde kontrollü olarak oluşturulmuş kristalin fazların bulunduğu dental seramiklerdir. Camsı faz optik özelliklerin ve asitle pürüzlendirilebilirliğin temelini oluştururken, kristalin faz mekanik özelliklerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu yapı; feldspatik seramiklerden lösit ile güçlendirilmiş sistemlere, lityum disilikata ve daha güncel zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikatlara uzanan geniş bir materyal grubunu kapsamaktadır (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2015).

Cam seramiklerin klinik önemi yalnız yüksek estetik potansiyellerinden kaynaklanmaz. Hidroflorik asitle mikropürüzlendirilebilmeleri ve silan aracılığıyla rezin materyallere kimyasal olarak bağlanabilmeleri, bu materyalleri adeziv restoratif yaklaşımın merkezine yerleştirmiştir. Böylece laminate veneerlerden onley, oklüzal veneer ve parsiyel kronlara kadar diş dokusunu koruyan restorasyon tasarımları mümkün hâle gelmiştir (Beuer et al., 2025; Prott et al., 2025). CAD/CAM

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0008-8452-3736.

² Arş. Gör., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0004-3041-6717.

blokların geliştirilmesi de restorasyon tasarımının standardizasyonunu ve tek seansta üretim olasılığını artırmıştır.

Bununla birlikte materyal ailesinin genişlemesi, tüm cam seramiklerin aynı endikasyon, minimum kalınlık, yüzey işlemi ve klinik kanıta sahip olduğu şeklinde yanlış bir genellemeye yol açmamalıdır. Bu bölümde cam seramik restorasyonların sınıflandırması, klinik endikasyonları ve sağkalımı, preparasyon ve adeziv simantasyon ilkeleri, renk ve yüzey sonlandırması kanıta dayalı olarak değerlendirilmiştir. Polikristalin zirkonya restorasyonlar bölümün kapsamı dışında tutulmuştur.

2. CAM SERAMİK MATERYALLER VE SINIFLANDIRMA

2.1. Feldspatik ve Lösit ile Güçlendirilmiş Seramikler

Feldspatik porselenler yüksek camsı faz içerikleri nedeniyle dental seramikler arasında en yüksek translüsen siyi ve doğal diş benzeri optik davranışı sağlayabilen materyallerdendir; toz-likit tekniğiyle tabakalanabilmeleri ayrıntılı renk karakterizasyonuna olanak verir. Buna karşılık sınırlı kristalin güçlendirme nedeniyle mekanik özellikleri daha düşüktür ve güncel kullanım alanları esas olarak düşük kalınlıklı anterior veneerler ile estetik tabakalamadır (Gracis et al., 2015; Klein et al., 2025). Lösit ile güçlendirilmiş cam seramiklerde kristalin lösit fazı mekanik özellikleri artırır; presleme teknolojileriyle bu materyaller veneer, inley, onley ve seçilmiş tek kronlarda uzun yıllar kullanılmıştır. Lityum disilikatın daha yüksek mekanik kapasitesi nedeniyle kullanım alanları daralmış olsa da yüksek estetik gereksinimli, adeziv olarak bağlanan restorasyonlarda geçerli bir seçenek olmayı sürdürmektedir (Beuer et al., 2025; Gracis et al., 2015).

2.2. Lityum Disilikat

Lityum disilikat, güncel cam seramik restorasyonlarda en güçlü kanıt tabanına sahip materyallerden biridir. Mikrostrüktürü cam matriks içinde birbirine kenetlenen lityum disilikat kristallerinden oluşur; bu yapı feldspatik ve lösit ile güçlendirilmiş seramiklere göre daha yüksek mekanik performans sağlarken, cam fazın korunması hidroflorik asitle pürüzlendirme ve silanizasyon yoluyla etkili adeziv bağlanmaya izin verir. Materyal preslenebilir ingot ve CAD/CAM blok formunda kullanılabilir; farklı translüsensi ve opasite seçenekleri veneerden tam krona uzanan geniş bir endikasyon yelpazesine olanak sağlar (Nejat, 2025).

2.3. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityum Silikat

Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat (ZLS) seramikler, lityum silikat esaslı cam matrikse zirkonya bileşeninin eklenmesiyle geliştirilmiş CAD/CAM materyalleridir. İsimlerinde “zirkonya” bulunmasına karşın polikristalin zirkonya değildir; cam matriks içerdikleri için cam seramik grubunda sınıflandırılırlar (Gracis et al., 2015). Bu ayrım klinik olarak önemlidir, çünkü ZLS yüzeyleri cam faz içerdiklerinden hidroflorik asit ve silan protokolleriyle adeziv olarak bağlanabilir; uygulama süresi ve konsantrasyonu için üretici protokolü izlenmelidir.

ZLS'nin klinik kanıtı lityum disilikata göre daha yenidir. Sistematik derleme ve meta-analizde ZLS restorasyonların 1 yıllık sağkalımı %99 bulunmuş, ancak yalnızca dört klinik çalışma bulunduğundan uzun dönem performansın daha uzun süreli çalışmalarla doğrulanması gerektiği vurgulanmıştır (Banh et al., 2021). Ayrıca in vitro çalışmalarda yapay yaşlandırma sonrasında CAD/CAM ZLS'nin translüsensisinin lityum disilikattan anlamlı olarak düşük olduğu bildirilmiştir (Potdukhe, Iyer, & More, 2024). Bu nedenle ZLS'nin lityum

disilikata klinik üstünlüğünü ileri sürmek için yeterli kanıt bulunmamaktadır.

2.4. Presleme ve CAD/CAM Üretim

Cam seramik restorasyonlar kayıp mum tekniğini izleyen ısı ile presleme veya dijital tasarım sonrası CAD/CAM frezeleme ile üretilebilir. Lityum disilikat inley ve onleylerin uyumunu değerlendiren ve dört in vitro çalışmaya dayanan sistematik derleme ve meta-analizde, her iki teknik de kabul edilebilir marjinal ve toplam aralık sağlamış; internal uyum ise preslenmiş restorasyonlarda anlamlı olarak daha iyi bulunmuştur (Bastos et al., 2020). CAD/CAM iş akışı tasarım kalınlıklarının sayısal kontrolü ve hızlı üretim gibi avantajlar sunarken, tarama, tasarım parametreleri, frezeleme ünitesi ve kristalizasyon basamakları da restorasyonun uyumunu etkiler. Materyallerin temel farklılıkları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Cam Seramik Materyallerin Klinik Açıdan Temel Farklılıkları

Materyal	Mikrostrüktür	Temel avantaj	Başlıca sınırlılık	Başlıca kullanım
Feldspatik seramik	Yüksek cam fazı, düşük kristalin içerik	Üstün translüsensi ve tabakalanabilirlik	Daha düşük mekanik kapasite	Anterior veneer, estetik tabakalama
Lösit ile güçlendirilmiş cam seramik	Cam matriks + lösit kristalleri	Estetik ve adeziv bağlanabilirlik	Lityum disilikata göre daha düşük dayanım	Veneer, inley/onley, seçilmiş kron
Lityum disilikat	Cam matriks + $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ kristalleri	Estetik-mekanik denge; güçlü klinik kanıt	Uzun açıklıklı sabit protezde sınırlı endikasyon	Veneer, parsiyel restorasyon, tam kron
ZLS	Lityum silikat esaslı cam matriks + zirkonya	İnce mikrostrüktür; CAD/CAM uyumu	Uzun dönem klinik veri sınırlı; yaşlanma sonrası translüsensi daha düşük	Veneer, parsiyel restorasyon, seçilmiş tek kron

Not: ZLS = zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat. Metinde tartışılan kaynaklardan derlenmiştir (Banh et al., 2021; Gracis et al., 2015; Pieger, Salman, & Bidra, 2014; Potdukhe et al., 2024).

3. KLİNİK KULLANIM ALANLARI VE SAĞKALIM

Cam seramik restorasyonların klinik performansı restorasyon tipine göre değerlendirilmelidir; veneer, parsiyel restorasyon ve tam kron aynı biyomekanik koşullara sahip değildir. Ayrıca “sağkalım” restorasyonun ağızda fonksiyonda kalmasını, “başarı” ise tamir veya komplikasyon olmadan fonksiyonunu sürdürebilmesini ifade eder; bu nedenle farklı çalışmaların oranları karşılaştırılırken sonlanım tanımları ve takip süreleri dikkate alınmalıdır.

3.1. Laminate Veneerler

Laminate veneerler cam seramiklerin en klasik ve en iyi belgelenmiş endikasyonlarından; diş formunun ve renginin değiştirilmesi, diastema kapatılması ve sınırlı yapısal anomalilerin düzeltilmesi amacıyla kullanılır. Klinik başarının temel koşullarından biri preparasyonun mümkün olduğunca mine içinde tutulmasıdır (Klein et al., 2025). 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analizde yaklaşık 10,4 yıllık takipte havuzlanmış sağkalım feldspatik veneerlerde %96,13, lösit ile güçlendirilmiş cam seramiklerde %93,70 ve lityum disilikat veneerlerde %96,81 bulunmuştur. Materyaller arasında sağkalım açısından fark saptanmamış, ancak lityum disilikatta uzun dönem teknik, estetik ve biyolojik komplikasyon oranları daha düşük bildirilmiştir (Klein et al., 2025). Bununla birlikte dentin ekspozisyonu, brüksizm ve adeziv teknik materyalden bağımsız olarak komplikasyon riskini etkileyebilir.

