Sağlık Bilimleri Dergisi

Derleme
10.34108/eujhs.1694660

Künye:
Cilt: 35(2)
Yıl: 2026
Sayfa: 461-472

Elif Su ÇİÇEK[a*]
Merve BANKOĞLU GÜNGÖR[b]

[*a]Arş. Gör., Gazi Üniversitesi, elifsucicek@gazi.edu.tr
[b]Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, mervegungor@gazi.edu.tr

[*]Sorumlu Yazar

Geliş Tarihi: 7/05/2025
Kabul Tarihi: 9/01/2026

Atıf:
Çiçek, ES., Bankoğlu Güngör, M. Vat Fotopolimerizasyon Baskı Teknolojisinin ve Fotopolimer Rezinlerin İmplant Destekli Sabit Protezlerde Kullanımı. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2026, 35(2): 461-472. https://doi.org/*10.34108/eujhs.1694660*

Vat Fotopolimerizasyon Baskı Teknolojisinin ve Fotopolimer Rezinlerin İmplant Destekli Sabit Protezlerde Kullanımı

Öz

Dijital iş akışının diş hekimliğinde giderek yaygınlaşmasıyla birlikte, bilgisayar yardımlı tasarım ve bilgisayar yardımlı üretim tekniklerine üç boyutlu baskı teknolojisi de dahil olmuştur. Günümüzde eksiltmeli üretimin yerini almaya başlayan bu teknoloji, kişiye özgü tasarımlar ve yüksek hassasiyetli çözümler sunarak diş hekimliğindeki tedavi süreçlerini hızlandırmakta ve klinik açıdan tatmin edici sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Üç boyutlu baskı teknolojisiyle üretilen materyallerin implant destekli sabit protezlerde kullanımı, son yıllarda yeni bir uygulama olarak protetik diş tedavisinde yerini almıştır. İmplant destekli sabit protezlerde model ve kişisel ölçü kaşığı üretiminde kullanılmaya başlanan bu teknoloji, özellikle fotopolimer rezinlerle birlikte vat fotopolimerizasyon yöntemi aracılığıyla geçici ve daimi restorasyon üretiminde de yaygınlaşmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucunda fotopolimer rezinlerin başarılı performansları, implant destekli sabit protezlerde kullanımlarını daha etkin bir hale getirmiştir. Yöntemin ve materyallerin yeni olması sebebiyle literatürdeki mevcut eksiklik, ağız ortamının gereksinimlerini tam olarak karşılama konusunda henüz yeterli bilgi sunmamaktadır. Ancak, üç boyutlu ve dört boyutlu baskı teknolojilerindeki sürekli gelişmeler, gelecekteki çalışmalarla bu endişelerin giderileceği yönünde umut vadetmektedir. Bu derleme çalışmasında vat fotopolimerizasyon baskı teknolojisinin ve fotopolimer rezinlerin implant destekli sabit protezlerde kullanımı ile ilgili güncel literatür bilgisinin verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Dental rezinler, implant-destekli diş protezi, baskı, üç boyutlu.

❋ ❋ ❋

The Use of Vat Photopolymerization Printing Technology and Photopolymer Resins in Implant-Supported Fixed Prostheses

Abstract

With the increasing prevalence of digital workflows in dentistry, three-dimensional printing technology has been incorporated into computer-aided design and computer-aided manufacturing techniques. This technology, which is gradually replacing subtractive manufacturing methods, accelerates treatment processes in dentistry and enables clinically satisfactory outcomes by offering patient-specific designs and high-precision solutions. The use of materials produced with three-dimensional printing technology in implant-supported fixed prostheses has recently emerged as a new application in prosthetic dental treatment. Initially utilized to create models and custom impression trays in implant-supported fixed prostheses, this technology has increasingly been adopted to fabricate temporary and permanent restorations, particularly through the vat photopolymerization method using photopolymer resins. Studies conducted in this field have demonstrated the successful performance of photopolymer resins, thereby enhancing their applicability in

Screenedby
iThenticate for Authors & Researchers

Except where otherwise noted, content in this article is licensed under a Creative Commons 4.0 International license. Icons by Font Awesome.

implant-supported fixed prostheses. However, due to the novelty of both the method and the materials, current literature provides limited data regarding their ability to fully meet the requirements of the oral environment. Nevertheless, ongoing advancements in three-dimensional and four-dimensional printing technologies offer promising prospects for addressing these concerns in future studies. This review presents current literature on vat photopolymerization printing technology and photopolymer resins in implant-supported fixed prostheses.

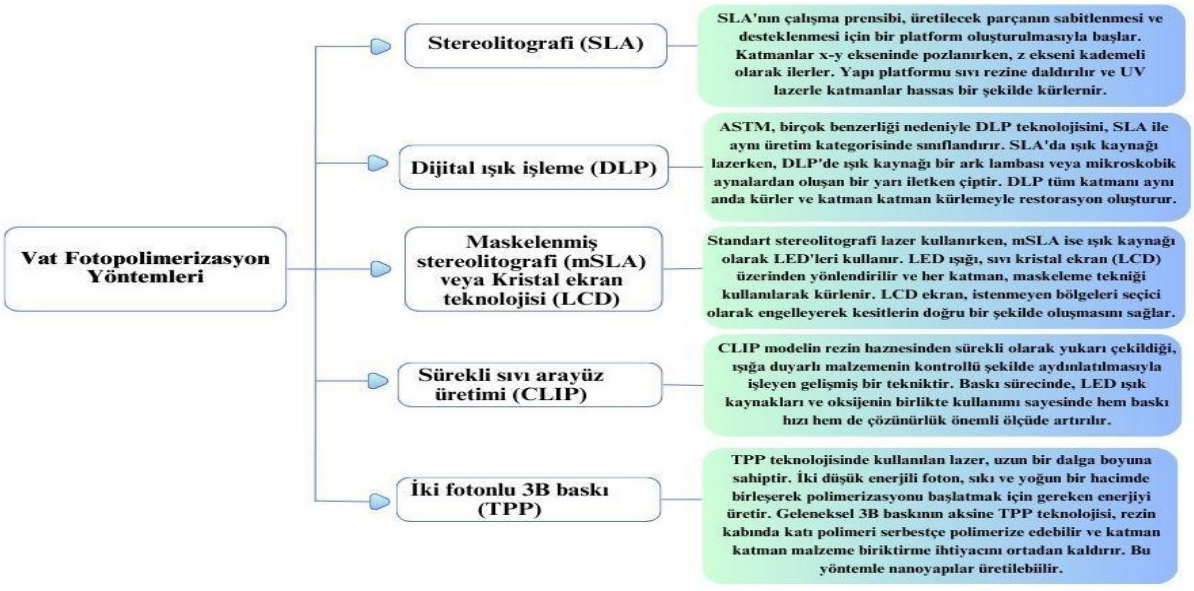
Keywords: Dental resins, implant-supported dental prosthesis, printing, three-dimensional.

❋ ❋ ❋

Giriş

Günümüzde bir veya daha fazla diş eksikliğinin tedavisinde kullanılan diş destekli kron ve köprüler, teknoloji ve materyallerdeki gelişmelerle birlikte yerini giderek implant destekli sabit restorasyonlara bırakmaktadır. Son yıllarda dijital teknolojiler, implant diş hekimliğinde devrim niteliğinde ilerlemeler sağlamış ve bu alanın çeşitli aşamalarında doğruluğu ve etkinliği önemli ölçüde artmıştır. Teşhis, ameliyat öncesi planlama, cerrahi uygulamalar ve restorasyon süreçleri ile birleştirilen dijital çözümler, implant tedavisinin başarısını artırırken, aynı zamanda klinik süreçleri hızlandırmıştır.[1] Oral implantolojide, en yaygın kullanılan üç boyutlu (3B) baskı teknolojileri, vat fotopolimerizasyon ve malzeme püskürtme teknolojileridir.[2,3]

