

DOI: 10.5281/zenodo.23531978

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA GÜNCEL GELİŞMELER VE TEMATİK İNCELEMELER

Editör

Doç. Dr. Doğan Ilgaz Kaya

Protetik Diş Tedavisi Alanında Güncel Gelişmeler ve Tematik İncelemeler

Editör

Doç. Dr. Doğan Ilgaz Kaya

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Doç. Dr. Doğan Ilgaz Kaya

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Ekim, 2026

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-8464-75-7

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskita@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
İmplant Abutmentlerinde Tasarım, Yüzey Özellikleri ve Materyal Seçiminin Peri-İmplant Doku Sağlığı Üzerine Etkisi	
Nur Sena Alioğlu Koparal	
İsmail Tekbaş	
BÖLÜM 2.....	27
İmplant Destekli Hareketli Protezlerde Ataşman Seçimi: Klinik Karar Kriterleri ve Güncel Literatür İncelemesi	
Egemen Sezen	
BÖLÜM 3.....	55
İmplant Üstü Sabit Restorasyonlarda Güncel Protez Tasarım Yaklaşımları	
Mehmet Ate	
Ceyda Akın	
BÖLÜM 4.....	99
Atrofik Maksillada Protetik Planlama: Geleneksel Yaklaşımlardan İmplant Destekli Dijital Rehabilitasyonlara Güncel Tedavi Seçenekleri	
Şeyda Sultan Sert	
Hilal Ok Bostan	
BÖLÜM 5.....	117
Merve Ünal	117
BÖLÜM 6.....	129
Diş Hekimliği Eğitiminde Dijital Dönüşüm: Güncel Teknolojiler, Öğrenci Farkındalığı ve Eğitsel Entegrasyon	129
Fatmanur Çolak	129
BÖLÜM 7.....	141
Protetik Diş Tedavisinde UV Fotofonksiyonelleştirme: Güncel Restoratif Materyallerde Yüzey Aktivasyonu ve Adeziv Simantasyon	141
Habibe Öztürk Ulusoy	141
BÖLÜM 8.....	155
Bruksizmde Güncel Değerlendirme Yaklaşımları: 2025 Yeni Konsensusu	155
Simge Zeybek	155
Bengisu Yıldırım.....	155

BÖLÜM 9.....	177
Porselen Lamine Veneer.....	177
Restorasyonlarda Güncel Materyaller,.....	177
Dijital İş Akışları ve Klinik Başarı Kriterleri	177
Burcu Dereli İnan	177
BÖLÜM 10.....	213
Protetik Diş Tedavisinde.....	213
Üç Boyutlu Yazıcılar: Teknolojiler,.....	213
Materyaller ve Klinik Uygulamalar	213
Betül Arslan Acicbe	213
BÖLÜM 11	235
Biyolojik Oryante Preparasyon	235
Tekniği (BOPT): Sabit Protetik Restorasyonlarda Güncel	235
Bitiş Çizgisi Yaklaşımı.....	235
Deniz Yılmaz.....	235
Emine Dilara Çolpak.....	235
Ayşe Nur Üredi.....	235

BÖLÜM 1

**İmplant Abutmentlerinde Tasarım,
Yüzey Özellikleri ve Materyal Seçiminin
Peri-İmplant Doku Sağlığı Üzerine Etkisi**

***Nur Sena Alioğlu Koparal¹
İsmail Tekbaş²***

¹ Arş.Gör., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü, ORCID:0009-0008-7733-6879

² Uzm. Dt., Adıyaman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Bölümü. ORCID: 0009-0005-9973-6505

GİRİŞ

Dental implantlar, kısmi ve tam dişsizliklerin tedavisinde yüksek sağkalım oranlarıyla kullanılan öngörülebilir bir tedavi seçeneğidir. İmplant tedavisinin uzun dönem başarısı geleneksel olarak osseointegrasyon ve implant-kemik arayüzünün stabilitesi üzerinden değerlendirilmiş olsa da peri-implant yumuşak dokuların implant çevresinde oluşturduğu biyolojik bariyerin önemi giderek daha fazla vurgulanmaktadır. Peri-implant mukozanın abutment yüzeyine adaptasyonu ile oluşan bu bariyer, mikrobiyal geçiş ve inflamatuvar etkilere karşı alttaki dokuların korunmasına katkı sağlamaktadır (Alexander ve Liu, 2026). İmplant çevresinde doğal dişlere benzer şekilde suprakrestal doku atışımı oluşmakta ve bu yapının devamlılığı peri-implant sert dokuların stabilitesi açısından önem taşımaktadır. İmplant yerleştirilmesi ve abutment bağlantısını takiben bu doku kompleksinin oluşumu sırasında fizyolojik marjinal kemik yeniden şekillenmesi meydana gelebilmektedir (Tajti ve ark., 2024).

İmplant destekli restorasyonlarda abutment, implant ile protetik restorasyon arasındaki bağlantıyı sağlayan ve çiğneme kuvvetlerinin iletimine katılan transmukozal bir komponenttir. Bununla birlikte abutmentin işlevi yalnızca mekanik bağlantıyla sınırlı değildir. Peri-implant yumuşak dokuların doğrudan temas ettiği bu komponentin özellikleri, implant çevresindeki biyolojik ortam üzerinde de etkili olabilir. Abutment materyali ve yüzey mikrotopografisinin peri-implant yumuşak ve sert doku yanıtını etkileyebileceği bildirilmiş; farklı yüzey özelliklerinin epitelyal ve bağ dokusu komponentlerinin organizasyonu üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır (Sanz-Martín ve ark., 2018). Bununla birlikte mevcut klinik kanıtlar, abutment materyali, makroskopik tasarımı ve yüzey özelliklerinde yapılan değişikliklerin peri-implant dokular üzerindeki etkileri konusunda tamamen tutarlı değildir.

Abutmentin transmukozal bölümünün geometrik özellikleri de peri-implant dokularla kurulan ilişkinin bir parçasıdır. Özellikle abutment yüksekliği, suprakrestal doku atışımının oluşabileceği vertikal alanı etkileyebilecek protetik faktörlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Kısa abutmentlerin daha fazla marjinal kemik kaybıyla ilişkili olabileceğini bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte, literatürde farklı sonuçlar da mevcuttur (Tajti ve ark., 2024). Benzer şekilde restorasyonun abutmenttan ağız ortamına geçişini belirleyen çıkış profili ve çıkış açısı da peri-implant dokuların sağlığı açısından önem taşıyabilir. Protetik tasarımın oral hijyen uygulamalarını veya peri-implant yüzeylere profesyonel erişimi güçleştirmesi, uzun dönem doku sağlığını olumsuz etkileyebilecek bir faktör olarak tanımlanmıştır (Dixon ve London, 2019).

Bu bulgular, implant destekli restorasyonlarda abutment seçiminin yalnızca mekanik gereksinimler veya estetik beklentiler doğrultusunda değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Abutmentin tasarımı, transmukozal yüksekliği ve konturu ile materyal ve yüzey özellikleri, peri-

implant yumuşak doku integrasyonu ve marjinal kemik stabilitesini etkileyebilecek birbiriyle ilişkili faktörlerdir. Nitekim güncel literatürde materyal ve yüzey mühendisliğinin yanı sıra platform switching ve transmukozal abutment tasarımları da peri-implant yumuşak doku stabilitesini geliştirmeye yönelik yaklaşımlar arasında değerlendirilmektedir (Alexander ve Liu, 2026). Bu bölümde implant abutmentlerinin tasarım özellikleri, yüzey karakteristikleri ve materyal seçiminin peri-implant yumuşak ve sert dokular üzerindeki etkileri güncel klinik ve deneysel kanıtlar doğrultusunda ele alınacaktır.

ABUTMENT-PERİ-İMLANT DOKU İLİŞKİSİNİN BİYOLOJİK TEMELLERİ

Peri-implant Suprakrestal Doku Ataşmanı

Peri-implant suprakrestal doku ataşmanı, implantın transmukozal komponenti çevresinde oluşan epitelyal ve bağ dokusu bileşenlerinden meydana gelir. Bu yapı, oral çevre ile alttaki peri-implant dokular arasında biyolojik bir bariyer oluşturarak peri-implant doku bütünlüğünün korunmasında önemli rol oynar. Histolojik olarak suprakrestal yumuşak doku kompleksi, peri-implant sulkusun apikalinde yer alan epitelyal komponent ile bunun altında bulunan suprakrestal bağ dokusu bölgesinden oluşmaktadır. Literatürde epitelyal komponentin yaklaşık 1,2–2,0 mm, bağ dokusu komponentinin ise yaklaşık 1,0–1,5 mm arasında değişebildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu boyutlar sabit değerler olarak değerlendirilmemeli; iyileşme süreci ve implant-protetik koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebilen biyolojik bir yapı olarak ele alınmalıdır (Abrahamsson ve ark., 1996).

Peri-implant suprakrestal dokuların organizasyonu doğal diş çevresindeki periodontal ataşmandan bazı önemli farklılıklar göstermektedir. Doğal dişlerde bağ dokusu kollajen lifleri sement yüzeyine dik olarak tutunurken, implant çevresinde bu tür bir fibröz insersiyon bulunmamakta ve kollajen lifleri çoğunlukla implant veya abutment yüzeyine paralel seyretmektedir (Berglundh ve ark., 1991; Buser ve ark., 1992). Ayrıca peri-implant bağ dokusunun doğal periodontal dokulara kıyasla daha düşük hücresellik ve vaskülarizasyona sahip olduğu bildirilmiştir (Ivanovski ve Lee ,2018). Periodontal ligament kaynaklı vasküler desteğin bulunmaması da bu yapısal farklılığa katkıda bulunmaktadır. Bu özellikler nedeniyle peri-implant mukozal bariyer, doğal diş çevresindeki periodontal ataşma göre daha düşük mekanik dirence sahip bir yumuşak doku bariyeri niteliğindedir (Laleman ve Lambert).

Suprakrestal doku ataşımının yapısal özellikleri aynı zamanda implant çevresindeki kemik seviyeleriyle de ilişkilidir. Epitelyal ve bağ dokusu komponentlerinin konumu ve boyutlarının implant çevresinde meydana gelen kemik yeniden şekillenmesini etkileyebileceği bildirilmiş; abutment bağlantısını takiben oluşan suprakrestal doku boyutları ile marjinal kemik remodelingi arasında ilişki olduğu gösterilmiştir (Abrahamsson ve ark., 2002; Schwarz ve

ark., 2013) Güncel insan histolojik verileri de abutment çevresindeki suprakrestal kompleksin dinamik bir yapı olduğunu desteklemektedir. Camacho-Alonso ve ark. (2025) tarafından gerçekleştirilen randomize klinik çalışmada, abutment geometrisine bağlı olarak toplam peri-implant yumuşak doku yüksekliği ve bariyer epiteli uzunluğunda farklılıklar saptanırken, suprakrestal bağ dokusu yüksekliğindeki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca kollajen liflerinin yöneliminde de abutment tasarımına bağlı farklılıklar gözlenmiştir (Camacho-Alonso ve ark., 2025). Bu bulgular, suprakrestal doku atışımının yalnızca pasif bir anatomik bariyer olmadığını, transmukozal komponentin özelliklerine uyum gösterebilen biyolojik bir arayüz olduğunu düşündürmektedir.

Abutment–Yumuşak Doku Arayüzü

Abutment–yumuşak doku arayüzü, peri-implant mukozanın transmukozal protetik komponentle doğrudan temas ettiği ve biyolojik bariyerin devamlılığının sağlandığı bölgedir. Bu arayüzde epitel hücreleri ile bağ dokusu hücrelerinin abutment yüzeyiyle kurduğu ilişki, peri-implant yumuşak doku bütünlüğünün temelini oluşturur. Epitelyal bağlantı bazal lamina ve hemidesmozomal yapılar aracılığıyla gerçekleşmekle birlikte, doğal diş çevresindeki birleşim epiteline kıyasla implant yüzeyindeki hemidesmozomal bağlantının daha sınırlı olduğu bildirilmiştir. Bağ dokusu tarafında ise fibroblastların ekstrasellüler matriks proteinleriyle ilişkisi, kollajen sentezi ve organizasyonu arayüzün yapısal stabilitesine katkıda bulunmaktadır (Rompen ve ark., 2006; Atsuta ve ark., 2005).

Fibroblastların abutment yüzeyine adezyonu doğrudan yüzeye bağlanmadan önce protein ve ekstrasellüler matriks aracılı etkileşimlerle gerçekleşmektedir. Fibronectin, vitronectin, kollajen, laminin ve fibrin gibi matriks bileşenlerinin bu süreçte rol oynadığı; dolayısıyla abutment yüzeyinin hücrel adezyonu destekleyebilecek özelliklere sahip olmasının yumuşak doku entegrasyonu açısından önem taşıdığı bildirilmiştir. Bununla birlikte aynı transmukozal yüzey oral çevreye açık olduğundan, doku adezyonunu destekleyen bir yüzey ile mikrobiyal kolonizasyonun sınırlandırılması arasındaki denge önemlidir (Canullo ve ark., 2016; Susin ve ark., 2015). Bu biyolojik etkileşim yalnızca yüzeyle sınırlı olmayıp abutment tasarımı, materyali ve yüzey özellikleri gibi transmukozal komponentle ilişkili faktörlerden de etkilenebilmektedir (Borie ve ark., 2025).

Abutment yüzeyindeki hücrel ve matriks düzeyindeki bu etkileşimlerin klinik önemi, epitelin apikale göçünün sınırlandırılması ve bağ dokusu bariyerinin korunmasıyla ilişkilidir. İnsan çalışmalarında farklı abutment yüzeylerinin suprakrestal dokunun toplam boyutlarını belirgin biçimde değiştirmede, ancak epitelyal ve bağ dokusu komponentlerinin yüzeyle temas biçiminde farklılıklar oluşturabileceği gösterilmiştir. Örneğin Glauser ve ark.(2005) insan histolojik çalışmada düz, oksitlenmiş ve asitle

pürüzlendirilmiş yüzeyler arasında biyolojik genişliğin toplam boyutları benzer bulunurken, birleşim epiteli düz titanyum yüzeylerde daha uzun bulunmuştur. Deneysel çalışmalarda ise mikro-yivli yüzeylerin daha uzun bağ dokusu bağlantısıyla ilişkilendirilebildiği bildirilmiştir (Iglhaut ve ark., 2013; Kim ve ark., 2010).

ABUTMENT TASARIMININ PERİ-İMLANT DOKULAR ÜZERİNE ETKİSİ

Abutment Morfolojisi ve Transmukozal Kontur

Abutmentin transmukozal morfolojisi, peri-implant yumuşak dokuların implant platformu üzerinde organize olabileceği alanı etkileyen protetik değişkenlerden biridir. Özellikle daha dar ve konkav konturların yumuşak doku için daha fazla alan oluşturabileceği ve daha düşük marjinal kemik kaybıyla ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Bernabeu-Mira ve ark., 2023; Canullo ve ark., 2020). Bu ilişkinin histolojik karşılığı Camacho-Alonso ve ark. (2025) tarafından aynı yükseklik, bağlantı tasarımı ve yüzey özelliklerine sahip 3 mm'lik konkav ve silindirik abutmentlerin karşılaştırıldığı çok merkezli, split-mouth randomize klinik çalışmada incelenmiştir. On iki haftalık iyileşme sonunda konkav abutmentler çevresinde toplam yumuşak doku yüksekliği silindirik tasarıma göre daha fazla bulunmuş ($3,57\pm0,28$ mm ve $2,95\pm0,27$ mm); bu farklılığın özellikle bariyer epitelinin daha uzun olmasından kaynaklandığı gösterilmiştir. Konkav tasarımda ayrıca transvers/dik yönelimli kollajen liflerinin oranı daha yüksek ve inflamatuvar-vasküler yoğunluk daha düşük bulunmuştur (Camacho-Alonso ve ark., 2025).

Konkav transmukozal konturun marjinal kemik üzerindeki etkisi daha uzun takip süresine sahip klinik verilerle de değerlendirilmiştir. Daha önce gerçekleştirilen randomize klinik çalışmaların bir kısmında konkav veya daha dar abutmentlerle daha düşük marjinal kemik kaybı bildirilirken, bazı çalışmalarda anlamlı bir farklılık gösterilememiştir (Bernabeu-Mira ve ark., 2023; Pérez-Sayans v ark., 2022) Seijas Naya ve ark. (2026) tarafından gerçekleştirilen 24 aylık randomize klinik çalışmada ise konkav abutment grubunda düz abutmentlere kıyasla anlamlı olarak daha düşük marjinal kemik kaybı saptanmış ve bu avantajın erken dönemde ortaya çıkarak takip süresince devam ettiği gösterilmiştir. Buna karşın 24. ayda plak, kanama ve sondalama derinliği gibi klinik periodontal parametrelerde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Dolayısıyla mevcut bulgular konkav transmukozal morfolojinin yumuşak doku organizasyonu ve marjinal kemik stabilitesi açısından avantaj sağlayabileceğini düşündürmekle birlikte, randomize klinik çalışmaların sınırlı olması nedeniyle bu tasarımın genel bir üstünlük olarak değerlendirilmesi için daha fazla uzun dönem veriye ihtiyaç vardır (Canullo ve ark., 2020; Seijas Naya ve ark., 2026).

Abutment Yüksekliği

Abutment yüksekliği, implant–restorasyon kompleksinde suprakrestal dokuların organize olabileceği vertikal alanı belirleyen ve marjinal kemik remodelingiyle ilişkilendirilen önemli bir protetik değişkendir. Önceki çalışmalarda kısa abutmentlerin daha fazla marjinal kemik kaybıyla ilişkili olabileceği bildirilmiş olmakla birlikte, sonuçlar tamamen tutarlı değildir; dokuz yıllık prospektif bir çalışmada kısa abutmentlerle daha fazla kemik kaybı bildirilirken, bir randomize klinik çalışmada farklı abutment yükseklikleri arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Linkevicius ve ark., 2022; Vervaeke ve ark., 2016). Ayrıca önceki sistematik derleme ve meta-analizlerde uzun abutmentlerin daha düşük marjinal kemik kaybıyla ilişkili olduğu belirtilmiş, ancak çalışmaların tasarımı ve tekrarlanan hasta grupları gibi metodolojik sorunlar kanıtın gücünü sınırlandırmıştır (Chen ve ark., 2019; Del Amo ve ark., 2022).

Daha güncel klinik veriler bu ilişkiyi desteklemektedir. Quispe-Lopez ve ark. (2024), 71 implantı iki yıl izledikleri klinik çalışmada <2 mm'lik kısa ve >2 mm'lik uzun abutmentleri karşılaştırmış ve kemik remodelinginin en güçlü belirleyicisinin abutment yüksekliği olduğunu göstermiştir ($\beta=-0,43$); marjinal kemik kaybı da abutment yüksekliğiyle bağımsız olarak ilişkili bulunmuştur ($\beta=-0,37$). En düşük marjinal kemik kaybı yaklaşık 2 mm subkrestal yerleştirilen ve uzun abutment kullanılan implantlarda gözlenmiştir (Quispe-Lopez ve ark., 2024). Uzun dönem sonuçlarda ise Muñoz ve ark. (2025), 1 mm ve 3 mm definitif abutmentleri karşılaştıran yedi yıllık randomize klinik çalışmalarında 3 mm'lik abutment grubunda daha sınırlı marjinal kemik değişimi bildirmiştir. Bununla birlikte peri-implantitis sıklığı açısından gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olmadığından, daha uzun abutment kullanımının peri-implantitis üzerinde koruyucu bir etkisi olduğu sonucuna varılamamıştır (Muñoz ve ark., 2025).

Abutment Çapı ve Platform İlişkisi

Abutment çapının implant platformundan daha dar seçilmesiyle oluşturulan platform switching, implant–abutment birleşimini marjinal kemikten horizontal yönde uzaklaştırmayı amaçlayan bir tasarım yaklaşımıdır (Laleman ve Lambert, 2023). Bu tasarımın olası biyolojik etkisi; implant–abutment birleşimindeki inflamatuvar hücre infiltrasyonunun marjinal kemikten laterale taşınması, abutment çevresinde kollajen liflerin sirküler organizasyonunun desteklenmesi ve servikal kemik bölgesindeki mekanik stres dağılımının değişmesiyle açıklanmıştır (Rompen, 2012; Rodríguez ve ark., 2016). Klinik kanıtları değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizlerde de platform-switched implantlarda krestal kemiğin daha stabil olabileceği bildirilmiştir (Caricasulo ve ark., 2018; Soliman ve ark., 2021). Bununla birlikte platform switching ile bağlantı geometrisinin etkilerini birbirinden ayırmak güçtür; çünkü internal konik

bağlantılar sıklıkla platform switching özelliğini birlikte taşımakta ve bu değişkenleri aynı bağlantı sistemi içerisinde karşılaştıran çalışmalar sınırlı kalmaktadır (Hsu ve ark., 2016).

Platform switching kavramından bağımsız olarak abutment çapının tek başına etkisini değerlendiren klinik kanıt ise daha sınırlıdır. Liñares ve ark. (2025), 12 aylık randomize kontrollü çalışmalarında aynı 3 mm yüksekliğe sahip 2,9 mm dar ve 4,1 mm standart çaplı definitif abutmentleri karşılaştırmıştır; tüm implantlar 1 mm subkrestal yerleştirilmiş ve “one abutment–one time” protokolü uygulanmıştır. On iki ay sonunda marjinal kemik seviyesindeki değişim dar abutment grubunda $0,16\pm0,31$ mm, standart çap grubunda $0,21\pm0,34$ mm olarak ölçülmüş ve gruplar arasındaki 0,051 mm'lik fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Sondalama derinliği ve çekilme dahil değerlendirilen klinik parametrelerde de gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır (Liñares ve ark., 2025). Bu bulgular, platform switching'in marjinal kemik stabilitesine ilişkin olası etkisinin yalnızca abutment çapının azaltılmasına bağlanamayacağını; bağlantı geometrisi, platform ilişkisi ve transmukozal tasarımın birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

ABUTMENT VE RESTORATİF ÇIKIŞ PROFİLİNİN PERİ-İMLANT DOKULARA ETKİSİ

Çıkış Profili ve Çıkış Açısı

İmplant destekli restorasyonlarda çıkış profili, restorasyonun implant platformundan başlayarak transmukozal bölgedeki konturunu; çıkış açısı ise implantın uzun eksenine ile restoratif yüzey arasındaki açıyı ifade etmektedir (Dixon ve London, 2019). Ayrıca restoratif tasarımın günlük oral hijyeni veya peri-implant yüzeylerin profesyonel değerlendirilmesini güçleştirmesi peri-implant sağlık açısından olumsuz bir faktör olarak değerlendirilmiştir (Dixon ve London, 2019). Katafuchi ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen özgün çalışmada ise bone-level implantlarda çıkış açısı $\leq 30^\circ$ olduğunda peri-implantitis prevalansı %15,1 iken, $>30^\circ$ olduğunda %31,3 olarak bildirilmiştir. Aynı çalışmada konveks çıkış profiline sahip bone-level implantlarda prevalans %28,8, konkav veya düz profillerde %16,3 olarak saptanmıştır (Katafuchi ve ark., 2018).

Yi ve ark. (2020) tarafından 349 implantın değerlendirildiği kesitsel çalışmada da çıkış açısı ile peri-implantitis arasında belirgin bir ilişki bildirilmiştir. Çıkış açısı $<30^\circ$ olan restoratif yüzeylerde peri-implantitis prevalansı %8,5 iken, $\geq 30^\circ$ olan yüzeylerde bu oran %46,6 olarak saptanmıştır (Yi ve ark., 2020). Çıkış profilinin de bu ilişkiye katkıda bulunabileceği görülmüş; konveks profiller peri-implantitis ile daha sık ilişkilendirilirken, özellikle geniş çıkış açısı ile konveks profilin birlikte bulunmasının olumsuz sonuçlarla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Yi ve ark., 2020). Bununla birlikte mevcut kanıtlar bu protetik özelliklerle peri-implantitis arasında nedensel bir ilişki kurmak için yeterli değildir. Soulamı ve

ark. (2022) sistematik derlemelerine yalnızca üç çalışma dahil edebilmiş, çalışmalar arasındaki heterojenlik nedeniyle meta-analiz gerçekleştirilememiş ve yanlılık riski orta-yüksek olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle 30°'nin üzerindeki çıkış açısı ve konveks çıkış profili, özellikle bone-level implantlarda dikkate alınması gereken protetik özellikler olmakla birlikte, 30° değeri kesin bir biyolojik eşik olarak değerlendirilmemelidir (Soulami ve ark., 2022).

Abutment Yüksekliği ile Çıkış Açısının Birlikte Değerlendirilmesi

Abutment yüksekliği ve restoratif çıkış açısı, peri-implant dokular açısından birbirinden bağımsız değil, implantın apikokoronal konumuyla ilişkili iki protetik parametre olarak değerlendirilmelidir. Daha yüzeysel implant konumunda restorasyon için kullanılabilecek transmukozal mesafenin azalması daha kısa abutment ve daha geniş bir kron çıkış açısını gerektirebilirken, daha derin konum daha uzun abutment ve daha kademeli bir restoratif geçişe olanak sağlayabilmektedir. Önceki klinik çalışmalarda >2 mm transmukozal abutment yüksekliğinin daha düşük marjinal kemik kaybıyla ilişkili olduğu bildirilirken (De Siqueira ve ark., 2020; Borges ve ark., 2021), >30° restoratif çıkış açısı da peri-implantitis ile ilişkili bir protetik özellik olarak tanımlanmıştır (Katafuchi ve ark., 2018; Yi ve ark., 2020; Majzoub ve ark., 2021). Bununla birlikte, bu iki değişkenin birlikte değerlendirilmesi önemlidir; çünkü çıkış açısının marjinal kemik üzerindeki etkisinin abutment için mevcut transmukozal mesafeye göre değişebileceği öne sürülmektedir. Nitekim $\geq 30^\circ$ çıkış açısının bone-level implantlarda daha fazla marjinal kemik kaybıyla ilişkisi Majzoub ve ark. (2021) ve Yi ve ark. (2020) tarafından bildirilirken, Strauss ve ark. (2022) bu ilişkinin ilk yılda anlamlı olduğunu ancak 5 yıllık takipte devam etmediğini göstermiştir (Majzoub ve ark., 2021; Strauss ve ark., 2022; Yi ve ark., 2020).

Bu iki protetik değişkenin kombine etkisini doğrudan inceleyen Misch ve ark. (2025), 119 hastadaki 192 bone-level implantı abutment yüksekliği için 2 mm, restoratif çıkış açısı için 30° sınırlarını kullanarak dört grupta değerlendirmiştir. En yüksek ortalama marjinal kemik kaybı kısa abutment ve geniş çıkış açısının (<2 mm/ $\geq 30^\circ$) birlikte bulunduğu grupta $0,79 \pm 1,02$ mm olarak saptanmış; bu değer uzun abutment/dar açı, uzun abutment/geniş açı ve kısa abutment/dar açı gruplarından sırasıyla 0,48, 0,43 ve 0,25 mm daha fazla bulunmuştur. Uzun abutment kullanılan <30° ve $\geq 30^\circ$ grupları arasında ise anlamlı fark saptanmamıştır. Ayrıca abutment yüksekliğindeki her 1 mm artış, marjinal kemik kaybı görülme olasılığında %37 azalma ile ilişkili bulunmuş; <2 mm abutment ve $\geq 30^\circ$ çıkış açısı kombinasyonunda peri-implantitis olasılığı >2 mm abutment ve $\geq 30^\circ$ çıkış açısı grubuna göre yaklaşık dört kat daha yüksek saptanmıştır (OR=4,19; p=0,013). Bu sonuçlar, geniş çıkış açısının olumsuz etkisinin özellikle kısa transmukozal abutment varlığında belirginleşebileceğini, dolayısıyla restoratif konturun planlanmasında çıkış açısının tek başına değil mevcut

abutment yüksekliğiyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir (Misch ve ark., 2025).

ABUTMENT YÜZEY ÖZELLİKLERİ VE PERİ-İMLANT DOKU YANITI

Yüzey Pürüzlülüğü ve Topografisi

Abutment yüzeyinin pürüzlülüğü ve mikrotopografisi, transmukozal bölgede yumuşak doku organizasyonunu etkileyebilecek özellikler arasında yer almaktadır. İnsan histolojisinde turned, okside ve asitle pürüzlendirilmiş titanyum abutmentlerin karşılaştırıldığı çalışmada toplam biyolojik genişlik yüzeyler arasında yaklaşık olarak benzer bulunurken, birleşim epiteli düz titanyum yüzeylerde 2,9 mm, pürüzlü yüzeylerde ise 1,4–1,6 mm olarak ölçülmüştür (Glauser ve ark., 2005). Bununla birlikte, yüzey pürüzlülüğünün yumuşak doku atışımına etkisine ilişkin histolojik kanıtlar tutarlı değildir. Turned ve asitle pürüzlendirilmiş titanyum abutmentlerin karşılaştırıldığı deneysel çalışmada yumuşak doku adezyonunun yüzey pürüzlülüğünden anlamlı olarak etkilenmediği bildirilirken (Abrahamsson ve ark., 2002), diğer hayvan ve insan histolojisi çalışmalarında orta derecede pürüzlü yüzeylerin yumuşak doku integrasyonu açısından yararlı olabileceği gösterilmiştir (Glauser ve ark., 2005; Hermann ve ark., 2011; Schwarz ve ark., 2013).

Bu histolojik bulguların klinik peri-implant parametrelere yansıdığına ilişkin kanıt ise oldukça sınırlıdır. Sanz-Martín ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen sistematik derlemede yüzey topografisi yalnızca tek araştırmanın iki yayınıyla değerlendirilmiş; turned ve rough titanyum abutmentleri karşılaştıran bu çalışmalarda sondalamada kanama (BOP) açısından anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,242$). PPD açısından da anlamlı fark gösterilmemiştir (ortalama fark 0,35 mm; $p=0,298$); yüzey topografisi için marjinal kemik seviyelerine ilişkin meta-analiz ise gerçekleştirilememiştir. Yazarlar da yüzey topografisi alt analizinin tek bir araştırmaya dayanması nedeniyle güçlü bir sonuca ulaşamayacağını özellikle vurgulamıştır (Sanz-Martín ve ark., 2018). Bu nedenle mevcut klinik kanıtlar, abutment yüzey pürüzlülüğünün artırılmasının peri-implant doku sağlığı açısından doğrudan bir üstünlük sağladığını göstermemektedir.

Abutment Yüzey Modifikasyonları

Transmukozal abutment yüzeylerinde yapılan modifikasyonlar, yüzey kimyası, pürüzlülük ve ıslanabilirlik gibi özellikleri değiştirerek yumuşak doku–abutment arayüzünü geliştirmeyi amaçlamaktadır. Titanyum dioksit (TiO_2) esaslı yüzeylerde anodizasyon, oksidasyon, sol-jel kaplama, mikroark oksidasyon (MAO), TiOblast ve lazer uygulamaları gibi farklı yöntemler kullanılmıştır. İn vivo çalışmaları değerlendiren sistematik derlemede, 0,2–0,5 μm pürüzlülüğe sahip TiO_2 kaplı yüzeylerin yumuşak doku adezyonunu destekleyebileceği, özellikle MAO ve sol-jel yöntemiyle oluşturulan TiO_2 yüzeylerin işlenmiş

kaplamasız yüzeylere göre daha iyi yumuşak doku atışımı gösterebildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte anodize titanyum abutmentların klinik ve histolojik sonuçları konvansiyonel işlenmiş yüzeylerle genel olarak benzer bulunmuştur (Areid ve ark., 2024).

Yüzey modifikasyonunun biyolojik etkisi kullanılan yöntemle göre farklılık gösterebilmektedir. Sol-jel ile oluşturulan TiO_2 yüzeylerde doğrudan yumuşak doku atışımını destekleyen bulgular bildirilirken (Paldan ve ark., 2008; Areva ve ark., 2004), lazerle oluşturulan yüzeylerin kemik ve gingival bağ dokusu yanıtı üzerindeki etkileri de araştırılmıştır (Fukayo ve ark., 2016). Farklı yüzey modifikasyonlarının oluşturduğu yüzey özellikleri ve biyolojik yanıtlar arasında önemli farklılıklar bulunması nedeniyle, optimal TiO_2 kaplama özelliklerinin henüz kesin olarak tanımlanamadığı belirtilmektedir (Areid ve ark., 2024).

Yüzey Özelliklerinin Yumuşak Doku Atışımı ve İnflamasyon Üzerindeki Etkileri

Abutment yüzey özelliklerinin yumuşak doku atışımına etkisi, epitel ve bağ dokusu boyutlarının yanı sıra kollajen yoğunluğu ve inflamatuvar hücre varlığı üzerinden değerlendirilebilir. On hastada 40 implantın sekiz haftalık iyileşme sonrasında histolojik ve histomorfometrik olarak incelendiği çalışmada, anodize ve işlenmiş yüzeyler arasında biyolojik genişlik açısından benzer değerler elde edilirken, epitel uzunluğu sırasıyla 2,0 ve 1,5 mm, bağ dokusu kalınlığı ise 1,8 ve 2,3 mm olarak ölçülmüştür. Kollajen yoğunluğunun yüksek olduğu örneklerin oranı anodize yüzeylerde %92,9, işlenmiş yüzeylerde %62,5 olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır ($p=0,08$). Benzer şekilde vaskülarizasyon açısından da yüzeyler arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p=0,86$) (Dib-Zaitum ve ark., 2022).

Yüzey özelliklerindeki bu histolojik farklılıklar inflamatuvar yanıt açısından belirgin bir üstünlüğe dönüşmemiştir. Aynı çalışmada düşük inflamasyon oranı anodize yüzeylerde %78,6, işlenmiş yüzeylerde %62,5; yüksek inflamasyon oranı ise sırasıyla %21,4 ve %37,5 olarak belirlenmiş, ancak yüzeyler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p=0,42$) (Dib-Zaitum ve ark., 2022). Bu bulgu, daha geniş klinik kanıtlarla da uyumludur. Sanz-Martín ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde yüzey topografisi alt grubunda BOP açısından anlamlı fark saptanmamıştır (ortalama fark: %14,88; %95 GA: -10,06–39,82; $p=0,242$); ancak bu analiz yalnızca tek araştırmaya dayandığından sonuçların dikkatli yorumlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle yüzey özelliklerinin bağ dokusu organizasyonunu etkileyebileceğine ilişkin histolojik bulgular bulunmakla birlikte, belirli bir yüzey tipinin peri-implant inflamasyonun kontrolünde klinik üstünlük sağladığı henüz gösterilememiştir.

ABUTMENT MATERYALİNİN PERİ-İMLANT DOKULAR ÜZERİNE ETKİSİ

Titanyum Abutmentlar

Titanyum, yüksek biyouyumluluğu, mekanik dayanımı ve deformasyona karşı direnci nedeniyle implant abutmentlerinde uzun süredir temel materyal olarak kullanılmaktadır (Linkevicius ve Vaitelis, 2015). Titanyum yüzeyinde kendiliğinden oluşan stabil TiO_2 pasif tabakasının korozyon direncinin yanı sıra epitel hücrelerinin adezyonu ve peri-implant yumuşak doku yanıtında rol oynadığı bildirilmektedir (Aried ve ark., 2024). Bununla birlikte materyalin gri renginin özellikle ince mukozal fenotiplerde estetik dezavantaj oluşturabilmesi ve plak birikimi ile inflamatuvar yanıt konusundaki biyolojik kaygılar, zirkonya ve PEEK gibi alternatiflerin geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır (Jung ve ark., 2007; Tiskratok ve ark., 2026).

Klinik açıdan titanyum, alternatif abutment materyallerinin değerlendirildiği çalışmalarda karşılaştırma materyali olma özelliğini sürdürmektedir. Laleman ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, en az bir yıllık takip süresine sahip 12 çalışma değerlendirilmiş; titanyum ile zirkonya veya alümina abutmentlar arasında marjinal kemik seviyesi ve sondalama derinliği açısından bir yılda anlamlı farklılık saptanmamış ve benzer sonuçların beş yıllık takiplerde de korunduğu bildirilmiştir. İnsanlarda dört farklı abutment materyalini doğrudan karşılaştıran prospektif çalışmada da titanyum, zirkonya, feldspat seramik ve PEEK çevresinde üç aylık iyileşme sonrasında belirgin olumsuz yumuşak doku reaksiyonu görülmemiş; materyaller arasında klinik inflamasyon, sondalama derinliği ve marjinal kemik değişimleri bakımından belirgin farklılık saptanmamıştır (Enkling ve ark., 2022). Bu veriler titanyumun peri-implant dokular açısından öngörülebilir bir referans materyal olmayı sürdürdüğünü, ancak materyal seçiminin özellikle estetik gereksinimler ve mukozal özellikler dikkate alınarak yapılması gerektiğini göstermektedir.

Zirkonya Abutmentlar

Zirkonya abutmentlar, diş benzeri renkleri ve peri-implant mukozada oluşturdukları estetik görünüm nedeniyle özellikle estetik bölgede titanyuma alternatif olarak kullanılmaktadır. Titanyum ve zirkonya abutmentları doğrudan karşılaştıran 4 randomize ve 5 kontrollü klinik çalışmayı içeren sistematik derleme ve meta-analizde, zirkonya abutmentların peri-implant yumuşak doku rengi açısından titanyuma göre anlamlı üstünlük gösterdiği bildirilmiştir. Buna karşılık yumuşak doku resesyonu, sondalama derinliği, sondalamada kanama, marjinal kemik seviyesi ve hasta tarafından bildirilen sonuçlar açısından materyaller arasında anlamlı fark gösterilememiştir (Linkevicius ve Vaitelis, 2015). Hücresel düzeyde ise bazı çalışmalar zirkonya yüzeylerde oral epitel hücrelerinin adezyon ve proliferasyonunun arttığını ve bunun laminin-332 $\gamma 2$ ile integrin $\alpha 6 \beta 4$ ekspresyonundaki artışla ilişkili olduğunu bildirirken (Hu ve ark.,

2023; Meme ve ark., 2022), diğer çalışmalarda zirkonya ile titanyum arasında benzer hücresel yanıtlar elde edilmiştir (Lee ve ark.; 2019; Deng ve ark., 2022). Bu nedenle zirkonyanın yumuşak doku entegrasyonu açısından biyolojik avantajları olabileceğine ilişkin bulgular bulunmakla birlikte, bu avantajın bütün biyolojik ve klinik parametrelere genellenmesi uygun değildir.

Daha uzun takip sürelerini içeren klinik kanıtlar da bu ayrımı desteklemektedir. Laleman ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, titanyum ve zirkonya abutmentlar arasında bir yıllık takipte marjinal kemik seviyesi değişimi (MD: -0,24 mm; %95 GA: -0,65-0,16) ve sondalama derinliği (MD: -0,06 mm; %95 GA: -0,41-0,30) açısından anlamlı fark saptanmamış ve benzer sonuçların beş yıllık takiplerde de devam ettiği bildirilmiştir. Ayrıca biyolojik komplikasyonlar ve genel estetik sonuçlar bakımından da anlamlı farklılık gösterilememiştir (Laleman ve ark., 2023). Dolayısıyla mevcut klinik kanıtlar zirkonyanın özellikle peri-implant mukozal renk açısından avantaj sağlayabileceğini, ancak peri-implant doku sağlığının diğer klinik göstergeleri bakımından titanyuma karşı genel bir üstünlüğünün henüz ortaya konmadığını göstermektedir.

PEEK ve Diğer Alternatif Materyaller

Polietereterketon (PEEK), düşük yoğunluğu, elastik özellikleri ve biyouyumluluğu nedeniyle titanyum ve zirkonyaya alternatif transmukozal materyaller arasında değerlendirilmektedir. Bununla birlikte PEEK'in hidrofobik yüzey karakterinin hücre adezyonunu sınırlayabildiği ve bu nedenle yüzey modifikasyonlarının biyolojik performansın geliştirilmesinde önemli olabileceği belirtilmektedir. PEEK'in klinik kanıt düzeyinin titanyum ve zirkonyaya göre daha sınırlı olduğu da vurgulanmıştır (Tiskratok ve ark., 2026). Kontrollü prospektif insan çalışmasında PEEK abutmentlar, titanyum, zirkonya ve feldspat seramik ile karşılaştırılmış; üç aylık iyileşme sonunda PEEK dahil deneysel materyallerde belirgin inflamasyon artışı, daha derin sondalama değerleri veya artmış marjinal kemik kaybı saptanmamıştır (Enkling ve ark., 2022).

PEEK'in peri-implant suprakrestal dokuyla ilişkisine dair daha güncel insan histolojisi verileri de benzer yöndedir. Otuz implantta titanyum, dental rezin ve PEEK transmukozal iyileşme abutmentlarının sekiz hafta sonunda karşılaştırıldığı çalışmada toplam peri-implant suprakrestal doku yüksekliği sırasıyla $2,68 \pm 0,51$ mm, $2,66 \pm 0,47$ mm ve $2,32 \pm 0,55$ mm olarak ölçülmüş; sulkus, birleşim epiteli ve bağ dokusu komponentleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık gösterilememiştir. İnflamasyon skorları ve sekiz haftalık marjinal kemik değişimi de materyaller arasında benzer bulunurken, dental rezin grubunda supramukozal biyofilm görülme oranı %86,6 ile titanyum ve PEEK gruplarındaki %66,6 oranından anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,026$). Bu kısa dönem bulgular PEEK'in peri-implant dokularla biyolojik uyumluluğunu desteklemekle birlikte, çalışmanın sekiz haftalık takip süresi ve uzun dönem

klirik verilerin sınırlılığı nedeniyle PEEK'in konvansiyonel abutment materyallerine üstünlüğünden söz etmek için mevcut kanıtlar yeterli değildir (Borie ve ark., 2025).

Abutment Materyallerinin Karşılaştırmalı Klinik ve Biyolojik Sonuçları

Abutment materyallerinin karşılaştırıldığı klinik çalışmalar, materyal seçiminin peri-implant doku sağlığı üzerindeki etkisinin tek bir biyolojik parametre üzerinden değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir. Laleman ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, titanyum ile alternatif abutment materyalleri karşılaştırıldığında bir ve beş yıllık takiplerde marjinal kemik seviyesi, sondalama derinliği ve abutment sağkalımı açısından benzer sonuçlar elde edilmiş; çalışmaların çoğunda plak ve sondalamada kanama göstergeleri bakımından da anlamlı farklılık bildirilmemiştir. Zirkonya açısından bazı biyolojik farklılıklar bildirilmekle birlikte sonuçlar tutarlı değildir. Sanz-Martín ve ark. (2018) meta-analizinde zirkonya abutmentlarda titanyuma göre sondalamada kanama artışının daha düşük olduğu bildirilirken, marjinal kemik seviyelerinde materyale bağlı anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu nedenle zirkonyanın özellikle estetik ve bazı yumuşak doku parametrelerinde avantaj gösterebilmesine karşın, mevcut klinik veriler peri-implant doku sağlığı açısından titanyuma karşı genel bir biyolojik üstünlük ortaya koymamaktadır.

Alternatif materyallere ilişkin insan histolojisi verileri de benzer şekilde materyaller arasındaki farkların sınırlı olabileceğini göstermektedir. Borie ve ark. (2025), titanyum, PEEK ve dental rezin abutmentlar çevresinde sekiz haftalık iyileşme sonrasında peri-implant suprakrestal doku boyutları açısından anlamlı fark saptamamış, buna karşılık supramukozal biyofilm birikimini dental rezinde anlamlı derecede daha yüksek bulmuştur ($p=0,026$). Hücresel ve preklinik çalışmalar zirkonya ve PEEK için adezyon, proliferasyon ve yumuşak doku entegrasyonu açısından bazı olumlu sonuçlar bildirir de, çalışmalar arasında farklı veya benzer yanıtların bulunması ve PEEK'e ilişkin klinik verilerin daha sınırlı olması bu bulguların doğrudan uzun dönem klinik üstünlük olarak yorumlanmasını güçleştirmektedir (Tiskratok ve ark., 2026). Mevcut kanıtlar birlikte değerlendirildiğinde titanyum klinik açıdan öngörülebilir referans materyal olmayı sürdürürken, zirkonya özellikle estetik gereksinimlerin ön planda olduğu bölgelerde güçlü bir alternatif; PEEK ise umut verici ancak uzun dönem kanıtları daha sınırlı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

KLİNİK ABUTMENT SEÇİMİNDE BİYOLOJİK VE PROTETİK FAKTÖRLERİN BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ

Klinik abutment seçimi, tek bir tasarım veya materyal özelliğine dayandırılmamalı; implantın apiko-koronal konumu, mevcut peri-implant yumuşak doku boyutları ve restorasyon için gerekli transmukozal mesafe birlikte değerlendirilmelidir. İki yıllık klinik takipte 71 implantı değerlendiren Quispe-

Lopez ve ark. (2024), peri-implant kemik remodelingi üzerinde en güçlü belirleyicinin abutment yüksekliği olduğunu ($\beta = -0,43$), bunu implantın krestal konumu ($\beta = 0,34$) ve keratinize mukoza genişliğinin ($\beta = -0,22$) izlediğini bildirmiştir. Aynı çalışmada <2 mm abutmentlerle daha fazla kemik remodelingi gözlenirken, yaklaşık 2 mm subkrestal yerleştirilen implantların >2 mm abutmentlerle restore edildiği grupta en düşük marjinal kemik kaybı saptanmıştır (Quispe-Lopez ve ark., 2024). Bu nedenle abutment yüksekliğinin sabit bir eşik değer üzerinden değil, implantın vertikal pozisyonu ve mevcut suprakrestal doku yüksekliğinin sağladığı restoratif alanla birlikte değerlendirilmesi daha uygun görünmektedir.

Abutment yüksekliği belirlendikten sonra transmukozal kontur ve restorasyonun çıkış açısı da aynı planlamanın parçası olarak değerlendirilmelidir. Misch ve ark. (2025), kısa transmukozal abutmentlerde (<2 mm) marjinal kemik kaybının daha fazla olduğunu ve $\geq 30^\circ$ restoratif çıkış açısı ile daha fazla kemik kaybı arasındaki ilişkinin özellikle bu grupta belirginleştiğini bildirmiştir. Bununla birlikte abutment yüksekliği ile çıkış açısı arasındaki formal etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmaması ($p=0,276$), bu iki değişkenin kesin bir eşik kombinasyonu olarak yorumlanmasını sınırlandırmaktadır. Abutment morfolojisine ilişkin güncel klinik veriler ise konkav tasarımın bazı koşullarda avantaj sağlayabileceğini göstermektedir. Seijas Naya ve ark. (2026) tarafından 68 implantın değerlendirildiği randomize klinik çalışmada, konkav abutment grubunda 24 ay sonunda düz abutmentlere göre daha az marjinal kemik kaybı saptanmış; ancak periodontal klinik parametreler ve implant stabilitesi açısından gruplar arasında anlamlı farklılık görülmemiştir. Abutment çapını değerlendiren randomize klinik çalışmada ise aynı yükseklikteki (3 mm) dar (2,9 mm) ve standart çaplı (4,1 mm) abutmentler arasında 12 aylık marjinal kemik seviyeleri, klinik parametreler, estetik değerlendirmeler ve biyolojik veya mekanik komplikasyonlar açısından anlamlı fark bulunmamıştır (Seijas Naya ve ark., 2026). Bu bulgular, klinik abutment seçiminde tek bir morfoloji veya çapın tüm olgular için üstün kabul edilmesinden ziyade, mevcut transmukozal mesafe, peri-implant doku boyutları ve restorasyon için gerekli çıkış konturunun birlikte değerlendirilmesini desteklemektedir.

MEVCUT KANITLARIN SINIRLILIKLARI VE GELECEK PERSPEKTİFLER

Abutment tasarımına ilişkin klinik kanıtların yorumlanmasındaki temel güçlük, peri-implant doku yanıtını etkileyebilecek değişkenlerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmesinin zor olmasıdır. Abutment yüksekliği, implantın vertikal konumu, yumuşak doku fenotipi ve restoratif çıkış geometrisi aynı klinik durumda birlikte değişebilmektedir. Nitekim Quispe-Lopez ve ark. (2024), implantların krestal konumlarının randomize edilmemesini ve oral hijyen, kron/implant oranı ile restoratif çıkış açısı gibi olası etkileyicilerin analiz

edilmemesini çalışmalarının sınırlılıkları arasında bildirmiştir. Gelecekte bu değişkenlerin aynı modeller içerisinde değerlendirilmesi ve peri-implant yumuşak dokuların standartlaştırılmış dijital volumetrik yöntemlerle izlenmesi, abutment özellikleri ile sert ve yumuşak doku değişimleri arasındaki ilişkinin daha doğru belirlenmesini sağlayabilir (Quispe-Lopez ve ark., 2024). Abutment morfolojisi açısından da sonuçlar henüz tam olarak tutarlı değildir; randomize klinik çalışmaların bir kısmında dar veya konkav tasarımlar lehine farklılık bildirilirken diğerlerinde benzer sonuçların elde edilmiş olması, belirli bir morfolojinin tüm klinik durumlar için üstün kabul edilmesini güçleştirmektedir (Camacho-Alonso ve ark., 2025).

Materyal ve yüzey özelliklerine ilişkin kanıtların değerlendirilmesinde, çalışmaların takip süreleri ve deneysel protokolleri arasındaki farklılıklar önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Titanyum ve zirkonya için klinik veriler daha kapsamlı olmakla birlikte, PEEK gibi alternatif materyallere ilişkin insan çalışmaları daha sınırlıdır. Enkling ve ark. (2022), titanyum, zirkonya, feldspat seramik ve PEEK abutmentleri karşılaştırdıkları çalışmalarında yalnızca üç aylık iyileşme dönemini değerlendirmiş; ayrıca bazı deneysel abutmentlerin kırılma, deformasyon veya mukozal ayrılma nedeniyle analiz dışı kalması örneklem kaybına yol açmıştır. Benzer şekilde, implant–abutment bağlantısının yumuşak dokular üzerindeki etkisini değerlendiren insan histolojisi çalışmalarında kesitsel tasarım ve moleküler ya da immünohistokimyasal analizlerin bulunmaması, daha küçük biyolojik farklılıkların belirlenmesini sınırlandırabilmektedir. Bu alanda longitudinal çalışmaların inflamatuvar biyobelirteçler, biyomekanik değerlendirmeler ve krestal kemik ölçümleriyle desteklenmesi önerilmektedir (de Castro ve ark., 2026). Ayrıca abutment yüksekliği, implantın vertikal konumu, yumuşak doku fenotipi ve restoratif değişkenlerin aynı modeller içerisinde değerlendirilmesi ve peri-implant yumuşak dokuların standartlaştırılmış dijital yöntemlerle izlenmesi, bu faktörlerin sert ve yumuşak dokular üzerindeki bağımsız etkilerinin daha doğru belirlenmesine katkı sağlayabilir (Quispe-Lopez ve ark., 2024).

SONUÇ

İmplant abutmentleri, yalnızca mekanik bağlantı sağlayan bir komponent olmanın ötesinde, peri-implant yumuşak ve sert doku sağlığını doğrudan etkileyen transmukozal bir arayüzdür. Mevcut klinik ve histolojik kanıtlar, abutment yüksekliği, morfolojisi, çıkış profili, yüzey özellikleri ve materyal seçiminin peri-implant doku yanıtını farklı düzeylerde etkileyebileceğini göstermektedir. Abutment yüksekliği, marjinal kemik remodelinginin en güçlü belirleyicilerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Kısa abutmentler (<2 mm), özellikle yetersiz transmukozal mesafe ve geniş restoratif çıkış açısı ($\geq 30^\circ$) ile bir arada kullanıldığında daha fazla kemik kaybı ve peri-implantitis riski ile ilişkilendirilmektedir. Buna karşılık, yeterli yüksekliğe sahip abutmentler, geniş

çıkış açısının olumsuz etkisini kısmen dengeleyebilmektedir. Konkav transmukozal morfoloji, yumuşak doku organizasyonu ve erken dönem marjinal kemik stabilitesi açısından avantajlı olabileceğini gösteren randomize klinik veriler sunmakla birlikte, bu avantajın uzun dönem klinik parametrelere ve tüm hasta gruplarına genellenmesi için daha fazla kanıtı ihtiyaç vardır. Materyal seçiminde titanyum, öngörülebilir biyolojik yanıtı nedeniyle referans materyal olmayı sürdürmektedir. Zirkonya, özellikle estetik bölgede peri-implant mukoza rengi açısından üstünlük sağlarken, klinik inflamasyon, sondalama derinliği ve marjinal kemik seviyeleri bakımından titanyuma belirgin bir üstünlük göstermemektedir. PEEK gibi alternatif materyaller kısa dönem histolojik ve klinik verilerle umut verici olmakla birlikte, uzun dönem kanıtları henüz sınırlıdır. Yüzey pürüzlülüğü ve modifikasyonları, hücre adezyonu ve kollajen organizasyonu üzerinde histolojik düzeyde farklılıklar oluşturabilse de, bu farklılıkların klinik peri-implant sağlık göstergelerine tutarlı bir üstünlük olarak yansıdığı henüz netleştirilememiştir. Klinik pratikte abutment seçimi, tek bir tasarım veya materyal özelliğine indirgenmemelidir. İmplantın apiko-koronal konumu, mevcut suprakrestal doku yüksekliği, yumuşak doku fenotipi ve restoratif gereksinimler birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle kısa transmukozal mesafe varlığında geniş çıkış açısından kaçınılması ve mümkün olduğunca yeterli abutment yüksekliğinin sağlanması, peri-implant doku stabilitesini destekleyen temel protetik ilkeler arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, abutment tasarımı, yüzey özellikleri ve materyal seçimi peri-implant doku sağlığını etkileyebilecek önemli değişkenlerdir. Ancak mevcut kanıtların heterojenliği ve değişkenler arasındaki karmaşık etkileşimler nedeniyle, bu faktörlerin her klinik durumda aynı etkiyi göstermesi beklenmemelidir. Gelecekte, standardize edilmiş yöntemlerle yürütülecek uzun dönem randomize klinik çalışmalar ve histolojik veriler, abutment özelliklerinin bağımsız etkilerinin daha net ortaya konmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Abrahamsson, I., Berglundh, T., Wennström, J., & Lindhe, J. (1996). The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems: A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*, 7, 212–219.
- Abrahamsson, I., Zitzmann, N. U., Berglundh, T., Linder, E., Wennerberg, A., & Lindhe, J. (2002). The mucosal attachment to titanium implants with different surface characteristics: An experimental study in dogs. *Journal of Clinical Periodontology*, 29, 448–455.
- Alexander, R., & Liu, X. (2026). Soft tissue integration around dental implants: A pressing priority. *Biomaterials*, 324, 123491. doi:10.1016/j.biomaterials.2025.123491
- Areid, N., Abushahba, F., Shahramian, K., Närhi, T. O., & Riivari, S. (2024). TiO₂ coatings on titanium surfaces and their influence on peri-implant soft tissue: A systematic review of in vivo studies. *International Journal of Dentistry*, 2024, 9079673. doi:10.1155/2024/9079673
- Areva, S., Paldan, H., Peltola, T., Närhi, T., Jokinen, M., & Lindén, M. (2004). Use of sol-gel-derived titania coating for direct soft tissue attachment. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 70A(2), 169–178.
- Atsuta, I., Yamaza, T., Yoshinari, M., Goto, T., Kido, M. A., Kagiya, T., Mino, S., Shimono, M., & Tanaka, T. (2005). Ultrastructural localization of laminin-5 ($\gamma 2$ chain) in the rat peri-implant oral mucosa around a titanium-dental implant by immuno-electron microscopy. *Biomaterials*, 26(32), 6280–6287.
- Berglundh, T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello, C. P., Liljenberg, B., & Thomsen, P. (1991). The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clinical Oral Implants Research*, 2(2), 81–90. doi:10.1034/j.1600-0501.1991.020206.x
- Bernabeu-Mira, J. C., Peñarrocha-Diago, M., Viña-Almunia, J., Romero-Gavilán, F., Pérez-Sayans, M., & Peñarrocha-Oltra, D. (2023). Influence of abutment shape on peri-implant tissue conditions: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 34(10), 1015–1024. doi:10.1111/clr.14130
- Borges, T., Montero, J., Leitão, B., Pereira, M., & Galindo-Moreno, P. (2021). Periimplant bone changes in different abutment heights and insertion timing in posterior mandibular areas: Three-year results from a randomized prospective clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 32(2), 203–211. doi:10.1111/clr.13691
- Borie, M., Bosshardt, D., Liegeois, L., Lecloux, G., Haugen, H. J., Van Hede, D., & Lambert, F. (2025). Peri-implant supracrestal tissue characteristics related to abutment materials: A comparative histomorphometry study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 27, e70083. doi:10.1111/cid.70083

- Buser, D., Weber, H. P., Donath, K., Fiorellini, J. P., Paquette, D. W., & Williams, R. C. (1992). Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *Journal of Periodontology*, 63(3), 225–235. doi:10.1902/jop.1992.63.3.225
- Camacho-Alonso, F., Bernabeu-Mira, J. C., Sánchez, J., Buendía, A. J., Mercado-Díaz, A. M., Pérez-Sayáns, M., Pérez-Jardón, A., Somoza Martín, J. M., Montero, J., Gomez-Polo, C., Quispe-López, N., & Peñarrocha-Oltra, D. (2025). Histological and immunohistochemical soft-tissue response to cylindrical and concave abutments: Multicenter randomized clinical trial. *Journal of Periodontology*, 96, 418–428. doi:10.1002/JPER.24-0250
- Canullo, L., Genova, T., Tallarico, M., Gautier, G., Mussano, F., & Botticelli, D. (2016). Plasma of argon affects the earliest biological response of different implant surfaces: An in vitro comparative study. *Journal of Dental Research*, 95, 566–573.
- Canullo, L., Pesce, P., Patini, R., Antonacci, D., & Tommasato, G. (2020). What are the effects of different abutment morphologies on periimplant hard and soft tissue behavior? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Prosthodontics*, 33(3), 297–306. doi:10.11607/ijp.6577
- Caricasulo, R., Malchiodi, L., Ghensi, P., Fantozzi, G., & Cucchi, A. (2018). The influence of implant-abutment connection to peri-implant bone loss: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 20(4), 653–664. doi:10.1111/cid.12620
- Chen, Z., Lin, C. Y., Li, J., Wang, H. L., & Yu, H. (2019). Influence of abutment height on peri-implant marginal bone loss: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(1), 14–21.
- de Castro, D. S. M., de Matos, J. D. M., Lima, J. F. M., Lopes, G. R. S., Sinhoreti, M. A. C., Queiroz, D. A., & de Araújo, C. R. P. (2026). Histologic analysis of peri-implant soft tissue around external hexagon and Morse taper implant connections. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 18(4), e518–e523. doi:10.4317/jced.63947
- De Siqueira, R. A. C., Savaget Gonçalves Junior, R., Dos Santos, P. G. F., De Mattias Sartori, I. A., Wang, H., & Fontão, F. N. G. K. (2020). Effect of different implant placement depths on crestal bone levels and soft tissue behavior: A 5-year randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 31(3), 282–293. doi:10.1111/clr.13569
- Del Amo, F. S., Romero-Bustillos, M., Catena, A., Galindo-Moreno, P., Sanchez-Suarez, J. M., & Garaicoa-Pazmino, C. (2022). Effect of abutment height on marginal bone loss around dental implants: A systematic review. *International Journal of Prosthodontics*. doi:10.11607/ijp.8174

- Deng, Z., Liang, J., Fang, N., & Li, X. (2022). Integration of collagen fibers in connective tissue with dental implant in the transmucosal region. *International Journal of Biological Macromolecules*, 208, 833–843. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.03.195
- Dixon, D. R., & London, R. M. (2019). Restorative design and associated risks for peri-implant diseases. *Periodontology 2000*, 81(1), 167–178. doi:10.1111/prd.12290
- Enkling, N., Marder, M., Bayer, S., Götz, W., Stoilov, M., & Kraus, D. (2022). Soft tissue response to different abutment materials: A controlled and randomized human study using an experimental model. *Clinical Oral Implants Research*, 33, 667–679. doi:10.1111/clr.13932
- Fukayo, Y., Amemiya, T., Nakaoka, K., et al. (2016). Bone and gingival connective tissue responses towards nanosecond-pulsed laser-treated titanium implants. *Journal of Hard Tissue Biology*, 25(2), 181–194.
- Glauser, R., Schupbach, P., Gottlow, J., & Hammerle, C. H. (2005). Periimplant soft tissue barrier at experimental one-piece mini-implants with different surface topography in humans: A light-microscopic overview and histometric analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 7(Suppl 1), S44–S51.
- Hermann, J. S., Jones, A. A., Bakaeen, L. G., Buser, D., Schoolfield, J. D., & Cochran, D. L. (2011). Influence of a machined collar on crestal bone changes around titanium implants: A histometric study in the canine mandible. *Journal of Periodontology*, 82, 1329–1338.
- Hsu, Y. T., Chan, H. L., Rudek, I., et al. (2016). Comparison of clinical and radiographic outcomes of platform-switched implants with a rough collar and platform-matched implants with a smooth collar: A 1-year randomized clinical trial. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(2), 382–390. doi:10.11607/jomi.4189
- Hu, J., Atsuta, I., Luo, Y., Wang, X., & Jiang, Q. (2023). Promotional effect and molecular mechanism of synthesized zinc oxide nanocrystal on zirconia abutment surface for soft tissue sealing. *Journal of Dental Research*, 102, 505–513. doi:10.1177/00220345221150161
- Iglhaut, G., Becker, K., Golubovic, V., Schliephake, H., & Mihatovic, I. (2013). The impact of dis-/reconnection of laser microgrooved and machined implant abutments on soft- and hard-tissue healing. *Clinical Oral Implants Research*, 24, 391–397.
- Ivanovski, S., & Lee, R. (2018). Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease. *Periodontology 2000*, 76(1), 116–130. doi:10.1111/prd.12150

- Jung, R., Sailer, I., Hammerle, C., Attin, T., & Schmidlin, P. (2007). In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 27(3), 251–257.
- Katafuchi, M., Weinstein, B. F., Leroux, B. G., Chen, Y. W., & Daubert, D. M. (2018). Restoration contour is a risk indicator for peri-implantitis: A cross-sectional radiographic analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(2), 225–232. doi:10.1111/jcpe.12829
- Kim, S., Oh, K. C., Han, D. H., Heo, S. J., Ryu, I. C., Kwon, J. H., & Han, C. H. (2010). Influence of transmucosal designs of three one-piece implant systems on early tissue responses: A histometric study in beagle dogs. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 25, 309–314.
- Laleman, I., & Lambert, F. (2023). Implant connection and abutment selection as a predisposing and/or precipitating factor for peri-implant disease: A review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25(4), 723–733.
- Lee, D. J., Ryu, J. S., Shimono, M., Lee, K. W., Lee, J. M., & Jung, H. S. (2019). Differential healing patterns of mucosal seal on zirconia and titanium implant. *Frontiers in Physiology*, 10, 796. doi:10.3389/fphys.2019.00796
- Liñares, A., Maceiras, L., Nóvoa, L., González, A., Rodríguez, B., Batalla, P., Leira, Y., & Blanco, J. (2025). Marginal bone changes at bone-level implants with narrow or standard diameter abutments: 1-year results of a randomised controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 36, 1335–1345. doi:10.1111/clr.70005
- Linkevicius, T., Alkimavicius, J., Linkevicius, R., Gineviciute, E., & Linkeviciene, L. (2022). Effect of ti-base abutment gingival height on maintenance of crestal bone in thick biotype patients: A randomized clinical trial with 1-year follow-up. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 37(2), 320–327.
- Linkevicius, T., & Vaitelis, J. (2015). The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 26(S11), 139–147. doi:10.1111/clr.12631
- Majzoub, J., Chen, Z., Saleh, I., Askar, H., & Wang, H.-L. (2021). Influence of restorative design on the progression of peri-implant bone loss: A retrospective study. *Journal of Periodontology*, 92(4), 536–546. doi:10.1002/JPER.20-0327
- Memè, L., Sartini, D., Pozzi, V., Emanuelli, M., Strappa, E. M., Bittarello, P., et al. (2022). Epithelial biological response to machined titanium vs. PVD zirconium-coated titanium: An in vitro study. *Materials*, 15, 7250. doi:10.3390/ma15207250
- Misch, J., Abu-Reyal, S., Lohana, D., Mandil, O., Saleh, M. H. A., Li, J., Wang, H.-L., & Ravidà, A. (2025). Combined effect of abutment height and restoration emergence angle on peri-implant bone loss progression: A retrospective

- analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 36, 600–612. doi:10.1111/clr.14408
- Muñoz, M., Pardo, G., Vilarrasa, J., Babiano, Á., Ruíz-Magaz, V., & Nart, J. (2025). Long-term impact of 1-mm versus 3-mm definitive abutments on marginal bone loss and peri-implant disease: A 7-year randomised clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 52, 1595–1604. doi:10.1111/jcpe.70009
- Paldan, H., Areva, S., Tirri, T., et al. (2008). Soft tissue attachment on sol-gel-treated titanium implants in vivo. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 19, 1283–1290.
- Pérez-Sayans, M., Castelo-Baz, P., Penarrocha-Oltra, D., Seijas-Naya, F., Conde-Amboage, M., & Somoza-Martín, J. M. (2022). Impact of abutment geometry on early implant marginal bone loss: A double-blind, randomized, 6-month clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 33(10), 1038–1048. doi:10.1111/clr.13985
- Quispe-Lopez, N., Guadilla, Y., Gomez-Polo, C., Lopez-Valverde, N., Flores-Fraile, J., & Montero, J. (2024). The influence of implant depth, abutment height and mucosal phenotype on peri-implant bone levels: A 2-year clinical trial. *Journal of Dentistry*, 148, 105264. doi:10.1016/j.jdent.2024.105264
- Rodríguez, X., Navajas, A., Vela, X., Fortuño, A., Jimenez, J., & Nevins, M. (2016). Arrangement of periimplant connective tissue fibers around platform-switching implants with conical abutments and its relationship to the underlying bone: A human histologic study. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 36(4), 533–540. doi:10.11607/prd.2580
- Rompen, E. (2012). The impact of the type and configuration of abutments and their (repeated) removal on the attachment level and marginal bone. *European Journal of Oral Implantology*, 5(Suppl), S83–S90.
- Rompen, E., Domken, O., Degidi, M., Pontes, A. E. F., & Piattelli, A. (2006). The effect of material characteristics, of surface topography and of implant components and connections on soft tissue integration: A literature review. *Clinical Oral Implants Research*, 17(S2), 55–67.
- Sanz-Martín, I., Sanz-Sánchez, I., Carrillo de Albornoz, A., Figuero, E., & Sanz, M. (2018). Effects of modified abutment characteristics on peri-implant soft tissue health: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29, 118–129. doi:10.1111/clr.13097
- Schwarz, F., Hegewald, A., & Becker, J. (2013). Impact of implant–abutment connection and positioning of the machined collar/microgap on crestal bone level changes: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 25, 417–425.

- Schwarz, F., Mihatovic, I., Becker, J., Bormann, K. H., Keeve, P. L., & Friedmann, A. (2013). Histological evaluation of different abutments in the posterior maxilla and mandible: An experimental study in humans. *Journal of Clinical Periodontology*, 40, 807–815.
- Seijas Naya, F., Bernabeu Mira, J. C., Pérez Jardón, A., Conde Amboage, M., Peñarrocha Oltra, D., Camacho Alonso, F., & Pérez Sayáns, M. (2026). Influence of abutment shape on implant marginal bone remodeling: A double-blind, randomized 24-month clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 37(4), 402–412. doi:10.1111/clr.70085
- Soliman, G., Guazzato, M., Klineberg, I., Chang, M. C., & Ellakwa, A. (2021). Influence of platform switching, abutment design and connection protocols on the stability of peri-implant tissues: A systematic review. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 29(4), 194–207. doi:10.1922/EJPRD_2146Soliman14
- Soulami, S., Slot, D. E., & Van der Weijden, F. (2022). Implant-abutment emergence angle and profile in relation to peri-implantitis: A systematic review. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8, 795–806. doi:10.1002/cre2.594
- Susin, C., Fiorini, T., Lee, J., De Stefano, J. A., Dickinson, D. P., & Wikesjö, U. M. E. (2015). Wound healing following surgical and regenerative periodontal therapy. *Periodontology 2000*, 68, 83–98.
- Tajti, P., Solyom, E., Váncsa, S., Mátrai, P., Hegyi, P., Varga, G., Hermann, P., Borbély, J., Sculean, A., & Pjetursson, B. E. (2024). Less marginal bone loss around bone-level implants restored with long abutments: A systematic review and meta-analysis. *Periodontology 2000*, 94, 627–638. doi:10.1111/prd.12534
- Tiskratok, W., Limraksasin, P., Kyawsoewin, M., Intapibool, P., Jitprasertwong, P., Nattasit, P., Yamada, M., & Egusa, H. (2026). Peri-implant soft-tissue responses to tooth-colored abutment materials: A systematic review. *Journal of Prosthodontic Research*, 70(3), 337–353. doi:10.2186/jpr.D_25_00125
- Vervaeke, S., Collaert, B., Cosyn, J., & De Bruyn, H. (2016). A 9-year prospective case series using multivariate analyses to identify predictors of early and late peri-implant bone loss. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 18(1), 30–39.
- Yi, Y., Koo, K. T., Schwarz, F., Ben Amara, H., & Heo, S. J. (2020). Association of prosthetic features and peri-implantitis: A cross-sectional study. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(3), 392–403. doi:10.1111/jcpe.13251

BÖLÜM 2

**İmplant Destekli Hareketli Protezlerde
Ataşman Seçimi: Klinik Karar Kriterleri ve
Güncel Literatür İncelemesi**

Egemen Sezen¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-0406-0169

1. Giriş

Diş kayıpları, küresel ölçekte yaygın görülen ve bireylerin yaşam kalitesini çok boyutlu olarak etkileyen önemli bir halk sağlığı sorunudur. Oral hastalıkların 3,5 milyardan fazla bireyi etkilediği ve tam dişsizliğin özellikle ileri yaş gruplarında ciddi bir sağlık yükü oluşturduğu bildirilmektedir (Peres et al., 2019). Dişsizlik; yalnızca çiğneme işlevinin kaybını değil, konuşma güçlüğü, estetik kaygılar, sosyal etkileşimde azalma ve psikolojik bozuklukları da beraberinde getirmektedir (Emami, de Souza, Kabawat, & Feine, 2013). Bu çok katmanlı olumsuz etki, dişsizlik rehabilitasyonunu protetik diş hekimliğinin öncelikli uğraş alanlarından biri haline getirmiştir.

Konvansiyonel tam protezler, dişsiz bireylerin rehabilitasyonunda onlarca yıldır kullanılan standart tedavi seçeneğidir. Ancak bu protezlerin retansiyon ve stabilizasyon sınırlılıklarının, özellikle alt çene tam protezlerinde çiğneme etkinliğini ve hasta konforunu olumsuz etkilediği; bu durumun zamanla proteze bağlı şikayetlerin artmasına zemin hazırladığı görülmektedir (Turkyilmaz, Company, & McGlumphy, 2010). Bunun yanı sıra, protez kullanımına bağlı kemik rezorpsiyonunun zaman içinde ivme kazandığı ve uzun vadeli klinik başarıyı güçleştirdiği bilinmektedir.

İmplant destekli hareketli protezler (overdenture), bu klinik güçlüklerle yanıt vermek amacıyla geliştirilmiş ve son yıllarda hem klinisyenler hem de hastalar tarafından yaygın kabul görmüş bir tedavi yaklaşımıdır. İmplant destekli hareketli protezlerde klinik başarının belirleyici unsurlarından birinin uygun ataşman sisteminin seçimi olduğu bilinmektedir. Ataşman sistemleri; top başlı, Locator, bar, manyetik ve teleskopik tipler gibi farklı mekanik prensiplere dayanan çeşitli seçenekleri kapsamaktadır. Her sistem; retansiyon değerleri, bileşen dayanıklılığı, bakım gereksinimi ve maliyet açısından birbirinden ayrışan özellikler içerir (Cakarer, Can, Yaltirik, & Keskin, 2011). Ataşman seçimini etkileyen faktörlerin ise hastanın sistemik ve ağız içi durumu, implant sayısı ile konumlanması, çeneler arası mesafe ve hastanın el becerisi gibi klinik ve bireysel değişkenleri kapsadığı rapor edilmektedir. Bilimsel literatürün farklı ataşman sistemleri arasındaki karşılaştırmalı çalışmalar açısından giderek zenginleşse de, klinisyenin bireyselleştirilmiş seçim kararını destekleyecek kapsamlı bir kılavuz ihtiyacı da güncelliğini korumaktadır.

Bu bölümün amacı; implant destekli hareketli protezlerde kullanılan ataşman sistemlerini sistematik biçimde ele alarak mevcut literatür bulguları ışığında ataşman seçim kriterlerini değerlendirmek ve klinisyene karar sürecinde yol gösterecek pratik bir çerçeve sunmaktır. Bu doğrultuda ataşman tipleri, seçimi etkileyen klinik faktörler, komplikasyon oranları ve güncel kanıta dayalı öneriler kapsamlı biçimde incelenecektir.

2. İmplant Destekli Hareketli Protezlere Genel Bakış

2.1. Tanım ve Tarihsel Gelişim

İmplant destekli hareketli protezler, bir veya daha fazla dental implant üzerine oturan ve ağızdan çıkarılabilen protetik restorasyonların genel adıdır. Bu protezler çiğneme, konuşma ve estetik işlevlerini karşılarken temizlik amacıyla hasta tarafından kolaylıkla çıkarılabilir. Protez; implant, abutment, ataşman sistemi ve hareketli protetik yapıdan oluşur; implantlar bu sistem aracılığıyla proteze retansiyon ve stabilite sağlarken oklüzal kuvvetlerin bir bölümünü kemik dokusuna ileterek yük dağılımını dengeler (Carlsson, 2014).

Dental implantolojinin modern temelleri, 1950'lerde titanyumun kemikle doğrudan ve kalıcı bir biyolojik bütünleşme kurabildiğinin keşfedilmesiyle atılmıştır. Osseointegrasyon kavramının bilimsel literatüre kazandırılması, implant destekli protetik restorasyonların klinik pratikte yer bulmasının önünü açmıştır. Mandibular implant destekli overdenture uygulamalarına ilişkin ilk klinik bulgular 1970'li ve 1980'li yıllarda yayımlanmaya başlanmış; ilerleyen dönemlerde gerçekleştirilen randomize kontrollü çalışmalar bu tedavi modalitesinin etkinliğini ve öngörülebilirliğini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur (Emami, Heydecke, Rompre, de Grandmont, & Feine, 2009). Bu birikimin sonucunda, mandibulada iki implantla desteklenen implant destekli hareketli protezler, 2002 yılındaki McGill Konsensüsü'nde dişsiz bireyler için asgari bakım standardı olarak benimsenmiş (Feine et al., 2002) ve bu öneri 2009'daki York Konsensüsü'yle teyit edilmiştir (Thomason et al., 2009).

2.2. Konvansiyonel Tam Proteze Üstünlükleri

Yapılan randomize kontrollü çalışmalar, sistematik derleme ve meta-analizlere göre; implant destekli hareketli protez kullanan bireyler, konvansiyonel tam protez kullanıcılarına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek tedavi memnuniyeti bildirmiştir. Hasta memnuniyetine ek olarak çiğneme performansı ve ağız sağlığıyla ilişkili yaşam kalitesi açısından da benzer üstünlükler tutarlı biçimde rapor edilmiştir (Awad, Rashid, Feine, & Overdenture Effectiveness Study Team, 2014; Emami et al., 2009). Ayrıca, implant destekli protezlerin konuşma kalitesi, estetik algı ve psikososyal iyilik hali üzerinde de olumlu etkiler sağladığı bildirilmiştir (Emami et al., 2013).

Alveol kemiğinin korunması, implant destekli hareketli protezlerin konvansiyonel tam protezlere kıyasla en belirgin avantajlarından biridir. İmplantlar, alveol kemiğine mekanik uyarı ileterek diş çekiminin ardından başlayan rezorpsiyonu yavaşlatır. İki implantla desteklenen mandibular overdenture kullanıcılarında alveol kemiği kaybının konvansiyonel tam protez kullananlarla karşılaştırıldığında belirgin biçimde azaldığı gösterilmiştir (Carlsson, 2014).

2.3. Hasta Profili ve Endikasyonlar

İmplant destekli hareketli protezler, konvansiyonel tam protezde yeterli retansiyon ve stabilite sağlanamayan, implant yerleşimine uygun kemik hacmi ve kalitesine sahip olan ve genel sağlık durumu elektif cerrahi müdahaleye izin veren tam dişsiz bireylerde endikedir. Özellikle alt çenede protez tutuculuğunun yetersiz kalması nedeniyle günlük işlevselliği ve yaşam kalitesi ciddi ölçüde etkilenen hastalar, bu tedaviden en fazla yarar görme potansiyeline sahip grup olarak değerlendirilmektedir (Sutariya et al., 2021).

Hasta seçiminde değerlendirilmesi gereken faktörler, hasta kaynaklı ve klinik kaynaklı olmak üzere iki başlık altında ele alınabilir. Hasta kaynaklı faktörler arasında el becerisi, oral hijyen alışkanlıkları, ekonomik durum ve beklentiler öne çıkmaktadır. El becerisi yetersiz olan ya da motor kısıtlılığı bulunan bireylerde, bakımı görece kolay ve bileşeni az olan ataşman sistemleri tercih edilmesi önerilmektedir. Oral hijyen motivasyonu düşük hastalarda ise periimplant doku sorunları açısından risk artabileceğinden hasta eğitimi tedavi planlamasının ayrılmaz bir parçası olmalıdır.

Klinik kaynaklı faktörler arasında kemik kalitesi ve miktarı, çeneler arası mesafe, implant sayısı ve konumlanması ile karşıt ark durumu yer almaktadır. Yetersiz kemik hacmi veya düşük kemik kalitesi implant başarısızlığı riskini artırmakta; bu durumlarda kemik artırımı prosedürleri gerekebilmekte ya da daha kısa implant kullanımı gündeme gelebilmektedir. Kontrol altına alınamamış sistemik hastalıklar (diyabet, osteoporoz), aktif kanser tedavisi, baş-boyun bölgesine radyoterapi öyküsü ve aktif sigara kullanımı, implant başarısızlığı için tanımlı risk faktörleri arasında yer almakta ve bu durumlarda tedavi planlaması dikkatli bir risk-yarar değerlendirmesiyle yapılmalıdır (Tayari, Slimene, & Jaouadi, 2024).

Üst çene uygulamaları, alveol kemiği yoğunluğunun düşük olması, sinüs anatomisi ve biyomekanik dezavantajlar nedeniyle alt çeneye kıyasla daha fazla implant gerektirmektedir. Mandibular uygulamalarda iki implant asgari standart olarak benimsenmiş olmakla birlikte, üst çene implant destekli hareketli protez uygulamalarında dört veya daha fazla implant kullanımı ile daha öngörülebilir sonuçlar elde edildiği bildirilmektedir (Prasad, Faverani, Santiago Junior, Sukotjo, & Yuan, 2024). Sabit implant destekli restorasyonlarla karşılaştırıldığında ise implant destekli hareketli protezler; daha az implant sayısı, daha uygun maliyet, kolay bakım ve dudak desteği gerektiren vakalarda ek avantajlar sunması nedeniyle pek çok hasta için daha uygun bir seçenek olmaya devam etmektedir (Sutariya et al., 2021).

3. Ataşman Sistemlerinin Sınıflandırılması

Günümüzde implant destekli hareketli protezlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş çok sayıda ataşman sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin mekanik

prensipleri, bileşen sayıları, bakım gereksinimleri ve klinik endikasyonları birbirinden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Klinisyenin doğru karar verebilmesi için öncelikle bu sistemlerin hangi kriterlere göre sınıflandırıldığını kavraması gerekmektedir. Literatürde ataşman sistemleri başlıca iki temel kriter esas alınarak sınıflandırılmaktadır. Bunlar; implantların birbirine bağlanıp bağlanmaması ve retansiyonu sağlayan mekanik prensiplerdir (Gupta, Bansal, & Shukla, 2023).

3.1. Splintli ve Splintlenmemiş Sistemler

İmplant destekli hareketli protezlerde kullanılan ataşman sistemleri, implantların birbirine rijit olarak bağlanıp bağlanmamasına göre iki ana gruba ayrılır: splintli ve splintlenmemiş sistemler. Splintli sistemlerde implantlar genellikle metalik bir bar yapısıyla birbirine bağlanarak tek bir birim olarak çalışır; bu düzenleme oklüzal kuvvetlerin implantlar arasında paylaşılmasını sağlar. Splintlenmemiş sistemlerde ise her implant protezle bağımsız bir ataşman aracılığıyla ilişki kurar; bu tasarım proteze belirli bir hareket serbestisi tanırken bakım ve temizliği kolaylaştırır. Son yıllarda yapılan sistematik bir derlemeye göre, iki sistem arasında biyolojik komplikasyonlar açısından anlamlı bir fark saptanmamış olmakla birlikte, splintlenmemiş sistemlerin klinik uygulamadaki kolaylığı nedeniyle daha yaygın tercih edildiği bildirilmektedir (Prasad et al., 2024).

3.2. Sınıflandırma Kriterleri

Ataşman sistemleri, farklı klinik parametreler temel alınarak çeşitli biçimlerde sınıflandırılabilir. Mekanik prensip açısından değerlendirildiğinde; mekanik tutuculuk (top başlı, Locator, bar), sürtünme kuvveti (teleskopik) ve manyetik çekim (manyetik ataşmanlar) olmak üzere üç temel retansiyon mekanizması tanımlanmaktadır.

Protezin aldığı desteğin niteliği açısından ise implant destekli ve implant-doku destekli sistemler şeklinde bir ayrım yapılmaktadır; bu ayrım, oklüzal yükün implantlar ile mukoza arasındaki dağılımını doğrudan etkiler (Patil, Seow, Kweh, & Nimbalkar, 2022). Son olarak, ataşman sistemleri rijitlik düzeylerine göre de ele alınabilir. Rijit sistemler, proteze minimal hareket izni verirken; rezilyent sistemler sınırlı rotasyona ve translasyona olanak tanır. Bu sınıflandırma kriterleri, klinisyenin hasta ve klinik özelliklere göre en uygun sistemi seçmesini kolaylaştıran bir karar çerçevesi sunmaktadır (Gupta et al., 2023).

4. Ataşman Tipleri ve Özellikleri

İmplant destekli hareketli protezlerde kullanılan ataşman sistemleri; retansiyon mekanizması, bileşen yapısı, çeneler arası mesafe gereksinimleri, bakım sıklığı ve maliyet açısından birbirinden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Her sistemin klinik avantajları ve sınırlılıkları, ataşman seçimini doğrudan etkileyen faktörlerin başında gelmektedir (Prasad et al., 2024). Güncel

literatür verileri ışığında beş temel ataşman sistemi ayrıntılı biçimde aşağıda ele alınmaktadır.

4.1. Top Başlı (Ball/Stud) Ataşmanlar

Top başlı ataşmanlar, implant üstüne vidalanan küresel bir erkek bileşen ile protez içine gömülü, genellikle naylon ya da metal malzemeden üretilmiş bir diş matristen oluşmaktadır. Mekanik tutuculuk, top başlığının diş matris içine oturmasıyla sağlanır. Sistemin en yaygın kullanılan varyantında diş matris O-ring adı verilen elastomerik bir halka içermektedir; bu halka zamanla aşınarak retansiyon kaybına yol açmakta ve periyodik olarak değiştirilmesi gerekmektedir (Gupta et al., 2023).

Ataşman sistemi seçiminde belirleyici anatomik değişkenlerden biri, çeneler arası (maksilla ile mandibula arasındaki) dikey mesafedir. Ataşman bileşenleri, protez tabanı ve yapay dişlerin tamamı bu alan içine sığmak zorunda olduğundan, mevcut dikey mesafe hem cerrahi hem de protetik planlamayı doğrudan etkiler.