Veneer seçiminde yalnız mekanik dayanım değil, substrat rengi ve istenen maskeleme derecesi de belirleyicidir. İnce ve yüksek translüsensili seramiklerde alttaki diş rengi ile rezin simanın tonu final restorasyon rengini etkiler; ciddi diskolorasyon varlığında minimal preparasyon yaklaşımı her zaman estetik olarak yeterli olmayabilir ve materyalin opasitesi

ile restorasyon kalınlığı planlamaya dahil edilmelidir (Sharma, Kumar, Rajagopal, & Venkataiah, 2026).

3.2. Posterior Parsiyel Restorasyonlar

Adezyon temelli inley, onley, overlay ve oklüzal veneerler, posterior dişlerde sağlam dokuyu koruyarak tam kron preparasyonuna alternatif sunar. Lityum disilikat bu endikasyonda yüksek mekanik kapasitesi, asitle pürüzlendirilebilirliği ve dijital üretime uygunluğu nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Randomize kontrollü çalışmalara dayanan 2025 tarihli meta-analizde üç yıllık sağkalım lityum disilikat için %93,7 olarak hesaplanmış, lösit ile güçlendirilmiş cam seramiklerde ise karşılaştırmaya bağlı olarak %96,1–98,3 aralığında değerler bildirilmiştir. Kısa dönemde materyaller arasında anlamlı fark bulunmamış ve uzun dönem performansın belirsizliğini koruduğu vurgulanmıştır (Beuer et al., 2025; Prott et al., 2025).

Oklüzal veneerler özellikle aşınmış dentisyonda minimal invaziv dikey boyut rehabilitasyonu açısından ilgi görmektedir; ancak düşük kalınlıklı restorasyonların güvenliği materyal, adeziv alan, preparasyon geometrisi ve oklüzal yüklerle birlikte değerlendirilmelidir. In vitro çalışmaları değerlendiren 2026 tarihli kapsam derlemesi, oklüzal kalınlık artışının kırılma direncini artırma eğiliminde olduğunu, ancak bu etkinin preparasyon tasarımı, seramik tipi ve bağlanan diş dokusuyla etkileşime girdiğini; dolayısıyla kırılma direncinin tek bir minimum kalınlık değeriyle açıklanamayacağını göstermektedir (Sirikatitham, Kukiattrakoon, Sattabanasuk, Ratanasathien, & Ruengrungsom, 2026).

3.3. Tek Tam Kronlar

Lityum disilikat tam kronlar anterior ve posterior bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek kronların değerlendirildiği sistematik derlemede 5 yıllık kümülatif

sağkalım %97,8 olarak bildirilmiş, ancak orta dönem kanıtın sınırlı olduğu vurgulanmıştır; aynı derlemede lityum disilikat sabit bölümlü protezlerin 5 yıllık sağkalımı %78,1'de kalmıştır (Pieger et al., 2014). CAD/CAM ile üretilen lityum disilikat kronları değerlendiren daha güncel derlemede kısa ve orta dönem sağkalım ve başarı yüksek bulunmuş, biyolojik komplikasyonların teknik komplikasyonlardan daha sık görüldüğü bildirilmiştir (El-mowafy, 2020). Kronların biyolojik yanıtını inceleyen 2023 tarihli derlemede ise çalışmaların çoğunda pulpal etkilenme, sekonder çürük veya postoperatif hassasiyet bildirilmemiş ve periodontal yanıt olumlu bulunmuştur (Al-Dulaijan et al., 2023).

Bu veriler, lityum disilikatın uygun endikasyonda tek kronlar için öngörülebilir bir materyal olduğunu, buna karşılık çok yüksek yük koşullarında veya uzun açıklıklı sabit protez gereksiniminde cam seramiklerin endikasyon sınırlarının aşılmaması gerektiğini göstermektedir. Kron başarısızlıklarının tamamı materyalin intrinsik dayanımına bağlı değildir; preparasyon, simantasyon ve hasta kaynaklı faktörler de klinik sonucu belirler.

3.4. İmplant Destekli Tek Kronlar

Lityum disilikat, implant destekli tek kronlarda özellikle Ti-base veya hibrit abutment konseptleriyle kullanılabilir. 2026 tarihli sistematik derleme ve meta-analiz monolitik lityum disilikat implant destekli tek kronların sağkalımının yüksek olduğunu, ancak teknik komplikasyonların restorasyon tasarımı ve bağlantı biçiminden etkilenebileceğini bildirmiştir (Ypsilanti, Pachiou, Sarafianou, & Kamposiora, 2026). Periodontal ligamentin olmaması, bağlantı geometrisi ve vida kanalı restorasyonun mekanik davranışını etkilediğinden, diş destekli kronlardan elde edilen sonuçlar implant üstü restorasyonlara doğrudan genellenmemelidir.

4. PREPARASYON İLKELERİ

Cam seramik restorasyonlarda preparasyonun temel amacı, materyal için yeterli hacim oluştururken maksimum sağlıklı diş dokusunu korumaktır. Adeziv bağlanma sayesinde klasik retansiyon formuna gereksinim bazı parsiyel restorasyonlarda azalabilir; ancak bu durum preparasyon geometrisinin önemsiz olduğu anlamına gelmez (Sirikatitham et al., 2026). Keskin internal açılar stres konsantrasyonunu artırabileceğinden yuvarlatılmalı, ince ve desteksiz seramik kenarlar oluşturacak tasarımlardan kaçınılmalıdır.

Veneer preparasyonunda mine korunması önceliklidir; ancak renklenmiş bir dişte yalnız minimal preparasyon hedeflemek, yeterli seramik kalınlığı ve opasite sağlamadığında estetik sonucu sınırlayabilir. Posterior parsiyel restorasyonlarda ise kavite sınırları mevcut restorasyon, çürük ve çatlakların uzaklaştırılmasıyla belirlenmeli, tüberkül örtülmesi (cusp coverage) kararı kalan duvar kalınlığı, çatlak varlığı ve fonksiyonel yük dikkate alınarak verilmelidir (Klein et al., 2025; Prott et al., 2025; Sharma et al., 2026). Proksimal kutu veya MOD preparasyonu eklenmesinin in vitro koşullarda ciddi kırık riskini artırabildiği bildirilmiştir (Sirikatitham et al., 2026). Tam kron preparasyonunda materyal kalınlığını sağlayacak redüksiyon yapılmalı ve bitim çizgisi net olmalıdır; rezin siman, aşırı kısa veya uygunsuz preparasyonun biyomekanik dezavantajlarını telafi eden bir yöntem olarak görülmemelidir. Kısacası “daha az preparasyon” her zaman daha iyi sonuç anlamına gelmez; minimal invazivlik, materyalin biyomekanik gereksinimlerini ihlal etmemelidir.

5. ADEZİV SİMENTASYON

Cam seramiklerin polikristalin seramiklerden en önemli klinik farkı, silika içeren camsı fazlarının hidroflorik asitle (HF)

seçici olarak çözünebilmesidir. Bu işlem yüzey alanını artıran mikroporozite oluşturur; ardından uygulanan silan, seramik ile metakrilat esaslı rezin arasında kimyasal bağlantıyı destekler. Bu avantaj ancak materyale özgü yüzey işlemi, yüzey temizliği, uygun diş adezyonu ve yeterli rezin polimerizasyonu bir bütün olarak uygulandığında ortaya çıkar; bu zincirin temel basamakları Tablo 2'de özetlenmiştir.

5.1. Hidroflorik Asitle Pürüzlendirme ve Silanizasyon

HF uygulamasının amacı yüzeyi mümkün olan en fazla aşındırmak değil, bağlanma için yeterli mikromorfolojiyi kontrollü biçimde oluşturmaktır. In vitro çalışmaları içeren sistematik derleme ve meta-analizde %4–5 HF ile elde edilen bağ dayanımı, lityum disilikatta 20 saniyelik, feldspatik ve lösit esaslı seramiklerde 60 saniyelik uygulamada %7–10 HF ile benzer bulunmuştur (de Araújo-Neto et al., 2023). Bu bulgu, daha yüksek konsantrasyonun otomatik olarak daha yüksek bağ dayanımı sağlamadığını ve farklı cam/kristal oranlarına sahip materyallerde tek bir HF süresinin kullanılamayacağını göstermektedir; bu nedenle materyalin ticari adından çok gerçek mikrostrüktürünün bilinmesi önemlidir (Gracis et al., 2015).

HF sonrası yıkanmış ve temizlenmiş yüzeye silan uygulanması, silika içeren yüzey ile rezin arasında kimyasal bağ oluşumunu destekler. CAD/CAM lityum disilikatın diğer restoratif materyallere bağlanmasını inceleyen sistematik derlemede en yüksek bağ dayanımı değerleri HF pürüzlendirme ile silan uygulamasının birlikte kullanıldığı gruplarda elde edilmiştir (Shoorgashti, Ehsani, Ducret, & Rokhshad, 2024). Silan içeren universal adezivler klinik basamakları azaltabilse de bağımsız silan uygulamasının rolü göz ardı edilmemeli ve seçilen sistem üretici talimatı doğrultusunda kullanılmalıdır.

