

Derleme
10.34108/eujhs.1673927

Künye:

Seçiniz: 34(3)
Yıl: 2025
Sayfa: 556-565

 Seyran MEHDİYEVA

 Gülfem ERGÜN*

^aDoktora Öğr., Gazi Üniversitesi,
seyranmehdiyev2000@gmail.com

^bProf. Dr., Gazi Üniversitesi,
ergungulfem@yahoo.com

*Sorumlu Yazar

*:Bu derleme, Diş Hekimliğinde
Uzmanlık tez çalışmasından
üretilmiştir.

Geliş Tarihi: 11/04/2025
Kabul Tarihi: 30/09/2025

Atıf:

Mehdiyev, S., Ergün, G. CAD/CAM ile
Üretilen Tam Protezlerde Kaide ve
Yapay Diş Bağlantısı: Derleme. *Sağlık
Bilimleri Dergisi*, 2025;34(3):556-565.
<https://doi.org/10.34108/eujhs.1673927>

Screened by
 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.

CAD/CAM ile Üretilen Tam Protezlerde Kaide ve Yapay Diş Bağlantısı: Derleme

Öz

Tam veya kısmi protezlerde en sık görülen başarısızlıklardan biri, yapay dişlerin protez kaide rezininden ayrılmasıdır. Bu sorun dijital olarak üretilen protezlerde de bildirilmiştir. Bu derleme, yapay dişler ve dijital üretim teknikleriyle üretilen protez kaide materyalleri arasındaki bağlanma mekanizmalarına ilişkin güncellenmiş bir genel bakış sunmayı amaçlamaktadır. PubMed, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında 1 Şubat 2025'e kadar yayınlanmış ilgili çalışmaları kapsayacak şekilde bir literatür taraması yapıldı. 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiş protez kaide rezinleri ile yapay dişler arasındaki bağlanma dayanımı değerlerini rapor eden çalışmalar analize dahil edildi. Diş teknisyenleri, protez dişlerinin bağlantısını artırmak için sıklıkla kimyasal maddeler (monomerler, etil asetat, yüzey şartlandırma solüsyonları ve adezivler vb.) ve mekanik yöntemler (frez ve taşlar ile aşındırma, lazerle pürüzlendirme ve kumlama dahil) kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin etkinliği tartışma konusudur. Bağlanma başarısızlığının birincil nedeni, malzemeler arasındaki uyumsuzluk ve yetersiz kopolimerizasyondur. Protez üretim teknikleri geliştikçe, yeni materyaller ortaya çıkmaktadır. Bu durum yapay dişlerle protez kaide rezini arasındaki bağlanmanın geliştirilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Mevcut kanıtlar, 3 boyutlu yazıcılarla üretilmiş protezlerde yapay dişler ve kaide rezini arasındaki bağlanma dayanımının, geleneksel olarak üretilen protezlere kıyasla daha düşük ve bağlanma başarısızlığı tipinin de daha istenmeyen şekilde olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, dijital teknolojiye gelişmeler gerçekleşene kadar geleneksel yöntemlerin daha güvenilir seçenekler olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: 3B baskı, akrilik rezin, bağlanma, yapay dişler.



Bonding Between Denture Base and Artificial Teeth in CAD/CAM-Fabricated Complete Dentures: A Review

Abstract

One of the most frequent failures observed in complete or partial dentures is the separation of resin teeth from the denture base resin. This issue has also been reported in modern, digitally manufactured dentures. This review aimed to present an updated overview of the bonding mechanisms between artificial teeth and denture base materials produced through digital fabrication techniques. A comprehensive literature search was carried out across PubMed, Scopus, and Web of Science databases to identify relevant studies published up to Feb 1, 2025. Studies that reported bond strength values between 3D-printed denture base resins and artificial teeth were included in the analysis. To enhance the retention of denture teeth, dental technicians frequently employ chemical agents (such as monomers, ethyl acetate, surface conditioning solutions, and adhesives) and mechanical approaches (including grinding, laser treatment, and sandblasting), though the effectiveness of these methods remains a topic of debate. A primary cause of bonding failure is the incompatibility between materials and insufficient

copolymerization. As the field of denture manufacturing evolves, novel materials continue to emerge, highlighting the need for further research to determine optimal tooth-denture base resin pairings. Current evidence suggests that the bond strength between artificial teeth and base resin in 3D printed dentures is lower and the type of bond failure is less favorable than in conventionally manufactured dentures. In this context, traditional methods appear to be the more reliable option until advances in digital technology become available.

Keywords: 3D printing, acrylic resin, bonding, artificial teeth.



Giriş

Tam dişsizlik hali orofasiyal bölgede estetik, fonetik ve fonksiyon kaybına neden olarak yaşam kalitesinin düşmesine yol açar. Dental tedavilerin gelişimi ve çekimsiz tedavi yaklaşımlarının artmasına rağmen nüfus ve yaşam süresindeki artış nedeniyle dişsiz hastaların sayısı artmaktadır.¹

Tam dişsizliğin restorasyonunda en çok kullanılan yöntemlerden biri akrilik içerikli hareketli tam protezlerdir. Dental implantlarla desteklenen sabit protezler, tam protezlere alternatif bir yaklaşım olmakla birlikte karmaşık bir tedavi olması, cerrahi işlemlere ihtiyaç duyulması ve pahalı olması gibi nedenlerden dolayı pek çok hasta tarafından tercih edilememektedir.