3B baskı teknikleri arasında, vat fotopolimerizasyon en erken geliştirilen baskı teknolojisidir. Bu teknolojide malzeme olarak fotopolimer sıvı rezin kullanılır. Rezin, yalnızca ışık altında katı bir maddeye dönüşen ve ışık olmadan sıvı halde kalan bir malzemedir. Bu nedenle, baskı sonrasında ürünler rezinden kolayca ayrılabilmektedir. Fotopolimerizasyon tekniğinin yüksek hassasiyet ve hızlı polimerleşme oranı nedeniyle, ürünler hızlı bir şekilde üretilebilmektedir. Aynı zamanda baskı nesnelerine pürüzsüz yüzey kazandırılabilmektedir. Ancak, polimerize olmuş malzemenin kırılgan, deforme olmaya yatkın, kötü hava koşullarına dayanıksız ve düşük biyouyumluluğa sahip olma gibi sınırlamaları nedeniyle, günümüzde sıklıkla model, kişisel ölçü kaşığı, geçici dental restorasyon vb. gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Baskı teknolojisinin özelliklerine bağlı olarak; stereolitografi (SLA), dijital ışık işleme (DLP), maskelenmiş stereolitografi (mSLA) veya sıvı kristal ekran teknolojisi (liquid crystal display-LCD), sürekli sıvı arayüz üretimi (CLIP), iki fotonlu 3B baskı (TPP) gibi birçok vat fotopolimerizasyon 3B baskı tekniği geliştirilmiştir.[4] Vat fotopolimerizasyon 3B baskı yöntemleri Şekil 1'de özetlenmiştir. Baskı yapılabilir dental materyallerin baskı parametrelerinin geliştirilmesiyle mekanik özellikleri hızla gelişmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan 3B baskı materyallerinin biyouyumluluğu da büyük bir önem taşımaktadır. Konvansiyonel dental rezinlerle kıyaslandığında, 3B baskı rezinlerinin benzer biyouyumluluğa sahip olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur.[5-7] Ancak kürleme ve bitirme gibi son işlemler rezinlerin biyouyumluluğunu etkileyebilmektedir.[8]



Şekil 1. Vat fotopolimerizasyon 3B baskı yöntemleri[4,8-12]

CC: BY-ND-NC

Vat fotopolimerizasyonu ile en sık kullanılan materyal grubu sentetik polimerlerdir.[13] Vat fotopolimerizasyon 3B baskı yöntemlerinde, fotopolimer rezinler genellikle UV veya lazer destekli kürleme mekanizmalarıyla katılaştırılırlar.[14] UV rezinleri, uygun dalga boyundaki UV ışık ile polimerizasyon reaksiyonunu başlatarak, sıvı polimer rezinin katı bir 3B yapıyı oluşturmasını sağlayan çapraz bağlı polimerlere dönüşür. UV rezinleri, DLP ve SLA yöntemlerinde kullanılan temel malzemelerdir. Kronlar, köprüler ve cerrahi rehberler gibi çeşitli protez uygulamalarında kullanılırlar. Ancak, UV ışığına duyarlılıkları nedeniyle, SLA ile basılan ürünler güneş ışığından etkilenerek şekil ve renk değiştirebilmektedir.[15] 3B baskı rezinlerinin içeriğindeki monomer seçimi ve oranı kritik bir öneme sahiptir. Rezin formülasyonundaki monomer oranının artırılması, elde edilen materyalin mekanik özelliklerini iyileştirsede de, bu durum rezinin viskozitesinde de artışa neden olarak baskı sürecini olumsuz etkileyebilmektedir.[14] Işıkla polimerize olan dental kompozit materyallerinde sıklıkla kullanılan bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve üretan dimetakrilat (UDMA) gibi monomerler, UV rezinlerinin içeriğinde de yer alabilmektedir. Ancak, bu dimetakrilat monomerlerinin yüksek molekül ağırlıkları, viskozitenin de yüksek olmasına yol açarak 3B baskı uygulamalarını sınırlayabilmektedir. Etoksillenmiş bisfenol A-dimetakrilat (Bis-EMA) gibi hidroksillenmemiş monomerlerin kullanımı, düşük viskozite sağlayarak daha iyi bir baskı süreci sunmaktadır. Ayrıca, rezinin viskozitesini azaltmak amacıyla trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) da formülasyonlara eklenebilmektedir.[16] Lin ve ark.larının yaptıkları çalışmada, Bis-EMA, UDMA ve TEGDMA monomerlerinin dental uygulamalar için uygun 3B baskı rezin içerikleri olduğu, basılan nesnelerin tatmin edici biyolojik ve mekanik özellikler sergilediği ve klinik uygulamalar için yeterli doğruluk sağladığı gösterilmiştir.[16] Ancak, bu tür rezinlerin en önemli dezavantajlarından biri polimerizasyon sırasında meydana gelen büzülmedir. Bu büzülme, basılan parçalarda deformasyonlara ve üretim sürecinde kırılmalara neden olabilmektedir. SLA ve DLP gibi 3B baskı tekniklerinde kullanılan fotopolimer rezinler genellikle katmanlar arası yeterli bağlanmayı sağlamak için işlem sonrası son ısıl işleme tabi tutulmaktadır. Ancak, ısıtma ve soğutma işlemlerindeki farklılıklar, rezinlerde eğrilme veya büzülmeye yol açan iç gerilimlerin oluşmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, basılan parçanın kullanım amacına uygun malzeme seçimi ve işlem sonrası protokollerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.[17]

Bu literatür derlemesinde implant destekli sabit protezlerin yapımında sıklıkla kullanılan vat fotopolimerizasyon yöntemi ve fotopolimer rezinler ile çalışmalar incelenmiş ve mevcut çalışmalar; kişisel kaşık ve model üretimine ilişkin çalışmalar, geçici restorasyon materyallerine ilişkin in vitro çalışmalar, daimi restorasyon materyallerine ilişkin in vitro çalışmalar, vaka uygulamaları ve klinik çalışmalar olarak gruplandırılmıştır (Şekil 2).

Şekil 2. İmplant destekli sabit protezlerin yapımında sıklıkla kullanılan vat fotopolimerizasyon yöntemi ve fotopolimer rezinler ile çalışmaların gruplandırılması

1. İmplant destekli sabit protezlerin yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kişisel kaşık ve model üretiminde kullanımı

3B baskı teknolojisi implant destekli sabit protezlerde dental model ve kişisel kaşık üretiminde kullanılabilmektedir. Dijital bir ölçü, geleneksel alçı modelin indirekt olarak taranması veya bir ağız içi tarayıcı ile direkt olarak taranması şeklinde iki yöntemle elde edilebilir. İmplant destekli bir protez üretme iş akışı tamamen dijital ve geleneksel laboratuvar prosedürleri ile birleştirilebilir. Ağız içi tarayıcı ile ölçü

elde edildiğinde, implantların konumu, protezi üretmek için standard tessellation language (STL) dosyası ile bilgisayar yardımlı tasarım-bilgisayar yardımlı üretim (CAD-CAM) cihazlarına aktarılır. Bu durumda, fiziksel bir model yoktur. Bununla birlikte oklüzyonu ve interproksimal kontaktları değerlendirmek amacıyla artikülatörlere monte edilebilmeleri için fiziksel modellere hala ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple başlangıç STL dosyasından 3B baskılı fiziksel modeller elde edilebilir.[18]

Dental modeller en sık SLA, DLP ve malzeme püskürtme teknolojileri kullanılarak üretilmektedir. 3B baskı modeller ile geleneksel dental alçı modeller arasındaki en önemli fark, implant analoglarının tasarımıdır. Geleneksel alçı modellerde, implant analogu, alçı dökümü sırasında yerinden oynamaması için model içine kalıcı olarak yerleştirilir. Ancak, 3B baskı modellerde implant analogu, model üretildikten sonra yerleştirilir ve daha sonra modelden istenirse kolayca çıkarılabilir.[3] 3B baskı modellerinin doğruluğunun geleneksel alçı modellerle karşılaştırıldığı bir çalışmada implant destekli sabit protezler için 3B baskı yöntemleriyle üretilen modeller ile geleneksel alçı modeller arasında doğruluk açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ortaya konmuştur.[18]