5.2. Prova Sonrası Kontaminasyon ve Temizleme

Restorasyonun ağızda prova edilmesi seramik iç yüzeyinin tükürük veya try-in materyalleriyle kontamine olmasına neden olabilir. 2026 tarihli sistematik derleme ve ağ meta-analizi, kontamine lityum disilikatta yalnızca su veya alkolle temizlemenin etkisiz olduğunu; fosforik asidin hem kısa hem uzun dönemde, HF ve ticari seramik temizleyicilerin ise kısa dönemde bağ dayanımını koruduğunu, ancak ticari temizleyicilerin etkinliğinin uzun dönem yaşlandırmada azaldığını göstermiştir (Thongkaemkaew, Thammaruk, & Guazzato, 2026). Yeniden HF uygulaması yüzey morfolojisini ek olarak değiştirebileceğinden, uzun dönem bağ dayanımı açısından fosforik asitle temizleme kanıtla desteklenen bir seçenektir.

5.3. Diş Yüzeyinin Yönetimi ve Immediate Dentin Sealing

Adeziv başarı yalnız seramik yüzeyine bağlı değildir; mine ve dentinin uygun biçimde hazırlanması, izolasyon ve kontaminasyon kontrolü aynı derecede önemlidir. Mine sınırlarının fosforik asitle pürüzlendirilmesi güçlü mikromekanik retansiyon sağlarken, dentin bağlanması daha teknik hassastır. Preparasyondan hemen sonra ekspozite dentinin bağlayıcı ajanla kapatılması olarak tanımlanan immediate dentin sealing (IDS) ile ilgili 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analiz, IDS uygulanan indirekt restorasyonlarda klinik komplikasyonların daha az, başarı ve sağkalım oranlarının daha yüksek, postoperatif hassasiyetin ise daha düşük olduğunu bildirmiş; bu sonuçların uzun dönem randomize çalışmalarla doğrulanması gerektiğini vurgulamıştır (Alghauli, Alqutaibi, & Borzangy, 2024).

5.4. Rezin Siman Seçimi ve Polimerizasyon

Veneer ve parsiyel restorasyonlarda adeziv rezin simanlar retansiyonun yanı sıra restorasyonun mekanik bütünlüğüne de katkıda bulunur. İnce ve yüksek translüsensili veneerlerde ışıkla polimerize simanlar uzun çalışma süresi ve renk stabilitesi açısından avantaj sağlar; in vitro çalışmaların meta-analizinde dual polimerize simanlarda renk değişiminin anlamlı olarak daha fazla olduğu bildirilmiştir (Hardan et al., 2024). Daha kalın veya daha opak restorasyonlarda ise ışığın siman tabakasına ulaşması azaldığından dual polimerize simanlar tercih edilebilir; ancak 1,0 mm'nin üzerindeki lityum disilikat kalınlığının hem ışıkla hem dual polimerize simanların dönüşüm derecesini belirgin biçimde azalttığı unutulmamalıdır (Martins, Vasques, & Fonseca, 2019). Bu nedenle yalnız “dual polimerize” etiketi yeterli kabul edilmemeli; ışık cihazının gücü, uygulama süresi ve restorasyonun optik özellikleri birlikte değerlendirilmelidir.

Tablo 2. Cam Seramiklerde Klinik Simantasyon Zinciri

Basamak	Klinik amaç	Temel yaklaşım	Kritik nokta
İç yüzey tanımlama	Doğru protokolü seçmek	Materyalin feldspatik, lösitli, lityum disilikat veya ZLS olduğunun doğrulanması	Tek HF süresi tüm cam seramiklere uygulanmaz
HF pürüzlendirme	Mikromekanik retansiyon	Materyale özgü konsantrasyon ve süre	Aşırı pürüzlendirmeden kaçınılır
Temizleme	Kontaminantların uzaklaştırılması	Su/alkol yerine kanıtlı temizleme (ör. fosforik asit)	Prova sonrası yeniden uygulanır
Silan	Kimyasal bağlanma	Silan veya kanıtlı seramik primeri	Temiz ve kuru yüzeye uygulanır
Diş yüzeyi	Mine/dentin adezyonu	Adeziv sisteme uygun asitleme; gerekirse IDS	İzolasyon zorunludur
Rezin siman ve polimerizasyon	Retansiyon, bütünlük ve yeterli dönüşüm	İnce veneerde ışıkla, kalın/opak restorasyonda dual polimerize siman	Seramik kalınlığı ışık geçişini azaltır

Not: HF = hidroflorik asit; IDS = immediate dentin sealing. Metinde tartışılan kanıtlar temel alınarak hazırlanmıştır (Alghauli et al., 2024; de Araújo-Neto et al., 2023; Martins et al., 2019; Shooorgashti et al., 2024; Thongkaemkaew et al., 2026).

6. RENK VE ESTETİK SONUÇLAR

Nihai restorasyon rengi yalnız seramiğin renk seçimine bağlı değildir; seramik kalınlığı ve translüsensisi, kristal içeriği, preparasyon rengi, rezin siman tonu ve yüzey tekstürü birlikte sonucu belirler. Materyal kalınlığı azaldıkça alttaki substratın nihai renge katkısı artar; bu nedenle ince restorasyonlarda preparasyon rengi kayıt altına alınmalı ve laboratuvara aktarılmalıdır (Potdukhe et al., 2024; Sharma et al., 2026). In vitro çalışmaları değerlendiren 2026 tarihli sistematik derleme, beyaz opak ve yüksek kromalı simanların özellikle ince ve yüksek translüsensili veneerlerde belirgin renk değişimine ($\Delta E > 3,3$) yol açtığını, translüsens ve düşük kromalı simanların ise daha olumlu estetik sonuç verdiğini bildirmiştir (Sharma et al., 2026). Dolayısıyla siman tonu bir düzeltme aracı olarak kullanılabilir, ancak seramik kalınlığı ve substrat etkisini tamamen ortadan kaldırmaz.

Try-in pastaları farklı siman tonlarının olası estetik etkisini simantasyon öncesinde değerlendirmeyi sağlar. 2026 tarihli sistematik derleme ve meta-analiz, try-in pastası ile polimerize rezin simanın oluşturduğu renk arasında anlamlı fark bulmamış ve try-in pastalarının final rengi klinik olarak kabul edilebilir düzeyde öngördüğü sonucuna varmıştır; bununla birlikte çalışmalar arasındaki heterojenlik çok yüksektir ($I^2 \approx \%97$) ve seramik translüsensisi, siman markası ile uygulama tekniği renk farkına yol açabilir (Sakarya et al., 2026). Bu değişkenlerin tedavi öncesinde birlikte planlanması, sonradan siman tonuyla geniş renk düzeltmeleri yapmaya çalışmaktan daha öngörülebilir bir yaklaşımdır.

7. YÜZEY SONLANDIRMA, TAMİR VE KLİNİK İZLEM

Cam seramik restorasyonların yüzey kalitesi estetik görünümün yanı sıra renklenme, plak birikimi ve antagonist aşınması açısından önemlidir. In vitro çalışmaları kapsayan 2025 tarihli meta-analizde glazürlenmiş lityum disilikat örneklerinin yaşlandırma sonrası renk stabilitesi polisajlı örneklerle göre daha iyi bulunmuş, ancak çalışmalar arasında yüksek heterojenlik saptanmıştır (Alawawda, Yanıkoglu, Akıncı, & Uzun, 2025). Bununla birlikte laboratuvarda glazürlenmiş bir restorasyon intraoral oklüzal uyumlama sırasında frezelendiğinde orijinal yüzey tabakası ortadan kalkar. Lityum disilikatın ayarlama sonrası polisaj ve glazür koşullarının antagonist mine aşınmasını etkilediği, yalnız ayarlanmış (pürüzlü bırakılmış) yüzeylerin daha fazla mine aşınmasına yol açtığı ve polisajın bu etkiyi azalttığı gösterilmiştir (Lawson, Janyavula, Syklawer, McLaren, & Burgess, 2014). Bu nedenle ayarlama sonrasında yüzey, elmas içerikli ardışık polisaj sistemleriyle yeniden sonlandırılmalıdır; glazür, klinik polisaj gereksiniminin alternatifi olarak görülmemelidir.

Küçük parça kopması (chipping) veya lokalize yüzey kayıplarında restorasyonun tamamen değiştirilmesi her zaman gerekli değildir. Defektin restorasyonun yapısal bütünlüğünü bozmadığı ve marjinal uyumun korunduğu seçilmiş olgularda adeziv kompozit tamiri düşünülebilir; bu işlemde temel prensip ilk simantasyondaki yüzey kimyasına benzer ve HF pürüzlendirme ile silan uygulamasının birlikte kullanılması en yüksek bağ dayanımını sağlar (Shoorgashti et al., 2024). İntraoral HF kullanımında yumuşak dokuların mutlak izolasyonu zorunludur. Kontrol randevularında yalnız kırık değil, marjinal renklenme, yüzey pürüzlülüğü, sekonder çürük, periodontal yanıt ve parafonksiyona bağlı aşınma da

izlenmelidir. Tamir gerektiren parça kopması veya tekrarlayan desimantasyon sağkalım analizlerinde farklı biçimlerde sınıflandırılabilirdiğinden, bu ayırım hem literatürün yorumlanmasında hem hastaya prognoz aktarılırken dikkate alınmalıdır (Al-Dulaijan et al., 2023; Klein et al., 2025).