Top başlı ataşmanlar; düşük maliyet, basit klinik uygulama ve az yer kaplayan profilleri sayesinde sınırlı çeneler arası mesafeye (maksilla-mandibula arası dikey mesafe) sahip vakalarda ilk tercih olarak öne çıkmaktadır. Paralel implant yerleşimini zorunlu kılması ve komplikasyon oranının diğer sistemlere kıyasla daha yüksek olması ise dezavantajları arasındadır.

Sistemik derlemelerde, ball ataşmanlarda locator sistemine kıyasla daha sık prostetik komplikasyon ve bakım gereksinimi bildirilmekle birlikte, periimplant doku parametreleri açısından iki sistem arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Gupta et al., 2023). Randomize klinik çalışmaların derlendiği bir sistematik derlemede ise top başlı ataşmanların hasta memnuniyeti açısından locator sistemiyle benzer sonuçlar ürettiği, ancak daha sık O-ring değişimi gerektirdiği bildirilmiştir (Rosa et al., 2021).

4.2. Locator Ataşmanlar

Locator sistemi, hem iç hem dış tutma yüzeyi sunabilen çift retansiyon mekanizmasıyla top başlı ataşmanlara kıyasla daha geniş bir klinik kullanım yelpazesi sunmaktadır. Farklı retansiyon düzeylerine karşılık gelen renk kodlu değiştirilebilir naylonlar sayesinde retansiyon kuvveti klinisyen tarafından kolaylıkla ayarlanabilmektedir. Sistemin en belirgin avantajlarından biri de, belirli bir açığa kadar uyum kapasitesi sayesinde hafif açılı implantlarda da güvenle kullanılabilmesidir (Patel & Vaishnav, 2025).

Prostetik komplikasyon oranları açısından yapılmış bir meta-analizde, Locator ataşmanların diğer splintlenmemiş sistemler arasında en düşük komplikasyon profilini sergilediği ortaya konulmuştur (Prasad et al., 2024). Bununla birlikte, naylon bileşenin aşınmasına bağlı retansiyon kaybı, bakım gereksinimi doğuran başlıca komplikasyon olarak bildirilmektedir. Düşük profilli

yapısı ve kolay hasta bakımı, bu sistemi özellikle geriatrik hasta grubunda tercih edilen seçenekler arasına sokmaktadır.

4.3. Bar Ataşmanlar

Bar ataşmanlar, iki ya da daha fazla implantı birbirine bağlayan metalik bir bar yapısı ile bu bar üzerine oturan klips veya tutuculardan oluşan splintli sistemlerdir. Bar kesit profilleri arasında yuvarlak kesitli Hader barı ve oval-yumurta kesitli Dolder barı en yaygın kullanılan tasarımlar arasında yer almakta; günümüzde CAD/CAM teknolojisiyle frezlenen titanyum barlar da gittikçe yaygınlaşmaktadır (Patel & Vaishnav, 2025).

2021 yılında yapılan bir sistematik derlemede, bar ataşmanların tüm sistemler arasında tutarlı biçimde en yüksek retansiyon değerlerini sunduğu bildirilmektedir (Sutariya et al., 2021). Splintli yapısı sayesinde oklüzal kuvvetler, implantlar arasında dengeli bir şekilde dağılmaktadır. Öte yandan bar sistemleri, implantlar arasında yeterli mesafe gerektirmekte, laboratuvar üretim süreci diğer sistemlere kıyasla daha uzun ve maliyetli olmakta; ayrıca bar altında plak birikiminin önlenmesi için titiz oral hijyen alışkanlıklarını zorunlu kılınmaktadır. İmplant çevresi doku yanıtı açısından ise bar ve teleskopik ataşmanlar karşılaştırıldığında iki sistem arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır (Sutariya et al., 2021).

4.4. Manyetik Ataşmanlar

Manyetik ataşmanlar, implant başına sabitlenmiş bir “keeper (tutucu metal disk)” ile protez içine gömülü mıknatıs arasındaki manyetik çekim kuvvetine dayanmaktadır. Günümüzde neodimyum-demir-bor gibi nadir toprak element alaşımlarından üretilen mıknatıslar, küçük boyutlarına karşın yüksek manyetik güç oluşturmakta; lazer kaynak teknolojisiyle üretilen kapsülleme ise tükürük ortamında korozyona karşı koruma sağlamaktadır (Patel & Vaishnav, 2025).

Manyetik ataşmanların en önemli klinik avantajları; açılı implantlarda kullanılabilmesi, düşük profilli yapısı sayesinde el becerisi kısıtlı hastalara sağladığı kullanım kolaylığıdır. Bununla birlikte, yapılan sistematik derlemelerde manyetik sistemlerin diğer sistemlerle karşılaştırıldığında en düşük retansiyon değerlerine sahip olduğu ve mıknatıs gücünde azalma ile uzun dönemde yumuşak doku değişikliklerine daha sık yol açtığı bildirilmektedir (Patel & Vaishnav, 2025). Bu nedenle yoğun çiğneme yüküne maruz kalan vakalarda ya da yüksek retansiyon gerektiren durumlarda tercih edilmesi önerilmemektedir.

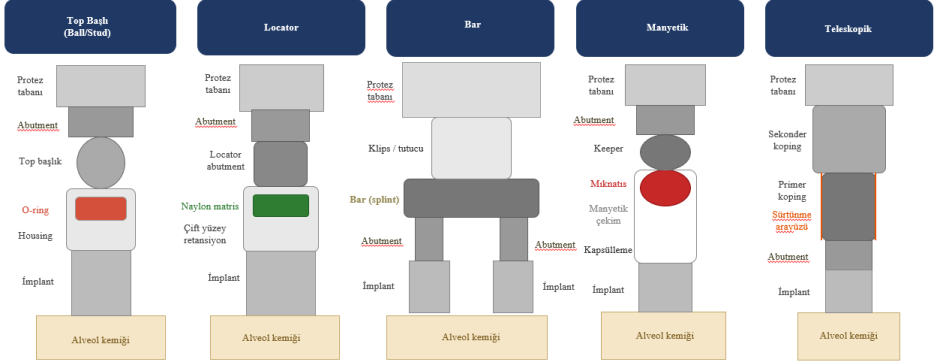
4.5. Teleskopik Ataşmanlar

Teleskopik ataşmanlar, implant üzerine sabitlenmiş primer koping ile protez içindeki sekonder kopingin birbiri üzerine sürtünmeyle oturmasıyla retansiyon sağlayan çift taçlı sistemlerdir. Konik yapıdaki versiyonları (conus/conical) hem

sürtünme kuvvetine hem de geometrik kilitlenmeye dayalı bir retansiyon mekanizması sunar (Gupta et al., 2023).

Literatürde teleskopik ataşmanların hasta memnuniyeti ve periimplant doku sağlığı açısından tüm sistemler içinde en olumlu profile sahip olduğu bildirilmektedir (Sutariya et al., 2021). Özellikle uzun dönem stabilitesi, yüksek retansiyon değerleri ve düşük periimplant mukozal değişiklik oranları bu sistemin öne çıkan özellikleri arasındadır. Öte yandan, laboratuvar üretimindeki teknik hassasiyet gereklilikleri, yüksek maliyet ve uzun klinik süresi, bu sistemin en önemli sınırlılıklarını oluşturmaktadır. Aynı zamanda çeneler arasında en fazla mesafe gerektiren sistem olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır (Sabbagh, Jarjour, Nassif, Saba, & Ghotmi, 2026). İncelenen beş temel ataşman sisteminin şematik bileşen gösterimi Şekil 1'de sunulmaktadır. Buna ek olarak, beş temel ataşman sisteminin retansiyon mekanizması, çeneler arası restoratif mesafe gereksinimi, angülasyon toleransı, bakım sıklığı ve hasta memnuniyeti açısından karşılaştırmalı özellikleri Tablo 1'de özetlenmektedir.

Şekil 1. İmplant Destekli Hareketli Protezlerde Kullanılan Başlıca Ataşman Tipleri



Tablo 1. Ataşman Tiplerinin Karşılaştırmalı Özellikleri

Özellik	Top Başlı (Ball/Stud)	Locator	Bar	Manyetik	Teleskopik
Retansiyon Mekanizması	Mekanik (O-ring)	Mekanik (çift yüzey)	Mekanik (klips)	Manyetik çekim	Sürtünme (konik)
Splint	✗ Hayır	✗ Hayır	✓ Evet	✗ Hayır	✗ Hayır
Çeneler Arası Restoratif Mesafe	Düşük (~7 mm)	Düşük–Orta (~7 mm)	Yüksek (≥12 mm)	Düşük (~7 mm)	Yüksek (≥12 mm)
İmplant Angülasyon Toleransı	Paralel gerekli	±40° (R-Tx: ±60°)	Paralel gerekli	Esnek	Hassas hizalama
Retansiyon Düzeyi	Orta	Orta–Yüksek	En Yüksek	Düşük	Yüksek
Bakım Gereksinimi	O-ring değişimi	Naylon değişimi	Klips değişimi	Mıknatıs kontrolü	Düşük
Başlangıç Maliyeti	☆☆☆ Düşük	★★★ Orta	★★★ Yüksek	★★★ Orta	★★★ Yüksek
Hasta Memnuniyeti	●●○○ Orta	●●●○ İyi	●●●○ İyi	●●○○ Orta	●●●● En İyi
Periimplant Doku Yanıtı	İyi	İyi	Orta (bar altı hijyen)	Orta	En İyi
El Becerisi Kısıtlı Hasta	✗ Uygun değil	✓ Uygun	✗ Uygun değil	✓✓ En uygun	✗ Uygun değil
Başlıca Endikasyon	Sınırlı alan, düşük bütçe	Açılı implant, geriatrik	Yüksek retansiyon, 4+ implant	El becerisi kısıtlı	Uzun dönem stabilite

Kaynak: Prasad ve ark., 2024; Sutariya ve ark., 2021; Patel & Vaishnav, 2025; Sabbagh ve ark., 2026.

Kaynak: Prasad ve ark., 2024; Sutariya ve ark., 2021; Patel & Vaishnav, 2025; Sabbagh ve ark., 2026.

5. Ataşman Seçim Kriterleri

İmplant destekli hareketli protezlerde ataşman seçimi, tek bir parametreye değil; hasta, klinik ve protetik değişkenlerin bütüncül değerlendirilmesine dayanan çok boyutlu bir karar sürecidir. Hiçbir ataşman sistemi tüm klinik durumlar için evrensel üstünlük sağlamamakta; her sistemin belirli endikasyonlarda avantaj, diğerlerinde ise dezavantajlı olabileceği bilinmektedir (Prasad et al., 2024). Kanıta dayalı seçim kararı; hastanın el becerisi, oral hijyen motivasyonu ve ekonomik durumu gibi bireysel faktörlerin yanı sıra, implant sayısı ve yerleşimi, dikey alan ve implantın yerleştirilme açısı gibi klinik değişkenleri de kapsamaktadır. Bu bölümde söz konusu faktörler sistematik biçimde ele alınmakta ve mevcut literatür bulguları ışığında klinisyene yol gösterecek bir karar çerçevesi sunulmaktadır.

5.1. Hasta Faktörleri

5.1.1. El Becerisi ve Yaş

İmplant destekli hareketli protezlerin birincil hedef kitlesini oluşturan ileri yaş bireylerde, motor beceri ve el koordinasyonundaki kayıp, ataşman seçimini doğrudan etkileyen önemli bir değişkendir. Protezi yerleştirme ve çıkarma sırasında gerekli kuvvet yönünün belirlenmesi, küçük bileşenlerin kavranması ve istenilen tutma açısının sağlanması; artritik ya da nörolojik tutulumu olan hastalarda ciddi güçlükler doğurabilmektedir. Manyetik ataşmanlar, yüksek hassasiyet gerektirmeyen ve neredeyse her yönden uygulanan kuvvetle oturabilen yapıları sayesinde bu hasta grubunda öne çıkmaktadır. Bununla birlikte manyetik sistemlerin düşük retansiyon değerleri nedeniyle yoğun çiğneme yüküne uygun olmadığı da göz önünde bulundurulmalıdır (Patel & Vaishnav, 2025).

Locator sistemi de el becerisi kısıtlı hastalarda tercih edilebilir bir seçenek olarak değerlendirilmektedir; zira çift retansiyon yüzeyi ve geniş açısız uyum kapasitesi, protezin yerleştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Buna karşın bar ve teleskopik sistemler, doğru yön ve kuvvet gerektiren yerleştirme mekanizmaları nedeniyle el becerisi kısıtlı hastalarda dezavantaj oluşturabilmektedir (Sabbagh et al., 2026). Klinisyenin hasta değerlendirmesinde standardize el becerisi testlerine ya da hasta öz bildirimlerine başvurması, doğru ataşman seçiminde önemli bir rol oynar.

5.1.2. Oral Hijyen

Ataşman sistemi, periimplant doku sağlığını korumaya yönelik oral hijyen uygulamalarının etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Splintlenmemiş sistemlerde implant etrafındaki bölgeye erişim daha kolaydır; bar sistemlerinde ise bar altında kalan bölge özellikle dikkatli temizlik gerektirmekte, bu bölgede plak birikiminin ve periimplant yumuşak doku enfeksiyonu riskinin arttığı bildirilmektedir (Dorsam, Hombach, Bourauel, & Stark, 2022). Yapılan çalışmalarda, bar ve teleskopik sistem kullanan hastalarda periimplant plak

indeksinin splintlenmemiş sistemlere kıyasla daha yüksek seyrettiği rapor edilmiş; ancak bu farkın klinik önemi her çalışmada tutarlı biçimde ortaya konulamamıştır (Patil et al., 2022).

Oral hijyen motivasyonu düşük ya da el becerisi kısıtlı hastalarda, periimplant dokuya erişimi kolaylaştıran splintlenmemiş sistemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Bu hastalarda periyodik profesyonel bakım ziyaretleri ve bireysel oral hijyen eğitimi, ataşman seçiminden bağımsız olarak tedavi planının ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır (van der Moolen, Post, Slot, & van der Weijden, 2021).

5.1.3. Ekonomik Durum

Ataşman sistemleri arasındaki maliyet farklılıkları, hem başlangıç hem de uzun dönem bakım maliyetleri açısından değerlendirilmelidir. Başlangıç maliyeti en düşük olan sistem top başlı ataşmanlardır; Locator sistemi orta düzey bir maliyet sunarken, bar ve teleskopik sistemler laboratuvar üretiminin karmaşıklığı nedeniyle önemli ölçüde daha yüksek maliyet gerektirmektedir (Sabbagh et al., 2026). Uzun dönem bakım maliyeti açısından ise top başlı ataşmanların periyodik O-ring değişimi, Locator sisteminin naylon bileşen değişimi nedeniyle tekrarlayan maliyetlere yol açtığı; bar sistemlerinde ise klips değişiminin daha seyrek gerektiği bildirilmektedir. Teleskopik sistemler en düşük bakım maliyetiyle öne çıksa da yüksek başlangıç maliyeti bu avantajı görece dengelemektedir (Sutariya et al., 2021).

Ekonomik kısıtların belirleyici olduğu vakalarda top başlı ya da Locator sistemleri birinci basamak seçenek olarak değerlendirilebilir. Klinisyen, hasta ile yalnızca ilk seans maliyetini değil, beklenen yıllık bakım giderlerini de açıkça paylaşmalı; böylece hasta süreci tam olarak kavrayarak seçimini yapabilir.

5.2. Anatomi ve Klinik Faktörler

5.2.1. İmplant Sayısı ve Yerleşimi

İmplant sayısı, ataşman sistemi seçimini belirleyen en temel klinik değişkenlerden biridir. Mandibulada iki implant, günümüzde asgari standart olarak kabul edilmekte ve bu konfigürasyonda splintlenmemiş top başlı ya da Locator ataşmanlar ilk tercih olarak önerilmektedir. İmplant sayısının dörde çıkarılmasının ise protezin stabilitesini artırdığı, posterior alveol kemiği üzerindeki yükü azalttığı ve uzun dönem klinik sonuçları iyileştirdiği bildirilmektedir (Bi et al., 2022). Dört implant kullanıldığında bar ya da teleskopik ataşmanlar gibi daha rijit sistemler de biyomekanik açıdan uygun seçenekler haline gelmektedir.

İmplant yerleşim pozisyonu da ataşman seçimini dolaylı olarak etkilemektedir. İki implantlı mandibular uygulamalarda implantların kanin dişi konumuna yerleştirilmesinin klasik yaklaşım olduğu; ancak lateral kesici

konumunun periimplant kemik yanıtı ve posterior ridge rezorpsiyonu açısından daha avantajlı sonuçlar sunabileceği rapor edilmektedir (Mourad, Emera, & Habib, 2024). Bar ataşmanlar için implantlar arası yatay mesafenin bar yapımına yetecek ölçüde geniş olması; top başlı ataşmanlar için ise bu mesafenin aşırı dar olmaması gerekmektedir.

Maksiller uygulamalarda anatomik kısıtlamalar nedeniyle genellikle dört ya da daha fazla implant zorunlu olmaktadır. Yapılan sistematik derlemelerde, maksillada dört implantla desteklenen hareketli protezlerin iki implantlı konfigürasyonlara kıyasla daha yüksek hasta tercihi ve daha düşük protetik komplikasyon oranlarıyla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Onclin, Speksnijder, Vissink, Meijer, & Raghoobar, 2023).

5.2.2. Çeneler Arası Restoratif Mesafe

Maksilla ile mandibula arasındaki dikey mesafe, ataşman bileşenlerinin, protez tabanının ve yapay dişlerin tamamının yerleştirilebileceği fiziksel alanı belirler. Protetik planlamada bu mesafenin dikkatle değerlendirilmesi zorunludur; zira yetersiz alan durumunda bazı ataşman sistemlerinin uygulanması teknik açıdan mümkün olmamaktadır. Splintlenmemiş sistemler için yaklaşık 7 mm, bar sistemleri için ise 12 mm veya daha fazla dikey alan gerektiği bildirilmektedir (Sabbagh et al., 2026).

Kısıtlı çeneler arası restoratif mesafenin saptandığı vakalarda düşük profilli top başlı ya da Locator ataşmanlar ön plana çıkmakta; bar ve teleskopik sistemlerin bu koşullarda uygulanabilirliği önemli ölçüde kısıtlanmaktadır. Öte yandan aşırı çeneler arası mesafenin geniş olması da kendine özgü güçlükler doğurmaktadır; bu durumlarda protezin estetik ve fonetik gereksinimlerinin karşılaması için daha kapsamlı planlamanın yapılması gerekmekte, ataşman yüksekliklerinin bu açıdan da değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle cerrahi planlamanın protetik gereksinimler doğrultusunda şekillendirilmesi, implant yerleşimi öncesinde çeneler arası restoratif mesafenin dikkatli biçimde ölçülmesini zorunlu kılmaktadır (Prasad et al., 2024).

5.2.3. İmplant Angülasyonu

İdeal koşullarda implantların birbirine paralel yerleştirilmesi hedeflenmekle birlikte, kemik anatomisinin kısıtlamaları nedeniyle özellikle maksillada belirgin açılanmalar kaçınılmaz olabildiği görülmektedir. İmplant angülasyonu (implantların açılı yerleştirilmesi), ataşman seçiminde önemli bir belirleyici olup her sistemin angülasyon toleransı birbirinden farklılaşmaktadır.

Top başlı ataşmanlar paralel implant yerleşimini gerektirmekte; angülasyon arttıkça retansiyon kaybı ve bileşen aşınması belirgin biçimde hızlanmaktadır. Bu nedenle açılı implantlarda top başlı sistemlerin kullanımından kaçınılması önerilmektedir. Locator sisteminin ise tasarımı gereği 40 dereceye kadar implant açılanmasına uyum sağlayabildiği; Locator R-Tx gibi güncel versiyonların bu

toleransı 60 dereceye dek genişlettiği bildirilmektedir (Sabbagh et al., 2026). Angüstasyon toleransının bu denli geniş olması, özellikle kemik anatomisinin kısıtlayıcı olduğu vakalarda Locator sistemini cazip bir seçenek haline getirmektedir. Bar sistemleri paralel ya da hafif açılı implantlarda uygulanabilirken belirgin angüstasyonlarda bar yapımı teknik açıdan güçleşmekte ve implantlara iletilen lateral kuvvetler olumsuz etkilenebilmektedir. In vitro çalışmalarda, 15 dereceye kadar olan açılanmaların Locator bileşen retansiyonunu klinik açıdan anlamlı düzeyde etkilemediği; ancak 30 derece ve üzerindeki açılanmaların retansiyon kaybını ve bileşen aşınmasını önemli ölçüde artırdığı gösterilmiştir (Frantz et al., 2024). Belirgin angüstasyon varlığında Locator ya da açılı abutment tasarımlarıyla desteklenen manyetik sistemler klinik açıdan daha öngörülebilir seçenekler sunmaktadır.

5.2.4. Kemik Kalitesi ve Miktarı

Alveol kemiği kalitesi ve miktarı, öncelikle implant sağkalımını doğrudan etkileyen temel bir değişken olmakla birlikte, ataşman seçimini de dolaylı olarak belirlemektedir. Kemik yoğunluğu, Misch sınıflandırmasına göre D1'den D4'e kadar derecelendirilmektedir: D1 yoğun kortikal kemiği, D4 ise ince kortikal tabakayla çevrilmiş süngerimsi kemiği tanımlamaktadır. Mandibular anteriorda genellikle D1-D2, maksiller posteriorda ise D3-D4 kemik yapısıyla karşılaşmaktadır. Ataşman türleri ve yükleme protokollerinin periimplant doku sağlığına etkilerinin incelendiği bir çalışmada, farklı ataşman sistemlerinin marjinal kemik kaybı, sondaj derinliği ve plak indeksi açısından birbirine benzer periimplant doku yanıtları oluşturduğu saptanmış; ancak bar sisteminin anlık yükleme protokolüyle kombinasyonunun en düşük marjinal kemik kaybıyla, top başlı ataşmanın ise gecikmeli yüklemeyle kombinasyonunun en düşük sondaj derinliğiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Aldhohrah, Mashrah, & Wang, 2022).

Düşük kemik kalitesi (D3-D4) ya da ileri düzey alveol kemiği kaybı varlığında oklüzal kuvvetlerin implantlar arasında dengeli biçimde dağıtılması kritik önem taşımaktadır. Bu durumlarda splintli bar sistemleri, yükü birden fazla implant üzerine yayarak her bir implant üzerindeki biyomekanik stresi azaltmaktadır (Sutariya et al., 2021). Kemik desteğinin yeterli olduğu vakalarda ise splintlenmemiş sistemler güvenle tercih edilebilmekte; mevcut literatür iki sistem arasında periimplant kemik kaybı açısından klinik olarak anlamlı bir fark saptanmadığını ortaya koymaktadır (Bi et al., 2022). Kemik rezorpsiyonunun ilerlemiş olduğu vakalarda ise daha az implanta daha yüksek yük binmesini önlemek amacıyla implant sayısının artırılması ve buna uygun bir ataşman sistemi seçilmesi önerilmektedir. Alveol kemiği rezorpsiyonunun hala devam ettiği erken dönem olgularında ise kemik stabilitesi sağlanmadan rijit bar sistemleri yerine, daha esnek splintlenmemiş sistemlerin tercih edilmesinin daha güvenli bir yaklaşım olduğu vurgulanmaktadır (Sabbagh et al., 2026).

5.3. Protetik Faktörler

5.3.1. Retansiyon ve Stabilité Gereksinimleri

Retansiyon ve stabilité, implant destekli hareketli protezlerin klinik başarısını doğrudan belirleyen temel protetik parametrelerdir. Retansiyon; protezi disloke edecek kuvvetlere karşı direnç olarak tanımlanırken, stabilité protezin işlevsel yükler sırasında yatay ve dönel hareketlere karşı olan direncini ifade etmektedir. Her iki parametrenin yetersiz kalması hasta memnuniyetsizliğine, çiğneme etkinliğinin azalmasına ve komplikasyon oranlarının artmasına zemin hazırlamaktadır. Son yıllarda yapılan bir sistematik derlemede, protez retansiyonu ile hasta memnuniyeti arasında doğrudan bir ilişki saptanmış; retansiyon düzeyi arttıkça memnuniyetin de tutarlı biçimde arttığı rapor edilmiştir (Wakam, Benoit, Mawussi, & Gorin, 2022).

Farklı ataşman sistemleri birbirinden belirgin biçimde farklılaşan retansiyon değerleri sunmaktadır. In vitro ve klinik çalışmalarda bar ataşmanların en yüksek retansiyon değerlerini sağladığı; teleskopik ataşmanların ise uzun dönemde stabil retansiyon profiline sahip olduğu bildirilmektedir. Buna karşın top başlı ve Locator ataşmanlar orta düzey ancak klinik olarak yeterli retansiyon sunmakta; bu sistemlerde retansiyon düzeyi zamanla bileşen aşınmasına paralel olarak azalmakta ve periyodik aktivasyon ya da bileşen değişimi gerektirmektedir (Wakam et al., 2022). Manyetik ataşmanlar ise tüm sistemler içinde en düşük retansiyon değerlerine sahip olmakla birlikte, belirli hasta profillerinde bu düzey klinik açıdan kabul edilebilirdir (Patel & Vaishnav, 2025).

Retansiyon gereksiniminin belirlenmesinde hastanın çiğneme alışkanlıkları, oklüzal yük miktarı ve karşıt ark durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek oklüzal yük uygulayan bireylerde ya da karşıt arkta implant destekli sabit restorasyonun bulunduğu vakalarda daha yüksek retansiyon kapasitesine sahip sistemlerin tercih edilmesi önerilmektedir (Sabbagh et al., 2026). Bunun yanı sıra, retansiyonun çok yüksek olmasının da olumsuz sonuçlar doğurabileceği unutulmamalıdır. Aşırı yüksek retansiyon, implant üzerindeki lateral kuvvetleri artırarak periimplant kemik kaybının hızlanmasına neden olabilir.

Stabilité açısından değerlendirildiğinde, bar ataşmanların splintli yapısı sayesinde en üstün stabilité profilini sunduğu; buna karşın splintlenmemiş sistemlerde, protezin reziliyent hareketlere izin veren tasarımının doku desteğini artırarak farklı bir stabilité dengesi kurduğu bilinmektedir (Patel & Vaishnav, 2025). Bu nedenle retansiyon ve stabilité gereksinimlerinin birlikte ele alınması, ataşman seçiminde daha bütüncül ve öngörülebilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

5.3.2. Destek Tipi (Doku vs İmplant Destekli)

İmplant destekli hareketli protezlerde destek tipi, ataşman seçimini belirleyen kritik protetik değişkenlerden biridir. Bu bağlamda, tamamen implant destekli ve

implant-mukoza destekli şekilde iki temel destek modelinden bahsetmek mümkündür.

Tamamen implant destekli sistemlerde oklüzal yükün tamamı implantlar üzerinden kemik dokusuna iletilir; protez tabanı ile mukoza arasında işlevsel temas bulunmakla birlikte yük aktarımı implantlar aracılığıyla gerçekleşir. Bu sistemler genellikle dört veya daha fazla implant varlığında ya da bar veya teleskopik ataşmanlarla desteklendiğinde tercih edilebilir. İmplant-mukoza destekli sistemlerde ise yük implantlar ve destekleyici mukoza arasında paylaşılır. İki implantlı mandibular uygulamalarda bu karma destek modeli yaygın biçimde kullanılmaktadır; bu düzenlemede ataşmanın esneklik derecesi yük dağılımını doğrudan etkilemektedir (Sardar et al., 2024).

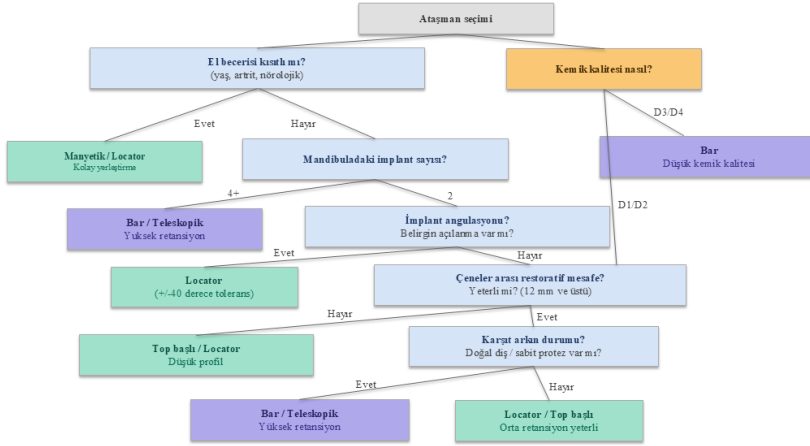
Rijit ataşmanlar yükü ağırlıklı olarak implantlara iletirken, reziliyent ataşmanlar proteze sınırlı hareket serbestisi tanıyarak mukozanın yük paylaşımına katılmasına olanak sağlar. Kemik rezorpsiyon riski yüksek olan vakalarda uzun dönemde reziliyent sistemlerin daha koruyucu bir biyomekanik profil sunduğu öne sürülmektedir. Ancak bu konudaki klinik kanıtların hala tartışmalı olduğu ve uzun dönem verilerinin henüz yetersiz olduğu da belirtilmelidir (Dorsam et al., 2022). Klinisyen, destek tipi seçiminde implant sayısı, kemik kalitesi ve mevcut protezin biyomekanik gereksinimlerini birlikte değerlendirmelidir.

5.3.3. Karşıt Ark Durumu

Karşıt arktaki oklüzal yapı, ataşman seçimini etkileyen ancak literatürde yeterince vurgulanmayan bir protetik faktördür. Karşıt arkta doğal dişlerin ya da implant destekli sabit restorasyonların bulunması, implant destekli hareketli protez üzerine iletilen oklüzal kuvvetlerin büyüklüğünü ve yönünü doğrudan belirlemektedir. Bu durumlarda oklüzal yükü geniş bir alana dağıtabilen bar veya teleskopik ataşmanlar gibi yüksek retansiyon kapasitesine sahip ve biyomekanik açıdan daha sağlam sistemlerin seçilmesi önerilmektedir.

Karşıt arkta konvansiyonel tam protez bulunan vakalarda ise oklüzal yük görece düşük kalmakta; bu durum orta düzey retansiyon sağlayan top başlı ya da Locator gibi splintlenmemiş sistemlerin de yeterli klinik performans göstermesine olanak tanımaktadır. Karşıt arkta implant destekli sabit restorasyonların bulunduğu durumlarda ise oklüzal yükün artması nedeniyle bar veya teleskopik ataşmanlar gibi yüksek retansiyonlu ve yük dağılımı açısından avantajlı sistemlerin tercih edilmesi klinik açıdan daha güvenli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Sabbagh et al., 2026). Hasta faktörleri, anatomik ve klinik değişkenler ile protetik gereksinimler doğrultusunda ataşman seçim sürecini bütüncül biçimde yansıtan karar ağacı Şekil 2'de gösterilmektedir.

Şekil 2. İmplant Destekli Hareketli Protezlerde Ataşman Seçim Kriterleri Karar Ağacı



Kaynak: Pasaad ve ark., 2024; Sabıha ve ark., 2026; Suteriya ve ark., 2021

5.4. Bakım ve Komplikasyon Faktörleri

İmplant destekli hareketli protezlerde prostetik komplikasyonların tamamen önlenemeyeceği ancak düzenli takip protokolleriyle beklenebilir ve yönetilebilir bir düzeyde tutulabileceği bildirilmektedir (Wakam et al., 2022). Bu nedenle ataşman seçimi yapılırken yalnızca başlangıç klinik performansı değil, uzun dönem bakım gereksinimleri ve beklenen komplikasyon profili de göz önünde bulundurulmalıdır.

Prostetik komplikasyonlar biyolojik ve teknik olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmaktadır. Biyolojik komplikasyonlar; implant kayıpları, periimplant mukozit, periimplantit ve yumuşak doku problemlerini kapsamaktadır. Teknik komplikasyonlar ise retantif bileşen aşınması ve deformasyonu, vida gevşemesi, protez kırığı, relining gereksinimi ve baz materyalinin deformasyonunu içermektedir. Beş yıllık takip süresini kapsayan randomize kontrollü bir çalışmada, tüm ataşman gruplarında en sık görülen komplikasyonların birinci yılda yoğunlaştığı; en sık teknik komplikasyonun ise Locator ve teleskopik gruplarda retantif bileşen aşınması, bar grubunda ise klips aktivasyon ihtiyacı olduğu saptanmıştır (ELsyad, Abdraboh, Denewar, & Mohamed, 2022).

Ataşman sistemleri bakım gereksinimleri açısından belirgin farklılıklar göstermektedir. Top başlı ataşmanlarda en sık bakım müdahalesinin O-ring değişimi olduğu; bu değişim ihtiyacının kullanım sıklığına ve oklüzal yüke bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama altı ay ile bir yıl arasında olması gerektiği bildirilmektedir. Locator sisteminde naylon bileşen değişimine de benzer aralıklarla gereksinim duyulmakla birlikte, abutment aşınmasının da zamanla retansiyon kaybına sebep olabileceği rapor edilmektedir. Bar sisteminde klips

değişimi daha seyrek olmakla birlikte, bar altı bölgesinde plak kontrolünün güçlüğü nedeniyle periimplant doku sorunlarının diğer sistemlere kıyasla daha sık görülebildiği bildirilmektedir. Teleskopik sistemde ise bileşen değişim gereksiniminin en düşük düzeyde kaldığı; bu sistemin uzun dönem bakım maliyetinin daha düşük olduğu vurgulanmaktadır (ELsyad et al., 2022).

İmplant sağkalımı açısından değerlendirildiğinde, sistematik derlemelerde farklı ataşman sistemleri arasında anlamlı bir fark saptanmamış olup implant sağkalım oranlarının ataşman tipinden bağımsız olarak yüksek düzeyde seyrettiği görülmektedir (Patel & Vaishnav, 2025). Bununla birlikte, periimplant marjinal kemik kaybı açısından bar sisteminin anlık yükleme ile kombinasyonunun en düşük kemik kaybıyla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Aldhohrah et al., 2022). Periimplant yumuşak doku sağlığı açısından ise splintlenmemiş sistemlerin bar sistemine kıyasla daha kolay temizlenebilir olması nedeniyle daha düşük plak indeksiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Dorsam et al., 2022).

Ataşman seçerken göz ardı edilmemesi gereken faktörlerin arasında; vakaya göre olası uzun dönem komplikasyonlar, hasta uyumu ve oral hijyen alışkanlıkları bulunmaktadır. Takip randevularına düzenli katılımı güç olan ya da sosyoekonomik kısıtları bulunan hastalarda, bakım gereksinimi düşük ve komplikasyon yönetimi daha basit olan sistemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Bu bağlamda, ataşman seçiminin yalnızca klinik parametrelerle değil, hastanın bireysel koşulları ve uzun dönem tedavi hedefleriyle bütünleşik biçimde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Sabbagh et al., 2026).

6. Literatür Derlemesi: Karşılaştırmalı Klinik Çalışmalar

İmplant destekli hareketli protezlerde ataşman sistemlerini karşılaştıran çalışmaların sayısı son yıllarda belirgin biçimde artmıştır. Literatürden elde edilen bulgular, ataşman sistemlerinin retansiyon, hasta memnuniyeti, periimplant doku yanıtı ve prostetik komplikasyonlar açısından birbirinden ayrıldığını ortaya koymaktadır. Bu bölümde söz konusu bulgular karşılaştırmalı biçimde ele alınmaktadır.

6.1. Ball ve Locator Ataşmanların Karşılaştırılması

Top başlı ve Locator ataşmanlar, klinik pratikte en sık kullanılan splintlenmemiş sistemler olmaları nedeniyle literatürde en kapsamlı biçimde karşılaştırılan ataşman çiftidir. Yapılan bir sistematik derlemede; hasta memnuniyeti, konfor, konuşma, çiğneme kapasitesi ve stabilite açısından iki sistem arasında anlamlı bir fark saptanmamış, ancak prostetik komplikasyonlar açısından Locator sisteminin top başlı ataşmana kıyasla daha düşük komplikasyon oranıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Gupta et al., 2023). Benzer biçimde başka bir sistematik derlemede, ball ataşmanın manyetiğe kıyasla daha az prostetik komplikasyona yol açtığı, ancak Locator sistemine kıyasla daha fazla bakım gereksinimi bildirdiği saptanmıştır (Sutariya et al., 2021). Perimplant doku parametreleri açısından ise iki sistem arasında klinik olarak anlamlı bir fark gösterilememiştir. Bu bulgu, her iki sistemin de perimplant sağlık açısından benzer güvenlik profillerine sahip olduğuna işaret etmekte; ataşman tercihinin hasta ve klinik özelliklere göre bireyselleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

6.2. Bar ve Stud Ataşmanların Karşılaştırılması

Bar ve stud (top başlı veya Locator) sistemleri arasındaki karşılaştırmalar; retansiyon, kemik yanıtı ve hasta memnuniyeti açısından tutarlı ancak nüanslı bulgular ortaya koymaktadır. Randomize kontrollü çalışmaları kapsayan bir sistematik derlemede, bar ve klips ile top başlı ve O-ring sistemleri arasında çiğneme kalitesi, marjinal kemik kaybı ve hasta memnuniyeti açısından anlamlı bir fark saptanmamış; ancak bar sisteminin başlangıç retansiyonu açısından top başlı sisteme kıyasla üstünlük sağladığı bildirilmiştir (Prasad et al., 2024). Bar sisteminin bu retansiyon avantajı, özellikle yüksek oklüzal yük gerektiren vakalarda klinik açıdan belirleyici bir faktör olmaktadır.

Beş yıllık gözlem süresini kapsayan randomize kontrollü bir çalışmada ise bar sisteminin en yüksek overdenture reline, kırık ve hiperplazi insidansı ile ilişkili olduğu; buna karşın implant sağkalımı açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir (ELsyad et al., 2022). Bu bulgu, bar sisteminin retansiyon avantajının daha yüksek yumuşak doku komplikasyonu riskiyle dengelendiğini ortaya koymaktadır. Klinisyenin bu dengeyi, hastanın oral hijyen becerisi ve takip randevularına uyumunu göz önünde bulundurarak değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır.

6.3. Uzun Dönem Retansiyon ve Komplikasyon Oranları

Teleskopik ataşmanlar, diğer sistemlerle karşılaştırıldığında en yüksek hasta memnuniyeti ve en düşük perimplant doku değişikliği oranlarıyla öne çıkmaktadır. Güncel bir sistematik derlemede, teleskopik ataşmanların bar ve Locator sistemlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek hasta memnuniyetiyle ilişkili olduğu saptanmıştır (Patel & Vaishnav, 2025). Beş yıllık takip verilerinde ise teleskopik grubun vida gevşemesi ve diş aşınması açısından en yüksek teknik

komplikasyon oranını sergilediği, ancak yumuşak doku komplikasyonları ve reline gereksinimi açısından bar sistemine kıyasla daha düşük riskli olduğu bildirilmiştir (ELsyad et al., 2022). Bu çelişkili profil, teleskopik sistemin teknik komplikasyonlarının mekanik bileşenlerden kaynaklandığını ve periodontal dokuyu nispeten koruduğunu düşündürmektedir.

Manyetik ataşmanlar ise uzun dönem klinik çalışmalarda genel olarak en düşük retansiyon değerleri ve en yüksek retansiyon kaybı oranlarıyla ilişkili bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda manyetik sistemlerin hasta memnuniyeti ve implant sağkalımı açısından diğer sistemlerden anlamlı biçimde ayrılmadığı, ancak bileşen değişimi gereksiniminin diğer sistemlere kıyasla daha erken ve sık gerçekleştiği rapor edilmiştir (Patel & Vaishnav, 2025).

6.4. Genel Değerlendirme

Mevcut literatür bir bütün olarak değerlendirildiğinde, hiçbir ataşman sisteminin tüm klinik parametreler açısından belirgin üstünlük sağlamadığı görülmektedir. İmplant sağkalımı açısından sistemler arasında anlamlı bir fark bulunmazken; retansiyon, bakım sıklığı, hasta memnuniyeti ve komplikasyon profili açısından sistemler belirgin biçimde ayrılmaktadır. Sistematik derlemelerin ortak vurgusu; ataşman seçiminin standart bir protokol yerine, hastanın bireysel gereksinimleri ve klinik koşullar doğrultusunda yapılması gerektiği yönündedir (Patil et al., 2022; Prasad et al., 2024). Tablo 2'de bu bölümde incelenen başlıca çalışmaların özeti sunulmaktadır.

Tablo 2. İmplant Destekli Hareketli Protezlerde Ataşman Sistemlerini Karşılaştıran Çalışmalar

Yazar / Yıl	Çalışma Tipi	Karşılaştırılan Sistemler	Takip Süresi	Ana Bulgular
Prasad ve ark., 2024	Sistemik derleme ve meta-analiz	Ball, bar, Locator, manyetik, teleskopik	En az 1 yıl	Bar sistemi en yüksek retansiyonu sağladı; Locator en düşük prostetik komplikasyon oranıyla ilişkililiydi; implant sağkalımı açısından sistemler arasında anlamlı fark saptanmadı.
Sutariya ve ark., 2021	Sistemik derleme ve meta-analiz	Ball, Locator, bar, teleskopik, manyetik	1–5 yıl	Teleskopik sistem en yüksek hasta memnuniyeti ve en düşük periimplant doku değişikliğiyle ilişkililiydi; ball ataşmanın magnete kıyasla daha az prostetik komplikasyona yol açtığı bildirildi.
ELsyad ve ark., 2022	Randomize kontrollü	Locator, bar, teleskopik	5 yıl	En sık komplikasyonlar birinci yılda görüldü; bar grubunda en yüksek reline ve hiperplazi

	klirik çalışma			insidansı; teleskopik grupta en yüksek vida gevşemesi oranı; implant sağkalımı gruplar arasında benzerdi.
Gupta ve ark., 2023	Sistemantik derleme	Ball, Locator	≥1 yıl	Locator ataşman ball sisteme kıyasla daha düşük prostetik komplikasyon bildirdi; periimplant doku parametreleri açısından iki sistem arasında klirik olarak anlamlı fark saptanmadı.
Aldhohrah ve ark., 2022	Sistemantik derleme ve ağ meta- analiz	Ball, bar, Locator (farklı yükleme protokolleriyle)	≥1 yıl	Farklı ataşman türleri periimplant doku sağlığı açısından istatistiksel olarak benzer etkiler gösterdi; bar + anlık yükleme kombinasyonu en düşük marjinal kemik kaybıyla ilişkiliydi.
Patel & Vaishnav, 2025	Sistemantik derleme ve meta-analiz	Ball, Locator, bar, manyetik, teleskopik	1–10 yıl	Bar ve teleskopik sistemler superior stabilite sundu; manyetik sistemler en düşük retansiyon değerleriyle ilişkiliydi; teleskopik sistem hasta memnuniyetinde en iyi profilini sergiledi.
Patil ve ark., 2022	Sistemantik derleme	Splintlenmemiş sistemler (Locator, ball, manyetik)	≥1 yıl	Splintlenmemiş sistemler benzer hasta bildirimi sonuçları (PROMs) sundu; bar sistemine kıyasla periimplant bakımı daha kolaydı; sistem seçiminin hastanın bireysel özelliklerine göre yapılması gerektiği vurgulandı.
Wakam ve ark., 2022	Sistemantik derleme	Ball, Locator (1–2 implant)	≥1 yıl	Protez retansiyonu ile hasta memnuniyeti arasında doğrudan ilişki saptandı; O- ring ve naylon bileşen değişimi en sık bildirilen bakım gereksinimi oldu.

PROMs: Patient-Reported Outcome Measures (Hasta Bildirimi Sonuçları).

alışmalar yayın yılına göre sıralanmıştır.

Prasad ve ark., 2024 Sistemantik derleme ve meta-analiz Ball, bar, Locator, manyetik, teleskopik En az 1 yıl Bar sistemi en yüksek retansiyonu sağladı; Locator en düşük prostetik komplikasyon oranıyla ilişkiliydi; implant sağkalımı açısından sistemler arasında anlamlı fark saptanmadı.

Sutariya ve ark., 2021 Sistematik derleme ve meta-analiz Ball, Locator, bar, teleskopik, manyetik 1–5 yıl Teleskopik sistem en yüksek hasta memnuniyeti ve en düşük periimplant doku değişikliğiyle ilişkiliydi; ball ataşmanın magnete kıyasla daha az protetik komplikasyona yol açtığı bildirildi.

ELsyad ve ark., 2022 Randomize kontrollü klinik çalışma Locator, bar, teleskopik 5 yıl En sık komplikasyonlar birinci yılda görüldü; bar grubunda en yüksek relin ve hiperplazi insidansı; teleskopik grupta en yüksek vida gevşemesi oranı; implant sağkalımı gruplar arasında benzerdi.

Gupta ve ark., 2023 Sistematik derleme Ball, Locator ≥ 1 yıl Locator ataşman ball sisteme kıyasla daha düşük protetik komplikasyon bildirdi; periimplant doku parametreleri açısından iki sistem arasında klinik olarak anlamlı fark saptanmadı.

Aldhohrah ve ark., 2022 Sistematik derleme ve ağ meta-analiz Ball, bar, Locator (farklı yükleme protokolleriyle) ≥ 1 yıl Farklı ataşman türleri periimplant doku sağlığı açısından istatistiksel olarak benzer etkiler gösterdi; bar + anlık yükleme kombinasyonu en düşük marjinal kemik kaybıyla ilişkiliydi.

Patel & Vaishnav, 2025 Sistematik derleme ve meta-analiz Ball, Locator, bar, manyetik, teleskopik 1–10 yıl Bar ve teleskopik sistemler superior stabilite sundu; manyetik sistemler en düşük retansiyon değerleriyle ilişkiliydi; teleskopik sistem hasta memnuniyetinde en iyi profili sergiledi.

Patil ve ark., 2022 Sistematik derleme Splintlenmemiş sistemler (Locator, ball, manyetik) ≥ 1 yıl Splintlenmemiş sistemler benzer hasta bildirim sonuçları (PROMs) sundu; bar sistemine kıyasla periimplant bakımı daha kolaydı; sistem seçiminin hastanın bireysel özelliklerine göre yapılması gerektiği vurgulandı.

Wakam ve ark., 2022 Sistematik derleme Ball, Locator (1–2 implant) ≥ 1 yıl Protez retansiyonu ile hasta memnuniyeti arasında doğrudan ilişki saptandı; O-ring ve naylon bileşen değişimi en sık bildirilen bakım gereksinimi oldu.

PROMs: Patient-Reported Outcome Measures (Hasta Bildirimi Sonuçları). Çalışmalar yayın yılına göre sıralanmıştır.

7. Komplikasyonlar ve Çözüm Yöntemleri

İmplant destekli hareketli protezlerde komplikasyonlar biyolojik ve teknik olmak üzere iki ana grupta ele alınmaktadır. Biyolojik komplikasyonlar periimplant doku kaynaklı sorunları, teknik komplikasyonlar ise ataşman bileşenleri ve protetik yapıyla ilgili sorunları kapsamaktadır. Bu iki komplikasyon türü zaman zaman eş zamanlı görülebilmekte ve birbirini tetikleyen bir döngü oluşturabilmektedir (Tayari et al., 2024).

7.1. Retansiyon Kaybı

Retansiyon kaybı, implant destekli hareketli protezlerde en sık bildirilen teknik komplikasyondur. Başlıca nedenleri arasında retantif bileşenin (O-ring, naylon matris, klips) aşınması, implant angülasyonundan kaynaklanan dengesiz yük dağılımı, yanlış ataşman seçimi ve yetersiz hasta bakımı yer almaktadır. Sistematik derlemelerde retansiyon kaybının özellikle ilk yıl içinde yoğunlaştığı; sonraki yıllarda aşınmanın daha öngörülebilir bir seyir izlediği bildirilmektedir (ELsyad et al., 2022).

Tedavi yaklaşımı, retansiyon kaybının nedenine göre belirlenmektedir. Bileşen aşınmasına bağlı retansiyon kayıplarında ilk adım, yeni bir retantif bileşenin yerleştirilmesidir; bu işlem genellikle klinik adım gerektirmeden hasta uyumunu geri kazandırmaktadır. Angülasyon kaynaklı sorunlarda ise mevcut bileşenin daha geniş toleranslı bir sisteme, örneğin; top başlıdan Locator sistemine geçirilmesi ya da açılı abutment kullanımı gerekebilir. Uzun dönemde retansiyon kaybının tekrarlaması halinde, ataşman sistemi değişikliğinin ya da implant eklenmesi seçeneklerinin değerlendirilmesi önerilmektedir (Wakam et al., 2022).

7.2. Bileşen Aşınması ve Kırılması

Ataşman bileşenlerinin aşınması ve kırılması, özellikle top başlı ve Locator sistemlerinde sık karşılaşılan bir komplikasyondur. O-ring ve naylon matrisin belirli bir kullanım süresinin ardından işlevini yitirmesi kaçınılmaz olmakla birlikte, periyodik kontrollerde bu bileşenlerin değerlendirilmesi ve gerektiğinde değiştirilmesi retansiyon düzeyinin korunmasını sağlamaktadır. Bar sistemlerinde klips kırığı ve deformasyonu, teleskopik sistemlerde vida gevşemesi ve koping çizilmesi en sık bildirilen bileşen komplikasyonları arasındadır (ELsyad et al., 2022).

Protez kırıkları ise özellikle bar sistemi kullanan hastalarda daha sık görülmektedir. Literatürde bunun başlıca nedeninin bar ile protez tabanı arasındaki rijit bağlantının oklüzal kuvvetleri protez bazına doğrudan iletmesi olduğu belirtilmektedir. Bu komplikasyonun önlenmesinde yeterli protez bazı kalınlığının sağlanması, metal güçlendirme kullanımı ve yükleme protokolüne uyum önem taşımaktadır. Titanyum ya da zirkonyum bazlı takviyeli protez materyallerinin bu riski azaltabileceği bildirilmektedir (Sabbagh et al., 2026).

7.3. Periimplant Doku Sorunları

Periimplant doku komplikasyonları; periimplant mukozit, periimplantit ve yumuşak doku hiperplazisini kapsamaktadır. Periimplant mukozit, periimplant dokularda kemik kaybı olmaksızın gelişen geri dönüşümlü bir inflamasyondur; gingivitisin implant çevresindeki klinik karşılığı olarak kabul edilmektedir. Periimplantit ise alveol kemiği kaybını da kapsayan geri dönüşümsüz bir inflamasyon olup tedavi edilmediğinde implant kaybına kadar

ilerleyebilmektedir. On yıllık takibin yapıldığı bir çalışmada, maksiller implant destekli hareketli protezli hastaların yaklaşık beşte birinde periimplantit geliştiği bildirilmektedir (Onclin, Slot, Vissink, Raghoobar, & Meijer, 2022).

Periimplant mukozitin tedavisinde cerrahi olmayan mekanik debridman ve risk faktörlerinin kontrolü (sigara bırakma, oral hijyen eğitimi, diyabet yönetimi) birincil yaklaşım olarak önerilmektedir. 2024 yılında yayımlanan AO/AAP konsensüs raporunda, periimplant mukozitin cerrahi olmayan debridmanla etkin biçimde yönetilebileceği ve bu yaklaşımın periimplantit tedavisinin ilk basamağını oluşturduğu vurgulanmıştır (Wang et al., 2025). Periimplantit vakalarında ise hastalığın şiddetine bağlı olarak flep debridmanı, rezektif ya da rejeneratif cerrahi uygulamaları gerekebilmektedir. Bu aşamada protetik tasarımın değerlendirilmesi ve gerektiğinde revize edilmesi de tedavi planının bir parçasını oluşturmaktadır.

Yumuşak doku hiperplazisi, özellikle bar sistemi kullanan hastalarda, bar altında biriken plak nedeniyle gelişebilmektedir. Tedavide öncelikle oral hijyen alışkanlıklarının iyileştirilmesi, gerekli hallerde bar tasarımının revizyonu ve cerrahi doku düzeltilmesi uygulanmaktadır (ELsyad et al., 2022).

7.4. Takip Protokolleri ve Komplikasyon Yönetimi

Komplikasyonların minimize edilmesinde düzenli takip randevularının önemi büyüktür. Klinisyenin her kontrol ziyaretinde ataşman retansiyon düzeyini, bileşen bütünlüğünü, periimplant doku sağlığını, protez uyumunu ve hastanın oral hijyen durumunu değerlendirmesi önerilmektedir. İlk yıl içinde daha sık aralıklarla gerçekleştirilen kontroller (üç ila altı aylık periyotlar), uzun dönemde yıllık kontrollere geçiş zemin hazırlamaktadır.

Retantif bileşenlerin düzenli değişimi, bileşen başarısızlığı gerçekleşmeden önce yapıldığında hem klinik hem de ekonomik açıdan daha avantajlı olmaktadır. Bu doğrultuda klinisyenin hasta ve ataşman sistemine özgü bireysel bir bakım takvimi oluşturması önerilmektedir (Wakam et al., 2022). Her randevuda indekslerin ve olası komplikasyonların bir çizelge halinde takip edilmesi, uzun dönemde ataşman sistemi değişikliği ya da tedavi planı revizyonu gerekliliğinin öngörülmesini kolaylaştırmaktadır.

8. Sonuç ve Klinik Öneriler

İmplant destekli hareketli protezler, dişsiz bireylerin protetik rehabilitasyonunda çiğneme etkinliği, yaşam kalitesi ve alveol kemiği korunması açısından konvansiyonel tam proteze kıyasla belirgin üstünlükler sağlamaktadır. Bu tedavi modalitesinde klinik başarının sürdürülebilmesi ise büyük ölçüde ataşman sisteminin doğru seçimine bağlıdır. Mevcut literatür hiçbir sistemin tüm klinik durumlar için evrensel üstünlük sağlamadığını ortaya koyduğundan, ataşman seçimi kaçınılmaz biçimde çok değişkenli ve bireyselleştirilmiş bir karar sürecini gerektirmektedir (Prasad et al., 2024).

Anatomik, protetik ve hastaya özgü faktörlerin bütüncül değerlendirilmesi temel alındığında, mevcut kanıtlar doğrultusunda aşağıdaki klinik öneriler sunulmaktadır:

El becerisi kısıtlı ya da motor koordinasyonu yetersiz hastalarda, bakımı kolay ve toleranslı sistemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu hasta grubunda Locator ya da manyetik ataşmanlar ön plana çıkmaktadır. Oral hijyen motivasyonu düşük hastalarda ise bar altı bölgesine erişimi güç olan splintli sistemlerden kaçınılması; periimplant dokuya erişimi kolaylaştıran splintlenmemiş sistemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. İki implantlı mandibular uygulamalarda top başlı ya da Locator ataşmanlar birinci basamak seçenek olmayı sürdürmekte; dört ve daha fazla implant kullanıldığında ise bar veya teleskopik sistemler biyomekanik açıdan üstün bir seçenek haline gelmektedir. Belirgin açılanmış implant varlığında Locator sistemi, özellikle R-Tx versiyonuyla, geniş tolerans kapasitesi sayesinde tercih edilebilir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Çeneler arası restoratif mesafenin kısıtlı olduğu vakalarda düşük profilli sistemler (top başlı, Locator) zorunluluk haline gelirken, yeterli alan varlığında bar ve teleskopik sistemler de değerlendirilebilir. Karşıt arkta doğal diş ya da implant destekli sabit restorasyon bulunan vakalarda, oklüzal yükü geniş bir alana dağıtabilen bar veya teleskopik ataşmanlar gibi yüksek retansiyon kapasitesine sahip sistemlerin seçilmesi önerilmektedir.

Hasta ve sistem seçiminden bağımsız olarak periyodik takip randevuları ve bireysel oral hijyen eğitimi, komplikasyon oranlarının düşürülmesinde belirleyici rol oynamaktadır. 2025 yılında yayımlanan Uluslararası Global Konsensüs Raporu'nda, dişsiz maksillada implant destekli tedavilere yönelik on dört klinik öneri oluşturulmuş; hasta seçimi, diagnostik süreç, tedavi planlaması, tedavi prosedürleri ve bakım aşamalarının sistematik biçimde ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Stilwell et al., 2026). Bu konsensüsün temel mesajı, bireyselleştirilmiş tedavi planlamasının ve uzun dönem takibinin klinik başarının vazgeçilmez bileşenleri olduğu yönündedir.

Gelecekteki araştırmaların; uzun dönem randomize kontrollü çalışmalarla ataşman sistemlerini karşılaştırması, hasta bildirim sonuçlarını (PROMs) daha sistematik biçimde raporlaması ve dijital iş akışlarının ataşman üretim kalitesi ve klinik komplikasyonlar üzerindeki etkisini değerlendirmesi beklenmektedir. Sonuç olarak, güncel kanıtlar ışığında ataşman seçimi, standart bir protokole değil; her hastanın bireysel koşullarına uyarlanmış bütüncül bir değerlendirmeye yapılmalıdır. Bu değerlendirme; hasta faktörlerini, anatomik ve klinik değişkenleri ve protetik gereksinimleri bir bütün olarak ele alan, disiplinler arası iletişime ve uzun dönem takibe dayanan bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

Kaynaklar

- Aldhohrah, T., Mashrah, M. A., & Wang, Y. (2022). Effect of 2-implant mandibular overdenture with different attachments and loading protocols on peri-implant health and prosthetic complications: A systematic review and network meta-analysis. *J Prosthet Dent*, 127(6), 832-844. doi:10.1016/j.prosdent.2020.12.016
- Awad, M. A., Rashid, F., Feine, J. S., & Overdenture Effectiveness Study Team, C. (2014). The effect of mandibular 2-implant overdentures on oral health-related quality of life: an international multicentre study. *Clin Oral Implants Res*, 25(1), 46-51. doi:10.1111/clr.12205
- Bi, Y., Aldhohrah, T., Mashrah, M. A., Su, Y., Yang, Z., Guo, X., . . . Wang, L. (2022). Effects of attachment type and number of dental implants supporting mandibular overdenture on peri-implant health: A systematic review and network meta-analysis. *J Prosthodont Res*, 66(3), 357-373. doi:10.2186/jpr.JPR_D_21_00073
- Cakarar, S., Can, T., Yaltirik, M., & Keskin, C. (2011). Complications associated with the ball, bar and Locator attachments for implant-supported overdentures. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16(7), e953-959. doi:10.4317/medoral.17312
- Carlsson, G. E. (2014). Implant and root supported overdentures - a literature review and some data on bone loss in edentulous jaws. *J Adv Prosthodont*, 6(4), 245-252. doi:10.4047/jap.2014.6.4.245
- Dorsam, I., Hombach, A., Bourauel, C., & Stark, H. (2022). Comparison of two resilient attachment systems for implant-/mucosa-supported overdentures with a PEKK framework: a clinical pilot study. *Clin Oral Investig*, 26(4), 3707-3719. doi:10.1007/s00784-021-04342-4
- Emami, E., de Souza, R. F., Kabawat, M., & Feine, J. S. (2013). The impact of edentulism on oral and general health. *Int J Dent*, 2013, 498305. doi:10.1155/2013/498305
- Emami, E., Heydecke, G., Rompre, P. H., de Grandmont, P., & Feine, J. S. (2009). Impact of implant support for mandibular dentures on satisfaction, oral and general health-related quality of life: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Clin Oral Implants Res*, 20(6), 533-544. doi:10.1111/j.1600-0501.2008.01693.x
- Feine, J. S., Carlsson, G. E., Awad, M. A., Chehade, A., Duncan, W. J., Gizani, S., . . . Wismeijer, D. (2002). The McGill consensus statement on overdentures. Mandibular two-implant overdentures as first choice standard of care for edentulous patients. Montreal, Quebec, May 24-25, 2002. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 17(4), 601-602. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12182304>

- Frantz, K., Funkenbusch, P., Feng, C., Tsigarida, A., Chochlidakis, K., Lo Russo, L., & Ercoli, C. (2024). Effect of implant angulation and patrice on the retention of overdenture attachment systems: An in vitro study. *J Prosthodont*, 33(5), 452-459. doi:10.1111/jopr.13717
- Gupta, N., Bansal, R., & Shukla, N. K. (2023). The effect of ball versus locator attachment system on the performance of implant supported overdenture: A systematic review. *J Oral Biol Craniofac Res*, 13(1), 44-55. doi:10.1016/j.jobcr.2022.11.001
- Elsyad M. A., Abdraboh, A. E., Denewar, M. M., & Mohamed, S. S. (2022). Prosthetic complications and maintenance of different attachments used to stabilize mandibular 2-implant overdentures in patients with atrophied ridges. A 5-year randomized controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 24(4), 497-509. doi:10.1111/cid.13093
- Mourad, K. E., Emera, R. M. K., & Habib, A. (2024). Effect of different implant positions for two implant-retained mandibular overdenture: a retrospective 5-years radiographic evaluation of the circumferential peri-implant bone loss and posterior ridge resorptive changes. *BMC Oral Health*, 24(1), 1161. doi:10.1186/s12903-024-04871-w
- Onclin, P., Slot, W., Vissink, A., Raghoobar, G. M., & Meijer, H. J. A. (2022). Incidence of peri-implant mucositis and peri-implantitis in patients with a maxillary overdenture: A sub-analysis of two prospective studies with a 10-year follow-up period. *Clin Implant Dent Relat Res*, 24(2), 188-195. doi:10.1111/cid.13071
- Onclin, P., Speksnijder, C. M., Vissink, A., Meijer, H. J. A., & Raghoobar, G. M. (2023). Two or four implants for maxillary overdentures in edentulous patients: 1-year results of a randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 25(6), 1138-1148. doi:10.1111/cid.13262
- Patel, S., & Vaishnav, K. (2025). Comparative Evaluation of Various Implant Overdenture Attachment Systems in Terms of Survival Rate, Tissue Response, and Patient Satisfaction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*, 17(5), e83838. doi:10.7759/cureus.83838
- Patil, P. G., Seow, L. L., Kweh, T. J., & Nimbalkar, S. (2022). Unsplinted Attachments and Patient-Reported Outcome Measures (PROMs) in 2-Implant-Retained Mandibular Overdentures: A Systematic Review. *Int J Dent*, 2022, 5955847. doi:10.1155/2022/5955847
- Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., . . . Watt, R. G. (2019). Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*, 394(10194), 249-260. doi:10.1016/S0140-6736(19)31146-8
- Prasad, S., Faverani, L. P., Santiago Junior, J. F., Sukotjo, C., & Yuan, J. C. (2024). Attachment systems for mandibular implant-supported overdentures: A

- systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Prosthet Dent*, 132(2), 354-368. doi:10.1016/j.prosdent.2022.08.004
- Rosa, C., de Souza Leao, R., Guerra, C. M. F., Pellizzer, E. P., Silva Casado, B. G. D., & Moraes, S. L. D. (2021). Do ball-type attachment systems for overdenture result in better patient-satisfaction? A systematic review of randomized crossover clinical trial. *Saudi Dent J*, 33(6), 299-307. doi:10.1016/j.sdentj.2021.03.002
- Sabbagh, J., Jarjour, F. F., Nassif, J., Saba, S., & Ghotmi, M. (2026). Advances in Implant-Supported Overdentures: A Review of Recent Attachment Systems. *Cureus*, 18(3), e105520. doi:10.7759/cureus.105520
- Sardar, C., Mistry, G., Randhawa, N. K., Puppala, P., Chitnis, A., & Sachdev, S. S. (2024). An update on attachment systems for mandibular implant overdentures: A review. *Bioinformation*, 20(11), 1623-1628. doi:10.6026/9732063002001623
- Stilwell, C., Jung, R. E., Beuer, F., Brunello, G., Cha, J. K., Ling, J. C. K., . . . Zitzmann, N. U. (2026). Consensus Report of Group 4 of the 1st Global Consensus for Clinical Guidelines for the Rehabilitation of the Edentulous Maxilla: Conventional Dentures, Implant Overdentures and Implant-Supported Fixed Dental Prostheses. *Clin Oral Implants Res*, 37 Suppl 30(Suppl 30), S81-S107. doi:10.1111/clr.70069
- Sutariya, P. V., Shah, H. M., Patel, S. D., Upadhyay, H. H., Pathan, M. R., & Shah, R. P. (2021). Mandibular implant-supported overdenture: A systematic review and meta-analysis for optimum selection of attachment system. *J Indian Prosthodont Soc*, 21(4), 319-327. doi:10.4103/jips.jips_158_21
- Tayari, O., Slimene, W., & Jaouadi, J. (2024). Risk factors for implant-supported overdenture failures: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*, 24(2), 109-121. doi:10.4103/jips.jips_18_24
- Thomason, J. M., Feine, J., Exley, C., Moynihan, P., Muller, F., Naert, I., . . . Barker, D. (2009). Mandibular two implant-supported overdentures as the first choice standard of care for edentulous patients--the York Consensus Statement. *Br Dent J*, 207(4), 185-186. doi:10.1038/sj.bdj.2009.728
- Turkylmaz, I., Company, A. M., & McGlumphy, E. A. (2010). Should edentulous patients be constrained to removable complete dentures? The use of dental implants to improve the quality of life for edentulous patients. *Gerodontology*, 27(1), 3-10. doi:10.1111/j.1741-2358.2009.00294.x
- Van der Moolen, P. L., Post, B. J., Slot, D. E., & van der Weijden, F. A. (2021). Outcome of peri-implant maintenance care in patients with an implant-supported lower denture-A 3.5-year retrospective analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*, 23(2), 236-243. doi:10.1111/cid.12963

- Wakam, R., Benoit, A., Mawussi, K. B., & Gorin, C. (2022). Evaluation of Retention, Wear, and Maintenance of Attachment Systems for Single- or Two-Implant-Retained Mandibular Overdentures: A Systematic Review. *Materials (Basel)*, 15(5). doi:10.3390/ma15051933
- Wang, H. L., Avila-Ortiz, G., Monje, A., Kumar, P., Calatrava, J., Aghaloo, T., . . . Rosen, P. S. (2025). AO/AAP consensus on prevention and management of peri-implant diseases and conditions: Summary report. *J Periodontol*, 96(6), 519-541. doi:10.1002/JPER.25-0270

BÖLÜM 3

İmplant Üstü Sabit Restorasyonlarda Güncel Protez Tasarım Yaklaşımları

Mehmet Ateş¹
Ceyda Akın²

¹ Uzm. Dt., Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
ORCID: 0009-0001-6764-763X

² Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
ORCID: 0000-0001-9704-3100

1. Giriş

İmplant destekli protetik tedavilerde üstyapının implanta sabitlenme şekli, tedavinin uzun dönem klinik başarısına yön veren en kritik parametrelerden biridir. Modern protetik yaklaşımlarda bu bağlantı mekanizmaları temelde vidalı, siman tutuculu ve bu iki konseptin faydalı özelliklerini harmanlayan hibrit tasarımlar olmak üzere üç ana başlıkta incelenmektedir. Bu kategorizasyon, salt yapısal bir farklılığı ifade etmenin ötesinde; restorasyonun istenildiğinde hekim tarafından hasarsızca çıkarılabilmesi (retrievabilite), rezidüel siman kaynaklı inflamasyon riski, peri-implant yumuşak doku idamesi, klinik/laboratuvar iş akışlarının karmaşıklığı ve ileride doğabilecek sorunlara müdahale kolaylığı gibi hayati unsurları doğrudan şekillendirir. Nitekim kapsamlı araştırmalar, sabit implant protezlerinin sağkalım oranlarının genel itibarıyla oldukça başarılı olduğunu doğrulasa da tercih edilen fiksasyon yönteminin gelişebilecek komplikasyonların karakterini (biyolojik veya teknik) köklü biçimde değiştirdiğini göstermektedir (Sailer et al., 2022; Wittneben et al., 2017).

Klinik ve biyomekanik çeşitlilikler bütünüyle hesaba katıldığında, protetik planlamada tüm endikasyonlar için kusursuz ve standart olarak kabul edilebilecek "evrensel" tek bir bağlantı tipinden bahsetmek olası görünmemektedir. Mevcut sistematik derlemeler, siman veya vida retansiyonlu protez seçeneklerinin kümülatif sağkalım oranları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığını ortaya koysa da her iki ekolün kendine has teknik ve biyolojik handikap profilleri barındırdığını kanıtlamaktadır. Dolayısıyla hekimin nihai planlama aşamasındaki tercihi, sadece protezin ağızda kalma süresini (sağkalım) merkeze almamalıdır. En öngörülebilir sonuca ulaşabilmek adına karar süreci, hastaya özgü anatomik sınırlandırmalar, biyomekanik dinamikler ve olası bir komplikasyon durumunda kriz yönetiminin ne derece pratik olacağı tartılarak şekillendirilmelidir (Wittneben et al., 2017).

2. İmplant Destekli Protezlerin Sınıflandırılması

2.1. Doku Kaybına Göre İmplant Destekli Protezlerin Sınıflandırılması

Modern implant prostodontisinde en yaygın kabul gören ve protetik planlamayı doğrudan "kaybedilen doku miktarı" üzerinden standardize eden sistem, Misch tarafından geliştirilen sınıflandırmadır. Bu tasnif, implant destekli protezleri mevcut sert ve yumuşak doku defektinin biyomekanik boyutuna göre beş temel gruba ayırmaktadır (Misch, 1989):

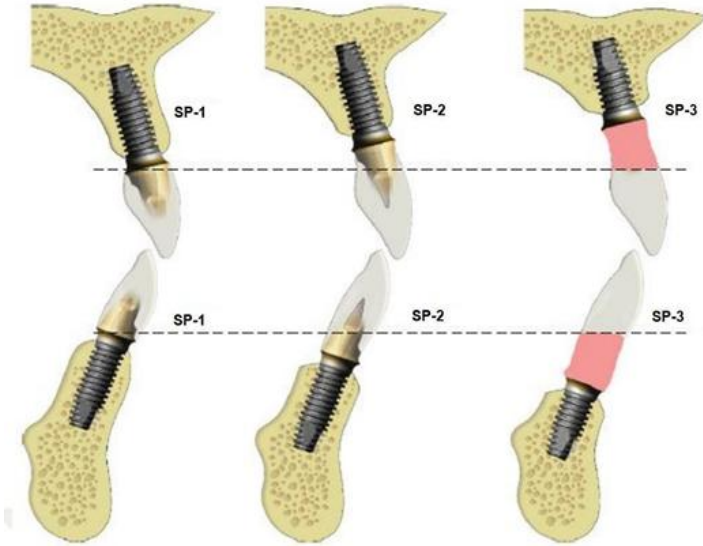
- **SP-1 (Sabit Protez 1):** Sadece kaybedilen dişin kuron bölümünün restore edildiği, diş eti seviyesinin ideal olduğu ve restorasyonun morfolojik olarak bütünüyle doğal bir diş taklit ettiği sabit protez tipidir (Misch, 1989).

- **SP-2 (Sabit Protez 2):** Doğal dişin kuron yapısıyla birlikte kökünün bir kısmının da restore edilmesini gerektiren sabit protezlerdir. Bu tasarımda oklüzal form normal boyutlardayken, mevcut kret rezorpsiyonunu telafi etmek amacıyla kuronun servikal (kole) bölgeye doğru uzatıldığı veya aşırı konturlandığı görülür (Misch, 1989).

- **SP-3 (Sabit Protez 3):** İleri derecede doku kaybının yaşandığı vakalarda eksik dişlerin yanı sıra, kaybedilen alveoler kretin ve diş etinin de yapay materyallerle (pembe seramik veya akrilik kompozitler) telafi edildiği sabit restorasyonlardır (Misch, 1989). Bu protez tipinde metal destekli seramik veya metal altyapı üzeri akrilik ve hibrit protezler kullanılabilir. Hibrit protezler için genel olarak altyapı seçenekleri krom-kobalt, PEEK (Polietereeterketon), titanyum veya zirkonyadır. Üstyapılarda zirkonya veya seramik gibi materyaller kullanılarak hibrit restorasyonlar oluşturulabilir. Eğer kemik miktarı yeterli ise alt ve üst çene arasındaki ilişki göz önüne alınarak geleneksel bir metal destekli seramik üstyapı seçilebilir. Sert veya yumuşak doku kaybı söz konusu ise hibrit protez tercih edilmelidir.

- **HP-4 (Hareketli Protez 4):** Hastanın takıp çıkarabildiği ancak oklüzal yüklerin karşılanması ve protez desteğinin bütünüyle implantlardan sağlandığı hareketli (overdenture) protez tipidir (Misch, 1989).

- **HP-5 (Hareketli Protez 5):** Protez stabilitesi ve desteğinin sadece implantlardan değil, aynı zamanda çevre yumuşak dokulardan (mukoza) da ortaklaşa sağlandığı, yük dağılımının doku ve implant arasında paylaştırıldığı hareketli protez konseptidir (Misch, 1989).



Şekil 1. Kaybedilen sert ve yumuşak doku hacmine göre planlanan sabit implant protezi (SP-1, SP-2, SP-3) tiplerinin şematik görünümü

2.2. Klinik Senaryolara Göre İmplant Destekli Protezlerin Sınıflandırılması

Dental protezlerin temel amacı, stomatognatik sistemde kaybedilen sert ve yumuşak dokuları yapay materyallerle anatomik olarak yerine koymaktır (Rosenstiel et al., 2006). Bu rehabilitasyon süreci yalnızca mekanik bir tamamlama işlemi değil; hastanın bozulan çiğneme fonksiyonunun, fonetiğinin,

estetik görünümünün ve doku devamlılığının sağlanarak psikolojik yoksunluklarının giderilmesi hedefini taşır (Beydemir, 2002; Özdemir, 2002). Günümüzde dental implantlar, tek diş eksikliklerinden uzun dişsiz boşluklara ve ileri derecede rezorbe serbest sonlu kretlere kadar uzanan geniş bir endikasyon yelpazesinde bu hedeflere ulaşmak için en güvenilir dayanak noktası haline gelmiştir. İmplant destekli restorasyonlar, klinik tablonun gereksinimlerine göre kısmi veya tam dişsizlik durumlarında farklı biyomekanik tasarımlarla planlanmaktadır (Zitzmann & Marinello, 2002).

İmplant destekli protezlerin kullanım endikasyonları aşağıdaki şekillerde sınıflandırılabilir (Zitzmann & Marinello, 2002):

❖ Kısmi diş eksikliklerinde:

- Tek diş eksiklikleri için sabit bölümlü protez
- Ara dişsiz boşluklar için sabit bölümlü protez
- Serbest sonlu alanlar için sabit bölümlü protez

❖ Total diş eksikliklerinde:

- İmplant destekli sabit bölümlü protez
- İmplant destekli overdenture protez
- İmplant ve doku destekli overdenture protez

2.2.1. Kısmi Diş Eksikliklerinde Protetik Yaklaşımlar

Çürük, travma, periodontal yıkım veya konjenital nedenlerle ortaya çıkan tek diş eksikliklerinde (Krauser et al., 1991) geçmişte geleneksel sabit köprüler veya adeziv restorasyonlar sıklıkla uygulanmış olsa da bu yöntemler önemli biyomekanik kısıtlılıklara sahiptir. Komşu sağlıklı dişlerde geri dönüşümsüz preparasyon (madde kaybı) yapılması, adeziv köprülerde sık karşılaşılan desimantasyon riski ve proksimal bölge temizliğindeki zorluklar bu kısıtlılıkların başında gelir (Davarpanah et al., 2001; Mericske-Stern et al., 2001; Hebel et al., 2000). Çevre dokuların korunması prensibi doğrultusunda dental implantlar günümüzde en ideal alternatifi sunmaktadır ve üstyapıları klinik ihtiyaca göre simante veya vidalı olarak tasarlanabilmektedir (Davarpanah et al., 2001; Mericske-Stern et al., 2001).

Uzun dönem klinik araştırmalar, tek diş implant uygulamalarının %96 ile %100 arasında değişen çok yüksek sağkalım oranlarına sahip olduğunu kanıtlamıştır. Misch, implant destekli restorasyonların 5 yıllık başarısızlık oranını ortalama %2.8 olarak bildirirken; geleneksel diş destekli köprülerde bu oranın 3 yılda %20'ye, 10 yılda ise %50'ye ulaştığını vurgulayarak implant tedavisinin uzun dönem biyomekanik üstünlüğünü açıkça ortaya koymuştur (Misch, 2005). Birden fazla dişin eksik olduğu ara boşluklarda ise implant sayısı ve üstyapı tasarımı, dişsiz bölgenin anatomik lokalizasyonuna, kretin uzunluğuna ve bölgeye iletilecek oklüzal yüklerin şiddetine göre stratejik olarak belirlenmelidir (Behr et al., 1998).

Özellikle uzun dişsiz alanları kapsayan serbest sonlu vakalarda, implant desteği sağlanmadığı takdirde hekim ve hasta hareketli bölümlü protezlere mecbur kalmaktadır. Ancak hareketli bölümlü protezlerin uzun dönem takiplerinde, destek dişlerin sağlığının 4 yılda %60, 10 yılda ise %35 oranında azaldığı bildirilmiştir (Misch, 2005). Aynı süreçte destek dişlerde mobilite, çürük ve plak birikiminin arttığı, 10 yıl içinde bu dişlerin %44'ünün kaybedildiği ve dişsiz bölgelerdeki kret rezorpsiyonunun ivme kazandığı rapor edilmiştir (Behr et al., 1998). Bu yıkıcı biyomekanik döngüyü kırmak amacıyla uygulanan implant destekli sabit protezlerin başarısı ise oldukça yüksektir; Attard ve arkadaşları (Attard & Zarb, 2002) 10 yıllık takiplerde %94, Lekholm ve arkadaşları (Lekholm et al., 1999) ise %92 oranında başarılı sağkalım bildirmiştir. Serbest sonlu kretlerde protez planlaması yapılırken interark mesafesi, karşıt arktaki diş varlığı ve oklüzal dinamikler mutlaka dikkate alınmalıdır (Becker & Becker, 1995).

2.2.2. Tam Dişsizlikte Protetik Yaklaşımlar: Sabit ve Hareketli (Overdenture) Sistemler

Tam dişsiz hastaların öncelikli beklentisi, yaşam kalitelerini doğrudan artıran implant destekli sabit protezlerle rehabilite edilmektir. İdeal şartlarda 6-8 adet implant, sabit bir tam ark restorasyonunu desteklemek için yeterli biyomekanik direnci sağlar (Zitzmann & Marinello, 2002; DeBoer, 1993; Mericske-Stern et al., 2000; Payne & Solomons, 2000). Protez hacminin konvansiyonel protezlere kıyasla belirgin şekilde azalması, bulantı refleksinin ortadan kalkması ve hastanın proteze çok daha hızlı adaptasyon sağlaması bu tasarımın en güçlü yönleridir. Ancak şiddetli sert ve yumuşak doku kaybı bulunan atrofik kretlerde, doku desteği sağlanmadan sadece sabit bir restorasyonla yüz estetiğini ve dudak desteğini iade etmek mümkün olmayabilir. Ayrıca bu vakalarda cerrahi prosedürlerin karmaşıklığı, maliyet artışı ve oral hijyenin zorlaşması sabit sistemlerin handikapları arasındadır (Zitzmann & Marinello, 2002; DeBoer, 1993; Mericske-Stern et al., 2000; Payne & Solomons, 2000).

Bu anatomik ve estetik sınırların aşılmadığı durumlarda, overdenture (hareketli) protez tasarımları altın standart bir alternatif sunar. Geleneksel tam protez kullanan hastaların, özellikle mandibulanın anatomik kısıtlılıkları nedeniyle sıklıkla şikayet ettiği tutuculuk, stabilite ve çiğneme fonksiyonu kaybı (Carlsson, 1998; Doundoulakis et al., 2003); genellikle 2 ila 4 implant ve çeşitli ataşmanlarla desteklenen overdenture protezler ile başarılı bir şekilde çözülmektedir (Zitzmann & Marinello, 2002; Wright, 2006). Bu başarının klinik onayı olarak 2002 tarihli McGill Uzlaşısı, mandibular tam dişsizlikte iki implant destekli overdenture protezlerin "birinci tercih edilen tedavi seçeneği" olması gerektiğini tüm dünyaya deklare etmiştir (Feine et al., 2002).

İmplant varlığının kemik dokusunu koruyucu etkisi bilimsel olarak kanıtlanmıştır; Kordatzis ve arkadaşları (Kordatzis et al., 2003) 5 yıllık süreçte geleneksel tam protez kullananlarda ortalama 1.63 mm kret yüksekliği kaybı izlerken, implant destekli protezlerde bu kaybın 0.69 mm'ye düştüğünü saptamıştır. Sabit protezlere kıyasla planlama kolaylığı, daha az implant

gerektirdiği için ekonomik olması, oral hijyenin kolay sağlanması ve akrilik flanjlar aracılığıyla estetik kayıpların giderilebilmesi overdenture sistemlerin temel avantajlarıdır (Zitzmann & Marinello, 2002; Mericske-Stern et al., 2000; Payne & Solomons, 2000).

Buna karşın overdenture sistemlerin tasarımında interark mesafesi kritik bir eştir; ataşmanların, akrilik kaidenin ve yapay dişlerin yeterli dayanımla konumlandırılabilmesi için en az 12 mm'lik bir restoratif boşluğa ihtiyaç vardır (Geertman et al., 1999). Tutucu ataşman (top başlı, bar, locator vb.) seçilirken implantların sayısı, ark konfigürasyonu, ekonomik faktörler ve mukozanın rezilyensi (esnekliği) göz önünde bulundurulmalıdır. Biyomekanik bir kural olarak, rijit tutucular oklüzal kuvvetleri doğrudan implantlara iletirken rezilyent (esneklik payı olan) tutucular, uygulanan yüklerin implantlar ile dişsiz kret arasında dengeli bir şekilde paylaştırılmasını sağlayarak stres dağılımını optimize eder (DeBoer, 1993; Shafie, 2007).

3. İmplant Destekli Protezlerin Avantajları

İmplant destekli protetik restorasyonların sunduğu temel üstünlükler şunlardır:

- Alveoler kemik rezorpsiyonu önlenerek doku hacmi muhafaza edilir.
- Hastanın oklüzal dikey boyutu idame ettirilir.
- Yüz kaslarına sağlanan destek sayesinde estetik görünüm iyileştirilir.
- Kapanış ilişkileri ve fonasyon (konuşma) problemleri etkili bir şekilde giderilir.
- Restorasyonun klinik ömrü uzar ve tedavi başarı oranı yükselir.
- Mastikasyon (çğneme) etkinliğinde belirgin bir artış gözlenir.
- Geleneksel yaklaşımlara göre protez kaidesinin hacmi daha küçük tutulabilir.
- Hareketli tasarımlarda dokuya tutunum (retansiyon) ve stabilite maksimum seviyeye çıkar.
- Eksik bölgeye komşu olan sağlıklı dişlerde herhangi bir kesim veya preparasyon işlemine ihtiyaç duyulmaz.
- Sunduğu kullanım rahatlığı, hastanın psikolojik açıdan kendini çok daha özgüvenli ve iyi hissetmesine olanak tanır (Christensen, 2019).

3.1. Total Dişsiz Hastalarda Uygulanan İmplant Destekli Hareketli Tasarımların Avantajları

- Daha az sayıda implant yerleştirilmesi yeterli olduğundan, tedavi maliyeti nispeten daha uygundur.
- Akrilik kaidenin labial uzantıları sayesinde yüz hatları, sabit protezlere göre daha başarılı şekilde desteklenir. Bu tasarım, rezorbe olmuş kemiğin hem

dikey hem de yatay yöndeki hacim kaybını telafi ederek dudak ve yanaklara ihtiyaç duyduğu estetik desteği sağlar.

- İleri cerrahi kemik greftleme (augmentasyon) prosedürlerine duyulan ihtiyaç minimum düzeydedir; ek cerrahi işlemlerin gerekmemesi toplam tedavi sürecinin belirgin şekilde kısalmasına yardımcı olur.