İmplant destekli sabit protezlerin uyumu için doğru bir implant pozisyonu elde etmek hassas bir ölçü tekniği gerektirir. Ölçülerin doğruluğu; implant sayısı, ölçü postlarının splintlenmesi, ölçü materyalinin büzülmesi, dental alçının genleşmesi, ölçü kaşığı tasarımı ve rijitliğinden etkilenmektedir. Ölçülerin doğruluğunu etkileyen tüm olası faktörler arasında, özellikle dört veya daha fazla implant bulunduğunda, ölçü postlarının splintlenmesi çok önemlidir. Splint materyalinin distorsiyonu, splint malzemesi ile ölçü postları arasındaki bağlantı doğruluğunu etkileyebilmektedir. Ayrıca, otopolimerize akrilik rezinin polimerizasyon büzülmesi, ölçüde yanlışlığa sebep olmaktadır.[19] Geleneksel olarak, splintlenmiş ölçüler elde etmek için, kişisel açık kaşıklar dental laboratuvar teknisyenleri tarafından diagnostik model üzerinde yapılmaktadır. Bu prosedür zaman alıcıdır ve diagnostik ölçü için ek seans gerektirir, bu da protetik iş akışını uzatmaktadır. Bu sebeple klinik uygulamayı hızlandırmak için kişisel açık ölçü kaşığı yapımında basitleştirilmiş ve verimli bir yönteme ihtiyaç duyulmuş ve 3B baskı ile üretilen kişisel açık ölçü kaşıkları tanıtılmıştır.[20] 3B baskı teknolojilerinin diş hekimliğinde kullanımı, kişisel ölçü kaşıklarının dijital yöntemlerle yapılmasını sağlayarak bazı manuel işlemleri ortadan kaldırmakta ve böylece üretimde hem verimlilik hem de hassasiyet artmaktadır. 3B baskı, daha ekonomik bir üretim süreci sunarken, dijital olarak tasarlanan ölçü kaşığının, ölçü maddesi için gerekli boşluğun ve kaşık uzantılarının (tutucu sap gibi) hassas bir şekilde kontrol edilmesini sağlamaktadır.[3] Yapılan bir çalışmada, implant destekli sabit protezler için 3B yazıcıyla üretilen kişisel açık ölçü kaşıkları klinik olarak doğru, verimli ve etkin maliyetli bir seçenek olarak değerlendirilmiştir.[20] Güncel birkaç çalışmada[19,21] tam ark implant ölçüsü alma tekniği tanımlanmıştır. Bu teknikte, splintli bir metal alt yapı ve polimer kişisel açık ölçü kaşığı, 3B baskı teknolojileri kullanılarak üretilmiştir. Eklemeli üretim yöntemlerinin kullanılması, her bir implant ölçü postu etrafında ölçü maddesi için bırakılan boşluğun tamamen homojen olmasını sağlayarak ölçünün kontrol edilebilirliğini artırmıştır. Ayrıca kişisel kaşık ağza sadece bir doğru pozisyonda yerleştirilerek, hatalar ve ölçü tekrarları azaltılmakta ve daha doğru implant ölçülerinin alınması sağlanmaktadır. Splintli iskelet yapı, aynı zamanda intraoral pasif uyum testi için de kullanılabilmekte ve böylece protezlerin uyumu iyileştirilebilmektedir.[3,19,21]

Vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kişisel kaşık ve model üretiminde kullanımına ilişkin çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir. Çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapıldığında, vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisi, implant destekli sabit protezlerde hem dental model hem de kişisel ölçü kaşığı üretiminde yüksek doğruluk ve verimlilik sunarak geleneksel yöntemlere güçlü bir alternatif oluşturmaktadır. Dijital iş akışı gerektiren bu yöntem, klinik süreçleri hızlandırmakta ve protez uyumunu artırarak hasta memnuniyetini desteklemektedir.

Tablo 1. İmplant destekli sabit protezlerin yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kişisel kaşık ve model üretiminde kullanımına ilişkin çalışmalar

Yazarlar /Amaç	Yöntem	Sonuç
Revilla-León ve ark.[19] Tam ark implant ölçüsü almak için eklemeli üretim yöntemi kullanılarak üretilen splintli iskelet alt yapılı kişisel ölçü kaşığı ve özel ölçü yönteminin açıklanması	Çalışmada dişsiz bir maksillaya sahip hastaya altı adet implant (dört Tissue Level RN ve iki Tissue Level NNC; Straumann AG) yerleştirilmiştir. Splintli iskelet alt yapıya sahip kişisel ölçü kaşığı dijital olarak tasarlanmıştır. Metal splintli alt yapının üretimi direkt metal lazer sinter yöntemi ile yapılmış, kişisel kaşık ise DLP yöntemi ile likit polimer kullanılarak üretilmiştir.	Eklemeli üretimin kullanılması, manuel prosedürleri ortadan kaldırarak ölçü postları ile metal alt yapı arasında homojen bir alan oluşturulmasını sağlayarak ölçü doğruluğunu artırmaktadır. Bahsedilen teknikte ve geleneksel prosedürlere alternatif olarak, ön hazırlık modelin elde edilmesinde intraoral tarama cihazı kullanılmıştır. Ön hazırlık modelin fonksiyonu, 3B implant pozisyonunu temsil etmek ve çevre yapıları kopyalamaktır. Ayrıca, bu model, metal alt yapının ve kişisel kaşığın üretiminde kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında eklemeli üretim yöntemleri laboratuvar prosedürlerini ortadan kaldırabilmektedir.
Piedra Cascon ve ark.[21]	Çalışmada dişsiz bir maksillaya sahip hastaya altı adet implant yerleştirilmiştir.	Bu yöntem ile manuel laboratuvar işlemleri ortadan kaldırılmakta ve açık ölçü için ölçü postlarının delikleri CAD yazılımıyla

Tam ark implant ölçüsü almak için eklemeli üretim yöntemi kullanılarak üretilen splintli iskelet alt yapılı kişisel ölçü kaşığının tasarımı ve dijital protokolün açıklanması	Splintli iskelet alt yapıya sahip kişisel ölçü kaşığı dijital olarak tasarlanmıştır. Hazırlanan STL dosyalar üretim için laboratuvara gönderilmiştir. Alt yapı, bağlayıcı püskürtme yöntemiyle üretilmiş, kişisel kaşık ise 3B baskı ile stereolitografi lazer ışını (Form 2; Formlabs) kullanılarak şeffaf rezin (Formlabs) ile 100 µm katman kalınlığında üretilmiştir.	ayarlanarak ölçü maddesi için tutarlı bir boşluk sağlanmaktadır. Bu yöntem, geleneksel prosedürlere kıyasla daha az zaman alıcıdır ve uygun maliyetlidir. Ayrıca özel ölçü kaşığı, ağızda sadece bir doğru pozisyonda yerleştirilebilmektedir, böylece hatalar ve ölçü tekrarları azalmaktadır. Splintli iskelet yapı, aynı zamanda intraoral pasif uyum testi için de kullanılabilmektedir.
Buda ve ark.[18] İmplant pozisyonlarının üç boyutlu doğruluğunun değerlendirilmesi	İki farklı 3B baskı sistemi (Stratasys Objet500: Polyjet ve Formlabs Form 2: SLA Vat sistemi) ve bir konvansiyonel alçı model (GYP grubu, tip dört alçı) kullanılarak her modelin doğruluğu test edilmiştir. İmplant analogunun dikey yer değiştirmesi, implant platformu ve apeksinin yatay yer değiştirmesi, dikey eksende eğilme derecesi ve dönüş pozisyonu gibi değişkenler ölçülmüştür.	Bu baskı sistemlerinin uyumsuzluklarının gerçek klinik önemi x, y ve z vektörlerinde klinik olarak kabul edilebilir uyumsuzluk seviyesinin hala tanımlanmamış olması nedeniyle henüz belirlenmemiştir. Çalışma, implant destekli protezlerde model üretim yöntemleri arasında doğruluk açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar göstermiştir; ancak klinik olarak kabul edilebilir uyumsuzluk hala belirsizdir.