8. SONUÇ

Cam seramik restorasyonlar, güncel protetik diş tedavisinde estetik ve minimal invaziv tedavinin temel materyal gruplarından biridir. Feldspatik seramikler üstün optik özellikleriyle, lösit ile güçlendirilmiş seramikler estetik ve adeziv özellikleriyle, lityum disilikat ise estetik–mekanik denge ve güçlü klinik kanıtıyla önemini korumaktadır; ZLS materyaller CAD/CAM uygulamalarında güncel bir alternatif olmakla birlikte uzun dönem klinik kanıtları sınırlıdır (Banh et al., 2021; Gracis et al., 2015; Klein et al., 2025). Klinik kanıt veneerlerde uzun dönemde güçlü, posterior parsiyel restorasyonlarda kısa dönemde olumlu, lityum disilikat tek kronlarda ise öngörülebilirdir (Klein et al., 2025; Pieger et al., 2014; Prott et al., 2025)(Aziz vd., 2020;).

Klinik karar süreci dört basamakta özetlenebilir. İlk olarak restorasyon tipi belirlenmeli; çok ince anterior veneer ve maksimum translüsensi gereksiniminde feldspatik seramik, daha yüksek mekanik güvenlik istenen veneer ve geniş endikasyonlu adeziv restorasyonlarda lityum disilikat öne çıkar. İkinci olarak substrat ve renk gereksinimi değerlendirilmeli; koyu substratta yeterli maskeleme için daha opak seramik ve/veya artmış kalınlık gerekebilir. Üçüncü olarak mekanik risk ve restorasyon hacmi planlanmalı; parafonksiyon, çatlak diş veya yetersiz restoratif hacim varlığında cam seramik endikasyonunun sınırları sorgulanmalıdır. Son olarak adeziv uygulanabilirlik güvence altına alınmalıdır; izolasyonun sağlanamadığı alanlarda

teorik olarak ideal materyal seçilmiş olsa bile klinik öngörülebilirlik azalır.

Sonuç olarak güncel yaklaşımın amacı en yeni materyali kullanmak değil; belirli klinik durumda en güçlü kanıtı sahip materyali, mümkün olan en konservatif preparasyon, materyale özgü HF ve silan protokolü, yeterli rezin polimerizasyonu ve uygun yüzey sonlandırmasıyla birlikte uygulamaktır. Restorasyonun başarısı materyal, preparasyon, adezyon, oklüzyon ve yüzey sonlandırmasının birlikte doğru yönetilmesine bağlıdır.

KAYNAKÇA

- Al-Dulaijan, Y. A., Aljubran, H. M., Alrayes, N. M., Aldulaijan, H. A., AlSharief, M., Aljofi, F. E., & Ibrahim, M. S. (2023). Clinical outcomes of single full-coverage lithium disilicate restorations: A systematic review. *The Saudi dental journal*, 35(5), 403-422.
- Alawawda, O., Yanıkoglu, N., Akıncı, I., & Uzun, M. (2025). Effect of surface treatments on color stability of lithium disilicate: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Stomatology*, 78(4), 292-297.
- Alghauli, M. A., Alqutaibi, A. Y., & Borzangy, S. (2024). Clinical benefits of immediate dentin sealing: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*.
- Banh, W., Hughes, J., Sia, A., Chien, D. C., Tadakamadla, S. K., Figueredo, C. M., & Ahmed, K. E. (2021). Longevity of polymer-infiltrated ceramic network and zirconia-reinforced lithium silicate restorations: a systematic review and meta-analysis. *Materials*, 14(17), 5058.
- Bastos, N. A., Bitencourt, S. B., Carneiro, R. F., Ferrairo, B. M., Strelhow, S. S. F., Dos Santos, D. M., & Bombonatti, J. F. S. (2020). Marginal and internal adaptation of lithium disilicate partial restorations: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*, 20(4), 338.
- Beuer, F., Pieralli, S., Spitznagel, F., Zlatarić, D. K., Bleiel, H., Gierthmühlen, P., . . . Rutten, P. (2025). Survival and complication rates of ceramic partial coverage restorations (pcrs) and ceramic laminate veneers made of different types of ceramics. Consensus statement from ssrd, sepes, and prosec conference on minimally invasive

- restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(3), 664-668.
- de Araújo-Neto, V. G., de Almeida Nobre, C. F., Freitas, M. I. M., Lima, R. B. W., Sinhoreti, M. A. C., Cury, A. A. D. B., & Giannini, M. (2023). Effect of hydrofluoric acid concentration on bond strength to glass-ceramics: A systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 25, b4646943.
- El-mowafy, O. (2020). Clinical outcomes of lithium disilicate glass-ceramic crowns fabricated with CAD/CAM technology: A systematic review. *Dental and Medical Problems*.
- Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2015). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227.
- Hardan, L., Bourgi, R., Hernández-Escamilla, T., Piva, E., Devoto, W., Lukomska-Szymanska, M., & Cuevas-Suárez, C. E. (2024). Color stability of dual-cured and light-cured resin cements: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Journal of Prosthodontics*, 33(3), 212-220.
- Klein, P., Spitznagel, F. A., Zembic, A., Prott, L. S., Pieralli, S., Bongaerts, B., . . . Gierthmuehlen, P. C. (2025). Survival and complication rates of feldspathic, leucite-reinforced, lithium disilicate and zirconia ceramic laminate veneers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(3), 601-619.
- Lawson, N. C., Janyavula, S., Syklawer, S., McLaren, E. A., & Burgess, J. O. (2014). Wear of enamel opposing zirconia

and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *Journal of dentistry*, 42(12), 1586-1591.

Martins, F. V., Vasques, W. F., & Fonseca, E. M. (2019). How the variations of the thickness in ceramic restorations of lithium disilicate and the use of different photopolymerizers influence the degree of conversion of the resin cements: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), e395-e403.

Nejat, A. H. (2025). Overview of current dental ceramics. *Dental Clinics*, 69(2), 155-171.

Pieger, S., Salman, A., & Bidra, A. S. (2014). Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(1), 22-30.

Potdukhe, S., Iyer, J., & More, A. (2024). Effect of Artificial Aging on Translucency of Zirconia Reinforced Lithium Silicate and Lithium Disilicate Ceramics: A Systematic Review. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*.

Prott, L., Pieralli, S., Klein, P., Spitznagel, F., Ibrahim, F., Metzendorf, M. I., . . . Gierthmuehlen, P. (2025). Survival and Complications of Partial Coverage Restorations on Posterior Teeth—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(3), 620-641.

Sakarya, R. E., Özdemir, H., Alawawda, O., Akbulak, Ü. Ç., Sakarya, S., & Özdemir, M. (2026). Color agreement between evaluation pastes and resin cements used with ceramic restorations: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*.

- Sharma, S., Kumar, A., Rajagopal, S., & Venkataiah, V. S. (2026). Influence of resin cement shade on esthetic outcomes in ceramic veneers: a systematic review. *Frontiers in Dental Medicine*, 7, 1789416.
- Shoorgashti, R., Ehsani, S. S., Ducret, M., & Rokhshad, R. (2024). Effect of Surface Treatments on the Bond Strength of Computer-aided Design and Computer-aided Manufacturing Lithium Disilicate to Restorative Materials: A Systematic Review. *European Journal of Prosthodontics & Restorative Dentistry*, 32(4).
- Sirikatitham, N., Kukiattrakoon, B., Sattabanasuk, V., Ratanasathien, K., & Ruengrungsom, C. (2026). Fracture resistance of posterior teeth restored by lithium silicate-based and hybrid ceramic partial coverage restorations with different preparation designs: a scoping review. *BMC oral health*, 26(1), 690.
- Thongkaemkaew, W., Thammajaruk, P., & Guazzato, M. (2026). Cleaning methods of contaminated lithium disilicate ceramics: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of prosthodontic research*, 70(2), 183-191.
- Ypsilanti, E., Pachiou, A., Sarafianou, A., & Kamposiora, P. (2026). A systematic review and meta-analysis of survival and complication rates of monolithic lithium disilicate implant-supported single crowns. *Journal of dentistry*, 167, 106379.

YUMUŞAK ASTAR MATERYALLERİ

Seniha KISAKÜREK¹

Hüsna Gülay KESİK²

1. GİRİŞ

Hareketli protezlerde protez kaidesi ile destek dokular arasındaki ilişkinin doğru biçimde kurulması, tedavinin fonksiyonel başarısı kadar hasta konforunu da doğrudan etkiler. İleri düzeyde rezidüel kret rezorpsiyonu bulunan, mukozası ince ya da hassas olan ve düzensiz alveoler kret yapısına sahip hastalarda, rijit protez kaidesinin fonksiyon sırasında destek dokular üzerinde oluşturduğu basınçlar ağrıya ve mukozal irritasyona neden olabilir. Yumuşak astar materyalleri, protezin doku yüzeyine uygulanmasıyla kaide ile oral mukoza arasında esnek bir ara tabaka oluşturur. Bu ara tabaka, fonksiyonel kuvvetlerin destek dokulara aktarılma biçimini değiştirir ve hassas bölgelerde mekanik travmanın azaltılmasına katkı sağlar (Kreve & Reis, 2019; Qudah et al., 1991).