Tam protezlerin yapımında çeşitli protez kaide materyalleri ve üretim teknikleri uzun yıllardır kullanılmaktadır. 1937 yılında, basit üretim tekniği, nispeten düşük maliyetli üretim süreci ve yeterli estetik özellikleriyle polimetil metakrilat (PMMA) rezin kullanıma sunulmuştur.²

Malzemenin işlenebilirliği ve onarımının görece kolaylığı, biyouyumluluğu ve estetik özellikleri hastalar ve hekimler tarafından daha fazla kabul görmesine yol açmıştır. Bununla birlikte, PMMA'nın yüksek polimerizasyon büzülmesi, ağız ortamında mikrobiyal kolonizasyona duyarlılığı, çoğunlukla artık monomerin sızması nedeniyle oluşan alerjik reaksiyonlar, zamanla mekanik özelliklerinin bozulması ve düşük aşınma direnci gibi çok sayıda dezavantajı vardır. Ayrıca yapay protez dişler ile protez kaidesi arasındaki bağlanmanın kaybı da en yaygın klinik sorunlardan biridir. Protez onarımlarının sıklığını değerlendiren çalışmalar, bu onarımların %22-30'unun protezin anterior kısmında yapay diş-kaide bağlantısının bozulması sonucu yapıldığını ortaya koymaktadır.³

Yapay diş-protez kaidesi ara yüzünde kontaminasyon olması, protez kaidesinin üretim yöntemi ve farklı tipte yapay dişlerin kullanımı bağlanma üzerine etkili olan faktörlere örnek olarak verilebilir.³ Buna ilaveten, diş/alveol arkret pozisyonu, oklüzal uyumlamalar, protez kaide materyalleri ile akrilik dişler arasındaki bağlanma başarısızlığını etkileyebilecek faktörlerdendir. Ayrıca, protezlerin uzun süre dezenfektan maddelerde bekletilmesi de diş-kaide bağlantısını etkileyebilir.³

Bu eksiklikler yeni malzemelerin ve üretim tekniklerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Yapay diş ile akrilik rezinprotez kaidesi arasındaki bağlanma arayüzünü iyileştirmek için mum çözücülerin kullanımı, metilmetakrilat (MMA) uygulaması, asperizasyon, lazer uygulaması, protez kaidesi için farklı üretim teknikleri ve farklı tipte yapay dişler kullanılarak çeşitli çalışmalar yürütülmüştür.⁴

Protez dişleri ile akrilik kaide rezini arasındaki bağlantıyı iyileştirmenin bir başka yöntemi de frezleme veya yüzeyde oluk açma gibi protez dişlerinin taban yüzeylerinin mekanik olarak değiştirilmesidir. Diğer yöntemler, monomer uygulaması, çözücülerin kullanımı, çözünmüş polimetil metakrilatla muamele, silika kaplama ve ardından silanizasyon yapılması veya tüm bu yöntemlerin kombinasyonları gibi kimyasal işlemlerdir.⁵

Farklı kaide üretim teknikleri olarak basınçlı enjeksiyon tekniği, artık monomer riskini düşürmek için mikrodalga ile polimerize olan kaide materyalleri gibi alternatif yaklaşımlar geliştirilmiştir. 1980'lerin başında, PMMA hipersensitivitesini ortadan kaldırmak için ışıkla aktive olan üretilen dimetakrilat (UDMA) rezin geliştirilmiştir.⁶ Buna karşılık, bazı araştırmalar, protez dişler ile ışıkla veya mikrodalga ile polimerize olan rezinler arasındaki bağlanma kuvvetinin, geleneksel MMA/PMMA bazlı materyallere kıyasla daha düşük olduğunu göstermiştir.⁶

Bu derlemenin amacı, dijital üretim teknikleriyle elde edilen protez kaide rezinleri ile yapay dişler arasındaki bağlanma mekanizmalarını inceleyen güncel literatürü sistematik olarak analiz ederek, kullanılan yüzey işlemleri ve yapıştırma yöntemlerinin etkinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışma, özellikle 3 boyutlu yazıcılarla üretilen materyallerde ortaya çıkan bağlanma sorunlarına odaklanmaktadır.

Dijital üretim teknikleri

1980'li yıllarda tanıtılan dijital diş hekimliği, diş hekimliği uygulamalarında pek çok alanda çığır açmıştır.⁷ CAD-CAM teknolojisi, özellikle sabit dental protezlerin tasarımı ve üretimi için klinik ve laboratuvar prosedürlerini önemli ölçüde değiştirmiştir.

Tam protezlerin üretimi için, 1990'ların başında araştırmacılar, fotopolimerize olan rezin ile 3 boyutlu (3B) lazer stereolitografi kullanan bir prototip CAD-CAM protez sistemi önermiştir.⁸ 1994 yılında ise tam protez üretmek için bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemi geliştirilmiştir. Ancak, ilk dijital tam protez 2012 yılında Goodacre ve ark. tarafından yapılmıştır.⁷ Günümüzde, hareketli protezlerin dijital üretimi için mevcut olan materyallerin sayısındaki artış, dijital teknolojilerin devam eden evrimi ve geliştirilmesine paraleldir.⁸

CAD-CAM ile üretilen hareketli protezlerin geleneksel olarak üretilenlere göre bazı avantajları vardır. Bunlara protezlerin üretiminde basitleştirilmiş laboratuvar süreçleri, klinik verilerin kullanılması ile yedek protezlerin üretiminin kolaylaştırılması ve randevu sayısının azalması örnek olarak verilebilir.⁹ Hareketli protezler için eksiltmeli ve eklemeli imalat yöntemleri olmak üzere iki ana dijital üretim süreci vardır.⁹

Eksiltmeli üretim tekniği

Eksiltmeli yöntemde, protez kaidesi önceden polimerize edilmiş bir rezin diskten frezelenir. Sisteme bağlı olarak, önceden üretilmiş veya frezelenmiş yapay dişler daha sonra kaideye bağlanır. Geleneksel yöntemlerle üretilen hareketli protezlerde protez kaidesi ile dokular arasındaki uyum rezinin polimerizasyon büzülmesi nedeniyle tam olarak gerçekleşmemektedir. Bu durum hareketli tam protezlerin uyumu ve retansiyonu üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.¹⁰ Öte yandan, CAD/CAM ile üretimde uygulanan eksiltme işleminde protez kaidesi kısmen veya tamamen polimerize edilmiş akrilik rezin disklerden frezelenir ve bu sayede protez yapımı sırasında polimerizasyon büzülmesi gerçekleşmez. Fakat bu yöntemin de kazıma cihazı gereksinimi, eksiltelen malzemenin bir daha kullanılamaması gibi maliyeti artıran birtakım dezavantajları vardır.