2. İmplant destekli sabit protezlerin yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin geçici restorasyon üretiminde kullanımı

İmplant diş hekimliğinde geçici restorasyonlar önemli bir rol oynar. Daimi restorasyondan önce yapılan geçici restorasyonlar implant cerrahisinden sonra yumuşak dokuyu şekillendirerek dokunun iyileşmesini sağlar. Ayrıca abutmentı koruyarak migrasyonu önler ve oklüzyonun devamını sağlayarak çeneler arası ilişkiyi değerlendirmeye yardımcı olur.[22] Geçici protez, daimi protezin yaptığı aynı işlevleri sınırlı bir süre için yerine getirmelidir. Bu nedenle geçici protezler ideal biyolojik, mekanik ve estetik özelliklere sahip olmalıdır.[23] Geçici protezin uyumu kötü olursa mekanik sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle geçici restorasyonlar, implant restorasyonlarının uzun vadeli başarısında önemli bir faktördür.[22] Geçici restorasyonların arzu edilen özellikleri arasında dayanıklılık, retansiyon, marjinal doğruluk, boyutsal stabilite, renk stabilitesi, kolay temizlenebilirlik, kolay üretim ve onarım yer alır. Geçici restorasyonlarda çeşitli materyaller kullanılabilir. Polimerler, geçici restorasyonlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimetilmetakrilat (PMMA), yüksek dayanıklılık, renk stabilitesi ve kolay onarımı nedeniyle geçici restorasyonlar için popüler bir malzemedir. Fakat otopolimerize PMMA ile hasta başı üretim, pulpal dokuları tahriş edebilecek ekzotermik bir reaksiyona ve restorasyonda distorsiyona neden olabilecek polimerizasyon büzülmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple CAD-CAM restorasyonlar, hasta başında geçirilen zamanı ve laboratuvar süresini azaltarak geçici restorasyonların teslimini hızlandırmıştır. CAD-CAM restorasyonların avantajları arasında artan dayanıklılık, iyileştirilmiş uyum ve renk stabilitesi yer almaktadır. Son zamanlarda 3B baskı teknolojilerinin diş hekimliğinde kullanımının artmasıyla birlikte, bu yöntem implant destekli sabit protezlerde geçici restorasyonların üretiminde kullanılır hale gelmiştir. Geçici restorasyonlarda, geleneksel olarak kullanılan akrilik, kompozit ve bis-akrilik rezinler, yerini giderek 3B baskı materyallerine bırakmaktadır.[24] 3B baskı teknolojilerinin geçici restorasyonlarda kullanımının artmasıyla birlikte, materyallerin özelliklerinin değerlendirildiği çalışmalar da artış göstermiştir. Bir restorasyonun klinik başarısını tanımlayan temel faktörlerden biri, bitiş çizgisi ile restorasyonun kenarı arasındaki mesafe olan marjinal aralıktır. Uygun bir marjinal adaptasyon, en az siman kalınlığı sağlar ve mikro sızıntıyı önler.[25] Yapılan bir çalışmada 3B baskı ile üretilen geçici restorasyonların marjinal uyumlarının eksiltmeli ve konvansiyonel yöntemlerle üretilen kronlarla birlikte klinik olarak kabul edilebilir aralıkta olduğu bulunmuştur.[22] Bu durum, geçici restorasyonların 3B baskı ile üretilmesini uygun bir alternatif haline getirmiştir.[22] Fizyolojik okluzal kuvvetler geniş bir aralıkta kişiden kişiye göre değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, implant destekli geçici restorasyonların bu tür kuvvetlere dayanabilmeleri gerekmektedir.[26] Çeşitli çalışmalar,[23,26-28] farklı üretim yöntemleriyle üretilen restorasyonların kırılma direncini karşılaştırmış ve sonuçlar çelişkili bulunmuştur. Suralik ve ark.larının yaptıkları çalışmada, 3B baskı kronların konvansiyonel ve eksiltmeli üretim yöntemleriyle üretilen kronlara göre kırılma kuvvetlerinin anlamlı biçimde daha yüksek olduğu bulunmuştur.[27] Eklemeli üretimin geçici protezlerin kırılma dayanımını artırdığı ve üretim sürecini hızlandırdığı bildirilmiştir. Buna karşılık, eksiltmeli üretim yöntemi ile üretilen implant destekli geçici kronlar için 3B baskı kronlara kıyasla daha iyi kırılma dayanımının bildirildiği çalışmalar da vardır.[26,28] Bu farklı sonuçlara, kullanılan farklı 3B baskı yöntemleri, farklı materyaller, protezin çok üyeli olup olmaması ve örneklere yaşlandırma yapılıp yapılmaması neden olmuş olabilir. İmplant destekli sabit geçici restorasyonlar üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, klinik kullanımlarıyla ilgili hala literatür eksikliği bulunmaktadır.

Vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin implant destekli sabit geçici restorasyonlarda kullanımına ilişkin in vitro çalışmalar Tablo 2'de özetlenmiştir. Bu çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapıldığında implant destekli sabit geçici restorasyonlar, yumuşak doku şekillendirmesi, oklüzyonun değerlendirilmesi ve implantların korunması gibi kritik işlevleriyle tedavi sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Vat fotopolimerizasyon yönteminin bu alanda kullanımı, üretim sürecini hızlandırırken baskı materyalleri yeterli mekanik dayanım ve marjinal uyum sunarak hekimler tarafından tercih edilen bir yöntem olmuştur. Ancak çalışmalarda farklı üretim teknikleri ve kullanılan materyallerin sonuçları arasındaki tutarsızlıklar konunun daha fazla araştırılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tablo 2. İmplant destekli sabit geçici restorasyonların yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kullanımına ilişkin in vitro çalışmalar

Yazarlar/Amaç	Yöntem	Sonuç
Park ve ark.[22] Marjinal ve internal uyumsuzlukların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması	Otopolimerize PMMA rezin (Jet; Lang Dental Mfg Co Inc) konvansiyonel yöntem ile, Pekkton (Pekkton Ivory; Cendres & Metaux) dört eksenli bir kazıma cihazı ile eksiltmeli yöntem ile ve DLP 3B yazıcı (Perfactory PixCera; Envision TEC) PMMA rezin (E-Dent; Envision TEC) ile eklemeli üretim yöntemi kullanılarak üretim yapılmıştır.	Her üç yöntem de klinik olarak kabul edilebilir aralıkta marjinal uyum sağlamışlardır.
Suralik ve ark.[27] Mekanik özelliklerin karşılaştırılması	Otopolimerize PMMA (Jet polymer & monomer; Lang Dental), eksiltmeli yöntem (Versamill; Axsys Dental Solutions) ile üretilen PMMA (Zirlux Temp; Henry Schein) CAD-CAM blokları ve stereolitografi tabanlı 3B yazıcı (MiiCraft 125; MiiCraft) ile 3B baskı rezini (Freeprint Temp, DETAX, GmbH&Co.) kullanılmıştır.	Eklemeli üretimin geçici protezlerin kırılma dayanımını artırdığı ve üretim sürecini hızlandırdığı görülmüştür.
Bayoumi ve ark.[23] Termomekanik yaşlandırmanın kırılma direncine olan etkisinin değerlendirilmesi	3B baskı C&B MFH (Crown & Bridge Micro-filed Hybrid, Phrozen Shuffle 3B printer) ve CAD-CAM (MCX5 DENTSPLY Sirona) kullanılmıştır.	Üretim tekniği, kırılma direncini etkilemiştir. Termomekanik yaşlandırma, her iki materyalin de mekanik özelliklerinde olumsuz etkiye sebep olmuştur. Her iki üretim tekniğinin de normal fonksiyonel yüklere uzun süre boyunca dayanabilecek geçici protezler imkanı sunduğu görülmüştür.
Martín-Ortega ve ark.[26] Kırılma direncinin değerlendirilmesi	Maksiller sağ santral diş (anterior grup) ve maksiller sağ premolar (posterior grup) diş olacak şekilde iki anatomik kron tasarlanmıştır (exocad v2.2 Valletta). Her grup, üretim yöntemine göre eksiltmeli ve eklemeli olacak şekilde iki alt gruba ayrılmıştır. Eksiltmeli alt grup, geçici bir malzeme (Vivodent CAD Multi, Ivoclar Vivadent AG) kullanılarak kazıma cihazı (PrograMill CAM V4; Ivoclar Vivadent AG) ile üretilmiştir. Eklemeli üretim alt grubu için ise, bir polimer geçici malzeme (SHERAprint-cb) ve bir DLP yazıcı (SHERApri 30) kullanılarak üretilmiştir.	Üretim yöntemleri ve diş tipi, vidalı implant destekli geçici kronların kırılma direncini etkilemiştir. Eksiltmeli yöntem ile üretilen örnekler, DLP ile üretilen gruplara kıyasla daha yüksek kırılma direnci göstermişlerdir. Ayrıca anterior grup, posterior gruba göre daha yüksek kırılma direnci göstermiştir.
Elsareef ve ark.[28] Marjinal uyumun ve kırılma direncinin değerlendirilmesi	Konvansiyonel yöntemle otopolimerize kompozit rezinden (Structure 2; Voco GmbH), eksiltmeli yöntemle (DWX-52D Plus; Roland DG Corp) üretilen PMMA rezin bloktan (Yamahachi; Aichi co.) ve eklemeli yöntemle DLP 3B yazıcı ile (NextDent 5100; NextDent Co.) rezinden (Savoy C&B resin; Savoy digital system) üretilen kronlar mekanik ve termal yaşlandırmaya tabi tutulmuşlardır.	Marjinal uyum ve kırılma direnci, kullanılan üretim yönteminden önemli ölçüde etkilenmektedir. Dijital olarak üretilen implant destekli geçici kronlar, konvansiyonel yöntemle üretilenlere göre daha üstün marjinal uyum sergilemişlerdir. Eksiltmeli yöntem ile üretilen implant destekli geçici kronlar, diğer yöntemlerle üretilen kronlara kıyasla daha iyi bir kırılma direncine sahiptir. Tüm gruplar kabul edilebilir marjinal uyum ve kırılma direnci göstermişlerdir.