Bu materyaller özellikle atrofik kretlerde, hassas mukozal dokularda, keskin alveoler kretlerde, belirgin kemik çıkıntılarında ve cerrahi girişim sonrası iyileşme dönemlerinde klinik olarak kullanılır. İmmüdiat protezlerde ve geçici protetik uygulamalarda da destek dokuların korunması amacıyla tercih edilebilir (Graham et al., 1991).

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD. ORCID: 0000-0002-6704-0774.

² Araş. Gör., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD., ORCID: 0009-0006-2691-2157.

Bir yumuşak astarın klinik performansı; elastikiyet, sertlik, yırtılma dayanımı, su emilimi, çözünürlük, yüzey özellikleri ve protez kaidesine bağlanma gibi pek çok değişkene bağlıdır (Chladek et al., 2014).

Bunların yanında materyalin ağız ortamında zaman içinde uğradığı değişimler ve mikrobiyal kolonizasyona yatkınlığı, uzun dönem kullanım açısından belirleyici olmaktadır; nitekim su emilimi ve çözünürlük süreçlerinin astarın boyutsal stabilitesini ve servis ömrünü doğrudan etkilediği gösterilmiştir (Kawano et al., 1994).

2. YUMUŞAK ASTAR MATERYALLERİ

Yumuşak astarlar kimyasal yapılarına ve kullanım sürelerine göre sınıflandırılır. Kimyasal yapı açısından temel olarak akrilik esaslı ve silikon esaslı materyallerden söz edilir; klinik kullanım süresi açısından ise kısa süreli doku düzenleyiciler ile uzun süreli yumuşak astar materyalleri birbirinden ayrılır. Bu materyaller ayrıca kompozisyonlarına göre geçici ya da kalıcı, sertleşme mekanizmalarına göre ise kimyasal ya da ısıyla polimerize olanlar biçiminde de gruplandırılabilir (Tari et al., 2007).

2.1. Akrilik Esaslı Yumuşak Astarlar

Akrilik esaslı yumuşak astarlarda polimer yapının esnekliğini artırmak için plastikleştirici bileşenlerden yararlanılır. Bu bileşenler polimer zincirleri arasındaki etkileşimi azaltır ve materyalin ağız sıcaklığında daha yumuşak davranmasını sağlar. Plastikleştiricilerin eklenmesi polimerin camı geçiş sıcaklığını düşürür; düşen Tg, polimer zincir hareketliliğini ve dolayısıyla materyalin esnekliğini artırır (Graham et al., 1991). Bu materyallerin önemli avantajlarından biri, akrilik protez kaideleriyle uyumlarının genellikle iyi olmasıdır. Ancak

plastikleştiriciler zaman içinde materyalden uzaklaşır; bu durum başlangıçta elde edilen elastik özelliklerin azalmasına ve astarın giderek sertleşmesine yol açar. Klinik ve laboratuvar koşullarını karşılaştıran çalışmalar, plastikleştirici kaybının in vivo ortamda in vitro testlere kıyasla daha belirgin olduğunu göstermiştir.

Bu nedenle akrilik esaslı materyaller özellikle kısa veya orta süreli yumuşak astarlama gerektiren durumlarda kullanışlıdır; uzun dönem klinik kullanımda ise fiziksel özelliklerin zaman içinde değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2. Silikon Esaslı Yumuşak Astarlar

Silikon esaslı materyaller, özellikle uzun süreli yumuşak astarlama amacıyla kullanılan elastomerik ürünlerdir. Bu grupta polidimetilsiloksan temelli polimerlerden yaygın olarak yararlanılır. Silikon materyallerin önemli özelliklerinden biri, elastik davranışlarını akrilik esaslı materyallere kıyasla daha uzun süre koruyabilmeleridir; sertlik, su emilimi ve çözünürlük açısından da genellikle daha stabil davranırlar. Dinamik viskoelastisite ölçümleri bu ayrımı doğrulamaktadır: akrilik esaslı astarlar viskoelastik davranış sergilerken, silikonlar belirgin biçimde elastik karakter gösterir (Murata et al., 2002). Reolojik değerlendirmeler de silikon bazlı astarların kısa sürede yüksek elastik özellik kazandığını, akrilik bazlı astarların ise daha akışkan ve düşük elastikiyetli bir başlangıç gösterdiğini ortaya koymuştur (Macit et al., 2024).

Silikon astarların protez kaidesine bağlanması ise önemli bir klinik sorun olmayı sürdürmektedir. Uygun yüzey hazırlığı ve adeziv/primer kullanımı yapılmadığında astar ile kaide arasında ayrılma meydana gelebilir. Sistemik incelemelerde yüzey işlemlerinin ve uygun primer uygulamasının bağlantı dayanımını artırabildiği, buna karşılık bazı yüzey işlemlerinin ve termal

yaşlanmanın bağlantıyı olumsuz etkileyebildiği bildirilmiştir (Muddugangadhar et al., 2019; Özdemir & ÖZDOĞAN, 2018).

2.3. Doku Düzenleyiciler

Doku düzenleyiciler yumuşak astar materyallerinin kısa süreli kullanılan grubunu oluşturur. Temel amaçları, travmatize olmuş destek dokuların iyileşmesine olanak sağlayacak geçici ve daha uyumlu bir protez-doku ara yüzü oluşturmaktır. Bu materyaller protez içine uygulandıktan sonra belirli bir süre akış göstererek destek dokuların şekline uyum sağlar; bu özellik, mevcut protezin dokular üzerinde oluşturduğu travmanın azaltılmasında klinik avantaj sağlar. Doku düzenleyicilerin reolojik davranışı, polimer tozunun molekül ağırlığından ve toz/sıvı oranından etkilenir; düşük molekül ağırlıklı tozlar ve düşük toz/sıvı oranı jelasyon sonrası akışı artırır (Murata et al., 1998). Statik koşullarda yapılan ölçümlerde doku düzenleyiciler viskoz sıvılar gibi davranırken, uzun süreli astar materyallerinin daha elastik karakter gösterdiği saptanmıştır (Durán et al., 1979).

Doku düzenleyicilerin fiziksel özellikleri zaman içinde değişir; suya daldırma sonrasında sertlik, elastikiyet modülü ve viskozite modülü artarken gevşeme hızı azalır (Saitoh et al., 2010). Bu nedenle bu materyaller kalıcı astar olarak değerlendirilmemeli ve tedavi sürecinde düzenli olarak kontrol edilmelidir.

2.4. Isıyla ve Oda Sıcaklığında Polimerize Olan Materyaller

Yumuşak astarlar polimerizasyon yöntemlerine göre de sınıflandırılabilir. Isıyla polimerize edilen materyaller çoğunlukla laboratuvar ortamında hazırlanırken, oda sıcaklığında polimerize olan materyaller doğrudan klinik ortamda uygulanabilir. Laboratuvar ortamında hazırlanan materyallerde işlem koşullarının daha kontrollü olması, materyalin kalınlığı ve protez yüzeyine adaptasyonu açısından avantaj sağlayabilir.

3. KLİNİK KULLANIM ALANLARI

Yumuşak astar materyalleri, destek dokuların mekanik yüklenmeye karşı hassas olduğu durumlarda tercih edilir. Başlıca kullanım alanları şunlardır:

- İleri rezidüel kret rezorpsiyonu,
- İnce ve hassas mukoza,
- Keskin veya düzensiz alveoler kret,
- Belirgin kemik çıkıntıları,
- Protez kullanımına bağlı ağrı ve travma,
- Cerrahi girişim sonrası iyileşme dönemi,
- İmmediat protezler,
- Geçici implant üstü protezler,
- Fonksiyonel ölçü uygulamaları,
- Destek dokuların protetik tedaviye hazırlanması.

Yumuşak astar uygulanmadan önce mevcut protezin retansiyon, stabilite, oklüzyon ve kenar uzantıları değerlendirilmelidir. Yumuşak astar, protezin temel tasarım problemlerini ortadan kaldıran bir materyal değildir; doğru hasta seçimi ve uygun protez tasarımı başarının ön koşuludur (Abdelnabi et al., 2021).

4. YUMUŞAK ASTARLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bir yumuşak astarın klinik başarısı, başlangıçtaki yumuşaklığından çok bu özelliğini ağız ortamında ne kadar süre koruyabildiğine bağlıdır. Sertlik, elastikiyet, yırtılma dayanımı, su emilimi, çözünürlük ve kaideye bağlanma dayanımı materyalin klinik performansını belirleyen başlıca özelliklerdir.

Bu özelliklerin çoğu su emilimi ve çözünürlük süreçleriyle yakından ilişkilidir; emilim ve çözünürlük, boyutsal stabiliteyi, leke direncini ve dolayısıyla astarın uzun dönem dayanıklılığını etkiler.