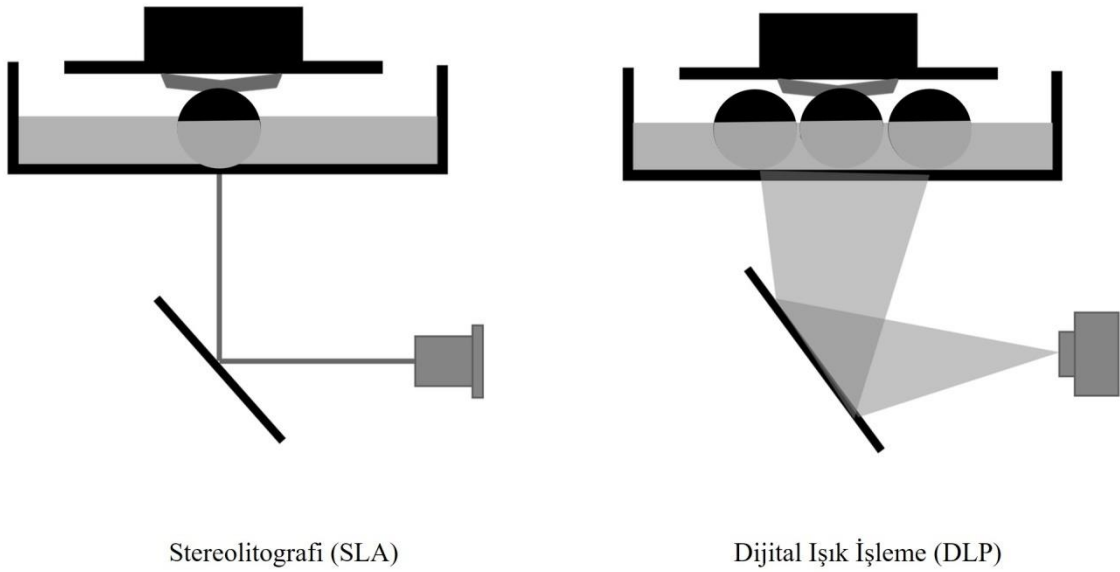
CAD/CAM disklerde kullanılan yeni nesil protez kaide materyalleri, geleneksel PMMA bazlı malzemelere kıyasla daha dayanıklı ve esnektir. Bu malzemeler, protezlerin kırılma riskini azaltarak uzun ömürlü kullanım sağlamaktadır. Özellikle esnek polimerler ve fiber destekli malzemeler, protezlerin mekanik mukavemetini artırmaktadır.¹¹

Eklemeli üretim tekniği

Katmanlı üretim, 3B baskı veya hızlı prototipleme olarak da bilinen bu yöntem nesneleri katman katman üreten teknikleri kapsar. Nispeten yakın zamanda tanıtılmasına rağmen 3B baskı, diş hekimliği de dahil olmak üzere mühendislik ve tıp gibi birçok alanda kullanıma sunulmuştur.

3B baskı teknolojisi, geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla daha hızlı ve daha hassas üretim imkânı sağlamaktadır. Özellikle diş hekimliği alanında protez üretimini mümkün kılan bu teknoloji, maliyetleri düşürmekte ve üretim sürelerini kısaltmaktadır.¹² Bu üretim tekniği yüksek doğruluğa sahiptir, pürüzsüz yüzey bitimi sağlar ve ince ayrıntılara sahip protezler üretilmesine imkân tanımaktadır.

3B baskı, frezelemeye göre daha az atık malzeme, aynı anda birden fazla protez üretebilme ve frezelenemeyen karmaşık tasarımları üretebilme gibi birçok avantaj sunar. 3B baskı çeşitli teknolojilerin kullanımıyla gerçekleştirilebilir. 3B baskılı dijital protezleri üretmek için kullanılan iki temel yöntem, dijital ışık işleme (DLP) ve stereolitografi (SLA)'dir.⁸ (Şekil 1).



Şekil 1. 3B baskılı dijital protezleri üretmek için kullanılan SLA ve DLP yöntemlerinin şematik gösterimi.

Her iki yöntemde de sıvı bir fotopolimeri polimerize etmek için bir ışık kaynağı kullanılır. SLA üretim yönteminde hassas ve karmaşık yapılar üretilebiliyorken DLP yöntemi aynı anda daha fazla alanı polimerize ederek daha hızlı üretim sağlamaktadır. Bu yöntem ile üretim için sıvı polimer küveti, ışık yansımaları dinamik olarak kontrol eden bir dijital mikro ayna cihazı ve bir DLP projektörü gereklidir. DLP’de, 3B modelin dilimlenmiş bir görüntüsü dijital mikro ayna cihazı kullanılarak tanımlanır ve fotopolimerize edilebilir bir polimere yansıtılır. Polimerin açığa çıkan tabakası daha sonra belirli bir kalınlıkta polimerize olur ve tablanın hareketi ile birlikte karmaşık bir 3B fiziksel model oluşturmak üzere üst üste eklenir.¹²

Dijital üretilen hareketli protezlerde kullanılan ölçü teknikleri

Dijital ölçü teknikleri, geleneksel ölçü alma yöntemlerine kıyasla çok daha hassas sonuçlar vermektedir. Ağız içi tarayıcılar, hastaların anatomik yapılarının en ince detayına kadar analiz ederek dental protezlerin en uygun şekilde üretilmesini sağlamaktadır. Bu yöntem, sabit restorasyonların yapımında sıkça kullanılmaktadır.¹³

Tam dişsiz hastaların ağız içi yumuşak dokularının ağız içi tarayıcılarla ölçü alma işlemine yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Yumuşak dokuların doğru taramalarının elde edilmesindeki sorunlar nedeniyle dişsiz çenelerin taranması önerilmemiştir. Konvansiyonel fonksiyonel ölçülerin, dijital taramalara göre önemli ölçüde daha fazla hassasiyete sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak, hassasiyet farkına yönelik çalışmalar bu farkın hareketli protezlerin üretimi için klinik olarak anlamlı olmayabileceğine işaret etmiştir.¹⁴

3B yazıcı yöntemiyle tam protez üretimi için öncelikle hastanın ağız içi yumuşak dokularının dijital kopyasını elde etmek gerekir. Bunun için tam dijital yöntem veya kombine yöntem kullanılabilir.¹⁵ Kombine yöntemde konvansiyonel tam protez yapım aşamaları gibi sırasıyla anatomik ve fonksiyonel ölçüler alınmalıdır. Çeneler arası ilişki kaydı ve dikey boyut mum şablonlarla belirlenmelidir. Daha sonra alçı modeller tarayıcılarla taranıp tam protezin dijital tasarımının yapımına başlanır.^{13,15}