3. *İmplant destekli sabit protezlerin yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin daimi restorasyon üretiminde kullanımı*

İmplant destekli sabit protezlerde materyal seçimi öncelikle retansiyon yönteminin vidalı mı yoksa simante mi olacağını belirlemekle başlamaktadır. Kron malzemesinin seçiminde estetik ve dayanıklılık göz önünde bulundurulmalıdır.[29] Eksiltmeli üretim, CAD-CAM restorasyonları için yaygın üretim yöntemi olsa da, eklemeli üretim de uygun bir alternatif haline gelmiştir, bunun sonucunda eklemeli olarak üretilebilen çeşitli materyaller sürekli geliştirilmektedir. Bu materyallerden biri, diş veya implant destekli restorasyonlar için endikasyonu olan 3B baskılı daimi rezinlerdir. Bu daimi rezinlerin bazıları kompozit

rezinler olarak ticarileştirilirken, bazıları seramik parçacıkları içeren hibrit kompozit rezinler olarak tanıtılmaktadır. Üretim yöntemi ne olursa olsun, rezin bazlı materyaller, periodontal ligamentlerin ve propriosepsiyonun yokluğu nedeniyle kemiğe zarar verebilecek okluzal kuvvetleri absorbe ettikleri için implant destekli restorasyonlar için avantajlıdırlar.[30] Eklemeli olarak üretilen daimi rezinler, çalışmalarda[25,30,31] benzer kimyasal bileşenlere sahip eksiltmeli olarak üretilen rezin bazlı materyallerle karşılaştırılmış ve incelenmiştir. İmplant destekli 3B baskı kompozit kronların, eksiltmeli yöntem ile üretilen kronlara kıyasla daha iyi marjinal adaptasyon gösterdiği ve benzer yüklere dayanabildikleri belirtilmiştir.[25] Eklemeli ve eksiltmeli yöntemlerle üretilen hibrit abutment kronların klinik uyumunun benzer olduğu görülmüştür.[30] Protetik tasarımın, implant destekli protezlerin kırılma direncini etkileyebileceği düşünüldüğünde, eklemeli olarak üretilen daimi rezinlerin farklı yaşlandırma koşulları altında değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan bir çalışmada, termomekanik yaşlandırma sonrası eklemeli üretim yöntemiyle üretilen vidalı implant destekli kronların, eksiltmeli yöntem ile üretilen kronlara göre daha yüksek hacim kaybı ve en yüksek aşınma derinliği gösterdiği ve tüm malzemelerin, premolar bölgedeki çiğneme kuvvetlerinden daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu gözlemlenmiştir.[31] Vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin implant destekli sabit daimi restorasyonlarda kullanımına ilişkin in vitro çalışmalar Tablo 3'te özetlenmiştir. Çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapıldığında implant destekli sabit protezlerde materyal seçimi, retansiyon yöntemine ve estetik-dayanıklılık dengesine göre değişmektedir. Vat fotopolimerizasyon yöntemi ile üretilen daimi restorasyonlar, estetik ve fonksiyonel açıdan implant destekli sabit protezler için umut verici olsa da, çalışmalarda aşınma ve hacim kaybı gibi dayanıklılık yönünden bazı sınırlamalar görülmüştür. Bu nedenle, daimi rezinlerin uzun süreli kullanımları için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Tablo 3. İmplant destekli sabit daimi restorasyonların yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kullanımına ilişkin in vitro çalışmalar

Yazarlar/Amaç	Yöntem	Sonuç
Dönmez ve ark.[25] Marjinal aralık ve kırılma direncinin karşılaştırılması	DLP 3B baskı (materyal: Saremco Print Crowntec ve printer: MAX UV; ASIGA) ve eksiltmeli yöntem (materyal: Brilliant Crios, Vita Enamic, Cerasmart 270 ve milleme ünitesi: inLab MC XL; Dentsply Sirona) kullanılmıştır.	İmplant destekli 3B baskı kompozit kronlar, simantasyon öncesi ve sonrası eksiltmeli yöntem ile üretilen kronlara kıyasla daha iyi marjinal adaptasyon göstermiş ve tüm kronlar benzer yüklere dayanabilmiştir.
Südbeck ve ark.[32] Yaşlandırma öncesi ve sonrası eğilme momentlerinin karşılaştırılması	Titanyum ara parçanın varlığı (TiB, Octa line) ve yokluğu (NTiB, Matrix line) olacak şekilde kompozit rezin (Crios, Coltène), hibrit seramik (Vita Enamic), PMMA (Ceramill A-Temp) eksiltmeli yöntem ile (Ceramill Motion 2, Amann Girrbach) ve 3B baskı rezin (C & B MFH, Next Dent) 3B yazıcı D 20II (Rapidshape) ile kullanılarak üretim yapılmıştır.	Çalışmanın sonucunda test edilen polimer bazlı materyallerle NTiB implantların yalnızca geçici protez olarak klinik kullanımlarının önerilebileceği belirtilmiştir.
Demirel ve ark.[30] Üretim doğruluğu ve internal uyumun değerlendirilmesi	DLP yöntemi (materyal: Crowntec ve VarseoSmile Crown Plus, printer: MAX UV; ASIGA) ve eksiltmeli yöntem (materyal: Brilliant Crios ve Vita Enamic, milleme ünitesi: CEREC inLab MCX5; Dentsply Sirona) kullanılmıştır.	Test edilen malzemelerle üretilen hibrit abutment kronların klinik uyumunun benzer olabildiği görülmüştür.
Maldonado ve ark.[33] Doğruluk ve uyumun dijital olarak değerlendirilmesi	DLP yöntemi (Envisiontec D4K; Envi sionTEC GmbH) ile daimi kullanılan rezin (AM, Flexcera Smile Ultra+; Desktop Health), high-impact polimer kompozit (SM-CR, breCAM.HIPC; bredent) ve strength gradient zirkonya (SM-ZR, IPS e.max ZirCAD Prime; Ivoclar AG) beş akslı kazıma cihazı (PrograMill7; Ivoclar AG) kullanılarak üretim yapılmıştır.	SM-ZR protezler, genellikle diğer gruplarla benzer veya daha iyi doğruluk ve marjinal uyum göstermiştir. Test edilen protezler, implantlar arası mesafeler açısından tasarım dosyasına göre çoğunlukla daha küçük olmuştur.
Diken Türksayar ve ark.[31] Termomekanik yaşlandırma sonrası hacim kaybı, maksimum aşınma derinliği ve kırılma direncinin değerlendirilmesi	DLP yöntemi ile üretilmiş (printer: MAX UV; ASIGA) iki farklı kompozit rezin (Crowntec ve VarseoSmile Crown Plus) ve beş akslı kazıma cihazı ile üretilmiş (CEREC inLab MCXL; Dentsply Sirona) iki farklı malzeme (güçlendirilmiş kompozit rezin: Brilliant Crios ve hibrit seramik: Vita Enamic) kullanılmıştır.	Malzeme tipinin test edilen parametreleri etkilediği belirtilmiştir. Eklemeli üretim yöntemiyle üretilen vidalı implant destekli kronlar, daha yüksek hacim kaybını ve en yüksek aşınma derinliğini göstermiştir. Tüm malzemelerin, premolar bölgedeki çiğneme kuvvetlerinden daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu gözlemlenmiş; ancak eksiltmeli üretim yöntemiyle üretilen hibrit seramiklerin daha yüksek karakteristik dayanıklılık göstermesi nedeniyle malzemenin mekanik komplikasyonlara karşı dirençli olabileceği bildirilmiştir.