4.1. Sertlik ve Elastikiyet

Yumuşak astarın temel işlevi, rijit protez kaidesine kıyasla daha düşük sertlik göstererek destek dokularla daha uyumlu bir temas sağlamaktır. Ancak aşırı yumuşak bir materyal de fonksiyon sırasında kalıcı deformasyona uğrayabileceğinden, ideal materyalin hem yeterli elastikiyete hem de boyutsal stabiliteye sahip olması gerekir. Uzun süreli materyaller üzerinde yapılan çalışmalarda zaman içinde sertlik değerlerinin artabildiği gösterilmiştir; bu değişim, materyalin başlangıçtaki klinik davranışının zamanla farklılaşabileceğini ortaya koymaktadır (Kim et al., 2014).

Materyalin viskoelastik karakteri de fonksiyonel sonuçları etkiler. Dinamik viskoelastisite ölçümleri, daha yüksek tan delta ve depo modülüne sahip materyallerin çiğneme fonksiyonunda daha belirgin iyileşme sağladığını göstermiştir (Murata et al., 2002). Bu nedenle materyal seçiminde yalnızca başlangıç sertliği değil, materyalin zaman içindeki viskoelastik davranışı da dikkate alınmalıdır.

4.2. Su Emilimi ve Çözünürlük

Yumuşak astarlar sürekli olarak tükürük ve ağız sıvılarıyla temas halindedir; bu nedenle su emilimi ve çözünürlük, materyalin uzun dönem stabilitesini belirleyen önemli özelliklerdir. Suyu daldırıldığında yumuşak astarlarda iki süreç birlikte işler: plastikleştiriciler ve diğer çözünür bileşenler suya geçerken polimer de su emer. Bu iki süreç arasındaki denge, materyalin hem esnekliğini hem de boyutsal stabilitesini belirler

katkıda bulunur. Plastikleştirilmiş akrilik astarların silikon astarlara kıyasla daha yüksek yırtılma enerjisi, çözünürlük ve sorption değerleri gösterdiği bildirilmiştir; akrilik esaslı bir viskoelastik jel üzerinde yapılan ölçümlerde distile suda %3,368 oranında yüksek su emilimi ve yapay tükürükte %3,432'ye varan çözünürlük değerleri saptanmıştır (Yanıkoğlu & Duymuş, 2004). Yapay yaşlandırma çalışmaları, suya daldırılma süresi uzadıkça astarların sorption değerlerinin arttığını göstermiştir (Hekimoğlu & Anil, 1999). On iki farklı yumuşak astarın değerlendirildiği bir çalışmada ise sorption ve çözünürlüğün materyale göre belirgin farklılık gösterdiği ve bu özelliklerin astarın servis ömrünü etkilediği vurgulanmıştır.

4.3. Protez Kaidesine Bağlanma

Astar ile protez kaidesi arasındaki bağlantının devamlılığı klinik kullanım açısından kritiktir. Bağlantının bozulması yalnızca astarın fonksiyonunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda ara yüzde mikroorganizma birikimine uygun bir alan oluşturur. Sistemik derlemelerde primer, monomer, bazı kimyasal yüzey işlemleri, lazer ve plazma uygulamalarının belirli materyal kombinasyonlarında bağlantı dayanımını artırabildiği, buna karşılık termal yaşlandırmanın bağlantı dayanımını azaltabildiği bildirilmiştir (Muddugangadhar et al., 2019). Bu konudaki meta-analizler, bağlantı dayanımının büyük ölçüde materyal kombinasyonuna ve yüzey hazırlama yöntemine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (Özdemir & Özdoğan, 2018). Çekme bağlanma dayanımının hem kaide materyalinin hem de astar materyalinin türüne bağlı olarak değiştiği de bildirilmektedir (Li et al., 2024).

Dijital üretim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, CAD/CAM ile üretilen kaidelerle yumuşak astarlar arasındaki bağlantı ayrı bir araştırma başlığı haline gelmiştir. Farklı kaide materyalleriyle yapılan bir çalışmada, akrilik esaslı astar ile farklı

kaideler arasındaki çekme bağlanma dayanımı değerlerinin 0,19 ile 0,25 MPa arasında değiştiği ve aralarında istatistiksel fark bulunmadığı; buna karşılık silikon esaslı astarın kaide materyaline göre 1,49 ile 3,07 MPa arasında değişen değerler gösterdiği ve gruplar arası farkın anlamlı olduğu bildirilmiştir (Vuksic et al., 2023). CAD/CAM frezelenmiş kaidelerle yapılan başka bir çalışmada, frezelenmiş kaide materyalinin termal siklus öncesi ve sonrası ($1,56 \pm 0,62$ / $1,36 \pm 0,16$ MPa) diğer kaidelere kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği, konvansiyonel olarak üretilen kaidenin ise en düşük değerleri verdiği ($1,02 \pm 0,24$ / $0,77 \pm 0,1$ MPa) saptanmıştır (Tuğut et al., 2024). Bir meta-analizde de CAD/CAM frezelenmiş PMMA kaidelerin konvansiyonel ve 3B baskılı reçinelere kıyasla tutarlı biçimde daha yüksek bağlanma dayanımı sergilediği belirtilmiştir (Mohamed et al., 2026). Yüzey işlemlerinin etkisi de materyale göre değişmektedir; bir çalışmada yumuşak astarlar için frezeleme (bur roughening) işleminin bazı kaide reçinelerinde bağlanma dayanımını artırdığı, kumlamanın ise sert astarlarda daha etkili olduğu gösterilmiştir (Albazroun et al., 2026).

5. YUMUŞAK ASTARLAR VE MİKROBİYAL KOLONİZASYON

Yumuşak astarların uzun dönem kullanımındaki önemli sorunlardan biri yüzeyde mikroorganizma birikimidir. Materyalin yüzey pürüzlülüğü, hidrofobik özellikleri ve zaman içinde meydana gelen fiziksel değişiklikler biyofilm oluşumunu etkiler. Özellikle *Candida albicans*, protez stomatiti ile ilişkili önemli mikroorganizmalardan biridir; yumuşak astarlı protezlerde biyofilm oluşumunun materyal türü ve kullanım süresi ile değişebildiği, in situ koşullarda yürütülen bir çalışmada da astar yüzeyinde zamanla mikrobiyal birikimin arttığı gösterilmiştir (Pereira-Cenci et al., 2013).

Yumuşak astar materyalleri, akrilik kaide reçinelerine kıyasla mikrobiyal adhezyona daha yatkındır ve bu yatkınlığı yüzey dokusu ile materyalin fizikokimyasal özellikleri belirler. Yüzey pürüzlülüğü ile *Candida albicans* biyofilm oluşumu arasındaki ilişki birçok çalışmada gösterilmiştir; cilalanmış yüzeylerde daha az hücre tutulumu ve daha ince biyofilm tabakası saptanırken, yalnızca bitirilmiş yüzeylerde daha kalın ve yoğun biyofilm oluşumu gözlenmiştir (Silva et al., 2016). Abrade edilmiş akrilik yüzeylerde hem hif hem de blastospor formlarının biyofilm oluşturduğu ve yüzey pürüzlülüğünün hücre tutulumunu artırdığı bildirilmiştir (Jackson et al., 2014). Bunun yanında protez temizleyicilerinin yumuşak astarlarla uyumsuzluğu da önemli bir etkidir: 180 gün boyunca farklı protez temizleyicilerine daldırılan yedi ticari yumuşak astar üzerinde yapılan bir çalışmada, fungal biyofilm oluşumunun astar-temizleyici kombinasyonuna bağlı olarak değiştiği ve bazı kombinasyonlarda kolonizasyonun kontrole kıyasla belirgin biçimde arttığı gösterilmiştir (Nikawa et al., 2003).

Bu nedenle yumuşak astar kullanılan hastalarda materyale uygun temizlik yöntemi konusunda ayrıntılı eğitim verilmesi ve düzenli klinik kontroller yapılması gerekir. Antifungal bileşenlerin astar materyaline katılması da gündeme gelmiştir; minimum inhibitör konsantrasyonlarda nistatin, klorheksidin ve ketokonazol eklenmesinin bazı geçici astarların sertlik ve pürüzlülük değerlerinde belirgin bozulmaya yol açmadan antifungal etkinlik sağlayabildiği, ancak bu etkinin ilaç ve materyale göre değiştiği bildirilmiştir (Bueno et al., 2017).

6. TEMİZLİK VE BAKIM

Yumuşak astarların temizliğinde materyalin yüzey bütünlüğünün korunması esastır. Aşındırıcı fırçalama ve materyalle uyumsuz kimyasal temizleyiciler yüzey

pürüzlülüğünü artırabilir ve fiziksel özelliklerde değişikliğe yol açabilir. Uyumsuz protez temizleyicilerinin kullanımı yüzeyde fungal biyofilm oluşumunu artırdığından, temizleyici seçimi ayrı bir önem taşır (Nikawa et al., 2003). Önerilecek temizlik yöntemi kullanılan materyalin kimyasal yapısına göre belirlenmeli; özellikle üretici tarafından önerilmeyen yüksek konsantrasyonlu dezenfektanlardan ve uzun süreli kimyasal uygulamalardan kaçınılmalıdır. Uzun dönem astarlarında hijyenin sürdürülmesi, ayrılma ve fungal aşırı çoğalma gibi başlıca sorunların önlenmesi açısından kritik kabul edilmektedir (Abdelnabi et al., 2021).