- Gece uykusu sırasında protezin ağızdan uzaklaştırılabilmesi, brüksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıkların yıkıcı etkilerini engeller.

- Hasta tarafından uygulanan günlük ağız ve protez hijyeni işlemleri çok daha pratiktir.

3.2. Total veya Parsiyel Diş Eksikliklerinde Uygulanan İmplant Destekli Sabit Restorasyonların Avantajları

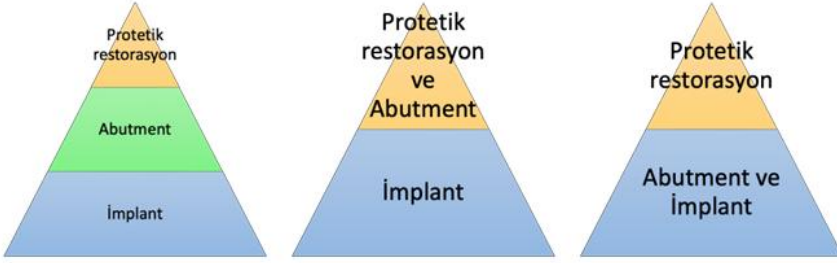
- Fonksiyon ve ağız içi hissiyatı bakımından doğal dişleri taklit etmesi, hastanın motivasyonunu ve psikolojisini büyük ölçüde pozitif yönde destekler.

- Restorasyon çevresine veya diş aralarına besin artıklarının sıkışma riski daha düşüktür.

- Kullanılan implant adedinin ve buna bağlı olarak ortaya çıkan tedavi bütçesinin, salt implant destekli overdenture tasarımlarıyla benzerlik gösterebilmesi klinik açıdan bir avantaj oluşturur (Misch, 2014).

4. İmplant Üstü Sabit Protezlerin Bölümleri

Sabit implant restorasyonları yapısal açıdan incelendiğinde; fikstür (implant gövdesi), abutment (dayanak) ve protetik üstyapıdan (kuron) meydana gelen, bu parçaların birleşim konfigürasyonlarına göre farklılık gösteren çok bileşenli sistemlerdir. Güncel uygulamaların büyük bir kısmında abutment implanta bir bağlantı vidası aracılığıyla fikse edilirken, nihai protez bu abutment üzerine simantasyon yahut vidalama yoluyla entegre edilir. Literatürde bu konfigürasyon “üçlü kademe sistemi” olarak tanımlanmaktadır. Protetik üstyapının aracı bir parça kullanılmaksızın doğrudan implant omuzuna (platformuna) bağlandığı veya implant-abutment kompleksinin tek parça (monoblok) olarak tasarlandığı dizaynlar ise “ikili kademe sistemi” şeklinde adlandırılmaktadır. Tüm bu klasik mekanizmalara ek olarak implant ile dayanak arasındaki retansiyonun vida kuvveti yerine sadece mekanik kilitlenme veya sürtünme (frictional fit) prensibiyle sağlandığı alternatif bağlantı konseptleri de klinik kullanıma sunulmuştur (Karunagaran et al., 2013).



Şekil 2. İmplant üstü sabit protezlerin bölümleri

4.1. İmplant Üstü Sabit Restorasyonlarda Abutment (Dayanak) Konseptleri ve Sınıflandırma Kriterleri

Protetik üstyapı ile implant fikstürü arasında köprü vazifesi gören dental abutmentler (dayanaklar), restorasyonun mekanik stabilitesini ve ağız içindeki tutuculuğunu sağlayan kilit yapıtaşlarıdır (Heydecke et al., 2002). Günümüzde bu ara parçaların üretiminde çok çeşitli materyal ve tasarım seçenekleri mevcuttur (Mehl et al., 2016). Uzun dönem klinik başarının en önemli anahtarı, kullanılacak dayanak tipinin cerrahi işleminden çok önce, kapsamlı bir protetik planlama ile belirlenmesidir (Christensen, 2019; Giglio, 1999).

İdeal bir dental dayanak, proteze yalnızca mekanik destek sağlamakla kalmamalı; aynı zamanda peri-implant sert ve yumuşak dokuların sağlığını idame ettirmelidir. Biyouyumlu olmalı, alerjik yanıt oluşturmamalı, implant-dayanak birleşim hattında aşınmalara yol açmamalı, plak birikimini minimize edecek yüzey özelliklerine sahip olmalı ve diş eti dokusunda istenmeyen renk yansımalarına neden olmamalıdır (Mehl et al., 2016).

Fonksiyonel ve biyolojik gereksinimlerin yanı sıra estetik beklentilerin de karşılanması zorunludur (Heydecke et al., 2002). Özellikle anterior maksiller bölgede (estetik alan) tercih edilecek dayanakların taşıması gereken başlıca kriterler şunlardır:

- Çevre yumuşak dokulara ideal desteği verecek anatomik çıkış profiline sahip olması,
- Oklüzal kuvvetleri kemik dokusuna ve implanta güvenle iletebilecek mekanik direnci göstermesi,
- Yüksek biyouyumluluk sergilemesi,
- Doğal diş minesinin optik özelliklerini taklit edebilmesi,
- Yüzeyinde plak retansiyonuna izin vermemesi,
- Hastanın oral hijyenini rahatça sağlayabileceği temizlenebilir alanlar sunması,
- Ağız içi mekanik dinamiklere adapte olabilmesi,

- Komplikasyon durumlarında hekim tarafından kolayca sökülebilmesi (Jaggers et al., 1993; Marchack, 1996).

4.1.1. Tutuculuk (Retansiyon) Prensibine Göre Dayanaklar

İmplant destekli restorasyonların klinik ömrünü belirleyen en kritik parametrelerden biri bağlantı (retansiyon) türüdür. Bu doğrultuda sistemler üç ana gruba ayrılır: Üstyapının bir yapıştırıcı ile sabitlendiği siman tutuculu, bağlantının bir fiksasyon vidası ile sağlandığı vida tutuculu ve O-ring ya da miknatıs gibi ataşmanların kullanıldığı hareketli protez sistemleri (Misch & Misch, 1992).

Simante ve vidalı sistemlerin her ikisi de tek kuronlardan tam ark restorasyonlara kadar geniş bir endikasyon yelpazesine sahiptir. Ancak literatür, uzun gövdeli köprülerde ve kantilever (kanat) uzantılı protezlerde komplikasyon ihtimalinin daha yüksek olduğunu ve bu sorunların yönetilebilirliği açısından vida tutuculu tasarımların daha avantajlı olduğunu vurgulamaktadır (Salvi & Brägger, 2009; Shadid & Sadaqa, 2012; Aglietta et al., 2009).

A. Siman Tutuculu (Yapıştırırmalı) Dayanaklar

Protetik üstyapının dayanak üzerine dental simanlar aracılığıyla sabitlendiği geleneksel yaklaşımdır (Misch, 2014). Bu sistemde tutuculuğu belirleyen temel unsurlar; tercih edilen simanın kimyasal yapısı, dayanağın vertikal boyu, aksiyal duvar eğimleri ve yüzey pürüzlülüğüdür. İnteroklüzal mesafenin 4 mm'nin altında olduğu vakalarda bu sistemlerin kullanımı endike değildir. Olası bir müdahale gereksiniminde protezin hasarsız sökülebilmesi için genellikle geçici simanların kullanılması tavsiye edilmektedir (Shadid & Sadaqa, 2012).

Siman Tutuculu Sistemlerin Avantajları (Misch, 2014)

- Laboratuvar üretim süreçleri daha az karmaşık ve pratiktir.
- Bütçe açısından daha ekonomik bir seçenektir.
- Oklüzal yüzeyde vida deliği olmaması sebebiyle yüksek estetik sunar.
- Oklüzal uyumlama ve kontak ayarlamaları çok daha kolay yapılır.
- Dayanak ile restorasyon arasındaki siman aralığı (boşluğu), küçük üretim hatalarını tolere ederek pasif uyumun elde edilmesini kolaylaştırır.
- Mekanik komplikasyon (vida gevşemesi veya kırılması) riski nispeten düşüktür.

Siman Tutuculu Sistemlerin Dezavantajları (Misch, 2014)

- Mekanik retansiyonu daha zayıftır ve porselen kırığı riski barındırır.
- Komplikasyon geliştiğinde restorasyonun bütünlüğü bozulmadan sökülmesi oldukça zordur.
- Dış eti oluşturma kalabileceği "artık siman", peri-implantitis gibi ciddi biyolojik komplikasyonlara zemin hazırlar.

B. Vida Tutuculu (Vidalı) Dayanaklar

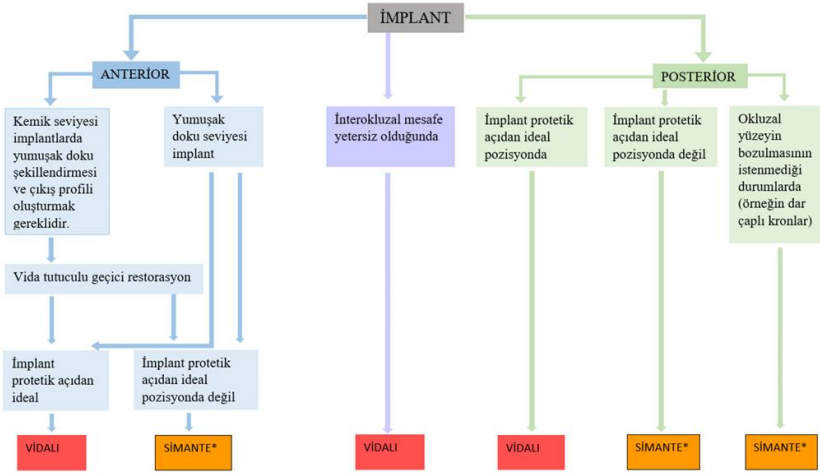
Bağlantının doğrudan metal yüzeylerin temasıyla sağlandığı bu sistemlerde, üretim hatalarına karşı tolerans yok denecek kadar azdır. Ölçü safhasından model eldesine, mum büzülmelerinden döküm veya frezeleme hatalarına kadar pek çok değişken, "tamamen pasif uyumlu" bir altyapı üretimini neredeyse imkânsız hale getirir (Modi et al., 2014). Tutucu vida, restorasyona oklüzal yüzeyden veya yatay (transversal) eksenenden giriş yapabilir. Bazı durumlarda simante protezlerin oklüzal yüzeyine de sökülebilirliği sağlamak amacıyla erişim delikleri açılabilmektedir (Shadid & Sadaqa, 2012; Lee et al., 2010).

Vida Tutuculu Sistemlerin Avantajları (Misch, 2014)

- İhtiyaç duyulduğunda protez hiçbir zarar görmeden kolayca sökülüp takılabilir.
- Artık siman riski bulunmadığından, buna bağlı gelişen biyolojik komplikasyonlar ekarte edilmiş olur.
- İmplant boynuna binen moment kuvvetlerini minimize eder.
- İnteroklüzal (çeneler arası) mesafenin çok kısıtlı olduğu vakalarda bile güvenle uygulanabilir.

Vida Tutuculu Sistemlerin Dezavantajları (Misch, 2014)

- Mekanik direnci daha düşüktür; vida gevşemesi veya kırılması gibi sorunlar daha sık görülür.
- İdeal bir pasif uyum (fit) yakalamak oldukça zordur ve yüksek teknik hassasiyet gerektirir.
- Maliyetleri geleneksel sistemlere göre daha yüksektir.
- Çiğneyici yüzeydeki vida erişim deliği, ideal oklüzal morfolojinin işlenmesini engeller ve estetik kaygılar yaratabilir.
- Özellikle dar oklüzal tablalarda veya vida deliğinin konumlandığı marjinal bölgelerde porselen kırıkları (chipping) yaşanabilir.



Şekil 3. İmplant destekli sabit restorasyonlarda simante ya da vidalı dayanak seçimine ilişkin bir karar şeması (Wittneben et al., 2017).

*simante dayanaklarda, restorasyon marjinleri 2mm'den daha fazla subgingivalde bulunmamalıdır.

4.1.2. Üretim Teknolojisine Göre Dayanaklar

Dayanaklar üretim yöntemlerine göre standart (stok) ve kişiye özel (custom) olmak üzere ikiye ayrılır. Kişiye özel tasarımlar geleneksel döküm tekniğiyle ya da modern CAD/CAM sistemleriyle üretilebilmektedir (Karunagaran et al., 2013; Şen & Us, 2018).

- **Standart Stok Dayanaklar:** Genellikle zirkonya veya titanyum materyalden üretilen, sabit formlara sahip fabrikasyon parçalardır. Düz formlarının yanı sıra, implantın açısından kaynaklanan hataları telafi etmek için açılı versiyonları da mevcuttur. Ekonomik olmaları ve ölçü işlemlerinin pratikliği sebebiyle sık tercih edilseler de optimum sonuç için implantın ideal üç boyutlu konumda yerleştirilmiş olması şarttır. Son yıllarda firmalar, doğal diş formunu taklit eden "estetik stok dayanaklar" da piyasaya sürmüştür (Grossmann & Madjar, 2002). Ancak standart formların artık siman temizliğinde yetersiz kaldığını gösteren kanıtlar, kişiye özel dayanakların kullanımını modern diş hekimliğinin vazgeçilmezi yapmıştır (Priest, 2005).

- **Kişiye Özel Dayanaklar:** İnteroklüzal mesafenin yetersiz kaldığı, aşırı açılanma hatalarının bulunduğu, stok dayanak boyunlarının yetersiz olduğu veya ideal bir diş eti çıkış profilinin kurgulanması gereken durumlarda endikedir. İnterproksimal hijyen alanlarının yaratılması ve çoklu implant splintlemeleri için de şarttır. Laboratuvar aşamasında yüksek hassasiyet gerektirdiği için maliyetleri daha yüksektir (Karunagaran et al., 2013; Karunagaran et al., 2014).

- **CAD/CAM Sistemleri ve UCLA Dayanaklar:** Geleneksel döküm ve ölçü hatalarını ekarte eden CAD/CAM teknolojisi, dijital tarama ve prefabrik blokların frezelenmesi mantığıyla çalışır (Karunagaran et al., 2013). İmplant seviyesinde çalışmaya olanak tanıyan ve ilk olarak plastik yakılabilir (burn-out)

yapıda üretilen UCLA (silindirik) dayanaklar ise günümüzde altın alaşımlı olarak da kullanılmakta olup estetik restorasyonlar için iyi bir alternatiftir (Lewis, 1995).

4.1.3. Kullanım Safhasına Göre Dayanaklar

Dayanaklar klinik akıştaki işlevlerine göre kalıcı ve geçici olarak sınıflandırılır (Karunagaran et al., 2013). Geçici dayanaklar grubu; iyileşme döneminde diş eti epitelizeasyonunu yönlendiren iyileşme başlıklarını, açık veya kapalı kaşık tekniğinde kullanılan ölçü postlarını ve estetik bölgede yumuşak dokuyu şekillendirmek, fonasyon ve oklüzyonu test etmek amacıyla kullanılan geçici restorasyon dayanaklarını kapsar (Binon, 2000; Terzioğlu, 2015). Daimi dayanaklar ise final protezinin altyapısını oluşturur ve bir komplikasyon yaşanmadığı sürece ağızda kalır (Terzioğlu, 2015).

4.1.4. Materyal İçeriğine Göre Dayanaklar

İmplant-doku arayüzünün sağlığını doğrudan etkileyen dayanaklar temel olarak titanyum, zirkonya, PEEK (polimerler) ve geçmişte yaygın olan altın dökümden üretilir (Shafie & White, 2014; Lops et al., 2017; Molina et al., 2017).

- **Titanyum Dayanaklar:** Saf titanyum veya alaşımlarından elde edilen bu dayanaklar, üstün fiziksel dirençleri sebebiyle özellikle posterior bölge için "altın standart" kabul edilir (Şen & Us, 2018). Ancak estetik beklentinin yüksek olduğu maksiller anterior bölgede, ince biyotipli diş etinin altından grimsi bir yansıma yaparak estetiği bozabilirler (Salvi & Brägger, 2009; Tan & Dunne, 2004).

- **Tam Seramik ve Zirkonya Dayanaklar:** Titanyumun metalik yansımaları çözmek amacıyla geliştirilmiştir (Behr et al., 2001; Akagawa et al., 1993). Diş renginde olmaları büyük bir avantaj sağlasa da metal dayanaklara kıyasla kırılabilirlikleri daha yüksektir (Martin et al., 2014). Ayrıca, titanyum implant gövdesi ile zirkonya dayanak arasındaki sertlik farkı, uzun dönemde mikro-aşınmalara ve vida kırıklarına yol açabilmektedir (Gehrke et al., 2015).

- **Titanyum Tabanlı (Ti-Base / Hibrit) Dayanaklar:** Zirkonyanın estetiği ile titanyumun mekanik uyumunu tek bir parçada birleştiren yenilikçi bir konsepttir (Yılmaz et al., 2015; Canullo et al., 2013; Elsayed et al., 2018). Bu sistemde restorasyon ağız dışında (ekstraoral) dayanağa simante edilir ve ardından bütünleşik yapı implanta vidalanır. Böylece hem ağız içi artık siman riski tamamen ortadan kaldırılır hem de implant-dayanak arayüzündeki metal-metal uyum korunur (Silva et al., 2018; Lopes et al., 2019). Güncel CAD/CAM kütüphanelerine entegre olması, zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması sebebiyle modern kliniklerde oldukça popülerdir (Cardoso et al., 2020; Burkhardt et al., 2021; Bergamo et al., 2021).

- **Yenilikçi Polimerik Dayanaklar (PEEK ve PEKK):** Poliarileterketon (PAEK) ailesinden olan PEEK ve PEKK materyalleri, termal ve organik yıkıma karşı olağanüstü dirençlidir (Rozelk et al., 2022; Türksayar & Atsü, 2021). PEEK materyali 3.6 GPa gibi düşük bir elastisite modülüne sahip olması sayesinde çiğneme kuvvetlerini bir yastık gibi sönümler (şok absorpsiyonu) ve kemik dokusuna iletilen stresi minimuma indirir. PEKK ise keton grupları sayesinde

hem daha yüksek bir erime noktasına hem de dentin dokusuna (297 MPa) çok yakın bir sıkışma dayanımına (246 MPa) sahiptir. Biyouyumluluklarının son derece yüksek olması sebebiyle titanyum altyapılara çok güçlü bir alternatif olarak literatürdeki yerini almışlardır (Shafie & White, 2014; Türksayar & Atsü, 2021).

5. Çok Birimli (Multi-Unit) Abutment Konseptleri

Kavramsal Yaklaşım ve Temel Felsefe

İmplant fikstürü ile daimi protetik üstyapı arasında stratejik bir köprü vazifesi gören multi-unit (çoklu ünite) dayanak sistemleri, özellikle birden fazla implantın birbirine bağlandığı (splintlendiği) vidalı restorasyonlarda standart bir altyapı platformu oluşturmak amacıyla tasarlanmışlardır. Bu konseptin temel biyomekanik felsefesi; implant-protez birleşim hattını derin kemik seviyesinden uzaklaştırarak, klinik erişimin ve kontrolün çok daha rahat olduğu doku (supragingival) seviyesine transfer etmektir.

Bu sistemler, bilhassa tam dişsizlik olgularında ve mandibular kanal veya maksiller sinüs gibi anatomik kısıtlamalar nedeniyle implantların ideal akslarda konumlandırılmadığı durumlarda vazgeçilmez bir çözüm sunar. Klinisyenlere düz (0°) formların yanı sıra 17°, 30° ve 45° gibi farklı angulasyon ve çeşitli diş eti boyu (gingival yükseklik) seçenekleri sunarak, "All-on-4" gibi azaltılmış implant sayısına dayanan tedavi konseptlerinde rutin olarak kullanılırlar (Janev et al., 2020). Sadece tam dişsiz vakalarda değil, kısmi diş eksikliklerinde planlanan köprü restorasyonlarında da güvenilir bir temel oluştururlar (Janev et al., 2020).

Biyomekanik Dinamikler ve Simantasyon Kopinglerinin Rolü

Multi-unit dayanak sistemleri salt fiziksel bir "ara parça" olarak değerlendirilemez. Aksine bu sistemler; protetik altyapının pasif uyumunu garanti altına alan, çoklu implantlarda ortak ve sorunsuz bir giriş yolu (insersiyon aksı) yaratan kapsamlı bir biyomekanik çözümdür. Çene kemiğinin anatomik kısıtlamaları nedeniyle birbirine paralel yerleştirilemeyen (açılı) implantların varlığında ortaya çıkan giriş yolu problemleri, bu dayanakların sunduğu açıcı toleransları sayesinde oldukça başarılı bir şekilde çözüme kavuşturulur.

Restorasyonun başarısındaki en kritik faktör olan pasif uyumu maksimize etmek için genellikle titanyum veya kobalt-krom (CoCr) alaşımlarından üretilen simantasyon kopinglerine başvurulur. Daimi protez bu kopingler üzerine fikse edilerek açılal farklılıkların yarattığı uyumsuzluklar kompanze edilir (Mori et al., 2019). Dayanak ile kopingin eksiksiz entegrasyonu, oklüzal yüklerin sistem üzerine homojen dağıtılmasını sağlayarak krestal kemik kaybı veya implant yetmezliği risklerini minimize eder (Grande et al., 2023). Nitekim sonlu elemanlar analizi (FEA) çalışmaları, dayanak angulasyonlarının implant gövdesi ve protetik parçalar üzerindeki stres dağılım karakteristiğini doğrudan değiştirdiğini ve bunun da materyal yorgunluğunu etkilediğini ortaya koymaktadır (İbrahim et al., 2024).

Klinik Avantajlar

Uzun vadeli bakım stratejilerini tek bir formda birleştiren bu yaklaşımın sunduğu başlıca klinik avantajlar şunlardır:

- **Geri Döndürülebilirlik (Retrievabilite) ve Kolay Bakım:** İzlenen bu stratejik yol sayesinde, vidalı sistemlerin sunduğu en büyük avantaj olan "protezin istendiğinde bütünlüğü bozulmadan sökülebilmesi" güvence altına alınır. Bu durum, porselen kırığı veya vida gevşemesi gibi olası teknik ya da biyolojik komplikasyonlar karşısında hekime pratik bir şekilde müdahale edebilme özgürlüğü sunar.

- **Cerrahi ve Anatomik Esneklik:** İleri düzey kemik ogmentasyonu (greftleme) ihtiyacını ortadan kaldırarak vital yapılardan kaçınmaya olanak verir. Hastalar için daha az invaziv ve maliyet etkin bir tedavi süreci yaratır (Janev et al., 2020).

- **Mekanik Stabilité:** Hatalı implant angulasyonları düzeltilerek pasif uyum sağlanır ve oklüzal yükler implantlar ile altyapı arasında dengeli bir şekilde paylaştırılarak protezin genel mekanik stabilitesi artırılır (Grande et al., 2023; Hamilton et al., 2021).

- **Peri-İmplant Dokuların Korunması:** "Tek dayanak, tek zaman" (one-abutment one-time) felsefesiyle, protetik provalar sırasında dayanağın defalarca sökülüp takılması engellenir. Bu durum, titanyum yüzeyindeki hemidesmozomal bağın bozulmasını önleyerek yumuşak doku travmasını azaltır; restorasyon çevresindeki peri-implant sert ve yumuşak dokuların sağlığını uzun yıllar boyunca korur (Heller et al., 2019; Varshney et al., 2023).

- **Estetik Optimizasyon:** Vida erişim deliklerinin palatinal veya lingual yönlere kaydırılmasına izin vererek oklüzal estetiği iyileştirir (Alzoubi, 2021; Varshney et al., 2023).

Sınırlamalar ve Klinik Zorluklar

Bu önemli avantajlarına rağmen, multi-unit dayanakların klinik kullanımında dikkate alınması gereken bazı sınırlamalar mevcuttur:

- **Vida Gevşemesi ve Kırık Riski:** Tam ark restorasyonlardaki sınırlı interoklüzal mesafeye uyum sağlayabilmek için sistemin retansiyon vidaları standart abutment vidalarına göre daha kısa boyludur. Ayrıca açılı formlarda fonksiyonel kuvvetler altında, özellikle vidanın orta ve üst kısımlarında gerilim konsantrasyonu artar (İbrahim et al., 2024). Düzenli kontroller yapılmadığında veya uygun torklama protokolleri kullanılmadığında vida gevşemesi gelişebilir (Janev et al., 2020; Huang & Wang, 2019).

- **Peri-İmplant Doku Yalıtımı:** Açılı dayanakların kullanımı, implant çevresindeki yumuşak doku örtücülüğünü ve biyolojik yalıtımı sekteye uğratabilir. Düzgün konumlandırılmadığında potansiyel olarak marjinal kemik kaybına zemin hazırlayabilir.

- **Anterior Estetik Sınırlamalar:** Özellikle ön bölge restorasyonlarında doğal dişin çıkış profilini (emergence profile) taklit etmek çok önemlidir. Multi-unit sistemlerin açılı tasarımı, bu bölgenin hassas estetik ve doku mimarisi gereksinimlerini sağlamada zorluklar yaratabilir (Türkoğlu et al., 2019).

- **Prosedürel Karmaşıklık:** Çok sayıda implantın ve zorlu anatomik açılarının bulunduğu vakalarda hassas hizalamanın sağlanması klinik iş akışını zorlaştırır, tedavi süresini ve maliyetlerini artırır (Varshney et al., 2023). Ayrıca protetik aşamalarda ve laboratuvar süreçlerinde teknik hata payının yükselmesine yol açabilir (Saponaro et al., 2023).



Şekil 4. Farklı açılardaki multi-unit abutment çeşitleri görseli (Janev et al., 2020)

6. Titanyum Tabanlı (Ti-Base) Abutment Konseptleri

Kavramsal Felsefe ve Materyal Evrimi

Ti-base (titanyum tabanlı) protetik konseptler; mekanik açıdan yüksek direnç gösteren bir titanyum altyapı ile görsel estetiği kusursuzlaştıran seramik üstyapının tek bir restorasyon formunda entegre edildiği yenilikçi implant üstü sistemlerdir. Bu modern tasarım felsefesinin temel amacı; geleneksel titanyum dayanakların kanıtlanmış uzun dönem stabilite ve dayanıklılığını, seramik materyallerin sunduğu üstün optik özellikler ve dijital (CAD-CAM) üretim süreçlerinin pratikliği ile aynı çatı altında buluşturmaktır.

Dental implantolojide saf titanyum yüksek mekanik özellikleri nedeniyle altın standart kabul edilse de (Massoglia et al., 2016; Thoma et al., 2019; Raee et al., 2021), ince diş eti fenotipine sahip vakalarda mukoza altından yansıttığı gri renk estetiği olumsuz etkilemektedir (Schepke et al., 2017; Mostafavi et al., 2021). Bu estetik dezavantajı aşmak için üretilen "tek parça (monolitik)" zirkonya dayanaklar ise optik beklentileri karşılamasına rağmen, oklüzal yükler altında transmukozal bölgede kırılma (fraktür) ve implant platformunda aşınma (wear) gibi ciddi yapısal riskler barındırmaktadır (Bonyatpour et al., 2023; Elsayed et al., 2017; Elsayed et al., 2018). Güncel literatür incelendiğinde hibrit (Ti-base) sistemlerin; hem saf titanyumun istenmeyen gri yansıma dezavantajını

hem de tam seramik dayanakların kırılabilirlik riskini bertaraf eden oldukça ideal bir biyomekanik alternatif olduğu vurgulanmaktadır (Al-Thobity, 2022). Sunduğu bu dengeli biyomekanik yapı sayesinde, bilhassa tek üye implant üstü kuron restorasyonlarında ve hibrit dayanak-kuron konseptlerinde Ti-base sistemlere olan yönelim günümüz diş hekimliği pratiğinde giderek ivme kazanmaktadır (Chantler et al., 2023; Zhang et al., 2024).

Açılı Vida Kanallı Sistemler (ASC - Angulated Screw Channel)

Estetik beklentilerin dorukta olduğu vidalı ön bölge restorasyonlarında vida giriş deliğinin görünmez kılınması elzemdir. Önceleri bu sorunun yegane çözümü simante protezlere yönelmek iken, açılı vida kanallı (ASC) sistemlerin geliştirilmesiyle implantolojide yeni bir çıkış açılmıştır (Gürpınar et al., 2020). ASC sistemleri, implantın ideal protetik akstan saptığı klinik senaryolarda vida erişim deliğinin 0° ile 25° arasında çok yönlü olarak açılabilmesine olanak tanır (Kan et al., 2023; Yang et al., 2023; Natri et al., 2021). Bu esneklik sayesinde vida deliği anterior bölgede palatinal veya lingual yüzeye, posterior bölgede ise doğrudan oklüzal alana yönlendirilebilir. Böylece simante restorasyonların en büyük dezavantajı olan siman artığına bağlı peri-implantitis riski ortadan kaldırılır (Friberg & Ahmadzai, 2019).

Ancak vida angulasyon derecesi arttıkça dayanağın palatinal duvar kalınlığının azalması, sistemde biyomekanik bir zafiyet noktası oluşturabilmektedir (Rasaie et al., 2022; Garcia-Hammaker et al., 2021). Çalışmalar, özellikle 15°'yi aşan açılanmalarda dayanağın kırılma direncinde düşüşler yaşandığını ve implant-dayanak arayüzündeki mikro-hareketliliğin (micromotion) tetiklenerek vida gevşemesi riskinin artabileceğini rapor etmiştir (Chen et al., 2023; Hu et al., 2019). Buna karşın, özel tasarımlı tornavidalar (örn. omnigrip) ile uygulanan ASC sistemlerin tutuculuğu artırdığını savunan araştırmalar da mevcuttur (Omori et al., 2020; El-Sheikh et al., 2018). Uzun dönem başarı için estetik gereksinimler ile mekanik sınırlar arasında hassas bir denge kurulması şarttır (Rasaie et al., 2022).

Adeziv Simantasyon Dinamikleri ve Arayüzey (Interface) Kompleksi

Biyomekanik perspektiften değerlendirildiğinde, Ti-base restorasyonların en kritik ve hassas noktası titanyum altyapı ile seramik üstyapının birleştiği adeziv simantasyon hattıdır. Bu spesifik konseptte restorasyonun tutuculuğu (retansiyonu), makromekanik veya geometrik bir kenetlenmeden ziyade büyük ölçüde adeziv bağlantının direncine dayanmaktadır. Dolayısıyla, bu birleşim kompleksinin ağız içindeki klinik sağkalımı; tercih edilen rezin simanın tipine, Ti-base parçasının dikey (koronal) yüksekliğine, üstyapıda kullanılan materyalin cinsine, her iki materyalin iç yüzeyine uygulanan ön hazırlık (modifikasyon) işlemlerine ve termal/mechanik yaşlandırma faktörlerine sıkı sıkıya bağlıdır (Ntovas et al., 2024).

Zirkonyanın camsı faz içermeyen kimyasal inert yapısı güçlü bir adhezyon elde etmeyi zorlaştırdığından; alüminyum oksit (Al_2O_3) ile kumlama, tribokimyasal silika kaplama veya seçici infiltrasyon aşındırması (SIE) gibi

yenilikçi yüzey hazırlık yöntemleri kullanılır (Mostafavi et al., 2021; Zahoui et al., 2020). Yüzey pürüzlendirmesini takiben uygulanan silan ajanları ve bilhassa 10-MDP (metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat) monomeri içeren dual-cure rezin simanlar, zirkonya ile titanyum arasında kimyasal kilitlenmeyi maksimize eder (Rusli & Agustono, 2022). Optimal kenar uyumu için siman aralığının (cement gap) yaklaşık 30 µm gibi dar bir toleransta tutulması ve simantasyonun ağız dışı (ekstraoral) ortamda gerçekleştirilmesi esastır (Silva et al., 2018). Tüm bu parametreler; tedavinin uzun dönem klinik başarısının yalnızca doğru materyal seçimine değil, aynı zamanda hekimin ve diş teknisyeninin adeziv simantasyon protokollerine ne derece hakim olduğuna ve bu adımları ne kadar titizlikle uyguladığına doğrudan bağlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Ti-Base Sistemlerin Sunduğu Klinik Avantajlar

- **Biyomimetik Estetik ve Doğal Çıkış Profili:** İnce dokularda titanyumun gri yansımaları bloke ederek pembe ve beyaz estetiği kusursuzlaştırır (Pamato et al., 2020; Al-Thobity, 2022). CAD-CAM teknolojisi ile kişiselleştirilen Ti-base dayanaklar, bireysel anatomiye uygun içbükey bir çıkış profili (emergence profile) yaratarak yumuşak doku entegrasyonunu en üst düzeye çıkarır (Del Castillo et al., 2022; Pumnil et al., 2022; Tribst et al., 2020).
- **Güçlendirilmiş Mekanik Stabilité:** Seramiğin zayıf bağlantı noktasını ortadan kaldıran titanyum taban, restorasyonun yüksek oklüzal kuvvetler altında dahi yapısal bütünlüğünü korumasını sağlar ve vida gevşemesi gibi komplikasyonları minimize eder (DuVall et al., 2021).
- **Geniş Materyal Uyumluluğu:** Zirkonya, lityum disilikat, PMMA veya rezin nanoseramikler gibi çok çeşitli kuron materyalleriyle tam uyum içinde çalışarak farklı klinik endikasyonlara adapte edilebilir (Pitta et al., 2021; Santos-Neto et al., 2021).
- **Biyouyumluluk:** Titanyum ve zirkonyanın doku dostu doğası, fibroblast hücresel tutunmasını teşvik ederek peri-implant enflamasyon riskini düşürür. Özellikle TiN (titanyum nitrit) kaplı sistemler bakteri kolonizasyonunu baskılayarak klinik tabloyu iyileştirir (Suzumura et al., 2023; Del Castillo & Ata-Ali, 2023).
- **Tam Dijital Entegrasyon:** Dijital ölçüden frezelemeye kadar uzanan CAD-CAM süreçleriyle kusursuz uyumu sayesinde klinik iş akışını hızlandırır ve üretim hassasiyetini artırır (Cardoso et al., 2020; Helal et al., 2023; Derksen et al., 2021).
- **Güvenli Geri Döndürülebilirlik (Retrievability):** Laboratuvarda simante edilip ağızda vidalı tutuculukla uygulanan bu hibrit sistem, olası bir komplikasyon anında restorasyonun vida erişim deliği üzerinden kolayca ve hasarsız bir şekilde sökülüp takılmasına (retrievability) imkan tanır (Burkhardt et al., 2021).



Şekil 5. İmplant ve Ti-base (titanyum taban) abutment 3D tasarımı (Gökay et al., 2024)

7. Hibrit Protezler (İmplant Destekli Tam Ark Sabit Protezler)

Geleneksel hareketli protezlerin dokularda yarattığı tahribat ve stabilite eksikliği gibi olumsuzlukları aşmak amacıyla geliştirilen hibrit protezler; metal bir altyapı ile akrilik rezinden oluşan, implanta vida ile sabitlenen tam ark protetik restorasyonlardır. Orijinal Brånemark protokolünde bu sistem 4 ila 6 implant üzerine kurgulanırken (Zarb & Albrektsson, 1985), Dr. Paulo Malo aynı felsefeyi immediat (anında) yükleme ve açılı implant yerleşimi konseptleriyle modifiye etmiştir (Maló et al., 2003). Günümüzde dijital diş hekimliği ve materyal bilimindeki ilerlemeler, hibrit protezlerin altyapı ve üstyapı tasarımlarında hekimlere çok çeşitli alternatifler sunmaktadır (Patras & Martin, 2016).

Temel olarak, hareketli protezlerin doku desteği avantajlarını sabit bir restorasyonda birleştiren ve minimum dört implantla desteklenen bu sistemler; tümör rezeksiyonları sonrası oluşan masif doku kayıplarında, ileri derecede kret rezorpsiyonlarında, düzensiz kemik erimelerinde ve estetik açıdan ciddi dudak/yanak desteği gerektiren maksillofasiyal vakalarda sıklıkla endikedir (Sipahi & Aydınluğ, 2011; Kola et al., 2015). Bir vakada hibrit protez planlaması yapabilmek için aşağıdaki kriterlerin dikkatle değerlendirilmesi şarttır:

- **İnterark (Çeneler Arası) Mesafe:** Protetik planlamada en belirleyici unsurdur. Alveoler kret tepesi ile karşıt oklüzal düzlem arasındaki mesafenin 15 mm'nin üzerinde olduğu durumlarda hibrit protez endikasyonu doğar (Misch, 2014). Bu mesafenin değerlendirilmesinde hastanın gülme hattının yüksekliği, dudak desteği ihtiyacı ve estetik beklentileri de mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Resnik, 2020).

- **İskeletsel Çene İlişkileri:** Tam dişsizlik vakalarında zamanla kemik hacmi azalır, kretler incelir ve ideal çene ilişkileri bozulur (Chiapasco & Zaniboni, 2009). Özellikle üst çenenin ileri derecede atrofik olduğu Sınıf 3 iskeletsel vakalarda, yüksek gülme hattı ve doku desteği gereksinimi varsa geleneksel sabit protezler (SP-1, SP-2) uygulanamaz (Cabello, 2014). Sabit

restorasyon talebinde ısrarcı olan bu tür hastalar için en ideal çözüm hibrit protezlerdir.

- **Anatomik Kısıtlamalar:** Çenelerdeki atrofiye bağlı olarak maksiller sinüs, nazal taban, mandibular kanal ve mental foramen gibi hayati anatomik yapılar implant yerleşimi için ciddi riskler oluşturur. Bu engelleri aşmak adına implantların belli açılarla konumlandırılması veya protezde kantilever (kanat) uzantılarının kullanılması gibi biyomekanik çözümlere başvurulur (Agnini et al., 2014).

7.1. İmplant Destekli Sabit Hibrit Protezlerin Avantajları

1. Kaybedilen sert ve yumuşak dokular hacimsel olarak telafi edildiği için hastaya ideal dikey boyut ve doğal yüz profili kazandırılır.
2. Vida retansiyonlu oldukları için peri-implant dokuları tehdit eden "artık siman" riski tamamen ortadan kalkar.
3. Tutuculuk (retansiyon) seviyeleri mükemmeldir.
4. Olası komplikasyonlarda veya rutin bakımlarda hekim tarafından hasarsız bir şekilde sökölüp takılabilirler.

7.2. İmplant Destekli Sabit Hibrit Protezlerin Dezavantajları

1. Üstyapıda akrilik diş kullanıldığında zamanla oklüzal aşınma, dişlerin kaideden kopması veya kırılması gibi sorunlar yaşanabilir.
2. Planlama hatası durumunda metal altyapıda yorgunluk ve fraktürler (kırıklar) gelişebilir.
3. Vidalarda gevşeme veya kırılma riskleri mevcuttur.
4. Üstyapı materyali olarak porselen tercih edilirse seramik atması (chipping) görülebilir.
5. Protezin dokuya bakan (intaglio) yüzeyi hasta tarafından iyi temizlenemezse ciddi diş eti enflamasyonları ortaya çıkar.
6. Akrilik flanjlara hareketli protezlere kıyasla daha kısa tasarlandığı için konuşma esnasında hava kaçakları ve buna bağlı fonasyon bozuklukları yaşanabilir (Misch, 2014; Sadowsky, 1997).

7.3. All-On-Four Tekniği

Dişsiz hastalarda fizyolojik yaşlanma ve diş kaybına bağlı olarak gelişen alveoler kemik yıkımı, standart protezlerin kullanımını imkansız hale getirebilmektedir. Bu kemik yetersizliği, geleneksel implant uygulamaları için de ciddi bir engeldir; zira standart implantlar için gerekli altyapı bulunmayabilir (Jivraj & Chee, 2006; Carinci et al., 2005). Bu durum, sinüs lifting veya kemik greftleme gibi maliyetli, süreci uzatan ileri cerrahi işlemleri zorunlu kılar. Kısa implantlar veya zigoma/pterygoid implantları gibi alternatifler geliştirilmiş olsa da, bu prosedürler yüksek cerrahi tecrübe gerektirir (Taruna, 2014).

Tüm bu zorlukları aşmak adına, aksiyal yerleştirilmiş 2 anterior ve açılı yerleştirilmiş 2 posterior implant üzerine sabit protez uygulanması ilk olarak 1993 yılında Dr. Paulo Malo tarafından kurgulanmış ve 2003 yılında "All-on-four" konsepti olarak literatüre sunulmuştur (Patzelt et al., 2014).

Bu protokolde; anterior (ön) bölgeye 2 adet aksiyal (dik) implant yerleştirilirken, posterior (arka) bölgeye anatomik yapılardan kaçınmak amacıyla 30 ila 45 derece distale eğimlendirilmiş 2 implant yerleştirilir (Özdemir Doğan et al., 2014). Mandibulada mental foramenin, maksillada ise sinüs ön duvarının hemen önüne hizalanan bu implantlar, genellikle önde kanin/lateral, arkada ise premolar veya birinci molar bölgesine denk gelir (Maló et al., 2003; Babbush et al., 2011). Bu teknik sayesinde mevcut kemik hacminden en üst düzeyde faydalanılır ve immediat (anında) fonksiyon sağlanır (Maló et al., 2003).

Kantilever uzunluğu biyomekanik bir risk faktörüdür; zira uzayan kanatlar altyapıda gerilim yaratır, vida kırıklarına ve marjinal kemik kaybına yol açar (Yuan & Sukotjo, 2013). Bu komplikasyonları minimuma indirmek için kantilever uzunluğu olabildiğince azaltılmalıdır (Ho & Jovanovic, 2014). All-on-four konseptindeki açılı yerleşim, bu zararlı kantilever boyunu kısaltarak (en fazla iki dişlik uzantıya izin vererek) mekanik komplikasyon riskini minimuma indirir (Taruna, 2014; Maló et al., 2011).



Şekil 6. Maksiller ve mandibular arklarda All-on-four tekniğiyle uygulanan implant-protez dizaynı

7.3.1. All-on-four Tekniğinin Endikasyonları (Taruna, 2014; Ho & Jovanovic, 2014; Jensen et al., 2010)

1. Hastanın sistemik sağlık durumunun elverişli ve ağız hijyeni motivasyonunun yüksek olması,
2. En az 10 mm uzunluğunda 4 adet implantın yerleşebileceği kalitatif ve kantitatif kemik hacmi,
3. İmplant yerleşimi sırasında immediat yüklemeye izin verecek primer stabilite değerlerine ulaşılabilmesi,
4. Kret genişliğinin asgari 5 mm; kemik yüksekliğinin maksilla anteriorda en az 10 mm, mandibula interforaminal bölgede ise en az 8 mm olması,
5. Protetik parçalar ve üstyapı için gerekli olan interoklüzal mesafenin en az 20 mm olması.

7.3.2. All-on-four Tekniğinin Kontrendikasyonları (Bhardwaj et al., 2014)

1. Aşırı kret atrofisi ile seyreden, ince ve çok düzensiz kemik morfolojisi,
2. İmplantların ideal üç boyutlu pozisyonlanmasını engelleyen karşıt/komşu diş mevcudiyeti,
3. Hastanın ağız açıklığının 50 mm'nin altında olması.

7.3.3. All-on-four Tekniğinin Avantajları (Ho & Jovanovic, 2014)

1. Posterior bölgedeki açılı implantlar sayesinde sinüs ve sinir gibi anatomik kısıtlamalar aşılr.
2. Uzun implantların kullanılmasına olanak tanıyarak mekanik desteği maksimize eder.
3. Protetik kantilever uzunluğunu biyomekanik olarak azaltır.
4. Kemik ogmentasyonu (greft) işlemlerine duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır.
5. Yüksek uzun dönem başarı oranlarına sahiptir.
6. Biyomekanik açıdan güvenilir bir konsepttir.
7. İmplantlar arası mesafenin geniş olması oral hijyenin sağlanmasını kolaylaştırır.
8. İmmediat yüklemeye imkan tanır, dişsiz geçecek süreyi kısaltır.
9. Daimi restorasyon hastanın durumuna göre sabit veya hareketli planlanabilir.
10. Az sayıda implant ve sıfır greft kullanımı sayesinde maliyet avantajı sağlar.

7.3.4. All-on-four Tekniğinin Dezavantajları (Taruna, 2014)

1. Hassas bir cerrahi yöntem olup detaylı preoperatif hazırlık gerektirir.
2. Protetik kantilever uzunluğunda belirlenen sınırların dışına çıkılamaz.

7.4. İmplant Destekli Hibrit Protezlerin Tasarımı

Hibrit protezlerin uzun dönem klinik başarısı, altyapı tasarımına ve biyomekanik özelliklerine doğrudan bağlıdır. Amperik deneyimlerle yıllar içinde geliştirilen protetik altyapılar mutlaka rijit bir yapıda olmalıdır (Drago & Howell, 2012). Yetersiz kalınlıktaki veya hatalı planlanmış bir altyapı, gelen kuvvetleri (özellikle distal implant ve kantilever bölgelerinde) yoğun bir stres odağına dönüştürür. Çiğneme kuvvetinden çok daha yıkıcı olabilen bu odaklanmış stresler, zamanla metal yorgunluğuna ve sonuç olarak altyapının kırılarak deforme olmasına neden olur (Von Gonten et al., 1995).

Kantilever planlamasında, elastisite modülü ile uygulanan kuvvetin niteliği dengede tutulmalıdır. Kantileverin esneme (deformasyon) miktarının; uzantının uzunluğunun küpüyle doğru, kalınlık ve yüksekliğinin küpüyle ters orantılı

olduğu bildirilmiştir (Zarb & Albrektsson, 1985). Güvenli bir kanat mesafesi için A/P (Anterior/Posterior) aralığı hesaplanır. Uygun kemik varlığında tavsiye edilen maksimum kantilever uzunluğu, bu A/P mesafesinin 1.5 katıdır (English, 1990).

Günümüzde üretim teknolojileri açısından, geleneksel kayıp mum tekniği yerini büyük ölçüde CAD/CAM sistemlerine bırakmıştır. Döküm yöntemindeki büzülme ve lehimleme ihtiyacına karşın, CAD/CAM ile üretilen altyapılar çok daha hassas bir marjinal uyum sunar (Takahashi & Gunne, 2003; Drago et al., 2010). Hibrit protezlerde pasif uyum (passive fit) sağlanamazsa vida gevşemesi, abutment kırığı veya kemik kaybı gibi biyomekanik komplikasyonlar kaçınılmazdır (Resnik, 2020). Tasarlanan metal iskeletler yeterli kalınlıkta olmalı, üstyapı için 1.5-2 mm'lik boşluk bırakmalı ve akrilik kullanılacaksa bağlantı noktalarında mekanik undercut alanları barındırmalıdır (Drago & Howell, 2012).

7.4.1. Bar Tasarımı

Tam ark sabit restorasyonlarda en geleneksel altyapı yaklaşımı bar dizaynıdır. Proksimal kesit formlarına göre L, U, I ve eliptik gibi seçenekleri mevcuttur. Biyomekanik açıdan I bar tasarımı, kütle artışı olmaksızın kantileverları güçlendirdiği ve en düşük eğilme stresine sahip olduğu için önerilir. Buna karşın eliptik barlarda bükülme, L barlarda ise yüksek stres yığılmaları gözlenir (Drago & Howell, 2012).

Akrilik kaidenin metale tutunabilmesi için alveolar kret ile oklüzal düzlem arasında en az 12-15 mm'lik bir mesafe olmalıdır. Aksi halde akrilikte kırılmalar yaşanabilir. Ayrıca akrilik dişler porselene göre daha hızlı aşınarak fonasyon ve estetiği bozabilir (Wong, 2017). Bar altyapılarda mekanik retansiyon, altyapının yekpare bir parçası olarak üretilmiş tırnakbaşı, tutucu halkalar veya düzensiz undercut alanlarıyla sağlanır (Drago & Howell, 2012).

7.4.2. Toronto Tasarımı (Abutment-Hibrit Overdenture)

Vidalı restorasyonlar sökülebilirlik avantajı sunarken, açılı telafi zorluklarına ve oklüzal deliklerden kaynaklanan estetik sorunlara sahiptir (Nissan et al., 2011, Hebel & Gajjar, 1997). Simante restorasyonlar ise üretim kolaylığı ve yüksek pasif uyum sunarken, artık siman tehlikesi barındırır (Nematollahi et al., 2018). 1980'lerde Dr. Zarb tarafından Toronto Üniversitesi'nde tanıtılan Toronto Köprüsü, bu iki farklı ekolün avantajlarını birleştiren hibrit bir tasarımıdır (Nematollahi et al., 2018; Montero et al., 2012).

Bu konseptte, frezelenmiş metal bir iskeletin üzerine kuronlar tek tek veya splintli şekilde simante edilir. Protezin pembe diş eti kısımları ise kompozit veya porselen veneerleme ile oluşturulur (Nematollahi et al., 2018; Siadat et al., 2018). Kısmi veya tam dişsizlik vakalarında, özellikle artmış kretler arası mesafelerde başarıyla uygulanır (Uludag et al., 2008).

Toronto tasarımı, tek bir büyük blok porselen pişirilmediği için fırınlama büzülmesine bağlı pasif uyum kaybını engeller (Siadat et al., 2018). Kuronların

geçici simanla yapıştırılması, gerektiğinde sadece ilgili dişin sökülerek müdahale edilmesine olanak tanır. Ancak, kuronların çiğneme sırasında çıkma riski, kontak noktası ayarlama zorlukları, karmaşık laboratuvar aşamaları ve yüksek üretim maliyetleri dezavantajları arasındadır (Nematollahi et al., 2018).



Şekil 7. Toronto Tasarımı

7.5. İmplant Destekli Hibrit Protezlerde Kullanılan Altyapı Materyalleri

Hibrit protezlerde tarih boyunca çeşitli altyapı materyalleri kullanılmıştır. İki veya daha fazla metalin karıştırıldığı alaşımlar, yüksek maliyetli altın ve platine alternatif olarak en sık tercih edilenlerdir (Wataha & Messer, 2004; Anusavice, 2021). Kıymetli metallere olan alternatif arayışı, titanyumun soy olmayan metallerle alaşımlarının kullanımını da artırmıştır (Murphy et al., 2002). Günümüzde zirkonya ve PEEK de popüler altyapı seçenekleri arasındadır (Cho & Raigrodski, 2014; Zoidis, 2018). McLean'in diş hekimliği metal alaşımları sınıflandırması şu şekildedir (McLean, 1991):

- **Soy Metal Alaşımlar:** Altın oranı yüksek (Au-Pt-Pd, Au-Pt-Ta) ve düşük (Au-Pd-Ag) alaşımlar.
- **Altın İçermeyen Alaşımlar:** Pd-Ag.
- **Soy Olmayan Metal Alaşımları:** Ni-Cr, Cr-Co.
- **Titanyum Alaşımları:** Titanyum oksit alaşımları.

7.5.1. Soy Metal Alaşımlar

Oksidasyon ve asidik korozyona son derece dirençlidirler. Dental alanda altın, paladyum, gümüş ve platin olmak üzere dört soy metal kullanılır (Drago & Howell, 2012).

- **Altın Alaşımı:** ISO standartlarına göre Tip 3 ve Tip 4 altınlar kullanılır. Tip 3 kuron ve onleylerde, ekstra dayanıklı Tip 4 ise bar ve iskeletlerde tercih edilir (Anusavice, 2021).

- **Paladyum-Gümüş Alaşımları:** Tip 3 altına benzeyen mekanik özelliklerine rağmen daha ucuzdur (%50-60 Pd içerir). Ancak içerdiği gümüşün

porselen fırınlaması sırasında yeşil renk yansımalarına (greening) yol açma eğiliminden dolayı hibrit protez altyapılarında tercih edilmez (Drago & Howell, 2012).

7.5.2. Soy Olmayan Metal Alaşımları

Kobalt-Krom (Co- Cr) Alaşımları: Kobalt (%53-68) materyale olağanüstü bir sertlik ve dayanıklılık kazandırırken krom (%25-34), yüzeyde pasif bir oksit tabakası oluşturarak korozyonu engeller (Donley & Gillette, 1991). Berilyum, tungsten veya karbon ilaveleriyle alaşımın mekanik özellikleri modifiye edilebilir (Boyacı, 2015). Diş hekimliğinde 1930'lardan beri kullanılan Cr-Co alaşımlarının metal destekli seramiklerde altyapı olarak kullanımı 1959'da başlamış ve günümüzde artarak devam etmiştir (Viennot et al., 2005). Yüksek elastisite modülü, porselen ile güçlü bağlanma ve korozyon direnci en büyük avantajlarıdır (Kassapidou et al., 2017). Ancak ağır olmaları ve titanyumdan sonra en yüksek erime derecesine sahip olmaları nedeniyle geleneksel döküm ve polisaj işlemleri son derece zordur (Wataha & Messer, 2004).

CAD/CAM teknolojisinin gelişmesiyle Cr-Co alaşımları blok frezeleme ve lazer sinterleme ile de üretilmeye başlanmıştır (Serra-Prat et al., 2014). Geleneksel dökümün neden olduğu porozite ve marjinal uyumsuzluk sorunları, endüstriyel CAD/CAM bloklarının homojen yapısıyla çözülmüştür (Zhou et al., 2018). Frezelemenin materyal israfı ve zorlu iç detay üretimi sorunları ise lazer sinterleme (katmanlı 3D üretim) yöntemi ile aşılmıştır (Erzincanlı et al., 2020).

Nikel-Krom (Ni- Cr) Alaşımları: Protetik diş hekimliğinde soy (kıymetli) olmayan metal alaşımları arasında nikel-krom (Ni-Cr) sistemleri oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yapısındaki krom, materyalin korozyona ve kararmaya karşı direncini artırırken; molibden ilavesi termal genleşme katsayısını dengelemektedir. Eser miktarda eklenen berilyum ise alaşımın döküm hassasiyetini ve mekanik sertliğini iyileştirir; ancak yüksek ısı işlemleri esnasında açığa çıkan berilyum oksit tabakası toksik etki potansiyeline sahiptir. Mekanik özellikleri incelendiğinde; soy metallere kıyasla daha yüksek bir dirence sahip olsalar da esneklik (elastisite) açısından daha zayıftırlar. Ayrıca, yüksek erime ısıları ve soğuma fazında gerçekleşen hacimsel büzülme (kontraksiyon) reaksiyonları, nihai restorasyonun marjinal uyumunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Powers & Sakaguchi, 2006).

7.5.3. Titanyum

1789'da William McGregor tarafından keşfedilen titanyum, rutil ve ilmenit formlarında bulunur (Oyar, 2015). Yüzeyinde hemen oluşturduğu pasif oksit tabakası korozyon direncini ve biyoyumluluğunu mükemmel seviyeye çıkarır. Allotropik bir elementtir (Roach, 2007); düşük sıcaklıklarda hekzagonal alfa yapısında iken, 885°C'nin üzerinde kübik beta yapısına dönüşür ve 1668°C'deki erime noktasına kadar bu yapıyı korur (Oyar, 2015; Uzun & Bayındır, 2010). Alfa fazı ısıya dirençli, beta fazı esnektir. Ti6Al4V gibi alaşımlar her iki fazın da mekanik avantajlarını taşır (Koizumi et al., 2019).

İçerdiği eser miktardaki elementlere göre CP-Ti (Ticari Saf Titanyum) 4 tipe ayrılır. Sabit protezlerde Tip 1 ve Tip 2, iskelet altyapılarda Tip 4 önerilir (Johansson & Bergman, 1995). Tip 4, en yüksek mekanik dayanıklılığa sahip olduğu için dental implantların üretiminde kullanılır (Sidambe, 2014). Titanyumun tipleri ve özellikleri (Shrestha, 2014):

- **Tip 1:** En yumuşak ve işlenebilir form. Mekanik dayanıklılığı en düşük seviyede.
- **Tip 2:** Minimum 275 MPa akma dayanımı. Aşınma direnci çok yüksek.
- **Tip 3:** Korozyon direnci ve dayanıklılığı yüksektir.
- **Tip 4:** Saf titanyumlar arasında mekanik dayanımı en yüksek olan form.
- **Tip 5 (Ti6Al4V):** Alüminyum (%6) ve vanadyum (%4) alaşımıdır. Korozyon ve yorulma direnci en üst düzeydedir.

Düşük yoğunluğu, mükemmel biyouyumluluğu, korozyon direnci ve kıymetli metallere kıyasla düşük maliyeti sayesinde protetik restorasyonlarda titanyum kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır (Erzincanlı et al., 2020).

7.5.4. Zirkonya

Doğada serbest bir element olarak bulunmayan ve çoğunlukla zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) ya da zirkonyum oksit (ZrO_2) formlarında izole edilen zirkonya; sıcaklığa bağlı olarak monoklinik, tetragonal ve kübik olmak üzere üç farklı kristalografik faz sergileyen bir biyomateryaldir. Metal alaşımları ile kıyaslandığında, elastisite modülü ve bükülme (fleksürel) dayanımı açısından üstün bir biyomekanik performans sunar (Vagkopoulou et al., 2009). Bu olağanüstü mekanik mukavemetinin yanı sıra yüksek aşınma toleransı, doku dostu yapısı ve estetik potansiyeli, materyali modern diş hekimliği pratiğinde en sık başvurulan tam seramik alternatiflerinden biri konumuna taşımıştır (Conrad et al., 2007).

Klinik kullanımda standart hale gelen formu, tetragonal polikristalin zirkonya (TZP) yapısıdır. Saf zirkonyumun oda sıcaklığında stabil kalabilmesi amacıyla, yapısına hacimce %2 ila %3 oranında itriyum oksit (Y_2O_3) ilave edilmektedir. İtريum stabilizasyonu ile elde edilen bu materyal (Y-TZP), 900 ile 1400 MPa bandında değişen bükülme direnci göstererek dental seramikler arasında kırılmaya karşı en güvenilir seçeneklerden birini oluşturur; ancak kristal yapısının doğal karakteristiği gereği ışık geçirgenliği oldukça düşüktür ve opak bir görünüme sahiptir (Kelly & Denry, 2008).

Güncel protetik yaklaşımlarda kullanılan zirkonya altyapıların ezici bir çoğunluğu TZP tabanlıdır ve nihai mekanik özelliklerini frezeleme sonrası uygulanan sinterleme safhasıyla kazanırlar. Hem altyapı materyali hem de monolitik kuron üretimi için kullanılan bu bloklar, standart formlarında tek renklidir (monokromatik). Ne var ki, artan estetik gereksinimler doğrultusunda renklendirici likit infiltrasyonları ile modifiye edilebilmektedirler. Son yıllarda doğal diş minesinin optik derinliğini ve mine-dentin renk geçişlerini taklit

edebilmek adına, üretim bantlarında çok katmanlı (polikromatik) CAD/CAM diskleri (ör. Katana Zirconia ML, Kuraray) piyasaya sürülmüştür. Buna ek olarak üretici firmalar, seramiğin ışık geçirgenliğini (translüsensi) artırmaya yönelik yapısal modifikasyonlar üzerinde yoğunlaşmaktadır (Kelly & Denry, 2008).

İçerdiği itriyum oranına ve barındırdığı kristal faz dağılımına göre zirkonya jenerasyonları temel olarak şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- **3Y-TZP (%3 İtريum Stabilize Tetragonal Zirkonya):** Yapısının neredeyse tamamı tetragonal fazda olan bu jenerasyon, en yüksek mekanik dirence sahiptir. Çiğneme kuvvetlerinin yoğun olduğu posterior bölgelerdeki çok üyeli restorasyonlarda altın standart kabul edilmekle birlikte, opak yapısı nedeniyle estetik beklentinin yüksek olduğu anterior bölgelerde kullanımı kısıtlıdır.

- **4Y-PSZ ve 5Y-PSZ (Kısmi Stabilize Zirkonya):** İtريum oranının %4 ve %5 seviyelerine çıkarılmasıyla elde edilen bu güncel materyallerde, yapıya tetragonal faza ek olarak şeffaflığı sağlayan "kübik faz" da dahil olur. Doğal dişe çok daha yakın bir translüsensi sunarak estetik açıdan mükemmel sonuçlar verseler de, artan kübik faz oranına bağlı olarak 3Y-TZP'ye kıyasla mekanik dirençlerinde belirgin bir düşüş izlenir (Beuer et al., 2009).

Tablo 1. İtريum oranlarına göre zirkonya jenerasyonlarının (Y-TZP / Y-PSZ) fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı analizi.

Özellik	3Y-TZP	4Y-PSZ	5Y-PSZ
Optik Özellik	Tam Opak	Yarı Translüsant	Yüksek Translüsant
Mekanik Direnç	En Yüksek	Orta-Yüksek	Düşük
Düşük Isı Bozunması (LTD)	Bozunma riski mevcut	Azalmış risk	Dirençli (Hiç/çok az risk)
Baskın Kristal Faz	Tamamen Tetragonal	Tetragonal + Kübik	Tetragonal + %50'den fazla Kübik

Biyolojik dokularla gösterdiği yüksek uyum ve üstün fiziksel dayanımı, zirkonyanın diş hekimliğinin hemen her disiplninde çok geniş bir endikasyon yelpazesinde kullanılmasını sağlamıştır (Karataşlı & Alpkılıç, 2017). Bu klinik kullanım alanları şu şekilde kategorize edilebilir:

a) Diş Destekli Sabit Protetik Restorasyonlar

- Kuron ve köprü protezlerinde iskelet altyapı olarak
- Monolitik (tam anatomik) kuron ve köprü tasarımlarında
- Adeziv (Maryland) köprü kurgularında
- İnley ve onley restorasyonlarda
- Seramik laminate veneer uygulamalarında
- Kanal içi post-core sistemlerinde

b) İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlar

- İmplant üstü kuron ve köprülerin altyapılarında
- Monolitik implant destekli kuron ve köprü restorasyonlarında
- Tek parça (yekpare) vidalı kuron sistemlerinde
- Kişiyeye özel (custom) implant dayanaklarında (abutment)
- Tam ark hibrit protezlerin bar veya iskelet altyapılarında

c) Hareketli Protetik Uygulamalar

- Hassas tutuculu parsiyel protez sistemlerinde
- Teleskopik kuron kurgularında

d) Cerrahi Uygulamalar

- Seramik doku içi implant gövdelerinin (fiktür) üretiminde

e) Ortodontik Uygulamalar

- Estetik ortodontik braketlerin üretiminde

KAYNAKLAR

- Aglietta, M., Siciliano, V. I., Zwahlen, M., Brägger, U., Pjetursson, B. E., Lang, N. P., et al. (2009). A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. *Clinical Oral Implants Research*, 20(5), 441–451. doi:10.1111/j.1600-0501.2009.01712.x
- Agnini, A., Agnini, A. M., Romeo, D., Chiesi, M., Pariente, L., & Stappert, C. F. J. (2014). Clinical investigation on axial versus tilted implants for immediate fixed rehabilitation of edentulous arches: Preliminary results of a single cohort study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16(4). doi:10.1111/cid.12020
- Akagawa, Y., Ichikawa, Y., Nikai, H., & Tsuru, H. (1993). Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(6), 599–604. doi:10.1016/0022-3913(93)90291-t
- Al-Thobity, A. M. (2022). Titanium base abutments in implant prosthodontics: A literature review. *European Journal of Dentistry*, 16(1), 49–55. doi:10.1055/s-0041-1735423
- Alzoubi, F. (2021). Management of buccal screw access hole positioning for implant fixed complete dentures: A report of two patients and a proposed decision tree. *Case Reports in Dentistry*, 2021, 4279764. doi:10.1155/2021/4279764
- Anusavice, K. J. (2021). *Phillips' science of dental materials* (12th ed.). Elsevier.
- Attard, N., & Zarb, G. A. (2002). Implant prosthodontic management of posterior partial edentulism: Long-term follow-up of a prospective study. *Journal of the Canadian Dental Association*, 68(2), 118–124.
- Babbush, C. A., Kutsko, G. T., & Brokloff, J. (2011). The all-on-four immediate function treatment concept with NobelActive implants: A retrospective study. *Journal of Oral Implantology*, 37(4). doi:10.1563/AAID-JOI-D-10-00133
- Becker, W., & Becker, B. E. (1995). Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: A prospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 74, 51–55. doi:10.1016/s0022-3913(05)80227-8
- Behr, M., Lang, R., Leibrock, A., Rosentritt, M., & Handel, G. (1998). Complication rate with prosthodontic reconstructions on ITI and IMZ dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 9, 51–58. doi:10.1034/j.1600-0501.1998.090107.x

- Behr, M., Rosentritt, M., Lang, R., & Handel, G. (2001). Glass fiber-reinforced abutments for dental implants: A pilot study. *Clinical Oral Implants Research*, 12(2), 174–178. doi:10.1034/j.1600-0501.2001.012002174.x
- Bergamo, E. T. P., Zahoui, A., Ikejiri, L. L. A., Marun, M., da Silva, K. P., Coelho, P. G., et al. (2021). Retention of zirconia crowns to Ti-base abutments: Effect of luting protocol, abutment treatment and autoclave sterilization. *Journal of Prosthodontic Research*, 65(2), 171–175. doi:10.2186/jpr.JPR_D_19_00293
- Beuer, F., Schweiger, J., Eichberger, M., Kappert, H., Gernet, W., & Edelhoff, D. (2009). High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings—A new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dental Materials*, 25(1), 121–128. doi:10.1016/j.dental.2008.04.019
- Beydemir, B. (2002). *Diagnosis and treatment planning in prosthodontics*. Gota Basimevi.
- Bhardwaj, S., Srivastava, R., Palekar, U., & Choukse, V. (2014). The "All-on-4" immediate function concept: A review. *National Journal of Dental Science Research*, 2, 78–81.
- Binon, P. P. (2000). Implants and components: Entering the new millennium. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 15(1), 76–94.
- Bonyatpour, M., Giti, R., & Erfanian, B. (2023). Implant angulation and fracture resistance of one-piece screw-retained hybrid monolithic zirconia ceramic restorations. *PLoS ONE*, 18(1), e0280816. doi:10.1371/journal.pone.0280816
- Boyacı, B. K. (2015). 'All-On-Four' tekniğine uygun olarak yerleştirilmiş titanyum implantlar üzerine farklı materyallerden üretilen üst yapıların stres dağılımının sonlu elemanlar analiz yöntemiyle incelenmesi [Doktora tezi]. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- 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
- Cabello, G. (2014). The edentulous maxillary arch: A novel approach to prosthetic rehabilitation with dental implants, based upon the combination of optimum mechanical resources. *Dentistry*, 4(4). doi:10.4172/2161-1122.1000217
- Canullo, L., Coelho, P. G., & Bonfante, E. A. (2013). Mechanical testing of thin-walled zirconia abutments. *Journal of Applied Oral Science*, 21(1), 20–24. doi:10.1590/1678-7757201302138
- Cardoso, K. B., Bergamo, E. T. P., Cruz, V. D. M., Ramalho, I. S., Lino, L. F. D. O., & Bonfante, E. A. (2020). Three-dimensional misfit between Ti-Base

- abutments and implants evaluated by replica technique. *Journal of Applied Oral Science*, 28, e20200343. doi:10.1590/1678-7757-2020-0343
- Carinci, F., Farina, A., Zanetti, U., et al. (2005). Alveolar ridge augmentation: A comparative longitudinal study between calvaria and iliac crest bone grafts. *Journal of Oral Implantology*, 31(1). doi:10.1563/0-716a.1
- Carlsson, G. E. (1998). Clinical morbidity and sequelae of treatment with complete dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 79(1), 17–23. doi:10.1016/S0022-3913(98)70188-X
- 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
- Chen, Y.-H., Wu, Y.-L., Chen, H.-S., Lin, C.-P., & Wu, A. Y.-J. (2023). Reverse torque value of angulated screw channel abutment before and after cyclic loading: An in vitro study. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(3), 124. doi:10.3390/jfb14030124
- Chiapasco, M., & Zaniboni, M. (2009). Methods to treat the edentulous posterior maxilla: Implants with sinus grafting. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(4). doi:10.1016/j.joms.2008.11.023
- Cho, Y., & Raigrodski, A. J. (2014). The rehabilitation of an edentulous mandible with a CAD/CAM zirconia framework and heat-pressed lithium disilicate ceramic crowns: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 111(6). doi:10.1016/j.prosdent.2013.11.011
- Christensen, G. J. (2019). Misch's contemporary implant dentistry. *Implant Dentistry*, 28(6), 526–527. doi:10.1097/ID.0000000000000958
- Conrad, H. J., Seong, W. J., & Pesun, I. J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98, 389–404. doi:10.1016/S0022-3913(07)60124-3
- Craig, R. G., & Powers, J. M. (2006). *Craig's restorative dental materials* (12th ed.). Mosby Elsevier.
- Davarpanah, M., Martinez, H., Kebir, M., Etienne, D., & Tecucianu, J. F. (2001). Wide-diameter implants: New concepts. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 21, 149–159.
- DeBoer, J. (1993). Edentulous implants: Overdenture versus fixed. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69, 386–390. doi:10.1016/0022-3913(93)90185-c
- Del Castillo, R., & Ata-Ali, J. (2023). The clinical use of computer aided designed/computer aided manufactured titanium nitride coated implant abutments: Surgical and prosthetic considerations—A case series. *Journal of*

Esthetic and Restorative Dentistry, 35(7), 1008–1021.
doi:10.1111/jerd.13035

- Del Castillo, R., Chochlidakis, K., Galindo-Moreno, P., & Ercoli, C. (2022). Titanium nitride coated implant abutments: From technical aspects and soft tissue biocompatibility to clinical applications. A literature review. *Journal of Prosthodontics*, 31(7), 571–578.
- Derksen, W., Tahmaseb, A., & Wismeijer, D. (2021). Randomized clinical trial comparing clinical adjustment times of CAD/CAM screw-retained posterior crowns on ti-base abutments created with digital or conventional impressions: One-year follow-up. *Clinical Oral Implants Research*, 32(8), 962–970. doi:10.1111/clr.13790
- Donley, T. G., & Gillette, W. B. (1991). Titanium endosseous implant-soft tissue interface: A literature review. *Journal of Periodontology*, 62(2). doi:10.1902/jop.1991.62.2.153
- Doundoulakis, J. H., Eckert, S. E., Lindquist, C. C., & Jeffcoat, M. K. (2003). The implant-supported overdenture as an alternative to the complete mandibular denture. *The Journal of the American Dental Association*, 134(11), 1455–1458. doi:10.14219/jada.archive.2003.0073
- Drago, C., & Howell, K. (2012). Concepts for designing and fabricating metal implant frameworks for hybrid implant prostheses. *Journal of Prosthodontics*, 21(5). doi:10.1111/j.1532-849X.2012.00835.x
- Drago, C., Saldarriaga, R. L., Domagala, D., & Almasri, R. (2010). Volumetric determination of the amount of misfit in CAD/CAM and cast implant frameworks: A multicenter laboratory study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 25(5).
- DuVall, N. B., DeReis, S. P., & Vandewalle, K. S. (2021). Fracture strength of various titanium-based, CAD-CAM and PFM implant crowns. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(3), 522–530. doi:10.1111/jerd.12672
- Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (2017). Comparison of fracture strength and failure mode of different ceramic implant abutments. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(4), 499–506. doi:10.1016/j.prosdent.2016.06.018
- Elsayed, A., Wille, S., Al-Akhali, M., & Kern, M. (2018). Effect of fatigue loading on the fracture strength and failure mode of lithium disilicate and zirconia implant abutments. *Clinical Oral Implants Research*, 29(1), 20–27. doi:10.1111/clr.13034
- El-Sheikh, M. A. Y., Mostafa, T. M. N., & El-Sheikh, M. M. (2018). Effect of different angulations and collar lengths of conical hybrid implant abutment on screw loosening after dynamic cyclic loading. *International Journal of Implant Dentistry*, 4, 39. doi:10.1186/s40729-018-0149-z

- English, C. E. (1990). Critical A-P spread. *Implant Society*, 1(1).
- Erzincanlı, Ö. Ü. A., Hamitoğlu, D. B., & Kayahan, Z. Ö. (2020). Titanyum yüzeyine fiber lazer uygulamasının rezin simanın bağlanma dayanımı üzerine etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*, 16(1), 65-73.
- Feine, J. S., Carlsson, G. E., Awad, M. A., Chehade, A., Duncan, W. J., Gizani, S., & others. (2002). The McGill consensus statement on overdentures: Mandibular two-implant overdentures as first choice standard of care for edentulous patients. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 17(4), 601–602.
- Friberg, B., & Ahmadzai, M. (2019). A prospective study on single tooth reconstructions using parallel walled implants with internal connection (NobelParallel CC) and abutments with angulated screw channels (ASC). *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(2), 226–231. doi:10.1111/cid.12709
- Garcia-Hammaker, S., Saglik, B., Sierraalta, M., & Razzoog, M. (2021). Influence of screw channel angulation on the fracture resistance of zirconia abutments: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 30(4), 329–334. doi:10.1111/jopr.13275
- Geertman, M. E., Slagter, A. P., Van't Hof, M. A., Van Waas, M. A. J., & Kalk, W. (1999). Masticatory performance and chewing experience with implant-retained mandibular overdentures. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26, 7–13. doi:10.1046/j.1365-2842.1999.00350.x
- Gehrke, P., Johansson, D., Fischer, C., Stawarczyk, B., & Beuer, F. (2015). In vitro fatigue and fracture resistance of one- and two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(3), 546–554. doi:10.11607/jomi.3860
- Giglio, G. D. (1999). Abutment selection in implant-supported fixed prosthodontics. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 19(3), 233–241.
- Gökay, G., Oyar, P., Gökçimen, G., & Durkan, R. (2024). Static and dynamic stress analysis of different crown materials on a titanium base abutment in an implant-supported single crown: A 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 123. doi:10.1186/s12903-024-03890-z
- Grande, F., Cesare, P. M., Zamperoli, E. M., Gianoli, C. M., Mollica, F., & Catapano, S. (2023). Evaluation of tension and deformation in a mandibular Toronto bridge anchored on three fixtures using different framework materials, abutment systems, and loading conditions: A FEM analysis. *European Journal of Dentistry*, 17(4), 1097–1105. doi:10.1055/s-0042-1758785

- Grossmann, Y., & Madjar, D. (2002). Prosthetic treatment for severely misaligned implants: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(3), 259–262. doi:10.1067/mpr.2002.128178
- Gürpınar, B., Yalçın Ülker, G. M., & Tak, Ö. (2020). The use of angulated screw channel abutment system for anterior single-implant restorations: A clinical report. *European Journal of Research in Dentistry*, 4(1), 40–44. doi:10.35333/ERD.2020.186
- Hamilton, A., Jamjoom, F. Z., Alnasser, M., Starr, J. R., Friedland, B., & Gallucci, G. O. (2021). Tilted versus axial implant distribution in the posterior edentulous maxilla: A CBCT analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 32(11), 1357–1365. doi:10.1111/clr.13836
- Hebel, K. S., & Gajjar, R. C. (1997). Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 77(1). doi:10.1016/S0022-3913(97)70203-8
- Hebel, K., Gajjar, R., & Hofstede, T. (2000). Single-tooth replacement: Bridge vs. implant-supported restoration. *Journal of the Canadian Dental Association*, 66, 435–438.
- Helal, E., Gierthmuehlen, P. C., Bonfante, E. A., Campos, T. M. B., Prott, L. S., Langner, R., & Spitznagel, F. A. (2023). Influence of straight versus angulated screw channel titanium bases on failure loads of two-piece ceramic and titanium implants restored with screw-retained monolithic crowns: An in-vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 34(11), 1217–1229. doi:10.1111/clr.14157
- Heller, H., Arieli, A., Beitlitum, I., Pilo, R., & Levartovsky, S. (2019). Load-bearing capacity of zirconia crowns screwed to multi-unit abutments with and without a titanium base: An in vitro pilot study. *Materials*, 12(19), 3056. doi:10.3390/ma12193056
- Heydecke, G., Sierraalta, M., & Razzoog, M. E. (2002). Evolution and use of aluminum oxide single-tooth implant abutments: A short review and presentation of two cases. *The International Journal of Prosthodontics*, 15(5), 488–493.
- Ho, C. C. K., & Jovanovic, S. A. (2014). The "All-on-4" concept for implant rehabilitation of an edentulous jaw. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 35(4).
- Hu, E., Petrich, A., Imamura, G., & Hamlin, C. (2019). Effect of screw channel angulation on reverse torque values of dental implant abutment screws. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), 969–972. doi:10.1111/jopr.13111

- Huang, Y., & Wang, J. (2019). Mechanism of and factors associated with the loosening of the implant abutment screw: A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(4), 338–345. doi:10.1111/jerd.12494
- Ibrahim, C. R. M., Sameh, A., & Askar, O. (2024). A finite element analysis study on different angle correction designs for inclined implants in All-On-Four protocol. *BMC Oral Health*, 24, 331. doi:10.1186/s12903-024-04091-2
- Jaggers, A., Simons, A. M., & Badr, S. E. (1993). Abutment selection for anterior single tooth replacement: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(2), 133–135. doi:10.1016/0022-3913(93)90129-y
- Janev, E. J., Redzep, E., Janeva, N., & Mindova, S. (2020). Multi-unit abutments recommended in prosthetic and surgical implantology treatment (case report). *Journal of Morphological Sciences*, 3(1), 65–72. doi:10.31373/jmsci.2020.3.1.65
- Jensen, O. T., Adams, M. W., Cottam, J. R., Parel, S. M., & Phillips, W. R. (2010). The all-on-4 shelf: Maxilla. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(10). doi:10.1016/j.joms.2010.05.082
- Jivraj, S., & Chee, W. (2006). Treatment planning of implants in the aesthetic zone. *British Dental Journal*, 201(2). doi:10.1038/sj.bdj.4813820
- Johansson, B. I., & Bergman, B. (1995). Corrosion of titanium and amalgam couples: Effect of fluoride, area size, surface preparation and fabrication procedures. *Dental Materials*, 11(1). doi:10.1016/0109-5641(95)80007-7
- Kan, J. Y. K., Rungcharassaeng, K., Kamolroongwarakul, P., Lin, G. H., Matsuda, H., Yin, S., Wang, H. L., Tarnow, D., & Lozada, J. L. (2023). Frequency of screw-retained angulated screw channel single crown following immediate implant placement and provisionalization in the esthetic zone: A cone beam computed tomography study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25(5), 789–794. doi:10.1111/cid.13227
- Karataşlı, B., & Alpkılıç, D. Ş. (2017). Zirkonyanın diş hekimliğinde kullanım alanları.
- Karunagaran, S., Markose, S., Paprocki, G., & Wicks, R. (2014). A systematic approach to definitive planning and designing single and multiple unit implant abutments. *Journal of Prosthodontics*, 23(8), 639–648. doi:10.1111/jopr.12157
- Karunagaran, S., Paprocki, G. J., Wicks, R., & Markose, S. (2013). A review of implant abutments--abutment classification to aid prosthetic selection. *Journal of the Tennessee Dental Association*, 93(2), 18–23.
- Kassapidou, M., Franke Stenport, V., Hjalmarsson, L., & Johansson, C. B. (2017). Cobalt-chromium alloys in fixed prosthodontics in Sweden. *Acta*

- Kelly, J. R., & Denry, I. (2008). Stabilized zirconia as a structural ceramic: An overview. *Dental Materials*, 24, 289-298. doi:10.1016/j.dental.2007.05.005
- Koizumi, H., Takeuchi, Y., Imai, H., Kawai, T., & Yoneyama, T. (2019). Application of titanium and titanium alloys to fixed dental prostheses. *Journal of Prosthodontic Research*, 63(3). doi:10.1016/j.jpor.2019.04.011
- Kola, M., Rabah, A., Raghav, D., et al. (2015). Surgical templates for dental implant positioning; current knowledge and clinical perspectives. *Nigerian Journal of Surgery*, 21(1). doi:10.4103/1117-6806.152720
- Kordatzis, K., Wright, P. S., & Meijer, H. J. (2003). Posterior mandibular residual ridge resorption in patients with conventional dentures and implant overdentures. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 18(3), 447–452.
- Krauser, J. T., Boner, C., & Boner, N. (1991). Immediate implantation after extraction of a horizontally fractured maxillary lateral incisor. *Practical Periodontics*, 3, 33.
- Lee, A., Okayasu, K., & Wang, H. L. (2010). Screw- versus cement-retained implant restorations: Current concepts. *Implant Dentistry*, 19(1), 8–15. doi:10.1097/ID.0b013e3181cd7820
- Lekholm, U., Gunne, J., Henry, P., Higuchi, K., Linden, U., Bergström, C., & van Steenberghe, D. (1999). Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: A 10-year prospective multicenter study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 14(5), 639–645.
- Lewis, S. (1995). Anterior single-tooth implant restorations. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 15(1), 30–41.
- Lopes, A. C. D., Machado, C. M., Bonjardim, L. R., Bergamo, E. T. P., Ramalho, I. S., Witek, L., et al. (2019). The effect of CAD/CAM crown material and cement type on retention to implant abutments. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), E552–E556. doi:10.1111/jopr.13009
- Lops, D., Stellini, E., Sbricoli, L., Cea, N., Romeo, E., & Bressan, E. (2017). Influence of abutment material on peri-implant soft tissues in anterior areas with thin gingival biotype: A multicentric prospective study. *Clinical Oral Implants Research*, 28(10), 1263–1268. doi:10.1111/clr.12952
- Maló, P., de Araújo Nobre, M., Lopes, A., Moss, S. M., & Molina, G. J. (2011). A longitudinal study of the survival of All-on-4 implants in the mandible with up to 10 years of follow-up. *The Journal of the American Dental Association*, 142(3). doi:10.14219/jada.archive.2011.0170

- Maló, P., Rangert, B., & Nobre, M. (2003). “All-on-four” immediate-function concept with Brånemark system® implants for completely edentulous mandibles: A retrospective clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 5(Suppl. 1). doi:10.1111/j.1708-8208.2003.tb00010.x
- Marchack, C. B. (1996). A custom titanium abutment for the anterior single-tooth implant. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 76(3), 288–291. doi:10.1016/s0022-3913(96)90172-8
- Martin, W. C., Pollini, A., & Morton, D. (2014). The influence of restorative procedures on esthetic outcomes in implant dentistry: A systematic review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(Suppl), 142–154. doi:10.11607/jomi.2014suppl.g3
- Massoglia, F., Catalan, A., Martinez, A., & Flores, M. (2016). Bending moments and failure of titanium and zirconia abutments with internal connections: In vitro study. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy*, 4(1), 00095. doi:10.15406/jdhodt.2016.04.00095
- McLean, J. W. (1991). The science and art of dental ceramics. *Operative Dentistry*, 16(4).
- Mehl, C., Gassling, V., Schultz-Langerhans, S., Açil, Y., Bähr, T., Wiltfang, J., et al. (2016). Influence of four different abutment materials and the adhesive joint of two-piece abutments on cervical implant bone and soft tissue. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(6), 1264–1272. doi:10.11607/jomi.4357
- Mericske-Stern, R., Grütter, L., Rösch, R., & Mericske, E. (2001). Clinical evaluation and prosthetic complications of single-tooth replacement by nonsubmerged implants. *Clinical Oral Implants Research*, 12, 309–318. doi:10.1034/j.1600-0501.2001.012004309.x
- Mericske-Stern, R., Taylor, T. D., & Belser, U. (2000). Management of the edentulous patient. *Clinical Oral Implants Research*, 11, 108–125. doi:10.1034/j.1600-0501.2000.011002108.x
- Misch, C. E. (1989). Bone classification, training keys to implant success. *Dentistry Today*, 8(4), 39–44.
- Misch, C. E. (2005). Mandibular implant overdentures: Design and fabrication. In *Dental implant prosthetics* (pp. 228–251). Mosby.
- Misch, C. E. (2005). Rationale for dental implants. In *Dental implant prosthetics* (pp. 1–17). Mosby.
- Misch, C. E. (2014). *Dental implant prosthetics* (2nd ed.). Elsevier Health Sciences.
- Misch, C. E., & Misch, C. M. (1992). Generic terminology for endosseous implant prosthodontics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 68(5), 809–812. doi:10.1016/0022-3913(92)90204-i