Tam dijital yöntemde ise ağız içi tarayıcılar kullanılarak yumuşak dokuların ölçüsü direkt olarak alınmaktadır. Son yıllarda, intraoral tarama, geleneksel ölçü alma işlemine bir alternatif olarak diş hekimliğinde yaygın kullanım alanı bulmuştur. Çok yakın bir zamanda, dişsiz çenelerin doğrudan ölçüsünün alınması için birkaç teknik tanıtılmıştır, ancak bu teknikler fonksiyonel mukoza hareketlerini kapsamamaktadır.^{16,17}

Ayrıca, bu tekniklerden bazılarının güvenilirliği ve yeniden üretilebilirliği şüphelidir. Dijital fonksiyonel ölçü alma işleminin uygulanamaması ve tam protezlerin kenar uyumunun hassasiyeti, burada ana sınırlamalar olarak kabul edilmektedir. Bazı klinik çalışmalar, tam protezlerin dijital yöntemle teslimine kadar olan süreci anlatmaktadır. Tamamen dijital bir iş akışında intraoral taramaları gerçekleştirirken dudak ve yanak mukozası gerilerek vestibül sulkus ölçülerinin alınabileceği gösterilmiştir. Bu tür bir tekniğin yeterli retansiyona sahip bir protez sağladığı bildirilmiştir. Ancak buradaki en büyük endişe, fonksiyonel hareketlerin ihmal edilmesi olabilir.¹⁷

Ağız içi taramalar, dişsiz arkın mukozal ölçüsünün dijitalize edilmesine olanak tanır. Tarayıcılar özellikle keskin, ince ve mobil kretlerin varlığında basınçsız ölçü alınmasını sağlar. Mukostatik konseptte göre, protez retansiyonu periferik sınırlar ile sağlanmaz. Tutuculuk protez kaidesinin alttaki dokularla yakın temasıyla oluşturulan yüzey gerilimine bağlıdır. Sonuç olarak, vestibüler derinlik ve genişlik, konvansiyonel fonksiyonel ölçü tekniğinde olduğu kadar önemli değildir. Bu durum retansiyonu etkilemeden daha kısa protez kenarlarına izin verebilir. Bununla birlikte, protez kenarlarının aşırı derecede kısa tutulması istenmez çünkü bu durum stabiliteyi azaltabilir ve dudak ve yanak desteğini bozabilir.^{16,17}

Protezin dijital tasarımı

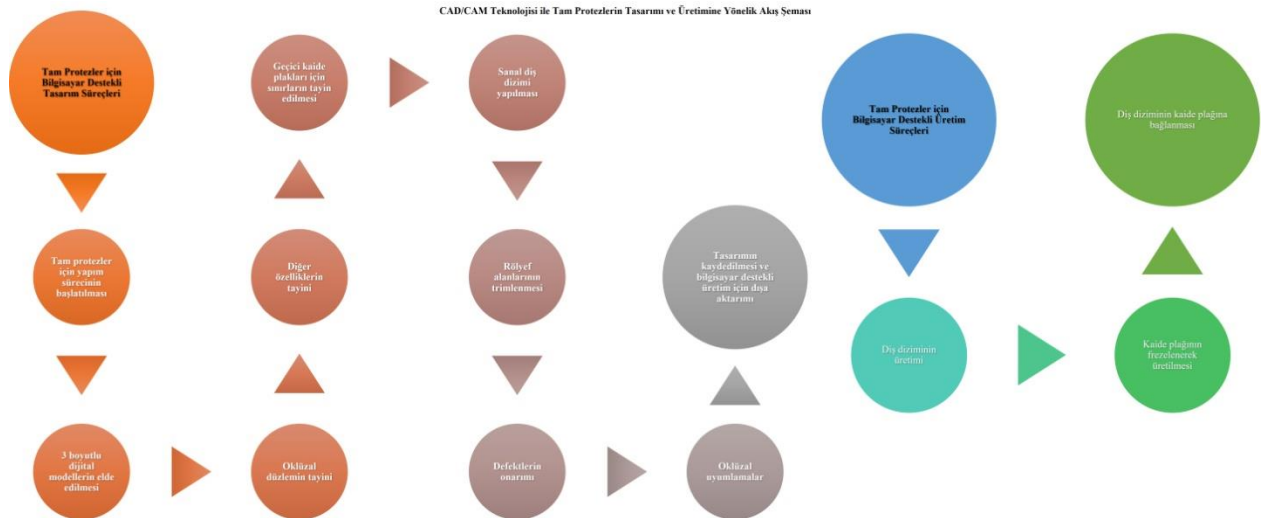
Ölçü işlemi tamamlandıktan sonra dikey boyut, gülme hattı fasiyal simetri ve orta hat ekstraoral tarama ve fotoğraflar ve radyograflar kullanılarak oluşturulur. Kombine yöntem kullanıldığında oklüzal ilişki ve orofasiyal kayıtlar geçici akrilik kaide ve mum şablon hazırlanarak oluşturulur. Hazırlanan modeller artikülatöre alındıktan sonra taranarak dijitalize edilir. Elde edilen modellerde sanal artikülatörlerde tam protez kaidesi ve uygun diş dizimi hazırlanır. Bu aşamadan sonra hareketli tam protez üretime hazır hale gelir.^{14,18}

3 boyutlu yazıcıda üretim

Üretim için kayıtlar 3B yazıcıya aktarılır. Daha sonra protez kaidesinin üretim açısı, ışınlama süresi ve baskı kalınlığı gibi parametreler ayarlanır. Yazıcı tarafından 3B modelin 2 boyutlu kesitleri ayarlanan kalınlığa göre katman katman üretilir. Bu üretim kaidenin yüksekliği, baskı kalınlığı ve ışınlama süresine bağlı olarak birkaç saat sürmektedir.