7. AVANTAJLAR VE SINIRLILIKLAR

Yumuşak astarların en önemli avantajı, rijit protez kaidesinin hassas destek dokular üzerindeki etkisini azaltabilmeleridir. Bu özellik, uygun hasta grubunda ağrının azalmasına ve protez kullanım konforunun artmasına katkı sağlar. 2024 yılında yayımlanan sistematik derlemede, yumuşak astarlı tam protezlerin hasta memnuniyeti ve bazı fonksiyonel sonuçlar açısından yarar sağlayabildiği bildirilmiştir (Hasegawa et al., 2024). Klinik çalışmalar da bu yöndeki bulguları desteklemektedir: yumuşak astarlı mandibular protezlerde çiğneme verimliliğinin daha iyi olduğu ve retansiyon ile destek doku durumu açısından daha yüksek puanlar elde edildiği, buna karşılık genel hasta memnuniyetinde belirgin bir fark saptanmadığı bildirilmiştir (Mangtani et al., 2015). Bir pilot çalışmada ise yumuşak astar uygulamasının hastaların genel memnuniyetini, çiğneme ve konuşma fonksiyonlarını ve ağız sağlığına bağlı yaşam kalitesini olumlu yönde etkilediği raporlanmıştır (Khazaleh et al., 2022); benzer şekilde, çiğneme, stabilite ve konforda anlamlı iyileşme olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur

zamanla azalabileceği unutulmamalıdır; tam protez hastalarında yumuşak astar kullanımını değerlendiren çalışmalarda memnuniyetin altıncı ayda üçüncü aya kıyasla azaldığı bildirilmiştir (Yin, 2006).

Buna karşılık, materyallerin zaman içinde sertleşmesi, yüzey özelliklerinin bozulması, mikrobiyal kolonizasyon ve protez kaidesinden ayrılma başlıca dezavantajlar arasındadır. Silikon bazlı yumuşak astarlar fiziksel özelliklerini daha uzun süre korusa da, materyal ile kaide arasındaki bağın zamanla zayıflaması ve ayrılma riski klinik kullanımda dikkat edilmesi gereken bir durumdur (Özdemir & Özdoğan, 2018). Uzun dönem astarlarına ilişkin güncel bir derleme, dayanıklılık kaybı, fungal aşırı çoğalma, ayrılma ve hijyen sorunlarını bu materyal sınıfının başlıca kısıtlılıkları olarak sıralamaktadır (Abdelnabi et al., 2021).

8. GÜNCEL GELİŞMELER

Yumuşak astar materyalleri üzerine güncel araştırmalar, uzun dönem elastikiyetin korunması, kaideye bağlanmanın güçlendirilmesi ve mikrobiyal kolonizasyonun azaltılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Materyalin yüzey özelliklerinin değiştirilmesi, antimikrobiyal bileşenlerin kullanılması ve farklı yüzey işlemlerinin uygulanması bu alandaki başlıca araştırma konularıdır. Sistemik incelemeler, bağlantı dayanımının materyal kombinasyonuna ve yüzey hazırlama yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiğini göstermektedir (Muddugandhar et al., 2019).

Antimikrobiyal katkılar bu alanda öne çıkmaktadır. Gümüş nanopartiküllerin yumuşak astar materyaline katılması üzerine yapılan bir çalışmada, artan gümüş konsantrasyonunun sertliği azalttığı, emilimi ve çözünürlüğü artırdığı ve bağlanma dayanımını düşürdüğü; antifungal etkinlik ile mekanik özellikler

arasındaki en iyi dengenin 20-40 ppm aralığında elde edildiği bildirilmiştir (Chladek et al., 2012). Isıyla polimerize olan yumuşak astarlara kitosan nanopartikül eklenmesi üzerine yapılan çalışmalarda, özellikle %3,5 oranındaki katkının *Candida albicans*'a karşı belirgin antifungal etkinlik sağladığı ve yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı gösterilmiştir (Abdul-shafi & Aziz, 2021; Abdul-Shafi & Aziz, 2022). Doku düzenleyicilere kitosan ve yeşil sentez gümüş nanopartiküllerinin birlikte katılmasının da *Candida albicans* koloni sayısını belirgin biçimde azalttığı ve denture stomatitinin önlenmesi açısından umut verici olduğu bildirilmiştir (Safari et al., 2024); gümüş, çinko oksit ve kitosan nanopartiküllerinin doku düzenleyicilere eklenmesinin antifungal ve antibakteriyel etkileri de ayrıca değerlendirilmiştir (Mousavi et al., 2020).

Bunun yanında CAD/CAM ile üretilen protez kaideleriyle yumuşak astar materyalleri arasındaki bağlantının geliştirilmesi de yeni araştırma alanlarından biridir (Mohamed et al., 2026). Bu nedenle gelecekte geliştirilecek materyallerde yalnızca başlangıçtaki yumuşaklık değil; uzun dönem mekanik stabilite, biyofilm oluşumu ve kaide ile bağlantının devamlılığı birlikte değerlendirilmelidir.

9. SONUÇ

Yumuşak astar materyalleri, özellikle hassas veya ileri düzeyde rezorbe olmuş destek dokulara sahip hastalarda protez kullanım konforunu artırmak amacıyla kullanılan önemli protetik materyallerdir. Akrilik ve silikon esaslı materyaller farklı fiziksel ve klinik özellikler gösterir. Akrilik esaslı materyaller uygulama ve kaideye uyum açısından avantaj sağlarken, zaman içinde plastikleştirici kaybına bağlı sertleşme gösterebilir. Silikon esaslı materyaller elastik özelliklerini daha uzun süre koruyabilmekte;

ancak protez kaidesine bağlanma ve mikrobiyal kolonizasyon açısından dikkatli takip gerektirmektedir (Tablo 1).

Mevcut literatür, uygun hastalarda yumuşak astarlı protezlerin hasta konforu ve bazı fonksiyonel sonuçlar açısından yarar sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte materyalin uzun dönem fiziksel stabilitesi ve biyofilm oluşumu hâlâ önemli sınırlılıklardır. Sonuç olarak başarılı bir yumuşak astar uygulaması, yalnızca materyal seçimine değil; doğru endikasyona, uygun protez tasarımına, doğru klinik uygulamaya, hasta bakımına ve düzenli kontrollere bağlıdır (Tablo 1).

Tablo 1. Yumuşak astar materyallerinin genel özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik	Plastikleştirilmiş Akrilik	Silikon Elastomer	Doku Düzenleyici
Temel kullanım	Kısa/uzun dönem	Uzun dönem	Geçici
Elastik davranış	Orta-yüksek	Yüksek	Başlangıçta yüksek
Plastikleştirici	Genellikle mevcut	Gerekli değildir	Genellikle mevcut
Kaideye bağlanma	Görece iyi	Primer gerektirebilir	Ürüne bağlı
Mikrobiyal kolonizasyon	Görülebilir	Görülebilir	Yüksek risk
Renk stabilitesi	Orta	Genellikle iyi	Sınırlı
Klinik uygulama	Klinik/laboratuvar	Klinik/laboratuvar	Çoğunlukla klinik
Temel kullanım amacı	Yumuşak astarlama	Uzun süreli astarlama	Doku kondisyonu
Temel sınırlılık	Sertleşme/plastikleştirici kaybı	Bağlanma kaybı	Hızlı yaşlanma

KAYNAKÇA

- Abdelnabi, M., Swelem, A., Abdelnabi, M., Swelem, A., Allen, F., Locker, D., Anil, N., Hekimoglu, C., Sahin, S., Awad, M., Feine, J., Awad, M., Locker, D., Korner, B., Feine, J., Braden, M., Wright, P., Parker, S., Broek, R., ... Wright, P. (2021). Long Term Soft Denture Liners; Current Status, Clinical Performance and Limitations. *Current Science International*. <https://doi.org/10.36632/csi/2021.10.3.40>
- Abdul-shafi, H. A., & Aziz, H. K. (2021). Evaluation of the Antifungal Activity of Heat-Cured Soft Denture Liner Impregnated with Chitosan Nanoparticles. *Tikrit Journal for Dental Sciences*, 9(2), 104–112. <https://doi.org/10.25130/tjds.9.2.6>
- Abdul-Shafi, H. A.-W., & Aziz, H. K. (2022). Effect of Aging on the Antifungal Activity and Surface Roughness of Soft Lining Material Incorporated with Chitosan Nanoparticles. *Journal of Techniques*, 4(1), 67–75. <https://doi.org/10.51173/jt.v4i1.452>
- Albazzroun, Z., Aldobais, F. A., Aldehaileb, S., Alabdullatif, A., Almahdi, S., Alsayoud, A. M., Al-Qarni, F. D., Alshareef, A., Akhtar, S., & Gad, M. M. (2026). The effect of different surface treatment on shear bond strength of soft and hard liners to CAD-CAM and conventional denture base resins: in vitro comparative study. *Frontiers in Dental Medicine*, 7, 1736153. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2026.1736153>
- Braden, M., & Wright, P. S. (1983). Water Absorption and Water Solubility of Soft Lining Materials for Acrylic Dentures. *Journal of Dental Research*, 62(6), 764–768. <https://doi.org/10.1177/00220345830620061601>