- Modi, R., Mittal, R., Kohli, S., Singh, A., & Sefa, I. (2014). Screw versus cement retained prosthesis: A review. *International Journal of Advanced Health Sciences*, 1(6), 26–32.
- Molina, A., Sanz Sánchez, I., Martin, C., Blanco, J., & Sanz, M. (2017). The effect of one-time abutment placement on interproximal bone levels and peri-implant soft tissues: A prospective randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 28(4), 443–452. doi:10.1111/clr.12814
- Montero, J., de Paula, C. M., & Albaladejo, A. (2012). The "Toronto prosthesis", an appealing method for restoring patients candidates for hybrid overdentures: A case report. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 4(5). doi:10.4317/jced.50877
- Mori, G., Iwai, K., Oda, Y., Furuya, Y., & Yajima, Y. (2019). Full-arch implant supported fixed dental prosthesis retained by a combination of galvano telescopic copings and screws. *Journal of Prosthodontics*, 28(9), 947–950.
- Mostafavi, A. S., Mojtahedi, H., & Javanmard, A. (2021). Hybrid implant abutments: A literature review. *European Journal of General Dentistry*, 10(2), 106–115. doi:10.1055/s-0041-1735766
- Murphy, W. M., Absi, E. G., Gregory, M. C., & Williams, K. R. (2002). A prospective 5-year study of two cast framework alloys for fixed implant-supported mandibular prostheses. *The International Journal of Prosthodontics*, 15(2), 133–138.
- Nastri, L., Nucci, L., Grassia, V., & Miraldi, R. (2021). Aesthetic outcomes and peri-implant health of angled screw retained implant restorations compared with cement retained crowns: Medium term follow-up. *Journal of Functional Biomaterials*, 12(2), 35. doi:10.3390/jfb12020035
- Nematollahi, F., Alikhasi, M., & Beyabanaki, E. (2018). Restoring a post-traumatic partial edentulous mandible with the Toronto prosthesis: A clinical report. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 12(2). doi:10.15171/joddd.2018.021
- Nissan, J., Narobai, D., Gross, O., Ghelfan, O., & Chaushu, G. (2011). Long-term outcome of cemented versus screw-retained implant-supported partial restorations. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 26(5), 1102.
- 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
- Omori, Y., Lang, N. P., Botticelli, D., Papageorgiou, S. N., & Baba, S. (2020). Biological and mechanical complications of angulated abutments connected

- to fixed dental prostheses: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Oral Rehabilitation*, 47(1), 101–111. doi:10.1111/joor.12877
- Oyar, P. (2015). Titantium ve özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 11(11). doi:10.17567/dfd.73222
- Özdemir Doğan, D., Polat, N. T., Polat, S., Şeker, E., & Gül, E. B. (2014). Evaluation of "All-on-Four" concept and alternative designs with 3D finite element analysis method. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16(4). doi:10.1111/cid.12024
- Özdemir, K. (2002). *Removable prosthodontics: Clinical preparation*. Önder Matbaası.
- Pamato, S., Honório, H. M., da Costa, J. A., Traebert, J. L., Bonfante, E. A., & Pereira, J. R. (2020). The influence of titanium base abutments on peri-implant soft tissue inflammatory parameters and marginal bone loss: A randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(4), 542–548. doi:10.1111/cid.12900
- Patras, M., & Martin, W. (2016). Simplified custom impression post for implant-supported restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(5). doi:10.1016/j.prosdent.2015.10.025
- Patzelt, S. B. M., Bahat, O., Reynolds, M. A., & Strub, J. R. (2014). The all-on-four treatment concept: A systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. doi:10.1111/cid.12068
- Payne, A. G., & Solomons, Y. F. (2000). The prosthodontic maintenance requirements of mandibular mucosa and implant-supported overdentures: A review of the literature. *International Journal of Prosthodontics*, 13, 238–243.
- Pitta, J., Hjerpe, J., Burkhardt, F., Fehmer, V., Mojon, P., & Sailer, I. (2021). Mechanical stability and technical outcomes of monolithic CAD/CAM fabricated abutment-crowns supported by titanium bases: An in vitro study. *Clinical Oral Implants Research*, 32(2), 222–232. doi:10.1111/clr.13693
- Priest, G. (2005). Virtual-designed and computer-milled implant abutments. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 63(9, Suppl. 2), 22–32. doi:10.1016/j.joms.2005.05.150
- Pumnil, S., Rungsiyakull, P., Rungsiyakull, C., & Elsaka, S. (2022). Effect of different customized abutment types on stress distribution in implant-supported single crown: A 3D finite element analysis. *Journal of Prosthodontics*, 31(5), e2–e11. doi:10.1111/jopr.13530
- Rae, A., Alihashi, M., Nowzari, H., Djalalinia, S., Khoshkam, V., & Moslemi, N. (2021). Comparison of peri-implant clinical outcomes of digitally customized and prefabricated abutments: A systematic review and meta-

- analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 23(2), 216–227. doi:10.1111/cid.12982
- Rasaie, V., Abduo, J., & Falahchai, M. (2022). Clinical and laboratory outcomes of angled screw channel implant prostheses: A systematic review. *European Journal of Dentistry*, 16(3), 488–499. doi:10.1055/s-0041-1740298
- Resnik, R. R. (2020). *Misch's contemporary implant dentistry* (4th ed.). Elsevier Health Sciences.
- Roach, M. (2007). Base metal alloys used for dental restorations and implants. *Dental Clinics of North America*, 51(3). doi:10.1016/j.cden.2007.04.001
- Rosenstiel, S. F., Land, M. F., & Fujimoto, J. (2006). *Contemporary fixed prosthodontics: Planning and preparation* (4th ed.). Mosby.
- Rozelk, A. S., Chaar, M. S., Sindt, S., Wille, S., Selhuber-Unkel, C., Kern, M., et al. (2022). Cellular properties of human gingival fibroblasts on novel and conventional implant-abutment materials. *Dental Materials*, 38(3), 540–548. doi:10.1016/j.dental.2022.02.001
- Rusli, M., & Agustono, B. (2022). Simple dental implant treatment for rehabilitating posterior mandibular teeth. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 16(1), 389–396. doi:10.30574/wjarr.2022.16.1.1047
- Sadowsky, S. J. (1997). The implant-supported prosthesis for the edentulous arch: Design considerations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 78(1). doi:10.1016/S0022-3913(97)70084-2
- Sailer, I., Karasan, D., Todorovic, A., Ligoutsikou, M., & Pjetursson, B. E. (2022). Prosthetic failures in dental implant therapy. *Periodontology 2000*, 88(1), 130–144. doi:10.1111/prd.12416
- Salvi, G. E., & Brägger, U. (2009). Mechanical and technical risks in implant therapy. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24(Suppl), 69–85.
- Santos-Neto, O. S., Gonçalves, L. M., Maia-Filho, E. M., Malheiros, A. S., Firoozmand, L. M., & Villis, P. (2021). Retention of cemented zirconia copings on TiBase abutments. *Acta Odontologica Latinoamericana*, 34(3), 214–220. doi:10.54589/aol.34/3/214
- Saponaro, P. C., Karasan, D., Donmez, M. B., Johnston, W. M., & Yilmaz, B. (2023). Prosthetic complications with monolithic or micro-veneered implant-supported zirconia single-unit, multiple-unit, and complete-arch prostheses on titanium base abutments: A single center retrospective study with mean follow-up period of 72.35 months. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25(1), 99–106. doi:10.1111/cid.13149
- Schepke, U., Meijer, H. J. A., Kerdijk, W., Raghoobar, G. M., & Cune, M. (2017). Stock versus CAD/CAM customized zirconia implant abutments—Clinical

- and patient-based outcomes in a randomized controlled clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 19(1), 74–84. doi:10.1111/cid.12440
- Serra-Prat, J., Cano-Batalla, J., Cabratosa-Termes, J., & Figueras-Àlvarez, O. (2014). Adhesion of dental porcelain to cast, milled, and laser-sintered cobalt-chromium alloys: Shear bond strength and sensitivity to thermocycling. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(3). doi:10.1016/j.prosdent.2014.01.004
- Shadid, R., & Sadaqa, N. (2012). A comparison between screw- and cement-retained implant prostheses: A literature review. *Journal of Oral Implantology*, 38(3), 298–307. doi:10.1563/AAID-JOI-D-10-00171
- Shafie, H. (2007). Principles of attachment selection. In *Clinical and laboratory manual of implant overdentures* (pp. 31–36). Blackwell.
- Shafie, H. R., & White, B. A. (2014). Implant abutment materials. In *Clinical and laboratory manual of dental implant abutments* (pp. 1–16).
- Shrestha, S. (2014). Current concepts in biomaterials in dental implant. *Science Research*, 2(1). doi:10.11648/j.sr.20140201.12
- Siadat, H., Rokn, A., & Beyabanaki, E. (2018). Full arch All-on-4 fixed implant-supported prostheses with 8.5 years of follow-up: A case report. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 15(4).
- Sidambe, A. T. (2014). Biocompatibility of advanced manufactured titanium implants-A review. *Materials*, 7(12). doi:10.3390/ma7128168
- Silva, C. E. P., Soares, S., Machado, C. M., Bergamo, E. T. P., Coelho, P. G., Witek, L., Ramalho, I. S., Jalkh, E. B. B., & Bonfante, E. A. (2018). Effect of CAD/CAM abutment height and cement type on the retention of zirconia crowns. *Implant Dentistry*, 27(5), 582–587. doi:10.1097/ID.0000000000000811
- Sipahi, C., & Aydıntuğ, Y. S. (2011). Mandibular defektin protetik rehabilitasyonu: Olgu sunumu. *Gülhane Tıp Dergisi*, 53, 56–59.
- Suzumura, T., Matsuura, T., Komatsu, K., Sugita, Y., Maeda, H., & Ogawa, T. (2023). Vacuum ultraviolet (VUV) light photofunctionalization to induce human oral fibroblast transmigration on zirconia. *Cells*, 12(21), 2542. doi:10.3390/cells12212542
- Şen, N., & Us, Y. (2018). İmplant destekli sabit protetik restorasyonlar için dayanak seçimi / Abutment selection for implant supported fixed prosthetic restorations. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*.
- Takahashi, T., & Gunne, J. (2003). Fit of implant frameworks: An in vitro comparison between two fabrication techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(3). doi:10.1067/mp.2003.40

- Tan, P. L., & Dunne, J. T., Jr. (2004). An esthetic comparison of a metal ceramic crown and cast metal abutment with an all-ceramic crown and zirconia abutment: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(3), 215–218. doi:10.1016/j.prosdent.2004.01.006
- Taruna, M. (2014). Prosthodontic perspective to All-On-4® concept for dental implants. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. doi:10.7860/jcdr/2014/9648.5020
- Terzioğlu, H. (2015). İmplant-abutment özelliklerinin tedavinin başarısındaki etkisi. *The International Journal of Prosthodontics*, 1, 23–28.
- Thoma, D. S., Jung, U.-W., Gil, A., Kim, M. J., Paeng, K.-W., Jung, R. E., et al. (2019). The effects of hard and soft tissue grafting and individualization of healing abutments at immediate implants: An experimental study in dogs. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 49(3), 171–184. doi:10.5051/jpis.2019.49.3.171
- Tribst, J. P. M., Dal Piva, A. M. d. O., Lo Giudice, R., Borges, A. L. S., Bottino, M. A., Epifania, E., & Ausiello, P. (2020). The influence of custom-milled framework design for an implant-supported full-arch fixed dental prosthesis: 3D-FEA study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 4040. doi:10.3390/ijerph17114040
- Türkoğlu, P., Köse, A., & Şen, D. (2019). Abutment selection for anterior implant supported restorations. In M. A. Almasri (Ed.), *An update of dental implantology and biomaterial* (pp. 61–79). London, England: IntechOpen.
- Türksayar, A. A. D., & Atsü, S. S. (2021). Fracture resistance of zirconia, polyetheretherketone, and polyetherketoneketone implant abutments after aging. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(2), 332–340. doi:10.11607/jomi.8631
- Uludag, B., Ozturk, O., Celik, G., & Goktug, G. (2008). Fabrication of a retrievable cement- and screw-retained implant-supported zirconium fixed partial denture: A case report. *Journal of Oral Implantology*, 34(1). doi:10.1563/1548-1336(2008)34[59:FOARCA]2.0.CO;2
- Uzun, İ. H., & Bayındır, F. (2010). Dental uygulamalarda titanyum ve özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2010(3), 213-220.
- Vagkopoulou, T., Koutayas, S. O., Koidis, P., & Strub, J. R. (2009). Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *European Journal of Esthetic Dentistry*, 4.
- Varshney, N., Kusum, C. K., Trivedi, A., Kaushik, M., Dubey, P., & Bali, Y. (2023). Comparative evaluation of biological, mechanical, and patient-reported outcomes of angulated screw channel abutments versus multi-unit abutment-retained single-unit implant restorations in the anterior esthetic zone: An in

- vivo study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 23(3), 244–252. doi:10.4103/jips.jips_101_23
- Viennot, S., Dalard, F., Lissac, M., & Grosgeat, B. (2005). Corrosion resistance of cobalt-chromium and palladium-silver alloys used in fixed prosthetic restorations. *European Journal of Oral Sciences*, 113(1). doi:10.1111/j.1600-0722.2005.00190.x
- Von Gonten, A. S., Medina, T., Woolsey, G. D., & Hill, D. R. (1995). Modifications in the design and fabrication of mandibular osseointegrated fixed prostheses frameworks. *Journal of Prosthodontics*, 4(2). doi:10.1111/j.1532-849X.1995.tb00321.x
- Wataha, J. C., & Messer, R. L. (2004). Casting alloys. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 499–512. doi:10.1016/j.cden.2003.12.010
- Wittneben, J. G., Joda, T., Weber, H. P., & Brägger, U. (2017). Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontology* 2000, 73(1), 141–151. doi:10.1111/prd.12168
- Wong, N. (2017). All-on-X: Final fixed prosthodontic options for full arch implant cases. *Oral Health*, 9.
- Wright, P. (2006). Two implants for all edentulous mandibles. *British Dental Journal*, 200(8), 469. doi:10.1038/sj.bdj.4813470
- Yang, H., Xu, L., Jiang, J., Xu, Y., Li, X., & He, F. (2023). Clinical effect of Nobel Biocare angulated screw channel crown compared with cement crown in the aesthetic area: A retrospective cohort study with a mean 32 months follow-up (range 12 to 70 months). *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25(6), 1178–1186. doi:10.1111/cid.13264
- Yilmaz, B., Salaita, L. G., Seidt, J. D., McGlumphy, E. A., & Clelland, N. L. (2015). Load to failure of different zirconia abutments for an internal hexagon implant. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(3), 373–377. doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.012
- Yuan, J. C. C., & Sukotjo, C. (2013). Occlusion for implant-supported fixed dental prostheses in partially edentulous patients: A literature review and current concepts. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 43(2). doi:10.5051/jpis.2013.43.2.51
- Zahoui, A., Bergamo, E. T. P., Marun, M. M., Silva, K. P., Coelho, P. G., & Bonfante, E. A. (2020). Cementation protocol for bonding zirconia crowns to titanium base CAD/CAM abutments. *The International Journal of Prosthodontics*, 33(5), 527–535. doi:10.11607/ijp.6696
- Zarb, G. A., & Albrektsson, T. (1985). *Tissue-integrated prostheses: Osseointegration in clinical dentistry*. Quintessence Publishing Company.

- Zhang, M., Ho, D. K. L., Pelekos, G., & Fok, M. R. (2024). Clinical performance of implant-supported single hybrid abutment crown restoration: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(1), 63–77. doi:10.2186/jpr.jpr_d_22_00279
- Zhou, Y., Li, N., Yan, J., & Zeng, Q. (2018). Comparative analysis of the microstructures and mechanical properties of Co-Cr dental alloys fabricated by different methods. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(4). doi:10.1016/j.prosdent.2017.11.015
- Zitzmann, N. U., & Marinello, C. P. (2002). A review of clinical and technical considerations for fixed and removable implant prostheses in the edentulous mandible. *International Journal of Prosthodontics*, 15, 65–72.
- Zoidis, P. (2018). The all-on-4 modified polyetheretherketone treatment approach: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4). doi:10.1016/j.prosdent.2017.04.020

BÖLÜM 4

**Atrofik Maksillada Protetik Planlama:
Geleneksel Yaklaşımlardan İmplant Destekli
Dijital Rehabilitasyonlara Güncel Tedavi
Seçenekleri**

***Şeyda Sultan Sert¹
Hilal Ok Bostan²***

¹ Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Rize, Türkiye, ORCID ID:0009-0007-2399-8343

² Öğr. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, Rize, Türkiye, ORCID ID:0000-0002-6415-5728

1. Giriş

Tam dişsizlik vakalarının rehabilitasyonunda geleneksel tam protezler uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu protezler hastaların estetik görünüm, fonksiyon ve fonasyon gereksinimlerini büyük ölçüde karşılayabilse de, bazı hastalarda özellikle sosyal yaşam ve fonksiyonel kullanım açısından çeşitli memnuniyetsizlikler ortaya çıkabilmektedir. Bunun yanı sıra, alveolar kemiğin rezorpsiyon düzeyindeki artış, protezin retansiyon ve stabilitesini olumsuz etkileyerek kullanım sırasında çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Özellikle ileri derecede alveolar kemik rezorpsiyonu bulunan hastalarda ortaya çıkan bu retansiyon ve stabilizasyon sorunları, geleneksel tam protezlerin klinik kullanımını güçleştiren önemli faktörler arasında yer almaktadır.[1]

Geleneksel tam protezlerin yeterli retansiyon ve stabilite sağlayamadığı, ileri derecede alveolar kemik rezorpsiyonu bulunan maksiller tam dişsiz hastalarda, implant uygulaması için gerekli kemik hacmi yetersiz olabilmektedir. Posterior maksillada mevcut kemik yüksekliğinin implant yerleşimi için yetersiz olduğu durumlarda sinüs tabanı yükseltme işlemleriyle gerekli dikey kemik miktarı artırılabilirken, alveolar kemik rezorpsiyonunun daha ileri düzeyde olduğu ve implant yerleşimi için yeterli kemik hacminin bulunmadığı olgularda otojen blok kemik greftleri ile kemik augmentasyonu gerekebilmektedir.[1]

2. Atrofik Maksillanın Anatomik, Klinik ve Radyografik Değerlendirilmesi

2.1. Maksiller Kemik Rezorpsiyonunun Özellikleri

Maksillada dişleri çevreleyen ve destekleyen alveolar kemik, dış kısmında kortikal, iç kısmında ise trabeküler kemikten oluşmaktadır. Yaşam boyunca devam eden apozisyon ve rezorpsiyon süreçlerine bağlı olarak yapısal değişikliklere uğrayan alveolar kemikte, diş çekimlerini takiben yükseklik ve genişlik açısından belirgin kayıplar meydana gelirken, bazal kemik yapısı büyük ölçüde korunmaktadır.[2, 3]

Diş çekimlerini takiben maksiller alveolar kemik rezorpsiyonu ağırlıklı olarak labial ve bukkal yönde gerçekleşmekte ve buna bağlı olarak rezidüel kret zamanla daralmaktadır. Maksillada meydana gelen bu değişiklikler, mandibuladaki rezidüel kret değişiklikleriyle birlikte maksillomandibular ilişkinin değişmesine ve psödoprogнатik bir görünümün ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Rezidüel krette meydana gelen boyutsal ve konumsal değişiklikler, protez yapımında uygun diş diziminin sağlanmasını güçleştirebilmekte, estetik sorunlara ve yapay dişlerin kret tepelerinin dışında konumlandırılması gerekliliğine yol açabilmektedir. Bunun sonucunda protezin dengesi ve stabilitesi olumsuz etkilenebilmektedir. [4, 5]

2.2. Klinik Değerlendirme

Yaşın ilerlemesi ve diş kayıplarını takiben gelişen alveolar kemik rezorpsiyonu, maksillada atrofiye ve yüzün dikey boyutunda azalmaya neden olabilmektedir. Bununla birlikte perioral kas tonusundaki azalma ve yumuşak dokularda meydana gelen değişiklikler; yüz ve dudaklarda kırışıklıkların artmasına ve çökük bir yüz görünümünün oluşmasına yol açabilmektedir. Bu değişiklikler hastalarda estetik ve fonksiyonel sorunlara neden olabilmektedir.[5]

Yaşlanmayla birlikte oral mukozada meydana gelen atrofik değişiklikler sonucunda mukoza incelmekte ve geçirgenliği artabilmektedir. Buna bağlı olarak mukoza, mekanik ve kimyasal iritanlara karşı daha hassas hale gelebilmektedir.[5]

Yaşlanmaya bağlı olarak deri ve perioral dokuların elastikiyetinin azalması ağız açıklığının kısıtlanmasına katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca diş kayıpları ve uzun süreli protez kullanılmaması sonucunda dil, dişlerin oluşturduğu sınırlayıcı desteğin ortadan kalkmasıyla mevcut boşluklara doğru yayılabilmekte ve klinik olarak daha geniş bir görünüm sergileyebilmektedir.[5]

2.3 Radyografik Değerlendirme

Tam dişsiz hastaların radyografik değerlendirilmesinde periapikal, oklüzal ve panoramik radyografilerden yararlanılabilmektedir. Panoramik radyografi; alveolar kemik, maksiller sinüsler, burun boşluğu, mental foramen ve mandibular kanal gibi anatomik yapıların geniş bir alanda değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.[6-10] Bununla birlikte, üç boyutlu anatomik yapıların iki boyutlu görüntüsünü sunması ve süperpozisyonlara bağlı sınırlılıkları nedeniyle kemik miktarının ayrıntılı değerlendirilmesinde yetersiz kalabilmektedir.[6]

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ise alveolar kemiğin üç boyutlu değerlendirilmesine olanak sağlayarak özellikle implant tedavisinin planlanmasında önemli bilgiler sunmaktadır.[11] CBCT ile elde edilen kesitsel görüntüler, alveolar kretin yükseklik ve genişliğinin ve implant yerleşimi açısından önemli anatomik yapıların ayrıntılı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.[12]

3. Atrofik Maksillada Protetik Tedavi Planlamasının Temel Prensipleri

3.1. Hasta Merkezli Değerlendirme

Atrofik maksillaya sahip hastalarda protetik tedavi planlamasında anatomik ve fonksiyonel koşulların yanı sıra hastanın beklentileri, estetik gereksinimleri ve tedaviye ilişkin algıları da dikkate alınmalıdır. İleri derecede rezorbe alveolar kretler ve olumsuz ağız koşulları hasta memnuniyetini azaltabilirken; tedavi seçeneği, tedavi öncesi beklentiler ve hastanın planlanan tedavi hakkında yeterli şekilde bilgilendirilmesi memnuniyet üzerinde etkili olabilmektedir.[13]

3.2. Protez Tasarımını Belirleyen Faktörler

Atrofik maksillanın implant destekli sabit protezlerle rehabilitasyonu; anatomik, fonksiyonel ve estetik faktörlerin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Maksillanın rezorpsiyon paterni, mevcut kemik miktarı ve kalitesi, implantların konumu, dudak desteği, gülüş hattı, fonetik gereksinimler ve ağız hijyeninin sürdürülebilirliği protez tasarımının belirlenmesinde önem taşımaktadır.[14]

İleri maksiller rezorpsiyona bağlı yetersiz dudak desteği ve artmış dişeti görünürlüğü, sabit protetik rehabilitasyonu estetik açıdan sınırlandırabilmektedir. Bu olgularda kaybedilen sert ve yumuşak doku desteğinin sağlanması amacıyla implant destekli overdenture veya uygun hibrit protez tasarımları alternatif olarak değerlendirilebilir.[14]

4. Atrofik Maksillada Hareketli Protetik Tedavi Seçenekleri

4.1. Konvansiyonel Tam Protezler

Konvansiyonel tam protezler, tam dişsizliğin rehabilitasyonunda uzun yıllardır kullanılan temel tedavi seçeneklerinden biridir. Bununla birlikte, özellikle ileri alveolar kemik rezorpsiyonu bulunan hastalarda yetersiz retansiyon ve stabilite, azalmış çiğneme etkinliği ve zaman içerisinde devam eden rezorpsiyona bağlı protez uyumunun bozulması hasta memnuniyetini olumsuz etkileyebilmektedir.[15]

4.2.İmplant Destekli Overdenture Protezler

Konvansiyonel tam protezlerde karşılaşılan retansiyon ve stabilite sorunlarının azaltılması amacıyla implant destekli overdenture protezler alternatif bir tedavi seçeneği olarak kullanılmaktadır.[16] İmplant desteğiyle sağlanan artmış retansiyon ve stabilitenin protezin fonksiyonel etkinliğini ve çiğneme performansını konvansiyonel tam protezlere kıyasla artırdığı bildirilmektedir.[17]

İmplant destekli overdenture protezlerde mandibulada en az iki, maksillada ise genellikle en az dört implanttan yararlanılmaktadır.[18] Protezin retansiyonu için top başlı, bar, miknatıs, teleskopik veya Locator tipi tutucu sistemler kullanılabilir.[19]

4.3.Hareketli Protezlerde Estetik ve Fonksiyonel Düzenlemeler

Maksiller hareketli protezlerde labial flanş, alveolar rezorpsiyona bağlı sert ve yumuşak doku kaybının telafi edilmesi ve yeterli dudak desteğinin sağlanması açısından önemli bir tasarım unsurudur. Flanş tasarımı, hastanın anatomik özellikleri ve estetik gereksinimleri doğrultusunda bireysel olarak planlanmalıdır. Ayrıca yapay dişlerin uygun konumlandırılması, protez stabilitesinin sağlanması

ve palatal konturun dil hareketleriyle uyumlu biçimde düzenlenmesi, fonasyonun iyileştirilmesi açısından önem taşımaktadır[20-23]

5. Atrofik Maksillada İmplant Destekli Tedavi Yaklaşımları

5.1. Konvansiyonel İmplant Uygulamaları

Dental implantlar, tam dişsiz hastaların rehabilitasyonunda protezin retansiyon, stabilite ve desteğinin artırılmasına olanak sağlayan önemli bir tedavi seçeneğidir.[24] İmplant destekli protetik rehabilitasyonun planlanmasında çenelerin anatomik ve morfolojik özellikleri, mevcut kemik miktarı ve kalitesi, estetik gereksinimler, arklar arası mesafe ve hastaya ilişkin faktörler birlikte değerlendirilmelidir.[25]

Diş kaybını takiben alveolar krette üç boyutlu rezorpsiyon meydana gelmekte ve özellikle horizontal kemik kaybı belirgin olabilmektedir.[26] İleri derecede rezorbe maksillada yetersiz kemik hacmi, implantların protetik açıdan ideal konum ve açıda yerleştirilmesini güçleştirebilir. Bu olgularda yeterli kemik hacminin sağlanması amacıyla kemik augmentasyonu, yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (GBR), alveolar distraksiyon ve greftli veya greftsiz maksiller sinüs tabanı yükseltme gibi cerrahi yöntemlerden yararlanılabilmektedir.[27]

5.2. Kemik Artırımı Sonrası İmplant Rehabilitasyonları

5.2.1. Maksiller Sinüs Augmentasyonu

Posterior maksillada implant yerleştirilmesi için mevcut kemik yüksekliğinin yetersiz olduğu durumlarda maksiller sinüs augmentasyonu uygulanabilmektedir. En sık kullanılan yöntemler lateral pencere ve krestal yaklaşımlardır. Krestal yaklaşım genellikle rezidüel kemik yüksekliğinin implantın primer stabilitesini sağlayabildiği sınırlı kemik yetersizliklerinde tercih edilirken, daha ileri kemik kayıplarında lateral pencere yaklaşımından yararlanılmaktadır.[27]

Sinüs augmentasyonunun temel prensibi, Schneiderian membranın kontrollü olarak eleve edilerek implant yerleşimi için gerekli kemik hacminin oluşturulmasına dayanmaktadır. Oluşturulan alanda otojen kemik, allogreft, ksenogreft veya alloplastik materyaller gibi farklı greft materyallerinden yararlanılabilmektedir. İmplantların augmentasyonla eş zamanlı veya aşamalı olarak yerleştirilmesine rezidüel kemik miktarı ve sağlanabilecek primer stabilite dikkate alınarak karar verilmektedir.[27]

Schneiderian membran perforasyonu sinüs augmentasyonunda en sık bildirilen komplikasyonlardan biridir. Bunun yanı sıra enfeksiyon ve postoperatif sinüzit gibi komplikasyonlar da görülebilmektedir.[27]

5.2.2.-Kemik Grefti ile Rekonstrüksiyon

İleri alveolar kemik rezorpsiyonunda implant yerleşimi için yeterli kemik hacminin sağlanması amacıyla kemik greftleriyle kret augmentasyonu

uygulanabilmektedir. Bu amaçla otojen greftler, allogreftler, ksenogreftler ve alloplastik materyaller kullanılabilmektedir. Özellikle geniş defektlerde otojen blok greftler, implantların protetik açıdan uygun konumlarda yerleştirilebilmesi için gerekli kemik hacminin oluşturulmasında önemli bir seçenektir.[27]

Kemik greftlerinin iyileşmesi osteogenez, osteoindüksiyon ve osteokondüksiyon mekanizmalarıyla ilişkilidir. Greftin stabilizasyonu, yeterli vaskülarizasyonun sağlanması ve yumuşak dokularla uygun şekilde örtülmesi başarılı kemik oluşumu açısından önem taşımaktadır. Greft materyalinin biyolojik özellikleri ve defektin yapısı da elde edilecek kemik hacmini ve iyileşme sürecini etkileyebilmektedir.[27]

İmplantlar greftleme ile eş zamanlı veya greft iyileşmesinin ardından aşamalı olarak yerleştirilebilir. Defektin sınırlı olduğu ve yeterli primer stabilitenin sağlanabildiği olgularda eş zamanlı implantasyon tedavi süresinin kısaltılmasına olanak sağlayabilirken, geniş defektlerde greftin iyileşmesi ve revaskülarizasyonu için aşamalı yaklaşım tercih edilebilmektedir.[27]

Greftlenen kemiğin zaman içerisinde belirli ölçüde rezorpsiyona uğrayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Rezorpsiyon miktarı greft materyalinin özellikleri, greftin yapısı ve iyileşme koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilmekte ve elde edilen kemik hacminin uzun dönem korunması açısından önem taşımaktadır.[27]

5.2.3.-Yönlendirilmiş Kemik Rejenerasyonu (GBR)

Yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (GBR), bariyer membranlar aracılığıyla epitel ve bağ dokusu hücrelerinin defekt bölgesine ilerlemesini sınırlandırarak, kemik oluşturabilen hücrelerin gelişimi için uygun bir alan sağlanması esasına dayanan bir augmentasyon yöntemidir. GBR, kemik hacminin artırılması amacıyla sıklıkla farklı greft materyalleriyle birlikte uygulanmaktadır.[27]

GBR uygulamalarında rezorbe olan ve olmayan bariyer membranlar kullanılabilmektedir. PTFE esaslı rezorbe olmayan membranlar, özellikle geniş defektlerde alanın korunması ve stabilitenin sağlanması açısından avantaj sunmakla birlikte, membranın uzaklaştırılması için ikinci bir cerrahi işlem gerektirebilmektedir. Rezorbe olabilen membranlar ise ikinci bir cerrahi işlem gerektirmemeleri açısından avantajlıdır; ancak mekanik stabilitelerinin zamanla azalması, özellikle geniş defektlerde alanın korunmasını sınırlandırabilmektedir.[27]

GBR, implant yerleştirilmesiyle eş zamanlı veya implantasyon öncesinde aşamalı olarak uygulanabilir. İmplantın protetik açıdan uygun konumda ve yeterli primer stabiliteyle yerleştirilebildiği sınırlı defektlerde eş zamanlı yaklaşım uygulanabilirken, daha geniş defektlerde aşamalı yaklaşım tercih edilebilmektedir. GBR'nin özellikle horizontal kemik defektlerinin augmentasyonunda öngörülebilir bir yöntem olduğu, vertikal defektlerde ise

uygun membran ve greft materyallerinin birlikte kullanılmasıyla kemik kazanımı sağlanabildiği bildirilmektedir.[27]

6. İleri Atrofik Maksillada Alternatif İmplant Çözümleri

6.1. Zigomatik İmplantlar

Zigomatik implantlar, ileri derecede maksiller atrofi nedeniyle konvansiyonel implant yerleşimi için yeterli kemik hacminin bulunmadığı olgularda alternatif bir tedavi seçeneği olarak kullanılmaktadır. Uzun implantların zigomatik kemikten ankraj sağlaması esasına dayanan bu yaklaşım, özellikle posterior maksilladaki ileri kemik kayıplarında mevcut kemikten yararlanılmasına olanak sağlamaktadır.[27]

Zigomatik implantların kullanılması, kapsamlı kemik augmentasyonu gereksinimini azaltarak donör saha morbiditesinin önlenmesine ve toplam tedavi süresinin kısaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. İleri derecede maksiller atrofisinin yanı sıra konjenital veya edinilmiş maksiller defektler ve konvansiyonel implant uygulamasını sınırlandıran anatomik koşullar da zigomatik implantların değerlendirilebileceği klinik durumlar arasındadır.[28]

Bununla birlikte, zigomatik implant uygulamaları cerrahi ve protetik açıdan deneyim gerektiren kompleks tedavilerdir. Sinüzit, oroantral fistül, parestezi veya disestezi, lokal enfeksiyon, peri-implant mukozitis ve peri-implantitis, osseointegrasyon başarısızlığı ve protetik komplikasyonlar görülebilmektedir. Bunların yanı sıra orbital perforasyon ve implant kırılması gibi daha ciddi komplikasyonlar da bildirilmiştir.[28]

6.2. Pterigoid İmplantlar

Pterigoid implantlar, özellikle posterior maksillada ileri kemik rezorpsiyonunun bulunduğu olgularda pterigomaksiller bölgedeki yoğun kemik yapılardan ankraj sağlamak amacıyla kullanılan alternatif implantlardır.[27] Bu yaklaşım, posterior bölgede implant desteği sağlayarak sinüs augmentasyonu veya kemik greftleme gibi ek cerrahi işlemlere duyulan gereksinimi azaltabilmektedir.

Pterigoid implantların yerleştirilmesinde implant uzunluğu ve angülasyonu, yararlanılan anatomik bölgeye göre değişebilmektedir. İmplantlar pterigomaksiller bölgeden veya daha posterior yerleşimli pterigoid yapılardan ankraj sağlayacak şekilde konumlandırılabilir.[27] Bu bölgenin anatomik özellikleri ve implantların açılı yerleştirilmesi nedeniyle cerrahi planlamanın dikkatli yapılması önem taşımaktadır.

Protetik açıdan en önemli avantajlarından biri, posterior implant desteğini artırarak distal kantilever uzunluğunun azaltılmasına olanak sağlamasıdır. Posterior ankrajın artırılması, oklüzal kuvvetlerin implantlar arasında daha uygun dağılımına katkıda bulunabilmektedir. Bu nedenle pterigoid implantlar, özellikle

atrofik maksillanın tam ark implant destekli rehabilitasyonunda greftsiz bir tedavi alternatifi olarak değerlendirilmektedir.[29]

6.3. Subperiostal İmplantlar

Subperiostal implantlar, endosseöz implantlardan farklı olarak kemik içerisine değil, kemik yüzeyine yerleştirilen implant sistemleridir. Geleneksel olarak ileri derecede rezorbe çenelerde endosseöz implantların uygulanamadığı durumlarda alternatif bir tedavi yaklaşımı olarak kullanılmışlardır.[30] Subperiostal implantların ilk uygulamaları 20. yüzyılın ortalarına dayanmakla birlikte, geleneksel sistemlerin yüksek komplikasyon oranları ve teknik sınırlılıkları nedeniyle kullanımları zaman içerisinde azalmıştır.[31]

Günümüzde dijital görüntüleme, CAD/CAM ve eklemeli üretim teknolojilerindeki gelişmeler, kişiye özgü subperiostal implantların yeniden gündeme gelmesini sağlamıştır. Bilgisayarlı tomografi verilerinden yararlanılarak hastanın kemik anatomisine uygun şekilde tasarlanan titanyum altyapılar, mevcut kemik yüzeyine uyum sağlayacak biçimde üretilebilmektedir. Doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) gibi eklemeli üretim yöntemleri, bu kişiye özgü yapıların hassas biçimde üretilmesine olanak sağlamaktadır.[31]

Kişiye özgü subperiostal implantlar, ileri maksiller atrofi nedeniyle konvansiyonel endosseöz implantların uygulanamadığı veya kapsamlı kemik augmentasyonunun uygun olmadığı ya da hasta tarafından tercih edilmediği olgularda alternatif bir yaklaşım oluşturabilmektedir. Bununla birlikte, tedavinin ileri dijital planlama ve üretim altyapısı gerektirmesi, maliyetinin yüksek olması ve uzun dönem klinik sonuçlara ilişkin kanıtların konvansiyonel implant sistemlerine göre daha sınırlı olması göz önünde bulundurulmalıdır.[31]

7. Tam Ark İmplant Destekli Sabit Rehabilitasyonlar

7.1. All-on-4 / All-on-6 Konseptleri

All-on-4 konsepti, tam dişsiz çenelerin dört implant kullanılarak tam ark sabit protezlerle rehabilitasyonuna dayanan bir tedavi yaklaşımıdır. Maló ve ark. tarafından geliştirilen bu konseptte, anterior bölgedeki iki implant genellikle aksiyel olarak, posterior bölgedeki iki implant ise anatomik yapılardan kaçınmak, implantların anteroposterior dağılımını artırmak ve distal kantilever uzunluğunu azaltmak amacıyla eğimli olarak yerleştirilmektedir.[32]

Özellikle atrofik maksillada posterior implantların eğimli yerleştirilmesi, maksiller sinüs gibi anatomik yapılardan kaçınılmasına ve mevcut anterior kemikten daha etkin şekilde yararlanılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece sinüs augmentasyonu veya kemik greftleme gibi ek cerrahi işlemlere duyulan gereksinim bazı olgularda azaltılabilmektedir. İmplantların anteroposterior dağılımının artırılması distal kantilever uzunluğunun azaltılmasına ve protetik yüklerin daha uygun şekilde dağıtılmasına katkı sağlamaktadır.[25]

All-on-4 konseptinin önemli özelliklerinden biri, uygun hasta seçimi ve yeterli primer stabilitenin sağlanması durumunda immediyat yükleme protokollerinin uygulanabilmesidir. Bu yaklaşım, cerrahi ve protetik tedavi süresinin kısaltılmasına ve hastanın estetik ve fonksiyonel gereksinimlerinin daha erken karşılanmasına olanak sağlayabilmektedir.[25, 32]

All-on-6 konseptinde ise tam ark sabit protez altı implant tarafından desteklenmektedir. İmplant konfigürasyonu hastanın anatomik özelliklerine, mevcut kemik hacmine ve protetik gereksinimlere göre değişebilmektedir. Yeterli kemik hacminin bulunduğu durumlarda aksiyel implantlar kullanılabilirken, posterior kemik yetersizliğinde anterior aksiyel ve posterior eğimli implantların birlikte kullanıldığı konfigürasyonlardan yararlanılabilmektedir.[33]

Dört veya altı implant kullanımına ilişkin klinik çalışmalarda her iki yaklaşım için de başarılı sonuçlar bildirilmiştir. Bununla birlikte, implant sayısı ve konfigürasyonunun belirlenmesinde mevcut kemik miktarı ve kalitesi, anatomik sınırlamalar, implantların primer stabilitesi, ark formu, planlanan protezin özellikleri ve yük dağılımı birlikte değerlendirilmelidir.[33]

Günümüzde dijital görüntüleme, bilgisayar destekli cerrahi planlama, dijital ölçü yöntemleri ve CAD/CAM teknolojileri All-on-4 ve All-on-6 rehabilitasyonlarının cerrahi ve protetik aşamalarının bütüncül olarak planlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu teknolojiler implant konumlarının protetik planlamayla uyumlu olarak belirlenmesine ve tam ark restorasyonların dijital iş akışı içerisinde tasarlanıp üretilmesine katkı sağlamaktadır.[33]

7.2. Protetik Tasarım Prensipleri

All-on-4 sisteminde implant sayısının sınırlı olması ve posterior implantların anatomik sınırlılıklar nedeniyle belirli bölgelerde konumlandırılması, distal kantilever kullanımını gerekli kılabilmektedir. Kantilever uzunluğu, protez üzerindeki konumu ve yükleme koşulları implantlar, protetik bileşenler ve çevre kemik dokularındaki gerilme dağılımını etkileyen önemli biyomekanik faktörlerdir. Özellikle kantilever uzunluğunun artması, posterior oklüzal yükler altında implant ve protetik bileşenlerdeki gerilmeleri artırarak marjinal kemik kaybı, vida gevşemesi ve protetik komplikasyon riskine katkıda bulunabilmektedir.[34]

Bu nedenle tam ark implant destekli sabit rehabilitasyonlarda kantilever uzunluğu; implantların sayısı, konumu ve angülasyonu, ark formu ve oklüzal kuvvetlerin büyüklüğü ve yönü ile birlikte değerlendirilmelidir. Posterior implantların uygun şekilde konumlandırılması ve anteroposterior implant dağılımının artırılması, kantilever uzunluğunun sınırlandırılmasına ve yüklerin implantlar arasında daha uygun şekilde dağıtılmasına katkı sağlayabilmektedir.[34]

Sonlu elemanlar analizine dayalı biyomekanik değerlendirmelerde, kantilever uzunluğunun artmasının implantlar, protetik altyapı ve çevre kemik dokularındaki gerilme dağılımını olumsuz etkileyebildiği gösterilmiştir. Bunun yanı sıra ark formunun ve yükleme yönünün de biyomekanik davranış üzerinde etkili olduğu; kare ark formunun oval ve üçgen ark formlarına kıyasla implant ve protetik altyapıda daha düşük gerilme değerleriyle ilişkili olabildiği bildirilmiştir. Bu bulgular, tam ark rehabilitasyonlarda protetik tasarımın yalnızca implant sayısına göre değil, kantilever uzunluğu, ark geometrisi ve oklüzal yükleme koşulları birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.[34]

8. Atrofik Maksillada Dijital İş Akışları ve Yeni Teknolojiler

8.1. Dijital Tanı, Planlama ve Bilgisayar Destekli Cerrahi

İmplant diş hekimliğinde tedavi planlaması, implantların yalnızca mevcut kemik hacmine göre konumlandırıldığı yaklaşımdan, cerrahi ve protetik gereksinimlerin birlikte değerlendirildiği protetik yönlendirmeli planlama anlayışına doğru gelişmiştir. Bu yaklaşımda implantların konumu ve angülasyonu; mevcut kemik miktarı ve kalitesi, anatomik sınırlamalar, estetik ve fonksiyonel gereksinimler ile planlanan nihai restorasyon dikkate alınarak belirlenmektedir. Böylece cerrahi planlamanın protetik tedavi hedefleriyle uyumlu biçimde gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır.[35]

BT ve özellikle konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) görüntülerinin dijital planlama yazılımlarıyla birlikte kullanılması, alveolar kemiğin üç boyutlu olarak değerlendirilmesine ve implant yerleşimini sınırlandırabilecek anatomik yapıların belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Dijital ortamda farklı implant çapları, uzunlukları, konumları ve angülasyonları değerlendirilebilmekte; birden fazla implantın kullanılacağı rehabilitasyonlarda implantların birbirleriyle ve planlanan protetik restorasyonla olan ilişkileri üç boyutlu olarak incelenebilmektedir.[35]

Dijital planlama sürecinde radyografik veriler ile protetik tasarıma ilişkin bilgiler bir arada değerlendirilerek implantların protetik açıdan uygun konumlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Özellikle ileri derecede atrofik maksillada mevcut kemik hacminin sınırlı olması ve maksiller sinüs ile nazal kavite gibi anatomik yapıların yakınlığı, implantların konum ve angülasyonlarının dikkatli biçimde planlanmasını gerektirmektedir. Bu nedenle üç boyutlu dijital planlama, anatomik sınırlamalar ile protetik gereksinimler arasında uygun ilişkinin kurulmasında önemli bir araçtır.[35]

Sanal ortamda oluşturulan implant planı, statik veya dinamik bilgisayar destekli cerrahi yöntemlerle klinik uygulamaya aktarılabilir. Statik bilgisayar destekli cerrahide dijital plan doğrultusunda üretilen cerrahi rehberlerden yararlanılırken, dinamik navigasyon sistemlerinde cerrahi

enstrümanların ve implantın konumu işlem sırasında gerçek zamanlı olarak takip edilebilmektedir. Böylece sanal ortamda belirlenen implant pozisyonunun cerrahi sahaya mümkün olduğunca doğru biçimde aktarılması amaçlanmaktadır.[35]

Bilgisayar destekli implant cerrahisinin doğruluğu, dijital planlanan implant konumu ile klinik olarak elde edilen nihai implant konumu arasındaki lineer ve açısal sapmalar üzerinden değerlendirilebilmektedir. Görüntüleme ve veri elde etme aşamasından cerrahi rehberin tasarım ve üretimine, rehberin ağız içindeki uyumundan cerrahi uygulamaya kadar farklı aşamalarda meydana gelebilecek hatalar nihai implant konumunu etkileyebilmektedir. Bu nedenle bilgisayar destekli cerrahi yüksek düzeyde planlama olanağı sağlamakla birlikte, anatomik yapıların korunması amacıyla uygun güvenlik sınırlarının gözetilmesi ve klinik değerlendirmeye birlikte kullanılması önem taşımaktadır.[35]

8.2. Dijital Protez Üretimi

8.2.1.CAD/CAM Teknolojileri

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojileri, protetik restorasyonların dijital ortamda tasarlanmasına ve üretilmesine olanak sağlayan temel dijital iş akışlarından biridir. Geleneksel üretim yöntemlerinde yer alan mum modelaj ve döküm gibi çok aşamalı laboratuvar işlemlerinin azaltılması, üretim sürecinin standardizasyonuna ve olası üretim hatalarının sınırlandırılmasına katkı sağlamaktadır.[36]

CAD/CAM sistemlerinde restorasyonlar dijital olarak tasarlandıktan sonra eksiltmeli veya eklemeli üretim yöntemleriyle üretilmektedir. Eksiltmeli üretimde restorasyon, prefabrike materyal blok veya disklerin frezelenmesiyle elde edilmektedir. Bu amaçla seramikler, metaller, kompozitler ve polimetilmetakrilat (PMMA) gibi farklı materyaller kullanılabilir.[36] Özellikle implant destekli tam ark rehabilitasyonlarda CAD/CAM teknolojileri, geçici ve daimi protezlerin yanı sıra protetik altyapıların dijital olarak tasarlanması ve üretilmesine olanak sağlamaktadır.

8.2.2.Eklemeli Üretim (3D Baskı)

Eklemeli üretim, dijital olarak oluşturulan üç boyutlu tasarımın materyalin tabakalar halinde eklenmesiyle fiziksel bir yapıya dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Protetik diş hekimliğinde 3D baskı teknolojilerinden çalışma modelleri, kişisel ölçü kaşıkları, geçici restorasyonlar, oklüzal splintler, total protezler, metal altyapılar ve maksillofasiyal protezler gibi çeşitli yapıların üretiminde yararlanılabilmektedir.[37]

Dijital tasarımların doğrudan üretime aktarılabilmesi, özellikle karmaşık geometrilere sahip protetik yapıların üretimini kolaylaştırmakta ve geleneksel üretimde gerekli olan bazı laboratuvar aşamalarının azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Geçici restorasyonlar ve protetik altyapıların yanı sıra implant

destekli protezlerin çeşitli bileşenlerinin üretiminde de eklemeli üretim teknolojilerinden yararlanılabilmektedir.[37]

8.3.Geleceğe Yönelik Yaklaşımlar

8.3.1. Yapay Zekâ Destekli Planlama

Yapay zekâ (YZ), karmaşık verilerin analiz edilmesi, örüntülerin belirlenmesi ve karar süreçlerinin desteklenmesi amacıyla çeşitli algoritmalarından yararlanan teknolojileri kapsamaktadır. Dijital diş hekimliğindeki gelişmelerle birlikte YZ uygulamalarının tanı, tedavi planlaması ve protetik tasarım süreçlerindeki kullanım alanları giderek genişlemektedir.[38]

Protetik diş hekimliğinde YZ; oklüzal morfolojinin oluşturulması, tam protezlerde otomatik diş dizimi, implant restorasyonlarında çıkış profilinin belirlenmesi ve hareketli bölümlü protez altyapılarının tasarlanması gibi farklı alanlarda kullanılabilmektedir.[38] İmplant destekli rehabilitasyonlarda ise dijital görüntüleme, protetik tasarım ve biyomekanik verilerin birlikte değerlendirilmesi, gelecekte hastaya özgü tedavi planlamasının geliştirilmesine katkı sağlayabilecek potansiyel uygulama alanları arasında yer almaktadır.

8.3.2.Hastaya Özgü İmplant Tasarımları

Dijital görüntüleme ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler, standart implant geometrilerine alternatif olarak hastanın anatomik özelliklerine göre tasarlanan kişiye özgü implantların geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu yaklaşımlardan biri olan kök analog implantlar, çekim soketinin anatomisine uyum sağlayacak şekilde tasarlanarak implant ile çevre dokular arasındaki uyumun artırılmasını amaçlamaktadır.[39]

Kök analog implantların tasarımında implant geometrisi ve yüzey özellikleri primer stabilitenin artırılması ve çevre dokuların korunması amacıyla modifiye edilebilmektedir. Mikro- ve makroretansiyonların kullanılması ve ince kortikal kemikle ilişkili bölgelerde implant boyutlarının düzenlenmesi bu tasarım yaklaşımları arasında yer almaktadır. Ayrıca titanyuma alternatif olarak zirkonya gibi materyaller de biyouyumluluk ve estetik özellikleri nedeniyle değerlendirilmiştir.[39]

Bununla birlikte, erken dönem çalışmalarda kişiye özgü kök analog implantlara ilişkin farklı klinik sonuçlar bildirilmiştir. Bu nedenle bu sistemlerin klinik kullanımının yaygınlaşabilmesi için tasarım, üretim doğruluğu, primer stabilite ve uzun dönem klinik performanslarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.[39]

8.3.3. Biyomekanik Simülasyonlar

Biyomekanik simülasyon yöntemleri, oral yapıların ve protetik restorasyonların farklı yükleme koşulları altındaki mekanik davranışlarının

değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.[40] Bu yöntemler arasında sonlu elemanlar analizi (FEA), karmaşık geometrilere kuvvet, gerilme ve deformasyon dağılımlarının incelenmesi amacıyla diş hekimliği araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.[41]

İmplant destekli rehabilitasyonlarda FEA; implant sayısı, konumu ve angülasyonu, kantilever uzunluğu, protetik materyal, kemik özellikleri ve oklüzal yükleme koşulları gibi çok sayıda değişkenin biyomekanik etkilerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle biyomekanik simülasyonlar, farklı tedavi senaryolarının klinik uygulama öncesinde karşılaştırılmasına ve hastaya özgü protetik tasarımların geliştirilmesine katkı sağlayabilecek önemli araçlardır.[39-41]

9.Komplikasyonlar ve Başarısızlıklar

İmplant destekli protetik rehabilitasyonlarda komplikasyonlar cerrahi, protetik/teknik ve biyolojik kökenli olabilmektedir. Özellikle ileri derecede atrofik maksillada sınırlı kemik hacmi ve anatomik yapıların yakınlığı, tedavi planlaması ve uygulaması sırasında komplikasyon riskinin dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir.

9.1. Cerrahi Komplikasyonlar

Atrofik maksillada yetersiz vertikal ve horizontal kemik hacmi, implantların ideal konumda yerleştirilmesini güçleştirebilmektedir. İmplant yuvasının uygun olmayan şekilde hazırlanması, kemik dehisensi ve osteotomi sırasında aşırı ısı oluşumu implant tedavisinin başarısını olumsuz etkileyebilecek cerrahi komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Ayrıca maksiller sinüsün anatomik yakınlığı nedeniyle sinüs membranının hasar görmesi veya implantın sinüs boşluğuna yer değiştirmesi gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Cerrahi işlemler sırasında kullanılan küçük alet veya bileşenlerin aspirasyonu da nadir ancak ciddi bir komplikasyon olarak dikkate alınmalıdır.[42]

9.2. Protetik Komplikasyonlar

İmplant destekli rehabilitasyonlarda abutmentin tam olarak oturmaması, bağlantı elemanlarının uygun şekilde sıkılamaması ve hatalı tork uygulaması protetik komplikasyonlara neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra vida gevşemesi ve kırılması, protez veya oklüzal materyalde kırılma, simante restorasyonlarda desimantasyon ve implant gövdesinde kırılma görülebilecek teknik komplikasyonlar arasındadır.[43]

Bu komplikasyonların gelişiminde oklüzal aşırı yükleme, pasif uyumun yetersizliği, uzun kantileverler ve implant bileşenlerinin uygun olmayan şekilde sıkılması gibi faktörler rol oynayabilmektedir. Bu nedenle protetik tasarım, oklüzal düzenleme ve bağlantı elemanlarına üretici önerilerine uygun tork uygulanması komplikasyonların azaltılması açısından önem taşımaktadır.[43]

9.3. Peri-implant Biyolojik Komplikasyonlar

İmplant çevresindeki biyolojik komplikasyonlar arasında marjinal kemik kaybı ve peri-implant hastalıklar önemli yer tutmaktadır. Peri-implant mukozitis, implant çevresindeki yumuşak dokularla sınırlı inflamatuvar bir durumken; peri-implantitis, inflamasyona eşlik eden progresif destekleyici kemik kaybıyla karakterizedir.[43] Bu komplikasyonların önlenmesi ve erken dönemde belirlenmesi açısından uygun protez tasarımı, ağız hijyeninin sürdürülebilirliği ve düzenli klinik takip önem taşımaktadır.

Sonuç

Atrofik maksillanın rehabilitasyonunda tüm hastalar için geçerli tek bir ideal tedavi yaklaşımı bulunmamaktadır. Tedavi planlaması; mevcut kemik miktarı ve kalitesi, anatomik ve biyolojik koşullar, hastanın estetik ve fonksiyonel beklentileri ile protetik gereksinimler birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmelidir. Konvansiyonel ve implant destekli protetik seçeneklerden kemik augmentasyonu gerektiren yaklaşımlara, zigomatik ve pterigoid implantlardan kişiye özgü subperiostal implantlara kadar farklı tedavi alternatifleri, hastaya özgü koşullar doğrultusunda değerlendirilmelidir.

Günümüzde dijital görüntüleme, bilgisayar destekli cerrahi, CAD/CAM ve eklemeli üretim teknolojilerinin gelişmesi, atrofik maksillanın tanı, planlama ve rehabilitasyon süreçlerinin daha bütüncül ve kişiye özgü olarak yürütülmesine olanak sağlamaktadır. Gelecekte yapay zekâ destekli planlama, biyomekanik simülasyonlar ve ileri dijital üretim teknolojilerinin entegrasyonu, hastanın anatomik, biyolojik ve fonksiyonel özelliklerinin tedavi öncesinde daha kapsamlı biçimde değerlendirilmesi ve implant-protez tasarımlarının bu verilere göre bireyselleştirilmesi beklenmektedir. Bu gelişmelerin, atrofik maksillanın rehabilitasyonunda tedavi öngörülebilirliğinin, biyomekanik uyumun ve uzun dönem klinik başarının geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Kaynaklar

1. Oktay, F., Atrofik tam dişsiz maksillada farklı aç ve çaplarda yerleştirilmiş pterygoid implantlar üzerine uygulanan hibrit protezlerin sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelenmesi. 2024.
2. Hudieb, M., et al., Morphologic classification and stress analysis of the mandibular bone in the premolar region for implant placement. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 2010. **25**(3): p. 482.
3. Cawood, J. and R. Howell, A classification of the edentulous jaws. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 1988. **17**(4): p. 232-236.
4. Jahangiri, L., J.J. Jandinski, and R.J. Flinton, Stafne's bone cavity and its utilization in complete denture retention. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2002. **87**(3): p. 245-247.
5. Çalıklıkoğlu, S., Tam Protezler. Profitez Akademisi ve Gnatoloji Derneği Yayını. 3. Baskı. İstanbul, 1998.
6. Izzetti, R., et al., Basic knowledge and new advances in panoramic radiography imaging techniques: a narrative review on what dentists and radiologists should know. *Applied Sciences*, 2021. **11**(17): p. 7858.
7. Choi, J.-W., Assessment of panoramic radiography as a national oral examination tool: review of the literature. *Imaging science in dentistry*, 2011. **41**(1): p. 1.
8. Whaites, E. and N. Drage, Essentials of dental radiography and radiology e-book: Essentials of dental radiography and radiology e-book. 2013: Elsevier Health Sciences.
9. White, S.C. and M.J. Pharoah, Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation. 2014: Elsevier Health Sciences.
10. Truhlar, R.S., H.F. Morris, and S. Ochi, A review of panoramic radiography and its potential use in implant dentistry. *Implant dentistry*, 1993. **2**(2): p. 122-130.
11. Görgen, V.A., Ç. Güler, and E. Kızılcı, Diş Hekimliğinde Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi CBCT. *Annals of Health Sciences Research*, 2014. **3**(2): p. 36-40.
12. Hatcher, D.C., C. Dial, and C. Mayorga, Cone beam CT for pre-surgical assessment of implant sites. *Journal of the California Dental Association*, 2003. **31**(11): p. 825-833.
13. Colvin, J., et al., Patient expectation and satisfaction with different prosthetic treatment modalities. *Journal of Prosthodontics*, 2019. **28**(3): p. 264-270.

14. Bidra, A.S., Three-dimensional esthetic analysis in treatment planning for implant-supported fixed prosthesis in the edentulous maxilla: review of the esthetics literature. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 2011. **23**(4): p. 219-236.
15. Müller, F. and M. Schimmel, Tooth loss and dental prostheses in the oldest old. *European Geriatric Medicine*, 2010. **1**(4): p. 239-243.
16. DMD, M.J.H.D., et al., The implant-supported overdenture as an alternative to the complete mandibular denture. *The Journal of the American Dental Association*, 2003. **134**(11): p. 1455-1458.
17. Geçkili, O., C. Bural, and Ç. Bilmenoğlu, İmplant destekli tam protezlerde kullanılan tutucu sistemler. 2010.
18. Rocuzzo, M., et al., What is the optimal number of implants for removable reconstructions? A systematic review on implant-supported overdentures. *Clinical oral implants research*, 2012. **23**: p. 229-237.
19. Shafie, H., Principles of attachment selection. *Clinical and laboratory manual of implant overdentures*, 2007: p. 31-36.
20. Bidra, A.S., et al., Differences in lip support with and without labial flanges in a maxillary edentulous population. Part 1: Objective analysis. *Journal of Prosthodontics*, 2018. **27**(1): p. 10-16.
21. Wendt-Aquino, T.J. and R.R. Sheridan, Changes in facial soft tissue support with and without a maxillary labial flange. *Journal of Prosthodontics*, 2025. **34**(4): p. 357-364.
22. Kong, H.-J. and C.A. Hansen, Customizing palatal contours of a denture to improve speech intelligibility. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2008. **99**(3): p. 243-248.
23. Farley, D.W., J.D. Jones, and R.J. Cronin, Palatogram assessment of maxillary complete dentures. *Journal of Prosthodontics*, 1998. **7**(2): p. 84-90.
24. Kahraman, N.H. and A. Hussein, Maksillada horizontal kemik yetersizliği bulunan hastada implant tedavisi; Bir olgu sunumu. *Van Diş Hekimliği Dergisi*, 2024. **5**(2): p. 22-28.
25. Mali, Ş., Maksilla Tam Dişsizlikte İmplant Üstü Tedavi.
26. Kolte, A., et al., Comprehensive Classification System for Localized Alveolar Bone Deficiencies in Treatment Planning for Dental Implants: A Proposed Classification and Prevalence Study. *Cureus*, 2024. **16**(8).
27. Ali, S.A., et al., Implant rehabilitation for atrophic maxilla: a review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 2014. **14**(3): p. 196-207.

28. Komplikasyonları, K.V. and D.S. Ergun, Zigomatik İmplantların Endikasyonları.
29. Coskun, U. and N.Y. Altintas, Comparison of posterior support strategies with pterygoid implants for full-arch implant rehabilitation in the atrophic maxilla: a finite element study. BMC Oral Health, 2025. **25**(1): p. 1703.
30. Demirtaş, Ö.A., Subperiostal İmplant. Sağlık & Bilim 2024: Odontoloji-II, 2024: p. 133.
31. ANA, A. and D. Tanyel, Subperiostal İmplantlar Ve Kullanım Alanları.
32. Patzelt, S.B., et al., The all-on-four treatment concept: a systematic review. Clinical implant dentistry and related research, 2014. **16**(6): p. 836-855.
33. Shao, W.-H., et al., All-on-4 and All-on-6 implant-supported fixed prostheses for the edentulous jaw: a systematic review and meta-analysis. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2026.
34. Ok Bostan, H. and Z. Yeşil, Biomechanical evaluation of cantilever length and arch form in the All-on-4 implant concept: a finite element analysis. BMC Oral Health, 2026.
35. Chan, H.-L., K. Misch, and H.-L. Wang, Dental imaging in implant treatment planning. Implant dentistry, 2010. **19**(4): p. 288-298.
36. Ergezen, E., Y.U. Aslan, and Y. Özkan, Diş hekimliğinde kullanılan CAD/CAM materyalleri. European Journal of Research in Dentistry, 2025. **9**(2): p. 125-133.
37. Seçkin, G., Dijital Diş Hekimliğinde 3D Yazıcı. Sağlık & Bilim 2026: Odontoloji-II, 2026: p. 111.
38. Bernauer, S.A., N.U. Zitzmann, and T. Joda, The use and performance of artificial intelligence in prosthodontics: a systematic review. Sensors, 2021. **21**(19): p. 6628.
39. Pirker, W., et al., Immediate, single stage, truly anatomic zirconia implant in lower molar replacement: a case report with 2.5 years follow-up. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2011. **40**(2): p. 212-216.
40. Aksan, M.E., S. Atsü, and A.C. Bulut, İmplant-Protez Bağlantısında Sonlu Eleman Analiz Yöntemi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2018. **28**(1): p. 91-97.
41. Naderlou, F., A. Türksoy, and S.N.S. Gül, Diş Hekimliğinde Sonlu Elemanlar Analizi: Klinik ve Mühendislik Perspektifleri. Avrasya Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. **1**(1): p. 17-39.
42. Orhan, Z.D. and G. Dallı, Dental İmplant Komplikasyonları. Van Diş Hekimliği Dergisi, 2024. **5**(2): p. 29-37.

43. Akgüngör, D.G., İmplant Üstü Sabit Protezlerde Komplikasyonlar.

BÖLÜM 5

**Geleneksel ve Dijital Üretim Yöntemleriyle
Hazırlanan Protez Kaide Materyallerinin Yüzey
ve Mekanik Özellikleri**

Merve Ünal¹

¹ Doktor Öğretim Üyesi, Uşak Üniversitesi, 0000-0003-1614-4271

Giriş

İdeal protez kaide materyalinin geliştirilmesi uzun süredir diş hekimliği araştırmalarının temel konularından biridir. İşlenmesinin kolay olması, kabul edilebilir estetik sağlaması, ekonomik olması ve ağız dokularıyla uyumlu klinik kullanım sunması nedeniyle polimetil metakrilat (PMMA) esaslı rezinler protez kaidesi üretiminde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Isıyla polimerize PMMA, geleneksel tam protez üretiminde temel materyal olmayı sürdürmekle birlikte polimerizasyon büzülmesi, artık monomer, porozite, yüzey düzensizlikleri ve yorulmaya bağlı kırılma gibi sınırlılıklar yeni üretim yöntemlerine ilgiyi artırmıştır (Bidra, Taylor, & Agar, 2013).

Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), hareketli protezlerin hem tasarımını hem de üretimini sayısallaştırmıştır. Dijital iş akışları iki ana üretim yaklaşımına dayanır: prepolimerize PMMA blokların frezelenmesi ve ışıqla polimerize olan reçinelerin katmanlar hâlinde üç boyutlu (3B) basılması. Her yaklaşımın doğruluk, yüzey niteliği, mekanik davranış, artık monomer, malzeme kullanımı ve laboratuvar gereksinimleri bakımından farklı üstünlükleri ve sınırlılıkları vardır (Goodacre, Goodacre, Baba, & Kattadiyil, 2016; Srinivasan et al., 2017; Srinivasan et al., 2018; O. Steinmassl, Dumfahrt, Grunert, & Steinmassl, 2018a, 2018b; P. A. Steinmassl et al., 2017).

Bu bölümde geleneksel, frezelenmiş ve 3B basılmış protez kaide materyalleri; üretim ilkeleri, yüzey özellikleri, biyofilm tutunması, ıslanabilirlik, sertlik, eğilme davranışı, kırılma direnci, tamir edilebilirlik ve klinik retansiyon açısından karşılaştırılmıştır. Bulgular değerlendirilirken sonuçların yalnızca üretim yöntemine değil, materyalin ticari bileşimine, polimerizasyon derecesine, baskı yönüne, son polimerizasyon protokolüne, yüzey bitirme işlemine ve yaşlandırma koşullarına da bağlı olduğu göz önünde tutulmalıdır.

Dijital Üretim Yaklaşımları

Frezeleme

Frezeleme, bilgisayar kontrollü kesici sistemlerin endüstriyel koşullarda üretilmiş prepolimerize PMMA (pPMMA) disklerden protez kaidesini uzaklaştırarak biçimlendirdiği eksiltmeli bir üretim yöntemidir. Disklerin yüksek sıcaklık ve basınç altında polimerize edilmesi, protez üretimi sırasında yeniden gerçekleşecek polimerizasyon büzülmesini ortadan kaldırır ve daha yoğun, daha az gözenekli bir yapı elde edilmesine katkıda bulunur. Bu özellikler frezelenmiş kaidelerin uyum, yüzey düzgünlüğü ve bazı mekanik özellikler bakımından avantajlı olmasını açıklayabilir (O. Steinmassl et al., 2018b).

Frezelenmiş materyallerin artık monomer içeriğinin her durumda daha düşük olduğu varsayılmamalıdır. P. A. Steinmassl et al. (2017), CAD/CAM protezlerle uzun süre ısıyla polimerize edilmiş geleneksel protezler arasında monomer salımı bakımından anlamlı bir azalma gösterememiş; buna karşılık otopolimerize

rezinlerle karşılaştırıldığında daha elverişli sonuçların mümkün olabileceğini bildirmiştir. Frezelemenin diğer temel sınırlılıkları diskten uzaklaştırılan materyal miktarı, frez ve cihaz maliyeti ile kesici geometrisinin karmaşık yüzeylerde oluşturduğu üretim kısıtlarıdır.

Üç Boyutlu Baskı

3B baskı, fotopolimer reçinenin dijital tasarıma göre katmanlar hâlinde polimerize edildiği eklemeli bir üretim yöntemidir. Baskı tamamlandığında kaide henüz tam polimerize değildir; desteklerin uzaklaştırılması, uygun çözücüyle yıkama ve üreticinin belirlediği son ışık polimerizasyonu gerekir. Son polimerizasyon öncesinde deformasyon, işlem sırasında büzülme ve yüzeyde polimerize olmamış reçine kalması olasılığı bulunduğundan yıkama ve ışınlama protokolüne uyum doğrudan materyal performansını etkiler ((Kalberer, Mehl, Schimmel, Müller, & Srinivasan, 2019).

Eklemeli üretim, frezelemeye göre daha az hammadde atığı oluşturabilir ve küçük laboratuvarlarda daha erişilebilir ekipmanla uygulanabilir. Bununla birlikte doğruluk ve mekanik özellikler; yazıcı türü, katman kalınlığı, baskı yönü, desteklerin konumu ve son polimerizasyon koşullarına duyarlıdır. Kalberer et al. (2019), inceledikleri sistemlerde frezelemiş tam protezlerin doku yüzeyi doğruluğunu 3B basılmış protezlerden daha yüksek bulmuş, ancak iki yöntemin klinik açıdan kabul edilebilir sonuçlar verebildiğini belirtmiştir.

Tablo 1. Protez kaidesi üretim yöntemlerinin genel karşılaştırması

Üretim yöntemi	Temel süreç	Başlıca üstünlükler	Başlıca sınırlılıklar
Geleneksel ısıyla polimerizasyon	Toz ve monomer karışımının kalıplama ve ısı ile polimerizasyonu	Klinik ve laboratuvar deneyimi yüksek; onarım ve yeniden astarlama seçenekleri bilinen bir yöntem	Polimerizasyon büzülmesi, artık monomer, porozite ve işlem değişkenliği
CAD/CAM frezeleme	Endüstriyel pPMMA diskten eksiltmeli üretim	Polimerizasyon büzülmesi yok; çoğu çalışmada iyi uyum ve yüksek mekanik performans	Yüksek cihaz maliyeti, disk atığı ve kesici geometrisine bağlı sınırlılıklar
3B baskı	Fotopolimer reçinenin katmanlı üretimi ve son ışık polimerizasyonu	Daha az malzeme atığı, karmaşık geometriler ve hızlı çoğaltma olanağı	Baskı yönü ve son işlem duyarlılığı; mekanik ve yüzey özelliklerinde sistemler arası değişkenlik

Kaynak: Baba et al., 2021; Kalberer et al., 2019; Srinivasan et al., 2021.

Yüzey Özellikleri ve Biyofilm Tutunması

Yüzey Pürüzlülüğü

Protez kaidesinin yüzey pürüzlülüğü, plak ve mikroorganizma tutunmasını etkileyen başlıca materyal özelliklerinden biridir. Bollen, Lambrechts ve Quirynen (1997), dental materyaller için yaklaşık 0,2 µm düzeyini plak retansiyonu açısından sık kullanılan bir eşik olarak tanımlamıştır. Bununla birlikte klinik yüzeyler yalnızca materyalin ilk pürüzlülüğünden etkilenmez; polisaj, fırçalama, temizleyiciler, termal değişimler ve kullanım süresi de yüzey topografisini değiştirebilir.

Geleneksel ısıyla polimerize PMMA'da gaz porozitesi ve kalıplama sırasında gelişen yüzey düzensizlikleri pürüzlülüğü artırabilir. Uygulanan basınç bu düzensizlikleri azaltabilse de aşırı basınç mufla ve kalıp için risk oluşturur (Yau, Cheng, Clark ve Chow, 2002). Frezelenmiş pPMMA diskler ise endüstriyel polimerizasyon ve yoğun yapı sayesinde çoğu çalışmada daha düzgün yüzeyler göstermiştir. Srinivasan et al. (2018) frezelenmiş pPMMA'nın geleneksel PMMA'ya göre daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğunu bildirirken, de Oliveira Limirio et al. (2022) tarafından yapılan sistematik derleme ve meta-analiz de geleneksel ısıyla polimerize PMMA'da pürüzlülük değerlerinin genel olarak daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Bununla birlikte sonuçlar tüm ürün ve ölçüm protokollerinde aynı değildir. Alp, Johnston ve Yılmaz (2019), inceledikleri materyallerin pürüzlülük değerlerinin plak birikimi için bildirilen 0,2 µm eşiğinin altında kaldığını; kahve termal döngüsünün ise tüm gruplarda pürüzlülüğü artırdığını bildirmiştir. Chang et al. (2021), diş fırçası ve dentifris aşındırmasının materyallerin kütlesi, yüzey morfolojisi ve sertliği üzerinde yöntemle bağlı etkiler oluşturduğunu göstermiştir. Bu farklılıklar, üretim yönteminin tek başına yüzey kalitesini öngörmeye yetmediğini; bitirme, polisaj, yaşlandırma ve ölçüm tekniğinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Islanabilirlik ve Mikrobiyal Tutunma

Hidrofobiklik, ıslanabilirlik ve serbest yüzey enerjisi mikrobiyal tutunmayı ve protez retansiyonunu etkileyebilir. Arslan, Murat, Alp ve Zaimoğlu (2018) ile Al-Dwairi ve arkadaşları (2019), bazı frezelenmiş pPMMA ürünlerinde geleneksel rezine göre daha yüksek hidrofobiklik bildirmiştir. Buna karşılık O. Steinmassl, Dumfahrt, Grunert ve P. A. Steinmassl (2018b), birçok CAD/CAM materyalini geleneksel rezinden daha hidrofilik bulmuş; serbest yüzey enerjisindeki farklılıkların ise sınırlı olduğunu belirtmiştir. Bulgular arasındaki ayrışma, ticari materyal bileşiminin ve yüzey işlemlerinin üretim tekniği kadar belirleyici olduğunu düşündürmektedir.

Murat, Alp, Alatalı ve Uzun (2019), uzun süreli termal döngü sonrasında geleneksel PMMA üzerinde *Candida albicans* tutunmasının CAD/CAM pPMMA

materyallerine göre daha yüksek olduğunu ve pürüzlülük ile tutunan hücre sayısı arasında pozitif ilişki bulunduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte pelikül kaplaması materyaller arasındaki farkı azaltmıştır. Bu nedenle laboratuvar ortamındaki yüzey ölçümlerinin ağız içindeki tükürük pelikülü, temizlik alışkanlıkları ve biyofilm olgunlaşmasıyla birlikte yorumlanması gerekir.

Mekanik Özellikler

Sertlik ve Aşınma Davranışı

Yüzey sertliği, materyalin lokal plastik deformasyona ve aşınmaya karşı direncini gösterir. Düşük sertlik, mekanik fırçalama ve kullanım sırasında çizilme olasılığını artırabilir; gelişen yüzey kusurları plak tutunması ve renklenme için elverişli alanlar oluşturabilir. Prpić ve arkadaşları (2020), iki frezelenmiş CAD/CAM pPMMA ürünüde yüksek yüzey sertliği saptarken başka bir frezelenmiş ürünün daha düşük değer gösterdiğini bildirmiştir. Aynı polimerizasyon sınıfındaki ürünler arasında görülen bu fark, klinik kararın yalnızca “frezelenmiş” veya “3B basılmış” etiketine göre verilmemesi gerektiğini gösterir.

3B basılmış rezinlerde daha düşük çift bağ dönüşümü ve katmanlar arası bağlantı, sertlik ve aşınma davranışını olumsuz etkileyebilir. Ancak dönüşüm derecesi materyalin kimyasal yapısına, ışık kaynağına, baskı yönüne ve son polimerizasyona bağlıdır (Alifui-Segbaya, Bowman, White, George, & Fidan, 2019). Bu nedenle üreticinin yıkama ve son polimerizasyon protokolü mekanik performansın ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir.

Eğilme Dayanımı ve Kırılma Direnci

Tam protezler çiğneme sırasında tekrarlayan eğilme yüklerine, ağız dışında ise düşme ve darbeye maruz kalabilir. Yeterli eğilme dayanımı, elastik modül ve kırılma direnci; kalıcı deformasyonun ve orta hat kırıklarının sınırlandırılması açısından önemlidir. Al-Dwairi, Tahboub, Baba ve Goodacre (2020), inceledikleri CAD/CAM PMMA materyallerinde geleneksel ısıyla polimerize PMMA'ya göre daha yüksek eğilme ve darbe dayanımı bildirmiştir. Alp, Murat ve Yılmaz (2019) da farklı CAD/CAM pPMMA ürünlerinin eğilme dayanımlarının yüksek olduğunu, ancak ürünler arasında anlamlı değişkenlik bulunduğunu göstermiştir.

Toplu kanıt, frezelenmiş pPMMA'nın birçok mekanik ölçütte avantajlı olabildiğini, fakat her özellik için mutlak üstünlük bulunmadığını göstermektedir. de Oliveira Limírio et al. (2022) tarafından gerçekleştirilen meta-analizde eğilme dayanımı bakımından geleneksel ve CAD/CAM PMMA arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değilken, eğilme modülü CAD/CAM lehine bulunmuştur. Prpić et al. (2020) ise 3B basılmış grubun eğilme dayanımını inceledikleri materyaller arasında en düşük bulmuş, aynı üretim grubundaki ürünlerin sertlik değerlerinin birbirinden ayrıldığını göstermiştir.

Kırılma davranışı yalnızca polimer zincir uzunluğuyla açıklanamaz. O. Steinmassl, Offermanns, et al. (2018), CAD/CAM kaide rezinlerinin elastik modüllerini geleneksel gruplardan yüksek bulmasına karşın tüm CAD/CAM ürünlerinde daha yüksek kırılma direnci saptamamış ve mikroyapının belirleyici olabileceğini belirtmiştir. Benzer biçimde Murakami, Wakabayashi, Matsushima, Kishida ve Igarashi (2013), deneysel yüksek basınç polimerizasyonunun tokluğu artırabildiğini; buna karşılık eğilme dayanımı ve elastik modülü aynı yönde artırmadığını göstermiştir. Dolayısıyla yüksek basınç ve sıcaklığın bütün mekanik özellikleri tek biçimde iyileştirdiği varsayımı uygun değildir.

Bağlanma ve Tamir Edilebilirlik

Dijital protez kaidelerinin klinik başarısı yalnızca kaide materyalinin dayanımına değil, karakterizasyon kompozitleri, yapay dişler, astar materyalleri ve tamir rezinleriyle oluşturduğu bağlantıya da bağlıdır. Choi et al. (2021), yüksek viskoziteli karakterizasyon kompozitinin ısıyla polimerize, frezelenmiş ve 3B basılmış kaidelere bağlandığında düşük viskoziteli kompozitten daha yüksek kırılma tokluğu ve eğilme bağlantı dayanımı gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmada en yüksek değerler ısıyla polimerize kaide grubunda elde edilmiştir.

Esnek astar materyalleri açısından Choi et al. (2018), CAD/CAM kaidelerine bağlanan astarların en düşük çekme bağlantı dayanımı aralığını gösterdiğini; silikon esaslı astarların ise test edilen kaidelerde en yüksek değerleri verdiğini bildirmiştir. Li, Krämer-Fernandez, Klink, Xu ve Spintzyk (2021), 3B basılmış kaide materyalinin başlangıçta uygun tamir edilebilirlik sergilediğini, fakat yaşlandırılmış yüzeylerde bağlantı dayanımının düştüğünü ve aşındırıcı yüzey işlemlerinin yararlı olduğunu göstermiştir. Bu veriler, tamir veya astarlama planlanan olgularda kaide ile ek materyal arasındaki bağlantı protokolünün üreticiye ve yaşlanma durumuna göre seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Klinik Uyum ve Retansiyon

Doku yüzeyi uyumu, tam protezin retansiyonu ve hasta konforu açısından temel bir ölçüttür. Goodacre, Goodacre, Baba ve Kattadiyil (2016) ile Srinivasan et al. (2017), frezelenmiş kaidelerde geleneksel üretime göre daha elverişli adaptasyon ve doğruluk sonuçları bildirmiştir. O. Steinmassl et al. (2018a) da CAD/CAM protezlerin ana modele uyumunu geleneksel protezlerden daha yüksek bulmuştur. Bununla birlikte sonuçlar sistem, çene, ölçüm bölgesi ve değerlendirme yöntemine bağlı olarak değişebilir.

AlRumaih et al. (2018), protez yapıştırıcısı kullanılmadığında frezelenmiş maksiller kaidelerin ısıyla polimerize kaidelerden daha yüksek retansiyon gösterdiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada yapıştırıcı, frezelenmiş kaidenin retansiyonunu artırmamış; tersine azaltmıştır. Bu bulgu, geleneksel protezlerde

kullanılan yardımcı materyallerin dijital kaidelerde aynı etkiyi göstereceğinin varsayılması gerektiğini gösterir.

Tablo 2. Literatürde öne çıkan bulguların klinik yorumu

Değerlendirme alanı	Kanıtın genel yönü	Klinik yorum
Doğruluk ve uyum	Frezelenmiş kaideler birçok çalışmada geleneksel ve 3B basılmış gruplardan daha doğru bulunmuştur; 3B baskı sonuçları sistem ve protokole duyarlıdır.	Klinik uyum değerlendirilmesi yine gereklidir; dijital üretim otomatik olarak kusursuz uyum anlamına gelmez.
Yüzey pürüzlülüğü	CAD/CAM pPMMA çoğu çalışmada daha düşük pürüzlülük göstermiştir, ancak polisaj ve yaşlandırma sonuçları değiştirebilir.	Bitirme ve polisaj protokolü üretim yöntemi kadar önemlidir.
Mekanik özellikler	Frezelenmiş materyaller sıklıkla yüksek eğilme dayanımı ve modül göstermiştir; ürünler arasında belirgin değişkenlik vardır.	Malzeme seçimi ticari ürün verileri ve olgunun yük koşullarıyla birlikte yapılmalıdır.
Artık monomer	Frezelenmiş kaidelerin uzun süre ısıyla polimerize kaidelere göre her zaman daha az monomer saldıgı gösterilmemiştir.	Biyouyumluluk iddiası yalnızca üretim tekniğine dayandırılmamalıdır.
Tamir ve astarlama	Bağlantı dayanımı kaide, ek materyal, yüzey işlemi ve yaşlandırmaya bağlıdır.	Tamir veya astarlama öncesinde ürüne özgü yüzey hazırlığı uygulanmalıdır.

Kaynak: AlRumaih et al., 2018; de Oliveira Limírio et al., 2022; Kalberer et al., 2019; P. A. Steinmassl et al., 2017; Srinivasan et al., 2021.

Genel Değerlendirme

Mevcut bulgular, frezelenmiş pPMMA'nın yüzey düzgünlüğü, uyum ve bazı mekanik özellikler bakımından çoğu geleneksel ve 3B basılmış materyale karşı avantaj sağlayabildiğini göstermektedir. Buna karşın “CAD/CAM” tek bir materyal sınıfı değildir. Farklı disklerin yoğunluğu, çapraz bağlanma düzeyi ve katkı maddeleri; farklı 3B baskı reçinelerinin kimyasal bileşimi, baskı yönü ve son polimerizasyonu; geleneksel PMMA'nın ise karıştırma, kalıplama ve polimerizasyon döngüsü sonuçları belirgin biçimde etkiler.

Çalışmaların büyük bölümü standartlaştırılmış örnekler üzerinde yürütülen in vitro araştırmalardır. Bu tasarımlar materyaller arasındaki kontrollü karşılaştırmalar için değerlidir; ancak tükürük, biyofilm, protez geometrisi, oklüzal kuvvetler, temizlik alışkanlıkları ve uzun süreli klinik kullanımın birlikte oluşturduğu koşulları bütünüyle yansıtmaz. Srinivasan et al. (2021), CAD/CAM tam protezlerin mekanik ve yüzey özellikleri açısından geleneksel protezlerden daha düşük performans göstermediği sonucuna ulaşmış; bununla birlikte uzun

dönemli klinik ve hasta bildirimli sonuçlara ilişkin kanıtın geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Sonuç

PMMA, işlenebilirliği, estetiği ve klinik deneyim birikimi nedeniyle protez kaidelerinde temel materyal olmayı sürdürmektedir. Frezelenmiş pPMMA, polimerizasyon büzülmesinin protez üretim aşamasından çıkarılması, yoğun yapısı ve çoğu çalışmada gösterilen yüzey ve mekanik özellikleriyle güçlü bir seçenektir. 3B baskı ise daha az malzeme atığı ve esnek üretim olanağı sunmakla birlikte sonuçları baskı ve son işlem parametrelerine daha duyarlıdır.

Klinik materyal seçimi yalnızca üretim yöntemine göre yapılmamalıdır. Ticari ürünün mekanik verileri, yüzey bitirme protokolü, biyofilm kontrolü, tamir ve astarlama gereksinimi, cihaz ve iş akışı olanakları ile hastaya özgü yük koşulları birlikte değerlendirilmelidir. Güncel kanıtlar frezelenmiş materyallerin birçok ölçütte avantajlı olduğunu desteklese de ürünler arası değişkenlik ve sınırlı uzun dönem klinik veri, tüm dijital materyaller için tek bir üstünlük yargısını engellemektedir.