3B baskı tamamlandıktan sonra elde edilen kaidenin tam polimerize edilmesi gerekmektedir. Yazıcının tablasından alınan prepolimerize kaide artık rezinden arındırılmak üzere izopropil alkol veya etanol içeren küvette 15 dakika yıkanır. Daha sonra kaidenin tam polimerizasyonu için üretici talimatlarına göre 10 dakika boyunca 350–500 nm dalga boyunda bir ışık uygulanır.¹⁸

CAD/CAM teknolojisi ile tam protezlerin tasarımı ve üretimine yönelik akış şeması Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. CAD/CAM teknolojisi ile tam protezlerin tasarımı ve üretimine yönelik akış şeması.

Yapay dişler ile kaidenin bağlantısı

Günümüzde diş hekimliği alanında kullanılan 3B yazıcılar tek seferde tek renkli baskı yapabilmektedir. Bu sebeple yapay dişlerin kaideyle birlikte üretimi mümkün olmamaktadır. Bu yöntemle üretilen tam protezlerde farklı materyallerden üretilen hazır yapay dişler kullanılabildiği gibi dijital olarak üretilen yapay dişler de kullanılabilmektedir. Dijital üretim için CAD-CAM PMMA diskler veya PMMA esaslı 3B yazıcı ile uyumlu rezinler kullanılabilmektedir. Tasarım aşamasında oluşturulan yapay diş arka tek parça olarak veya ayrı ayrı dişler şeklinde üretildikten sonra kaide üzerindeki uygun boşluğa bağlanır.¹⁹

Hazır yapay dişler kullanıldığında ise dişlerin tek tek taranarak dijital kaydının oluşturulup kaidede uygun boşlukların oluşturulması gerekir. Araştırmacılar hareketli tam protezlerde sıkça karşılaşılan yapay diş-kaide plağı bağlama sorununu çözmek için çeşitli yöntem ve protokoller geliştirmiştir.²⁰

Yapay dişler 3B baskı yöntemi ile üretilen kaide materyallerine çeşitli adeziv sistemlerle bağlanırlar. Bunlara metakrilat içerikli bondlar, rezin simanlar, soğuk akrilik ve polimerize olmamış baskı rezini örnek

olarak verilebilir. Bu yöntemlerden en yaygın olanları soğuk akril ve polimerize olmamış rezinle bağlama yöntemleridir.^{20,21}

Polimerize olmamış rezini ile bağlama yönteminde hazırlanan kaideye yapay dişler tek tek veya bütün bir ark şeklinde bağlanabilir. Bunun için kaide üzerinde yapay dişlerin geleceği boşluklara kaide rezini damlatılır ve yapay dişler uygun boşluğa yerleştirilir. Taşan fazlalıklar alkol yardımıyla temizlendikten sonra ultraviyole ışık altında polimerizasyon gerçekleştirilir. Yapay diş ve kaide plağı bağlantısındaki artıklar polimerizasyon sonrasında temizlenir ve polisajlanır.²¹

Soğuk akrille bağlama yönteminde ise kaidedeki boşluklara soğuk akril üretici talimatlarına göre hazırlandıktan sonra yerleştirilir. Yapay dişler uygun yerlerine yerleştirildikten sonra tam polimerizasyonun gerçekleşmesi ve artık monomer kalmaması için yüksek basınç ve ısıya tabi tutulur. Polimerizasyon sonrasında artıklar frez yardımıyla temizlenir ve yüzeyler polisajlanır.²²

Tam protezlerde yapay dişlerle kaide plağı arasındaki bağlanma nedeniyle karşılaşılan komplikasyonlar

Her yıl üretilen protezlerin %60'ının onarım gerektirdiği belirtilmiştir.²³ Benzer bir sonuç, tam ve bölümlü protezlerde protez dişlerinin ayrılmasının çok yaygın bir tamir türü olduğu sonucuna varılan diğer çalışmalarda da görülmüştür.²³ Çiğneme sırasında protez dişlere aşırı oklüzal yüklerin gelmesi diş ayrılmasından sorumludur. Bununla birlikte, literatürde başka nedenler de bildirilmiştir.²⁴

Akrilik dişler ile protez kaidesi arasındaki bağın bozulmasının en olası açıklamalarından birinin, güçlü bir bağın elde edilmesini engelleyen diş yüzeylerinin kontaminasyonu olduğu düşünülmektedir. Kirleticiler temel olarak akrilik rezinin üretimi sırasında diş yüzeylerinden emilen mum artıkları veya muflalama aşamasında dişlerin tabanında kalan separatör malzemesidir. Birçok araştırmacının aksine, Spratley, dişlerdeki separatör artığı varlığının kayıp mum aşamasının en az 90°C'de yapılması koşuluyla bağ mukavemetini etkilemediğini bulmuştur.²⁵

Başka bir neden de dezenfektan veya temizlik işlemlerinde seçilen kimyasal maddelerin düzenli kullanımı olabilir. Bu durum hem kaide rezininin hem de dişlerin fiziko-mekanik özelliklerini değiştirebilir ve bağlanmanın zayıflamasına ve sonrasında kopmasına yol açabilir.²⁶

Bağlanma sürecini kontrol eden en iyi bilinen mekanizma, yapay dişler ile kaide materyali arasında difüzyon ile polimer bağlarının oluşmasıdır. Difüzyon, sıcaklığa, polimerin yapısına ve yapay diş ile kaide arasındaki yüzey özelliklerine bağlıdır.

Yapay dişler önceden polimerize olduğundan, kaide materyaliyle birbirine bağlı bir polimer ağı oluşturabilecek kimyasal kopolimerizasyon zordur. Çünkü serbest radikal konsantrasyonu çok düşüktür. Bu sorunu telafi etmek için, farklı polimer tipleri arasında mikro veya makro mekanik kilitleme veya bir tür kimyasal reaksiyon oluşturarak ara yüz yapıştırıcı bağ mukavemetini artırmak için çeşitli stratejiler denenmiştir.²⁷

Tamamen teorik bir yaklaşımda, ideal bağ yalnızca protezin üretim süreci sırasında kaide ve dişin aynı anda polimerize edilmesi koşuluyla yapılabilir. Geçmişte bazı girişimlerde bulunulmasına rağmen, akrilik dişlerde tatmin edici bir estetik elde etmek mümkün olmamıştır. Bu nedenle, önceden polimerize edilmiş bir akrilik diş, tatmin edici bir şekilde polimerize olması gereken ancak aynı zamanda kopolimerizasyona maruz kalan bir malzemeye bağlanmanın zorluğu devam etmektedir. Bu felsefeye dayanarak, araştırmacıların bu bağı iyileştirme çabalarının çoğu, yapay dişlerin bir kısmında mekanik veya kimyasal modifikasyonlar yapılarak geliştirilmesi esasına dayanmaktadır.²⁸