4. İmplant destekli sabit protezlerin yapımında vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin kullanımına ilişkin vaka uygulamaları ve klinik çalışmalar

Ağız içi tarayıcıların, 3B yazıcıların ve CAD-CAM milleme ünitelerinin geliştirilmesi ve özellikleri iyileştirilmiş materyallerin piyasaya sürülmesi; konvansiyonel klinik iş akışını dijital iş akışına

çevirmektedir.[34] 3B baskı teknolojisinin yaygınlaşmasıyla bu teknolojinin karmaşık geometrileri üretebilmesi sayesinde zorlu klinik durumlar rahatlıkla çözülebilir hale gelmiştir.[35] 3B baskı, protetik planlama sürecini daha hassas, daha hızlı, daha temiz ve daha ucuz hale getirmektedir.[36] Günümüzde, dental 3B baskıda kaydedilen ilerlemeler ağırlıklı olarak yeni biyouyumlu materyallerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Örneğin, 2021 yılında piyasaya sürülen radyopak bir nanoseramik rezin olan Sprintray OnX rezini (Sprintray, Kaliforniya, ABD), özellikle 3B baskı protezler ve geçici protetik restorasyonların üretimi için tasarlanmıştır. Bu rezin, yüksek konsantrasyonda seramik bileşeni içerir ve mekanik özellikleri optimize etmek için formüle edilmiştir.[37] Brenes ve ark.ları yaptıkları bir vaka çalışmasında 3B baskı teknolojisinin ve OnX dental rezinin, uzun süreli implant destekli geçici protezler için güvenilir bir alternatif olduğunu ve hasta memnuniyetini artırma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.[37] Ancak, bu bulguların doğrulanması ve bu rezinin uzun dönem performansının değerlendirilmesi için daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır. CAD-CAM teknolojileri, karmaşık tam ağız rehabilitasyonlarının uygulanmasını basitleştiren doğru dental cihazların tasarlanmasını ve üretilmesini sağlamaktadır. 3B baskı ile üretilmiş üst şablonlar, 3B modelleme yazılımları kullanılarak protezlerin non-invaziv intraoral değerlendirilmesi için öngörülebilir bir alternatif sunmaktadır. Aynı zamanda istenen dikey boyut, okluzal düzlem ve kesici kenar pozisyonu değerlendirilerek daimi protezdeki hatalar en aza indirilmeye çalışılmaktadır.[35] Özellikle tam ark implant destekli sabit protezlerde 3B baskı ile üretilen geçici protezlerin birkaç hafta süreyle kullanılması, intermaksiller ilişkiyi kaydederek yeni oklüzyonu belirlemek ve protez planını doğrulamak açısından fayda sağlayabilmektedir.[34] Son zamanlarda, SLA yazıcıları arasında, eğimli stereolitografi (TSLA) adı verilen yeni bir üretim yöntemi tanıtılmıştır. Bu yöntem ile sadece rezinden geçici restorasyonlar değil, aynı zamanda seramik parçacık dolgulu kompozit malzemelerden daimi restorasyonlar da üretilebilmektedir. TSLA teknolojisinde, yapı platformu, baskı oturumu başına dört-beş üniteye kadar üretmek için 45°'lik bir oryantasyonda konumlandırılır. Bu, daha kısa baskı süresi sağlayarak üretimi hızlandırır.[38] Ancak, bugüne kadar TSLA kullanılarak üretilen daimi seramik dolgulu kompozit restorasyonların güvenilirliği hakkında sadece bir retrospektif klinik çalışma bulunmaktadır. Çalışmada TSLA yöntemiyle üretilen kısa mesafeli implant destekli sabit hibrit kompozit kronlar ve köprüler klinik olarak doğruluk göstermiş ve 1 yıl sonunda düşük komplikasyon oranları sergilemişlerdir.[38]

Vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin implant destekli sabit restorasyonlarda kullanımına ilişkin vaka uygulamaları ve klinik çalışmalar Tablo 4'te özetlenmiştir. Çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapıldığında, dijital teknolojilerdeki gelişmelerin geleneksel klinik iş akışını dijital iş akışı ile değiştirmekte ve tedavi sürecini daha hızlı, hassas ve hasta odaklı hale getirmekte olduğu görülmektedir. Özellikle vat fotopolimerizasyon ve yeni nesil biyouyumlu materyaller, geçici ve daimi restorasyonlarda klinik başarının artmasına katkı sağlamaktadır. Bu gelişmeler, implant destekli protezlerin planlama ve uygulama süreçlerinde daha öngörülebilir ve etkili sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Tablo 4. Vat fotopolimerizasyon 3B baskı teknolojisinin implant destekli sabit restorasyonlarda kullanımına ilişkin vaka uygulamaları ve klinik çalışmalar

Yazarlar/Amaç	Yöntem	Sonuç
Lanis ve ark.[36] Geçici protez için 3B baskı ile üretilen ana modelin kullanıldığı klinik prosedür ve planlama aşamalarının anlatılması	Dişsiz erkek hastaya cerrahi sonrası üst çeneye titanyum ile güçlendirilmiş geçici protez yerleştirilirken, alt çene için geçici protez, cerrahi işlemden önce dijital olarak tasarlanmış 3B baskı (printer: Formlabs 2, Formlabs) ile üretilen ana modele (materyal: Dental SG Resin; Formlabs) göre üretilmiştir.	3B baskı ile üretilen ana modelden oluşturulan sabit geçici protezlerin, bilgisayar yardımlı implant cerrahisi yapıldığında öngörülebilir bir tedavi seçeneği olduğu görülmektedir.
Venezia ve ark.[34] Tam protezden implant destekli hibrit proteze geçişin anlatılması	Dişsiz erkek hastada total protezler ile belirlenen intermaksiller ilişki, BARI tekniği (BARI, tüm yazarların geldiği bölgenin başkentidir.) ile implant destekli 3B baskı hibrit proteze aktarılmıştır. BARI tekniği, geçici ve tanısal fazda hareketli protez ile kaydedilen protetik ilişkilerin, sabit implant destekli bir restorasyona aktarılması amacıyla kullanılmıştır.	İmplant destekli hibrit protezin teslimi, herhangi bir sorun yaşanmadan ve en az düzeyde okluzal ayarlamalarla gerçekleştirilmiştir. Hasta tedaviden son derece memnun kalmış ve bir yıllık takipte herhangi bir komplikasyon görülmemiştir.
Brenes ve ark.[37] Sabit protez ile ilişkili protez komplikasyonlarının ve hasta memnuniyetinin değerlendirilmesi	15 hastaya, OnX dental rezin (Sprintray) kullanılarak 3B baskı yöntemiyle Sprintray Pro 55 3B yazıcı ile implant destekli sabit protezler üretilmiştir. Hastalar, protezlerin tesliminden sonra iki ve dört ayda bir kontrol edilerek OHIP-14 anketiyle yaşam kaliteleri değerlendirilmiştir.	Sonuçlar, 3B baskı teknolojisinin ve OnX dental rezinin, uzun süreli implant destekli geçici protezler için güvenilir bir alternatif olduğunu ve hasta memnuniyetini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