Kaynakça

- Al-Dwairi, Z. N., Tahboub, K. Y., Baba, N. Z., & Goodacre, C. J. (2020). A comparison of the flexural and impact strengths and flexural modulus of CAD/CAM and conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*, 29(4), 341-349. doi:10.1111/jopr.12926
- Al-Dwairi, Z. N., Tahboub, K. Y., Baba, N. Z., Goodacre, C. J., & Özcan, M. (2019). A comparison of the surface properties of CAD/CAM and conventional polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*, 28(4), 452-457. doi:10.1111/jopr.13033
- Alifui-Segbaya, F., Bowman, J., White, A. R., George, R., & Fidan, I. (2019). Characterization of the double bond conversion of acrylic resins for 3D printing of dental prostheses. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 40(10), e7-e11.
- Alp, G., Johnston, W. M., & Yılmaz, B. (2019). Optical properties and surface roughness of prepolymerized poly(methyl methacrylate) denture base materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), 347-352. doi:10.1016/j.prosdent.2018.03.001
- Alp, G., Murat, S., & Yılmaz, B. (2019). Comparison of flexural strength of different CAD/CAM PMMA-based polymers. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), e491-e495. doi:10.1111/jopr.12755
- AlRumaih, H. S., AlHelal, A., Baba, N. Z., Goodacre, C. J., Al-Qahtani, A., & Kattadiyil, M. T. (2018). Effects of denture adhesive on the retention of milled and heat-activated maxillary denture bases: A clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(3), 361-366. doi:10.1016/j.prosdent.2017.10.013
- Arslan, M., Murat, S., Alp, G., & Zaimoğlu, A. (2018). Evaluation of flexural strength and surface properties of prepolymerized CAD/CAM PMMA-based polymers used for digital 3D complete dentures. *International Journal of Computerized Dentistry*, 21(1), 31-40.
- Baba, N. Z., Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., Müller, F., & Wagner, S. (2021). CAD/CAM complete denture systems and physical properties: A review of the literature. *Journal of Prosthodontics*, 30(S2), 113-124. doi:10.1111/jopr.13243
- Bidra, A. S., Taylor, T. D., & Agar, J. R. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: Systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6), 361-366. doi:10.1016/S0022-3913(13)60318-2
- Bollen, C. M. L., Lambrechts, P., & Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for

- bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dental Materials*, 13(4), 258-269.
- Chang, Y. H., Lee, C. Y., Hsu, M. S., Du, J. K., Chen, K. K., & Wu, J. H. (2021). Effect of toothbrush/dentifrice abrasion on weight variation, surface roughness, surface morphology and hardness of conventional and CAD/CAM denture base materials. *Dental Materials Journal*, 40(1), 220-227. doi:10.4012/dmj.2019-226
- Choi, J. E., Ng, T. E., Leong, C. K. Y., Kim, H., Li, P., & Waddell, J. N. (2018). Adhesive evaluation of three types of resilient denture liners bonded to heat-polymerized, autopolymerized, or CAD-CAM acrylic resin denture bases. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(5), 699-705. doi:10.1016/j.prosdent.2018.01.032
- Choi, J. J. E., Ramani, R. S., Ganjigatti, R., Uy, C. E., Plaksina, P., & Waddell, J. N. (2021). Adhesion of denture characterizing composites to heat-cured, CAD/CAM and 3D printed denture base resins. *Journal of Prosthodontics*, 30(1), 83-90. doi:10.1111/jopr.13291
- de Oliveira Limírio, J. P. J., Gomes, J. M. L., Alves Rezende, M. C. R., Lemos, C. A. A., Rosa, C. D. D. R. D., & Pellizzer, E. P. (2022). Mechanical properties of polymethyl methacrylate as a denture base: Conventional versus CAD-CAM resin - A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(6), 1221-1229. doi:10.1016/j.prosdent.2021.03.018
- Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., Baba, N. Z., & Kattadiyil, M. T. (2016). Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 116(2), 249-256. doi:10.1016/j.prosdent.2016.02.017
- Kalberer, N., Mehl, A., Schimmel, M., Müller, F., & Srinivasan, M. (2019). CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(4), 637-643. doi:10.1016/j.prosdent.2018.09.001
- Li, P., Krämer-Fernandez, P., Klink, A., Xu, Y., & Spintzyk, S. (2021). Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 114, 104227. doi:10.1016/j.jmbbm.2020.104227
- Murakami, N., Wakabayashi, N., Matsushima, R., Kishida, A., & Igarashi, Y. (2013). Effect of high-pressure polymerization on mechanical properties of PMMA denture base resin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 20, 98-104. doi:10.1016/j.jmbbm.2012.12.011

- Murat, S., Alp, G., Alatalı, C., & Uzun, M. (2019). In vitro evaluation of adhesion of *Candida albicans* on CAD/CAM PMMA-based polymers. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), e873-e879. doi:10.1111/jopr.12942
- Prpić, V., Schauperl, Z., Ćatić, A., Dulčić, N., & Čimić, S. (2020). Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *Journal of Prosthodontics*, 29(6), 524-528. doi:10.1111/jopr.13175
- Srinivasan, M., Cantin, Y., Mehl, A., Gjengedal, H., Müller, F., & Schimmel, M. (2017). CAD/CAM milled removable complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *Clinical Oral Investigations*, 21(6), 2007-2019. doi:10.1007/s00784-016-1989-7
- Srinivasan, M., Gjengedal, H., Cattani-Lorente, M., Moussa, M., Durual, S., Schimmel, M., & Müller, F. (2018). CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. *Dental Materials Journal*, 37(4), 526-533. doi:10.4012/dmj.2017-207
- Srinivasan, M., Kamnoedboon, P., McKenna, G., Angst, L., Schimmel, M., Özcan, M., & Müller, F. (2021). CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. *Journal of Dentistry*, 113, 103777. doi:10.1016/j.jdent.2021.103777
- Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018a). CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clinical Oral Investigations*, 22(8), 2829-2835. doi:10.1007/s00784-018-2369-2
- Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018b). Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(5), 406-413. doi:10.1111/joor.12621
- Steinmassl, O., Offermanns, V., Stöckl, W., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018). In vitro analysis of the fracture resistance of CAD/CAM denture base resins. *Materials*, 11(3), 401. doi:10.3390/ma11030401
- Steinmassl, P. A., Wiedemair, V., Huck, C., Klaunzer, F., Steinmassl, O., Grunert, I., & Dumfahrt, H. (2017). Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clinical Oral Investigations*, 21(5), 1697-1705. doi:10.1007/s00784-016-1961-6
- Yau, W. F., Cheng, Y. Y., Clark, R. K., & Chow, T. W. (2002). Pressure and temperature changes in heat-cured acrylic resin during processing. *Dental Materials*, 18(8), 622-629. doi:10.1016/S0109-5641(01)00092-6

- Alifui-Segbaya, F., Bowman, J., White, A. R., George, R., & Fidan, I. (2019). Characterization of the Double Bond Conversion of Acrylic Resins for 3D Printing of Dental Prostheses. *Compend Contin Educ Dent*, 40(10), e7-e11.
- Bidra, A. S., Taylor, T. D., & Agar, J. R. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent*, 109(6), 361-366. doi:10.1016/s0022-3913(13)60318-2
- Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., Baba, N. Z., & Kattadiyil, M. T. (2016). Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent*, 116(2), 249-256. doi:10.1016/j.prosdent.2016.02.017
- Kalberer, N., Mehl, A., Schimmel, M., Müller, F., & Srinivasan, M. (2019). CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent*, 121(4), 637-643. doi:10.1016/j.prosdent.2018.09.001
- Srinivasan, M., Cantin, Y., Mehl, A., Gjengedal, H., Müller, F., & Schimmel, M. (2017). CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness. *Clin Oral Investig*, 21(6), 2007-2019. doi:10.1007/s00784-016-1989-7
- Srinivasan, M., Gjengedal, H., Cattani-Lorente, M., Moussa, M., Durual, S., Schimmel, M., & Müller, F. (2018). CAD/CAM milled complete removable dental prostheses: An in vitro evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface roughness. *Dent Mater J*, 37(4), 526-533. doi:10.4012/dmj.2017-207
- Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018a). CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig*, 22(8), 2829-2835. doi:10.1007/s00784-018-2369-2
- Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018b). Influence of CAD/CAM fabrication on denture surface properties. *J Oral Rehabil*, 45(5), 406-413. doi:10.1111/joor.12621
- Steinmassl, P. A., Wiedemair, V., Huck, C., Klaunzer, F., Steinmassl, O., Grunert, I., & Dumfahrt, H. (2017). Do CAD/CAM dentures really release less monomer than conventional dentures? *Clin Oral Investig*, 21(5), 1697-1705. doi:10.1007/s00784-016-1961-6

BÖLÜM 6

**Diş Hekimliği Eğitiminde Dijital Dönüşüm:
Güncel Teknolojiler, Öğrenci Farkındalığı ve
Eğitsel Entegrasyon**

Fatmanur Çolak¹

¹ Araş. Gör., Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Bölümü,
ORCID: 0009-0002-1158-7727

1. Giriş

Dijital teknolojiler, diş hekimliğinde tanı ve tedavi planlamasından klinik verinin elde edilmesine, restorasyonların tasarımından üretimine kadar pek çok basamağın yeniden şekillenmesine yol açmıştır. Günümüzde bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM), intraoral tarayıcılar, üç boyutlu (3B) görüntüleme ve baskı sistemleri, dijital radyografi, sanal tedavi planlaması ve simülasyon uygulamaları dijital iş akışının temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Son yıllarda yapay zekâ tabanlı uygulamalar da bu yapıya eklenmiştir (Ohyama et al., 2025).

Söz konusu değişim yalnızca klinik uygulamaları değil, diş hekimliği eğitiminin yöntemlerini de etkilemektedir. Dijital mikroskoplar, sanal patoloji preparatları, dijital radyografiler ve beceri eğitim sistemleri öğrencilerin bilgiye ulaşma ve uygulama yapma biçimlerine yeni seçenekler sunmaktadır (Gonulol & Kalyoncuoğlu, 2021). Bu nedenle dijital yeterlilik, yalnızca belirli bir cihazı kullanabilmekten daha geniş bir kavramdır; elde edilen veriyi yorumlama, uygun iş akışını seçme ve kullanılan teknolojinin sınırlarını değerlendirme becerilerini de içerir (Ohyama et al., 2025).

Dijital teknolojilerin eğitim programlarına entegrasyonu kurumlar arasında homojen değildir. Suudi Arabistan'daki ulusal araştırmada anket gönderilen 27 diş hekimliği fakültesinden 26'sı yanıt vermiş ve yanıt veren kurumların 17'sinin dijital diş hekimliği teknolojilerini müfredatına entegre ettiği bildirilmiştir. Entegrasyonun önündeki başlıca engeller müfredatta yer verilmemesi, uzmanlık eksikliği, eğitilmiş öğretim elemanı/personel yetersizliği ve maliyet olarak belirtilmiştir (Alfallaj et al., 2022).

Öğrencilerin bir teknolojiyi tanıması, o teknolojiyi klinikte etkin biçimde kullanabildiği anlamına gelmemektedir. Farklı ülkelerde diş hekimliği öğrencileriyle yürütülen araştırmalar, dijital diş hekimliğine yönelik tutumların çoğunlukla olumlu olduğunu; buna karşılık öz-bildirime dayalı bilgi ve farkındalık ölçümlerinin uygulamalı deneyim ya da objektif klinik yeterlilikle eş tutulamayacağını göstermektedir (Hall et al., 2024; Umer et al., 2024). Benzer biçimde, diş hekimliği eğitime başlamadan önceki pre-dental öğrencilerde de dijital diş hekimliğine yönelik olumlu tutumlar bildirilmiştir (Sharab et al., 2022). Bu bölümde dijital dönüşüm; kullanılan temel teknolojilerden başlayarak öğrenci farkındalığı, uygulamaya geçiş, bilgi kaynakları, müfredat entegrasyonu ve gelecekte gereken dijital yeterlilikler çerçevesinde ele alınmıştır.

2. Dijital Diş Hekimliğinde Kullanılan Temel Teknolojiler

Dijital diş hekimliğini yalnızca farklı cihaz ve yazılımların bir araya gelmesi olarak değerlendirmek yeterli değildir. Klinik verinin elde edilmesi, işlenmesi, yorumlanması, tasarıma aktarılması ve gerektiğinde fiziksel bir ürüne dönüştürülmesi birbirini izleyen basamaklardır. Eğitimde de tek tek teknolojilerin

tanıtılmasından çok, bu basamakların birbiriyle nasıl ilişkilendiğinin anlaşılması önemlidir (Ohyama et al., 2025).

2.1. CAD/CAM Sistemleri

CAD/CAM sistemleri dijital restoratif ve protetik iş akışının temel bileşenlerindendir. CAD aşamasında restorasyon veya dental yapı bilgisayar ortamında tasarlanırken, CAM aşamasında dijital tasarım üretim sürecine aktarılmaktadır. Eğitim açısından CAD/CAM, dijital veri edinimi, tasarım kararları ve üretim basamakları arasındaki ilişkinin bütüncül olarak öğrenilmesine olanak sağlamaktadır (Ohyama et al., 2025).

İkinci sınıfta öğrenim gören 141 diş hekimliği öğrencisinin değerlendirildiği çalışmada, öğrencilerin %91,5'i dijital tasarıma ilişkin teorik bilgisini yeterli bulmuştur. Aynı çalışmada dijital tasarım uygulamasındaki pratik sınav başarısının konvansiyonel tasarıma göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ciocan et al., 2025). Bu sonuç, dijital tasarım eğitiminin yalnızca kuramsal içerikle sınırlandırılmaması gerektiğini düşündürmektedir.

2.2. İntraoral Tarama ve Dijital Veri Edinimi

İntraoral tarayıcılar ağız içi yapıların dijital olarak kaydedilmesini ve elde edilen verinin analiz, tasarım ve üretim süreçlerine aktarılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle intraoral tarama dijital iş akışının temel veri edinim basamaklarından biridir. Öğrencilerin yalnızca cihaz kullanımını değil, tarama stratejisini, veri kalitesini ve elde edilen verinin sonraki aşamalarla ilişkisini de kavraması gerekmektedir (Ohyama et al., 2025).

Türkiye’de üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıflardan 278 diş hekimliği öğrencisinin değerlendirildiği ortodonti odaklı bir çalışmada, 3B baskıyla şeffaf plak üretimine ilişkin farkındalık %91,7, intraoral tarayıcıların dijital ölçü amacıyla kullanımına ilişkin farkındalık ise %87,1 olarak bildirilmiştir. Farkındalık düzeylerinin bazı dijital uygulamalarda akademik yıla göre anlamlı biçimde değişebildiği gösterilmiştir (Bilici Geçer & Elburus, 2025).

2.3. Üç Boyutlu Görüntüleme ve Baskı

3B dijital teknolojiler; görüntüleme, sanal modelleme ve additif üretim aşamalarını kapsayan geniş bir uygulama alanına sahiptir. 3B baskı, dijital tasarım verisinin katmanlı üretim yoluyla fiziksel modele veya dental ürüne dönüştürülmesini sağlamaktadır. Eğitimde bu teknolojilerin yalnızca cihaz düzeyinde değil, veri hazırlama, tasarım ve üretim zinciri içinde öğretilmesi dijital iş akışının anlaşılmasını desteklemektedir (Ohyama et al., 2025).

Türkiye’de 309 öğrenciyle yürütülen bir çalışmada 3B yazıcılar %71,8 ile en fazla bilinen dijital teknolojiler arasında yer alırken CAD/CAM için bu oran %66,7 olarak bildirilmiştir (Ünsal & Dobaç, 2026). Bununla birlikte bu değerler

öğrencilerin teknolojiyi tanıma düzeyini göstermekte; uygulamadaki yeterlilik hakkında doğrudan bilgi vermemektedir.

2.4. Dijital Görüntüleme, Simülasyon ve Sanal Öğrenme

Dijital radyografi ve 3B görüntüleme sistemleri klinik tanı ve planlamanın yanı sıra eğitim materyallerinin standardizasyonunda da kullanılabilir. Sanal patoloji preparatları, dijital mikroskoplar, dijital radyografiler ve beceri eğitim sistemleri öğrencilerin kontrollü bir ortamda tekrarlı öğrenme deneyimi yaşamasına olanak sağlayabilmektedir (Gonulol & Kalyoncuoğlu, 2021).

Çin’de dijital teknoloji ve simülasyon eğitimi alan öğrencilerle yürütülen çalışmada katılımcılar dijital simülasyona genel olarak olumlu yaklaşmış; özellikle öz-yönelimli ve öğrencinin kendi hızında ilerleyebildiği öğrenme biçiminin yararını vurgulamıştır (Ren et al., 2017). Bununla birlikte simülasyonun konvansiyonel eğitimin doğrudan yerine geçen bir yöntemden çok, belirlenmiş öğrenme hedeflerini destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak ele alınması daha uygundur (Ohyama et al., 2025; Ren et al., 2017).

2.5. Artırılmış ve Sanal Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR), klinik senaryoların görselleştirilmesi, simülasyon ve etkileşimli öğrenme açısından gelişen teknolojiler arasındadır. Türkiye’de 320 klinik dönem öğrencisinin değerlendirildiği bir çalışmada katılımcıların %20,9’unun diş hekimliğinde AR/VR kullanımına ilişkin önceden farkındalığı bulunduğu, doğrudan kullanım deneyiminin ise %1’in altında kaldığı bildirilmiştir (Ünal et al., 2026).

Aynı çalışmada öğrencilerin %83,8’i AR/VR konusunda eğitim almak, %74,4’ü ise bu teknolojileri içeren araştırmalara katılmak istediğini belirtmiştir. Düşük mevcut deneyime karşın yüksek eğitim talebi, bu teknolojilerin eğitimsel kazanım ve uygulanabilirlik dikkate alınarak kademeli biçimde entegre edilmesini desteklemektedir (Ünal et al., 2026).

2.6. Yapay Zekâ ve Veri Odaklı Teknolojiler

Yapay zekâ, dijital diş hekimliğinin son yıllarda en hızlı gelişen başlıklarından biri hâline gelmiştir. Bu bölümde benimsenen eğitimsel yaklaşıma göre temel hedef, öğrenciye yalnızca bu araçlara erişim sağlamak değil; üretilen çıktıyı eleştirel biçimde değerlendirebilme, hatalı veya sınırlı sonuçları fark edebilme ve klinik karar sorumluluğunun hekimde olduğunu gözetebilme becerilerini de geliştirmektir.

Yirmi üniversiteden 165 lisans öğrencisinin katıldığı çok merkezli bir çalışmada katılımcıların %80,6’sı diş hekimliğinde yapay zekâ kullanımını heyecan verici bulmuş ve aynı oranda katılımcı yapay zekâ uygulamalarının lisans eğitiminin bir parçası olması gerektiğini belirtmiştir. Öğrencilerin %66,6’sı yapay zekânın oluşturabileceği fırsat ve tehditlerin farkında olduğunu, %75’i ise

yapay zekâ hakkındaki bilgisini sosyal medyadan edindiğini bildirmiştir. Buna karşın araştırmacılar öğrencilerin uygulamalara ilişkin bilgilerinin sınırlı olduğunu vurgulamıştır (Aldowah et al., 2024).

3. Diş Hekimliği Öğrencilerinde Dijital Bilgi ve Farkındalık

Öğrencilerin hangi dijital teknolojileri tanıdığını, hangilerini kullandığını ve hangi alanlarda ek eğitime ihtiyaç duyduğunu bilmek, eğitim programının planlanmasında yol göstericidir. Ancak anketlerde “bilgi” veya “farkındalık” olarak ölçülen değişkenlerin çoğu öğrencinin kendi değerlendirmesine dayanmaktadır. Bu nedenle bu sonuçların doğrudan klinik yeterlilik göstergesi olarak yorumlanması uygun değildir.

Literatürdeki öğrenci araştırmaları, dijital teknolojiye ilişkin bilgi ve farkındalığın kullanılan teknolojiye, eğitim yılına ve kurumun sunduğu olanaklara göre değişebildiğini göstermektedir. Farklı ülkelerde yürütülen seçilmiş çalışmaların örneklem özellikleri ve öne çıkan bulguları Tablo 1’de bir araya getirilmiştir (Aldowah et al., 2024; Bilici Geçer & Elburus, 2025; Gavgalı & Kavaz, 2025; Hall et al., 2024; Ren et al., 2017; Umer et al., 2024; Ünal et al., 2026; Ünsal & Dobaç, 2026).

Tablo 1. Diş hekimliği öğrencilerinde dijital teknoloji bilgi, farkındalık ve tutumlarını değerlendiren seçilmiş çalışmalar

Çalışma	Ülke	Örneklem	Odak	Temel bulgu
Ren ve ark., 2017	Çin	389 öğrenci	Dijital simülasyon	Öğrenciler dijital simülasyona genel olarak olumlu yaklaşmış; öz-yönelimli ve kendi hızında öğrenme öne çıkmıştır.
Hall ve ark., 2024	Mısır	390 öğrenci	Dijital diş hekimliği bilgisi ve algısı	Katılımcıların %73,6’sı kurumlarında CAD/CAM eğitimi aldığını bildirmiştir.
Umer ve ark., 2024	Suudi Arabistan	120 öğrenci	Dijital diş hekimliği bilgisi ve uygulamaları	Klinik dönem öğrencilerinde önceki dijital diş hekimliği bilgisi ve CAD/CAM bilgisi daha yüksek bulunmuş; öğrencilerin %82,5’i dijital diş hekimliğini gelecek için gerekli görmüştür.

Çalışma	Ülke	Örneklem	Odak	Temel bulgu
Aldowah ve ark., 2024	Suudi Arabistan	165 öğrenci / 20 üniversite	Yapay zekâ bilgi ve algısı	Katılımcıların %80,6'sı yapay zekâ kullanımını heyecan verici bulmuş ve aynı oranda lisans eğitiminde yer alması gerektiğini belirtmiştir; %75'i bilgi kaynağı olarak sosyal medyayı bildirmiştir.
Bilici Geçer ve Elburus, 2025	Türkiye	278 öğrenci	Dijital ortodonti	3B baskıyla şeffaf plak üretimine ilişkin farkındalık %91,7, intraoral tarayıcı farkındalığı %87,1 olarak bildirilmiştir.
Gavgali ve Kavaz, 2025	Türkiye	378 katılımcı	Dijitalleşme ve eğitim algısı	Katılımcıların önemli bir bölümü dijitalleşmenin eğitime yeterince entegre edilmediğini bildirmiş; intraoral tarayıcı ve dijital model konusunda yeterli bilgi bildirenlerin oranı %15,3 olmuştur.
Ünsal ve Dobaç, 2026	Türkiye	309 öğrenci	3B teknoloji ve bilgi kaynakları	3B yazıcı bilgisi %71,8, CAD/CAM bilgisi %66,7 olarak bildirilmiştir.
Ünal ve ark., 2026	Türkiye	320 öğrenci	AR/VR farkındalığı	Önceden farkındalık %20,9 iken doğrudan kullanım deneyimi %1'in altında kalmıştır.

Kaynak: Ren ve ark., 2017; Hall ve ark., 2024; Umer ve ark., 2024; Aldowah ve ark., 2024; Bilici Geçer ve Elburus, 2025; Gavgali ve Kavaz, 2025; Ünsal ve Dobaç, 2026; Ünal ve ark., 2026.

Tablodaki oranlar doğrudan birbirleriyle karşılaştırılmamalıdır; çalışmaların örneklemeleri, soru kurguları, teknoloji kapsamı ve eğitim ortamları farklıdır. Örneğin CAD/CAM bilgisine ilişkin oranların çalışmalar arasında değişmesi, tek başına öğrenci yeterliliğindeki bir farkı göstermemektedir (Hall et al., 2024; Ünsal & Dobaç, 2026).

4. Teorik Bilgiden Klinik Uygulamaya Geçiş: Farkındalık-Uygulama Boşluğu

Dijital diş hekimliği eğitiminde üzerinde durulması gereken noktalardan biri, bir teknolojiyi bilmek ile onu klinik ortamda güvenli biçimde kullanabilmek arasındaki farktır. Farkındalık, öz-bildirilen bilgi, uygulama deneyimi ve objektif beceri bu nedenle aynı kavramın farklı ifadeleri olarak değil, ayrı öğrenme çıktıları olarak değerlendirilmelidir.

AR/VR çalışmasında öğrencilerin büyük çoğunluğu eğitim almaya istekli olmasına rağmen doğrudan kullanım deneyiminin çok düşük olması, farkındalık ve ilgi ile uygulamalı deneyimin aynı düzeyde ilerlemediğini göstermektedir (Ünal et al., 2026). Benzer biçimde, yapay zekâ konusunda öğrencilerin olumlu yaklaşımına rağmen bilgi düzeylerinin sınırlı bulunması, yeni dijital alanlarda yapılandırılmış eğitime duyulan gereksinimi göstermektedir (Aldowah et al., 2024).

Dijital tasarım alanında ise teorik eğitimin uygulamayla desteklendiği durumlarda öğrencilerin performansının güçlenebildiği bildirilmiştir (Ciocan et al., 2025). Farklı teknoloji alanlarından elde edilen bu bulgular birlikte ele alındığında, öğrencinin teknolojiyi tanımasının başlangıç basamağı olduğu; kalıcı bir eğitim kazanımı için uygulama, simülasyon, geri bildirim ve klinik bağlamın gerekli olduğu görülmektedir (Ciocan et al., 2025; Ohya et al., 2025).

5. Öğrencilerin Dijital Diş Hekimliği Bilgi Kaynakları

Dijitalleşmeyle birlikte öğrencilerin bilgiye ulaştığı kaynaklar da çeşitlenmiştir. Türkiye’de 309 öğrenciyle gerçekleştirilen çalışmada ders notları %84,8 ile en sık bildirilen kaynak olurken, YouTube %55,3 ve diğer internet kaynakları %54,4 oranında belirtilmiştir (Ünsal & Dobaç, 2026). Yapay zekâ konusunda yürütülen çok merkezli araştırmada ise öğrencilerin %75’i bilgi kaynağı olarak sosyal medyayı bildirmiştir (Aldowah et al., 2024). Bu tablo, öğrencinin yalnızca fakülte içinde verilen içerikle değil, çevrim içi ortamda karşılaştığı bilgilerle de dijital diş hekimliği algısını şekillendirdiğini göstermektedir.

Çevrim içi kaynakların güncel gelişmelere hızlı erişim sağlaması önemli bir avantajdır; ancak bu içeriklerin bilimsel niteliği ve doğruluğu aynı düzeyde değildir. Dolayısıyla dijital diş hekimliği eğitiminin bir diğer boyutu, öğrencinin kaynağın güvenilirliğini sorgulayabilmesi ve bilimsel kanıt ile doğrulanmamış içeriği ayırt edebilmesidir (Ohya et al., 2025).

6. Dijital Diş Hekimliğinin Müfredata Entegrasyonu

Dijital teknolojilerin müfredata eklenmesi, yalnızca yeni bir cihaz veya yazılımın fakülteye kazandırılmasıyla tamamlanabilecek bir süreç değildir. Ders içeriği ve öğrenme hedeflerinin yanı sıra öğretim elemanlarının eğitimi, teknik altyapı, uygulamaya ayrılacak süre, değerlendirme yöntemleri ve finansal sürdürülebilirlik birlikte düşünülmelidir (Ohyama et al., 2025).

Suudi Arabistan'daki ulusal araştırmada anket gönderilen 27 diş hekimliği fakültesinden 26'sı yanıt vermiş ve bunların 17'sinin dijital diş hekimliği teknolojilerini müfredatına entegre ettiği bildirilmiştir. Müfredatta yer verilmemesi (%78), uzmanlık eksikliği (%66), eğitilmiş öğretim elemanı/personel yetersizliği (%44) ve maliyet (%33) entegrasyonun önündeki başlıca engeller olarak belirtilmiştir (Alfallaj et al., 2022). Bu bulgular, dijital dönüşümün yalnızca öğrenci düzeyinde değil, kurumsal kapasite açısından da ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Dijital eğitimin hangi sınıfta ve hangi yoğunlukta verileceği de ayrı bir planlama konusudur. Ortodonti öğrencilerinde bazı dijital uygulamalara ilişkin farkındalığın sınıflar arasında doğrusal bir artış göstermemesi, erken dönemde verilen teorik bilginin ilerleyen yıllarda klinik deneyimle yeniden desteklenmesinin yararlı olabileceğini düşündürmektedir (Bilici Geçer & Elburus, 2025).

7. Dijital Eğitimin Avantajları ve Karşılaşılan Engeller

Dijital eğitim; standartlaştırılmış materyal, tekrarlanabilir uygulama, güçlü görselleştirme ve öğrencinin kendi hızında ilerleyebilmesi gibi olanaklar sunmaktadır (Ren et al., 2017). Ancak teknolojinin varlığı tek başına eğitimsel yarar sağlamaz. Öğrenme çıktısına katkı, kullanılan aracın dersin amacı ve pedagojik yaklaşımıyla ne ölçüde örtüştüğüne bağlıdır (Ohyama et al., 2025).

Başlıca engeller arasında maliyet, teknik altyapı gereksinimi, donanım ve yazılımın hızlı güncellenmesi, öğretim elemanı eğitimi ve müfredat yoğunluğu bulunmaktadır (Alfallaj et al., 2022; Ohyama et al., 2025). AR/VR gibi daha yeni teknolojilerde düşük kullanım deneyimi ve kurumsal uygulama farklılıkları, teknolojinin eğitim programına eklenmesinde uygulanabilirliğin ayrıca değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Ünal et al., 2026).

8. Dijital Diş Hekimliğine Yönelik Öğrenci Tutumları ve Gelecek Beklentileri

Öğrencilerin dijital diş hekimliğine yönelik tutumlarının genel olarak olumlu olduğu görülmektedir. Dijital tasarım, ortodontik dijital uygulamalar, simülasyon ve AR/VR üzerine yapılan araştırmalarda öğrenciler bu teknolojilerin hem eğitimde hem de gelecekteki mesleki uygulamalarda daha fazla yer almasına olumlu yaklaşmıştır (Bilici Geçer & Elburus, 2025; Ciocan et al., 2025; Ren et

al., 2017; Ünal et al., 2026). Bununla birlikte olumlu tutumun tek başına yeterlilik anlamına gelmediği göz önünde bulundurulmalıdır.

Türkiye’de 378 diş hekimliği öğrencisi ve lisansüstü eğitim alan katılımcıyla yürütülen güncel bir çalışmada, katılımcıların önemli bir bölümü dijitalleşmenin lisans ve lisansüstü diş hekimliği eğitimine yeterince entegre edilmediğini bildirmiştir. Katılımcıların yalnızca %15,3’ü intraoral tarayıcılar ve dijital model elde edilmesi konusunda yeterli bilgiye sahip olduğunu düşünürken, gelecekteki mesleki uygulamalarda dijital teknolojilerin kullanımına yönelik görüşler genel olarak olumlu bulunmuştur (Gavgali & Kavaz, 2025). Bu sonuçlar, olumlu tutumun uygulamalı hazırlık veya objektif yeterlilikle eşdeğer olmadığını göstermektedir.

9. Geleceğin Diş Hekimliği Eğitimi: Bu Bölümde Önerilen Kademeli Dijital Yeterlilik Çerçevesi

Bu bölümde incelenen çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, dijital diş hekimliği eğitiminin dört aşamada ele alınabileceği düşünülmektedir: erken teorik maruziyet, prelinik dijital simülasyon, klinik dijital iş akışı ve sürekli dijital yeterlilik. Burada önerilen yapı, doğrulanmış bir eğitim modeli değildir; literatürde öne çıkan gereksinimleri eğitim süreci içinde sıralamaya yönelik bir çerçevedir.

Erken teorik maruziyet aşamasında öğrenciler dijital veri, temel iş akışları, cihazlar, yapay zekâ okuryazarlığı ve etik sorumluluklarla tanıştırılabilir. Prelinik aşamada bu bilgi simülasyon, CAD/CAM tasarımı ve kontrollü dijital uygulamalarla pekiştirilebilir. Klinik dönemde öğrencilerin uygun vakalarda dijital iş akışına katılması, veriyi yorumlaması ve yöntemin sınırlılıklarını tartışması hedeflenebilir. Bu yaklaşım, dijital teknolojilerin içerik, pedagoji, öğretim elemanı gelişimi ve altyapı ile birlikte planlanması gerektiğini vurgulayan güncel eğitim literatürüyle uyumludur (Ohyama et al., 2025).

Son aşamada amaç, belirli bir yazılımın kullanımını ezberletmekten çok, yeni teknolojileri bilimsel kanıt, etik, güvenlik, uygulanabilirlik ve klinik yarar açısından değerlendirebilen bir mesleki yaklaşım geliştirmektir. Dijital araçların hızla değiştiği düşünüldüğünde bu yeterliliğin mezuniyetle tamamlanması beklenemez; mezuniyet sonrası sürekli mesleki gelişimle sürdürülmesi gerekir (Ohyama et al., 2025).

10. Sınırlılıklar

Bu bölüm narratif bir derleme olarak hazırlanmıştır ve sistematik derleme niteliği taşımamaktadır. Bu nedenle dijital diş hekimliği eğitimiyle ilgili tüm yayınları kapsama iddiası bulunmamaktadır. Ayrıca öğrenci farkındalığı ve tutumunu inceleyen çalışmaların önemli bir kısmı kesitsel ve öz-bildirime dayalıdır. Örneklem özellikleri, eğitim programları, teknolojiye erişim ve kullanılan sorular çalışmalar arasında farklılık gösterdiğinden, bildirilen

oranların doğrudan karşılaştırılması yanıltıcı olabilir. Bulgular bu sınırlılıklar dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

11. Sonuç

Dijital dönüşüm, diş hekimliği eğitiminin içeriğini ve öğrenciden beklenen becerileri giderek daha fazla etkilemektedir. CAD/CAM, intraoral tarama, 3B görüntüleme ve baskı, dijital simülasyon, AR/VR ve yapay zekâ aynı hızda gelişmeye de eğitim ortamında giderek daha görünür hâle gelmektedir (Aldowah et al., 2024; Ohyama et al., 2025; Ünal et al., 2026).

Çalışmalar, öğrencilerin dijital teknolojilere çoğunlukla olumlu yaklaştığını göstermektedir. Buna karşılık bir teknolojinin farkında olmak, onu kullanmış olmak ve klinik olarak yeterli olmak birbirinden farklı düzeylerdir (Hall et al., 2024; Umer et al., 2024; Ünal et al., 2026). Bu ayrım, dijital eğitimin teknoloji tanıtımıyla sınırlı kalmaması; uygulama, simülasyon, geri bildirim ve klinik karar verme süreçleriyle desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu nedenle diş hekimliği eğitimindeki hedef, yalnızca güncel dijital araçları tanıyan mezunlar yetiştirmek olmamalıdır. Öğrencilerin dijital veriyi eleştirel değerlendirebilmesi, klinik gereksinime uygun teknolojiyi seçebilmesi, yöntemin sınırlarını fark edebilmesi ve ileride karşılaşacağı yeni teknolojilere kanıta dayalı biçimde uyum sağlayabilmesi daha kalıcı bir dijital yeterlilik yaklaşımı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aldowah, O., Almakrami, A., Alghuwaynim, Y., Alhutaylah, M., Almansour, A., Alswedan, A., Alshahrani, F., Alqarni, S., & Alkasi, Y. (2024). Perceptions and knowledge of undergraduate dental students about artificial intelligence in dental schools: A Cross-sectional study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 25(2), 148-155.
- Alfallaj, H. A., Afrashtehfar, K. I., Asiri, A. K., Almasoud, F. S., Alnaqa, G. H., & Al-Angari, N. S. (2022). The status of digital dental technology implementation in the Saudi dental schools' curriculum: a national cross-sectional survey for healthcare digitization. *International journal of environmental research and public health*, 20(1), 321.
- Bilici Geçer, R., & Elburus, B. (2025). Awareness and attitudes toward digital technologies in orthodontics among dental students in Turkey: a cross-sectional study. *BMC Medical Education*, 25(1), 1380.
- Ciocan, L. T., Pantea, M., Vasilescu, V. G., Tâncu, A. M. C., Sfeatcu, R., Didilescu, A. C., Ripszky, A., Popa, A., Pițuru, S. M., & Imre, M. (2025). Evaluation of undergraduate dental students' opinions on the use of digital versus conventional design in prosthodontics. *Dentistry Journal*, 13(6), 242.
- Gavgalı, Y. B., & Kavaz, T. (2025). Future of dental education: digitalization, career outlook, and perspectives of dental students and early-career dentists. *BMC Medical Education*, 26(1), 40.
- Gonulol, N., & Kalyoncuoğlu, E. (2021). Education and learning in digital dentistry. *Deneyisel ve Klinik Tıp Dergisi*, 38(3s), 163-167.
- Hall, M. A., Mahmoud, A. Z., Mohamed, O. S., & Karawia, I. (2024). Knowledge, awareness, and perception of dental students regarding digital dentistry in Egypt: A cross-sectional study. *Cureus*, 16(10).
- Ohyama, H., Duong, M.-L., Yancoskie, A. E., Smiley, A. B., Syed, A. Z., Reddy, M. S., Bencharit, S., & Smiley, A. Z. (2025). Challenges and opportunities in implementing digital technology in dental curriculum: a review and perspective. *Cureus*, 17(4).
- Ren, Q., Wang, Y., Zheng, Q., Ye, L., Zhou, X., & Zhang, L. (2017). Survey of student attitudes towards digital simulation technologies at a dental school in China. *European Journal of Dental Education*, 21(3), 180-186.
- Sharab, L., Adel, M., Abualsoud, R., Hall, B., Albaree, S., de Leeuw, R., & Kutkut, A. (2022). Perception, awareness, and attitude toward digital dentistry among pre-dental students: An observational survey. *Bulletin of the National Research Centre*, 46(1), 246.
- Umer, M. F., Faheemuddin, M., Alshehri, Y. A., Alqosaibi, A. A., Alojail, A. A., Althani, A. A., Alnaim, M. A., & Alharbi, S. A. (2024). Assessment of digital

dentistry knowledge and practices among dental students at King Faisal university, Saudi Arabia. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 30, e944692-944691.

- Ünal, S. Y., Öner Talmaç, A. G., Keser, G., & Namdar Pekiner, F. (2026). Awareness and perceptions of AR/VR in dentistry: a cross-sectional study among Turkish dental students. *BMC Medical Education*, 26(1), 533.
- Ünsal, G., & Dobaç, M. B. (2026). Measuring the Knowledge Level of Dental Students About Digital Dentistry and Evaluating the Access to Educational Resources: A Survey Study. *LOKMAN HEKIM HEALTH SCIENCES*, 6.

BÖLÜM 7

**Protetik Diş Tedavisinde UV
Fotofonksiyonelleştirme: Güncel Restoratif
Materyallerde Yüzey Aktivasyonu ve Adeziv
Simantasyon**

Habibe Öztürk Ulusoy¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5985-9421

1. Giriş

Protetik restorasyonların klinik başarısı; materyalin mekanik ve estetik özelliklerinin yanı sıra diş veya implant dayanakla oluşturduğu ara yüzün uzun dönem stabilitesine de bağlıdır. Bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) ile eklemeli üretim tekniklerinin yaygınlaşması, seramiklerden metal ve yüksek performanslı polimerlere kadar çok farklı yüzey kimyasına sahip materyallerin rutin klinik kullanıma girmesini sağlamıştır. Bu gelişme, tek tip bir simantasyon yaklaşımından materyale özgü yüzey hazırlama protokollerine geçişi hızlandırmıştır (Alsaeed, 2022; Marchesi et al., 2021).

İndirekt restorasyonlarda rezin simanın yüzeye yayılması, mikroretantif alanlara penetre olması ve uygun fonksiyonel monomerler aracılığıyla kimyasal etkileşim kurması gerekir. Bu nedenle bağlanma başarısı yalnızca simanın özellikleriyle açıklanamaz; yüzey enerjisi, pürüzlülük, kimyasal bileşim, kontaminasyon, primer seçimi ve polimerizasyon koşulları birlikte belirleyicidir (Blatz et al., 2022; Calheiros-Lobo et al., 2024). Zirkonyada silika fazının bulunmaması, PEEK'in düşük yüzey enerjisi ve titanyum yüzeyinde zamanla gelişen organik kontaminasyon gibi farklı sorunlar, aynı yüzey işleminin bütün materyallerde benzer sonuç vermemesinin temel nedenleridir (Luo et al., 2023; Roy et al., 2021).

Yüzey hazırlığında hava ile partikül aşındırma, asitleme, silan ve fonksiyonel monomer içeren primerler uzun süredir kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu yöntemlerin her biri farklı bir mekanizmaya dayanır ve materyalin yüzey bütünlüğü ile kimyasal yapısı üzerinde farklı etkiler oluşturur. Son yıllarda ilgi gören UV fotofonksiyonelleştirme ise yüzeyi mekanik olarak aşındırmadan yüzey kimyasını değiştirmeyi amaçlayan bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Başlangıçta özellikle titanyum implant yüzeylerinin biyolojik aktivasyonu bağlamında incelenen yöntem, daha sonra indirekt restoratif materyallerin adeziv simantasyonunda da araştırılmıştır (Aita et al., 2009; Ishikawa et al., 2021).

Bu bölümün amacı, UV fotofonksiyonelleştirmenin protetik materyallerdeki olası rolünü mevcut yüzey bilimi ve adeziv simantasyon bilgileri içinde değerlendirmektir. Bu çerçevede yüzey enerjisi ve kimyasal bağlanmanın temel ilkeleri, UV'nin fotokimyasal etkileri, materyale özgü bulgular ve klinik uygulamaya aktarımı sınırlayan noktalar birlikte ele alınmaktadır.

2. Protetik Adezyonda Yüzey Özellikleri ve Konvansiyonel Yaklaşımlar

Adeziv simantasyonda ilk gereklilik, rezin esaslı materyalin katı yüzeyi yeterli biçimde ıslatabilmesidir. Düşük temas açısı genellikle daha iyi ıslanabilirliği ve daha yüksek yüzey enerjisini gösterir; ancak bu fiziksel özellik tek başına yüksek bağ dayanımını garanti etmez. Islanabilirlik, adezivin yüzey düzensizliklerine penetrasyonunu ve kesintisiz bir film oluşturmasını kolaylaştırırken, kalıcı

bağlanma için yüzey kimyası ile fonksiyonel monomerler arasında uygun etkileşimin de bulunması gerekir (Ishikawa et al., 2021; Kido et al., 2023).

Restoratif materyaller üretim, laboratuvar işlemleri, depolama ve klinik manipülasyon sırasında organik ve inorganik kirleticilerle temas eder. Özellikle atmosferik hidrokarbonlar, yüksek enerjili bölgeleri örterek yüzey polaritesini azaltabilir. Titanyum yüzeylerinde depolamaya bağlı bu değişim ayrıntılı biçimde tanımlanmış ve başlangıçta hidrofilik olabilen oksit yüzeyinin zamanla daha hidrofobik davranabildiği gösterilmiştir (Aita et al., 2009; Kido et al., 2023). Benzer biçimde, yüzey hazırlığı sonrasında kalan partiküller veya organik artıklar primerin yüzeye erişimini sınırlayabilir.

Konvansiyonel yüzey işlemlerinin temel amacı mikromekanik retansiyonu, kimyasal bağlanmayı veya her ikisini birden geliştirmektir. Alümina partikülleriyle hava aşındırma, yüzey alanını ve mikroretansiyonu artırdığı için titanyum ve zirkonyada sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte partikül boyutu, basınç, süre ve uygulama mesafesi sonuçları etkiler; aşırı agresif işlemler yüzey kusurlarına, artık strese veya materyale bağlı istenmeyen değişikliklere yol açabilir (Cokic et al., 2020; Noya-Torres et al., 2025). Bu nedenle pürüzlülük artışı tek başına daha üstün bir adeziv performansın göstergesi olarak kabul edilmemelidir.

Kimyasal bağlanma açısından silanlar ve fonksiyonel monomerler materyalin bileşimine göre seçilir. Silan ajanları silika içeren seramik ve kompozit yüzeylerde organik ve inorganik fazlar arasında bağlanmayı desteklerken, 10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) gibi fosfat monomerleri metal oksitler ve zirkonya açısından önemlidir (Blatz et al., 2022; Matinlinna et al., 2018). PEEK gibi yüksek performanslı polimerlerde ise MMA veya dimetakrilat temelli primerler ile farklı fiziksel ve kimyasal yüzey modifikasyonları araştırılmıştır (Soares Machado et al., 2022).

Modern adeziv yaklaşım bu nedenle yüzey pürüzlülüğü, yüzey enerjisi ve kimyasal reaktiviteyi birbirinden bağımsız parametreler olarak değil, aynı ara yüzün farklı bileşenleri olarak ele almaktadır. UV fotofonksiyonelleştirmenin potansiyel katkısı da esas olarak bu çerçevede; yüzeydeki organik yükü azaltması ve ıslanabilirliği değiştirmesi üzerinden değerlendirilmektedir.

Bağlanma ara yüzünün dayanıklılığı, restorasyonun yalnızca retansiyonunu değil, yük aktarımını ve yapısal bütünlüğünü de etkileyebilir. Adeziv simantasyonun bazı seramik restorasyonlarda mekanik davranışı destekleyebildiği sistematik derlemelerde bildirilmiştir (da Rosa et al., 2022). Buna karşılık yüzey pürüzlendirmesinin kontrolsüz biçimde artırılması her zaman avantaj sağlamaz; yüzey kusurları, mikroçatlaklar ve lokal gerilim birikimleri materyalin kırılma davranışını olumsuz yönde etkileyebilir (de Kok et al., 2017). Bu nedenle yüzey hazırlığının amacı mümkün olan en yüksek

pürüzlülüğü elde etmek değil, yeterli bağlanmayı materyalin yapısal güvenilirliğini koruyarak sağlamaktır.

Tablo 1. Güncel protetik materyallerde adezyon açısından temel yüzey özellikleri

Materyal	Başlıca yüzey özelliği	Yaygın yaklaşım	adeziv	UV ile ilişkili bulgu
Titanyum	Oksit yüzeyi ve organik kontaminasyona duyarlılık	Hava aşındırma + metal/MDP primer	+	Karbon azalması ve ıslanabilirlik artışı
Zirkonya	Silika fazı içermemesi	Kontrollü aşındırma + 10-MDP	hava	Temas açısında azalma ve yüzey aktivasyonu
PEEK	Düşük yüzey enerjisi ve kimyasal kararlılık	Mekanik/kimyasal modifikasyon uygun primer	+	Polar fonksiyonel gruplarda artış bildirilmiştir
3B baskı hibrit rezin	Üretim ve post-polimerizasyona bağlı heterojen yüzey	Üreticiye özgü pürüzlendirme silan/üniversal primer	+	Kanıtlar sınırlı; yüzey kimyası etkisi araştırılmaktadır

3. UV Fotofonksiyonelleştirmenin Fizikokimyasal Temeli

Ultraviyole fotofonksiyonelleştirme, ışık enerjisi aracılığıyla yüzeydeki adsorbe organik türlerin uzaklaştırılması ve yüzeyin fizikokimyasal özelliklerinin değiştirilmesi esasına dayanır. Dental literatürde UVA ve UVC kaynaklarının yanı sıra 200 nm'nin altındaki vakum ultraviyole (VUV) sistemleri de incelenmiştir. Dalga boyu kıaldıkça foton enerjisi artar; bu nedenle farklı UV sistemlerinin yüzeyde oluşturduğu etki, ışık kaynağının spektrumu, enerji yoğunluğu, uygulama süresi ve materyalin kimyasal yapısına göre değişebilir (Suzumura et al., 2023).

Titanyum üzerinde fotofonksiyonelleştirmenin en iyi tanımlanmış etkisi, yüzeydeki adventif karbonun azalması ve buna eşlik eden hidrofilik dönüşümdür. Fotoindüklenmiş süperhidrofiliklik, TiO_2 yüzeyinde hidroksil grupları ve su adsorpsiyonuyla ilişkilendirilmiştir (Takeuchi et al., 2005). Bu değişiklikler, yalnızca yüzeyin suyla temas davranışını değil, adeziv veya biyolojik moleküllerin yüzeye yaklaşmasını da etkileyebilir. Aita et al. (2009) UV ile aktive edilen titanyumun biyolojik yanıtını ortaya koyarken, daha sonraki çalışmalar yüzey kontaminasyonu ile ıslanabilirlik arasındaki ilişkiyi daha ayrıntılı biçimde göstermiştir (Kido et al., 2023).

Fotofonksiyonelleştirme mekanizması bütün materyallerde aynı değildir. Oksit esaslı yüzeylerde hidrokarbonların uzaklaştırılması ve hidroksilasyon öne çıkarken, polimerik yüzeylerde oksidatif süreçler sonucu daha polar fonksiyonel grupların oluşması söz konusu olabilir. Roy et al. (2021), PEEK, TiO_2 ve ZrO_2 yüzeylerinde UV sonrası karbon içeriği ve ıslanabilirlik değişimlerinin materyale

göre farklı seyrettiğini bildirmiştir. Bu durum, fotofonksiyonelleştirmenin tek bir evrensel kimyasal etki olarak değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Temas açısındaki azalma UV çalışmalarında en sık bildirilen çıktılarından biri olmakla birlikte, bağ dayanımıyla bire bir eşdeğer değildir. Bir yüzeyin daha iyi ıslanması, primer veya simanın yayılımını kolaylaştırabilir; ancak bağın dayanıklılığı için fonksiyonel monomer-yüzey etkileşimi, rezin infiltrasyonu, polimerizasyon ve ara yüzün hidrotermal stabilitesi de önemlidir. Bu nedenle yüzey karakterizasyonu ile mekanik bağlanma sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi daha anlamlıdır (Ishikawa et al., 2021; Uğur et al., 2023).

UV ile aktive edilen yüzeyler zaman içinde yeniden organik türler adsorbe edebilir. Yüzey yaşlanmasının hızı materyale, saklama koşullarına ve çevresel maruziyete bağlıdır. Bu özellik, fotofonksiyonelleştirme sonrası elde edilen fizikokimyasal değişikliklerin kalıcı bir materyal dönüşümünden çok, belirli süre korunabilen aktif bir yüzey durumu olarak değerlendirilmesini gerektirir (Roy et al., 2021).

UV kaynakları arasındaki farklılıklar, literatürdeki sonuçların değişkenliğinin önemli nedenlerinden biridir. UVA, UVB, UVC ve VUV bölgeleri farklı foton enerjilerine ve yüzey etkileşim mekanizmalarına sahiptir. Ayrıca lambanın materyale uzaklığı, ısılanan yüzey geometrisi, atmosfer koşulları ve cihazın gerçek spektral çıkışı toplam enerji aktarımını değiştirir. Bu nedenle yalnızca uygulama süresini bildirmek, farklı sistemlerin fotokimyasal etkisini karşılaştırmak için yeterli değildir; spektral özelliklerin ve mümkünse enerji dozunun raporlanması daha anlamlı bir karşılaştırma sağlar (Suzumura et al., 2023).

Fotofonksiyonelleştirmenin etkisi yüzeyin başlangıç durumuna da bağlıdır. Yeni işlenmiş, laboratuvar ortamında beklemiş veya farklı bir yüzey işlemi görmüş materyaller aynı miktarda organik kontaminasyon taşımaz. Dolayısıyla UV sonrası gözlenen temas açısı ya da karbon azalmasının büyüklüğü, yalnızca ıslanmanın etkinliğini değil, başlangıç yüzeyinin ne ölçüde kontamine olduğunu da yansıtabilir. Kido et al. (2023), titanyumda yüzey kontaminantlarının ıslanabilirlik ölçümlerini etkileyebildiğini göstermiştir; bu bulgu UV çalışmalarında başlangıç koşullarının standardizasyonunun önemini desteklemektedir.

UV'nin yüzey topografisini belirgin şekilde değiştirmemesi çoğu zaman avantaj olarak sunulsa da bu özellik, mekanik retansiyonun gerekli olduğu durumlarda tek başına yeterli olmayabileceğini de gösterir. Fotokimyasal aktivasyon ve mikromekanik hazırlık farklı hedeflere yöneliktir. Bu nedenle UV'nin klinik değeri, yüzeyde yeni retatif morfoloji oluşturmaktan çok, mevcut yüzeyin kimyasal durumunu ve adeziv materyalin yayılım koşullarını değiştirmesi üzerinden değerlendirilmelidir.

4. Güncel Restoratif Materyallerde UV Fotofonksiyonelleştirme

Titanyum: Titanyumun yüksek biyouyumluluğu, korozyon direnci ve mekanik özellikleri, implant abutmentleri ve Ti-base komponentleri başta olmak üzere çok sayıda protetik uygulamada kullanılmasını sağlamaktadır. Yüzeyde kendiliğinden oluşan titanyum oksit tabakası kimyasal bağlanma açısından uygun gruplar içerebilse de depolama ve laboratuvar işlemleri sırasında gelişen organik kontaminasyon bu yüzeyin enerjisini azaltabilir. Bu nedenle titanyumda hava aşındırma ile mikromekanik retansiyonun artırılması ve metal ya da MDP içeren primerlerle kimyasal bağlanmanın desteklenmesi yaygın bir yaklaşımdır (Fouquet et al., 2023; Salgıncı et al., 2022). UV uygulamasının titanyumda hidrokarbon içeriğini azaltması ve temas açısını düşürmesi, bu materyaldeki fotofonksiyonelleştirme literatürünün temelini oluşturur (Aita et al., 2009; Kido et al., 2023). Protetik açıdan daha doğrudan kanıtlar da mevcuttur; Shibata et al. (2026), UV ile aktive edilmiş titanyum abutmentlerde kuron retansiyonu ve ara yüz bağlanma enerjisinde artış bildirmiştir. Bununla birlikte bu bulguların, tüm titanyum alaşımlarına ve bütün siman-primer kombinasyonlarına doğrudan genellenmesi uygun değildir.

Zirkonya: Yüksek dayanımı, biyouyumluluğu ve estetik özellikleri nedeniyle monolitik kronlardan implant üstü restorasyonlara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Cam faz içermemesi nedeniyle hidroflorik asit ve silan temelli klasik cam-seramik protokollerine sınırlı yanıt verir; bu nedenle kontrollü hava aşındırma ve 10-MDP içeren adeziv sistemler güncel yaklaşımın temelini oluşturur (Blatz et al., 2022; Falahchai et al., 2024). UV uygulamasının zirkonya yüzeyinde temas açısını azaltabildiği ve yüzey özelliklerini değiştirebildiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Rutkun et al., 2022; Tuna et al., 2015). Ishikawa et al. (2021), zirkonya dahil farklı indirekt restoratif materyallerde UV fotofonksiyonelleştirmenin rezin esaslı yapıştırma ajanına bağlanmayı artırabildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte zirkonyada bağın kimyasal bileşeni fosfat monomerleriyle güçlü biçimde ilişkili olduğundan, UV etkisi adeziv sistemden bağımsız düşünülmemelidir.

PEEK: Polieter eter keton (PEEK), düşük yoğunluğu, biyouyumluluğu, metal içermemesi ve elastik modülünün kemiğe daha yakın olması gibi özellikleri nedeniyle protetik altyapılar ve implantla ilişkili komponentlerde araştırılan yüksek performanslı bir termoplastiktir (Tekin et al., 2018). En önemli adeziv güçlüğü, kimyasal kararlılığı ve düşük yüzey enerjisidir. Hava aşındırma, sülfürik asit, plazma, lazer ve farklı primer sistemleri PEEK-rezin bağını artırmak amacıyla değerlendirilmiş, ancak tek bir protokol üzerinde tam uzlaş sağlanmamıştır (Luo et al., 2023; Soares Machado et al., 2022). Roy et al. (2021), UV sonrasında PEEK yüzeyinde karbon kontaminasyonunun azalabildiğini ve daha polar fonksiyonel grupların oluşabildiğini bildirmiştir. Bu bulgu, UV'nin PEEK için yüzey kimyasını modifiye eden bir ön işlem olabileceğini

düşündürmekle birlikte, uzun dönem adeziv performans hakkında kanıtlar oksit esaslı materyallere göre daha sınırlıdır.

3B baskı hibrit rezinler: Eklemeli üretimle hazırlanan kalıcı veya uzun süreli restoratif materyallerin yüzeyi; reçine matriksi, inorganik dolgu içeriği, baskı yönü, yıkama ve post-polimerizasyon koşullarından etkilenir (Hassanpour et al., 2024). Bu değişkenlik, simantasyon öncesi yüzey durumunu geleneksel CAD/CAM bloklarından daha heterojen hâle getirebilir. Graf et al. (2022), 3B baskı kalıcı kompozit kronlarda yüzey ön işlemi ve yapay yaşlandırmanın retansiyon üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. UV fotofonksiyonelleştirme açısından ise doğrudan adeziv kanıtlar henüz sınırlıdır. Bu materyallerde UV'nin simantasyon öncesi yüzey aktivasyonu ile üretim sürecinin bir parçası olan post-polimerizasyon işlemi birbirinden ayrılmalıdır; iki uygulamanın amacı ve materyal üzerindeki etkisi farklıdır.

Materyaller arasındaki bu farklılıklar, fotofonksiyonelleştirmenin etkisini yalnızca “UV uygulanmış/uygulanmamış” karşılaştırması üzerinden yorumlamanın yetersiz olduğunu göstermektedir. Yüzeyin başlangıç kimyası, önceki laboratuvar işlemleri, kullanılan primer ve siman sistemi ile yaşlandırma koşulları birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle oksit seramikler ile polimerik materyallerde aynı fizikokimyasal çıktının farklı adeziv sonuçlara dönüşebilmesi beklenir.

UV fotofonksiyonelleştirmenin yalnızca titanyum ve zirkonyayla sınırlı olmadığı, farklı metal ve polimer yüzeylerde de araştırıldığı görülmektedir. Örneğin Decco et al. (2017), Co-Cr-Mo yüzeylerinde UV ile yüzey özelliklerinin değiştirilebildiğini göstermiştir. PEEK için ise enerji temelli alternatiflerden düşük basınçlı plazmanın bağlanma üzerindeki etkileri de incelenmiştir (Bötel et al., 2018). Bu çalışmalar, yüzey aktivasyonunun daha geniş bir materyal bilimi çerçevesinde ele alınabileceğini, ancak her yöntemin oluşturduğu reaktif türlerin ve yüzey değişikliklerinin aynı olmadığını ortaya koymaktadır.

Seramiklerde adeziv başarının değerlendirilmesi, materyalin optik ve mekanik özelliklerinden bağımsız değildir. Özellikle yüksek translüsensli zirkonyalarda yüzey işleminin yalnızca bağlanmayı değil, yüzey kusurlarını ve yaşlanma davranışını da etkileyebileceği unutulmamalıdır (Cokic et al., 2020). Polimerik materyallerde ise aşırı oksidasyon veya zincir hasarı olasılığı, enerji temelli yüzey işlemlerinin doz bağımlı etkilerini önemli hâle getirir. Bu nedenle materyale özgü güvenlik sınırlarının belirlenmesi, bağ dayanımındaki artış kadar önem taşımaktadır.

3B baskı restoratif materyallerde üreticiye özgü reçine bileşimi önemli bir belirsizlik kaynağıdır. Aynı klinik endikasyona sahip iki baskı materyali farklı monomer sistemleri, dolgu oranları ve post-polimerizasyon gereksinimleri içerebilir (Hassanpour et al., 2024). Bu nedenle bir ürün üzerinde etkili bulunan yüzey işleminin başka bir 3B baskı materyaline doğrudan aktarılması uygun

değildir. Graf et al. (2022) tarafından bildirilen retansiyon sonuçları da yüzey ön işlemleri ile yaşlandırmanın birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

5. Klinik Sınırlılıklar ve Gelecek Perspektif

UV fotofonksiyonelleştirme konusunda yayımlanan çalışmalar umut verici olmakla birlikte klinik uygulamaya doğrudan aktarımı sınırlayan önemli heterojenlikler bulunmaktadır. Kullanılan UV kaynağı, dalga boyu, enerji dozu, uygulama süresi, materyalin yüzey durumu ve bağlanma sistemi çalışmadan çalışmaya değişmektedir. Ayrıca çok sayıda çalışma in vitro koşullarda yürütülmüş ve temas açısı gibi kısa dönem yüzey parametrelerine odaklanmıştır. Bu nedenle farklı sistemler arasında doğrudan protokol eşdeğerliği kurulması güçtür.

Kanıt düzeyi materyale göre de değişmektedir. Titanyumda yüzey aktivasyonu ve biyolojik etkiler uzun süredir araştırılırken, zirkonyada hem yüzey karakterizasyonu hem de adeziv bağlantıya ilişkin veriler artmaktadır. PEEK ve özellikle 3B baskı hibrit rezinlerde ise yüzey kimyası açısından ilgi çekici sonuçlar bulunmasına rağmen klinik simantasyonla ilişkili kanıtlar daha sınırlıdır (Graf et al., 2022; Roy et al., 2021). Bu nedenle UV uygulamasının etkisi, materyalin üretici önerileri ve mevcut kanıta dayalı yüzey hazırlama protokolleri göz ardı edilerek yorumlanmamalıdır.

Gelecekteki literatürün daha karşılaştırılabilir olabilmesi için UV kaynağının spektral özelliklerinin, enerji dozunun, yüzeyin başlangıç durumunun ve kullanılan adeziv sistemin ayrıntılı olarak raporlanması önem taşır. Uzun süreli su depolaması, termal yaşlandırma ve klinik retansiyon gibi çıktılar, kısa dönem yüzey ölçümlerini tamamlamalıdır. Bunun yanında fotofonksiyonelleştirmenin materyalin optik, mekanik veya polimerik özellikleri üzerindeki olası etkilerinin de özellikle uzun ve tekrarlayan maruziyetlerde değerlendirilmesi gerekir.

Klinik bakış açısından temel hedef, yüzeye en az zarar veren ve tekrarlanabilir bağlanma sağlayan bir protokol oluşturmaktır. Mevcut kanıtlar UV'nin bu hedefe katkı sağlayabilecek bir yüzey aktivasyon aracı olduğunu düşündürse de kumlama, materyale uygun primer ve doğru rezin siman seçiminin yerine geçtiğini gösterecek düzeyde değildir. Bu nedenle fotofonksiyonelleştirme, mevcut adeziv prensipleri tamamlayan ve materyale özgü değerlendirilmesi gereken bir teknoloji olarak ele alınmalıdır.

6. Sonuç

Modern protetik restoratif materyallerin çeşitlenmesi, adeziv simantasyonda yüzey özelliklerinin daha ayrıntılı değerlendirilmesini gerekli hâle getirmiştir. Titanyum ve zirkonya gibi oksit esaslı materyaller ile PEEK ve 3B baskı hibrit rezinler, birbirinden farklı adezyon güçlükleri gösterir; bu nedenle yüzey hazırlama yaklaşımı da materyale özgü olmalıdır.

UV fotofonksiyonelleştirme, organik yüzey kontaminasyonunu azaltma, yüzey polaritesi ve ıslanabilirliği değiştirme potansiyeliyle konvansiyonel mekanik ve kimyasal işlemlerden farklı bir yüzey aktivasyon mekanizması sunmaktadır. En güçlü kanıtlar titanyum ve zirkonyada bulunurken, PEEK ve 3B baskı materyallerinde daha fazla adeziv ve uzun dönem çalışmaya ihtiyaç vardır. Mevcut veriler, UV'nin bağımsız ve evrensel bir simantasyon protokolü olarak değil; materyal kimyası, yüzey hazırlığı ve adeziv sistemle birlikte değerlendirilmesi gereken tamamlayıcı bir yaklaşım olduğunu desteklemektedir.

Kaynaklar

- Aita, H., Hori, N., Takeuchi, M., Suzuki, T., Yamada, M., Anpo, M., & Ogawa, T. (2009). The effect of ultraviolet functionalization of titanium on integration with bone. *Biomaterials*, 30(6), 1015–1025. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2008.11.004>
- Alsaeed, A. Y. (2022). Bonding CAD/CAM materials with current adhesive systems: An overview. *The Saudi Dental Journal*, 34(4), 259–269. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2022.03.005>
- Blatz, M. B., Conejo, J., Alammari, A., & Ayub, J. (2022). Current protocols for resin-bonded dental ceramics. *Dental Clinics of North America*, 66(4), 603–625. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.008>
- Bötel, F., Zimmermann, T., Sütel, M., Müller, W. D., & Schwitalla, A. D. (2018). Influence of different low-pressure plasma process parameters on shear bond strength between veneering composites and PEEK materials. *Dental Materials*, 34(9), e246–e254. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.06.004>
- Calheiros-Lobo, M. J., Carbas, R., da Silva, L. F. M., & Pinho, T. (2024). Impact of in vitro findings on clinical protocols for the adhesion of CAD-CAM blocks: A systematic integrative review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(6), 1051–1070. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.08.024>
- Cokic, S. M., Vleugels, J., Van Meerbeek, B., Camargo, B., Willems, E., Li, M., & Zhang, F. (2020). Mechanical properties, aging stability and translucency of speed-sintered zirconia for chairside restorations. *Dental Materials*, 36(7), 959–972. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.04.026>
- da Rosa, L. S., Dapieve, K. S., Dalla-Nora, F., Rippe, M. P., Valandro, L. F., Sarkis-Onofre, R., & Pereira, G. K. R. (2022). Does adhesive luting reinforce the mechanical properties of dental ceramics used as restorative materials? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 24(1), 209–222. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b2916469>
- Decco, O., Zuchuat, J., & Farkas, N. (2017). Improvement of Cr-Co-Mo membrane surface used as barrier for bone regeneration through UV photofunctionalization: An in vitro study. *Materials*, 10(7), 825. <https://doi.org/10.3390/ma10070825>
- de Kok, P., Pereira, G. K. R., Fraga, S., de Jager, N., Venturini, A. B., & Kleverlaan, C. J. (2017). The effect of internal roughness and bonding on the fracture resistance and structural reliability of lithium disilicate ceramic. *Dental Materials*, 33(12), 1416–1425. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.018>
- Falahchai, M., Neshandar Asli, H., Faghani, M., & Hendi, A. (2024). Effect of different surface treatments on shear bond strength of zirconia with various

- p>yttria contents.
- BMC Oral Health*
- , 24(1), 1520.
-
- <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05348-6>
- Fouquet, V., Dantagnan, C. A., Abdel-Gawad, S., Dursun, E., Attal, J. P., & François, P. (2023). In vitro shear bond strength over zirconia and titanium alloy and degree of conversion of extraoral compared to intraoral self-adhesive resin cements. *BDJ Open*, 9(1), 54. <https://doi.org/10.1038/s41405-023-00178-0>
- Graf, T., Erdelt, K.-J., Güth, J.-F., Edelhoff, D., Schubert, O., & Schweiger, J. (2022). Influence of pre-treatment and artificial aging on the retention of 3D-printed permanent composite crowns. *Biomedicines*, 10(9), 2186. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092186>
- Hassanpour, M., Narongdej, P., Alterman, N., Moghtadernejad, S., & Barjasteh, E. (2024). Effects of post-processing parameters on 3D-printed dental appliances: A review. *Polymers*, 16(19), 2795. <https://doi.org/10.3390/polym16192795>
- Ishikawa, K., Yamauti, M., Tichy, A., Ikeda, M., Ueno, T., Wakabayashi, N., Thanatvarakorn, O., Prasansuttiporn, T., Klein-Junior, C. A., Takahashi, A., Takagaki, T., Nakajima, M., Tagami, J., & Hosaka, K. (2021). UV-mediated photofunctionalization of indirect restorative materials enhances bonding to a resin-based luting agent. *BioMed Research International*, 2021, 9987860. <https://doi.org/10.1155/2021/9987860>
- Kido, D., Komatsu, K., Suzumura, T., Matsuura, T., Cheng, J., Kim, J., Park, W., & Ogawa, T. (2023). Influence of surface contaminants and hydrocarbon pellicle on the results of wettability measurements of titanium. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19), 14688. <https://doi.org/10.3390/ijms241914688>
- Luo, C., Liu, Y., Peng, B., Chen, M., Liu, Z., Li, Z., Kuang, H., Gong, B., Li, Z., & Sun, H. (2023). PEEK for oral applications: Recent advances in mechanical and adhesive properties. *Polymers*, 15(2), 386. <https://doi.org/10.3390/polym15020386>
- Marchesi, G., Piloni, A. C., Nicolin, V., Turco, G., & Di Lenarda, R. (2021). Chairside CAD/CAM materials: Current trends of clinical uses. *Biology*, 10(11), 1170. <https://doi.org/10.3390/biology10111170>
- Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials*, 34(1), 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>
- Noya-Torres, A., Pereira, J., Torres, O., Özcan, M., Henriques, B., & Souza, J. C. M. (2025). Grit-blasting of titanium base surfaces for the cementation of implant-supported prostheses. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 142, 104135. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2025.104135>

- Roy, M., Kubacki, J., Psiuk, B., Mrozek-Wilczkiewicz, A., Malarz, K., Corti, A., Pompella, A., & Szade, J. (2021). Photofunctionalization effect and biological ageing of PEEK, TiO₂ and ZrO₂ abutments material. *Materials Science and Engineering: C*, 121, 111823. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111823>
- Rutkunas, V., Borusevicius, R., Balciunas, E., Jasinskyte, U., Alksne, M., Simoliunas, E., Zlatev, S., Ivanova, V., Bukelskiene, V., & Mijiritsky, E. (2022) The effect of UV treatment on surface contact angle, fibroblast cytotoxicity, and proliferation with two types of zirconia-based ceramics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 11113. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711113>
- Salgıncı, I., Yıldırım Avcu, G., & Özcan, M. (2022). Evaluation of tensile strength of different esthetic coping materials to Ti-base and monolithic zirconia crowns. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 36(8), 895–904. <https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1940655>
- Shibata, R., Kim, J., Kim, J., Her, N., Komatsu, K., Matsuura, T., Yoneda, A., Choi, J., Chao, D., & Ogawa, T. (2026). Cementing innovation: High-energy titanium abutments via UV photofunctionalization unlock superior crown retention. *Journal of Prosthodontic Research*, 70(3), 383–397. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_25_00143
- Soares Machado, P., Cadore Rodrigues, A. C., Trota Chaves, E., Susin, A. H., Valandro, L. F., Rocha Pereira, G. K., & Rippe, M. P. (2022). Surface treatments and adhesives used to increase the bond strength between polyetheretherketone and resin-based dental materials: A scoping review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 24, 233–245. <https://doi.org/10.3290/j.jad.b2288283>
- Suzumura, T., Matsuura, T., Komatsu, K., Sugita, Y., Maeda, H., & Ogawa, T. (2023). Vacuum ultraviolet (VUV) light photofunctionalization to induce human oral fibroblast transmigration on zirconia. *Cells*, 12(21), 2542. <https://doi.org/10.3390/cells12212542>
- Takeuchi, M., Sakamoto, K., Martra, G., Coluccia, S., & Anpo, M. (2005). Mechanism of photoinduced superhydrophilicity on the TiO₂ photocatalyst surface. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(32), 15422–15428. <https://doi.org/10.1021/jp058075i>
- Tekin, S., Cangül, S., Adıgüzel, Ö., & Değer, Y. (2018). Areas for use of PEEK material in dentistry. *International Dental Research*, 8(2), 84–92. <https://doi.org/10.5577/intdentres.2018.vol8.no2.6>
- Tuna, T., Wein, M., Swain, M., Fischer, J., & Att, W. (2015). Influence of ultraviolet photofunctionalization on the surface characteristics of zirconia-based dental implant materials. *Dental Materials*, 31(2), e14–e24. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.10.008>

Uğur, M., Kavut, İ., Tanrıkut, Ö. O., & Cengiz, Ö. (2023). Effect of ceramic primers with different chemical contents on the shear bond strength of CAD/CAM ceramics with resin cement after thermal ageing. *BMC Oral Health*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-02909-z>

BÖLÜM 8

Bruksizmde Güncel Değerlendirme Yaklaşımları: 2025 Yeni Konsensusu

Simge Zeybek¹
Bengisu Yıldırım²

¹ Arş. Gör., Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID:0009-0009-9696-2442

² Doç. Dr., Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID:0000-0002-9208-5827

Giriş

Bruksizm, uyku ve uyanıklık dönemlerinde ortaya çıkabilen çiğneme kası aktivitelerini kapsayan, klinik önemi bireysel özelliklere ve ilişkili sağlık sonuçlarına göre değişebilen karmaşık bir motor davranıştır. Güncel yaklaşım, bruksizmin yalnızca diş sıkma veya gıcırdatma üzerinden değerlendirilmesinin yeterli olmadığını; mandibular bracing (diş sıkmanın diş teması olmadan gerçekleşen karşılığı) ve thrusting (diş gıcırdatmanın diş teması olmadan gerçekleşen karşılığı) gibi farklı motor davranışların da dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bruksizmin klinik önemi, yalnızca motor aktivitenin varlığıyla değil, bu aktivitenin birey üzerindeki olası sonuçları ve eşlik eden faktörlerle birlikte değerlendirilmelidir (Verhoeff et al., 2025) .

Bruksizmin çok boyutlu yapısı, değerlendirme sürecinde kullanılan yöntemlerin de çeşitlenmesine neden olmuştur. Öz-bildirime dayalı yöntemler bireyin kendi davranışına ilişkin algı ve farkındalığı hakkında bilgi sağlarken, klinik değerlendirme bruksizmle ilişkili olabilecek klinik belirti ve bulguların incelenmesine olanak tanımaktadır. Elektromiyografi ve polisomnografi gibi yöntemler ise çiğneme kası aktivitesinin cihaz temelli olarak kaydedilmesini ve ölçülmesini sağlamaktadır. Bu yöntemlerin farklı özellikte bilgi üretmesi, bruksizm değerlendirmesinde tek bir yönetime dayalı yaklaşım yerine farklı veri kaynaklarının uygun klinik veya araştırma sorusu doğrultusunda ele alınmasını gerekli kılmaktadır (Verhoeff et al., 2025)

Son yıllarda bruksizm değerlendirmesinin standardizasyonuna yönelik çalışmalar da hız kazanmıştır. Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB), bruksizm aktivitesinin ve ilişkili faktörlerin sistematik ve çok boyutlu biçimde değerlendirilmesine yönelik kapsamlı bir çerçeve sunarken; BruxScreen, uyku ve uyanıklık bruksizminin klinik ortamda daha kısa ve uygulanabilir biçimde taranmasına yönelik bir araç olarak geliştirilmiştir. Bu araçların farklı dil ve kültürlerle uyarlanmasına yönelik çalışmalar, bruksizm değerlendirmesinde ortak terminoloji ve standardize yöntemlerin kullanımının yaygınlaştırılması açısından önem taşımaktadır (Bilgen et al., 2026).

Bunun yanı sıra bruksizm aktivitesinin zaman içerisinde değişkenlik gösterebilmesi, değerlendirme yöntemlerinin yalnızca türünün değil, ölçüm zamanı ve kayıt süresinin de önemini gündeme getirmiştir. Taşınabilir elektromiyografi ile gerçekleştirilen çok günlük kayıtlar, uyku ve uyanıklık dönemindeki bruksizm davranışlarının günler ve gün içerisindeki farklı zaman dilimleri arasında değişebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, tek günlük veya tek bir zaman noktasına dayanan değerlendirmelerin bruksizm aktivitesindeki zamansal değişkenliği yeterince yansıtmayabileceğini ve bazı durumlarda bruksizm şiddetinin olduğundan düşük değerlendirilmesine yol açabileceğini düşündürmektedir (Alona, Amit, Khalil, & Ilana, 2026) .

Bu gelişmeler, bruksizm değerlendirmesinde davranışın yalnızca varlığı ya da yokluğuna dayanan yaklaşımlardan uzaklaşılarak, aktivitenin özelliklerini, farklı değerlendirme kaynaklarından elde edilen verileri, klinik sonuçları ve bireysel faktörleri bütüncül biçimde dikkate alan çok boyutlu bir anlayışa geçildiğini göstermektedir. 2025 uluslararası konsensusu ile güncellenen kavramsal çerçeve, STAB ve BruxScreen gibi standardize araçlar ile subject-based, clinically based ve device/instrumentally based değerlendirme yaklaşımları bu dönüşümün temelini oluşturmaktadır. Güncel yaklaşımda bruksizmin klinik anlamının bireyin biyopsikososyal özellikleri ve ilişkili sağlık durumları bağlamında değerlendirilmesi önem kazanırken, gelişen ölçüm ve izlem yöntemleri de bruksizm aktivitesinin daha ayrıntılı ve zamana duyarlı biçimde değerlendirilmesine yönelik yeni olanaklar sunmaktadır.

1.2025 Yeni Konsensusu: Bruksizm Kavramında ve Değerlendirme Anlayışında Değişim

Bruksizm terminolojisi ve değerlendirme yaklaşımı, son on yılda yayımlanan uluslararası konsensus raporları doğrultusunda önemli ölçüde değişmiştir. 2013 yılında oluşturulan uluslararası konsensus, bruksizmin ortak bir tanımının oluşturulması ve farklı araştırmalar arasında standardizasyonun sağlanması açısından önemli bir başlangıç noktası olmuştur (Lobbezoo et al., 2013; Verhoeff et al., 2025). Bu konsensusta bruksizm; dişlerin sıkılması veya gıcırdatılması ve/veya mandibulanın bracing ya da thrusting hareketleri ile karakterize tekrarlayıcı çene kası aktivitesi olarak tanımlanmış ve uyku bruksizmi ile uyanıklık bruksizmi olmak üzere iki sirkadiyen görünümünün bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca değerlendirme sonucunun geçerliliğine ilişkin olasılığı ifade etmek amacıyla *possible*, *probable* ve *definite bruxism* sınıflaması önerilmiştir (Lobbezoo et al., 2013).

2018 uluslararası konsensusu ile uyku ve uyanıklık bruksizmi için ayrı tanımlar oluşturularak kavramsal ayrım daha belirgin hâle getirilmiştir. Uyku bruksizmi, uyku sırasında ritmik (fazik) veya ritmik olmayan (tonik) özellik gösterebilen çiğneme kası aktivitesi; uyanıklık bruksizmi ise uyanıklık sırasında tekrarlayan veya sürdürülen diş teması ve/veya mandibulanın *bracing* ya da *thrusting* hareketleriyle karakterize çiğneme kası aktivitesi olarak tanımlanmıştır (Lobbezoo et al., 2018). Bruksizmin, diğer yönlerden sağlıklı bireylerde doğrudan bir bozukluk olarak kabul edilmemesi; bunun yerine belirli klinik sonuçlarla ilişkisine bağlı olarak risk faktörü, koruyucu faktör veya nötr faktör niteliği taşıyabilen bir davranış olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Lobbezoo et al., 2018; Verhoeff et al., 2025)

2018 konsensusu sonrasında, mevcut bruksizm tanımlarında kullanılan bazı ifadelerin klinisyenler, araştırmacılar, eğitimciler ve hastalar arasında farklı yorumlara ve kavramsal belirsizliklere yol açtığı görülmüş, bu durum tanımların yeniden ele alınması gereksinimini doğurmuştur . Bu doğrultuda uluslararası

bruksizm uzmanları, 2024 yılında IADR kapsamında gerçekleştirilen uluslararası konsensus toplantısında bir araya gelmiş ve toplantının sonuçları 2025 yılında “Updating the Bruxism Definitions: Report of an International Consensus Meeting” başlığıyla yayımlanmıştır . Bu güncellemenin temel yaklaşımı bütünüyle yeni bir bruksizm kavramı oluşturmak yerine, mevcut tanımları oluşturan terimlerin açıklığa kavuşturulması, tanımlara ilişkin tartışmalı noktaların ele alınması ve bruksizm konusundaki gelecekteki çalışmalar için bir yol haritasının ortaya konulmasıdır (Verhoeff et al., 2025).

1.1 Bruksizm tanımlarındaki güncelleme

2025 konsensusunun bruksizm tanımlarında yaptığı en belirgin değişikliklerden biri, uyku ve uyanıklık bruksizmi tanımlarında daha önce bulunan “in otherwise healthy individuals” ifadesinin kaldırılmasıdır. Önceki tanımlarda yer alan bu ifade, bruksizmin yalnızca diğer yönlerden sağlıklı bireylerde tanımlanabileceği veya herhangi bir sağlık sorunu bulunan bireylerin bruksizm tanımının dışında bırakılması gerektiği şeklinde farklı yorumlara neden olmuştur. Konsensus grubu bu belirsizliği ortadan kaldırmak amacıyla söz konusu ifadeyi hem uyku hem de uyanıklık bruksizmi tanımından çıkarmıştır (Verhoeff et al., 2025).

Buna göre uyku bruksizmi, uyku sırasında ritmik (fazik) veya ritmik olmayan (tonik) özellik gösteren ve bir hareket bozukluğu ya da uyku bozukluğu olmayan çigneme kası aktivitesi olarak tanımlanmaktadır. Uyanıklık bruksizmi ise uyanıklık sırasında tekrarlayan veya sürdürülen diş teması ve/veya mandibulanın bracing ya da thrusting hareketleriyle karakterize edilen ve bir hareket bozukluğu olarak kabul edilmeyen çigneme kası aktivitesi şeklinde ifade edilmektedir (Verhoeff et al., 2025).

Yeni konsensus aynı zamanda tanımları oluşturan davranışların daha açık anlaşılması amacıyla ayrıntılı bir terminolojik sözlük sunmaktadır. Bu kapsamda clenching, çene kası aktivitesi sonucunda ortaya çıkan sürdürülen statik diş teması; grinding, çene kası aktivitesinin oluşturduğu dinamik diş temasları; bracing, diş teması olmaksızın clenching’e karşılık gelen aktivite; thrusting ise diş teması olmaksızın grinding’e karşılık gelen aktivite olarak açıklanmaktadır (Verhoeff et al., 2025). Bu ayrım, bruksizmin yalnızca diş temasının bulunduğu sıkma ve gıcırdatma davranışlarından oluşmadığını göstermesi açısından önemlidir. Dolayısıyla bracing ve thrusting gibi diş teması olmaksızın gerçekleşebilen çene kası aktivitelerinin de değerlendirme kapsamında dikkate alınması gerekmektedir .

1.2 Hastalık kavramından motor davranış yaklaşımına

2025 konsensusunun temel vurgularından biri, bruksizmin kendi başına bir hastalık veya bozukluk olarak değerlendirilmemesi gerektiğinin netleştirilmesidir. Bruksizm bir motor davranış olarak kabul edilmekte ve klinik

anlamı bu davranışın bireyde oluşturabileceği sonuçlara göre değişmektedir. Bu nedenle bruksizmin varlığının tek başına tedavi gerektiren patolojik bir durumun varlığı şeklinde yorumlanması uygun değildir (Verhoeff et al., 2025).

Bu yaklaşım bruksizmin risk faktörü, koruyucu faktör veya nötr faktör olarak farklı roller üstlenebileceğini kabul etmektedir. Başka bir ifadeyle, aynı motor davranış her birey için aynı klinik anlamı taşımayabilir. Bruksizm belirli bireylerde dental veya orofasiyal olumsuz sonuçlarla ilişkili bir risk faktörü olabilirken, bazı koşullarda koruyucu bir role sahip olabilir veya klinik açıdan belirgin bir olumlu ya da olumsuz sonuç oluşturmada nötr kalabilir. Ayrıca bruksizm bir davranış olarak tanımlandığından, kendi başına bir komorbidite olarak değerlendirilmemelidir. Bununla birlikte, çeşitli hastalık veya durumlarla birlikte görülebilir ve bu ilişkiler klinik bağlam içerisinde ayrıca değerlendirilmelidir (Verhoeff et al., 2025).

Bu kavramsal yaklaşım, bruksizm konusunda kullanılan “tanı” terminolojisini de etkilemektedir. Bir hastalık veya bozukluğun varlığını saptamaya yönelik klasik tanısal model yerine, konsensus bruksizmin değerlendirilmesi (assessment) kavramını ön plana çıkarmaktadır. Buna göre temel amaç, yalnızca motor davranışın mevcut olup olmadığını belirlemek değil; davranışın özelliklerini ve olası sonuçlarını birlikte değerlendirmektir. Dolayısıyla “bruksizm tanısı” yaklaşımı yerine, bruksizmin değerlendirilmesi ve kullanılan yöntemin subject-based, clinically based veya device-based olarak açıkça belirtilmesi önerilmektedir (Verhoeff et al., 2025).