CAD-CAM teknolojisindeki ilerlemeler ve yeni malzemelerin geliştirilmesiyle birlikte adeziv bağlama ajanı veya sıvı bazlı bir rezinin sisteme eklenmesi ve ardından foto polimerizasyonu ile yapay dişlerle protez kaidesi arasındaki bağlantıyı elde etmek mümkün hale gelmiştir. Bu işlem sonrasında protez yine eklemeli üretim veya eksiltmeli üretim yoluyla üretilebilir. Ancak bu bağlama protokolünde de zamanla protez kaidesinden yapay dişlerin ayrılmasıyla ilgili olarak geleneksel yöntemde gözlemlenenlere benzer teknik sorunlar yaşanmaktadır.²⁹

Protez kaidelerinin üretiminde kullanılan farklı malzemeler ile farklı bağlama protokollerine tabi tutulan CAD-CAM prefabrik dişler arasındaki bağlanma çeşitli araştırmalarda değerlendirilmiştir. Bağlama protokolleri olarak Ivo Base CAD Bond, alüminyum oksitle kumlama ve rezin siman kullanımı denenmiştir. Ek protokoller olarak polimerize olmamış rezin kullanımı, monomerle ıslanabilirliği artırma, frezle pürüzlendirme ve diklorometan uygulamasıyla mekanik tutuculuğun artırılması amaçlanmıştır.³⁰ Bu çalışmanın sonucunda en yüksek bağlanma dayanımının, kaide yüzeyine MMA uygulanan dişlere bağlanan protez kaidelerinde gözlemlendi. Ayrıca bu yöntemin 3B üretilmiş tam protezde bağlanma dayanımını artırmak için alternatif bir protokol olarak düşünülebileceği belirtilmiştir.³⁰

Bununla birlikte, geleneksel sıcak akrilik, CAD-CAM ve 3B yazıcı ile üretilmiş kaide materyallerine hazır yapay dişlerin bağlanma dayanımının değerlendirildiği çalışmalarda geleneksel yöntemin daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Alüminyum oksit ile kumlama ve diklorometan uygulanan ısıyla polimerize edilmiş akrilik protez kaidesinin bağlanma dayanımını iyileştirmiştir. Bunun aksine aynı işlemler CAD-CAM kaide ile kompozit dişler arasındaki bağı azaltmıştır.³⁰

Pereira ve ark. yaptıkları bir çalışmada 3B üretim tekniği ile hazırlanan kaide materyaline yapay dişlerin bağlanma dayanımını artırmak için farklı protokoller denemişlerdir.²⁹ Çalışmada farklı kaide materyalleri ve farklı yapay dişler kullanılmış ve ısı ile polimerize kaide ile 3B yazıcıda üretilmiş yapay dişler arasındaki bağlanma dayanımının en düşük olduğu raporlanmıştır. Ayrıca 3B yazıcıda üretilen kaidelerde frez ve kumlama ile yüzey pürüzlendirme işleminin bağlanma dayanımını 1.12 kat artırdığı bildirilmiştir. 3B yazıcılarda üretilen kaidelerde frezle pürüzlendirme sonrası kumlama ve yüzeylere monomer uygulaması ile en iyi sonuca ulaşılmıştır.

Ayrıca, tüm dişler ve protez kaideleri, katmanlar yük yönüne dik olarak yönlendirilmiş şekilde dikey olarak üretilmiştir. Bu durumun katmanlar yük yönüne paralel olarak yönlendirilmiş şekilde yatay olarak üretilenlere kıyasla mekanik özellikleri iyileştirdiği bildirilmiştir.

Aydın ve ark. ları yaptıkları benzer bir çalışmada her ikisi 3B baskı ile üretilmiş kaide ve dişlerin bağlanma dayanımının en düşük sonuçlar verdiğini, konvansiyonel PMMA protez kaide rezini tercih edildiğinde, konvansiyonel protez dişleri veya 3D yazdırılmış dişler kullanılmasının bağlanma dayanımı açısından bir fark yaratmadığını belirtmişlerdir.³¹ Ayrıca hazır yapay diş ve 3B rezin kaide kombinasyonunun bağlanma dayanımının en düşük olduğunu belirterek bu kombinasyonun kullanımını önermemişlerdir.

Cleto ve ark. yaptıkları çalışmada 3B baskı ile üretilen protez kaide rezininin hem prefabrike hem de 3B baskı ile üretilmiş dişler için bağlama yöntemi olarak monomer uygulamasının ardından polimerize olmamış rezin uygulandığında gelişmiş bağ mukavemeti gösterdiği raporlanmıştır.³

Eklemleri üretimin dezavantajları

Eklemleri üretim tekniği ile tam protezlerin üretiminde polimerize edilmemiş rezin kullanır ve işlendikten sonra, polimerizasyonu tamamlamak için son ışık polimerizasyon adımı gerektirir. Bu aşamada polimerizasyon büzülmesi gerçekleşir. Kısmen polimerize edilmiş tam protezin 3B yazıcı platformundan sökülmesi sırasında protezlerde bir deformasyon meydana gelebilir. Ayrıca, polimerize olmamış rezin kalıntıları her zaman protezin üzerinde kalır ve bu uygun bir çözücü ile iyice durulanarak ortadan kaldırılmalıdır. Temizlenemeyen fazlalıklar protezin uyumunu bozabilir. Kalberer ve ark. yaptıkları çalışmada CAD-CAM ile üretilen tam protezlerin doku uyumununeklemleri yöntemle oluşturulan protezlerden daha iyi olduğunu göstermiştir.³²

Eklemleri üretimde kullanılan fotopolimerize rezinlerin fiziksel özelliklerinin, polimerize edilmiş PMMA disklerinden daha zayıf olduğu görülmüştür. Ayrıca bu özellikler yazıcı çözünürlüğü, kütleme dalga boylarındaki farklılıklar, baskı kalınlığı ve açısı gibi bir çok parametreden etkilenmektedir. Yazıcı ile üretilen hareketli tam protezlerin fiziksel özellikleri yeterli kabul edilse de implant destekli protezlerde kullanımı önerilmemektedir.³³

Hasta memnuniyeti ve klinik sonuçlar

Dijital protez üretim yöntemleri, hastaların protezleri daha konforlu kullanmasına olanak tanımaktadır. Özellikle 3D yazıcılar ile üretilen protezlerin uyumu ve dayanıklılığı yüksek seviyelere ulaşmıştır. Yapılan araştırmalar, dijital protez uygulamalarının hasta memnuniyetini artırdığını ve adaptasyon sürecini kısalttığını göstermektedir.³⁴ Gelecekte, daha fazla biyomekanik test ile protezlerin performanslarının artırılması hedeflenmektedir.