Azpiazu-Flores ve ark.[35] Üst şablon kullanarak intraoral değerlendirme için alternatif bir yaklaşımın sunulması	SLA 3B yazıcıyla (Form2; FormLabs) üretilen üst şablonlar (materyal: Denture Teeth B1 V1; FormLabs) kullanılarak, istenen dikey boyut, okluzal düzey ve diş kenarlarının doğru pozisyonu test edilmiştir. Daimi protezleri, fonksiyonel ve estetik açıdan tatmin edici bir şekilde tasarlanarak hastaya sunulmuştur.	Hasta tedavi sonucundan memnun kalmıştır. 3B baskı ile üretilmiş üst şablonlar, periodontal problemli hastalarda, açık 3B modelleme yazılımları kullanılarak öngörülebilir şekilde tasarlanabilen protezlerin non-invaziv intraoral değerlendirilmesi için uygulanabilir bir alternatif sunmaktadır.
Mangano ve ark.[38] TSLA yöntemiyle üretilen restorasyonların klinik sonuçlarının değerlendirilmesi	Çalışmaya, TSLA yöntemiyle üretilen 95 adet implant destekli hibrit kompozit restorasyonla (Irix Max®, DWS Systems) 70 adet sabit tek kron ve 25 adet üç üyeye kadar sabit parsiyel protez ile restore edilen 85 hasta dahil edilmiştir.	Bu çalışmanın sınırlamaları doğrultusunda, TSLA yöntemiyle üretilen implant destekli sabit hibrit kompozit kronlar ve sabit parsiyel protezler klinik olarak başarı göstermiş ve bir yıl sonunda düşük komplikasyon oranları sergilemişlerdir.
de Souza ve ark.[24] Geçici tek kronların performansının randomize kontrollü bir çalışma olarak karşılaştırılması	Hastalar, uygun kriterleri sağladıktan sonra rastgele geleneksel akrilik rezin (Duralay, Reliance Dental Mfg.) ve DLP 3B yazıcı (Photon S, Anycubic Technology Co.) ile DLP rezin (Cosmos Temp 3B, Yller Biomaterials S.A.) kullanılarak üretilen geçici kronlar olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır.	3B baskı ve geleneksel yöntemlerle üretilen PMMA geçici kronlar, gözlemlenen kırılma tipleri dışında karşılaştırılabilir klinik performans sergilemişlerdir. 3B baskı ile yapılan geçici restorasyonlar daha kısa sürede üretilmiş, fakat genel hasta memnuniyeti açısından bir fark yaratmamıştır.

Gelecek Perspektifleri ve Yenilikler

Birçok avantajı bulunmasına rağmen, karmaşık süreçleri daha erişilebilir hale getiren 3B baskı teknolojisinin de bazı dezavantajları mevcuttur. Bu dezavantajlar, dört boyutlu (4B) baskı teknolojisi ile aşılabilir. 2013 yılında 4B baskı olarak bilinen 3B biyobaskı ilk kez gündeme gelmiştir. Uzunluk, genişlik ve yükseklik gibi üç boyutun yanı sıra dördüncü boyut zamanla şekil değiştirmedir.[15] 4B baskılı nesnelerin şekli, fonksiyonu veya özellikleri basınç, ısı, ışık, nem, elektrik ve manyetik alan gibi çeşitli dış uyaranlara tepki olarak değişebilir. 4B baskı, malzeme uyumluluğu açısından avantajlara sahiptir ve malzemenin tepkilerinin hassas bir şekilde ayarlanmasını sağlamaktadır.[13,15] 3B baskı malzemeleri statik olup çevresel değişimlere uyum sağlamazken, 4B baskı yöntemi çevresel uyaranlara tepki vererek şekil değiştirebilen dinamik akıllı malzemeler sunmaktadır.[39] Diş hekimliğinde kullanılmaya başlanan 4B baskı teknolojisi, hastalara çevresel uyaranlara göre şekil değiştirebilen protezler, alignerlar ve ortodontik braketler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. 4B baskı, biyolojik ve mekanik açıdan üstün özelliklere sahip diş destekli protezlerin üretimini mümkün kılmakta ve doğal dişlere benzer fonksiyonel yapılar elde edilmesini sağlamaktadır.[39] Ancak, 4B baskı teknolojisi diş hekimliğinde şu an için yalnızca belirli uzmanlık alanlarıyla sınırlıdır. Bu nedenle, 4B baskı teknolojisinin diş hekimliğinin özellikle oral implantoloji gibi farklı dallarında da kullanılabilmesi için daha fazla araştırma ve klinik çalışma yapılması, böylece teknolojiye dair bilgi birikiminin artırılması gerekmektedir.[39]

Sonuç

3B baskı teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, implant destekli sabit protezlerde vat fotopolimerizasyon yönteminin kullanımı giderek artmaktadır. Yenilikçi materyallerin başarılı mekanik ve biyolojik performansları ile birlikte klinik süreçleri daha hızlı ve etkin hale getirmesiyle hasta memnuniyetinin artması bu yöntemi hekimler tarafından sıklıkla tercih edilir hale getirmiştir. Fotopolimer rezin materyalleri diş hekimliğinde önemli yenilikler sunsa da, mevcut rezinlerin biyouyumluluğu ve dayanıklılığı oral ortamın gereksinimlerini karşılamakta zorlanabilir. Fakat 4B baskı yönteminin gelişmesiyle materyallerin şekil hafıza özellikleri, implant destekli sabit protezleri ağız ortamına daha biyouyumlu hale getirecektir. Gelecekteki ilerlemeler, diş hekimliği malzemelerinin biyolojik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmeye devam edecektir. Ayrıca, vat fotopolimerizasyon yönteminin ve fotopolimer rezinlerin implant destekli sabit protezlerdeki uzun vadeli klinik performansları retrospektif klinik çalışmalarla değerlendirilmeli, biyomekanik özellikleri in vivo ve in vitro çalışmalarla incelenmelidir.

❋ ❋ ❋

Hakem: Dış, Bağımsız.
Teşekkür:-.-

Beyanname:
1. Özgünlük Beyanı: Bu çalışma özgündür ve daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamıştır. Bu çalışma herhangi bir tezden üretilmemiştir.

2. Yazar Katkıları: Fikir: ESÇ, MBG; Kavramsallaştırma: ESÇ, MBG; Literatür Taraması: ESÇ, MBG; Veri Toplama: ESÇ, MBG; Veri İşleme: ESÇ, MBG; Analiz: ESÇ, MBG; Yazma – orijinal taslak: ESÇ, MBG; Yazma–inceleme ve düzenleme: ESÇ, MBG.
3. Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.
4. Finansman/Destek: Bu çalışma, herhangi bir finansman ya da destek almamıştır.
5. Çıkar Çatışması: Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.
6. Üretken Yapay Zeka Beyanı: Çalışmanın hiçbir safhasında yapay zeka araçlarından faydalanılmamıştır.
7.Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: Bu çalışma, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan aşağıdakilerle ilişkilidir.

KAYNAKLAR

1. Wang J, Wang B, Liu YY, et al. Recent advances in digital technology in implant dentistry. J Dent. Res. 2024;103(8):787-799. doi:10.1177/00220345241253794
2. Yüceer ÖM, Kaynak Öztürk E, Çiçek ES, Aktaş N, Bankoğlu Güngör M. Three-dimensional-printed photopolymer resin materials: A narrative review on their production techniques and applications in dentistry. *Polymers (Basel)*. 2025;17(3):316. doi:10.3390/polym17030316
3. Revilla-León M, Sadeghpour M, Özcan M. An update on applications of 3D printing technologies used for processing polymers used in implant dentistry. *Odontology*. 2020;108(3):331-338. doi:10.1007/s10266-019-00441-7
4. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Photo-curing 3D printing technique and its challenges. *Bioact Mater*. 2020;5(1):110-115. doi:10.1016/j.bioactmat.2019.12.003
5. Guerrero-Gironés J, López-García S, Pecci-Lloret MR, Pecci-Lloret MP, Rodríguez Lozano FJ, García-Bernal D. In vitro biocompatibility testing of 3D printing and conventional resins for occlusal devices. *J Dent*. 2022;123:104163. doi:10.1016/j.jdent.2022.104163
6. Kim GT, Go HB, Yu JH, et al. Cytotoxicity, colour stability and dimensional accuracy of 3D printing resin with three different photoinitiators. *Polymers (Basel)*. 2022;14(5):979. doi:10.3390/polym14050979
7. Wuersching SN, Hickel R, Edelhoff D, Kollmuss M. Initial biocompatibility of novel resins for 3D printed fixed dental prostheses. *Dent Mater*. 2022;38(10):1587-1597. doi:10.1016/j.dental.2022.08.001
8. Caussin E, Moussally C, Le Goff S, et al. Vat photopolymerization 3D printing in dentistry: A comprehensive review of actual popular technologies. *Materials (Basel)*. 2024;17(4):950. doi:10.3390/ma17040950
9. Shaukat U, Rossegger E, Schlögl S. A review of multi-material 3D printing of functional materials via vat photopolymerization. *Polymers (Basel)*. 2022;14(12):2449. doi:10.3390/polym14122449
10. Junk S, Bär F. Design guidelines for additive manufacturing using masked stereolithography mSLA. *Procedia CIRP.* 2023;119:1122–1127. doi:10.1016/j.procir.2023.01.022
11. Lee BJ. Continuous liquid interface production (CLIP): A new paradigm in photopolymerization-based additive manufacturing. *JMST Advances*. 2024;1-7. doi:10.1007/s42791-024-00090-0
12. Pagac M, Hajnys J, Ma QP, et al. A review of vat photopolymerization technology: materials, applications, challenges, and future trends of 3D printing. *Polymers (Basel)*. 2021;13(4):598. doi:10.3390/polym13040598
13. Jeong M, Radomski K, Lopez D, Liu JT, Lee JD, Lee SJ. Materials and applications of 3D printing technology in dentistry: an overview. *Dent J (Basel)*. 2023;12(1):1. doi:10.3390/dj12010001