1.3 Possible-probable-definite sınıflamasından değerlendirme yöntemlerinin açıkça tanımlanmasına

2025 konsensusunun bruksizm değerlendirmesine getirdiği en önemli değişikliklerden biri, önceki konsensusede kullanılan possible, probable ve definite bruxism derecelendirmesinin hiyerarşik yapısının yeniden ele alınmasıdır. Önceki sistemde öz-bildirime dayalı değerlendirme possible, öz-bildirim ile klinik muayenenin birlikte kullanılması probable, cihaz temelli değerlendirme ise definite bruksizm ile ilişkilendirilmekteydi. Bu yapı, cihaz temelli yöntemin klinik muayeneden, klinik muayenenin de öz-bildirimden daha yüksek bir doğruluk düzeyini temsil ettiği şeklinde hiyerarşik bir algı oluşturabilmekteydi (Verhoeff et al., 2025).

Yeni konsensusa göre bu hiyerarşi bruksizmin değerlendirilme biçimini yeterince doğru yansıtmamaktadır. Bunun temel nedeni öz-bildirim, klinik muayene ve cihaz temelli yöntemlerin aynı yapıyı farklı doğruluk düzeylerinde ölçmek yerine bruksizmin farklı yönleri hakkında bilgi sağlamasıdır. Bu nedenle değerlendirme yöntemlerinin possible, probable veya definite şeklinde derecelendirilmesi yerine, kullanılan yöntemin doğrudan belirtilmesi önerilmektedir. Buna göre güncel terminoloji subject-based, clinically based ve device-based değerlendirme şeklindedir (Verhoeff et al., 2025).

Subject-based değerlendirme, bireyin bruksizm davranışına ilişkin kendi deneyimini, algısını ve farkındalığını yansıtır. Bireyin davranışının farkında olması durumunda bu yöntem, bruksizmin algılanan zaman içerisindeki seyri hakkında da bilgi sağlayabilir. Clinically based değerlendirme ise bruksizm aktivitesinin kendisini doğrudan ölçmez; motor davranışla ilişkili olabilecek klinik belirtileri değerlendirir. Örneğin dil kenarındaki izler güncel davranışla ilişkili olabilecekken, mekanik diş aşınması geçmiş dönemlerdeki aktivitelerin bir sonucu olarak da bulunabilir. Device-based değerlendirme ise elektromiyografi ve polisomnografi gibi yöntemlerle çene kası aktivitesinin cihaz temelli olarak ölçülmesine ve aktivitenin fizyolojik özelliklerinin incelenmesine olanak sağlar (Verhoeff et al., 2025).

Bu nedenle yeni yaklaşımda söz konusu yöntemler birbirinin alternatifi veya doğruluk basamakları olarak değil, farklı amaçlara hizmet eden bilgi kaynakları olarak değerlendirilmelidir. Örneğin cihaz temelli bir kayıt bireyin çene kası aktivitesini ölçebilir ancak hastanın davranışa ilişkin algısını veya bu davranışın günlük yaşamındaki etkisini tek başına ortaya koymaz. Benzer şekilde klinik bir bulgunun mevcut olması da güncel bruksizm aktivitesinin doğrudan kanıtı değildir. Bu nedenle kullanılacak değerlendirme yönteminin seçimi “en kesin” yöntemin belirlenmesinden çok, klinik gereksinime veya araştırmanın özgül sorusuna bağlı olmalıdır (Verhoeff et al., 2025).

1.4 Bruksizmin süreklilik ve zamansal değişkenlik içinde değerlendirilmesi

Güncel konsensus, bruksizmin sabit bir özellik olarak değerlendirilmesine de temkinli yaklaşmaktadır. Özellikle cihaz temelli olarak ölçülen uyku bruksizmi aktivitesinin zaman içerisinde önemli ölçüde değişkenlik gösterebildiği belirtilmektedir. Buna karşılık öz-bildirime dayalı uyku ve uyanıklık bruksizmi değerlendirmeleri daha uzun zaman dilimlerinde görece kalıcı bir özellik gösterebilmektedir. Bu farklılık, değerlendirme yöntemlerinin aynı olgunun birebir karşılığı olmadığını bir kez daha göstermektedir (Verhoeff et al., 2025).

Bruksizm aktivitesinin zaman içerisindeki değişkenliği, bireylerin yalnızca belirli eşik değerlerine göre “bruksist” ve “bruksist olmayan” şeklinde sınıflandırılmasının dikkatle yorumlanması gerektiğini düşündürmektedir. Nitekim önceki konsensus çalışmalarında bruksizmle ilişkili çiğneme kası aktivitesinin keskin bir var/yok ayrımından ziyade bir süreklilik (continuum) içerisinde değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Lobbezoo et al., 2018). Bu yaklaşım, 2025 konsensusunun değerlendirme yöntemlerini hiyerarşik derecelendirmelerden ayıran ve ölçülen davranışın niteliğini ön plana çıkaran çerçevesiyle uyumludur.

Sonuç olarak 2025 uluslararası konsensusu, bruksizm alanında yalnızca bazı terminolojik ifadeleri değiştiren bir güncelleme değildir. Yeni yaklaşım; bruksizmi bir motor davranış olarak ele almakta, “in otherwise healthy

individuals” sınırlamasını kaldırmakta, bruksizmin risk, koruyucu veya nötr faktör olarak değişebilen klinik anlamını vurgulamakta, tanı yerine değerlendirme kavramını ön plana çıkarmakta ve possible–probable–definite hiyerarşisinin yerine subject-based, clinically based ve device-based değerlendirme terminolojisini önermektedir (Verhoeff et al., 2025). Bu kavramsal değişim, bruksizmin standardize ve çok boyutlu biçimde değerlendirilmesini amaçlayan STAB ve BruxScreen gibi araçların kullanımının anlaşılması açısından da temel oluşturmaktadır (Lobbezoo et al., 2024; Manfredini et al., 2024).

2. Standardize ve Çok Boyutlu Değerlendirme: STAB ve BruxScreen

Bruksizmin değerlendirilmesinde öz-bildirim, klinik muayene ve cihaz temelli ölçümlerin farklı bilgi alanlarını temsil etmesi, bu verilerin ortak bir terminoloji ve sistematik yapı içerisinde ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu gereksinim doğrultusunda geliştirilen Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB), bruksizmin yalnızca motor aktivitesini belirlemeye odaklanan bir araç olmaktan ziyade, davranışın özelliklerini, olası klinik sonuçlarını ve ilişkili faktörleri birlikte ele alan standardize ve çok boyutlu bir değerlendirme sistemi sunmaktadır. BruxScreen ise aynı kavramsal çerçeve içerisinde, uyku ve uyanıklık bruksizminin rutin klinik uygulamada daha kısa ve uygulanabilir biçimde taranmasına yönelik geliştirilmiştir (Bilgen et al., 2026; Manfredini et al., 2024).

2.1. Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB)

STAB'ın geliştirilmesindeki temel amaç, bruksizm araştırmalarında kullanılan yöntemlerin ve terminolojinin heterojenliğini azaltmak ve klinisyenler ile araştırmacılar için ortak bir değerlendirme çerçevesi oluşturmaktır. Bu sistem, bruksizmi tek bir test sonucuna göre sınıflandırmak yerine farklı bilgi kaynaklarının sistematik biçimde kaydedilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece bruksizm değerlendirmesi, çiğneme kası aktivitesinin belirlenmesinin yanı sıra olası klinik sonuçların ve ilişkili faktörlerin de değerlendirilmesini kapsamaktadır. (Manfredini et al., 2024).

STAB, temel olarak Axis A ve Axis B olmak üzere iki ana eksen üzerinden oluşmaktadır. Axis A, bruksizm durumunun ve davranışla ilişkili olası sonuçların değerlendirilmesine yöneliktir. Bu eksen içerisinde subject-based, clinically based ve instrumentally based değerlendirme alanları yer almaktadır. Subject-based değerlendirmede bireyin uyku ve uyanıklık bruksizmi davranışlarına ilişkin bildirimleri; clinically based değerlendirmede ağız içi ve ağız dışı klinik bulgular; instrumentally based değerlendirmede ise “elektromiyografi gibi cihaz temelli kayıt yöntemleri ile elde edilen veriler ele alınmaktadır. Axis A ayrıca bruksizm davranışıyla ilişkili olabilecek dental ve orofasiyal sonuçların sistematik olarak kaydedilmesine olanak tanımaktadır (Manfredini et al., 2024)

Axis B ise bruksizmin ortaya çıkışı, sürdürülmesi veya klinik anlamıyla ilişkili olabilecek faktörleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda psikosozal özellikler, uyku ile ilişkili durumlar, genel sağlık özellikleri, ilaç ve madde kullanımı ile bruksizmle etiyolojik veya komorbid ilişki gösterebilecek diğer durumlar değerlendirilmektedir. Böylece STAB, çiğneme kası aktivitesinin ölçümünün ötesine geçerek bruksizmin bireyin genel biyopsikososyal özellikleri içerisindeki yerinin incelenmesine olanak sağlamaktadır (Manfredini et al., 2024).

Bu iki eksenli yapı, aynı düzeyde bruksizm aktivitesi gösteren bireylerin klinik açıdan birbirinden farklı olabileceğinin dikkate alınması açısından önem taşımaktadır. Bir bireyde belirgin çiğneme kası aktivitesine rağmen herhangi bir klinik sonuç görülmeyebilirken, başka bir bireyde dental veya orofasiyal sonuçlar ya da belirgin psikosozal eşlik eden faktörler bulunabilir. Dolayısıyla STAB'ın amacı bireyi yalnızca belirli bir bruksizm kategorisine yerleştirmek değil, bruksizm davranışının özelliklerini ve bireysel bağlamını tanımlayan kapsamlı bir profil oluşturmaktır (Manfredini et al., 2024).

STAB'ın önemli özelliklerinden biri de modüler bir yapıya sahip olmasıdır. Sistemde yer alan tüm değerlendirme alanlarının her bireyde veya her araştırmada zorunlu olarak uygulanması gerekmemektedir. Kullanılacak alanlar klinik gereksinime, araştırma sorusuna ve mevcut kaynaklara göre seçilebilmektedir. Bu özellik, STAB'ın hem ayrıntılı araştırma protokollerinde hem de farklı klinik koşullarda kullanılabilmesine olanak tanırken, aynı zamanda elde edilen verilerin standardize bir terminolojiyle raporlanmasını sağlamaktadır (Manfredini et al., 2024).

STAB yaklaşımının önemi, özellikle bruksizmin olası etiyolojik veya ilişkili faktörlerini inceleyen güncel çalışmalarda belirginleşmektedir. Örneğin SSRI/SNRI kullanımı ile bruksizm arasındaki ilişkiyi STAB prensipleri doğrultusunda değerlendiren güncel bir derlemede, mevcut literatürde bruksizm değerlendirme yöntemlerinin büyük ölçüde heterojen olduğu; çalışmaların çoğunun öz-bildirime dayandığı, uyku ve uyanıklık bruksizminin her zaman birbirinden ayrılmadığı ve psikolojik faktörler gibi potansiyel karıştırıcı değişkenlerin yeterince değerlendirilmediği gösterilmiştir. Bu durum, bruksizmle ilişkili faktörlerin araştırılmasında yalnızca davranışın bildirilmesinin değil, kullanılan değerlendirme yönteminin ve ilişkili değişkenlerin açık biçimde tanımlanmasının önemini ortaya koymaktadır (Leonan-Silva et al., 2026).

STAB'ın standardizasyon açısından taşıdığı önem farklı dil ve kültürlerle yönelik uyarılma çalışmalarına da yansımaktadır. Türkçe STAB ve BruxScreen uyarılma çalışmasında araçların çeviri, geri çeviri, uzman değerlendirmesi ve pilot uygulama aşamalarından geçirilmesi; yalnızca dilsel eşdeğerliğin değil, kavramsal ve kültürel uygunluğun da gözetilmesi gerektiğini göstermektedir. Türkçe STAB'ın hasta tarafından doldurulan bölümünün uygulanabilir ve

anlaşılabilir bulunması, standardize çok boyutlu değerlendirmenin farklı klinik ortamlara aktarılabilceğini desteklemektedir (Bilgen et al., 2026).

2.2. BruxScreen

STAB kapsamlı bir değerlendirme sistemi sunmakla birlikte, içerdği çok sayıda alan nedeniyle rutin klinik uygulamada her birey için ayrıntılı biçimde uygulanması zaman ve kaynak gerektirebilir. Bu nedenle bruksizm açısından hızlı bir ilk değerlendirme sağlayabilecek daha kısa bir araca ihtiyaç duyulmuş ve BruxScreen geliştirilmiştir. BruxScreen'in temel amacı kapsamlı değerlendirme yapmak veya STAB'ın yerine geçmek değil, uyku ve uyanıklık bruksizmine ilişkin belirtileri ve klinik işaretleri standart bir biçimde taramaktır (Bilgen et al., 2026; Lobbezoo et al., 2024).

BruxScreen'in geliştirilmesinde A4 ilkesi esas alınmıştır. Bu ilke değerlendirme aracının accurate, applicable, affordable ve accessible, diğer bir ifadeyle doğru, uygulanabilir, ekonomik ve erişilebilir olması gerektiğini ifade etmektedir. Bu yaklaşım, özellikle kapsamlı cihaz temelli değerlendirmelerin her klinik ortamda uygulanmasının mümkün olmadığı dikkate alındığında önem kazanmaktadır. BruxScreen böylece genel diş hekimliği uygulamalarında kullanılabilecek standart bir ilk değerlendirme basamağı sağlamayı amaçlamaktadır (Lobbezoo et al., 2024).

BruxScreen iki temel bileşenden oluşmaktadır. BruxScreen-Q, bireyin kendisi tarafından yanıtlanan ve uyku ile uyanıklık bruksizmine ilişkin davranışların sorgulandığı öz-bildirim bölümüdür. BruxScreen-C ise klinisyen tarafından uygulanan klinik değerlendirme bölümüdür. Bu yapı sayesinde hastanın kendi deneyimine ilişkin bilgi ile klinik muayenede elde edilen bulgular ayrı olarak kaydedilebilmektedir. Dolayısıyla BruxScreen-Q ve BruxScreen-C aynı değerlendirmeyi iki farklı yolla tekrar etmekten ziyade, bruksizmle ilişkili farklı bilgi alanlarını temsil etmektedir (Kessler et al., 2026).

BruxScreen'in psikometrik özelliklerini inceleyen çalışmalarda bu ayrım özellikle dikkat çekmektedir. BruxScreen-Q ile BruxScreen-C sonuçları arasında belirgin bir uyum bulunmaması, ilk bakışta araçlar arasında tutarsızlık olarak değerlendirilebilse de güncel bruksizm yaklaşımı açısından beklenebilir bir bulgudur. Öz-bildirim kişinin davranışına ilişkin algısını ve farkındalığını yansıtırken, klinik muayene davranışla ilişkili olabilecek gözlenebilir işaretleri değerlendirmektedir. Bu nedenle iki bölümün sonuçlarının birebir örtüşmesi beklenmemeli ve birbirinin yerine kullanılmamalıdır. Aksine birlikte ele alındıklarında bireyin bruksizm profilinin farklı yönlerine ilişkin tamamlayıcı bilgi sağlamaktadırlar (Kessler et al., 2026)

BruxScreen'in farklı toplumlarda uygulanabilirliğine yönelik çalışmalar da standardizasyon sürecinin önemli bir parçasıdır. Türkçe adaptasyon çalışmasında BruxScreen-Q ve BruxScreen-C'nin uygulanmasının kısa sürdüğü,

anlaşılabilirlik ve kabul edilebilirlik açısından olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Bilgen et al., 2026). Benzer biçimde Çince STAB ve BruxScreen adaptasyonunda BruxScreen-Q'nun yaklaşık 1,6 dakika, BruxScreen-C'nin ise yaklaşık 1,8 dakika içerisinde uygulanabildiği; test-tekrar test ve gözlemciler arası güvenilirlik açısından umut verici sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu sonuçların pilot nitelikte olduğu ve araçların psikometrik özelliklerinin daha büyük ve heterojen örneklemelerde doğrulanması gerektiği vurgulanmıştır (Song et al., 2026).

BruxScreen'in klinik kullanımındaki temel nokta tarama ile kapsamlı değerlendirmenin birbirinden ayrılmasıdır. Tarama sonucunda bruksizm davranışlarına veya bunlarla ilişkili klinik bulgulara ilişkin dikkat çekici sonuçların elde edilmesi, tek başına davranışın niteliği, miktarı, klinik önemi veya olası ilişkili faktörler hakkında kapsamlı bir sonuca ulaşmak için yeterli değildir. Daha ayrıntılı değerlendirme gereken bireylerde STAB'ın ilgili alanlarından ve klinik soruya göre uygun cihaz temelli yöntemlerden yararlanılması mümkündür. Bu nedenle BruxScreen ve STAB birbirinin alternatifi değil, farklı ayrıntı düzeylerinde kullanılabilecek tamamlayıcı standardizasyon araçlarıdır (Kessler et al., 2026; Manfredini et al., 2024; Verhoeff et al., 2025)

2.3. Standardizasyonun Güncel Bruksizm Değerlendirmesindeki Önemi

STAB ve BruxScreen'in geliştirilmesi, bruksizm araştırmalarında uzun süredir karşılaşılan önemli bir metodolojik soruna yanıt vermektedir. Farklı çalışmalarda “bruksizm” olarak adlandırılan durumun yalnızca tek soruluk öz-bildirimden klinik muayeneye ve polisomnografik kayıtlara kadar birbirinden oldukça farklı yöntemlerle belirlenmesi, çalışma sonuçlarının doğrudan karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Bu sorun özellikle bruksizm ile TMD veya ilaç kullanımı gibi ilişkili faktörler arasındaki ilişkilerin incelendiği araştırmalarda belirginleşmekte; kullanılan değerlendirme yönteminin niteliği sonuçların yorumlanmasını doğrudan etkileyebilmektedir (Kadioğlu, Durmaz, Eriş, & Uslu-Akçam, 2026; Leonan-Silva et al., 2026)

Standardizasyon bu nedenle bütün bireylerde aynı testin uygulanması anlamına gelmemektedir. Temel amaç, hangi bruksizm davranışının, hangi yöntemle, hangi zaman diliminde ve hangi ilişkili faktörler bağlamında değerlendirildiğinin açık biçimde tanımlanmasıdır. STAB bu gereksinime kapsamlı ve çok boyutlu bir yapı ile yanıt verirken, BruxScreen daha kısa bir klinik tarama düzeyi sağlamaktadır. Böylece her iki araç, farklı amaçlara hizmet etmekle birlikte ortak terminoloji kullanılması, verilerin daha tutarlı biçimde raporlanması ve çalışmalar arası karşılaştırılabilirliğin geliştirilmesi açısından birbirini tamamlamaktadır (Kessler et al., 2026; Manfredini et al., 2024)

Bu çerçevede STAB ve BruxScreen, bruksizmin tek bir bulgu veya ölçüm sonucuna indirgenmesini önleyerek standardize ve çok boyutlu değerlendirmeyi

destekleyen araçlar olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte bu araçlar, subject-based, clinically based veya device/instrumentally based değerlendirme yöntemlerinin yerine geçmemekte; farklı kaynaklardan elde edilen bilgilerin sistematik biçimde ele alınmasına olanak sağlamaktadır (Kessler et al., 2026; Manfredini et al., 2024; Verhoeff et al., 2025). Bu nedenle bruksizmde kullanılan güncel değerlendirme yöntemlerinin söz konusu üç yaklaşım temelinde ayrı ayrı incelenmesi önem taşımaktadır.

3. Bruksizmde Güncel Değerlendirme Yaklaşımları

2025 uluslararası konsensusu doğrultusunda bruksizmin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler subject-based, clinically based ve device-based olmak üzere üç temel yaklaşım altında ele alınmaktadır. Bu sınıflama bir doğruluk hiyerarşisini ifade etmemekte; her yaklaşım bruksizmin farklı bir boyutuna ilişkin bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle yöntem seçiminin klinik gereksinime veya araştırma sorusuna göre yapılması ve farklı yöntemlerden elde edilen sonuçların birbirinin yerine kullanılmaması önerilmektedir (Verhoeff et al., 2025).

3.1. Subject-Based Değerlendirme

Subject-based değerlendirme, bireyin bruksizm davranışına ilişkin kendi deneyimi, algısı ve farkındalığına dayanan yöntemleri kapsamaktadır. Bu yaklaşımda uyku veya uyanıklık döneminde ortaya çıkan çene kası davranışları doğrudan fizyolojik olarak ölçülmez; bireyin söz konusu davranışları fark etmesi ve bildirmesi esas alınır. Dolayısıyla subject-based değerlendirmeden elde edilen sonuç, cihaz temelli olarak ölçülen çene kası aktivitesinin doğrudan karşılığı olarak değil, bireyin algıladığı bruksizm davranışının göstergesi olarak yorumlanmalıdır (Verhoeff et al., 2025).

Öz-bildirim yöntemleri kolay uygulanabilir, düşük maliyetli ve geniş popülasyonlarda kullanılabilir olmaları nedeniyle hem klinik uygulamada hem de epidemiyolojik araştırmalarda önemini korumaktadır. Uyku bruksizminin subject-based değerlendirilmesinde bireyin uyku sırasında diş sıkma veya gıcırdatma davranışına ilişkin kendi farkındalığı ya da başkaları tarafından bildirilen gıcırdatma sesleri gibi bilgiler kullanılabilir. Bununla birlikte uyku sırasında gerçekleşen bir davranışın bireyin doğrudan farkındalığının dışında olması, öz-bildirim önemli bir sınırlılığdır. Sabah çene kaslarında yorgunluk veya ağrı gibi semptomlar da bireyin bruksizm algısını etkileyebilir. Öz-bildirim yöntemleri ayrıca hatırlama yanlılığına ve bildirim hatalarına açıktır (Alona et al., 2026; Manfredini et al., 2024).

Uyanıklık bruksizmde bireyin davranışına ilişkin farkındalık potansiyeli daha yüksek olmakla birlikte, retrospektif öz-bildirim yine de önemli sınırlılıklar taşımaktadır. Kişinin gün veya hafta içerisinde ne sıklıkta dişlerini sıkıldığını, dişlerini temas ettirdiğini ya da mandibulasını bracing pozisyonunda tuttuğunu sonradan hatırlaması güç olabilir. Bu nedenle uyanıklık bruksizminin

değerlendirilmesinde retrospektif sorgulamaya alternatif olarak Ekolojik Anlık Değerlendirme (Ecological Momentary Assessment, EMA) giderek daha fazla kullanılmaktadır (Alona et al., 2026; Manfredini et al., 2024)

3.1.1. Ekolojik Anlık Değerlendirme (Ecological Momentary Assessment, EMA)

EMA, bireyin günlük yaşamı sırasında akıllı telefon aracılığıyla gönderilen tekrarlayan bildirimlere yanıt vererek, o andaki çene durumunu veya davranışını bildirmesine dayanan gerçek zamanlı bir öz-bildirim yaklaşımıdır. Değerlendirmenin davranışın gerçekleştiği zamana yakın yapılması, retrospektif hatırlama yanlılığının azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Güncel EMA protokollerinde gevşek çene kasları, hafif diş teması, clenching, grinding ve mandibular bracing gibi farklı çene durumları ayrı ayrı kaydedilerek uyanıklık bruksizmi davranışlarının günlük yaşam içerisindeki dağılımı değerlendirilebilmektedir (Alona et al., 2026; Manfredini et al., 2024; Stanisic et al., 2025).

EMA protokollerinin standardizasyonuna yönelik güncel bir çalışmada, değerlendirilen beş temel çene durumundan dördünün üç günlük izlem sonunda yeterli stabiliteye ulaştığı, grinding için ise iki günün yeterli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca güvenilirlik ile katılımcı uyumu arasındaki denge açısından günde en az 12 yanıtlanmış bildirimin uygun olduğu gösterilmiştir (Alona et al., 2026). Üç günlük izlem ve günde en az 12 yanıt yaklaşımı, EMA ile yüzeysel elektromiyografinin (sEMG) birlikte kullanıldığı bir çalışmada da uygulanmıştır (Stanisic et al., 2025).

Bununla birlikte EMA, gerçek zamanlı ve doğal ortamda uygulanmasına rağmen fizyolojik bir ölçüm yöntemi değildir; elde edilen veriler bireyin belirli bildirim anlarındaki öz-bildirimlerine dayanır ve sürekli çene kası aktivitesini temsil etmez. EMA ile sEMG'nin birlikte kullanılması, bildirilen davranışlarla cihaz temelli olarak kaydedilen kas aktivitesinin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Stanisic ve arkadaşlarının çalışmasında EMA ile bildirilen uyanıklık bruksizmi davranışları ile %20 MVC üzerindeki kas aktivitesinin süresi arasında güçlü pozitif ilişki saptanmıştır ($p=0,62$; $p<0,001$) (Stanisic et al., 2025).

Sonuç olarak EMA, uyanıklık bruksizminin subject-based değerlendirilmesinde bireyin davranışa ilişkin farkındalığını, bildirim sıklığını ve zamansal örüntüsünü doğal yaşam koşullarında değerlendirmeye olanak sağlamaktadır. Ancak EMA verilerinin öz-bildirime dayandığı ve sürekli fizyolojik kas aktivitesinin doğrudan karşılığı olmadığı göz önünde bulundurulmalıdır (Alona et al., 2026; Stanisic et al., 2025).

3.2. Clinically Based Değerlendirme

Clinically based değerlendirme, bruksizm davranışının kendisinin doğrudan ölçülmesinden ziyade, motor davranışla ilişkili olabilecek klinik belirti ve bulguların profesyonel muayene yoluyla değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu ayırım özellikle önemlidir; çünkü klinik muayenede saptanan bir bulgunun varlığı, değerlendirme anında güncel bruksizm aktivitesinin bulunduğunu tek başına göstermemektedir (Verhoeff et al., 2025).

Bruksizmle ilişkilendirilen klinik bulgular arasında mekanik diş aşınması, restoratif yapılarda aşınma veya hasar, masseter kasında hipertrofi, dil ve yanak mukozasında izlenimler ile çiğneme kaslarında hassasiyet veya ağrı gibi bulgular yer alabilmektedir. Bununla birlikte bu bulguların hiçbiri tek başına bruksizme özgü kabul edilmemeli ve farklı etkenlerle ilişkili olabilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle mekanik diş aşınması, geçmiş dönemlerde meydana gelmiş aktivitelerin kümülatif etkisini yansıtabileceğinden tek başına mevcut bruksizm aktivitesinin göstergesi olarak yorumlanmamalıdır. Benzer şekilde dil izlenimleri gibi klinik işaretlerin varlığı da bruksizm aktivitesini tek başına doğrulamamaktadır (Manfredini et al., 2024; Verhoeff et al., 2025).

Klinik değerlendirmedeki bir diğer önemli sınırlılık, gözlenen işaretlerden hareketle uyku bruksizmi ile uyanıklık bruksizminin güvenilir biçimde ayırt edilememesidir. Klinik bulgular bruksizmin hangi sirkadiyen dönemde gerçekleştiğini doğrudan göstermediği gibi, gözlenen dental değişikliklerin güncel aktiviteyi mi yoksa geçmiş dönemlerdeki davranışların etkisini mi yansıttığını belirlemek de güçtür. Çok günlük portable EMG çalışmalarında da klinik muayenenin uyanıklık bruksizmi ile uyku bruksizmini ayırt etme ve gözlenen dental hasarın güncel ya da geçmiş aktiviteyle ilişkisini belirleme açısından sınırlı olduğu vurgulanmaktadır (Alona et al., 2026).

Subject-based ve clinically based değerlendirmelerin bruksizmin farklı yapılarını veya boyutlarını yansıtabileceğini gösteren güncel kanıtlar da bu yaklaşımı desteklemektedir. BruxScreen'in güvenilirlik ve geçerliliğini inceleyen Kessler ve arkadaşlarının çalışmasında, BruxScreen-Q ile belirlenen subject-based bruksizm ile BruxScreen-C ile belirlenen clinically based bruksizm arasında uyum saptanmamıştır. Katılımcıların yalnızca %5,6'sında her iki değerlendirmede de bruksizm açısından pozitif sonuç elde edilmiş ve iki yöntemin sonuçları arasındaki kappa değeri -0,138 olarak bulunmuştur (Kessler et al., 2026).

Bu bulgu klinik değerlendirmenin değersiz olduğunu değil, öz-bildirim ile klinik muayenenin bruksizmin farklı yapılarını veya boyutlarını yansıtabileceğini göstermektedir. Nitekim araştırmacılar subject-based ölçümlerin bireyin psikolojik durumu ve bruksizme ilişkin inançlarından da etkilenebileceğini; klinik ölçümlerin ise farklı bir bilgi alanını temsil ettiğini belirterek BruxScreen-

Q ve BruxScreen-C'nin birbirinin yerine kullanılmaması, tamamlayıcı araçlar olarak değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir (Kessler et al., 2026).

Bu nedenle clinically based değerlendirmenin güncel yaklaşım içerisindeki temel işlevi, klinik bulgular üzerinden doğrudan “güncel bruksizm aktivitesi” sonucuna ulaşmak değil; motor davranışla ilişkili olabilecek işaretleri ve olası klinik sonuçları tanımlamak ve bu bulguları diğer bilgi kaynaklarıyla birlikte bireyin klinik profili içerisinde yorumlamaktır. Böylece klinik muayene, subject-based veya device-based değerlendirmelerin yerine geçen bir yöntem olarak değil, bruksizmin farklı bir boyutuna ilişkin tamamlayıcı bilgi sağlayan bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (Kessler et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

3.3. Device/Instrumentally Based Değerlendirme

Device/instrumentally based değerlendirme, çene kası aktivitesinin teknolojik araçlarla kaydedilmesine ve fizyolojik özelliklerinin incelenmesine dayanmaktadır. Güncel konsensus bu yaklaşımı subject-based veya clinically based değerlendirmenin “daha kesin” bir üst basamağı olarak değil, bruksizmin farklı bir boyutuna ilişkin bilgi sağlayan bir değerlendirme alanı olarak ele almaktadır. Cihaz temelli yöntemler, çene kası aktivitesinin zamanı, süresi, yoğunluğu ve zamansal örüntüsü gibi özelliklerinin nicel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Alona et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

Uyku bruksizminin cihaz temelli değerlendirilmesinde polisomnografi (PSG) ve elektromiyografi (EMG) başlıca yöntemlerdir. PSG, çiğneme kası aktivitesinin uyku ile ilişkili diğer fizyolojik sinyallerle birlikte değerlendirilmesine olanak sağlarken, EMG doğrudan çiğneme kası aktivitesinin kaydedilmesine odaklanmaktadır. Taşınabilir EMG sistemleri ise kayıtların doğal ortamda ve daha uzun sürelerle gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Gotti et al., 2026; Pitkänen et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

Güncel yaklaşımda yalnızca belirli bir eşik üzerindeki olayların sayılması yerine, aktivitenin toplam süresi ve kas aktivitesi yükü gibi özelliklerin de değerlendirilmesi önem kazanmıştır. Bu kapsamda STAB içerisinde yer alan Bruxism Time Index (BTI), bruksizmle ilişkili çiğneme kası aktivitesinin toplam kayıt süresi içerisindeki yüzdesini; Bruxism Work Index (BWI) ise bruksizmle ilişkili toplam kas aktivitesi yükünü ifade etmektedir (Gotti et al., 2026; Verhoeff et al., 2025). İleri periodontitisli bireylerde yüzeyel EMG ile gerçekleştirilen bir çalışmada, periodontitisli ve periodontal olarak sağlıklı gruplar arasında BWI ve BTI açısından anlamlı fark saptanmaması, klinik hastalık veya doku hasarından hareketle güncel uyku bruksizmi aktivitesinin düzeyi hakkında doğrudan çıkarım yapılmaması gerektiğini desteklemektedir (Gotti et al., 2026).

EMG değerlendirmesindeki gelişmeler süre ve kas aktivitesi yükü indeksleriyle sınırlı değildir. Güncel bir pilot çalışmada TMD ağrısı bulunan ve

bulunmayan bireyler arasında klasik çiğneme kası aktivitesi (MMA) indeksi ve BTI açısından anlamlı fark saptanmazken, TMD ağrısı bulunan bireylerde EMG sinyalinin medyan frekansı ve mutlak gücü daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular frekans alanı analizlerinin kas aktivitesinin fizyolojik özelliklerine ilişkin ek bilgi sağlayabileceğini düşündürmekle birlikte, pilot nitelikleri nedeniyle daha geniş örneklemelerde doğrulanmaları gerekmektedir (Pitkänen et al., 2026).

Taşınabilir EMG sistemleri, bruksizm aktivitesinin zamansal değişkenliğinin değerlendirilmesi açısından da önem taşımaktadır. Çok günlük kayıtlar, uyku ve uyanıklık dönemlerindeki sıkma ve gıcırdatma aktivitelerinin günler ve gün içerisindeki zaman dilimleri arasında değişebildiğini ve tek günlük değerlendirmelerin önemli zamansal örüntüleri gözden kaçırabileceğini göstermektedir (Alona et al., 2026). Benzer şekilde 2025 konsensusu, cihaz temelli olarak ölçülen uyku bruksizmi aktivitesinin zaman içerisinde dalgalanabileceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle tek gecelik bir kayıta elde edilen aktivite düzeyinin bireyin uzun dönemli tipik aktivitesini temsil ettiği varsayılmamalıdır (Verhoeff et al., 2025).

Uyanıklık bruksizminin cihaz temelli değerlendirilmesinde yüzeysel EMG, doğal yaşam koşullarındaki çene kası aktivitesinin kaydedilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak konuşma ve çiğneme gibi fizyolojik aktiviteler de EMG sinyali oluşturduğundan, fonksiyonel aktivitelerin bruksizmle ilişkili aktiviteden ayrıştırılması önemlidir. EMA ile taşınabilir sEMG'nin birlikte kullanıldığı bir çalışmada katılımcılar yemek yeme ve uzun süreli konuşma gibi aktiviteleri günlük aracılığıyla kaydetmiş ve bu dönemler EMG analizinden çıkarılmıştır. Bu yaklaşım, doğal ortamda gerçekleştirilen ölçümlerde aktivitenin bağlamının da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Stanisic et al., 2025).

Bununla birlikte taşınabilir EMG sistemleri standardizasyon sorunlarını tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Kullanılan kayıt ve analiz yaklaşımı sonuçların yorumlanmasını etkileyebildiğinden, özellikle raporlanan EMG değişkenleri ve minimum kayıt süresinin standardizasyonuna gereksinim bulunmaktadır (Alona et al., 2026).

Sonuç olarak subject-based, clinically based ve device-based yaklaşımlar birbirini tamamlayan farklı bilgi kaynaklarıdır. Subject-based yöntemler bireyin deneyim ve algısını, clinically based değerlendirme motor davranışla ilişkili klinik işaretleri, cihaz temelli yöntemler ise çene kası aktivitesinin fizyolojik özelliklerini değerlendirmektedir. Bu nedenle amaç yöntemler arasında bir üstünlük sıralaması yapmak değil, klinik gereksinime veya araştırma sorusuna uygun yöntemi seçmek ve bulguları yöntemin sağladığı bilgi alanı ve sınırlılıkları içerisinde yorumlamaktır (Verhoeff et al., 2025).

4. Bruksizm Değerlendirmesinde Klinik Sonuçlar ve Biyopsikososyal Bağlam

Bruksizmin güncel değerlendirilmesinde yalnızca çiğneme kası aktivitesinin belirlenmesi yeterli değildir. Motor davranışın klinik öneminin ortaya konabilmesi için dental ve orofasiyal sonuçların yanı sıra psikososyal, uyku ile ilişkili ve sistemik faktörlerin de değerlendirilmesi gerekir. Benzer düzeyde bruksizm aktivitesinin farklı bireylerde farklı klinik sonuçlarla ilişkili olabilmesi, çok boyutlu değerlendirmenin önemini göstermektedir (Manfredini et al., 2024; Verhoeff et al., 2025).

Bruksizmle ilişkilendirilen klinik sonuçlar arasında mekanik diş aşınması, restoratif komplikasyonlar, çiğneme kaslarında yorgunluk veya ağrı ve temporomandibular bozukluklara ilişkin semptomlar yer alabilmektedir. Ancak bu bulgular tek başına güncel bruksizm aktivitesinin güvenilir göstergeleri değildir. Özellikle diş aşınması geçmiş dönemlerin kümülatif etkilerini yansıtabilir (Verhoeff et al., 2025). Benzer şekilde, ileri periodontitisli bireylerle periodontal olarak sağlıklı kontroller arasında BWI ve BTI açısından anlamlı fark saptanmaması, periodontal hasarın daha yüksek güncel uyku bruksizmi aktivitesi anlamına gelmediğini göstermektedir (Gotti et al., 2026).

Bruksizm ile TMD ve orofasiyal ağrı arasındaki ilişki de doğrusal olarak değerlendirilmemelidir. EMA ve sEMG'nin birlikte kullanıldığı bir çalışmada TMD ağrısı bulunan ve bulunmayan bireyler arasındaki farklılıkların özellikle düşük düzeyli kas aktivitesinde (%20–39 MVC) belirgin olduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, klinik sonuçların yalnızca olay sayısı ile değil, kas aktivitesinin süresi ve yoğunluk özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir (Stanisic et al., 2025).

Biyopsikososyal değerlendirmede psikososyal ve uyku ile ilişkili faktörler de önem taşımaktadır. Stres, uyku kalitesi ve uykusuzluk bruksizmle birlikte görülebilmekle birlikte, bu ilişkiler doğrudan nedensellik olarak yorumlanmamalıdır. Dental öğrencilerde yapılan bir çalışmada kombine bruksizm grubunda TMD semptomları, stres ve uyku sorunları daha yüksek bulunmuş; çok değişkenli analizde ise yalnızca TMD semptom şiddeti bağımsız olarak ilişkili kalmıştır (Kadioğlu et al., 2026). E-spor sporcularında ise sık uyanıklık bruksizmi davranışları psikolojik distres, gastroözofageal semptomlar ve önceki uyanıklık bruksizmi öyküsüyle ilişkili bulunmuştur. Bununla birlikte bu sonuçlar cihazla doğrulanmış bruksizm prevalansını değil, bildirilen davranışların sıklığını yansıtmaktadır (Souza et al., 2026).

Uyku bruksizmi değerlendirmesinde uyku fizyolojisi, otonom sinir sistemi ve metabolik değişkenler de ek bilgi sağlayabilir. Küçük ölçekli bir pilot çalışmada gece glukoz değişkenliğinin azaltılmasının ardından ritmik çiğneme kası aktivitesi (RMMA) indeksinde ve sempatik aktivitede azalma bildirilmiştir. Ancak çalışmanın küçük örnekleme ve keşifsel tasarımı nedeniyle bu bulgular,

glisemik kontrolün uyku bruksizmi için yerleşik bir tedavi olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır (Taniwaki et al., 2026).

İlaç kullanımı da biyopsikososyal değerlendirmenin bir parçasıdır. SSRI ve SNRI kullanımı ile bruksizm arasındaki ilişkiyi inceleyen güncel bir derlemede, kanıtların büyük ölçüde öz-bildirim ve klinik gözleme dayandığı, uyku ve uyanıklık bruksizminin sıklıkla ayrılmadığı ve psikolojik karıştırıcı faktörlerin yeterince kontrol edilmediği gösterilmiştir. Bu nedenle bruksizm davranışlarının doğrudan ilaç kullanımına bağlanması yerine ilaç kullanımı, psikolojik durum, uyku özellikleri ve kullanılan değerlendirme yöntemi birlikte ele alınmalıdır (Leonan-Silva et al., 2026).

Güncel yaklaşımın bir diğer yönü bireysel fenotiplemedir. Japonya'daki çok merkezli uyku bruksizmi kayıt sistemi, subject-based, klinik ve cihaz temelli verilerin STAB çerçevesinde birleştirilmesiyle farklı klinik ve EMG özelliklerine sahip alt grupların tanımlanabileceğini göstermiştir. Bu yaklaşım, bireye özgü klinik ve fizyolojik profillerin oluşturulması ve kişiselleştirilmiş risk değerlendirmesi açısından önem taşımaktadır (Okuhara ve ark., 2026).

Sonuç olarak bruksizmin klinik anlamı yalnızca motor davranışın varlığıyla değil, olası klinik sonuçları ve biyopsikososyal bağlamıyla birlikte değerlendirilmelidir. Dental ve orofasiyal bulgular, TMD semptomları, psikososyal durum, uyku özellikleri, ilaç kullanımı ve genel sağlıkla ilişkili faktörlerin birlikte ele alınması, bruksizmin bireye özgü klinik profil içerisinde yorumlanmasına olanak sağlamaktadır (Manfredini ve ark., 2024; Verhoeff ve ark., 2025).

5. Gelecek Perspektifleri

Bruksizm değerlendirmesinde gelecekte önem kazanması beklenen yönelimlerden biri, tek zamanlı ölçümlerin ötesine geçerek uzun süreli, doğal yaşam koşullarında ve bireye özgü izleme yaklaşımlarının geliştirilmesidir. 2025 konsensusunda subject-based, clinically based ve device-based yöntemlerin hiyerarşik basamaklar yerine farklı bilgi alanları olarak ele alınması, bu verilerin birlikte değerlendirildiği çok boyutlu modeller için kavramsal bir temel oluşturmaktadır (Alona et al., 2026; Okuhara et al., 2026; Verhoeff et al., 2025)

Bu süreçte portable ve wearable EMG sistemleri önem taşımaktadır. Çok günlük EMG kayıtları, uyku ve uyanıklık bruksizmi aktivitelerinin günler ve saatler arasında değişebildiğini ve tek günlük ölçümlerin bu zamansal değişkenliği yeterince yansıtmayabileceğini göstermektedir. Yaklaşık üç günlük izlemin yararlı olabileceği bildirilmekle birlikte, kayıt süresi ve EMG değişkenlerinin standardizasyonuna gereksinim devam etmektedir (Alona et al., 2026)

Uyanıklık bruksizminde EMA protokollerinin standardizasyonu da önem kazanmaktadır. Güncel bulgular, değerlendirilen çene durumlarının çoğu için üç

günlük izlem ve günde en az 12 geçerli yanıtın güvenilirlik ile katılımcı uyumu arasında uygun bir denge sağlayabileceğini göstermektedir (Alona et al., 2026). EMA ile taşınabilir EMG'nin birlikte kullanılması ise algılanan davranış ile cihaz temelli olarak kaydedilen kas aktivitesinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Stanisic et al., 2025).

Bir diğer gelişim alanı yapay zekâ ve makine öğrenmesinin EMG verilerinin analizinde kullanılmasıdır. Bu yöntemler, farklı kas aktivitesi örüntülerinin otomatik sınıflandırılması açısından potansiyel taşımaktadır. Simüle koşullarda dış teması içeren bruksizm aktivitelerinin EMG verilerinden ayırt edilebildiği gösterilmiş olmakla birlikte, özellikle dış teması olmaksızın gerçekleşen bracing gibi aktivitelerin sınıflandırılmasında güçlükler bulunmaktadır. Bu nedenle geliştirilen yöntemlerin gerçek uyku kayıtlarında doğrulanması gerekmektedir (Minakuchi et al., 2026).

Giyilebilir teknolojiler, sürekli izlemenin yanı sıra gerçek zamanlı veri analizi ve biofeedback uygulamaları açısından da potansiyel taşımaktadır. Oral wearable sistemlerin tanı, izlem ve tedavide kullanılabileceği ve yapay zekâ entegrasyonunun gelecekte önem kazanabileceği bildirilmektedir (Li, Wang, Qiu, Chen, & Wang, 2026). Sensör ve biofeedback bileşenlerinin oklüzal apareylere entegre edildiği deneysel sistemler de umut verici olmakla birlikte, bu teknolojilerin bir bölümü henüz prototip veya in vitro doğrulama aşamasındadır ve klinik kullanım öncesinde in vivo performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Al-Hamad, Asiri, Al-Qahtani, Alotaibi, & Almalki, 2025).

Gelecekteki bir diğer yaklaşım kişiselleştirilmiş fenotiplemedir. Çok merkezli uyku bruksizmi kayıt sistemlerinde self-report, klinik bulgular ve EMG verilerinin birlikte değerlendirilmesiyle farklı klinik ve fizyolojik özelliklere sahip alt gruplar tanımlanmıştır. Bu yaklaşım, bruksizmin yalnızca aktivite miktarı üzerinden değil, bireysel klinik ve biyopsikososyal özelliklerle birlikte değerlendirilmesini desteklemektedir (Okuhara et al., 2026).

Bununla birlikte yeni teknolojilerin klinik uygulamaya aktarılmasında maliyet, batarya ömrü, mekanik dayanıklılık, kablolu veri aktarımı, veri güvenliği ve yapay zekâ destekli sistemlerin klinik doğrulanması gibi sınırlılıklar bulunmaktadır. Ayrıca birçok oral wearable teknoloji için klinik kanıtlar henüz sınırlı olup etik ve düzenleyici standartların geliştirilmesine ihtiyaç vardır (Li et al., 2026).

Sonuç olarak bruksizm değerlendirmesinin geleceği; çok günlük izlem, wearable teknolojiler, EMA, yapay zekâ destekli analizler ve kişiselleştirilmiş değerlendirme modellerine yönelmektedir. Bu yaklaşımların klinik kullanıma aktarılabilmesi için yöntemlerin standardize edilmesi, geniş ve çeşitli örneklemelerde doğrulanması ve çok boyutlu değerlendirme anlayışıyla bütünleştirilmesi gerekmektedir (Alona et al., 2026; Li et al., 2026; Okuhara et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

6. Sonuç

Bruksizm değerlendirmesine ilişkin güncel yaklaşım, bruksizmin tek bir tanısal kategori içerisinde ele alınmasından uzaklaşarak çok boyutlu, yöntem-özel ve bireyselleştirilmiş bir değerlendirme anlayışına yönelmiştir. 2025 konsensusu ile subject-based, clinically based ve device/instrumentally based değerlendirmelerin hiyerarşik doğrulama basamakları olarak değil, bruksizm davranışının farklı boyutlarına ilişkin tamamlayıcı bilgi kaynakları olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya konmuştur (Verhoeff et al., 2025).

Bu kavramsal dönüşüm doğrultusunda STAB ve BruxScreen gibi standardize araçlar, bruksizmin sistematik ve karşılaştırılabilir biçimde değerlendirilmesi açısından önem kazanmıştır. STAB, bruksizm aktivitesinin değerlendirilmesini klinik sonuçlar ve ilişkili biyopsikososyal faktörlerle bütünleştirirken, BruxScreen daha kısa ve uygulanabilir bir tarama yaklaşımı sunmaktadır. Subject-based ve clinically based değerlendirme sonuçlarının her zaman birbiriyle örtüşmemesi ise bu yöntemlerin birbirinin alternatifi olmadığını, farklı bilgi alanlarını temsil ettiğini desteklemektedir (Kessler et al., 2026; Manfredini et al., 2024).

Güncel değerlendirme yöntemlerindeki gelişmeler, bruksizmin zamansal değişkenliğinin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Uyanıklık bruksizminde EMA, retrospektif öz-bildirime kıyasla davranışın günlük yaşam içerisindeki dağılımının daha yakın zamanlı değerlendirilmesine olanak sağlarken, cihaz temelli yöntemler çiğneme kası aktivitesinin cihaz temelli olarak kaydedilmesini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte EMA'nın subject-based niteliğini koruduğu ve farklı yöntemlerden elde edilen verilerin doğrudan birbirinin eşdeğeri olarak yorumlanmaması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Taşınabilir EMG sistemleriyle gerçekleştirilen çok günlük kayıtlar da bruksizm davranışlarının günler ve zaman dilimleri arasında değişkenlik gösterebildiğine işaret ederek tek zamanlı değerlendirmelerin sınırlılıklarını ortaya koymaktadır (Alona et al., 2026; Stanisic et al., 2025; Verhoeff et al., 2025).

Bruksizmin değerlendirilmesinde motor aktivitenin belirlenmesi kadar, bu aktivitenin klinik sonuçları ve biyopsikososyal bağlam içerisindeki anlamının ortaya konması da önemlidir. Diş aşınması, orofasiyal ağrı ve TMD semptomları gibi bulguların güncel bruksizm aktivitesinin doğrudan göstergeleri olarak kabul edilmemesi; psikososyal durum, uyku özellikleri, ilaç kullanımı ve eşlik eden sağlık koşullarıyla birlikte yorumlanması gerekmektedir. Bu yaklaşım, bruksizm aktivitesi ile klinik sonuçlar arasında her birey için geçerli doğrusal bir ilişki varsayılması gerektiğini desteklemektedir (Kadioğlu et al., 2026; Leonan-Silva et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

Sonuç olarak, bruksizmde güncel değerlendirme yaklaşımının temel hedefi bireyi yalnızca bruksizmin varlığı veya yokluğu üzerinden sınıflandırmak değil;

bruksizm davranışının türünü, özelliklerini, zamansal örüntüsünü, klinik sonuçlarını ve ilişkili biyopsikososyal faktörleri bütüncül olarak ortaya koymaktır. Gelecekte çok günlük izlem, giyilebilir teknolojiler, yapay zekâ destekli analizler ve bireysel fenotipleme yaklaşımlarının gelişmesiyle daha hassas ve kişiselleştirilmiş değerlendirme modellerinin oluşturulması beklenmektedir. Bununla birlikte bu gelişmelerin bilimsel ve klinik değer kazanabilmesi, yöntemlerin standardizasyonuna, farklı veri kaynaklarının uygun biçimde bütünleştirilmesine ve sonuçların 2025 konsensusunun ortaya koyduğu çok boyutlu değerlendirme çerçevesinde yorumlanmasına bağlıdır (Alona et al., 2026; Li et al., 2026; Okuhara et al., 2026; Verhoeff et al., 2025).

KAYNAKÇA

- Al-Hamad, K. A., Asiri, A., Al-Qahtani, A. M., Alotaibi, S., & Almalki, A. (2025). Development and in-vitro validation of an intraoral wearable biofeedback system for bruxism management. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1572970.
- Alona, E.-P., Amit, S., Khalil, M., & Ilana, E. (2026). Temporal patterns of bruxism behaviors: multiple day recording with portable electromyography. *Scientific Reports*, 16(1), 1046.
- Bilgen, B., Kaffaf, M. B., Şeşen, P., Saygılı, S., Özcan-Sezgin, A., Dayan, S. Ç., . . . Manfredini, D. (2026). Translation, cultural adaptation, and preliminary data evaluation of the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB) and BruxScreen in Turkey. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 94.
- Gotti, T., De Rubertis, I., Saracutu, O. I., Ferrari, M., Discepoli, N., & Manfredini, D. (2026). Electromyographic Assessment of Sleep Bruxism in Patients With Periodontitis: A Case–Control Study. *Oral diseases*.
- Kadioğlu, M. B., Durmaz, M., Eriş, M. A., & Uslu-Akçam, Ö. (2026). Biopsychosocial assessment of temporomandibular disorder symptoms across bruxism subtypes in dental students: associations with stress, sleep quality, and insomnia. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(4), 130.
- Kessler, L. J., Verhoeff, M. C., Chin, T., Su, N., Osman, A., Mungia, R., & Lobbezoo, F. (2026). Reliability, Construct Validity, Acceptability and Feasibility of the BruxScreen. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(2), 415-429.
- Leonan-Silva, B., Manfredini, D., Machado, E. V., da Silva Filho, V. F., Rodarte, L., Flecha, O. D., & Saracutu, O. I. (2026). Assessment of self-reported and clinically reported bruxism in studies on selective serotonin reuptake inhibitors and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors use: A critical appraisal aligned with the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism principles. *The Journal of the American Dental Association*.
- Li, Y., Wang, M., Qiu, S., Chen, J., & Wang, F. (2026). Current Status and Future Perspectives of Wearable Technologies for Oral Health in Clinical Applications. *Diagnostics*, 16(7), 1015.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Glaros, A., Kato, T., Koyano, K., Lavigne, G., . . . Winocur, E. (2013). Bruxism defined and graded: an international consensus. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(1), 2-4.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K., Wetselaar, P., Glaros, A., Kato, T., . . . De Leeuw, R. (2018). International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), 837-844.

- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Verhoeff, M. C., Aarab, G., Bracci, A., Koutris, M., . . . Manfredini, D. (2024). The bruxism screener (BruxScreen): Development, pilot testing and face validity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 59-66.
- Manfredini, D., Ahlberg, J., Aarab, G., Bracci, A., Durham, J., Emodi-Perlman, A., . . . Koutris, M. (2024). The development of the Standardised Tool for the Assessment of Bruxism (STAB): An international road map. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 15-28.
- Minakuchi, H., Nagasaki, M., Đinh, L. H., Miki, H., Omori, K., Nishimura, T., . . . Minematsu, N. (2026). Experimental Analysis of Automatic Discrimination Performance Between Simulated Bruxism and Non-Bruxism Under Conscious Conditions Using Electromyography and Machine Learning. *International Journal of Dentistry*, 2026(1), 7874254.
- Okuhara, S., Abe, Y., Hata, K., Kato, T., Takaba, M., Saito, M., . . . Yamaguchi, T. (2026). Multicenter Sleep Bruxism Clinical Registry in Japan: Development of the registry and exploratory analysis of data-driven clinical subgroups. *Journal of Prosthodontic Research*, JPR_D_25_00361.
- Pitkänen, M., Rytkönen, M., Miettinen, T., Ahlberg, J., Lobbezoo, F., Myllymaa, K., . . . Myllymaa, S. (2026). Electromyography Frequency Spectrum Is a Better Indicator of Sleep Bruxism Severity Related to Temporomandibular Disorder Pain Than Conventional Masticatory Muscle Activation and Bruxism Time Indices—A Pilot Study. *Journal of Sleep Research*, e70287.
- Song, X., Mo, S., Zhang, Y., Li, Y., Liu, J., Lobbezoo, F., . . . Lei, J. (2026). Translation, cultural adaptation, and pilot testing of the standardized tool for the assessment of bruxism and the bruxism screener in China. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 54.
- Souza, C. S. P., Spadon-Brito, L. G., Calças, M. A. D. P., Matoso-Filho, R. C., Castaldi, N. J. S., Melchior, M. O., . . . Mazzi-Chaves, J. F. (2026). Behavioral and psychosocial correlates of awake bruxism behaviors in esports athletes: a cross-sectional study. *Scientific Reports*.
- Stanisic, N., Baram, S., Nykänen, L., List, T., Bracci, A., Svensson, P., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Exploring the relationship between muscle activity, jaw behaviour and pain. *Scientific Reports*, 15(1), 35029.
- Taniwaki, T., Okura, K., Suzuki, Y., Tajima, T., Watanabe, A., & Matsuka, Y. (2026). Examining the Influence of Glycemic Management During Sleep on Sleep-Related Bruxism: A Pilot Study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(6), 1105-1117.
- Verhoeff, M. C., Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Bender, S., Bracci, A., Colonna, A., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Updating the bruxism definitions: report of an international consensus meeting. *Journal of Oral Rehabilitation*, 52(9), 1335-1342.

BÖLÜM 9

**Porselen Laminate Veneer
Restorasyonlarda Güncel Materyaller,
Dijital İş Akışları ve Klinik Başarı Kriterleri**

Burcu Dereli İnan¹

¹ Uzm. Dt., Protetik Diş Tedavisi, Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, Türkiye.
ORCID: 0000-0001-7537-9017

1. Giriş ve Minimal İnvaziv Felsefe

Estetik diş hekimliği, son kırk yılda geleneksel tam kuron anlayışından uzaklaşarak doku korumayı merkeze alan adeziv yaklaşımlara doğru belirgin bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümün en somut ürünlerinden biri olan porselen lamina restorasyonlar, yalnızca vestibül yüzeyi ve gerektiğinde insizal kenarı kaplayan, kalınlığı çoğunlukla 0,3 ile 0,7 mm arasında değişen ince seramik tabakalar olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde lamina restorasyonlar; renk bozuklukları, form ve boyut anomalileri, diastemalar, hafif konum düzensizlikleri, minede gelişimsel defektler ve sınırlı aşınma lezyonları gibi geniş bir endikasyon yelpazesinde, hastanın estetik beklentilerini karşılarken diş dokusunu en az düzeyde feda eden seçenekler arasında değerlendirilmektedir.

Klinik uygulamadaki yaygınlaşmanın ardında yalnızca malzeme ve teknik gelişmeler bulunmamaktadır. Sosyal medyanın estetik tedavi talebi üzerindeki etkisini inceleyen Rivas Pinto ve ark. (2026), "Hollywood gülüşü" olarak adlandırılan kalıplaşmış estetik anlayışın, özellikle genç yetişkinlerde geri dönüşümsüz işlemlere yönelik talebi artırdığını ve gerçekçi olmayan beklentilerin oluşmasına zemin hazırladığını bildirmiştir. Aynı çalışmada, gerçekçi beklentilerin oluşturulması, bilgilendirilmiş onam ve gerektiğinde psikososyal risklerin değerlendirilmesinin estetik tedavi planlamasının önemli bileşenleri olduğu vurgulanmıştır. Bu bağlamda minimal invaziv felsefe, yalnızca bir preparasyon tekniği değil, tedavi endikasyonunun sorgulanmasını da kapsayan etik bir tutum olarak ele alınmalıdır.

1.1. Lamina Restorasyonların Gelişimi ve Biyomimetik Yaklaşım

Lamina restorasyonların tarihsel gelişimi, mineye asitle pürüzlendirme tekniğinin tanımlanması, feldspatik seramiğin hidroflorik asitle pürüzlendirilebildiğinin gösterilmesi ve silan bağlayıcı ajanların seramik-reçine arayüzünde kimyasal bağ oluşturduğunun kanıtlanması gibi üç temel adeziv ilke üzerine inşa edilmiştir. Bu ilkelerin bir araya gelmesiyle ince ve kırılğan bir seramik tabakanın, mineye adeziv olarak bağlandığında dişle mekanik açıdan bütünlüklü bir yapı oluşturabildiği ortaya konmuştur. Başlangıçta refrakter day ya da platin folyo üzerinde tabakalama yöntemiyle üretilen feldspatik lamina restorasyonlar, zaman içinde yerini presleme tekniğiyle üretilen lösit ve lityum disilikat cam seramiklerine, ardından da bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) sistemleriyle frezelenen bloklara bırakmıştır.

Biyomimetik yaklaşım, restoratif malzemenin kaybedilen dokunun yalnızca biçimini değil, mekanik ve optik davranışını da taklit etmesi gerektiği düşüncesine dayanmaktadır. Doğal dişte sert ve kırılğan mine, daha esnek dentin tarafından desteklenmekte; mine-dentin sınırı ise çatlak ilerlemesini durduran bir tampon bölge işlevi görmektedir. Lamina restorasyonda seramik tabaka mineye benzer bir rijidite sergilerken reçine siman tabakası mine-dentin sınırındaki gerilim sönümleyici işlevi kısmen üstlenmektedir. Bu nedenle biyomimetik bir

lamina restorasyonun başarısı, seramiğin tek başına dayanımından çok, seramik, siman ve diş dokusundan oluşan çok katmanlı sistemin bütünlüğüne bağlıdır.

Biyomimetik yaklaşım, laminate veneerlerden farklı bir restorasyon sınıfı olmakla birlikte, posterior bölgede oklüzal veneer gibi minimal invaziv parsiyel seramik restorasyonların gelişimini de desteklemiştir. Bai ve ark. (2026), çatlak dişlerin tedavisinde uygulanan lityum disilikat oklüzal veneerlerin 2-4 yıllık izlemde %95 sağkalım oranına ulaştığını ve başarısızlık riskinin ikinci molar dişlerde belirgin biçimde arttığını bildirmiştir. Lempel ve ark. (2026) ise lokalize ön bölge aşınmasında palatinal kompozit veneerlerle vestibül seramik lamina restorasyonları birleştiren "bilaminar" yaklaşımı Dahl konsepti çerçevesinde değerlendirmiş; 8 yıla varan izlemde vestibül seramik laminaların %98,1 kümülatif sağkalım gösterdiğini, başarısızlıkların ise büyük oranda fonksiyonel palatinal kompozit bileşende yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, uygun olgu seçimiyle seramik laminaların kompleks aşınma tablolarında da öngörülebilir biçimde kullanılabileceğini göstermektedir.

1.2. Mine Dokusunun Korunmasının Uzun Dönem Adeziv Başarıya Etkisinin Biyomekanik Temelleri

Lamina restorasyonların klinik ömrünü belirleyen başlıca belirleyicilerden biri, bağlanma yüzeyinin niteliğidir. Mine, yaklaşık %96 oranında inorganik içeriğe sahip, prizmatik yapısı sayesinde fosforik asitle pürüzlendirildiğinde mikromekanik tutuculuk açısından son derece elverişli bir yüzey sunan bir dokudur. Mineye elde edilen bağlanma değerleri zaman içinde görece kararlı kalırken, dentine bağlanma hibrit tabakanın hidrolitik ve enzimatik yıkımına daha açıktır. Bu farklılık, klinik başarısızlık desenlerine doğrudan yansımaktadır.

Alqutaibi ve ark. (2025), 621 lamina restorasyonu kapsayan in vitro çalışmaların sistematik derlemesinde, mine üzerine simante edilen laminaların, geniş dentin alanlarının açığa çıktığı ya da mevcut kompozit restorasyonların bulunduğu yüzeylere simante edilenlere kıyasla daha düşük başarısızlık oranı gösterdiğini bildirmiştir. Yazarlar, dentin ya da mevcut kompozit restorasyon yüzeyleriyle karşılaşıldığında hemen dentin kapama (immediate dentin sealing, IDS) ve uygun yüzey hazırlama protokollerinin bağlanma performansını destekleyebileceğini vurgulamıştır. Benzer biçimde Alghazzawi (2024), lamina restorasyonlarda sağkalımı belirleyen en temel etkenin korunan mine miktarı olduğunu, minimal ya da preparasyonsuz uygulanan cam seramik laminaların en yüksek sağkalım oranlarına ulaştığını ifade etmiştir.

Biyomekanik açıdan bakıldığında, mine tabakasının korunması üç temel yarar sağlamaktadır. Birincisi, mine ile seramiğin elastisite modüllerinin birbirine yakın olması, fonksiyonel yükler altında arayüzde oluşan gerilim uyumsuzluğunu azaltmaktadır. İkincisi, mine üzerindeki ince ve homojen siman tabakası, polimerizasyon büzülmesinden kaynaklanan gerilimleri sınırlamaktadır. Üçüncüsü, dişin kendi yapısal bütünlüğü korunduğundan restorasyon-diş

kompleksinin eğilme rijiditesi yükselmektedir. Sonlu elemanlar analizi çalışmalarını sistematik olarak değerlendiren Feiz ve ark. (2026), lamina ve siman tabakalarında gerilimin insizal ve servikal bölgelerde yoğunlaştığını, diş dokusunda ise servikal yoğunlaşmanın baskın olduğunu göstermiştir. Aynı derlemede yükleme açısının artmasıyla gerilim değerlerinin yükseldiği ve tek bir preparasyon tasarımının tüm koşullarda biyomekanik üstünlük sağlamadığı sonucuna varılmıştır. Bu bulgu, preparasyon geometrisinden bağımsız olarak mine korunmasının ve oklüzal yüklerin kontrolünün temel ilke olarak kabul edilmesi gerektiğini desteklemektedir.

Mine korunmasının klinik karşılığı, özellikle servikal üçlüde belirginleşmektedir. Servikal bölgede mine kalınlığının 0,3-0,5 mm düzeyine inmesi, konvansiyonel derinlik oluklarıyla yapılan preparasyonlarda bu bölgede kolaylıkla dentin açığa çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle preparasyonun, dişin mevcut konturuna göre değil, planlanan son restorasyon konturuna göre yönlendirilmesi, yani dijital ya da analog ağız içi prova (mock-up) üzerinden yapılması, mine korunmasını sağlayan en etkili klinik stratejilerden biri olarak öne çıkmaktadır.

2. Güncel Materyal Bilgisi ve Seramik Seçimi

Lamina restorasyonlarda kullanılan seramikler, mikro yapılarına göre başlıca cam matriksli seramikler, partikül takviyeli cam seramikler ve polikristalin seramikler olarak sınıflandırılmaktadır. Cam fazının varlığı, hidroflorik asitle pürüzlendirme ve silanizasyon yoluyla güvenilir adeziv bağlanmaya olanak tanıdığından lamina endikasyonlarında cam içeren seramikler tercih edilmektedir. Polikristalin zirkonya ise yüksek dayanımına karşın düşük translüsensi ve farklı yüzey işlem gereksinimleri nedeniyle lamina uygulamalarında sınırlı ve seçici biçimde kullanılmaktadır. Malzeme seçimi; alt yapının rengi, planlanan restorasyon kalınlığı, mevcut mine miktarı, oklüzal yükler ve estetik beklentiler birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır.

Tablo 1. Lamina restorasyonlarda kullanılan başlıca seramik gruplarının karşılaştırmalı özellikleri

Seramik grubu	Üretim yöntemi	Mekanik davranış	Optik özellikler	Öne çıkan endikasyon
Feldspatik seramik	Tabakalama (refrakter day), CAD/CAM blok	Düşük eğilme dayanımı; yüksek oranda adeziv desteğe bağımlı	En yüksek translüens ve doğal opalesans; karakterizasyona uygun	Mine desteği yeterli, renk değişimi sınırlı, yüksek estetik talepli olgular
Lösit takviyeli cam seramik	Presleme, CAD/CAM	Feldspatiğe göre orta düzeyde artmış dayanım	Yüksek translüens, mineye yakın ışık geçirgenliği	Minimal preparasyonlu ön bölge laminaları
Lityum disilikat cam seramik	Presleme, CAD/CAM (kristalizasyon fırınlaması)	Yüksek eğilme dayanımı ve kırılma tokluğu; ince kesitte güvenilir	Farklı translüens ve opaklık seçenekleri; monolitik ya da vestibül kesilip tabakalanmış	Renk değişikliği bulunan dişler ve yeterli seramik kalınlığının sağlanabildiği minimal preparasyonlu olgular
Zirkonya takviyeli lityum silikat (ZLS)	CAD/CAM (tam ya da kısmi kristalize blok)	Lityum disilikata benzer ya da biraz daha yüksek dayanım; iyi parlatılabilirlik	Yüksek translüensli seçenekler; ince kesitte simanın rengine duyarlı	Chairside üretim, tek seanslık laminalar
Zirkonya takviyeli lityum disilikat (ZLD)	Presleme	İn vitro olarak konvansiyonel lityum disilikattan yüksek eğilme dayanımı	0,5 mm'de yüksek translüens	Yeni malzeme; klinik veriler sınırlı
Yüksek translüensli zirkonya	CAD/CAM	En yüksek dayanım; yongalanmaya dirençli	Cam seramiklere göre daha düşük translüens	Seçilmiş olgular; cam seramiklerden farklı bir adeziv yüzey işlem protokolü gerektirir

2.1. Lityum Disilikat Cam Seramikler ve Güçlendirilmiş Feldspatik Seramiklerde Son Beş Yıldaki Mekanik ve Optik Gelişmeler

Lityum disilikat cam seramikler, iğne benzeri iç içe geçmiş kristallerden oluşan mikro yapıları sayesinde çatlak ilerlemesini yavaşlatan ve ince kesitlerde dahi yüksek güvenilirlik gösteren malzemelerdir. Son yıllarda üreticiler; kristal boyutunun küçültülmesi, kristalizasyon süreçlerinin kısaltılması, gradyan translüsens ve renk geçişi sunan blokların geliştirilmesi ile virgilit gibi ek kristal fazların eklenmesi yoluyla bu malzeme grubunu çeşitlendirmiştir. Ancak her yeni formülasyonun konvansiyonel lityum disilikatla eşdeğer davranış göstermediği unutulmamalıdır. Nitekim Rizk ve ark. (2024), virgilit esaslı lityum disilikat ile üretilen 0,6 mm kalınlığındaki oklüzal veneerlerin, güçlendirilmiş CAD/CAM kompozit bloklara göre anlamlı olarak daha düşük kırılma yükü gösterdiğini ve bu kalınlıkta premolar bölgenin ortalama çiğneme kuvvetlerinin altında kalabildiğini bildirerek yeni formülasyonların azaltılmış kalınlıkta temkinli kullanılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Benzer şekilde Alhomud ve ark. (2023), dört farklı CAD/CAM lityum disilikat malzemesinde bağlanma dayanımının malzemenin mikro yapısından belirgin biçimde etkilendiğini ve yapay yaşlandırma sonrasında bu farkın derinleştiğini bildirmiştir.

Lityum disilikatın klinik performansına ilişkin en kapsamlı güncel verilerden biri, Pjetursson ve ark. (2026) tarafından tek kuronlar için yayımlanan sistematik derleme ve meta-analizdir. Bu çalışmada monolitik lityum disilikat kuronların 5 yıllık sağkalım oranı %98,5 olarak hesaplanmış; feldspatik ve silika esaslı seramik kuronların sağkalımının ise %90,4 ile anlamlı biçimde daha düşük olduğu gösterilmiştir. Bu veriler doğrudan lamina restorasyonlara genellenemez; ancak monolitik lityum disilikatın genel klinik dayanıklılığına ilişkin bağlamsal bilgi sağlamaktadır.

Lamina restorasyonlara özgü verilerde üretim yönteminin de önemli olduğu görülmektedir. Sudharson ve ark. (2025), frezelenmiş ve preslenmiş lityum disilikat laminaları karşılaştıran sistematik derlemelerinde preslenmiş laminaların hem klinik hem de laboratuvar koşullarında daha iyi kenar uyumu gösterdiğini, CAD/CAM laminaların ise iç uyum ve iş akışı verimliliği açısından avantajlı olduğunu bildirmiştir. Aynı derlemede 10 yıla varan izlemlerde preslenmiş laminaların sağkalımının daha yüksek olduğu, ancak kanıt kesinliğinin GRADE değerlendirmesine göre düşük ya da çok düşük düzeyde kaldığı belirtilmiştir. Baig ve ark. (2024) ise porselen laminaların kenar ve iç uyumunu ele alan meta-analizlerinde preslenmiş ve frezelenmiş laminalar arasında kenar aralığı açısından anlamlı fark bulunmadığını, iç aralıkta ise preslenmiş laminaların üstün olduğunu göstermiştir. Badami ve ark. (2022) da CAD/CAM ve konvansiyonel feldspatik laminaların kenar uyumunun klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını raporlamıştır.

Feldspatik seramikler, optik açıdan hâlâ referans malzeme olarak kabul edilmektedir. Tabakalama tekniğiyle üretilen feldspatik laminalar, mine ve dentinin katmanlı ışık etkileşimini en başarılı biçimde taklit edebilen restorasyonlardır. Ancak düşük eğilme dayanımları nedeniyle klinik başarıları neredeyse tümüyle mineye kurulan adeziv bağa bağlıdır. Bu nedenle feldspatik laminalar, yeterli mine desteğinin bulunduğu, renk değişiminin sınırlı olduğu ve parafonksiyonel alışkanlığın bulunmadığı olgularda üstün estetik sonuçlar sunmaktadır. Güncel bir diğer eğilim, lityum disilikat alt yapının vestibül yüzeyinin kesilerek (cut-back) feldspatik seramikle karakterize edilmesidir. Mangano ve ark. (2026), dijital olarak planlanıp preslenmiş lityum disilikat alt yapı üzerine feldspatik seramik tabakalanarak üretilen minimal invaziv restorasyonlarla tedavi edilen çivi biçimli üst yan kesici dişlerde 5 yıllık kümülatif sağkalımı %93,1 olarak bildirmiş; başarısızlıkların bir adeziv kopma ve bir yongalanmadan ibaret olduğunu raporlamıştır.

Dental porselenin nanoteknolojik katkılarla iyileştirilmesi de güncel araştırma alanları arasındadır. Abdulhussein ve ark. (2026), feldspatik porselene nano boyutlu titanyum dioksit ve bizmut oksit eklenmesinin gözenekliliği ve su emilimini azalttığını, çapsal dayanımı artırdığını ve renk stabilitesini iyileştirdiğini bildirmiştir. Bu tür deneysel formülasyonlar, gelecekte estetik performanstan ödün vermeden daha dayanıklı feldspatik malzemelerin geliştirilebileceğine işaret etmektedir.

2.2. Zirkonya Takviyeli Lityum Silikat (ZLS) Yapıları ve Ultra İnce Lamina Alternatiflerinin Endikasyon Sınırları

Zirkonya takviyeli lityum silikat seramikler, cam matriks içinde çözünmüş halde bulunan yaklaşık %10 oranındaki zirkonyum dioksidin kristal büyümesini sınırladığı, lityum metasilikat ve lityum ortofosfat kristallerinden oluşan ince taneli bir mikro yapıya sahiptir. Bu yapı, yüksek parlatılabilirlik ve iyi translüsens ile birlikte lityum disilikata benzer düzeyde mekanik dayanım sunmaktadır. Borzangy ve ark. (2026), CAD/CAM ile üretilen lamina restorasyonlarda ZLS, lityum disilikat ve polimer infiltre seramik ağ yapılı malzemeyi karşılaştırmış; ZLS'nin yapay yaşlandırma öncesinde ve sonrasında en yüksek kırılma direncini gösterdiğini, 10.000 termal döngünün ise tüm malzemelerde dayanımı anlamlı biçimde düşürdüğünü bildirmiştir.

ZLS'nin yüzey işlemine yanıtı da lityum disilikata benzerdir. Martins ve ark. (2022), zirkonya içeren lityum silikat seramiklerde hidroflorik asit uygulaması ve ardından silanizasyonun, tek basamaklı kendinden pürüzlendirmeli seramik primerine kıyasla termal döngü sonrasında anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı sağladığını göstermiştir. Bu bulgu, yeni nesil cam seramiklerde hidroflorik asit uygulamasını takiben silanizasyonun etkili bir yüzey işlem yaklaşımı olmayı sürdürdüğünü desteklemektedir.

Zirkonya takviyesinin presleme tekniğine uyarlanmasıyla geliştirilen zirkonya takviyeli lityum disilikat (ZLD) malzemeler ise literatüre en son giren grup olarak dikkat çekmektedir. Al-Dwairi ve ark. (2026), preslenebilir ZLD'nin konvansiyonel preslenmiş lityum disilikata göre anlamlı olarak daha yüksek biaksiyel eğilme dayanımı gösterdiğini (yaklaşık 470 MPa'ya karşın 438 MPa), 0,5 mm kalınlıkta ise yüksek translüsensli ZLD'nin en yüksek translüsens parametresine ulaştığını bildirmiştir. Yazarlar, bu umut verici laboratuvar bulgularının yaşlandırma testleri ve klinik çalışmalarla doğrulanması gerektiğini vurgulamıştır.

Ultra ince laminalar, genellikle 0,2-0,5 mm kalınlığındaki ve çoğunlukla preparasyonsuz ya da çok sınırlı preparasyonla uygulanan restorasyonlar olarak tanımlanmaktadır. Hameed ve ark. (2025), en az 2 yıl izlem süresi bulunan randomize klinik çalışmaları derledikleri sistematik incelemede, preparasyonsuz laminaların ortalama %97, konvansiyonel laminaların ise ortalama %92 sağkalım gösterdiğini; preparasyonsuz grupta başlıca komplikasyonların kenar yongalanması ve adeziv kopma, konvansiyonel grupta ise kırık ve restorasyonun yenilenmesini gerektiren majör başarısızlık olduğunu raporlamıştır. Bununla birlikte ultra ince laminaların endikasyon sınırları kesin çizgilerle belirlenmelidir. Renk değişimi belirgin olan dişlerde çok ince seramiğin alt yapıyı maskeleme kapasitesi sınırlıdır ve bu durum klinisyeni opak simanlara yöneltebilir. Sharma ve ark. (2026), rezin siman renginin lamina restorasyonların son rengi üzerindeki etkisini inceleyen sistematik derlemelerinde, beyaz opak ve yüksek kromalı simanların özellikle ince ve yüksek translüsensli laminalarda algılanabilirlik eşiğini aşan renk değişimlerine yol açtığını, lamina kalınlığı azaldıkça siman renginin etkisinin belirginleştiğini bildirmiştir. Al-Haddad ve ark. (2026) ise 0,5 mm kalınlığındaki yüksek translüsensli ZLS laminalarda yaşlandırmaya bağlı optik kararlılığın büyük ölçüde siman materyaline özgü olduğunu, bazı estetik simanların kabul edilebilirlik eşiğini aşan renk ve beyazlık değişimlerine neden olduğunu göstermiştir.

Ultra ince seramik restorasyonların mekanik sınırları, posterior uygulamalara ilişkin çalışmalarda daha net biçimde ortaya konmaktadır. Dellazzana ve ark. (2026), oklüzal veneer amaçlı kullanılan lityum disilikat ve 4 mol% itriyum ile stabilize zirkonyanın yorulma davranışını incelemiş; zirkonyanın 0,5 mm kalınlıkta dahi klinik olarak uygulanabilir olduğunu, lityum disilikatın ise güvenilir mekanik performans için en az 1,0 mm kalınlığa ihtiyaç duyduğunu bildirmiştir. Garcia-Torres ve ark. (2026) da 0,3 mm kalınlığındaki oklüzal veneerlerde zirkonyanın lityum disilikata göre anlamlı derecede yüksek kırılma yükü gösterdiğini ve restorasyonun bütünlüğünü tamamen ortadan kaldırmayan bir kırılma deseni sergilediğini raporlamıştır. Bu veriler ön bölge laminalarına doğrudan aktarılamasa da yüksek fonksiyonel yük altındaki bölgelerde ve parafonksiyon öyküsü bulunan hastalarda seramik kalınlığı ile malzeme seçiminin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ön bölgede ultra

ince lamina planlanırken; yeterli mine yüzeyi, renk değişiminin hafif olması, kontrollü oklüzyon ve düşük parafonksiyon riski temel ön koşullar olarak kabul edilmelidir.

3. Dijital İş Akışları ve Klinik Entegrasyon

Dijital diş hekimliği, lamina restorasyon tedavisini tanı, planlama, hasta iletişimi, üretim ve takip aşamalarını birbirine bağlayan veri tabanlı bir süreç haline getirmiştir. Bu süreçte hastanın yüz fotoğrafları, yüz tarama verileri, ağız içi tarama modelleri ve gerektiğinde konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri ortak bir sanal hasta modelinde birleştirilmektedir. Sanal hasta kavramı, restorasyonun yalnızca diş arkı üzerinde değil, dudak dinamiği, yüz orta hattı ve bipupiller çizgi gibi yüz referanslarıyla uyum içinde tasarlanmasına olanak sağlamaktadır.

3.1. Dijital Gülüş Tasarımı, Yüz Tarayıcıları ve Yapay Zekâ Destekli Planlamada Hasta Beklentilerinin Yönetimi

Dijital gülüş tasarımı (Digital Smile Design, DSD), yüz ve ağız içi fotoğrafları üzerinde yüz referans çizgileri, diş oranları, gülüş hattı ve gingival zenit konumlarının analiz edilerek estetik hedeflerin iki boyutlu olarak belirlenmesi, ardından bu tasarımın üç boyutlu dijital modelajla restorasyon formuna dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemin klinik değeri yalnızca estetik analizde değil, hastanın tedavi sürecine aktif olarak katılmasında ve beklentilerin tedavi başlamadan önce somutlaştırılmasında yatmaktadır.

Dijital gülüş tasarımının klinik aktarımında doğruluk, üretim yöntemine de bağlıdır. Feriz ve ark. (2026), 25 katılımcıda iki farklı dijital gülüş tasarımı platformuyla planlanan geçici lamina restorasyonları eklemeli (stereolitografi) ve eksiltmeli (frezeleme) üretim yöntemleriyle karşılaştırmış; standartlaştırılmış iş akışı koşullarında yazılım platformları arasında anlamlı fark bulunmadığını, boyutsal sapmalar üzerinde ise üretim yönteminin daha belirleyici olduğunu ve eklemeli üretimle elde edilen restorasyonların doğrusal ölçümlerde daha küçük sapmalar gösterdiğini bildirmiştir. Bu bulgu, dijital tasarımın klinikte öngörülebilir biçimde aktarılabilmesi için yazılım seçiminden çok standart fotoğraf protokolü ve uygun üretim tekniğinin önem taşıdığını göstermektedir.

Dijital gülüş tasarımının pembe estetik ile birlikte planlanması, özellikle gingival asimetri ya da pasif erüpsiyon bozukluğu bulunan hastalarda belirleyici önem taşımaktadır. Yadav ve ark. (2026), florozisli bir hastada dijital gülüş tasarımı ve CAD yazılımında hazırlanan sanal ağız içi prova üzerinden planlanan gingivektominin üç boyutlu yazıcıyla üretilen cerrahi rehber eşliğinde uygulandığı, ardından lityum disilikat laminalarla tamamlanan tedavide 12 aylık izlemde kararlı gingival kenarlar elde edildiğini bildirmiştir. Jurado ve ark. (2022) ise tanısal mum modelajdan üretilen ağız içi provanın kuron boyu uzatma cerrahisinde doku rehberi olarak kullanılabileceğini ve cerrahi sonrasında geçici

restorasyon işlevi görebileceğini tanımlamıştır. Dang ve ark. (2026) da dijital gülüş tasarımı rehberliğinde planlanan ve minimal preparasyonla uygulanan 10 adet lityum disilikat laminanın 6 yıllık izlemde modifiye USPHS kriterlerine göre başarılı sonuçlarını koruduğunu raporlamıştır.

Yüz tarayıcıları, iki boyutlu fotoğraflara dayalı planlamanın perspektif ve ölçek hatalarını azaltarak yüzün üç boyutlu verisini doğrudan sanal hasta modeline aktarmaktadır. Abd Allah ve ark. (2026), tam ark implant rehabilitasyonlarında yürüttükleri randomize kontrollü çalışmada yüz taramasının eklenmesinin implant konumlandırma doğruluğunu değiştirmediğini, ancak önceden planlanan geçici protezin doğruluğunu anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir. Bu çalışma farklı bir endikasyon alanında yürütüldüğünden lamina restorasyonlara doğrudan genellenemez; bununla birlikte yüz referanslarının dijital protetik planlamaya entegrasyonunun potansiyel katkısını göstermektedir. Hegazi ve ark. (2026), aşınmış dentisyonun rehabilitasyonuna ilişkin bir olgu sunumunda yüz ve ağız içi taramasını dijital gülüş tasarımı ve dijital oklüzal analizle birleştiren yüz odaklı iş akışının, artırılmış dikey boyutta fonksiyonel ve estetik planlamaya nasıl entegre edilebileceğini örneklemiştir.

Yapay zekâ, dijital gülüş tasarımı sürecine otomatik diş segmentasyonu, yüzdeki anatomik referans noktalarının belirlenmesi ve estetik parametrelerin nesnel ölçümü gibi katkılar sunmaya başlamıştır. Ibrahim ve ark. (2026), anatomik ölçümlere dayalı hibrit bir derin öğrenme sisteminin ağız içi fotoğraflardan pembe estetik skoru bileşenlerini %83-92 arasında değişen doğrulukla belirleyebildiğini, toplam skorda ise uzman değerlendirmesiyle ± 1 puanlık tolerans içinde %79,3 uyum sağladığını bildirmiştir. Bununla birlikte yapay zekâ ile üretilen görsellerin estetik standartları homojenleştirme ve gerçek dışı beklentiler oluşturma riski de göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle yapay zekâ destekli simülasyonlar, klinik muayene ve fonksiyonel analizle desteklenmedikçe tedavi taahhüdü niteliği taşımamalı; hastaya sunulan görselin bir hedef olduğu, garanti edilen bir sonuç olmadığı açıkça ifade edilmelidir.