Sonuç

Teknolojik gelişmeler ve dijital sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte, konvansiyonel yöntemlerin dijital sistemlere adaptasyonu hız kazanmıştır. Dijital kayıt sistemleri, ölçü ve modellerin fiziksel olarak saklanması ihtiyacını ortadan kaldırarak klinik süreçleri kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, dijital üretimin endüstriyel standartlara uygun seri üretim haline gelmesi üretim kalitesini artırmakta ve hataları azaltmaktadır.

Bununla birlikte, 3B yazıcılarla üretilen tam protezlerde yapay diş ile kaide materyali arasındaki bağlanma dayanımının, geleneksel yöntemlerle üretilen protezlere kıyasla daha düşük olduğu ve teknik komplikasyon riskinin daha fazla olduğu bildirilmiştir.^{30,31} Dijital üretim sistemleri henüz bu bağlanma sorununu tam anlamıyla aşamamış görünmektedir. Eklemleri üretim tekniğinin sınırlılıkları, üretim maliyetleri ve fiziksel özelliklerdeki zayıflıklar nedeniyle yaygın klinik kullanım halen kısıtlıdır. Bu durum uzun dönem klinik verilerin eksikliğine de yol açmaktadır. 3B yazıcılarla üretilen tam protezlerde

karşılaşılabilecek sorunların tespiti ve çözümleri için daha fazla sayıda uzun dönemli klinik ve laboratuvar çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Mevcut bulgular ışığında, yapay dişlerle dijital kaide materyalleri arasındaki bağlanma dayanımını artırmaya yönelik bazı metodolojik öneriler sunulabilir. Literatürde umut verici olarak değerlendirilen yöntemler arasında; monomer uygulamasını takiben polimerize olmamış rezinle bağlama, yüzeyin frezele pürüzlendirilmesinden sonra kumlama yapılması ve MMA (metil metakrilat) ile yüzey aktivasyonu öne çıkmaktadır. Ayrıca, protez bileşenlerinin katman yönüne paralel olacak şekilde yönlendirilmesi de mekanik özellikleri iyileştirmektedir.

Gelecek çalışmaların farklı bağlanma protokollerini karşılaştırmalı olarak değerlendiren, yapay yaşlandırma ve mekanik yükleme gibi testleri içeren ve standardize edilmiş metodolojilere dayanan deneysel tasarımlarla planlanması hem klinik geçerlilik hem de malzeme uyumluluğu açısından önemli katkılar sağlayacaktır.



Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Teşekkür: -

Beyanlar:

- 1. Etik Komite Onayı:** Bu çalışma için Etik Kurul onayına ihtiyaç yoktur.
- 2. Bilgilendirilmiş Onam:** Bu çalışma için bilgilendirilmiş onam alınmasına ihtiyaç yoktur.
- 3. Yazar Katkıları:** Fikir-GE; Tasarım-GE, SM; Denetleme-GE; Kaynaklar-SM; Malzemeler-GE; Veri Toplanması ve/veya işlenmesi-SM; Analiz ve/veya yorum-GE, SM; Literatür taraması-SM; Yazıyı yazan-GE, SM; Eleştirel inceleme-GE.
- 4. Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.
- 5. Destek:** Bu derleme herhangi bir finansman kuruluşundan/sektörden destek almamıştır.
- 6. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları:**



KAYNAKLAR:

1. Choi JJE, Uy CE, Plaksina P, Ramani RS, Ganjigatti R, Waddell JN. Bond strength of denture teeth to heat-cured, CAD/CAM and 3D printed denture acrylics. *J Prosthodont.* 2020;29(5):415-421. doi:10.1111/jopr.13125.
2. Han SY, Moon YH, Lee J. Shear bond strength between CAD/CAM denture base resin and denture artificial teeth when bonded with resin cement. *J Adv Prosthodont.* 2020;12(5):251-258. doi:10.4047/jap.2020.12.5.251.
3. Cleto MP, Silva MDD, Nunes TSBS, Viotto HEC, Coelho SRG, Pero AC. Evaluation of shear bond strength between denture teeth and 3D-printed denture base resin. *J Prosthodont.* 2023;32(S1):3-10. doi:10.1111/jopr.13527.
4. Colebeck AC, Monaco EA Jr, Pusateri CR, Davis EL. Microtensile bond strength of different acrylic teeth to high-impact denture baseresins. *J Prosthodont.* 2015;24(1):43-51. doi:10.1111/jopr.12196.