- Bueno, M. G., Sousa, E. J. B. de, Hotta, J., Porto, V. C., Urban, V. M., & Neppelenbroek, K. H. (2017). Surface Properties of Temporary Soft Liners Modified by Minimum Inhibitory Concentrations of Antifungals. *Brazilian Dental Journal*, 28(2), 158–164. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701266>
- Chladek, G., Kasperski, J., Barszczewska-Rybarek, I., & Żmudzki, J. (2012). Sorption, Solubility, Bond Strength and Hardness of Denture Soft Lining Incorporated with Silver Nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1), 563–574. <https://doi.org/10.3390/ijms14010563>
- Chladek, G., Żmudzki, J., & Kasperski, J. (2014). Long-Term Soft Denture Lining Materials. *Materials*, 7(8), 5816–5842. <https://doi.org/10.3390/ma7085816>
- Durán, R., Powers, J. M., & Craig, R. G. (1979). Viscoelastic and Dynamic Properties of Soft Liners and Tissue Conditioners. *Deep Blue (University of Michigan)*, 58(8), 1801–1807. <https://doi.org/10.1177/00220345790580080601>
- Graham, B. S., Jones, D. W., & Sutow, E. J. (1991). An in vivo and in vitro Study of the Loss of Plasticizer from Soft Polymer-gel Materials. *Journal of Dental Research*, 70(5), 870–873. <https://doi.org/10.1177/00220345910700050101>
- Graham, B. S., JONES, D. W., & Sutow, E. J. (1991). Clinical implications of resilient denture lining material research. Part II: Gelation and flow properties of tissue conditioners. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 65(3), 413–418. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(91\)90234-n](https://doi.org/10.1016/0022-3913(91)90234-n)

- Hasegawa, Y., Minakuchi, H., Nishimura, M., Nishio, K., Yoshioka, F., Ishii, T., Watanabe, T., Nishiyama, Y., Sato, Y., Yoshida, K., Maria, Ma. T. Sta., Iinuma, T., & Matsuka, Y. (2024). Effect of soft denture liners on complete denture treatments: A systematic review. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(4), 493–510. https://doi.org/10.2186/jpr.jpr_d_23_00067
- Hekimoğlu, C., & Anil, N. (1999). Sorption and solubility of soft denture liners after accelerated aging. *PubMed*, 12(1), 44–46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10477998>
- Jackson, S., Coulthwaite, L., Loewy, Z. G., Scallan, A., & Verran, J. (2014). Biofilm development by blastospores and hyphae of *Candida albicans* on abraded denture acrylic resin surfaces. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 988–993. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.02.003>
- Kawano, F., Dootz, E. R., Koran, A., & Craig, R. G. (1994). Sorption and solubility of 12 soft denture liners. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 72(4), 393–398. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(94\)90559-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(94)90559-2)
- Khazaleh, M., Dever, G., Taylor, J., Ramamurthy, P., & Sharma, D. (2022). Patient Satisfaction and Oral Health-related Quality of Life (ohrqol) of Edentulous People after Mandibular Denture Relining With a Soft-liner Material: A Pilot Study. *The Open Dentistry Journal*, 16(1). <https://doi.org/10.2174/18742106-v16-e2208050>
- Kim, B.-J., Yang, H.-S., Chun, M.-G., & Park, Y.-J. (2014). Shore hardness and tensile bond strength of long-term soft denture lining materials. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(5), 1289–1297. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.04.018>

- Kreve, S., & Reis, A. C. dos. (2019). Denture Liners: A Systematic Review Relative to Adhesion and Mechanical Properties. *The Scientific World JOURNAL*, 2019, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2019/6913080>
- Li, R., Mozayen, A. A., McCluskey, T., Clark, W. A., & Sadid-Zadeh, R. (2024). Tensile bond strength of soft relining materials to CAD-CAM denture base materials. *Journal of Prosthodontics*, 34(5), 533–539. <https://doi.org/10.1111/jopr.13998>
- Macit, Ş. N., Gürbüz, A., & Oyar, P. (2024). Evaluation of rheological properties of soft lining materials with different composition under various temperatures. *BMC Oral Health*, 24(1), 619. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04393-5>
- Mangtani, N., Pillai, R., Babu, D., & Jain, V. (2015). Effect of resilient liner on masticatory efficiency and general patient satisfaction in completely edentulous patients. *Journal of Dental Specialities*, 3(2), 217. <https://doi.org/10.5958/2393-9834.2015.00005.4>
- Mohamed, M., Abozaid, D., Abdelmajeed, A., Wally, R., Ashraf, M., Eldebawy, M., Hadad, F. A. E., & Azab, A. (2026). Bond strength of relining materials to 3D-Printed denture base resins and the effects of aging, material chemistry, and surface treatments: a systematic review and meta-analysis. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s43088-026-00774-7>
- Mousavi, S. A. A., Khoramdel, A., & Aghajanzadeh, H. (2020). Evaluation of antifungal and antibacterial properties of adding Ag, ZnO, Chitosan nanoparticles to tissue conditioners of complete dentures: *Journal of Research in*

- Dental Sciences*, 17(3), 171–181.
<https://doi.org/10.52547/jrds.17.3.171>
- Muddugangadhar, B. C., Mawani, D. P., Das, A., & Mukhopadhyay, A. (2019). Bond strength of soft liners to denture base resins and the influence of different surface treatments and thermocycling: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(6), 800.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.013>
- Murata, H., Taguchi, N., Hamada, T., Kawamura, M., & McCabe, J. F. (2002). Dynamic Viscoelasticity of Soft Liners and Masticatory Function. *Journal of Dental Research*, 81(2), 123–128. <https://doi.org/10.1177/154405910208100208>
- Murata, Hamada, Taguchi, Shigeto, & Nikawa. (1998). Viscoelastic properties of tissue conditioners – influence of molecular weight of polymer powders and powder/liquid ratio and the clinical implications. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25(8), 621–629.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1998.00279.x>
- Nikawa, H., Jin, C., Makihiro, S., Egusa, H., Hamada, T., & Kumagai, H. (2003). Biofilm formation of *Candida albicans* on the surfaces of deteriorated soft denture lining materials caused by denture cleansers in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(3), 243–250.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01024.x>
- Özdemir, H., & Özdoğan, A. (2018). Bond Strength of Resilient Lining Materials to Denture Base Resin: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Prosthodontics*, 27(9), 828–841. <https://doi.org/10.1111/jopr.12958>
- Pereira-Cenci, T., Cury, A. D. B., Crielaard, W., & Cate, J. T. (2013). Development of denture-related stomatitis:

influence of Candida species and biofilm formation. *J Dent.*

Ping, L. (2001). Effect of soft denture liner on satisfaction of complete denture. *Journal of Comprehensive Stomatology.*

https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-KQYZ200101033.htm

Qudah, S., Harrison, A., & Huggett, R. (1991). Soft lining materials in prosthetic dentistry: a review. *PubMed*, 3(5), 477–483. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2088386>

Safari, S., Barani, M., & Sadrmohammadi, R. (2024). “Antimicrobial properties of tissue conditioner modified with chitosan and green-synthesized silver nanoparticles: a promising approach for preventing denture stomatitis.” *BMC Oral Health*, 24(1), 146. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03880-z>

Saitoh, S., Sasaki, K., Nezu, T., & Taira, M. (2010). Viscoelastic behavior of commercially available tissue conditioners under compression. *Dental Materials Journal*, 29(4), 461–468. <https://doi.org/10.4012/dmj.2009-130>

Silva, W. J. da, Gonçalves, L. M., Viu, F. C., Leal, C. M. B., Rizzatti-Barbosa, C. M., & Cury, A. A. D. B. (2016). Surface roughness influences Candida albicans biofilm formation on denture materials. *Revista Odonto Ciência*, 31(2), 54. <https://doi.org/10.15448/1980-6523.2016.2.15324>

Tari, B. F., Nalbant, D., Doğruman-Al, F., & Kuştımur, S. (2007). Surface Roughness and Adherence of Candida Albicans on Soft Lining Materials as Influenced by Accelerated Aging. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 8(5), 18–25. <https://doi.org/10.5005/jcdp-8-5-18>

- Tuğut, F., Koyu, T. Çe, & Turkyilmaz, O. (2024). Comparison of Bond Strength of Soft Denture Liner on the Denture Base Materials Produced by Different Methods and Effect of Thermocycling. *Journal of Advanced Oral Research*, 15(2), 124–130. <https://doi.org/10.1177/23202068241269854>
- Vuksic, J., Pilipović, A., Perićić, T. P., & Kranjčić, J. (2023). Tensile Bond Strength between Different Denture Base Materials and Soft Denture Liners. *Materials*, 16(13), 4615. <https://doi.org/10.3390/ma16134615>
- Yanıkoglu, N., & Duymuş, Z. Y. (2004). Comparative Study of Water Sorption and Solubility of Soft Lining Materials in the Different Solutions. *Dental Materials Journal*, 23(2), 233–239. <https://doi.org/10.4012/dmj.23.233>
- Yin, L. (2006). Clinical evaluation of soft denture liner material on satisfaction of complete denture. *Chinese Journal of Prosthodontics*. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-KHXF200604001.htm

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA
GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

yaz
yayınları

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