3.2. İntraoral Tarayıcıların (IOS) Boyutsal Doğruluğu, Klinik Hassasiyete ve Hasta Konforuna Katkısı

Ağız içi tarayıcıların doğruluğu, referans geometriye yakınlığı ifade eden doğruluk (trueness) ve tekrarlanan taramalar arasındaki tutarlılığı ifade eden kesinlik (precision) bileşenleri üzerinden değerlendirilmektedir. Singh ve ark. (2025), ağız içi tarayıcıları konvansiyonel ve ağız dışı ölçü yöntemleriyle karşılaştıran sistematik derlemeleri bir araya getirdikleri kapsamlı incelemede, ağız içi tarayıcıların işlem süresini kısalttığını ve hasta konforunu artırdığını; tam ark ve dişsiz bölgelerde ise doğruluğun hâlâ sınırlayıcı bir etken olabildiğini bildirmiştir. Aynı incelemede dâhil edilen derlemelerin önemli bir kısmının in

vitro çalışmalara dayandığı ve metodolojik kalitenin çoğunlukla orta ya da düşük düzeyde kaldığı vurgulanmıştır.

Lamina restorasyonlar açısından değerlendirildiğinde, taranacak alanın genellikle kısa ark segmentlerinden oluşması ve preparasyon sınırlarının çoğunlukla supragingival ya da eşgingival konumda bulunması, ağız içi tarayıcıların doğruluk açısından en avantajlı olduğu klinik senaryoyu oluşturmaktadır. Buna karşın ince ve keskin insizal kenarların, yüksek translüensli mine yüzeylerinin ve interproksimal temas bölgelerinin taranması teknik hassasiyet gerektirmektedir. Kuru ve iyi izole edilmiş bir çalışma alanı, gingival retraksiyonun gerektiği durumlarda tek ya da çift ipli tekniğin uygulanması, üretici tarafından önerilen tarama stratejisine uyulması ve yansıtıcı yüzeylerde yeniden tarama yapılması, lamina preparasyonlarında klinik doğruluğu artıran temel önlemler arasında yer almaktadır.

Ağız içi tarama aynı zamanda hasta iletişiminde ve kalite kontrolünde de araç işlevi görmektedir. Preparasyon sonrası taramanın, ağız içi prova ya da tanısal modelaj taramasıyla karşılaştırılması, preparasyon derinliğinin nesnel olarak kontrol edilmesine ve gerekli olmayan doku kaldırılmasının önlenmesine olanak sağlamaktadır. Tarama verileri ayrıca restorasyon teslimi sonrasında yapılan periyodik taramalarla karşılaştırılarak aşınma, gingival çekilme ve kenar değişimlerinin izlenmesinde de kullanılabilmektedir.

3.3. CAD/CAM Sistemleri, 3D Baskı Teknolojileri, Klinik İçi (Chairside) ve Laboratuvar İş Akışları ile Ağız İçi Prova (Mock-Up) Aşamaları

CAD/CAM teknolojisi, lamina üretiminde iki temel iş akışı üzerinden uygulanmaktadır. Klinik içi (chairside) iş akışında tarama, tasarım, frezeleme ve gerekiyorsa kristalizasyon fırınlaması aynı seansta tamamlanmakta; laboratuvar iş akışında ise dijital veri diş teknisyenine iletilerek presleme, frezeleme ya da tabakalama gibi yöntemlerle üretim yapılmaktadır. Ramnarayan ve ark. (2025), CAD/CAM malzemelerine ilişkin sistematik derlemelerinde lityum disilikat ve zirkonyanın kırılma direnci, kenar uyumu ve uzun dönem estetik açısından öne çıktığını; cam seramiklerin ve nanohibrit kompozitlerin lamina uygulamalarında yüksek performans gösterdiğini bildirmiştir. Goh ve ark. (2025) ise CAD/CAM ile üretilen ön bölge seramik laminalarını en az bir yıl izleyen klinik çalışmaları derlemiş; dâhil edilen dört çalışmadaki toplam 1037 laminada yalnızca iki başarısızlık, o da kırık şeklinde, kaydedildiğini, ancak uzun dönem verilerin henüz yetersiz olduğunu vurgulamıştır.

Klinik içi (chairside) iş akışı, tek seansta tedavi, geçici restorasyon gereksiniminin ortadan kalkması ve preparasyon yüzeyinin kontaminasyon riskinin azalması gibi avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte ince laminaların frezelenmesi sırasında frez çapına bağlı olarak insizal kenarlarda ve ince kenar bölgelerinde mikro kırıklar oluşabilmekte, tek renkli bloklarla karmaşık karakterizasyon elde etmek güçleşebilmektedir. Laboratuvar iş akışı ise özellikle

yüksek estetik beklentili ve çok sayıda dişin tedavi edildiği olgularda diş teknisyeninin sanatsal katkısını tasarım sürecine dâhil etme olanağı sağlamaktadır.

Üç boyutlu baskı teknolojileri, lamina tedavisinde başlıca tanısal modeller, ağız içi prova anahtarları, preparasyon rehberleri, geçici restorasyonlar ve gingival cerrahi rehberlerin üretiminde kullanılmaktadır. Eklemeli üretimle elde edilen kalıcı restoratif reçineler hızla gelişmekle birlikte, lamina restorasyonlarda kalıcı malzeme olarak seramiklerin yerini alabilecek düzeyde uzun dönem klinik kanıt henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle üç boyutlu baskının lamina iş akışındaki yeri, günümüzde esas olarak tanı, planlama ve geçici restorasyonların üretimiyle sınırlı görünmektedir.

Ağız içi prova (mock-up) aşaması, dijital ya da analog tasarımın hasta ağızında ilk kez somutlaştığı ve tedavinin estetik, fonetik ve fonksiyonel açıdan test edildiği kritik bir basamaktır. Tanısal mum modelaj ya da dijital tasarım üzerinden hazırlanan silikon anahtar veya üç boyutlu baskılı kalıp içine bis-akrilik geçici materyal yerleştirilerek preparasyonsuz dişlere uygulanan prova; hastanın yeni gülüşünü dinamik olarak değerlendirmesine, dudak desteğinin, insizal kenar konumunun ve konuşma seslerinin kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Onaylanan prova, daha sonra preparasyonun doğrudan bu provanın üzerinden yapılması tekniğiyle kontrollü doku kaldırılmasına rehberlik etmektedir. Bu yaklaşım, preparasyon derinliğinin mevcut diş yüzeyine göre değil, hedeflenen son kontura göre belirlenmesini sağlayarak mine korunmasına doğrudan katkıda bulunmaktadır.

4. Klinik Uygulama Protokolleri ve Preparasyon Stratejileri

4.1. Preparasyonsuz (No-Prep), Minimal Preparasyonlu (Minimal-Prep) ve Klasik Preparasyon Endikasyonları ile Preparasyon Geometrisi

Lamina preparasyonuna ilişkin güncel yaklaşım, "her dişe standart derinlik" anlayışı yerine, planlanan restorasyon hacmine göre belirlenen ve mümkün olan en fazla mine dokusunu koruyan bireyselleştirilmiş bir strateji benimsemektedir. Preparasyon gereksinimi; dişin arkta konumu, renk değişiminin şiddeti, planlanan form değişikliğinin yönü ve miktarı, seçilen seramiğin minimum kalınlık gereksinimi ile insizal kenarın kaplanıp kaplanmayacağına göre belirlenmektedir.

Preparasyonsuz (no-prep) laminalar; diastema kapatılması, mikrodonti ve çivi biçimli yan kesiciler, lingual konumlu ya da hacim eklenmesi gereken dişler, hafif renk bozuklukları ve minede yüzeyel defektler gibi, dişe hacim eklenmesinin estetik açıdan istendiği olgularda endikedir. Bu yaklaşımda en kritik sorunlar, fazla konturlu restorasyonlar, belirgin kenar geçişleri ve servikal bölgede plak birikimine yatkın bir profil oluşmasıdır. Bu nedenle preparasyonsuz laminalarda bile servikal kenarda mine sınırları içinde kalan, çok ince bir bitiş

hattı oluşturulması ya da kenar bölgesinin dikkatli biçimde inceltilerek parlatılması önerilmektedir. Minimal preparasyonlu laminalar, preparasyonun tümüyle mine içinde kaldığı, genellikle 0,3-0,5 mm derinlikte vestibül redüksiyonunun uygulandığı restorasyonlardır. Klasik preparasyon ise belirgin renk değişimi, dişin vestibüle taşkın konumu, eski geniş restorasyonlar ya da form değişikliğinin redüksiyon gerektirdiği olgularda gündeme gelmektedir; bu olgularda dentinin açığa çıkma olasılığı ve buna bağlı adeziv riskler dikkate alınmalıdır.

Preparasyon geometrisi açısından insizal bölge tasarımı, uzun süredir tartışılan konular arasındadır. Pencere tipi (insizal kenar korunarak), uç uca (butt-joint) insizal redüksiyon ve palatinal şamfer uzantılı (overlap) tasarımlar klinikte en sık kullanılan seçeneklerdir. Feiz ve ark. (2026), sonlu elemanlar çalışmalarının sistematik derlemesinde insizal redüksiyon uygulanmayan tasarımların, insizal redüksiyon uygulananlara benzer ya da daha yüksek gerilim değerleri gösterebildiğini, palatinal şamferli tasarımlarda ise palatinal bölgede ek gerilim yoğunlaşması oluştuğunu bildirmiştir. Baig ve ark. (2024) da uç uca preparasyon tasarımının palatinal şamfere kıyasla anlamlı olarak daha düşük kenar aralığı sağladığını göstermiştir. Bu veriler, insizal kenarın uzatılması ya da insizal translüsensin taklit edilmesi gerektiğinde uç uca tasarımın, hem mekanik hem de kenar uyumu açısından dengeli bir seçenek olduğunu düşündürmektedir.

Preparasyonun genel geometrik ilkeleri şöyle özetlenebilir: servikal bitiş hattının mine içinde, belirgin ancak ince bir hafif şamfer şeklinde ve mümkünse supragingival ya da eşgingival konumda oluşturulması; proksimal kenarların temas noktasının hemen vestibülünde sonlandırılması, diastema kapatılması ya da belirgin renk değişimi gibi durumlarda ise temas bölgesine uzatılması; tüm iç açların yuvarlatılması; keskin kenar ve köşelerden kaçınılması ve preparasyon yüzeyinin pürüzsüz bitirilmesi. Keskin iç açlar hem seramikte gerilim yoğunlaşmasına hem de üretim sürecinde uyumsuzluklara yol açabilmektedir.

4.2. Adeziv Simantasyon Protokolleri: Seramik Yüzey İşlemleri, Diş Yüzeyi Hazırlığı ve Reçine Siman Seçimi

Lamina restorasyonların klinik başarısı, seramik-siman ve siman-diş arayüzlerinin her ikisinde de güvenilir ve kalıcı bir bağlanmanın sağlanmasına bağlıdır. Adeziv simantasyon, bu nedenle lamina tedavisinin tekniğe en duyarlı aşaması olarak kabul edilmektedir.

4.2.1. Seramik Yüzey İşlemleri: Hidroflorik Asit Konsantrasyonları ve Silanizasyon Mekanizmaları

Hidroflorik asit, cam fazını seçici olarak çözerek seramik yüzeyinde mikro pürüzlülük oluşturmakta ve hem yüzey alanını hem de yüzey enerjisini artırmaktadır. Pürüzlendirme süresi ve konsantrasyonu seramiğin mikro yapısına göre belirlenmelidir. Cam fazı oranı yüksek olan feldspatik seramiklerde

genellikle %9-10'luk hidroflorik asitle 60-120 saniyelik uygulamalar önerilirken, lityum disilikat seramiklerde %4,5-5'lik asitle yaklaşık 20 saniyelik uygulama yeterli kabul edilmektedir. Alhomuod ve ark. (2023), farklı lityum disilikat malzemelerinde üreticilerin önerdiği sürelerin 20 ile 30 saniye arasında değiştiğini göstermiştir. Aşırı pürüzlendirme, cam seramiklerde yüzeyel kristallerin desteksiz kalmasına ve dayanımın azalmasına neden olabileceğinden, süre ve konsantrasyonun malzemeye özgü talimatlara göre belirlenmesi önem taşımaktadır. Alghazzawi (2024), cam seramiklerde yaklaşık 20 saniyelik hidroflorik asit uygulamasını takiben 60 saniyelik silan uygulamasının adeziv kopmayı azaltan temel adımlar arasında yer aldığını bildirmiştir.

Silan bağlayıcı ajanlar, bir ucundaki hidrolize olmuş silanol grupları aracılığıyla seramik yüzeyindeki silika ile siloksan bağları oluştururken, diğer ucundaki metakrilat grubu sayesinde reçine simanla kopolimerize olmaktadır. Silanın etkinliği; hidroliz derecesine, çözücünün buharlaştırılmasına ve gerekirse sıcak hava uygulamasıyla yoğunlaşma reaksiyonunun desteklenmesine bağlıdır. Günümüzde silan içeren universal adezivlerin yaygınlaşması, ayrı silan basamağının atlanıp atlanamayacağı sorusunu gündeme getirmiştir. Alhomuod ve ark. (2023), yapay yaşlandırma sonrasında ayrı silan uygulamasının atlanmasının bağlanma dayanımını anlamlı olarak düşürdüğünü ve universal adezivin içeriğindeki silanın tek başına yeterli olmadığını göstermiştir. Tang ve ark. (2023) da universal adeziv ve kompozit siman kombinasyonlarının cam seramiğe bağlanmasında hidroflorik asit uygulamasının bağlanma dayanımını anlamlı olarak artırdığını bildirmiştir. Awad ve ark. (2024) ise uzun karbon zincirli silan monomeri içeren bir reçine simanın, hidroflorik asitle pürüzlendirilmiş lityum disilikatta ayrı silan basamağına gerek kalmaksızın yaşlandırma sonrasında dahi karşılaştırılabilir bağlanma sağladığını göstermiştir. Bu tür ürün spesifik bulgular umut verici olmakla birlikte, klinik kanıt birikene kadar ayrı silan uygulamasının rutin protokolde korunması güvenli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Prova aşamasında seramiğin tükürük, kan ya da prova pastasıyla kontamine olması, bağlanmayı olumsuz etkileyen önemli bir klinik değişkendir. Del Bianco ve ark. (2024), kontamine lityum disilikat yüzeylerinde kendinden pürüzlendirmeli seramik primerinin, önceden hidroflorik asit uygulanmış olsun ya da olmasın, bağlanma dayanımını artırdığını; ancak test edilen hiçbir temizleme yönteminin kontaminantları tümüyle ortadan kaldıramadığını göstermiştir. Bu nedenle klinik açıdan en güvenli yol, hidroflorik asit ve silan uygulamasının prova işleminden sonra yapılması ya da laboratuvarda pürüzlendirilmiş restorasyonlarda prova sonrasında uygun bir temizleme ajanı kullanılmasıdır.

4.2.2. Diş Yüzeyi Hazırlığı: Total Pürüzlendirme (Etch-and-Rinse) ve Kendinden Pürüzlendirmeli (Self-Etch) Yaklaşımlar

Mine yüzeyine bağlanmada, fosforik asitle total pürüzlendirme (etch-and-rinse) yaklaşımı altın standart olmayı sürdürmektedir. %32-37'lik fosforik asitin mineye yaklaşık 30 saniye uygulanması, prizmatik yapıda mikromekanik tutuculuk sağlayan belirgin bir pürüzlendirme deseni oluşturmaktadır. Kendinden pürüzlendirmeli (self-etch) sistemler ise preparasyonsuz ya da pürüzlendirilmemiş minede yetersiz pürüzlendirme oluşturabildiğinden, bu sistemler kullanılacaksa minenin ayrıca fosforik asitle seçici olarak pürüzlendirilmesi (seçici mine pürüzlendirme) önerilmektedir. Tang ve ark. (2023), özellikle kendiliğinden polimerize olan universal adezivlerin etch-and-rinse modunda self-etch moduna göre daha üstün bağlanma performansı gösterdiğini bildirmiştir.

Preparasyon sırasında dentinin açığa çıktığı durumlarda hemen dentin kapama tekniği gündeme gelmektedir. Bu teknikte preparasyon tamamlanır tamamlanmaz, ölçü alınmadan önce açığa çıkan dentine adeziv sistem uygulanmakta ve polimerize edilmektedir. Böylece hibrit tabaka, geçici restorasyon dönemindeki bakteriyel kontaminasyon ve fonksiyonel yüklerden etkilenmeden olgunlaşabilmektedir. Alqutaibi ve ark. (2025), açığa çıkmış dentin yüzeylerinde hemen dentin kapamanın başarısızlık oranlarını azaltan önemli bir adım olduğunu vurgulamıştır. Nasr ve AboElHassan (2025) da farklı seramiklerden üretilen oklüzal veneerlerde hemen dentin kapamanın, geciktirilmiş dentin kapamaya göre adeziv kopma kuvvetlerini ve bağlanma dayanımını anlamlı olarak artırdığını, ancak kırılma direnci üzerinde belirgin etki oluşturmadığını bildirmiştir.

Bununla birlikte hemen dentin kapamanın ince laminalarda bazı olası sakıncaları da bulunmaktadır. Elkawash ve ark. (2024), hemen dentin kapama uygulanan preslenmiş lityum disilikat laminalarda kenar aralıklarının geciktirilmiş dentin kapamaya göre daha geniş olduğunu, ancak klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını göstermiştir. Neto ve ark. (2026) ise hemen dentin kapamanın, yapay yaşlandırma sonrasında lityum disilikat laminalarda renk değişimini anlamlı olarak artırdığını ve tüm grupların algılanabilirlik ile kabul edilebilirlik eşiklerini aştığını bildirmiştir. Bu nedenle ince ve yüksek translüensli laminalarda hemen dentin kapama uygulanacaksa, adeziv tabakanın mümkün olduğunca ince tutulması, oksijen inhibisyon tabakasının gliserin jel altında ek polimerizasyonla azaltılması ve simantasyon öncesinde IDS uygulanmış yüzeyin üretici önerileri doğrultusunda yenilenmesi önerilmektedir.

4.2.3. Reçine Siman Seçimi

Lamina simantasyonunda başlıca ışıkla polimerize olan ve ikili polimerize olan reçine simanlar kullanılmaktadır. Işıkla polimerize olan simanlar; uzun çalışma süresi, artıkların kontrollü uzaklaştırılabilmesi ve amin içeren kimyasal başlatıcıların bulunmamasına bağlı olarak üstün renk stabilitesi nedeniyle ince laminalarda ilk tercih olarak kabul edilmektedir. Hajeer ve ark. (2026), ışıkla polimerize olan simanlarla simante edilen lityum disilikat ve translüsent zirkonya laminaların bağlanma dayanımını karşılaştıran meta-analizlerinde lityum disilikatın (25,4 MPa) translüsent zirkonyaya (12,1 MPa), mine yüzeyinin de (21,1 MPa) kompozit kor yüzeylere (11,3 MPa) göre daha yüksek bağlanma gösterdiğini bildirmiş; ancak yüksek heterojenite nedeniyle bulguların ihtiyatla yorumlanması gerektiğini vurgulamıştır. Aynı çalışmada lamina kalınlığı arttıkça bağlanma dayanımının azalma eğiliminde olduğu gözlenmiştir.

İkili polimerize olan simanlar ise ışık geçişinin sınırlı olduğu kalın ya da opak restorasyonlarda, belirgin renk değişimini maskelemek amacıyla opak seramiklerin kullanıldığı olgularda tercih edilebilir. Santos ve ark. (2024), ikili polimerize olan simanların en yüksek dönüşüm derecesi değerlerine ulaştığını; ince (0,4 mm) seramik altında ışıkla polimerize edilen simanların dönüşüm derecesinin, kalın (1,5 mm) seramik altındakilerden daha yüksek olduğunu ve kalın restorasyonlarda translüsent malzemelerin tercih edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Siman renginin seçimi estetik sonuç üzerinde belirleyicidir. Prova (try-in) pastalarının kullanılması, son rengin simantasyondan önce değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Sharma ve ark. (2026), translüsent ve düşük kromalı simanların ince laminalarda estetik açıdan daha olumlu sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Renk değişimi belirgin olan dişlerde siman opaklığına güvenmek yerine, maskeleme gereksiniminin seramik kalınlığı ve opaklığı ile karşılanması, uzun dönemde daha kararlı bir estetik sonuç sağlamaktadır.

Tablo 2. Cam seramik lamina restorasyonlarda önerilen adeziv simantasyon basamakları

Aşama	Klinik uygulama	Dikkat edilecek noktalar
1. Prova	Laminaların tek tek ve birlikte provası; prova pastasıyla renk kontrolü	Proksimal temasların ve kenar uyumunun doğrulanması; kontaminasyonun sonraki basamakta giderilmesi
2. Seramik yüzeyi	Hidroflorik asit (feldspatik %9-10, 60-120 sn; lityum disilikat %4,5-5, yaklaşık 20 sn; ZLS üretici talimatına göre); yıkama, kurutma	Laboratuvarda pürüzlendirildiyse prova sonrası temizleme ajanı; aşırı pürüzlendirmeden kaçınılması
3. Silanizasyon	Silan uygulaması (yaklaşık 60 sn), çözücünün buharlaştırılması; gerekirse sıcak hava	Silan içeren universal adeziv varlığında da ayrı silan basamağının korunması
4. İzolasyon	Mümkünse lastik örtü; gerektiğinde retraksiyon ipi	Tükürük ve oluk sıvısı kontaminasyonunun önlenmesi
5. Diş yüzeyi	Mineye %32-37 fosforik asit (yaklaşık 30 sn); adeziv uygulaması; IDS uygulanmış yüzeylerin yenilenmesi	Komşu dişlerin bant ile korunması; adezivin inceltilmesi
6. Simantasyon	Işıkla polimerize olan translüsent ya da düşük kromalı reçine siman; laminanın yerleştirilmesi	Oturmanın kontrolü; artıkların polimerizasyon öncesi uzaklaştırılması
7. Polimerizasyon	Her yüzeyden yeterli enerji ile polimerizasyon; kenarlara gliserin jel uygulanarak son polimerizasyon	Işık cihazının çıkış gücünün periyodik kontrolü; oksijen inhibisyon tabakasının önlenmesi
8. Bitirme	Artıkların uzaklaştırılması, kenarların parlatılması, oklüzyonun kontrolü	Protrüziv ve lateral hareketlerde interferansların giderilmesi

4.3. Polimerizasyon Parametreleri, Işık Cihazı Etkinliği ve Geçici Restorasyonların Yönetimi

Işıkla polimerize olan simanların yeterli dönüşüm derecesine ulaşması, seramikten geçerek siman tabakasına ulaşan ışık enerjisinin miktarına bağlıdır. Bu enerji; seramiğin kalınlığı, translüsensi ve rengi, ışık cihazının çıkış gücü,

spektral dağılımı, ışık ucunun restorasyona uzaklığı ve açısı ile uygulama süresinden etkilenmektedir. Petropoulou ve ark. (2025), lityum disilikat laminalar altında polimerize edilen tüm lamina simanlarının kontrol gruplarına göre anlamlı olarak daha düşük dönüşüm derecesi gösterdiğini, temasla polimerizasyonu başlatan aktivatör içeren primer sistemlerin bu değeri %4-13 oranında artırdığını bildirmiştir. Aynı çalışmada artık simanın kolay uzaklaştırılması amacıyla yapılan kısa süreli ön polimerizasyonun (tack-curing), temas modunda uygulandığında simanı camsı bir sertliğe ulaştırarak artıkların uzaklaştırılmasını zorlaştırdığı, uzaktan uygulandığında ise neredeyse hiç polimerizasyon oluşturmadığı gösterilmiş ve bu basamağın standartlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Klinik açıdan dikkat edilmesi gereken başlıca noktalar şunlardır: ışık cihazının çıkış gücünün radyometreyle düzenli aralıklarla kontrol edilmesi; ışık ucunun restorasyona mümkün olduğunca yakın ve dik konumlandırılması; vestibül, palatinal ve proksimal yüzeylerden ayrı ayrı yeterli süre polimerizasyon uygulanması; ısı artışının pulpaya zarar vermemesi için uzun süreli uygulamalarda aralıklı polimerizasyon tercih edilmesi ve son polimerizasyonun kenarlara gliserin jel uygulanarak oksijen inhibisyon tabakası oluşmadan tamamlanması. Artık simanın ön polimerizasyon sonrasında uzaklaştırılması yerine, simanın polimerizasyondan önce fırça ya da diş ipiyle dikkatle temizlenmesi, kenar bölgesinde siman eksikliği ya da fazlalığı oluşmasını önleyen alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Geçici restorasyon aşaması, lamina tedavisinde çoğu zaman göz ardı edilmekle birlikte hem preparasyon yüzeyinin korunması hem de estetik ve fonksiyonun test edilmesi açısından önemlidir. Minimal preparasyonlu dişlerde geçici laminalar genellikle onaylanmış ağız içi provanın kopyası olarak bis-akrilik materyalle doğrudan ağız içinde üretilmektedir. Tutuculuk; birkaç noktada mineye uygulanan nokta pürüzlendirme (spot-etch) ve ardından adeziv olmadan ya da sınırlı adeziv uygulamasıyla sağlanabilir. Geçici restorasyonların birbirine bağlı (splintli) olarak üretilmesi tutuculuğu artırmaktadır. Bu aşamada ojenol içeren geçici simanların kullanılmasından kaçınılmalı, geçici restorasyon sökülürken diş yüzeyinde kalan artıklar kalıcı simantasyon öncesinde dikkatle temizlenmelidir. Hemen dentin kapama uygulanmış yüzeylerde geçici materyalin IDS uygulanmış yüzeye yapışmasını önlemek amacıyla ayırıcı bir ajan kullanılması önerilmektedir. Dijital iş akışında, geçici restorasyonların eklemeli üretimle önceden hazırlanması, Feriz ve ark. (2026) tarafından gösterilen boyutsal doğruluk avantajıyla birlikte klinik süreyi kısaltan bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

5. Klinik Başarı Kriterleri ve Uzun Dönem Prognoz

Lamina restorasyonların klinik değerlendirilmesinde "sağkalım" ve "başarı" kavramlarının ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir. Sağkalım, restorasyonun

ağızda fonksiyonunu sürdürmesini ifade ederken; başarı, restorasyonun herhangi bir müdahale gerektirmeden biyolojik, mekanik ve estetik açıdan kabul edilebilir durumunu korumasını tanımlamaktadır. Klinik çalışmalarda değerlendirme genellikle modifiye Amerika Birleşik Devletleri Halk Sağlığı Servisi (USPHS) kriterleri ya da daha ayrıntılı derecelendirme sunan FDI Dünya Diş Hekimliği Federasyonu kriterleri kullanılarak yapılmaktadır. Başarısızlık tanımlarının çalışmalar arasında farklılık göstermesi, literatürdeki sağkalım oranlarının karşılaştırılmasını güçleştiren başlıca etkenlerden biridir.

Güncel literatürde lamina restorasyonların uzun dönem sağkalımına ilişkin en kapsamlı veri sentezlerinden biri, Tuzlalı ve Baki (2026) tarafından yayımlanmıştır. Yazarlar, 65 çalışma kolundan elde edilen toplam 12.617 lamina restorasyon ve 542 başarısızlığa ilişkin verileri parametrik Weibull modeliyle analiz etmiş; model tabanlı sağkalımı 5. yılda %95,8, 10. yılda %92,9 ve 20. yılda %88,3 olarak hesaplamıştır. Aynı çalışmada özellikle dijital iş akışları ve zirkonya alt gruplarında gözlenen izlem süresinin ötesine uzanan tahminlerin belirsizliğinin hızla arttığı ve bu alt gruplara ilişkin uzun dönem çıkarımların gözlenen izlem süresiyle sınırlı tutulması gerektiği vurgulanmıştır. Alenezi ve Alsahhi (2026) ise ortalama 7,6 yıl izlenen 569 ön bölge sabit restorasyonunu değerlendirdikleri retrospektif çalışmada, lamina restorasyonların toplam komplikasyon oranının (%29,1) splintli kuronlar ve konvansiyonel köprülerle karşılaştırıldığında belirgin biçimde düşük olduğunu, kötü ağız hijyeninin ise komplikasyon riskini anlamlı olarak artırdığını bildirmiştir.

5.1. Biyolojik Başarı: Periodontal Sağlık, Suprakrestal Doku Ataşmanı ve Mikrosızıntı Yönetimi

Lamina restorasyonların biyolojik başarısı, periodontal dokuların sağlığının korunması, sekonder çürük gelişmemesi ve pulpa vitalitesinin sürdürülmesi üzerinden değerlendirilmektedir. Tüm seramik restorasyonlar arasında lamina restorasyonlar, pulpaya yakın olmayan sığ preparasyonları sayesinde en düşük endodontik komplikasyon oranlarına sahip restorasyonlar arasında yer almaktadır. Alghazzawi (2024), lamina restorasyonlarla ilişkili endodontik komplikasyonların daha az görüldüğünü ve üst ile alt çene dişleri arasında sağkalım açısından fark bulunmadığını bildirmiştir.

Periodontal sağlık açısından restorasyon kenarının konumu belirleyici önem taşımaktadır. Supragingival ya da eşgingival kenarlar, hem temizlenebilirlik hem de kenar kontrolü açısından avantajlıdır ve lamina restorasyonların büyük çoğunluğunda tercih edilmelidir. Subgingival kenar yalnızca belirgin renk değişimi, servikal kök yüzeyi defektleri ya da gingival çekilme sonrası estetik gereksinimler nedeniyle zorunlu olduğunda ve kenar gingival oluk tabanını ihlal etmeyecek şekilde uygulanmalıdır. Güncel periodontal terminolojide suprakrestal doku ataşmanı olarak tanımlanan alanın korunması esastır. Restorasyon kenarının konumu periodontal fenotip, sulkus derinliği ve planlanan

restorasyonun estetik gereksinimleri dikkate alınarak bireyselleştirilmeli; mümkün olduğunca supragingival ya da eşgingival sınırlar tercih edilmelidir. Suprakrestal doku ataşmanın ihlali kronik gingival enflamasyon, çekilme ve alveoler kemik kaybı riskini artırabilir.

Pembe estetiğin korunmasında gingival zenit konumları, papilla doluluğu ve gingival kenarların simetrisi önemli rol oynamaktadır. Pasif erüpsiyon bozukluğu ya da gingival asimetri bulunan hastalarda, lamina tedavisinden önce ya da tedavinin bir parçası olarak estetik kuron boyu uzatma planlanabilir. Bu durumda definitif restoratif aşamaya geçiş zamanı, cerrahinin kapsamına ve yumuşak doku stabilitesine göre bireyselleştirilmeli; estetik bölgede yeterli doku olgunlaşmasının sağlanması beklenmelidir. Dijital planlama ile hazırlanan cerrahi rehberler, gingival kenarların önceden belirlenmiş restoratif hedeflerle uyumlu biçimde konumlandırılmasına olanak sağlamaktadır (Yadav ve ark., 2026).

Mikro sızıntı ve kenar renklenmesi, siman-diş arayüzünün zamanla bozulmasıyla ilişkilidir. Mineye yapılan bağlanmada mikro sızıntı riski en düşük düzeydedir; dentin ve sement kenarlarında ise bu risk belirgin olarak artmaktadır. Kenar bölgesindeki siman tabakasının kalınlığı, kenar uyumunun kalitesi ve simanın polimerizasyon derecesi bu açıdan belirleyicidir. Bunun yanında profesyonel ağız bakımı uygulamalarının da kenar bütünlüğünü etkileyebildiği gösterilmiştir. Moeller ve ark. (2026), hem hava-toz polisaj hem de ultrasonik temizlik işlemlerinin lamina kenarlarındaki adeziv bölgede madde kaybına yol açtığını, kaybın boyutunun ise işlem türünden çok lamina ve siman malzemesine bağlı olduğunu bildirmiştir. Bu bulgu, lamina restorasyonu bulunan hastalarda profesyonel temizlik işlemlerinin kenar bölgelerinde dikkatle ve uygun parametrelerle uygulanması gerektiğine işaret etmektedir.

5.2. Mekanik Başarı: Kırılma Direnci, Yorulma Ömrü, Adeziv Kopma Oranları ve Bruksizm Olgularında Oklüzal Tasarım İlkeleri

Lamina restorasyonlarda mekanik başarısızlıklar başlıca kohezif seramik kırıkları, yongalanmalar ve adeziv kopmalar olarak ortaya çıkmaktadır. Alghazzawi (2024), lamina restorasyonlarda sağkalımı azaltan başlıca başarısızlık mekanizmasının kırık olduğunu, bunu adeziv kopma ve renk değişiminin izlediğini ve parafonksiyonel alışkanlıkların varlığında kırık sıklığının arttığını bildirmiştir. Hameed ve ark. (2025) ise preparasyonsuz laminalarda kenar yongalanmasının ve adeziv kopmanın, konvansiyonel laminalarda ise kırık ve restorasyonun yenilenmesini gerektiren majör başarısızlıkların ön plana çıktığını göstermiştir. Bu farklılık, preparasyon derinliği arttıkça dentin bağlanmasına bağımlılığın ve restorasyonun mekanik yük altındaki davranışının değiştiğini düşündürmektedir.

Seramik restorasyonların ağız içindeki başarısızlığı çoğunlukla tek seferlik aşırı yüklerden değil, döngüsel yükler altında gelişen yorulma süreçlerinden

kaynaklanmaktadır. Seramik yüzeyindeki mikro kusurlar, nemli ortamın etkisiyle alt kritik çatlak büyümesi yoluyla zaman içinde ilerlemektedir. Dellazzana ve ark. (2026), yorulma testinde tüm kırıkların simantasyon yüzeyinden başladığını göstermiştir; bu bulgu, seramiğin iç yüzeyinin doğru işlenmesinin ve homojen bir siman tabakasıyla desteklenmesinin yorulma ömrü açısından kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Borzangy ve ark. (2026) da termal yaşlandırmanın tüm lamina malzemelerinde kırılma direncini anlamlı olarak azalttığını göstererek laboratuvar dayanım değerlerinin klinik ömre doğrudan aktarılmasında dikkatli olunması gerektiğini vurgulamıştır.

Bruksizm, lamina restorasyonlar için en önemli hastaya bağlı risk etkenlerinden biridir. Al-Talib ve ark. (2025), bruksizm ile direkt ve indirekt restorasyon başarısızlıkları arasındaki ilişkiyi inceleyen kapsam derlemelerinde bruksizmin restorasyon başarısızlığı için bir risk etkeni olduğunu, ancak lamina restorasyonlara özgü çalışmaların sayıca oldukça sınırlı kaldığını (%4,3) bildirmiştir. Chrcanovic ve ark. (2025) ise olası bruksizm tanısı konan bireylerde maksimum ısırma kuvvetinin ve diş ile seramik kırıklarının oranının anlamlı olarak daha yüksek olduğunu göstererek tedavi öncesinde bruksizm ve ısırma kuvvetinin değerlendirilmesinin yararına dikkat çekmiştir. Lempel ve ark. (2026) da bruksizmin bilaminar restorasyonlarda başarısızlık riskini artıran etkenler arasında yer aldığını raporlamıştır.

Bruksizm ya da parafonksiyon öyküsü bulunan hastalarda lamina planlanırken aşağıdaki oklüzal tasarım ilkelerinin gözetilmesi önerilmektedir: kanin rehberliğinin ve protrüziv rehberliğin mümkün olduğunca doğal diş yapısı ya da yeterli kalınlıktaki seramik üzerinde yer alması; rehberlik yüzeylerinin seramik-diş birleşim hattına denk gelmemesi; insizal kenarda uç uca tasarım uygulanarak seramik kalınlığının artırılması; eksantrik hareketlerde çalışmayan taraf interferanslarının giderilmesi ve simantasyon sonrasında oklüzyonun statik ve dinamik olarak ayrıntılı biçimde kontrol edilmesi. Ayrıca bu hastalarda gece plağı kullanımı, restorasyonların korunmasına yönelik koruyucu bir önlem olarak tedavi planına dâhil edilmelidir.

Adeziv kopma oranlarını azaltmak için mine korunması, prova sonrası kontaminasyonun giderilmesi, seramiğe özgü yüzey işlemleri, izolasyonun sağlanması ve ince restorasyonlarda ışıkla polimerize olan simanların kullanılması temel stratejiler olarak öne çıkmaktadır (Alghazzawi, 2024). Adeziv kopmanın erken dönemde ortaya çıkması durumunda izolasyon, yüzey işlemleri, siman seçimi ve polimerizasyon gibi uygulama tekniğine bağlı etkenler özellikle gözden geçirilmelidir.

5.3. Estetik Başarı: Renk Stabilitesi, Opalesans ve Floresans Özellikleri ile Uzun Dönem Takip Verileri

Estetik başarı, lamina restorasyonların öncelikli tedavi hedefi olmakla birlikte nesnel olarak ölçülmesi en güç bileşendir. Renk uyumu ve renk stabilitesi

günümüzde spektrofotometrik ölçümler ve CIEDE2000 renk farkı formülü üzerinden değerlendirilmekte; elde edilen değerler algılanabilirlik ($\Delta E_{00} = 0,8$) ve kabul edilebilirlik ($\Delta E_{00} = 1,8$) eşikleri ile karşılaştırılmaktadır. Cam seramiklerin kendisi ağız ortamında renk açısından oldukça kararlıdır; zaman içinde gözlenen renk değişiminin büyük bölümü siman tabakasından ve kenar bölgesindeki renklenmelerden kaynaklanmaktadır.

Siman kaynaklı renk değişiminin başlıca nedeni, ikili ya da kimyasal polimerize olan simanlarda bulunan tersiyer aminlerin zamanla oksidasyona uğrayarak sarımsı bir renk tonu oluşturmalarıdır. Bu nedenle ince laminalarda amin içermeyen, ışıkla polimerize olan simanlar tercih edilmektedir (Alghazzawi, 2024). Sharma ve ark. (2026), yapay yaşlandırma çalışmalarında zamanla belirgin renk değişimleri gözlemlendiğini ve bunun uzun dönem renk stabilitesi açısından önemli bir sorun oluşturduğunu bildirmiştir. Al-Haddad ve ark. (2026) da ultra ince ZLS laminalarda siman seçiminin yaşlandırma sonrası renk ve beyazlık değişimini belirleyen ana etken olduğunu göstermiştir. Bunun yanında Neto ve ark. (2026) tarafından gösterildiği üzere, adeziv katmanların sayısı ve kalınlığı da optik kararlılığı etkileyebilmektedir.

Doğal dişin estetik görünümünü belirleyen yalnızca renk değil, opalesans ve floresans gibi ışıkla etkileşime bağlı optik özelliklerdir. Opalesans, minedeki nanometrik hidroksiapatit kristallerinin kısa dalga boylu ışığı saçması sonucu insizal bölgede mavimsi, geçen ışıpta ise turuncumsu bir görünüm oluşmasıdır. Floresans ise dentinin ultraviyole ışığı emerek görünür mavi-beyaz ışık yaymasıdır ve dişin farklı ışık koşullarında canlı görünmesini sağlamaktadır. Feldspatik seramikler ve karakterize edilmiş cam seramikler bu özellikleri taklit etmede başarılıdır. Monolitik CAD/CAM bloklarda ise opalesans ve floresans daha sınırlı olabildiğinden, estetik beklentisi yüksek olgularda vestibül kesim ve tabakalama ya da yüzey boyama ile karakterizasyon uygulanabilir. Reçine simanların floresans özellikleri de farklılık göstermekte; floresans içermeyen simanlar ultraviyole ışık altında restorasyonun koyu görünmesine neden olabilmektedir.

Uzun dönem estetik verileri değerlendirildiğinde, lamina restorasyonların renk ve yüzey kalitesini büyük ölçüde koruduğu görülmektedir. Mangano ve ark. (2026), 5 yıllık izlemde kalan restorasyonların %96,3'ünün klinik olarak başarılı kabul edildiğini, kenar bütünlüğü, renk stabilitesi ve yüzey kalitesinin kararlı kaldığını bildirmiştir. Lempel ve ark. (2026) da vestibül lityum disilikat laminaların 6-8 yıllık izlemde mükemmel stabilite gösterdiğini raporlamıştır. Tuzlalı ve Baki (2026) tarafından yapılan modelleme ise 10 yıllık sağkalımın %90'ın üzerinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte 15 yılı aşan sürelerde renk, kenar ve periodontal değişimleri ayrıntılı olarak raporlayan ileriye dönük çalışmaların sayısı hâlâ sınırlıdır; bu nedenle mevcut uzun dönem veriler,

özellikle yeni malzemeler ve dijital iş akışları açısından ihtiyatla yorumlanmalıdır.

6. Komplikasyonlar ve Konservatif Çözüm (Onarım) Protokolleri

6.1. Klinik Pratikte Karşılaşılan Lokal Seramik Kırıkları, Kenar Renklenmeleri ve Adeziv Kopma Nedenleri

Lamina restorasyonlarda karşılaşılan komplikasyonlar, kaynaklarına göre teknik, biyolojik ve estetik olarak sınıflandırılabilir. Teknik komplikasyonlar arasında lokal yongalanmalar, çatlaklar, kohezif kırıklar ve adeziv kopma; biyolojik komplikasyonlar arasında sekonder çürük, gingival enflamasyon ve çekilme ile nadiren pulpa komplikasyonları; estetik komplikasyonlar arasında ise kenar renklenmesi, siman kaynaklı renk değişimi ve gingival çekilmeye bağlı kenarların görünür hale gelmesi yer almaktadır.

Lokal seramik kırıklarının başlıca nedenleri; yetersiz seramik kalınlığı, preparasyonda keskin iç açılarının bırakılması, seramik iç yüzeyindeki kusurlar, simantasyon sırasında oluşan boşluklar, oklüzal interferanslar ve parafonksiyonel yüklerdir. İnsizal kenar bölgesindeki yongalanmalar özellikle protrüziv hareketlerde aşırı yüklenen ve insizal redüksiyonu yetersiz olan laminalarda sık görülmektedir. Kenar renklenmesi ise genellikle siman artıklarının yeterince uzaklaştırılmaması, kenarın dentin ya da sement üzerinde konumlanması, simanın yetersiz polimerizasyonu ve kenar bölgesinin yeterince parlatılmaması ile ilişkilidir. Adeziv kopmanın başlıca nedenleri arasında geniş dentin yüzeylerine bağlanma, eski kompozit restorasyonlar üzerine simantasyon, kontaminasyon, seramik yüzey işlemlerindeki hatalar ve yetersiz polimerizasyon sayılabilir (Alqutaibi ve ark., 2025; Alghazzawi, 2024).

Tablo 3. Lamina restorasyon komplikasyonlarına yönelik klinik karar yaklaşımı

Komplikasyon	Olası nedenler	Önerilen yaklaşım
Küçük insizal ya da kenar yongalanması	İnce seramik, protrüziv interferans, parafonksiyon	Yüzey işlemleri ağız içi kompozit onarım ya da parlatma; oklüzal düzeltme
Geniş kohezif kırık	Yetersiz kalınlık, iç yüzey kusuru, travma, brüksizm	Kırık parça ve dayanağın durumuna göre onarım ya da yenileme; gece plağı
Adeziv kopma (restorasyon sağlam)	Kontaminasyon, dentin bağlanması, yetersiz yüzey işlemi	Laminanın iç yüzeyinin temizlenip yeniden işlenmesi ve yeniden simantasyonu

Komplikasyon	Olası nedenler	Önerilen yaklaşım
Kenar renklenmesi	Siman artığı, yetersiz polisaj, dentin kenarı	Yüzeyel ise polisaj; derin ise kenar bölgesinin kompozit ile onarımı
Sekonder çürük	Kenar açıklığı, hijyen yetersizliği	Sınırlı ise lokal onarım; yaygın ise yenileme
Gingival çekilmeye bağlı görünür kenar	Periodontal değişim, travmatik fırçalama	Mukogingival cerrahi, kompozit ile servikal ekleme ya da yenileme

6.2. Yenileme Endikasyonları ve Minimal İnvaziv İntraoral Onarım Yaklaşımları

Başarısız bir lamina restorasyonun sökülmesi, çoğu zaman ek diş dokusu kaybına yol açan, zaman alıcı ve maliyetli bir işlemdir. Özellikle mineye iyi bağlanmış bir laminanın frezle uzaklaştırılması sırasında altta kalan minenin korunması son derece güçtür. Bu nedenle minimal invaziv felsefe, restorasyonların ömrünü uzatmaya yönelik "yenileme yerine onarım" anlayışını da kapsamaktadır. Lokalize kırıklar, sınırlı yongalanmalar ve kenar defektleri, ağız içi kompozit onarım yöntemleriyle çoğu zaman başarılı biçimde yönetilebilmektedir.

Ağız içi onarımda başarının anahtarı, seramik yüzeyinin kompozit reçineye güvenilir biçimde bağlanabilecek şekilde hazırlanmasıdır. Janda ve ark. (2025), beş farklı ağız içi onarım sistemini üç farklı seramik malzeme üzerinde karşılaştırmış; lityum disilikat ve feldspatik seramik için hidroflorik asit uygulamasının en yüksek makaslama bağlanma dayanımını sağladığını, zirkonya için ise 10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat (10-MDP) içeren sistemlerin tercih edilmesi gerektiğini bildirmiştir. Tavares ve ark. (2024), kırık lityum disilikat yüzeyinin makroskopik tasarımından bağımsız olarak yüzey işlemi uygulanmamasının onarım dayanımını anlamlı olarak düşürdüğünü ve hidroflorik asit uygulamasının kumlama göre daha yüksek onarım dayanımı sağladığını göstermiştir.

Ağız içinde hidroflorik asit kullanımının yumuşak dokular açısından risk taşıması, alternatif yüzey işlemlerine olan ilgiyi artırmıştır. Bessa ve ark. (2025), tükürükle kontamine olmuş lityum disilikat yüzeylerinin onarımında, temizleme ajanı ya da alüminyum oksit ile kumlamanın bağlanmayı iyileştirdiğini, kendinden pürüzlendirmeli seramik primerinin ise hidroflorik asit ve silan kombinasyonuna benzer sonuçlar verdiğini ve daha düşük toksisitesi nedeniyle ağız içi onarımda uygun bir alternatif oluşturduğunu bildirmiştir. Aladağ ve Ayaz

(2023) ise farklı CAD/CAM seramiklerin onarım bağlanma dayanımını incelemiş; ZLS ve lityum disilikat içeren cam seramiklerde hidroflorik asitin lazer uygulamalarıyla kombinasyonunun en yüksek onarım dayanımını sağladığını, lazer uygulamasının tek başına ise cam seramiklerde anlamlı bir iyileşme oluşturmadığını göstermiştir.

Bu veriler ışığında cam seramik lamina restorasyonlarda ağız içi onarım için şu basamaklı protokol önerilebilir: öncelikle lastik örtü ile izolasyon sağlanır ve yumuşak dokular korunur; kırık yüzeyi elmas frezle hafifçe pürüzlendirilir ve kenarlarına bizotaj uygulanır; yüzey alüminyum oksit ile ağız içi kumlama cihazıyla temizlenir ya da temizleme ajanı uygulanır; üretici talimatlarına uygun hidroflorik asit, sıkı izolasyon ve yumuşak doku korunması altında uygulanır; uygun ürünlerde kendinden pürüzlendirmeli seramik primerleri alternatif olarak değerlendirilebilir; ayrı silan basamağı uygulanarak çözücü buharlaştırılır; açığa çıkan diş dokusu varsa fosforik asit ve adeziv ile hazırlanır; son olarak kompozit reçine tabakalama tekniğiyle yerleştirilir, polimerize edilir ve dikkatle bitirilip parlatılır. Oklüzal interferansların kontrolü ve gerekirse gece plağı önerilmesi, onarımın uzun ömürlü olması açısından tamamlayıcı adımlardır.

Bir laminanın onarım yerine yenilenmesi, kırığın restorasyonun büyük bölümünü kapsadığı, estetik açıdan kabul edilemez bir sonuç elde edileceği, sekonder çürüğün yaygın olduğu ya da laminanın tekrarlayan biçimde başarısız olduğu durumlarda gündeme gelmelidir. Adeziv kopma ile ayrılan ancak sağlam kalan laminalar ise iç yüzeylerindeki siman artıkları uzaklaştırıldıktan sonra yeniden pürüzlendirilip silanlanarak başarıyla yeniden simante edilebilmektedir. Bu yaklaşım, hem ek doku kaybını önlemekte hem de hastaya zaman ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

7. Sonuç ve Gelecek Perspektifi

7.1. Yapay Zekâ Destekli Restorasyon Tasarımı ve Oklüzal Analizin Geleceği

Yapay zekâ uygulamaları, protetik diş tedavisinde görüntü işleme, karar destek sistemleri, restorasyon tasarımı, simülasyon ve hasta iletişimi gibi pek çok alanda hızla yer edinmektedir. Faure ve ark. (2026), protetik diş tedavisindeki yapay zekâ sistemlerini beş ana başlık altında sınıflandırmış; bu sistemlerin CAD/CAM iş akışında restorasyon kenarlarının belirlenmesi, ağız içi tarama verilerinden kuron önerileri üretilmesi ve hastalara kişiselleştirilmiş açıklamalar sunulması gibi işlevler üstlenebildiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada otomasyon yanlılığı, sistemlerin şeffaflık ve açıklanabilirlik eksikliği, veri güvenliği ile tedavi başarısızlığı durumunda sorumluluğa ilişkin etik ve hukuki belirsizlikler önemli sınırlılıklar olarak vurgulanmıştır.

Holiel ve ark. (2026), yapay zekâ tabanlı otomatik kuron tasarım sistemlerini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizlerinde derin öğrenme ve üretken

çekişmeli ağ tabanlı platformların klinik olarak kabul edilebilir morfolojik doğruluk, iç uyum ve oklüzal temas üretimi sağladığını, tasarım süresini ise %25-50 oranında kısalttığını bildirmiştir. Bununla birlikte kanıtların büyük ölçüde in vitro ve hesaplamalı çalışmalardan elde edildiği, ileriye dönük klinik doğrulamanın sınırlı kaldığı ve anatomik olarak karmaşık olgularda uzman teknisyen katkısının yararlı olmayı sürdürdüğü vurgulanmıştır. Lamina restorasyonlar açısından yapay zekânın en önemli potansiyel katkıları; yüz referanslarıyla uyumlu diş formu önerileri, estetik parametrelerin nesnel analizi (İbrahim ve ark., 2026), hastaya özgü mandibular hareket verileriyle entegre dinamik oklüzyon simülasyonları ve preparasyon derinliğinin planlanan restorasyon hacmine göre otomatik olarak hesaplanması şeklinde öngörülmektedir.

Yapay zekânın klinik uygulamaya güvenli biçimde entegrasyonu için algoritmaların farklı etnik kökenlerden, yaş gruplarından ve yüz tiplerinden elde edilen geniş veri setleriyle eğitilmesi, sonuçların açıklanabilir olması ve nihai klinik kararın her zaman hekimde kalması gerekmektedir. Aksi halde yapay zekâ tarafından üretilen estetik önerilerin tek tip bir gülüş modelini yaygınlaştırması ve bireysel yüz özelliklerini göz ardı etmesi olasıdır.

7.2. Nanoteknolojik Materyal Geliştirmeleri, Adeziv Yüzey İşlemleri ve Gelecek Eğilimler

Seramik malzeme biliminde gelecekteki gelişmelerin, dayanım ile estetik arasındaki geleneksel ödünleşimi ortadan kaldırmaya yönelik olacağı öngörülmektedir. Kristal boyutunun nanometrik düzeye indirilmesi, gradyan mikro yapılar ve zirkonya takviyeli cam seramikler bu yöndeki ilk adımlar olarak değerlendirilebilir (Al-Dwairi ve ark., 2026). Nano boyutlu oksit katkılarla porselenin fiziksel ve optik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik deneysel çalışmalar da (Abdulhussein ve ark., 2026) gelecekte daha dayanıklı ve renk açısından daha kararlı feldspatik malzemelerin geliştirilebileceğine işaret etmektedir.

Nanoteknolojik yüzey modifikasyonları, özellikle adeziv arayüzün geliştirilmesi açısından umut vadetmektedir. Hidroflorik asitin toksik etkilerinden kaçınmaya yönelik kendinden pürüzlendirmeli seramik primerleri, yeni silan kimyaları ve siman içine entegre edilmiş uzun zincirli silan monomerleri (Awad ve ark., 2024), adeziv protokollerin sadeleşmesine ve tekniğe duyarlılığın azalmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte bu yaklaşımların yerleşik hidroflorik asit ve silan protokolünün yerini alabilmesi için uzun dönem klinik verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelecekteki klinik trendler arasında tam dijital iş akışlarının yaygınlaşması, yüz tarayıcıları ve dijital artikülâtörlerle entegre sanal hasta modellerinin standart hale gelmesi, eklemeli üretimle üretilen kalıcı seramik restorasyonların klinik kullanıma girmesi ve lamina restorasyonların oklüzal veneerler gibi posterior

uygulamalarla birlikte bütüncül minimal invaziv rehabilitasyon konseptleri içinde kullanılması sayılabilir. Tüm bu gelişmelere karşın, lamina restorasyonların uzun dönem başarısını belirleyen temel ilkelerin değişmediği görülmektedir: doğru endikasyon ve gerçekçi beklenti yönetimi, mine dokusunun mümkün olan en yüksek düzeyde korunması, seramiğe ve diş yüzeyine özgü titiz adeziv protokoller, oklüzal risklerin kontrolü ve düzenli klinik takip.

Sonuç olarak porselen lamina restorasyonlar, güncel malzemeler ve dijital iş akışlarıyla desteklendiğinde, ön bölge estetik rehabilitasyonunda biyolojik maliyeti düşük, öngörülebilir ve uzun ömürlü bir tedavi seçeneği sunmaktadır. Bununla birlikte yeni malzemelere, ultra ince uygulamalara ve yapay zekâ destekli iş akışlarına ilişkin kanıtların önemli bölümünün henüz laboratuvar çalışmalarına ya da kısa ve orta dönem klinik verilere dayandığı unutulmamalıdır. Klinisyenin bu yenilikleri benimserken kanıt düzeyini eleştirel biçimde değerlendirmesi ve her hastada tedavi kararını bireysel risk profili doğrultusunda vermesi, çağdaş estetik diş hekimliğinin temel sorumluluğu olarak kabul edilmelidir.

KAYNAKÇA

- Abd Allah, D. A. E., Abdelfattah, A. M., Nawar, N. H., & Elsherbeeney, Y. S. (2026). Striving for trueness: Effect of face scanning on implant planning and interim prosthesis in implant supported prosthesis; A parallel randomized blinded clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(3), 785-793. doi:10.1016/j.prosdent.2026.05.052
- Abdulhussein, H. J., Majeed, S. M., Muhi, E., Salim, E. T., & Gopinath, S. C. B. (2026). A novel study on dental porcelain from indigenous raw materials: Enhancing the physical and mechanical properties through nano-additive reinforcement. *Odontology*. Advance online publication. doi:10.1007/s10266-026-01505-1
- Aladağ, S. Ü., & Ayaz, E. A. (2023). Repair bond strength of different CAD-CAM ceramics after various surface treatments combined with laser irradiation. *Lasers in Medical Science*, 38(1), 51. doi:10.1007/s10103-023-03715-3
- Al-Dwairi, Z. N., Fodeh, R. A., Nimri, A., Husain, N. A.-H., & Tabnjh, A. (2026). Evaluation of translucency and flexural strength of contemporary zirconia-reinforced lithium disilicate. *The International Journal of Prosthodontics*. Advance online publication. doi:10.11607/ijp.9977
- Alenezi, A., & Alsalhi, H. (2026). Influence of material, design, and patient factors on long-term outcomes of anterior fixed dental prostheses: A retrospective clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 135(3), 552.e1-552.e8. doi:10.1016/j.prosdent.2025.10.033
- Alghazzawi, T. F. (2024). Clinical survival rate and laboratory failure of dental veneers: A narrative literature review. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(5), 131. doi:10.3390/jfb15050131
- Al-Haddad, A., Alrabadi, M., Abu Zaghlan, R., Al-Karadsheh, O., & Al-Omiri, M. K. (2026). Masking performance of structural-color composites as luting agents for high-translucency zirconia-reinforced lithium silicate veneers. *Journal of Prosthodontics*. Advance online publication. doi:10.1111/jopr.70211
- Alhomuod, M., Phark, J.-H., & Duarte, S. (2023). Bond strength to different CAD/CAM lithium disilicate reinforced ceramics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), 129-137. doi:10.1111/jerd.12984
- Alqutaibi, A. Y., Algabri, R. S., Alghauli, M. A., Farghal, A. E., Alnazzawi, A. A., & Saker, S. E. S. (2025). Survival rate, bond, and fracture strength of laminate veneers bonded to different tooth substrates: A systematic review of in vitro studies. *Journal of Prosthodontics*, 34(6), 563-573. doi:10.1111/jopr.13931
- Al-Talib, T., Goodman, X., Ziada, H., & Abubakr, N. H. (2025). Bruxism and direct and indirect restorations failure: A scoping review. *Journal of Dentistry*, 157, 105738. doi:10.1016/j.jdent.2025.105738

- Awad, M. M., Alhalabi, F., Alanazi, A. A., Alanazi, A. A., Alshahrani, G. A., Fu, C., . . . Fawzy, A. S. (2024). Resin cementation of lithium disilicate ceramic: A microtensile bond strength evaluation. *Materials*, 17(1), 137. doi:10.3390/ma17010137
- Badami, V., Satya Priya, M., Vijay, L., Kethineni, H., Akarapu, S., & Agarwal, S. (2022). Marginal adaptation of veneers: A systematic review. *Cureus*, 14(11), e31885. doi:10.7759/cureus.31885
- Bai, X.-S., Hong, Y.-Y., Shao, X., Wang, M.-K., & Pu, Y.-F. (2026). Clinical performance of lithium disilicate ceramic occlusal veneers for restoring cracked teeth: A 2- to 4-year prospective cohort study. *Clinical Oral Investigations*, 30(8), 364. doi:10.1007/s00784-026-07044-x
- Baig, M. R., Qasim, S. S. B., & Baskaradoss, J. K. (2024). Marginal and internal fit of porcelain laminate veneers: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(1), 13-24. doi:10.1016/j.prosdent.2022.01.009
- Bessa, M. S., Marinho, L. C. N., Miranda, L. M., Carvalho, I. H. G., Campos, B. O., Borges, B. C. D., . . . Souza, R. O. A. (2025). Repair bond strength of resin composite to CAD/CAM glass-ceramic: Influence of cleaning methods, surface treatments, and aging. *Journal of Dentistry*, 154, 105568. doi:10.1016/j.jdent.2025.105568
- Borzangy, S., Abdelaziz, M. H., Ainoosah, S., Mahmoud, S., & Alqutaibi, A. Y. (2026). Effect of artificial aging on the fracture resistance of CAD/CAM veneer materials: A comparative in vitro study. *European Journal of Dentistry*. Advance online publication. doi:10.1055/s-0046-1824439
- Chrcanovic, B. R., Bergengren, T., Stanisic, N., Sohrabi, S., Larsson, C., Svensson, P., & Häggman-Henrikson, B. (2025). Relationship between bite force, bruxism, and fractures of teeth and dental restorations. *Scientific Reports*, 15(1), 22752. doi:10.1038/s41598-025-07772-2
- Dang, A. T., Nguyen, A. P. T., Le, L. T. T., Pham, H. T., & Bourgi, R. (2026). Digital smile design-driven minimally invasive lithium disilicate laminate veneers in the aesthetic zone: A 6-year follow-up case report. *Frontiers in Dental Medicine*, 7, 1746318. doi:10.3389/fdmed.2026.1746318
- Del Bianco, F., Mazzitelli, C., Maravic, T., Josic, U., Florenzano, F., Baldissara, P., . . . Mazzoni, A. (2024). Bond strength to lithium-disilicate ceramic after different surface cleaning approaches. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 26, 11-18. doi:10.3290/j.jad.b4874329
- Dellazzana, F. Z., Souza, L. F. B., Silva, G. R., Freitas, J. S., Dos Santos, S. S., Pereira, G. K. R., . . . May, L. G. (2026). Fatigue behavior of dental ceramics for occlusal veneers: Impact of the material thickness. *Journal of the Mechanical*

- Elkawash, H. A., Abdalla, M. A., Haridy, R., Abbas, M., Kaisarly, D., & El Gezawi, M. (2024). Influence of immediate dentin sealing on marginal gaps of laminate veneers: Machinable monolithic zirconia versus pressable lithium disilicate. An in vitro study. *The International Journal of Prosthodontics*, 37(1), 109. doi:10.11607/ijp.8008
- Faure, M., Millet, C., Richert, R., Rokhshad, R., Tamimi, F., & Ducret, M. (2026). Artificial intelligence systems in prosthodontics: Current applications and challenges. *Australian Dental Journal*. Advance online publication. doi:10.1111/adj.70065
- Feiz, A., Farajzadeh, M., & Farajzadeh, A. (2026). Influence of various tooth preparation designs on stress distribution in anterior ceramic veneers: A systematic review of finite element analysis studies. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. Advance online publication. doi:10.1111/jerd.70261
- Feriz, M., Abbasgholizadeh, Z. Ş., Aslan, Y. U., & Özkan, Y. (2026). Two-dimensional accuracy of provisional laminate veneers designed using two digital smile design platforms and fabricated by additive and subtractive manufacturing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 38(8), 1574-1585. doi:10.1111/jerd.70178
- Garcia-Torres, F., Flores-Ortega, J. P., Gamundi-Cantu, G. A., Rojas-Rueda, S., Ayala-Herrera, J. L., Antal, M. A., . . . Nurrohman, H. (2026). Comparative quasi-static compressive loading performance of two ultrathin ceramic occlusal veneers for minimally invasive restorations. *Biomimetics*, 11(7), 517. doi:10.3390/biomimetics11070517
- Goh, D., Ruprai, S., Singh Khehra, A., Cheng, M., & Ellakwa, A. (2025). The reported complications of milled ceramic anterior veneers with at least one year follow up: A systematic review. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 33(3), 277-286. doi:10.1922/EJPRD_2846Goh10
- Hajeer, O., Alyousef, R., AlKadour, J., & Hasan, A. (2026). Retention of lithium disilicate and translucent zirconia veneers bonded with light-cured resin cements: A systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 38(4), 42. doi:10.1007/s44445-026-00156-w
- Hameed, F. F. S., Rajendran, M. R., Kalaiselvam, R., Rajakumaran, A., Ramesh, S. R., & Kuzhanchinathan, M. (2025). Clinical outcomes of no-prep veneers and conventional veneers: A systematic review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 26(12), 1245-1251. doi:10.5005/jp-journals-10024-3981
- Hegazi, A. A., Eletreby, A., Aboelfadl, A., Taha, D., & Ahmed, F. A. M. (2026). Comprehensive oral rehabilitation of worn dentition using a facially driven

- digital workflow and minimally invasive adhesive restorations. *Journal of Prosthodontics*. Advance online publication. doi:10.1111/jopr.70210
- Holiel, A. A., Al Nakouzi, M. M., Enrique Cuevas-Suárez, C., Flores-Ledesma, A., Drouri, S., & Bourgi, R. (2026). Accuracy and functional performance of artificial intelligence-based automated crown design systems: A systematic review and meta-analysis. *Biomedical Engineering and Computational Biology*, 17, 11795972261463709. doi:10.1177/11795972261463709
- Ibrahim, M., Adayil, G. G., Hany, N., Emad, N., & Hosny, M. M. (2026). Artificial intelligence-based photographic detection of pink esthetic score attributes using a hybrid deep learning segmentation pipeline: A method development study. *Scientific Reports*, 16(1), 23726. doi:10.1038/s41598-026-62229-4
- Janda, M., Papia, E., & Larsson, C. (2025). Shear bond strength of five different repair systems to three different ceramic materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 38(6), 695-702. doi:10.11607/ijp.9179
- Jurado, C. A., Parachuru, V., Villalobos Tinoco, J., Guzman-Perez, G., Tsujimoto, A., Javvadi, R., & Afrashtehfar, K. I. (2022). Diagnostic mock-up as a surgical reduction guide for crown lengthening: Technique description and case report. *Medicina*, 58(10), 1360. doi:10.3390/medicina58101360
- Lempel, E., Németh, K. D., Dunavári, E. K., Jeges, S., & Szalma, J. (2026). Long-term clinical performance of bilaminar veneers combined with the Dahl concept for the management of localized anterior tooth wear: An ambispective cohort study. *Dental Materials*, 42(9), 1692-1704. doi:10.1016/j.dental.2026.04.018
- Mangano, F. G., Mangano, C., Maslikova, E., Kozlitina, I., Chugaeva, U., & Morozova, N. (2026). Clinical performance of digitally planned lithium disilicate restorations for peg-shaped maxillary lateral incisors: A 5-year retrospective study. *Journal of Dentistry*, 167, 106577. doi:10.1016/j.jdent.2026.106577
- Martins, J. D., Moura, D. M. D., Lima, C. M., de Carvalho, R. L. A., Leite, F. P. P., & Souza, R. O. A. (2022). Surface treatment and cementation of lithium silicate ceramics containing ZrO₂. *Operative Dentistry*, 47(2), 202-213. doi:10.2341/20-156-L
- Moeller, J., Meissner, T., Fuchs, F., Koenig, A., Hahnel, S., Mayer, L. A., . . . Schulz-Kornas, E. (2026). Influence of air polishing and ultrasonics on veneer margins in vitro: An optical coherence tomography pilot study. *Clinical and Experimental Dental Research*, 12(4), e70407. doi:10.1002/cre2.70407
- Nasr, D. M., & AboElHassan, R. G. (2025). Effect of different ceramic materials and dentin sealing on occlusal veneers bond strength and fracture resistance. *BMC Oral Health*, 25(1), 186. doi:10.1186/s12903-025-05505-5

- Neto, O. M. S., Souto, I. C. C., Pauletto, P., & Almeida, R. P. (2026). Influence of immediate dentin sealing on the color stability of lithium disilicate ceramic laminate veneers bonded to sound and eroded dentin after accelerated aging. *Materials*, 19(16), 3482. doi:10.3390/ma19163482
- Petropoulou, A., Dimitriadi, M., Zinelis, S., Papathanasiou, I., & Eliades, G. (2025). Conversion and tack-curing of light-cured veneer luting agents. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(9), 307. doi:10.3390/jfb16090307
- Pjetursson, B. E., Pitta, J., Balet, A., Bjarnadottir, G. R., Sailer, I., & Romandini, P. (2026). A systematic review and meta-analysis evaluating the survival, failure, and complication rates of metal-ceramic, veneered, and monolithic all-ceramic tooth-supported single crowns-Part 1. *The International Journal of Prosthodontics*, 39(3), 308-324. doi:10.11607/ijp.9633
- Ramnarayan, B. K., Nagral, S. M., Nanaiah, P., Satelur, K. P., Venkatasubramanian, R., & Avinash, J. (2025). Revolutionizing dental restorations: Insights into computer-aided design/computer-aided manufacturing materials - A systematic review. *Dental Research Journal*, 22, 52. doi:10.4103/drj.drj_286_25
- Rivas Pinto, L., Morales Oviedo, P., Paredes Saavedra, Y. C., & Garcia Alvarez, E. (2026). Influence of social media on the demand for esthetic dental treatment: Patient expectations, risks, and professional responsibility. *Cureus*, 18(7), e112928. doi:10.7759/cureus.112928
- Rizk, A., El-Guindy, J., Abdou, A., Ashraf, R., Kusumasari, C., & Eldin, F. E. (2024). Marginal adaptation and fracture resistance of virgilite-based occlusal veneers with varying thickness. *BMC Oral Health*, 24(1), 307. doi:10.1186/s12903-024-04071-6
- Santos, M., Fidalgo-Pereira, R., Torres, O., Carvalho, O., Henriques, B., Özcan, M., & Souza, J. C. M. (2024). The impact of inorganic fillers, organic content, and polymerization mode on the degree of conversion of monomers in resin-matrix cements for restorative dentistry: A scoping review. *Clinical Oral Investigations*, 28(8), 454. doi:10.1007/s00784-024-05829-6
- 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. doi:10.3389/fdmed.2026.1789416
- Singh, R., Mistry, G., Kini, A., Ansari, R., Kailaje, V., & Kapoor, S. (2025). Accuracy and clinical performance of intraoral scanners compared to conventional and extraoral impressions: An umbrella review. *Cureus*, 17(9), e93202. doi:10.7759/cureus.93202
- Sudharson, N. A., Bali, P., Thomas, P. M., Kurian, N., & Varghese, K. G. (2025). Clinical performance and survival outcomes of milled versus pressed lithium

- disilicate veneers: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 37(12), 2590-2600. doi:10.1111/jerd.70038
- Tang, C., Mercelis, B., Ahmed, M. H., Yoshihara, K., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2023). Adhesive performance assessment of universal adhesives and universal adhesive/composite cement combinations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 25, 241-256. doi:10.3290/j.jad.b4646953
- Tavares, M. J., Amaral, F. L., Basting, R. T., Turssi, C. P., & França, F. M. (2024). Effect of different design and surface treatment on the load-to-failure of ceramic repaired with composite. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 37(1), 88-95. doi:10.54589/aol.37/1/88
- Tuzlali, M., & Baki, N. (2026). Weibull survival modeling of laminate veneers using aggregated data from published clinical cohorts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 136(3), 812-820. doi:10.1016/j.prosdent.2026.06.003
- Yadav, C., Tandon, S., Lamba, A. K., Faraz, F., & Mehta, A. (2026). Digitally guided soft-tissue recontouring using a 3D-printed surgical stent for aesthetic rehabilitation of a patient with moderate dental fluorosis: A case report. *Cureus*, 18(5), e108493. doi:10.7759/cureus.108493

- Al-Hamad, K. A., Asiri, A., Al-Qahtani, A. M., Alotaibi, S., & Almalki, A. (2025). Development and in-vitro validation of an intraoral wearable biofeedback system for bruxism management. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1572970.
- Alona, E.-P., Amit, S., Khalil, M., & Ilana, E. (2026). Temporal patterns of bruxism behaviors: multiple day recording with portable electromyography. *Scientific Reports*, 16(1), 1046.
- Bilgen, B., Kaffaf, M. B., Şeşen, P., Saygılı, S., Özcan-Sezgin, A., Dayan, S. Ç., . . . Manfredini, D. (2026). Translation, cultural adaptation, and preliminary data evaluation of the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB) and BruxScreen in Turkey. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 94.
- Gotti, T., De Rubertis, I., Saracutu, O. I., Ferrari, M., Discepoli, N., & Manfredini, D. (2026). Electromyographic Assessment of Sleep Bruxism in Patients With Periodontitis: A Case–Control Study. *Oral diseases*.
- Kadioğlu, M. B., Durmaz, M., Eriş, M. A., & Uslu-Akçam, Ö. (2026). Biopsychosocial assessment of temporomandibular disorder symptoms across bruxism subtypes in dental students: associations with stress, sleep quality, and insomnia. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(4), 130.
- Kessler, L. J., Verhoeff, M. C., Chin, T., Su, N., Osman, A., Mungia, R., & Lobbezoo, F. (2026). Reliability, Construct Validity, Acceptability and Feasibility of the BruxScreen. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(2), 415-429.
- Leonan-Silva, B., Manfredini, D., Machado, E. V., da Silva Filho, V. F., Rodarte, L., Flecha, O. D., & Saracutu, O. I. (2026). Assessment of self-reported and clinically reported bruxism in studies on selective serotonin reuptake inhibitors and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors use: A critical appraisal aligned with the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism principles. *The Journal of the American Dental Association*.
- Li, Y., Wang, M., Qiu, S., Chen, J., & Wang, F. (2026). Current Status and Future Perspectives of Wearable Technologies for Oral Health in Clinical Applications. *Diagnostics*, 16(7), 1015.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Glaros, A., Kato, T., Koyano, K., Lavigne, G., . . . Winocur, E. (2013). Bruxism defined and graded: an international consensus. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(1), 2-4.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K., Wetselaar, P., Glaros, A., Kato, T., . . . De Leeuw, R. (2018). International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), 837-844.

- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Verhoeff, M. C., Aarab, G., Bracci, A., Koutris, M., . . . Manfredini, D. (2024). The bruxism screener (BruxScreen): Development, pilot testing and face validity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 59-66.
- Manfredini, D., Ahlberg, J., Aarab, G., Bracci, A., Durham, J., Emodi-Perlman, A., . . . Koutris, M. (2024). The development of the Standardised Tool for the Assessment of Bruxism (STAB): An international road map. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 15-28.
- Minakuchi, H., Nagasaki, M., Đinh, L. H., Miki, H., Omori, K., Nishimura, T., . . . Minematsu, N. (2026). Experimental Analysis of Automatic Discrimination Performance Between Simulated Bruxism and Non-Bruxism Under Conscious Conditions Using Electromyography and Machine Learning. *International Journal of Dentistry*, 2026(1), 7874254.
- Okuhara, S., Abe, Y., Hata, K., Kato, T., Takaba, M., Saito, M., . . . Yamaguchi, T. (2026). Multicenter Sleep Bruxism Clinical Registry in Japan: Development of the registry and exploratory analysis of data-driven clinical subgroups. *Journal of Prosthodontic Research*, JPR_D_25_00361.
- Pitkänen, M., Rytkönen, M., Miettinen, T., Ahlberg, J., Lobbezoo, F., Myllymaa, K., . . . Myllymaa, S. (2026). Electromyography Frequency Spectrum Is a Better Indicator of Sleep Bruxism Severity Related to Temporomandibular Disorder Pain Than Conventional Masticatory Muscle Activation and Bruxism Time Indices—A Pilot Study. *Journal of Sleep Research*, e70287.
- Song, X., Mo, S., Zhang, Y., Li, Y., Liu, J., Lobbezoo, F., . . . Lei, J. (2026). Translation, cultural adaptation, and pilot testing of the standardized tool for the assessment of bruxism and the bruxism screener in China. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 54.
- Souza, C. S. P., Spadon-Brito, L. G., Calças, M. A. D. P., Matoso-Filho, R. C., Castaldi, N. J. S., Melchior, M. O., . . . Mazzi-Chaves, J. F. (2026). Behavioral and psychosocial correlates of awake bruxism behaviors in esports athletes: a cross-sectional study. *Scientific Reports*.
- Stanisic, N., Baram, S., Nykänen, L., List, T., Bracci, A., Svensson, P., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Exploring the relationship between muscle activity, jaw behaviour and pain. *Scientific Reports*, 15(1), 35029.
- Taniwaki, T., Okura, K., Suzuki, Y., Tajima, T., Watanabe, A., & Matsuka, Y. (2026). Examining the Influence of Glycemic Management During Sleep on Sleep-Related Bruxism: A Pilot Study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(6), 1105-1117.
- Verhoeff, M. C., Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Bender, S., Bracci, A., Colonna, A., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Updating the bruxism definitions: report of an international consensus meeting. *Journal of Oral Rehabilitation*, 52(9), 1335-1342.

BÖLÜM 10

**Protetik Diş Tedavisinde
Üç Boyutlu Yazıcılar: Teknolojiler,
Materyaller ve Klinik Uygulamalar**

Betül Arslan Acicbe¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Biruni Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, ORCID: 0000-0003-2990-1577

1. Giriş

Eklemeli üretim, üç boyutlu dijital model verilerinden yararlanılarak materyalin katmanlar hâlinde oluşturulmasını sağlayan bir üretim teknolojisidir. İlk kez 1980'li yıllarda geliştirilen bu teknoloji, karmaşık geometrilerin ve kişiye özgü yapıların üretilmesine olanak sağlamasıyla günümüzde birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. ASTM International tarafından eklemeli üretim; geleneksel eksiltmeli üretim yöntemlerinden farklı olarak, üç boyutlu model verilerinden elde edilen bilgilerin kullanılması ve materyalin tabaka üzerine tabaka eklenmesi yoluyla nesnelerin oluşturulması şeklinde tanımlanmaktadır. Literatürde bu teknoloji; katmanlı üretim, hızlı prototipleme, hızlı üretim ve doğrudan dijital üretim gibi farklı terimlerle de ifade edilebilmektedir (Kessler, Hickel, & Reymus, 2020).

Eklemeli üretim sistemlerinde polimerler, metaller ve seramikler başta olmak üzere farklı materyaller kullanılmaktadır. Bu materyal çeşitliliği ve tasarım esnekliği, teknolojinin havacılık, savunma, mühendislik ve tıp alanlarında yaygınlaşmasında etkili olmuştur. Diş hekimliği de eklemeli üretimin giderek daha fazla kullanıldığı alanlardan biridir.

Diş hekimliğinde eklemeli üretim, dijital olarak tasarlanan restorasyon ve yardımcı yapıların fiziksel ürüne dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Yönteme ve uygulamaya bağlı olarak materyal kaybı azaltılabilmekte, bazı laboratuvar basamakları kısaltılabilmekte ve üretimin tekrarlanabilirliği artırılabilir. Tasarım verilerinin dijital ortamda saklanması ise gerektiğinde düzenleme ve yeniden üretim süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Arslan, Nalbant, Nalbant, & Nadirov, 2021).

2. Eklemeli Üretim Yöntemleri

Eklemeli üretimde, bilgisayar ortamında oluşturulan üç boyutlu dijital model, materyalin katmanlar hâlinde biriktirilmesiyle fiziksel bir nesneye dönüştürülür. Bu yaklaşım ilk olarak Charles Hull tarafından geliştirilen stereolitografi (SLA) yöntemi ile uygulanmış, ilerleyen yıllarda ise toz yataklı füzyon, eriyik yığma modelleme ve inkjet tabanlı baskı gibi farklı üretim tekniklerinin geliştirilmesiyle çeşitlenmiştir (Ebrahimi et al., 2026). Eklemeli üretim yöntemlerinin sınıflandırılması Şekil 1'de gösterilmiştir.

2.1. Vat Fotopolimerizasyonu

Vat fotopolimerizasyonunda (Vat Photopolymerization, VPP), sıvı hâldeki ışığa duyarlı resinin belirli bölgeleri kontrollü bir ışık kaynağı ile polimerize edilir ve üç boyutlu yapı katmanlar hâlinde oluşturulur. Bu grupta stereolitografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP) ve LCD/MSLA tabanlı sistemler yer almaktadır. SLA sistemlerinde lazer ışını resin yüzeyini noktasal olarak tararken, DLP sistemlerinde bir katmanın tamamı projeksiyon yoluyla eş zamanlı olarak polimerize edilir. LCD/MSLA sistemlerinde ise ışık kaynağının seçici olarak

iletmesini sağlayan bir LCD ekran kullanılır. Yüksek çözünürlük ve ayrıntılı yüzey özellikleri sağlaması nedeniyle bu yöntem; dental modeller, cerrahi rehberler, okluzal splintler, geçici ve daimi restorasyonlar ile protez kaidelerinin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Caussin et al., 2024).

2.2. Malzeme Ekstrüzyonu

Malzeme ekstrüzyonunda (Material Extrusion, MEX), çoğunlukla termoplastik materyal ısıtılarak veya uygun akışkanlığa getirilerek bir nozülünden kontrollü biçimde geçirilir ve ardışık katmanlar hâlinde biriktirilir. Fused Deposition Modeling (FDM) ve Fused Filament Fabrication (FFF), bu kategorinin en yaygın teknikleridir. Filament formundaki materyal baskı başlığına iletilir, burada yumuşatılır veya eritilir ve dijital tasarıma uygun şekilde platform üzerine bırakılır. Sistemlerin görece düşük maliyetli ve kullanımının kolay olması önemli avantajlar arasında yer almakla birlikte, yüzey kalitesi ve üretim çözünürlüğü fotopolimerizasyon yöntemlerine kıyasla daha sınırlı olabilir. Dental alanda özellikle model, prototip ve eğitim amaçlı yapıların üretiminde kullanılmaktadır.

2.3. Malzeme Püskürtme

Malzeme püskürtmede (Material Jetting, MJ), sıvı hâldeki üretim materyali çok küçük damlacıklar hâlinde üretim platformuna püskürtülür ve ardından ışık enerjisi ile polimerize edilir. PolyJet ve MultiJet sistemleri bu yöntemle örnek olarak verilebilir. Birden fazla materyalin veya farklı renk ve mekanik özelliklere sahip fotopolimerlerin aynı üretim sürecinde kullanılabilmesi bu yöntemin önemli avantajlarından biridir. Ayrıca yüksek yüzey kalitesi ve detay üretme kapasitesi sayesinde dental modeller, anatomik modeller, cerrahi rehberler ve prototiplerin üretiminde kullanılabilir (Revilla-León & Özcan, 2019).

2.4. Bağlayıcı Püskürtme

Bağlayıcı püskürtme (Binder Jetting, BJ), ince bir tabaka hâlinde yayılan toz materyalin belirli bölgelerine sıvı bağlayıcı uygulanmasıyla katmanların birbirine bağlanmasına dayanan bir yöntemdir. Her katmanın tamamlanmasının ardından yeni bir toz tabakası serilir ve işlem dijital tasarıma uygun olarak tekrarlanır. Metal, seramik ve polimer esaslı tozlar bu yöntemle işlenebilmektedir. Üretim sonrasında elde edilen yapı çoğunlukla yeterli mekanik özelliklere ulaşabilmek için sinterleme veya infiltrasyon gibi ek işlemler gerektirir. Destek yapısına gereksinimin düşük olması avantaj sağlarken, yüzey kalitesi ve yoğunluk açısından bazı sınırlamalar bulunabilir. Dental alandaki kullanımı diğer eklemeli üretim yöntemlerine göre daha sınırlıdır.

2.5. Toz Yatağı Füzyonu

Toz yatağı füzyonu (Powder Bed Fusion, PBF), ince bir tabaka hâlinde serilen toz materyalin lazer veya elektron ışını gibi yüksek enerjili bir kaynak

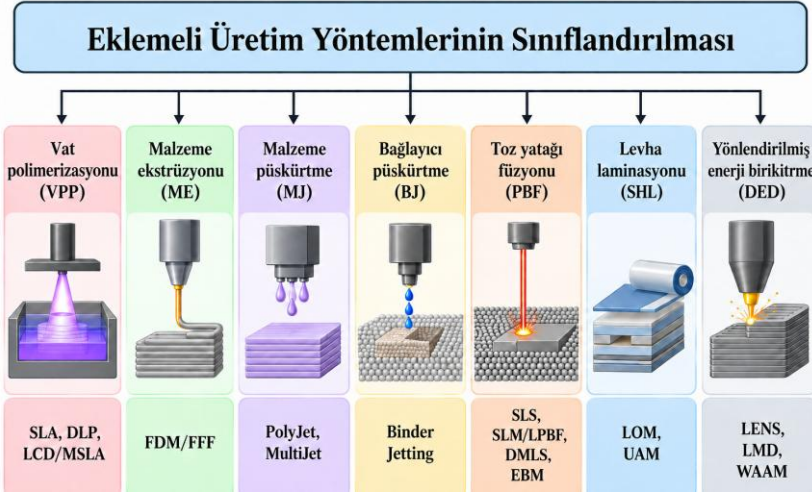
kullanılarak seçici biçimde birleştirilmesine dayanır. Bir katmanın tamamlanmasının ardından yeni bir toz tabakası serilir ve üretim katman katman devam eder. Seçici lazer sinterleme (SLS), lazer toz yatağı füzyonu (L-PBF), doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS) ve elektron ışıını ile ergitme (EBM) bu grupta yer alan başlıca yöntemlerdir. Özellikle metal alaşımlarının işlenebilmesi ve karmaşık geometrilerin üretilebilmesi bu yöntemin önemli avantajlarıdır. Protetik diş hekimliğinde metal altyapılar, kron-köprü restorasyonları, implant üstü yapılar ve hareketli bölümlü protez iskeletlerinin üretiminde kullanılmaktadır (Revilla-León & Özcan, 2017).