CC: BY-ND-NC

14. Huang X, Peng S, Zheng L, Zhuo D, Wu L, Weng Z. 3D printing of high viscosity UV-curable resin for highly stretchable and resilient elastomer. *Adv Mater*. 2023;35(49):e2304430. doi:10.1002/adma.202304430
15. Cai H, Xu X, Lu X, et al. Dental materials applied to 3D and 4D printing technologies: a review. *Polymers (Basel)*. 2023;15(10):2405. doi:10.3390/polym15102405
16. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical properties, accuracy, and cytotoxicity of UV-polymerized 3D printing resins composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent*. 2020;123(2):349-354. doi:10.1016/j.prosdent.2019.05.002
17. Peerzada M, Abbasi S, Lau KT, Hameed N. Additive manufacturing of epoxy resins: Materials, methods, and latest trends. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2020;*59*(14):6375-6390. doi:10.1021/acs.iecr.9b06870
18. Buda M, Bratos M, Sorensen JA. Accuracy of 3-dimensional computer-aided manufactured single-tooth implant definitive casts. *J Prosthet Dent*. 2018;120(6):913-918. doi:10.1016/j.prosdent.2018.02.011
19. Revilla-León M, Sánchez-Rubio JL, Oteo-Calatayud J, Özcan M. Impression technique for a complete-arch prosthesis with multiple implants using additive manufacturing technologies. *J Prosthet Dent*. 2017;117(6):714-720. doi:10.1016/j.prosdent.2016.08.036
20. Yang X, Liu Y, Li Y, Zhao Y, Di P. Accuracy and feasibility of 3D-printed custom open trays for impressions of multiple implants: A self-controlled clinical trial. *J Prosthet Dent*. 2022;128(3):396-403. doi:10.1016/j.prosdent.2020.11.016
21. Piedra Cascón W, Revilla-León M. Digital workflow for the design and additively manufacture of a splinted framework and custom tray for the impression of multiple implants: A dental technique. *J Prosthet Dent*. 2018;120(6):805-811. doi:10.1016/j.prosdent.2018.02.003
22. Park JY, Jeong ID, Lee JJ, Bae SY, Kim JH, Kim WC. In vitro assessment of the marginal and internal fits of interim implant restorations fabricated with different methods. *J Prosthet Dent*. 2016;116(4):536-542. doi:10.1016/j.prosdent.2016.03.012
23. Bayoumi AES, Shokry TE, Mohammed HR. Effect of thermo-mechanical loading on the fracture resistance of implant-supported provisional FDP fabricated by CAD/CAM and 3D printing: An in-vitro study. *Al-Azhar Journal of Dental Science*. 2022;*25*(1):31-41. doi: 10.21608/ajdsm.2021.82890.1215
24. de Souza FA, Blois MC, Collares K, Dos Santos MBF. 3D-printed and conventional provisional single crown fabrication on anterior implants: A randomized clinical trial. *Dent Mater*. 2024;40(2):340-347. doi:10.1016/j.dental.2023.12.004
25. Donmez MB, Okutan Y. Marginal gap and fracture resistance of implant-supported 3D-printed definitive composite crowns: An in vitro study. *J Dent*. 2022;124:104216. doi:10.1016/j.jdent.2022.104216
26. Martín-Ortega N, Sallorenzo A, Casajús J, Cervera A, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Fracture resistance of additive manufactured and milled implant-supported interim crowns. *J Prosthet Dent*. 2022;127(2):267-274. doi:10.1016/j.prosdent.2020.11.017
27. Suralik KM, Sun J, Chen CY, Lee SJ. Effect of fabrication method on fracture strength of provisional implant-supported fixed dental prostheses. *Prosthesis*. 2020;*2*(4):325-332. doi:10.3390/prosthesis2040030
28. Elsareef SS, Azer AS, Morsy N. Evaluation of fracture resistance and marginal fit of implant-supported interim crowns fabricated by conventional, additive and subtractive methods. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):852. doi:10.1186/s12903-024-04597-9
29. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive technology: Update on current materials and applications in dentistry. *J Prosthodont*. 2017;26(2):156-163. doi:10.1111/jopr.12510
30. Demirel M, Diken Türksayar AA, Donmez MB. Fabrication trueness and internal fit of hybrid abutment crowns fabricated by using additively and subtractively manufactured resins. *J Dent*. 2023;136:104621. doi:10.1016/j.jdent.2023.104621
31. Diken Türksayar AA, Demirel M, Donmez MB, Olcay EO, Eyüboğlu TF, Özcan M. Comparison of wear and fracture resistance of additively and subtractively manufactured screw-retained, implant-supported crowns. *J Prosthet Dent*. 2024;132(1):154-164. doi:10.1016/j.prosdent.2023.06.017
32. Südbeck S, Hoffmann M, Reymus M, Buser R, Edelhoff D, Stawarczyk B. Bending moment of implants restored with CAD/CAM polymer-based restoration materials with or without a titanium base

CC: BY-ND-NC

before and after artificial aging. *Dent Mater*. 2022;38(9):e245-e255. doi:10.1016/j.dental.2022.06.009
33. Maldonado P, Dönmez MB, Güven ME, et al. Digital analysis of fabrication accuracy and fit in additively and subtractively manufactured implant-supported fixed complete dentures. *J Dent*. 2024;150:105332. doi:10.1016/j.jdent.2024.105332
34. Venezia P, Torsello F, Santomauro V, Dibello V, Cavalcanti R. Full digital workflow for the treatment of an edentulous patient with guided surgery, immediate loading and 3D-printed hybrid prosthesis: The BARI technique 2.0. A case report. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(24):5160. doi:10.3390/ijerph16245160
35. Azpiazu-Flores FX, Lee DJ, Jurado CA, Nurrohman H. 3D-printed overlay template for diagnosis and planning complete arch implant prostheses. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(8):1062. doi:10.3390/healthcare11081062
36. Lanis A, Alvarez Del Canto O, Barriga P, Polido WD, Morton D. Computer-guided implant surgery and full-arch immediate loading with prefabricated-metal framework-provisional prosthesis created from a 3D printed model. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(3):199-208. doi:10.1111/jerd.12458
37. Brenes C, Bencharit S, Fox T. Evaluation of prosthetic outcomes and patient satisfaction with 3D-printed implant-supported fixed prosthesis. *Cureus*. 2023;15(7):e42537. doi:10.7759/cureus.42537
38. Mangano FG, Yang KR, Lerner H, et al. 3D-printed short-span hybrid composite implant-supported restorations fabricated through tilting stereolithography: A retrospective clinical study on 85 patients with 1 year of follow-up. *J Dent*. 2024;147:105095. doi:10.1016/j.jdent.2024.105095
39. Perambudhuru Y, Goyal L, Dewan M, Mahajan A, Chaudhari PK. Application of 4D printing in dentistry: A narrative review. *J Adv Periodontol Implant Dent*. 2024;16(1):55-63. doi:10.34172/japid.2024.003

❋ ❋ ❋

CC: BY-ND-NC