5. Meng GK, Chung KH, Fletcher-Stark ML, Zhang H. Effect of surface treatments and cyclic loading on the bond strength of acrylic resin denture teeth with autopolymerized repair acrylic resin. *J Prosthet Dent.* 2010;103: 245-252.doi:10.1016/S0022-3913(10)60038-8.
6. Palitsch A, Hannig M, Ferger P, Balkenhol M. Bonding of acrylic denture teeth to MMA/PMMA and light-curing denture base materials: the role of conditioning liquids. *J Dent.* 2012;40(3):210-21. doi: 10.1016/j.jdent.2011.12.010.
7. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB, Lowry J. CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent.* 2012;107(1): 34-46. doi:10.1016/S0022-3913(12)60015-8.
8. Yoon HI, Hwang HJ, Ohkubo C, Han JS, Park EJ. Evaluation of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM mandibular denture bases manufactured using digital light processing. *J Prosthet Dent.* 2018;120(6):919-926. doi:10.1016/j.prosdent.2018.01.027.
9. Infante L, Yilmaz B, McGlumphy E, Finger I. Fabricating complete dentures with CAD/CAM technology. *J Prosthet Dent.* 2014;111: 351-355. doi:10.1016/j.prosdent.2013.10.014.
10. Ansari IH. Establishing the posterior palatalseal during the final impression stage. *J Prosthet Dent.* 1997;78(3):324-326. doi:10.1016/S0022-3913(97)70034-9.
11. Anadioti E, Kane B, Soulas E. Current and emerging applications of 3D printing in restorative dentistry. *Curr Oral Health Rep.* 2018;5:133-139.
12. Goodacre BJ, Goodacre CJ. Additive Manufacturing for complete denture fabrication: A narrative review. *J Prosthodont.* 2022;31(S1):47-51. doi:10.1111/jopr.13426.
13. Bosniac P, Rehmann P, Wöstmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clin Oral Investig.* 2019;23(5):2421-2427. doi:10.1007/s00784-018-2679-4.
14. Unkovskiy A, Wahl E, Zander AT, Huettig F, Spintzyk S. Intraoral scanning to fabricate complete dentures with functional borders: a proof-of-concept case report. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):46. doi:10.1186/s12903-019-0733-5.
15. Virard F, Venet L, Richert R, et al. Manufacturing of an immediate removable partial denture with an intraoral scanner and CAD-CAM technology: a case report. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):120. doi:10.1186/s12903-018-0578-3.
16. Park GH, Son K, Lee KB. Feasibility of using an intraoral scanner for a complete-arch digital scan. *J Prosthet Dent.* 2019;121(5): 803-810. doi:10.1016/j.prosdent.2018.07.014.
17. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral impression technique for edentulous jaws. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4): 499-500. doi:10.1016/j.prosdent.2017.05.008.
18. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Minakuchi S. Effect of printing direction on stress distortion of three-dimensional printed dentures using stereolithography technology. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;110:103949. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.103949.
19. Gad MA, Abdelhamid AM, El Samahy M, Abolghait S, Hanno KI. Effect of aging on dimensional accuracy and color stability of CAD-CAM milled and 3D-printed denture base resins: a comparative in-vitro study. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):1124. doi:10.1186/s12903-024-04848-9.
20. Pereira ALC, Porto de Freitas RFC, Grangeiro MTV, et al. Targeting bonding protocols to increase the bond between acrylic resin or 3D printed denture bases and prefabricated or 3D printed denture teeth. *J Prosthet Dent.* 2024;131(6):1252.e1-1252.e10. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.02.027.
21. Han JY, Shin JH, Shim JS, Kim RJY. Effects of dentin bonding agents and silanization on bond strength between 3D printed resin and composite resin. *Dent Mater J.* 2024;43(3):400-406. doi:10.4012/dmj.2023-181.
22. Tzanakakis EG, Pandoleon P, Sarafianou A, Kontonasaki E. Adhesion of conventional, 3D-printed and milled artificial teeth to resin substrates for complete dentures: A narrative review. *Polymers (Basel).* 2023;15(11):2488. doi:10.3390/polym15112488.
23. Ettinger RL, Qian F. Longitudinal assessment of denture maintenance needs in an overdenture population. *J Prosthodont.* 2019;28:22-29. doi:10.1111/jopr.12735.
24. Teodorescu C, Preoteasa E, Preoteasa CT, Murariu-Magureanu C, Teodorescu IM. Perception and attitudes of dentists regarding the complications of conventional acrylic dentures and over dentures supported by teeth or implants. *J Med Life.* 2022;15:1031-1037. doi:10.25122/jml-2022-0020.
25. Spratley MH. An investigation of the adhesion of acrylic resin teeth to dentures. *J Prosthet Dent.* 1987; 58:389-392. doi:10.1016/0022-3913(87)90065-5.
26. Aguiar EF, Tonani R, Paiola FdG, et al. Influence of aging on bond strength of artificial teeth to denture base acrylic resins. *Braz J Oral Sci.* 2018;17: e18373.doi:10.20396/bjos.v17i0.8652929.

27. Kiteska, B, Funduk N, Cevc P, Jesih A, Anžlovar A, Kopac I. The influence of free-radical concentration on the shear bond strength of dental composites. *Mater. Tehnol.* 2018;52:177-182. doi:10.17222/mit.2017.072.
28. Bahrani F, Khaledi AA. Effect of surface treatments on shear bond strength of denture teeth to denture base resins. *Dent Res J (Isfahan)*. 2014;11(1):114-118.
29. Pereira ALC, Troconis CCM, Segundo HVM, Barão VAR, Carreiro ADFP. Impact of CAD-CAM materials and bonding protocol on the bond strength between denture base/artificial teeth: A systematic review and meta-analysis. *Int J Prosthodont.* 2023;36:769-776. doi:10.11607/ijp.8062.
30. Boonpitak K, Wongkamhaeng K, Sanpanyawai P, Natparan S, Aunaumporn A, Klaisiri A. Experimental article comparative effect of different surface treatments on the shear bond strength between 3D-printed artificial acrylic teeth and 3D-printed denture based resins. *J Int Dent Med Res.* 2022;15:1416-1421.
31. Aydin N, Uslu Kavrama F, Yosuncigir H, Ucar Y. A comparison of the shear bond strength between denture teeth and denture base resins manufactured either conventionally or with a 3D printer. *J Prosthet Dent.* 2023;130(5):742.e1-742.e6. doi:10.1016/j.prosdent.2023.08.035.
32. Kalberer N, Mehl A, Schimmel M, Müller F, Srinivasan M. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent.* 2019;121(4):637-643. doi:10.1016/j.prosdent.2018.09.001.
33. Kane B, Shah KC. In vitro analysis of shear stress: CAD milled vs printed denture base resins with bonded denture tooth. *J Prosthodont.* 2023;32(S1):29-37. doi:10.1111/jopr.13552.
34. Alotaibi HN. Patient Satisfaction with CAD/CAM 3D-Printed Complete Dentures: A Systematic Analysis of the Clinical Studies. *Healthcare (Basel)*. 2025;13:388. doi:10.3390/healthcare13040388.