2.6. Levha Laminasyonu

Levha laminasyonu (Sheet Lamination, SHL), ince levha veya tabaka hâlindeki materyallerin ardışık olarak üst üste yerleştirilmesi, birbirine bağlanması ve dijital tasarıma uygun biçimde şekillendirilmesi prensibine dayanır. Polimer, metal veya kompozit esaslı tabakalar kullanılabilir. Üretim sürecinin görece hızlı olması ve bazı sistemlerde farklı materyallerin bir arada kullanılabilmesi avantaj sağlarken, ayrıntılı geometrilerin oluşturulması diğer yöntemlere göre daha sınırlı olabilir. Dental uygulamalarda yaygın bir yöntem olmayıp daha çok model ve prototip üretimi açısından değerlendirilmektedir.

2.7. Doğrudan Enerji Biriktirme

Doğrudan enerji biriktirme (Directed Energy Deposition, DED), metal toz veya tel formundaki materyalin üretim bölgesine beslenmesi ve lazer, elektron ışıını veya elektrik arkı gibi yoğunlaştırılmış bir enerji kaynağıyla eritilerek yüzey üzerine katmanlar hâlinde biriktirilmesi esasına dayanır. Laser Engineered Net Shaping (LENS), Laser Metal Deposition (LMD) ve Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) bu grupta yer alan başlıca tekniklerdir. Bu yöntem yalnızca yeni parçaların üretiminde değil, mevcut metal yapıların onarılması, yüzey özelliklerinin değiştirilmesi veya yapıya materyal eklenmesi amacıyla da kullanılabilir. Buna karşın, yüzey kalitesi, boyutsal hassasiyet ve cihaz maliyeti gibi faktörler nedeniyle dental alandaki kullanımı hâlen sınırlıdır (Ebrahimi et al., 2026).



Şekil 1. Eklemeli üretim yöntemlerinin sınıflandırılması ve her yönteme ait başlıca üretim tekniklerinin şematik gösterimi.

3. Dijital İş Akışı

Dijital kayıt, tasarım ve baskıya hazırlık aşamaları farklı materyal gruplarında benzer bir iş akışı izlerken, üretim sonrası işlemler kullanılan materyale ve üretim yöntemine göre değişmektedir. Rezin esaslı yapılarda yıkama ve son polimerizasyon, metal yapılarda gerekli ısıtma işlemleri ve yüzey işlemleri, seramik yapılarda ise bağlayıcı giderme ve sinterleme başlıca üretim sonrası aşamalarıdır. Rezin esaslı restorasyonların dijital üretim aşamaları Şekil 2’de gösterilmiştir.

3.1. Dijital Kayıt, Tasarım ve Baskıya Hazırlık

Eklemeli üretim süreci, üretilecek yapıya ait üç boyutlu dijital verilerin elde edilmesiyle başlar. Ağız içi ve laboratuvar tarayıcılarından elde edilen yüzey verileri, gerektiğinde yüz taramaları ve radyolojik görüntülerle birlikte değerlendirilerek bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımına aktarılır. Kullanılan verilerin çözünürlüğü ve bütünlüğü, dijital modelin ayrıntı düzeyini etkiler. Tarama sırasında oluşan eksik yüzeyler veya hatalı bölgeler tasarım ve baskı aşamalarına aktarılacağından, elde edilen verilerin kontrolü dijital iş akışının önemli bir basamağıdır.

CAD ortamında tasarlanan yapı, üç boyutlu baskıya hazırlık yazılımının desteklediği bir dosya formatında dışa aktarılır. Yaygın kullanılan STL formatı, nesnenin yüzeyini üçgenlerden oluşan bir yüzey ağıyla temsil eder. Baskı öncesinde dijital model; açık yüzeyler, birbiriyle kesişen bölgeler ve üretilmeyecek kadar ince kesitler açısından incelenir. Gerekli düzeltmelerin ardından model, yazılım ortamında üretim platformu üzerinde konumlandırılır; baskı yönü ve destek yapıları belirlenir. Desteklerin sayısı, kalınlığı ve bağlantı

noktaları, yapının üretim sırasında kararlılığını koruyacak ve üretim sonrasında desteklerin uzaklaştırılmasını kolaylaştıracak biçimde düzenlenir. İçi boş tasarlanan yapılarda ise kullanılan üretim yöntemine bağlı olarak, içeride kalan polimerize olmamış rezinin veya tozun uzaklaştırılmasına olanak sağlayan açıklıklar planlanmalıdır.

Dilimleme (slicing) yazılımı; üç boyutlu modeli, seçilen katman kalınlığına göre ardışık kesitlere ayırarak yazıcının kullanacağı üretim verilerini oluşturur. Bu aşamada baskı yönü, katman kalınlığı ve destek yapılarının yanı sıra kullanılan yöntemle özgü parametreler de tanımlanır. Üç boyutlu baskıya hazırlık, yalnızca dosyanın yazıcıya aktarılmasından ibaret olmayıp dijital tasarımın seçilen materyal ve üretim sistemine uygun hâle getirilmesini kapsar (Abduo & Rasaie, 2025).

3.2. Üç Boyutlu Baskı

Dijital tasarımın tamamlanmasının ardından restorasyon veya protetik yapı, uygun üç boyutlu yazıcı sistemi kullanılarak katmanlar hâlinde üretilir. Baskı sürecinin doğruluğu; kullanılan yazıcı teknolojisi, materyal özellikleri, katman kalınlığı, baskı yönü, destek tasarımı ve cihazın kalibrasyonu gibi birçok faktörden etkilenir. Bu nedenle üretim parametreleri seçilirken yalnızca baskı süresinin kısaltılması değil, klinik olarak kabul edilebilir doğruluk ve mekanik performansın sağlanması da amaçlanmaktadır.

Baskı sırasında kullanılan parametrelerin üretici önerileriyle uyumlu olması ve materyal-yazıcı kombinasyonunun doğrulanmış olması önem taşır. Aynı materyalin farklı yazıcılarda veya farklı baskı yönlerinde üretilmesi, boyutsal doğruluk, yüzey özellikleri ve mekanik davranış açısından farklı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle üretim süreci, tasarımdan son işlem aşamalarına kadar birbirini etkileyen bütüncül bir dijital iş akışı olarak değerlendirilmelidir (Tian et al., 2021).

3.3. Rezin Esaslı Üretimde Yıkama, Son Polimerizasyon ve Bitim İşlemleri

Baskı sonrasında ilk aşama, yüzeyde bulunan polimerize olmamış rezinin uzaklaştırılmasıdır. Yıkama işlemi sırasında kullanılan solüsyon, yıkama süresi ve banyo düzeni materyalin ve üreticinin talimatlarına uygun olarak belirlenmelidir. Yetersiz yıkama yüzeyde artık rezin kalmasına neden olabilirken, gereğinden uzun süreli yıkama ürünün yüzey özelliklerini ve boyutsal doğruluğunu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle tüm dental rezinler için geçerli tek bir yıkama süresi bulunmamaktadır. Yıkamanın ardından yapı, üretici talimatlarına uygun olarak kurutulmalı ve son polimerizasyon öncesinde yüzeyde yıkama solüsyonu kalmadığından emin olunmalıdır.

Yıkamanın ardından uygulanan son polimerizasyon, baskı sonrası işlemlerin en kritik basamaklarından biridir. Bu aşama yalnızca süre ile değil; kullanılan

cihazın dalga boyu, enerji dağılımı, sıcaklığı ve atmosferi ile birlikte değerlendirilmelidir. Aynı süre boyunca farklı cihazlarda gerçekleştirilen polimerizasyon işlemleri eşdeğer sonuçlar oluşturmayabilir. Yetersiz polimerizasyon mekanik özellikleri, artık monomer miktarını ve renk stabilitesini olumsuz etkileyebilirken, aşırı ışık veya ısı maruziyeti de materyalin yapısal ve optik özelliklerini değiştirebilir. Bu nedenle materyal, yazıcı, yıkama ve son polimerizasyon aşamalarının birlikte doğrulanmış bir üretim zinciri olarak değerlendirilmelidir (Caussin et al., 2024; Keßler, Montenbruck, Schwendicke, Lüchtenborg, & Kaisarly, 2025).

Destekler, kullanılan materyal ve sistemin üretici talimatlarında belirtilen aşamada kontrollü şekilde uzaklaştırılmalı; gerekli yüzey düzeltmeleri ve polisaj işlemleri uygulanmalıdır. Desteklerin kaldırılması sırasında marjin, iç yüzey, okluzal temas alanları ve diğer kritik bölgelerde aşırı materyal kaybından kaçınılmalıdır. Bitim işlemlerinin ardından restorasyon; destek izleri, çatlaklar, yüzey yapışkanlığı, marjin bütünlüğü, iç yüzey uyumu, siman aralığı ve okluzal temaslar açısından kontrol edilmelidir. Dijital dosyanın arşivlenmesi yeniden üretimi kolaylaştırmaktadır. Bununla birlikte, zaman içinde meydana gelen doku ve oklüzyon değişiklikleri nedeniyle aynı tasarımdan yeniden üretilen restorasyonun klinik uyumu tekrar değerlendirilmelidir.



Şekil 2. Rezin esaslı restorasyonlarda dijital üretim zincirinin aşamaları.

4. Üç Boyutlu Yazıcılarda Kullanılan Materyaller

Protetik diş tedavisinde üç boyutlu yazıcılarda kullanılan başlıca materyal grupları; fotopolimer esaslı rezinler, metal alaşımları, yüksek performanslı polimerler ve seramikler olarak sınıflandırılabilir. Materyal seçimi; kullanılacak eklemeli üretim yöntemi, restorasyonun klinik endikasyonu ve beklenen mekanik, estetik ve biyolojik özellikler dikkate alınarak yapılmalıdır (Barazanchi, Li, Al-Amleh, Lyons, & Waddell, 2017).

4.1. Fotopolimer Esaslı Reziner

Fotopolimer esaslı rezinerler, ışık enerjisiyle polimerize olabilen ve dental eklemeli üretimde en yaygın kullanılan materyal gruplarından biridir. Özellikle stereolitografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP) ve LCD tabanlı vat fotopolimerizasyonu sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu materyaller genellikle metakrilat esaslı monomer ve oligomerlerden, fotobaşlatıcı sistemlerden ve kullanım amacına göre eklenen çeşitli doldurucu ve katkı maddelerinden oluşmaktadır.

Dental uygulamalarda farklı klinik gereksinimlere yönelik olarak çalışma modeli, cerrahi rehber, okluzal splint, geçici restorasyon, tam protez kaidesi ve yapay diş üretimine uygun rezin sistemleri geliştirilmiştir. Son yıllarda uzun süreli veya daimi restorasyonların üretimine yönelik, daha yüksek oranda inorganik doldurucu içeren rezinerler de kullanılmaktadır. Bu materyallerde seramik veya cam esaslı doldurucu partiküllerin polimer matrise eklenmesiyle mekanik özelliklerin ve aşınma direncinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Fotopolimer esaslı rezinerlerin baskı kalitesi; materyalin viskozitesi, ışık geçirgenliği, fotobaşlatıcı sistemi, ışığın dalga boyu ve enerji yoğunluğu gibi çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. Bu nedenle kullanılan rezinin özellikleri ile baskı cihazının ışık kaynağının birbiriyle uyumlu olması önemlidir (Keşler et al., 2025).

4.2. Metal Alaşımları

Eklemeli üretimde kullanılan başlıca dental metal materyaller arasında kobalt-krom (Co-Cr) alaşımları ile titanyum ve titanyum alaşımları yer almaktadır. Metallerin üç boyutlu yazıcılarla üretiminde çoğunlukla lazer toz yatağı füzyonu (L-PBF) yöntemleri kullanılmaktadır. Dental literatürde bu yöntemler, özellikle seçici lazer eritme (SLM) terminolojisiyle de sıklıkla ifade edilmektedir. Bu sistemlerde metal tozları, yüksek enerjili bir lazer yardımıyla seçici olarak eritilerek katmanlar hâlinde birleştirilir ve üç boyutlu yapılar oluşturulur.

Kobalt-krom alaşımları; yüksek mekanik dayanımları, rijitlikleri ve korozyon dirençleri nedeniyle sabit protetik restorasyonların altyapılarında ve hareketli bölümlü protez iskeletlerinde kullanılmaktadır. Titanyum ve titanyum alaşımları ise düşük yoğunlukları, yüksek özgül dayanımları, korozyon dirençleri ve biyouyumlulukları nedeniyle dental implantlar, kişiye özel implant yapıları ve çeşitli protetik bileşenlerin üretiminde tercih edilmektedir. Nikel-krom esaslı alaşımların da seçici lazer eritme yöntemiyle üretimine yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

Eklemeli üretimde kullanılacak metal tozlarının parçacık boyutu, morfolojisi, boyut dağılımı ve kimyasal saflığı üretim sürecini doğrudan etkileyebilir. Küresel ve homojen dağılıma sahip tozların üretim platformuna daha düzenli yayılması, katmanların daha kontrollü biçimde oluşturulmasına katkı sağlayabilir. Buna

karşılık uygun olmayan toz özellikleri, düzensiz katman oluşumu ve porozite gibi problemlere yol açabilir (Revilla-León & Özcan, 2017).

4.3. Yüksek Performanslı Polimerler

Protetik diş hekimliğinde kullanılan yüksek performanslı polimerler arasında, poli-aril-eter-keton (PAEK) ailesinin üyeleri olan polietereterketon (PEEK) ve polieterketonketon (PEKK) öne çıkmaktadır. PEEK ve PEKK, keton ve eter fonksiyonel grupları içeren aromatik yapıda termoplastik materyallerdir. Dental uygulamalarda özellikle PEEK; biyouyumluluğu, düşük yoğunluğu ve yüksek kimyasal stabilitesiyle öne çıkmaktadır.

Yüksek performanslı polimerler, dental uygulamalarda günümüzde ağırlıklı olarak blok veya disk formundaki materyallerden CAD/CAM destekli frezeleme yoluyla şekillendirilmektedir. Bununla birlikte bu materyallerin eklemeli üretim yöntemleriyle üretilmesine yönelik çalışmalar giderek artmaktadır. Fotopolimer esaslı rezinlerden farklı olarak PEEK ışıqla polimerize olmaz; yüksek sıcaklıkta yumuşatılarak veya eritilerek özellikle malzeme ekstrüzyonu temelli yöntemlerle katmanlar hâlinde üretilir.

PEEK'in yüksek erime ve işlem sıcaklığı, eklemeli üretim sürecinin fotopolimer esaslı rezinlerin üretiminden daha karmaşık olmasına neden olmaktadır. Ekstrüzyon sıcaklığı, baskı hızı, katman kalınlığı, baskı yönü ve baskı ortamının sıcaklığı materyalin özelliklerini belirleyen başlıca değişkenlerdir. Özellikle katmanlar arasında yeterli termal bağlanmanın sağlanamaması mekanik dayanımın azalmasına yol açabilmektedir. Bunun yanında üretim sırasında oluşabilecek yüksek sıcaklık farklılıkları deformasyon, büzülme ve boyutsal doğruluk kaybıyla sonuçlanabilmektedir (Moby et al., 2022).

4.4. Zirkonya ve Diğer Seramikler

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen seramik materyaller arasında zirkonya, alumina ve alumina-zirkonya esaslı oksit seramikler yer almaktadır. Bunun yanı sıra lityum disilikat, porselen ve florapatit esaslı cam seramiklerin eklemeli üretim yöntemleriyle üretilmesine yönelik güncel çalışmalar da bulunmaktadır. Dental seramiklerin üretiminde özellikle SLA ve DLP gibi vat fotopolimerizasyonu temelli yöntemler yaygın olarak kullanılmakla birlikte, malzeme ekstrüzyonu ve diğer eklemeli üretim teknikleri de kullanılabilir.

Fotopolimerizasyon ile seramik üretiminde seramik partikülleri, ışıqla polimerize olabilen organik bir taşıyıcı faz içerisinde homojen biçimde dağıtılır. Bu şekilde hazırlanan seramik süspansiyonu, katmanlar hâlinde polimerize edilerek istenilen ürün oluşturulur. Baskı sonrasında elde edilen yapı henüz seramik özelliklere sahip değildir. Öncelikle organik bağlayıcının uzaklaştırılması (debinding) işlemi gerçekleştirilir; bunu takiben uygulanan sinterleme ile yoğun ve dayanıklı seramik yapı elde edilmektedir.

Seramik süspansiyonunun katı madde oranı, partikül boyutu ve dağılımı, viskozitesi ve optik özellikleri baskı sürecini doğrudan etkilemektedir. Yüksek seramik içeriği son ürünün yoğunluğunu ve mekanik özelliklerini artırmakla birlikte, viskozitenin yükselmesi baskı işlemini zorlaştırır. Benzer şekilde partiküllerin ışığı saçması veya absorbe etmesi, polimerizasyon derinliğini ve baskı doğruluğunu etkileyebilmektedir.

Organik bağlayıcının uzaklaştırılması ve sinterleme aşamaları, üç boyutlu yazıcılarla üretilen seramiklerin özelliklerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Organik bileşenlerin hızlı veya kontrolsüz şekilde uzaklaştırılması çatlak ve iç kusur oluşumuna neden olabilmektedir (Lu et al., 2025).

5. Diş Hekimliğinde Üç Boyutlu Yazıcıların Kullanım Alanları

Üç boyutlu yazıcılar, diş hekimliğinde tanı ve planlamaya yardımcı modellerden ağız içinde kullanılan restorasyon ve apareylere kadar çeşitli ürünlerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Protetik uygulamalar bu alanın önemli bir bölümünü oluştururken, cerrahi rehberler, dental implantlar ve ortodontik apareyler de öne çıkan kullanım örnekleridir. Üretim, doğrudan kullanılacak nihai ürünün hazırlanması şeklinde gerçekleştirilebildiği gibi, döküm veya şekillendirme işlemlerine yardımcı modellerin elde edilmesini de kapsayabilir. Bu uygulamalar, ürünün işlevi, ağız içi kullanım süresi ve maruz kalacağı kuvvetler bakımından farklı gereksinimler taşımaktadır. Uygun materyal ve üretim protokolü, bu gereksinimler doğrultusunda seçilmelidir.

5.1. Protetik Uygulamalar

Protetik diş tedavisinde üç boyutlu yazıcılar; geçici ve daimi sabit restorasyonlar, okluzal splintler, tam protezler, hareketli bölümlü protez iskeletleri ve implant üstü restorasyonlar gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Şekil 3 ve 4). Restorasyon doğrudan üretilebildiği gibi, döküm işlemlerinde kullanılacak mum veya rezin modeller de üç boyutlu yazıcılarla üretilebilmektedir.



Daimi kron



Geçici köprü



Okluzal splint



Çalışma modeli



Tam protez



Hareketli bölümlü protez metal
iskeleti

Şekil 3. Protetik uygulamalarda üç boyutlu yazıcılarla üretilebilen restorasyon, aparey ve model örneklerine ait temsili görseller.

5.1.1. Geçici Sabit Restorasyonlar

Geçici kron ve köprüler, fotopolimer esaslı rezinlerin protetik kullanım alanları arasında yer almaktadır. Ağız içi veya model taramasından elde edilen veriler üzerinde tasarlanan restorasyonlar, SLA, DLP ve LCD gibi vat fotopolimerizasyonu yöntemleriyle üretilebilir. Aynı üretim platformunda birden fazla restorasyonun hazırlanabilmesi, laboratuvar iş akışının düzenlenmesi açısından avantaj sağlamaktadır. Dijital tasarım verilerinin saklanabilmesi ise restorasyonun kırılması, kaybolması veya yeniden düzenlenmesi gerektiğinde üretimin tekrarlanmasını kolaylaştırmaktadır (Keşler et al., 2025).

5.1.2. Daimi Sabit Restorasyonlar

Üç boyutlu yazıcılar, daimi sabit protetik tedavilerde kron, inley, onley ve veneer gibi restorasyonların üretiminde kullanılmaktadır. Restorasyon türü ve üretim protokolü, seçilen materyalin üretici talimatlarına uygun olarak belirlenmelidir. Bu alanda kullanılan rezin esaslı materyaller ve tam seramikler; bileşimleri, üretim sonrası işlemleri ve mekanik özellikleri bakımından farklılık göstermektedir.

Daimi restorasyonlarda kullanılan rezinlere ilişkin araştırmalar; mekanik özellikler, boyutsal doğruluk, marjinal ve iç uyum ile estetik özellikler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Laboratuvar bulguları materyale ve deney koşullarına göre değişmekte, estetik ve biyolojik özelliklere ilişkin veriler ise sınırlı kalmaktadır. Klinik kullanımda, üreticinin ilgili materyal için belirttiğı endikasyonlar dikkate alınmalı; yazıcı seçimi, baskı parametreleri, yıkama ve son polimerizasyon işlemleri doğrulanmış üretim protokolüne uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Balestra et al., 2024).

Tam seramiklerde eklemeli üretim, zirkonya kronların yanı sıra cam seramik esaslı tek kron ve parsiyel restorasyonların hazırlanmasına yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Bu restorasyonlarda mekanik dayanımın, tekrarlayan çiğneme kuvvetleri ve ağız içi yaşlandırma koşulları altında korunması önemlidir. Porselenle tabakalanan yapılarda ise seramik altyapı ile üst yapı porseleni arasındaki bağlanma da restorasyonun başarısını etkileyen unsurlardan biridir (Lu et al., 2025).

5.1.3. Okluzal Splintler

Okluzal splintler, dijital iş akışı ve bilgisayar destekli tasarımın eklemeli üretimle birleştirildiğı apareyler arasındadır. Dijital iş akışında dental arkların ve çeneler arası ilişkilerin kaydı üzerinden splint tasarımı oluşturulur. Tasarımın düzenlenmesinde sanal artikülatörden ve mevcut mandibular hareket kayıtlarından yararlanılabilir. Böylece splintin iç yüzeyi, dış konturları ve okluzal yüzeyi dijital ortamda düzenlenerek üretime aktarılır (Jun, Kim, & Ku, 2025).

Üç boyutlu yazıcılarla splint üretiminde baskı yönü, katman kalınlığı ve desteklerin konumu apareyin boyutsal doğruluğunu ve iç yüzey uyumunu etkileyebilmektedir. Desteklerin uzaklaştırılması ve yüzey düzeltmeleri sırasında dişlerle temas eden iç yüzeyin ve planlanan okluzal temasların korunması gerekmektedir. Yıkama ve son polimerizasyon işlemleri ise kullanılan splint rezinine ve üretim sistemine uygun olarak gerçekleştirilmelidir.

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen splintlerde uyum ve boyutsal doğruluğun yanı sıra yeterli eğilme dayanımı, yüzey sertliğı ve aşınma direnci de önemlidir. Bu özelliklerin ağız içi kullanım boyunca korunmasında materyal seçimi, yazıcı türü ve son polimerizasyon koşulları belirleyici rol oynamaktadır.

5.1.4. Tam Protezler

Tam protez üretiminde üç boyutlu yazıcılar, protez kaidelerinin ve yapay dişlerin dijital tasarıma uygun olarak hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda vat fotopolimerizasyonu yöntemleriyle ışığa duyarlı rezinler katmanlar hâlinde polimerize edilerek kaide ve diş geometrileri oluşturulur. Kullanılan sisteme göre farklı rezinlerle ayrı üretilen kaide ve dişler, üretici tarafından belirtilen bağlantı materyali ve birleştirme protokolü uygulanarak bütünlleştirilir. Dijital tasarım dosyalarının arşıvlenmesi, protezin yenilenmesi

gerektiğinde mevcut diş dizimi ve kaide tasarımının yeniden kullanılmasını veya gerekli değişikliklerle güncellenmesini kolaylaştırır (Anadioti, Musharbash, Blatz, Papavasiliou, & Kamposiora, 2020).

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen tam protezlerde kaidenin destek dokularla uyumu, kenar uzantıları ve okluzal ilişkiler; retansiyon, stabilite ve hasta konforu açısından önem taşımaktadır. Kaide ve diş materyallerinin mekanik özellikleri, aşınma direnci ve aralarındaki bağlantının dayanıklılığı ise protezin işlevini sürdürmesinde etkili olmaktadır. Üretim sonrasında desteklerin uzaklaştırılması, son polimerizasyon ve polisaj işlemleri sırasında kaidenin dokuya temas eden yüzeyinin ve planlanan okluzal temasların korunmasına dikkat edilmelidir (Schubert, Edelhoff, Güth, & Schweiger, 2026).

5.1.5. Hareketli Bölümlü Protez İskeletleri ve Metal Altyapılar

Üç boyutlu yazıcılar, hareketli bölümlü protezlerin metal iskeletleri ile sabit restorasyonların metal altyapılarının hazırlanmasında kullanılmaktadır. Kobalt-krom ve titanyum alaşımlarının lazer toz yatağı füzyonuyla işlenmesi, karmaşık geometrilerin dijital tasarımdan doğrudan üretilmesine olanak sağlamaktadır. Geleneksel üretimde birden fazla laboratuvar aşaması gerekirken dijital yöntemlerle bazı laboratuvar basamaklarının ortadan kaldırılabilmesi alternatif bir iş akışı sunmaktadır.

Metal iskelet veya altyapının doğrudan üretilmesi ile döküm işleminde kullanılacak mum ya da rezin modelin üç boyutlu baskıyla hazırlanması birbirinden farklı uygulamalardır. Dolaylı üretimde baskıyla elde edilen yapı metal restorasyon değildir; döküm işleminde kullanılacak ara modeldir. Eklemeli üretimde baskı yönü, destek yapılarının tasarımı, termal koşullar ve metal tozunun özellikleri metal iskeletin doğruluğunu ve mikroyapısını etkilemektedir (Revilla-León & Özcan, 2017).

5.1.6. İmplant Üstü Protezler

İmplant üstü protetik uygulamalar, eklemeli üretimin farklı materyal ve üretim yöntemleriyle kullanılabildiği geniş bir uygulama alanıdır. Dijital ortamda implantların üç boyutlu konumlarının protetik tasarımla birlikte değerlendirilebilmesi; tek implant üstü restorasyonlardan çok üyeli sabit protezlere, barlı overdenture sistemlerinden tam ark ve hibrit protezlere kadar farklı restorasyonların hastaya özgü olarak tasarlanmasına olanak sağlamaktadır.

5.1.6.1. İmplant Üstü Sabit Restorasyonlar

Eklemeli üretim, implant destekli tek kronların ve çok üyeli sabit restorasyonların üretim süreçlerinde farklı aşamalarda kullanılabilmektedir. Dijital tasarım sırasında implantların konumu ile restorasyonun anatomik formu, çıkış profili, okluzal ilişkileri ve mevcut protetik alan birlikte

değerlendirilebilmektedir. Böylece implant konumuna ve planlanan restorasyona uygun protetik bileşenler ve restorasyon tasarımları oluşturulabilmektedir.

Güncel dijital iş akışlarında eklemeli ve eksiltmeli üretim yöntemleri ile prefabrike implant bileşenleri birlikte kullanılabilir. Özellikle implant bağlantısının prefabrike bir titanyum taban (Ti-base) aracılığıyla sağlandığı restorasyonlarda, protetik üst yapı ayrı olarak dijital ortamda tasarlanıp üretildikten sonra titanyum dayanağa bağlanabilmektedir (Abduo & Rasaie, 2025).

5.1.6.2. İmplant Destekli Hareketli Protezler

Dijital ortamda implantların konumlarına göre hastaya özgü bar geometrileri oluşturulup barın kesiti ve uzanımı, protez için mevcut restoratif alan ve kullanılacak tutucu sistemlere ilişkin bölgeler tasarım aşamasında belirlenebilmektedir. Böylece bar tasarımı yalnızca implantların konumuna göre değil, üzerinde taşınacak protezin biçimi ve mevcut protetik alan dikkate alınarak gerçekleştirilebilmektedir.

Titanyum ve kobalt-krom alaşımlarından barların üç boyutlu yazıcılarla doğrudan hazırlanması mümkün olduğu gibi, eklemeli üretimle hazırlanan rezin veya mum modeller geleneksel döküm işlemlerinde de kullanılabilir (Schubert et al., 2026).

5.1.6.3. Hibrit Protezler

Tam ark implant destekli restorasyonlar, üç boyutlu yazıcıların protetik tedavide kullanımına önemli bir örnek oluşturmaktadır. Dijital iş akışında implant konumlarının kaydedilmesinin ardından tam ark restorasyonun altyapısı, diş anatomisi ve gingival bölümleri dijital ortamda planlanmaktadır. Bu yapılar eklemeli üretim, metal altyapının veya restorasyonun belirli bileşenlerinin doğrudan üretiminde kullanılabilir.

Hibrit protezlerde metal altyapı ile diş ve gingival bölümleri oluşturan üst yapı farklı materyallerden hazırlanabilir. Örneğin titanyum veya kobalt-krom esaslı bir altyapı eklemeli üretimle hazırlanırken, diş ve gingival bileşenler rezin esaslı materyallerden ayrı olarak üretilerek daha sonra altyapıyla birleştirilebilir. Böylece aynı restorasyon içerisinde farklı materyallerin özelliklerinden yararlanılabilir.

Üç boyutlu yazıcılar, implantların hemen yüklenmesinin planlandığı vakalarda kullanılan geçici tam ark restorasyonların hazırlanmasında da iş akışına dâhil edilebilmektedir. Dijital olarak oluşturulan restorasyon tasarımı geçici restorasyonun üretiminde kullanılabildiği gibi, tedavinin ilerleyen aşamalarında daimi restorasyonun tasarlanması için de başlangıç verisi oluşturabilmektedir (Schweiger, Edelhoff, & Güth, 2021).

5.1.6.4. Kişiyi Özel İmplant Dayanakları ve Protetik Bileşenler

Kişiyi özel implant dayanakları, standart prefabrike dayanaklardan farklı olarak implantın konumu, planlanan restorasyon ve implant çevresindeki yumuşak dokular dikkate alınarak tasarlanabilmektedir. Dijital tasarım sırasında dayanağın çıkış profili, yüksekliği, marjin konumu ve restorasyon için gerekli protetik alan düzenlenebilmektedir. Özellikle implantın protetik açıdan ideal olmayan konumlarda bulunduğu veya yumuşak doku konturunun kişiselleştirilmesinin istendiği durumlarda dijital tasarım önemli bir avantaj sağlamaktadır (Abduo & Rasaie, 2025).

Kişiyi özel implant dayanaklarının eklemeli üretiminde titanyum ve titanyum alaşımları kullanılabilir. L-PBF yöntemi, dijital olarak tasarlanan dayanak geometrisinin metal tozlarından katmanlar hâlinde oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Baskı sonrasında desteklerin uzaklaştırılması, gerekli ısı işlemleri ve yüzey bitirme işlemleri uygulanır.

PEEK dayanakların üç boyutlu yazıcıyla üretilmesi, günümüzde araştırılan ve gelişmekte olan bir uygulama alanıdır. Bu alandaki çalışmalarda üretim yönteminin materyalin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmekte olup, klinik kullanımına ilişkin kanıtlar henüz sınırlıdır.



Şekil 4. Üç boyutlu yazıcılarla üretilen implant üstü uygulamalara ve cerrahi rehberine ait temsili görseller.

5.2. Tanı ve Çalışma Modelleri

Üç boyutlu yazıcılarla üretilen modeller; tanı, tedavi planlaması, protetik ve ortodontik uygulamaların değerlendirilmesi, hasta iletişimi ve eğitim amacıyla kullanılmaktadır. Ağız içi veya laboratuvar taramalarından elde edilen dijital verilerin fiziksel modele dönüştürülmesi, anatomik yapıların üç boyutlu olarak incelenmesini kolaylaştırmakta ve klinik-laboratuvar iletişimini desteklemektedir. Dijital kayıtların saklanabilmesi, gerekli durumlarda modelin yeniden üretilmesini de kolaylaştırmaktadır.

Dental modellerin boyutsal doğruluğu; baskı teknolojisi, modelin dolu veya içi boş tasarlanması ve üretim sonrası işlemlerden etkilenmektedir (Tian et al., 2021).

5.3. Cerrahi Rehberler

Cerrahi rehberler, dijital tedavi planının cerrahi uygulamaya aktarılmasında kullanılan yapılardır. İmplant tedavisinde radyolojik veriler ve yüzey taramaları birlikte değerlendirilerek implantların konumu planlanabilir; bu plan doğrultusunda tasarlanan rehberler üç boyutlu yazıcıyla hazırlanabilmektedir.

Rehber üretiminde vat fotopolimerizasyonu yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerle, hastanın anatomik yapılarına uyumlu destek yüzeyleri ve implantların planlanan konumda yerleştirilmesine yardımcı yönlendirici yapılar oluşturulmaktadır. Cerrahi rehberler, dijital tedavi planının cerrahi uygulamaya aktarılmasını kolaylaştırarak implantın konumunun, açısının ve yerleştirme derinliğinin kontrolüne yardımcı olmaktadır (Mukai et al., 2021).

5.4. Dental İmplantlar

Dental implantların eklemeli üretimi, kemik içi implantların ve kişiye özel subperiostal implantların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Kemik içi implantlarda doğal diş kökü anatomisini taklit eden kök analoğu tasarımların yanı sıra, implant gövdesinde kontrollü gözenekli yapılar da oluşturulabilmektedir. Bu yapılara ilişkin çalışmalarda mekanik dayanım, yüzey özellikleri ve kemik dokusuyla etkileşim değerlendirilmektedir. Subperiostal implantlar ise hastanın kemik yüzeyine uyacak biçimde tasarlanan, yumuşak dokuların altında konumlandırılan ve özellikle ileri kemik kaybı bulunan olgularda kullanılan yapılardır.

5.5. Dijital Ortodonti

Ortodontide üç boyutlu yazıcılar; tanı modelleri, şeffaf plakların üretiminde kullanılan modeller, indirekt braketleme için transfer kaşıkları ve çeşitli kişiye özel apareylerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Dijital modeller üzerinden tedavi aşamalarının planlanabilmesi ve bu aşamaları temsil eden fiziksel modellerin üretilmesi, ortodontik iş akışının önemli bileşenlerindendir (Bachour, Klabunde, & Grünheid, 2022; Jun et al., 2025).

5.6. Endodontik Uygulamalar ve Eğitim Modelleri

Endodontide eklemeli üretim, endodontik rehberlerin ve anatomik eğitim modellerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Rehberli endodontik uygulamalarda, dijital görüntüleme verileri üzerinden planlanan giriş yolu üç boyutlu baskıyla üretilen bir rehber aracılığıyla klinik uygulamaya aktarılabilir. Bu yaklaşım, özellikle kök kanalının konumunun belirlenmesinin güç olduğu olgularda kullanılmaktadır (Jun et al., 2025).

6. Sonuç

Üç boyutlu yazıcılar, protetik diş tedavisinde restorasyon, aparey, çalışma modeli ve yardımcı yapıların hazırlanmasına yönelik uygulamaları çeşitlendirmektedir. Hastaya özgü tasarım, karmaşık geometrilerin üretimi ve dijital kayıtların yeniden kullanılabilmesi bu yöntemlerin başlıca avantajlarıdır. Bununla birlikte restorasyonun başarısı; materyal seçimi, dijital kayıt, tasarım, baskı ve üretim sonrası işlemlerin birbiriyle uyumlu yürütülmesine bağlıdır.

Eklemeli üretimde kullanılan farklı teknolojiler ve materyaller, her klinik uygulama için tek bir üretim yaklaşımının bulunmadığını göstermektedir. Fotopolimer esaslı rezinler, metal alaşımları, yüksek performanslı polimerler ve seramikler; üretim yöntemleri, üretim sonrası işlem gereksinimleri ve klinik kullanım alanları bakımından birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Bu nedenle bir materyalin üç boyutlu yazıcıyla üretilebilir olması, tek başına klinik kullanım için yeterli kabul edilmemelidir; materyalin ilgili endikasyon için uygunluğu ve üretim protokolünün doğrulanmış olması gerekmektedir.

Gelecekte materyal teknolojilerindeki gelişmeler, üretim doğruluğunun artırılması ve üretim sonrası işlemlerin daha kontrollü hâle getirilmesiyle birlikte eklemeli üretimin protetik diş tedavisindeki kullanım alanlarının genişlemesi beklenmektedir. Üretim protokollerinin standardizasyonu ve farklı sistemler arasında karşılaştırılabilirliğin artırılması, bu teknolojilerin klinik uygulamalara daha güvenilir biçimde aktarılmasına katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Abduo, J., & Rasaie, V. (2025). Digital workflows in prosthodontics. *Australian Dental Journal*, 70(Suppl. 1), S146–S158.
- Anadioti, E., Musharbash, L., Blatz, M. B., Papavasiliou, G., & Kamposiora, P. (2020). 3D printed complete removable dental prostheses: A narrative review. *BMC Oral Health*, 20, 343.
- Arslan, B., Nalbant, L., Nalbant, A. D., & Nadirov, M. (2021). Üç boyutlu yazıcıların dental kullanımında güncel protetik yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(3), 459–470.
- Bachour, P. C., Klabunde, R., & Grünheid, T. (2022). Transfer accuracy of 3D-printed trays for indirect bonding of orthodontic brackets: A clinical study. *The Angle Orthodontist*, 92(3), 372–379.
- Balestra, D., Lowther, M., Goracci, C., Mandurino, M., Cortili, S., Paolone, G., . . . Vichi, A. (2024). 3D printed materials for permanent restorations in indirect restorative and prosthetic dentistry: A critical review of the literature. *Materials*, 17(6), 1380.
- Barazanchi, A., Li, K. C., Al-Amleh, B., Lyons, K., & Waddell, J. N. (2017). Additive technology: Update on current materials and applications in dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 26(2), 156–163.
- Caussin, E., Moussally, C., Le Goff, S., Fasham, T., Troizier-Cheyne, M., Tapie, L., . . . François, P. (2024). Vat photopolymerization 3D printing in dentistry: A comprehensive review of actual popular technologies. *Materials*, 17(4), 950.
- Ebrahimi, M., Shaikh, H., Rezvani Sichani, H., Ramachandran, R. A., Paramasivan, M., Fazle Alam, M., . . . Mathew, M. T. (2026). Additive manufacturing for dentistry: A comprehensive review of techniques and applications. *Progress in Materials Science*, 157, 101613.
- Jun, M.-K., Kim, J.-W., & Ku, H.-M. (2025). Three-dimensional printing in dentistry: A scoping review of clinical applications, advantages, and current limitations. *Oral*, 5(2), 24.
- Kessler, A., Hickel, R., & Reymus, M. (2020). 3D printing in dentistry—State of the art. *Operative Dentistry*, 45(1), 30–40.
- Keßler, A., Montenbruck, L., Schwendicke, F., Luchtenborg, J., & Kaisarly, D. (2025). Narrative review of 3D-printed temporary and permanent dental resin restorations. *Polymer Testing*, 151, 108953.
- Lu, Y., van Steenoven, A., Dal Piva, A. M. O., Tribst, J. P. M., Wang, L., Kleverlaan, C. J., & Feilzer, A. J. (2025). Additive-manufactured ceramics for dental restorations: A systematic review on mechanical perspective. *Frontiers in Dental Medicine*, 6, 1512887.

- Moby, V., Dupagne, L., Fouquet, V., Attal, J.-P., François, P., & Dursun, E. (2022). Mechanical properties of fused deposition modeling of polyetheretherketone (PEEK) and interest for dental restorations: A systematic review. *Materials*, 15(19), 6801.
- Mukai, S., Mukai, E., Santos-Junior, J. A., Shibli, J. A., Faveri, M., & Giro, G. (2021). Assessment of the reproducibility and precision of milling and 3D printing surgical guides. *BMC Oral Health*, 21, 1.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2017). Additive manufacturing technologies used for 3D metal printing in dentistry. *Current Oral Health Reports*, 4(3), 201–208.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: Current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 146–158.
- Schubert, O., Edelhoff, D., Güth, J. F., & Schweiger, J. (2026). Advances in 3D printing for removable prosthetics—Insights and perspectives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 38(3), 520–529.
- Schweiger, J., Edelhoff, D., & Güth, J.-F. (2021). 3D printing in digital prosthetic dentistry: An overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of Clinical Medicine*, 10(9), 2010.
- Tian, Y., Chen, C., Xu, X., Wang, J., Hou, X., Li, K., . . . Jiang, H. B. (2021). A review of 3D printing in dentistry: Technologies, affecting factors, and applications. *Scanning*, 2021, 9950131.

- Al-Hamad, K. A., Asiri, A., Al-Qahtani, A. M., Alotaibi, S., & Almalki, A. (2025). Development and in-vitro validation of an intraoral wearable biofeedback system for bruxism management. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1572970.
- Alona, E.-P., Amit, S., Khalil, M., & Ilana, E. (2026). Temporal patterns of bruxism behaviors: multiple day recording with portable electromyography. *Scientific Reports*, 16(1), 1046.
- Bilgen, B., Kaffaf, M. B., Şeşen, P., Saygılı, S., Özcan-Sezgin, A., Dayan, S. Ç., . . . Manfredini, D. (2026). Translation, cultural adaptation, and preliminary data evaluation of the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism (STAB) and BruxScreen in Turkey. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 94.
- Gotti, T., De Rubertis, I., Saracutu, O. I., Ferrari, M., Discepoli, N., & Manfredini, D. (2026). Electromyographic Assessment of Sleep Bruxism in Patients With Periodontitis: A Case–Control Study. *Oral diseases*.
- Kadioğlu, M. B., Durmaz, M., Eriş, M. A., & Uslu-Akçam, Ö. (2026). Biopsychosocial assessment of temporomandibular disorder symptoms across bruxism subtypes in dental students: associations with stress, sleep quality, and insomnia. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(4), 130.
- Kessler, L. J., Verhoeff, M. C., Chin, T., Su, N., Osman, A., Mungia, R., & Lobbezoo, F. (2026). Reliability, Construct Validity, Acceptability and Feasibility of the BruxScreen. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(2), 415-429.
- Leonan-Silva, B., Manfredini, D., Machado, E. V., da Silva Filho, V. F., Rodarte, L., Flecha, O. D., & Saracutu, O. I. (2026). Assessment of self-reported and clinically reported bruxism in studies on selective serotonin reuptake inhibitors and serotonin-norepinephrine reuptake inhibitors use: A critical appraisal aligned with the Standardized Tool for the Assessment of Bruxism principles. *The Journal of the American Dental Association*.
- Li, Y., Wang, M., Qiu, S., Chen, J., & Wang, F. (2026). Current Status and Future Perspectives of Wearable Technologies for Oral Health in Clinical Applications. *Diagnostics*, 16(7), 1015.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Glaros, A., Kato, T., Koyano, K., Lavigne, G., . . . Winocur, E. (2013). Bruxism defined and graded: an international consensus. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(1), 2-4.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K., Wetselaar, P., Glaros, A., Kato, T., . . . De Leeuw, R. (2018). International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), 837-844.

- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Verhoeff, M. C., Aarab, G., Bracci, A., Koutris, M., . . . Manfredini, D. (2024). The bruxism screener (BruxScreen): Development, pilot testing and face validity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 59-66.
- Manfredini, D., Ahlberg, J., Aarab, G., Bracci, A., Durham, J., Emodi-Perlman, A., . . . Koutris, M. (2024). The development of the Standardised Tool for the Assessment of Bruxism (STAB): An international road map. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(1), 15-28.
- Minakuchi, H., Nagasaki, M., Đinh, L. H., Miki, H., Omori, K., Nishimura, T., . . . Minematsu, N. (2026). Experimental Analysis of Automatic Discrimination Performance Between Simulated Bruxism and Non-Bruxism Under Conscious Conditions Using Electromyography and Machine Learning. *International Journal of Dentistry*, 2026(1), 7874254.
- Okuhara, S., Abe, Y., Hata, K., Kato, T., Takaba, M., Saito, M., . . . Yamaguchi, T. (2026). Multicenter Sleep Bruxism Clinical Registry in Japan: Development of the registry and exploratory analysis of data-driven clinical subgroups. *Journal of Prosthodontic Research*, JPR_D_25_00361.
- Pitkänen, M., Rytkönen, M., Miettinen, T., Ahlberg, J., Lobbezoo, F., Myllymaa, K., . . . Myllymaa, S. (2026). Electromyography Frequency Spectrum Is a Better Indicator of Sleep Bruxism Severity Related to Temporomandibular Disorder Pain Than Conventional Masticatory Muscle Activation and Bruxism Time Indices—A Pilot Study. *Journal of Sleep Research*, e70287.
- Song, X., Mo, S., Zhang, Y., Li, Y., Liu, J., Lobbezoo, F., . . . Lei, J. (2026). Translation, cultural adaptation, and pilot testing of the standardized tool for the assessment of bruxism and the bruxism screener in China. *Journal of Oral & Facial Pain and Headache*, 40(2), 54.
- Souza, C. S. P., Spadon-Brito, L. G., Calças, M. A. D. P., Matoso-Filho, R. C., Castaldi, N. J. S., Melchior, M. O., . . . Mazzi-Chaves, J. F. (2026). Behavioral and psychosocial correlates of awake bruxism behaviors in esports athletes: a cross-sectional study. *Scientific Reports*.
- Stanisic, N., Baram, S., Nykänen, L., List, T., Bracci, A., Svensson, P., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Exploring the relationship between muscle activity, jaw behaviour and pain. *Scientific Reports*, 15(1), 35029.
- Taniwaki, T., Okura, K., Suzuki, Y., Tajima, T., Watanabe, A., & Matsuka, Y. (2026). Examining the Influence of Glycemic Management During Sleep on Sleep-Related Bruxism: A Pilot Study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 53(6), 1105-1117.
- Verhoeff, M. C., Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Bender, S., Bracci, A., Colonna, A., . . . Häggman-Henrikson, B. (2025). Updating the bruxism definitions: report of an international consensus meeting. *Journal of Oral Rehabilitation*, 52(9), 1335-1342.

BÖLÜM 11

**Biyolojik Oryante Preparasyon
Tekniği (BOPT): Sabit Protetik
Restorasyonlarda Güncel
Bitiş Çizgisi Yaklaşımı**

***Deniz Yılmaz¹
Emine Dilara Çolpak²
Ayşe Nur Üredi³***

¹ Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Alanya, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4570-9067

² Dr. Öğr. Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Alanya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5334-2421

³ Arş. Gör. Dt., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Alanya, Türkiye, ORCID: 0009-0004-6048-9992

1.Giriş

Sabit protetik restorasyonların uzun dönem başarısı, mekanik dayanıklılığın, estetik bütünlüğün ve periodontal dokularla kurulan biyolojik uyumun birlikte sağlanmasına bağlıdır. Metal destekli porselen restorasyonlar uzun yıllar sabit protetik tedavilerin “altın standardı” olarak kabul edilmiştir. Son yıllarda ise tam seramik ve zirkonya esaslı restorasyonlar, üstün estetik özellikleri ve biyouyumlulukları sayesinde klinik pratikte giderek daha fazla yer bulmuştur (Ioannidis & Bindl, 2016). Restoratif materyallerdeki bu gelişme, preparasyon tasarımının da materyalin gereksinimleri ve dokuların biyolojik sınırları doğrultusunda yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmıştır.

Preparasyon planlamasında diş yapısının korunması, retansiyon ve rezistans formunun sağlanması, marjinal bütünlük, yapısal dayanıklılık ve estetik temel prensipler olarak kabul edilmektedir. Bu prensipler arasındaki denge, büyük ölçüde bitiş çizgisi ile belirlenir (Minyé et al., 2018).

Preparasyon geri dönüşsüz sert doku kaybına yol açan invaziv bir işlemdir. Özellikle vital dişlerde pulpal irritasyon, inflamasyon ve nekroz riski vardır. Bazı olgularda endodontik tedavi gerekebilmektedir (Şentürk, 2024). Marjinal uyumun yetersiz olması ise sekonder çürük, plak birikimi, periodontal problemler ve restorasyonun kırılma dayanımında azalma ile ilişkilendirilmektedir (Şentürk, 2024). Periodontal açıdan bakıldığında, horizontal bitiş çizgisine sahip kron ve köprülerle restore edilen dişlerde sondalamada kanama, sondalama derinliği ve ataşman kaybının, tedavi edilmemiş kontrol dişlerine göre daha yüksek olduğu ve diş eti çekilmesinin bu olumsuz yanıtın en belirgin göstergesi olduğu meta-analiz düzeyinde gösterilmiştir (León-Martínez et al., 2020).

Bu tablo, restorasyon ile periodonsiyum arasındaki ilişkiyi merkeze alan yeni preparasyon yaklaşımlarının gelişmesine zemin hazırlamıştır. Loi ve Di Felice (2013) tarafından tanımlanan Biyolojik Oryante Preparasyon Tekniği (Biologically Oriented Preparation Technique, BOPT), bitiş çizgisini diş üzerinde değil, protetik restorasyonun marjinde tanımlayarak yumuşak dokuların restorasyon konturuna uyum sağlamasını hedefleyen bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Bu bölümde bitiş çizgisi tasarımlarının gelişimi özetlenmekte; BOPT’nin kavramsal temelleri, klinik protokolü ve güncel klinik kanıtları ele alınarak tekniğin endikasyonları ve sınırlılıkları tartışılmaktadır.

2. Bitiş Çizgisi Tasarımlarının Gelişimi

Sabit protetik restorasyonlar için tanımlanan preparasyon teknikleri günümüzde üç ana başlık altında incelenmektedir: belirgin bir basamak oluşturan horizontal preparasyonlar (shoulder ve chamfer), basamak oluşturmeyen vertikal preparasyonlar (feather-edge ve knife-edge) ve vertikal preparasyonu yumuşak doku yönetimiyle birleştiren BOPT (León-Martínez et al., 2020). Bu tasarımların

her biri sert doku korunumu, marjinal uyum, laboratuvar iletişimi ve periodontal yanıt açısından farklı bir denge sunmaktadır.

2.1. Horizontal Preparasyon Tekniği

Horizontal preparasyon tekniği, klinik ve anatomik kron boyunun birbiriyle uyumlu olduğu ve periodontal sağlığın korunduğu olgularda tercih edilmektedir (Loi & Di Felice, 2013). Net ve belirgin bir bitiş çizgisi oluşturması, laboratuvar ile iletişimi kolaylaştırır ve restorasyon konturunun aşırı genişlemesini (overkontur) önler. Bu tasarımlarda servikal bölgedeki gerilmelerin sınırlı kalması seramikte çatlak riskini azaltır, biyolojik genişliğin korunması ve artık simanın kolayca uzaklaştırılabilmesi de önemli avantajlardır. Buna karşın horizontal preparasyon tekniği diş dokusunun yaklaşık %50–60'ının uzaklaştırılmasını gerektirebilmekte, postoperatif hassasiyet, inflamasyon ve pulpa nekrozu riskini artırmakta ve vertikal preparasyona göre teknik olarak daha zor bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Şentürk, 2024). Estetik beklentinin yüksek olduğu bölgelerde bu bitiş çizgileri sıklıkla subgingival konumlandırılmaktadır. Bu durum inflamasyon, sondalamada kanama, cep derinliğinde artış ve diş eti çekilmesi gibi olumsuz periodontal yanıtlarla ilişkilendirilmektedir (León-Martínez et al., 2020).

2.2. Vertikal Preparasyon Tekniği

Vertikal preparasyon, başlangıçta rezektif periodontal cerrahi uygulanan dişlerin protetik tedavisi için geliştirilmiştir (Loi & Di Felice, 2013). Carnevale, Di Febo ve Fuzzi (1990), periodontal cerrahi sırasında yeniden prepare edilen dişlerin perio-protetik sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirmiş ve bu yaklaşımın klinik temelini oluşturmuştur. Benzer dönemde Ingraham, Sochat ve Hansing (1981), döner aletle gingival küretaj (rotary gingival curettage) olarak tanımladıkları işlemi, preparasyon sırasında sulkusu açmak ve ölçü almayı kolaylaştırmak amacıyla önermişlerdir. Bu iki klinik gelenek, ileride BOPT'nin teknik bileşenlerinin öncüsü olmuştur.

Vertikal preparasyon horizontal tasarımlara göre daha konservatiftir ve özellikle birbirine paralel olmayan dayanak dişlerde tercih edilmektedir (Şentürk, 2024). Bununla birlikte kalan dentin miktarı yalnızca bitiş çizgisinin vertikal ya da horizontal olmasına bağlı değildir, anterior dişlerde yapılan in vitro bir çalışmada en fazla koronal dentin chamfer preparasyonlarda korunmuş, knif-edge ve shoulder preparasyonlarda daha az dentin kalmıştır (Adu-Ampomah et al., 2023). Postoperatif komplikasyonların daha az olması, uygulama kolaylığı, iyi retansiyon ve marjinal uyum diğer avantajlar arasında sayılmaktadır. Öte yandan artık simanın temizlenmesindeki güçlük, servikal bölgede gerilme yoğunlaşmasına bağlı çatlak riski, servikal materyal kalınlığının azlığına bağlı opak görünüm, öngörülmesi güç diş eti iyileşmesi ve geçici restorasyonların uzun süre kullanılması gerekliliği tekniğin dezavantajlarıdır (Şentürk, 2024).

Vertikal preparasyonda belirgin bir bitiş çizgisi bulunmadığından restorasyon marjininin konumu büyük ölçüde ölçü ve model üzerinden belirlenir. Bu durum gingival bölgedeki şekillendirmenin çoğunlukla teknisyene bırakılmasına ve aşırı kontura sahip restorasyonların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Şentürk, 2024). BOPT, vertikal preparasyonun bu belirsizliğini, marjin konumunu ve çıkış profilini klinik olarak kontrol edilen bir yumuşak doku yönetimi protokolüyle gidermeyi amaçlamaktadır.

3. Biyolojik Oryante Preparasyon Tekniği

BOPT, Loi ve Di Felice (2013) tarafından periodontal açıdan sağlıklı dişlerin protetik restorasyonu için tanımlanmıştır. Yazarlar, flep kaldırılmadan uygulanan vertikal preparasyonla hem estetik bölgede hem de posterior bölgede metal-seramik ve zirkonya restorasyonlar yapmış ve protez–doku arayüzünde on beş yıla varan takiplerde yumuşak doku stabilitesi bildirmişlerdir (Loi & Di Felice, 2013). Güncel bir sistematik derlemede BOPT; vertikal diş preparasyonu, gingitaj, pıhtıyı koruyan geçici restorasyon ve marjinal periodontal dokuyu kronun yeniden şekillendirilmiş çıkış profiline uyumlandırmayı amaçlayan özel bir laboratuvar tekniğinden oluşan bütüncül bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Abad-Coronel et al., 2024).

Tekniğin temel ilkesi, döner aletin sulkus içine yönlendirilerek anatomik mine-sement birleşiminin (cemento-enamel junction, CEJ) ortadan kaldırılması ve protetik marjin tarafından belirlenen yeni bir protetik mine-sement birleşiminin (prosthetic cemento-enamel junction, PCEJ) oluşturulmasıdır (Agustín-Panadero, Solá-Ruíz, Chust, & Ferreiroa, 2016). Diş daha önce prepare edilmişse mevcut bitiş hattı da aynı şekilde silinir. Böylece bitiş çizgisi diş üzerinde tek bir çizgi olarak değil, sulkus içinde marjinin farklı seviyelere yerleştirilebileceği bir “bitiş alanı” olarak ele alınır (Loi & Di Felice, 2013).

BOPT’de preparasyon sırasında döner alet, diş yüzeyi ile birlikte sulkuler epitel ve bağlantı epiteliyle oblik olarak temas eder. Gingitaj olarak adlandırılan bu kontrollü temas, sulkus iç duvarının epitelinin uzaklaştırılmasına ve kanamaya yol açar. Oluşan kan pıhtısı yeni suprakrestal dokunun öncüsüdür ve geçici restorasyonun marjini ile temas halinde stabilize edilmesi tekniğin biyolojik temelini oluşturur (Agustín-Panadero & Solá-Ruíz, 2015). İyileşme sürecinde pıhtı olgun bağ dokusuna dönüşürken yumuşak doku, geçici restorasyonun çıkış profiline göre yeniden şekillenir, yeniden ataşman sağlar ve kalınlaşır (Loi & Di Felice, 2013).

Bu süreç, konvansiyonel yaklaşımdaki ilişkiyi tersine çevirir. Horizontal preparasyonlarda restorasyon mevcut periodontal dokuya uydurulurken, BOPT’de gingival dokuların kronun servikal çıkış profiline uyum sağlaması beklenir; literatürde bu durum “adaptasyon formları ve profilleri” (adaptation forms and profiles) kavramıyla ifade edilmektedir (Loi & Di Felice, 2013). Tekniği tanımlayan yazarlar bu yaklaşımın gingival kalınlıkta artış, gingival

marjin stabilitesinde artış, gingival marjinin koronale taşınabilmesi ve ölçü almada kolaylık sağladığını bildirmiştir. Ayrıca BOPT'nin chamfer ve shoulder gibi tekniklere kıyasla preparasyon, ölçü alma, geçici kronların astarlanması ve kron profillerinin nihai restorasyona kadar oluşturulması aşamalarında daha basit ve hızlı olduğu ileri sürülmüştür (Loi & Di Felice, 2013).

3.1. BOPT ile Vertikal Preparasyon Tekniğinin Karşılaştırılması

BOPT bir vertikal preparasyon türü olmakla birlikte, feather-edge ya da knife-edge preparasyonlarla eşdeğer değildir. Klasik vertikal preparasyonda amaç sert dokuyu korumak ve uyumu kolaylaştırmaktır. Marjin konumu ve gingival kontur büyük ölçüde laboratuvar aşamasında belirlenir (Şentürk, 2024). BOPT'de ise preparasyon, kontrollü gingitaj, pıhtının geçici restorasyonla stabilizasyonu ve çıkış profilinin klinik olarak şekillendirilmesi tek bir protokolün ayrılmaz parçalarıdır (Abad-Coronel et al., 2024; Loi & Di Felice, 2013). İki yaklaşım arasındaki temel farklar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Vertikal preparasyon tekniği ile BOPT'nin karşılaştırılması

	Vertikal preparasyon (feather-edge/knife-edge)	BOPT
Temel amaç	Sert dokuyu koruyan konservatif preparasyon; paralel olmayan dişlerde kolaylık	Periodontal doku stabilitesi ve yeni bir çıkış profili oluşturma
CEJ ve mevcut bitiş hattı	Belirgin bitiş çizgisi oluşturulmaz	CEJ ve varsa önceki bitiş hattı tamamen elimine edilir; yeni PCEJ oluşturulur
Gingival doku ile etkileşim	Doku yönlendirmesi hedeflenmez	Gingitaj ile kontrollü travma; kan pıhtısı geçici restorasyonla stabilize edilir
Marjinin konumlandırılması	Büyük ölçüde teknisyen belirler; aşırı kontur riski	Bitiş alanı içinde, sulkus derinliği ve estetiğe göre koronal veya apikal konumlanabilir
Geçici restorasyonun rolü	Doku iyileşmesi için uzun süre kullanım gerekir	Hemen yerleştirilir; çıkış profilini belirler ve doku iyileşmesini yönlendirir (yaklaşık 4-5 hafta)
Doku-restorasyon ilişkisi	Gingival yanıtın öngörülmesi güçtür	Gingival dokular restorasyonun çıkış profiline adapte olur (adaptasyon formları ve profilleri)

Kaynak: Abad-Coronel et al. (2024), Loi ve Di Felice (2013) ve Şentürk (2024) esas alınarak düzenlenmiştir.

4. Klinik Protokol

BOPT, ardışık ve birbirine bağımlı aşamalardan oluşan, teknik hassasiyeti yüksek bir protokoldür. Aşağıda aşamalar klinik akış sırasına göre ele alınmıştır.

4.1. Ön Değerlendirme ve Preparasyon

Preparasyon öncesinde periodontal sond ile gingival sulkus derinliği ve kemik seviyesi belirlenir; böylece CEJ'nin konumu ve preparasyonun apikal sınırı saptanır. Bu aşamada kemik seviyesinin doğru tespiti kritik öneme sahiptir, çünkü preparasyon sırasında kemiğe temas edilmemelidir (Agustín-Panadero et al., 2016).

Preparasyon ekstragingival ve intrasulküler olmak üzere iki aşamada yapılır. Önce dişin ekstragingival bölümü 100–120 µm grenli alev uçlu elmas frezle prepare edilir. İntrasulküler aşamada frez, ucu ile değil gövdesi ile kesim yapacak şekilde hafif eğimli olarak sulkusa yönlendirilir; böylece diş yüzeyi ile sulkusun iç duvarı eş zamanlı olarak şekillendirilir ve aksiyel yüzey sulkus tabanına kadar uzanan tek bir düzlem haline getirilir (Loi & Di Felice, 2013; Rinaldi et al., 2023). Bu işlem sırasında anatomik CEJ ve varsa önceki bitiş hattı tamamen elimine edilir. Ingraham ve ark. (1981) tarafından tanımlanan klasik gingival küretajdan farklı olarak burada amaç net bir bitiş hattı oluşturmak değil, biyolojik olarak yeniden şekillendirilebilecek yeni bir protetik bölge yaratmaktır. Preparasyon, 20 µm grenli elmas frezle yüzeyin pürüzsüzleştirilmesiyle tamamlanır (Loi & Di Felice, 2013).

4.2. Geçici Restorasyon

Geçici restorasyon, BOPT'nin başarısını belirleyen en kritik unsurdur; preparasyondan hemen sonra yerleştirilmeli ve marjini pıhtıyı destekleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Abad-Coronel et al., 2024). Geçici restorasyonun yeniden şekillendirdiği gingival kontur, daha sonra nihai protez tarafından taklit edilerek estetik süreklilik ve biyolojik uyum sağlanır (Al-Haddad, Arsheed, Yee, & Kohli, 2024).

4.2.1. Konvansiyonel Yöntem

Teknisyen, wax-up model üzerinden gingival marjini takip eden ince, içi boş bir akrilik geçici restorasyon hazırlar. Bu geçicinin ağız içinde astarlanmasına “egg-shell tekniği” adı verilir (Mizrahi, 2019). Dayanak dişler gliserinle izole edildikten sonra geçici otopolimerize polimetil metakrilat (PMMA) rezinle astarlanır. Rezinin sulkus içine apikal yönde ilerlemesi dokuyu dışa iterek sulkusu yeniden şekillendirir (Agustín-Panadero et al., 2016). Polimerizasyon tamamlanmadan önce ağızdan çıkarılan kron üzerinde iki sınır gözlenir: intrasulküler preparasyonun izini taşıyan ince iç sınır ve gingival marjinin dış konturunu yansıtan daha kalın dış sınır. İki sınır arasındaki boşluk gingivanın negatif kopyasıdır ve akışkan kompozitle doldurularak kalın bir marjin ve uygun

bir kron konturu elde edilir. Servikal profil dişin uzun eksenine yaklaşık 45° açıyla şekillendirilir ve yeni PCEJ oluşturulur (Gugleva, 2023). Geçici kron marjini sulkus içinde 0,5–1 mm derinlikte konumlandırılmalı, yüzeyi plak birikimini önleyecek şekilde iyi polisajlanmalıdır (Loi & Di Felice, 2013; Rinaldi et al., 2023).

4.2.2. Dijital Yöntem

Geçici kronlar bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim yöntemleri (CAD/CAM) ile de üretilir. Preparasyonun ardından alınan ölçü ya da tarama verileri CAD yazılımında yumuşak doku profiliyle karşılaştırılır; yeni çıkış profili, margogingival seviye ve sulkus derinliği sanal ortamda planlanır. Konveks marjinal konturlara sahip frezelenmiş PMMA geçici kronlar, ağız içinde küçük bir rezin astarıyla uyumlandırılır ve astarlama-bitirme için gereken hasta başı süresi azalır (Rinaldi et al., 2023).

4.3. Doku Olgunlaşması ve Gingival Marjinin Ayarlanması

Geçici restorasyonun konturu pıhtının korunmasını sağlar; pıhtı zamanla olgun bağ dokusuna dönüşür ve dokular yeni çıkış profiline adapte olur. Yaklaşık dört hafta sonunda gingival dokular stabil, sağlıklı ve kalınlaşmış hale gelir. Gerektiğinde geçici kron marjininin kısaltılmasıyla gingival marjin yeniden konumlandırılabilir. Dokular yaklaşık bir hafta içinde koronal yönde hareket eder (Gugleva, 2023; Loi & Di Felice, 2013). Bu özellik, gingival marjin seviyelerindeki asimetritelerin cerrahi bir işlem gerekmeden düzeltilmesine olanak tanır (Gugleva, 2023).

4.4. Ölçü

4.4.1. Konvansiyonel Yöntem

Dokular stabil hâle geldikten sonra alınan ölçüde belirgin bir bitiş çizgisinin bulunmaması işlemi kolaylaştırır; ancak sulkusun doğru kaydedilebilmesi için iki retraksiyon ipinin birlikte kullanılması önerilmektedir (Loi & Di Felice, 2013). Modelde gingival kontur 0,5 mm uçlu kalemle dayanak duvarına aktararak siyah bir referans çizgisi oluşturulur. Ardından gingival kısım uzaklaştırılarak preparasyonun subgingival bölümü mavi çizgiyle işaretlenir. İki çizgi arasındaki bölge “bitiş alanı”dır (finishing area); teknisyen bu alan içinde kron marjininin yerleşeceği “bitiş çizgisini” (finishing line) kırmızı kalemle belirler. Bitiş çizgisinin apikal ya da koronal konumu sulkus derinliğine ve estetik gereksinimlere göre seçilir; temel kural, kron marjininin epitelyal atasmanı hiçbir zaman ihlal etmemesidir. Kırmızı çizgi, gereksiz servikal diş dokusunu uzaklaştıran kontrollü eksiltme işlemi (ditching) için referans alınır (Loi & Di Felice, 2013).

4.4.2. Dijital Yöntem

Biyolojik olarak yönlendirilmiş dijital ölçü tekniği (biologically oriented digital impression technique, BODIT), geçici restorasyonun bitiş çizgisi ve çıkış profiline ait bilgileri, ölçünün alındığı yazılım üzerinde basit bir CAD işlemiyle laboratuvara aktarır. Teknikte retraksiyon ipi kullanılmadığı için sulkus ve epitelyal ataşman ihlal edilmez; bu da çift ip tekniğinin olası biyolojik ve estetik sorunlarını önleme potansiyeli taşır (Tallarico et al., 2023).

4.5. Laboratuvar Aşaması

BOPT’de profil oluşturma işlemi gingival bileşeni bulunmayan ana model üzerinde yapılır ve morfolojik, fonksiyonel ve estetik açıdan ideal kontur elde edilir. Restorasyon daha sonra gingivayı içeren model üzerinde değerlendirilir; teknisyen marjinal gingivayla oluşan küçük interferansları bistüriyle uzaklaştırarak ağız içinde restorasyon ile doku arasında oluşacak etkileşimi simüle eder (Loi & Di Felice, 2013). Nihai restorasyonun çıkış profili, geçici restorasyonun oluşturduğu gingival konturu birebir sürdürecektir şekilde şekil, kontur, renk ve yüzey dokusu açısından standart ve fizyolojik bir formda hazırlanır (Abad-Coronel et al., 2024).

5. Klinik Kanıtlar

BOPT’ye ilişkin klinik kanıtlar son on yılda hızla artmış olmakla birlikte, çalışmaların önemli bir kısmı sınırlı sayıda araştırma grubundan kaynaklanmaktadır. Abad-Coronel ve ark. (2024) sistematik derlemelerinde dahil etme ölçütlerini karşılayan altı çalışmayı (iki randomize klinik çalışma, bir prospektif klinik çalışma ve üç vaka serisi) değerlendirmiş; BOPT ile yapılan sabit protezlerin sondalama derinliğini artırmadığını, orta düzeyde gingival inflamasyon ile daha düşük çekilme ve komplikasyon oranları gösterdiğini ve beş yıla kadar tatmin edici ve stabil sonuçlar sunduğunu bildirmiştir. Al-Haddad ve ark. (2024) ise sekiz çalışmayı içeren sistematik derlemelerinde, üç randomize kontrollü çalışmayı kapsayan meta-analizde BOPT ile chamfer preparasyon arasında periodontal sağlık ve başarı oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ve BOPT’nin chamfer preparasyonla karşılaştırılabilir sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Başlıca klinik çalışmalar Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. BOPT ve vertikal preparasyonlara ilişkin başlıca klinik çalışmalar

Çalışma	Tasarım ve örneklem	Takip	Başlıca bulgular
Paniz et al. (2016)	Randomize klinik çalışma; maksiller anterior, 106 chamfer ve 94 feather-edge	12 ay	Pİ, Gİ ve cep derinliğinde gruplar arası fark yok; feather-edge'de sondalamada kanama daha fazla, çekilme daha az
Scutellà et al. (2017)	Retrospektif; feather-edge ve gingitaj, 137 diş	Ortalama 18,2 ay (6–60 ay)	Sondalamada kanama %18, plak %11; dişlerin %99,4'ünde cep derinliği $\leq$ 3 mm; marjin görünürlüğü %5,1
Agustín-Panadero et al. (2018)	Prospektif; BOPT ile zirkonya tam kronlar	2 yıl	Gingival kalınlıkta artış ve gingival marjin stabilitesi
Ferrari Cagidiaco et al. (2019)	Randomize klinik çalışma; 50 posterior zirkonya kron, feather-edge ve chamfer	4 yıl	Sondalamada kanama feather-edge'de %72, chamfer'da %48
Serra-Pastor et al. (2019)	Prospektif; BOPT, 149 diş	4 yıl	İyi periodontal yanıt, gingival kalınlaşma, marjin stabilitesi ve yüksek sağkalım
Agustín-Panadero et al. (2021)	Randomize kontrollü çalışma; posterior üç üyeli köprüler, BOPT ve horizontal kontrol	5 yıl	Pİ = 1: kontrol %57,9, BOPT %35; Gİ = 1: %68,4 ve %30; > 3 mm cep: %26,3 ve %10; marjin stabilitesi BOPT'de %100, kontrolde %10,5
Serra-Pastor et al. (2023)	Prospektif; anterior zirkonya köprüler, BOPT	6 yıl	Dişlerin çoğunda Gİ = 0; gingival kalınlıkta anlamlı artış; çekilme olmadan %100 marjin stabilitesi ve %100 sağkalım
Galli et al. (2024)	Retrospektif; BOPT, 52 hasta, 220 kron	Ortalama 9,3 yıl (5–13 yıl)	Protetik sağkalım %99,6; kronların %2,7'sinde < 1 mm çekilme; %3,2'sinde sondalamada kanama

Kaynak: Tabloda belirtilen çalışmalardan derlenmiştir. Pİ: plak indeksi; Gİ: gingival indeksi.

5.1. Periodontal Parametreler

BOPT ile horizontal preparasyonu karşılaştıran randomize kontrollü çalışmada, beş yıllık takipte plak indeksi 1 olan dişlerin oranı kontrol grubunda %57,9, BOPT grubunda %35 olarak bulunmuştur. Gingival indeksi 1 olan dişlerin oranı kontrol grubunda %68,4, BOPT grubunda %30'dur; 3 mm'den derin cep oranı ise sırasıyla %26,3 ve %10'dur (Agustín-Panadero et al., 2021). Anterior zirkonya köprülerin altı yıllık takibinde düşük plak indeksi değerleri ve stabil sondalama derinlikleri gözlenmiş, gingival indeksin dişlerin büyük çoğunluğunda 0 düzeyinde kaldığı bildirilmiştir (Serra-Pastor et al., 2023). Bu bulgular, BOPT'nin orta dönemde gingival inflamasyonu sınırlı düzeyde tutabildiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte meta-analiz düzeyinde BOPT'nin chamfer preparasyona üstünlüğü gösterilememiştir (Al-Haddad et al., 2024).

5.2. Gingival Kalınlık ve Marjin Stabilitesi

BOPT'nin en belirgin klinik etkisi gingival kalınlık ve marjin stabilitesi üzerindedir. İki yıllık prospektif bir çalışmada BOPT ile prepare edilen dişlerde gingival kalınlığın arttığı ve gingival marjinin stabil kaldığı bildirilmiştir (Agustín-Panadero, Serra-Pastor, Fons-Font, & Solá-Ruiz, 2018). 149 dişin dört yıl izlendiği prospektif çalışmada da iyi periodontal davranış, gingival kalınlaşma ve marjin stabilitesi gözlenmiş, eski restorasyonların yenilenmesi gereken olgularda iyi bir seçenek olarak değerlendirilmiştir (Serra-Pastor et al., 2019). Daha uzun dönem verileri sunan 5–13 yıllık retrospektif bir çalışmada, ortalama 9,3 yıl izlenen 220 krona protetik sağkalım %99,6 bulunmuş, kronların yalnızca %2,7'sinde 1 mm'den az diş eti çekilmesi saptanmıştır (Galli, Deflorian, Zucchelli, Del Fabbro, & Testori, 2024).

5.3. BOPT ve Vertikal Preparasyon

BOPT çalışmalarının sonuçlarını, gingival yönetim protokolü içermeyen klasik vertikal preparasyon çalışmalarından ayırmak gerekir. Maksiller anterior bölgede derin chamfer ile feather-edge preparasyonu karşılaştıran randomize bir çalışmada, 12 aylık takipte plak indeksi, gingival indeks ve cep derinliği açısından gruplar arasında fark bulunmamış; feather-edge grubunda sondalamada kanama daha fazla, diş eti çekilmesi ise daha az görülmüştür (Paniz et al., 2016). Posterior zirkonya kronlarda dört yıllık randomize bir çalışmada da sondalamada kanama feather-edge grubunda %72, chamfer grubunda %48 olarak bildirilmiştir (Ferrari Cagidiaco et al., 2019). Buna karşın feather-edge preparasyonun gingitajla birleştirildiği 137 dişlik retrospektif seride sondalamada kanama %18 ve plak oranı %11 bulunmuş, dişlerin %99,4'ünde cep derinliği 3 mm ve altında kalmıştır (Scutellà, Weinstein, Zucchelli, Testori, & Del Fabbro, 2017).

Bu farklılıklar, vertikal bitiş çizgisinin tek başına olumlu periodontal yanıtı garanti etmediğini, BOPT'de bildirilen sonuçların preparasyon geometrisinden

çok gingitaj, pıhtı stabilizasyonu ve geçici restorasyonla yönlendirilen doku olgunlaşması gibi protokol bileşenleriyle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle feather-edge ya da knife-edge çalışmalarının sonuçları doğrudan BOPT'ye genellenmemelidir.

6. Sınırlılıklar ve Klinik Dikkat Noktaları

BOPT'nin klinik avantajları, tekniğin doğru endikasyonda ve protokole sıkı bağlılıkla uygulandığı durumlar için geçerlidir. Teknik, başlıca periodontal açıdan sağlıklı dişlerde (Loi & Di Felice, 2013), eski restorasyonların yenilenmesinde (Serra-Pastor et al., 2019) ve suprakrestal ataşmanı ihlal eden önceki restorasyonlara bağlı gingival mimari bozukluklarının düzeltilmesinde (Rinaldi et al., 2023) tercih edilmektedir.

Klinik açıdan tekniğin başlıca sınırlılıkları şunlardır: öğrenme eğrisi uzun ve teknik hassasiyeti yüksek bir protokol olması, daha uzun hasta başı süresi gerektirmesi ve gingival iyileşme için yaklaşık 4–5 haftalık bir geçiş dönemine ihtiyaç duyulması. Belirgin bir dental bitiş çizgisinin bulunmaması protetik marjinin konumlandırılmasını güçleştirebilir; hekim ya da teknisyenin tekniğe yeterince hakim olmaması sulkusun ve bağlantı epitelinin zarar görmesine yol açabilir. Subgingival konumdaki marjin nedeniyle simantasyon sonrası artık simanın uzaklaştırılması da klinik olarak güçlük yaratabilir (Şentürk, 2024).

Kanıt düzeyi açısından bakıldığında, mevcut randomize kontrollü çalışma sayısı az, çalışmalar arası heterojenlik yüksektir ve verilerin önemli bir bölümü tekniği geliştiren ya da yaygınlaştıran araştırma gruplarından gelmektedir (Abad-Coronel et al., 2024; Al-Haddad et al., 2024). Ayrıca vaka serileri ve retrospektif çalışmalar, yayın yanlılığı ve seçim yanlılığına açıktır. Bu nedenle BOPT'nin horizontal preparasyonlara üstünlüğü konusunda kesin bir yargıya varmak için bağımsız merkezlerde yürütülen, standart sonuç ölçütleri kullanan uzun dönem randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri

BOPT, bitiş çizgisini diş üzerinden protetik restorasyona taşıyarak restorasyon–periodonsiyum ilişkisini yeniden tanımlayan bir yaklaşımdır. Tekniğin biyolojik temeli, kontrollü gingitajla oluşturulan pıhtının geçici restorasyonla stabilize edilmesi ve yumuşak dokuların yeni çıkış profiline uyum sağlamasına dayanmaktadır. Mevcut klinik çalışmalar BOPT'nin düşük gingival inflamasyon, gingival kalınlaşma, yüksek marjin stabilitesi ve yüksek protetik sağkalımla ilişkili olduğunu göstermektedir (Agustín-Panadero et al., 2021; Galli et al., 2024; Serra-Pastor et al., 2019). Bununla birlikte meta-analiz düzeyinde chamfer preparasyona karşı anlamlı bir üstünlük gösterilememiştir (Al-Haddad et al., 2024).

Klinik uygulamada BOPT, tek başına bir preparasyon geometrisi olarak değil; preparasyon, geçici restorasyon, doku olgunlaşması, ölçü ve laboratuvar

aşamalarını kapsayan bütüncül bir protokol olarak ele alınmalıdır. Klasik vertikal preparasyonlarda bildirilen yüksek sondalamada kanama oranları (Ferrari Cagidiaco et al., 2019; Paniz et al., 2016), bu protokol bileşenlerinin önemini vurgulamaktadır.

Gelecekte dijital iş akışlarının BOPT'nin standardizasyonuna önemli katkı sağlaması beklenmektedir. Geçici restorasyonun çıkış profilinin retraksiyon ipi kullanılmadan dijital olarak aktarılması (Tallarico et al., 2023) ve CAD/CAM ile üretilen geçici kronlar (Rinaldi et al., 2023), tekniğin hasta başı süresini ve operatöre bağımlılığını azaltabilir. Tekniğin uzun dönem etkinliğini ve öngörülebilirliğini netleştirmek için bağımsız, çok merkezli ve uzun süreli randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- Abad-Coronel, C., Villacís Manosalvas, J., Palacio Sarmiento, C., Esquivel, J., Loi, I., & Pradíes, G. (2024). Clinical outcomes of the biologically oriented preparation technique (BOPT) in fixed dental prostheses: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(3), 502–508.
- Adu-Ampomah, N. F., Ampofo, P. C., Nyako, A., Hewlett, S., Acheampong, A. O., Yabang, G. T. M., . . . Goka, R. (2023). An in vitro analysis to evaluate coronal residual dentine thickness after different anterior crown preparations. *Open Journal of Stomatology*, 13(12), 442–449.
- Agustín-Panadero, R., Serra-Pastor, B., Fons-Font, A., & Solá-Ruiz, M. F. (2018). Prospective clinical study of zirconia full-coverage restorations on teeth prepared with biologically oriented preparation technique on gingival health: Results after two-year follow-up. *Operative Dentistry*, 43(5), 482–487.
- Agustín-Panadero, R., Serra-Pastor, B., Loi, I., Suárez, M. J., Pelaez, J., & Solá-Ruiz, M. F. (2021). Clinical behavior of posterior fixed partial dentures with a biologically oriented preparation technique: A 5-year randomized controlled clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 870–876.
- Agustín-Panadero, R., & Solá-Ruiz, M. F. (2015). Vertical preparation for fixed prosthesis rehabilitation in the anterior sector. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(4), 474–478.
- Agustín-Panadero, R., Solá-Ruiz, M. F., Chust, C., & Ferreiroa, A. (2016). Fixed dental prostheses with vertical tooth preparations without finish lines: A report of two patients. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 115(5), 520–526.
- Al-Haddad, A., Arsheed, N. A. A., Yee, A., & Kohli, S. (2024). Biological oriented preparation technique (BOPT) for tooth preparation: A systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 36(1), 11–19.
- Carnevale, G., Di Febo, G., & Fuzzi, M. (1990). A retrospective analysis of the perio-prosthetic aspect of teeth re-prepared during periodontal surgery. *Journal of Clinical Periodontology*, 17(5), 313–316.
- Ferrari Cagidiaco, E., Discepoli, N., Goracci, C., Carboncini, F., Vigolo, P., & Ferrari, M. (2019). Randomized clinical trial on single zirconia crowns with feather-edge vs chamfer finish lines: Four-year results. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(6), 817–826.
- Galli, F., Deflorian, M., Zucchelli, G., Del Fabbro, M., & Testori, T. (2024). The biologically oriented preparation technique (BOPT) approach for preventing gingival recessions in fixed prosthodontics: A 5- to 13-year follow-up retrospective study. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 19(2), 112–124.

- Gugleva, M. (2023). Gingival contour in BOPT: A review of provisional crown guidance. *International Journal of Science and Research*, 12(7), 292–296.
- Ingraham, R., Sochat, P., & Hansing, F. J. (1981). Rotary gingival curettage: A technique for tooth preparation and management of the gingival sulcus for impression taking. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 1(4), 8–33.
- Ioannidis, A., & Bindl, A. (2016). Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: Up-to ten-year results. *Journal of Dentistry*, 47, 80–85.
- León-Martínez, R., Montiel-Company, J. M., Bellot-Arcís, C., Solá-Ruiz, M. F., Selva-Otaolaurruchi, E., & Agustín-Panadero, R. (2020). Periodontal behavior around teeth prepared with finishing line for restoration with fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(1), 249.
- Loi, I., & Di Felice, A. (2013). Biologically oriented preparation technique (BOPT): A new approach for prosthetic restoration of periodontically healthy teeth. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 8(1), 10–23.
- Minyé, H. M., Gilbert, G. H., Litaker, M. S., Mungia, R., Meyerowitz, C., Louis, D. R., . . . McCracken, M. S. (2018). Preparation techniques used to make single-unit crowns: Findings from the National Dental Practice-Based Research Network. *Journal of Prosthodontics*, 27(9), 813–820.
- Mizrahi, B. (2019). Temporary restorations: The key to success. *British Dental Journal*, 226(10), 761–768.
- Paniz, G., Nart, J., Gobbato, L., Chierico, A., Lops, D., & Michalakis, K. (2016). Periodontal response to two different subgingival restorative margin designs: A 12-month randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 20(6), 1243–1252.
- Rinaldi, T., Santamaría-Laorden, A., Orejas Pérez, J., Godoy Ruiz, L., Serrano Granger, C., & Gómez Cogolludo, P. (2023). Periodontal healing with fixed restorations using the biologically oriented preparation technique combined with a full digital workflow: A clinical case report. *Healthcare*, 11(8), 1144.
- Scutellà, F., Weinstein, T., Zucchelli, G., Testori, T., & Del Fabbro, M. (2017). A retrospective periodontal assessment of 137 teeth after featheredge preparation and gingivectomy. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 37(6), 791–800.
- Serra-Pastor, B., Bustamante-Hernández, N., Fons-Font, A., Solá-Ruiz, M. F., Revilla-León, M., & Agustín-Panadero, R. (2023). Periodontal outcomes of anterior fixed partial dentures on teeth treated with the biologically oriented preparation technique: A 6-year prospective clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(5), 703–709.

- Serra-Pastor, B., Loi, I., Fons-Font, A., Solá-Ruíz, M. F., & Agustín-Panadero, R. (2019). Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: A 4-year follow-up prospective clinical study. *Journal of Prosthodontic Research*, 63(4), 415–420.
- Şentürk, A. (2024). Tam kronlar ve preparasyonda bitiş çizgisinin önemi. *Türkiye Klinikleri Journal of Prosthodontics-Special Topics*, 10(2), 9–15.
- Tallarico, M., Cuccu, M., Meloni, S. M., Lumbau, A. I., Baldoni, E., Pisano, M., . . . Cervino, G. (2023). Digital analysis of a novel impression method named the biological-oriented digital impression technique: A clinical audit. *Prosthesis*, 5(4), 992–1001.