

HAREKETLİ PROTEZLERDE DİJİTAL ÜRETİM TEKNİKLERİNİN GÜNCEL DURUMU

CURRENT STATUS OF DIGITAL PRODUCTION TECHNIQUES IN REMOVABLE PROSTHESES

Berkay Atılgan¹,  Fatma Ünalın²,  Canan Bural Alan³ 

¹Doktor Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

²Profesör Doktor, İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

³Profesör Doktor, İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

ÖZET:

Teknoloji alanındaki gelişmeler diş hekimliğinde tasarım alanında olduğu gibi hareketli protezlerin üretim yöntemlerinde de son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Dijital sistemler kullanılarak üretilen hareketli protezler birçok avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler hekim için hasta başında geçirilen süreyi kısaltmakta aynı zamanda randevu sayısını azaltarak protezin hastaya daha kısa sürede teslim edilmesine olanak sağlamaktadır. Uzun süren laboratuvar aşamaları azaltılır ve teknisyenler için daha kısa sürede, daha doğru protezler üretilmesini sağlamaktadır. Hareketli protezlerin dijital yöntemlerle üretimi için birbirinden farklı sistemler mevcuttur. Günümüzde kullanılan hareketli protez üreten dijital sistemler eksiltmeli ve eklemeli üretim tekniğini kullanmaktadır. Bu derlemenin amacı hareketli protezlerde dijital üretim tekniklerinin güncel durumu hakkında bilgi sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Dijital hareketli protezler, Dijital iş akışı, CAD/CAM sistemleri

ABSTRACT:

In recent years, technological advancements have begun to be used in the production methods of removable dentures, as well as in the field of design in dentistry. Removable dentures produced using digital systems offer many advantages.

They reduce the time spent with the patient in the chair for dentists and allow the delivery of the prosthesis to the patient with fewer appointments. Long laboratory phases are reduced and allow technicians to produce more accurate prostheses in a shorter time. There are different systems available for the digital production of removable dentures. Digital systems that produce removable dentures used today use subtractive and additive manufacturing techniques. The purpose of this review is to current status on digital production techniques in removable dentures.

Keywords: Digital removable dentures, Digital workflow, CAD/CAM systems

GİRİŞ

Diş hekimliği, diş kaybını önlemek için yeni ve etkili tedaviler geliştirmektedir (Villias, Karkazis et al. 2021). İmplant destekli tedavilerin günümüzde hareketli protezlere göre daha tercih edilen bir tedavi yöntemi olarak bilinmesine rağmen, anatomik, fizyolojik veya finansal nedenlerle hareketli protezlerle tedavi bazı hastalar için en optimal seçenek olabilmektedir (Janeva, Kovacevska et al. 2018).

Hareketli protezlerin üretiminde halen en yaygın ve tercih edilen üretim tekniği basınçla kalıplama sistemine dayanan konvansiyonel tekniktir.

Polimetil metakrilat (PMMA) 1937 yılında protez kaide materyali olarak kullanıma sunulmuştur ve hala sık kullanılan protez kaide materyalidir (Eick 1977).

Dijital ölçünün diş hekimliğinde kullanımının giderek artışına bağlı olarak, dijital sistemlerin hareketli protezlerin tasarımında ve üretiminde kullanımı da literatürde bildirilmektedir (Peroz, Peroz et al. 2022).

1994 yılında Maeda ve ark 3 boyutlu (3B) lazer litografi kullanarak ilk hareketli protezi üretimini bildirdikleri makalede hastadan kaydedilen polivinilsiloksan ölçülerden elde edilen modelleri sensörlü kameralarla tarayarak 3B model oluşturulması ve fotopolimerizan kompozit reçineden protez üretimini tarif etmektedirler(Maeda, Minoura et al. 1994). 1997 yılında Kawahata ve ark. hareketli protezleri dijital yöntemle duplike ederek bilgisayar destekli tasarım/üretim (CAD/CAM) aracılığı ile frezeleme (kazıma) üretim tekniği ile protez yapımını gerçekleştirmişlerdir (Kawahata, Ono et al. 1997). 2009 yılında Guo-Dong ve ark. alçı modellerin 3B tarayıcılarda taranmasından sonra iskelet tasarımının dijital ortamda yapılmasını bildirmektedirler (Yan, Liao et al. 2009). 2011 yılında Jevremović ve ark. lazer sinterleme (SLM) tekniğinin iskelet üretiminde sağlıklı bir yöntem olduğunu desteklemektedir (Jevremović, Kojić et al. 2011). 2012 yılında Goodacre ve ark. konvansiyonel ölçülerin dijital ortama aktarılmasından sonra elde edilen dijital model üzerinde dişlerin konumunu ayarlamayı sağlayarak kazıma cihazında akrilik reçine bloktan hareketli protez üretimini bildirmektedirler (Goodacre, Garbacea et al. 2012). 2014 yılında Infante ve ark. sunduğu klinik raporda polimetil metakrilat (PMMA) reçinesinden frezeleme tekniğini kullanan AvaDent sistemiyle iki randevuda tamamlanabilen hareketli tam protez ürettiler (Lima, Anami et al. 2014).

Konvansiyonel yöntemle hareketli protez üretimi klinik ve laboratuvar aşamalarının içinde bulunduğu uzun bir prosedürdür. Birinci seansta prefabrik metal kaşıklar ile ölçü alınır ve laboratuvarında alçı model üzerinde akrilik reçineden özel ölçü kaşığı yapılır. Özel ölçü kaşığıyla alınan final ölçüsüyle çalışma modeli elde edilir ve tam protez yapılacaksa kaide mum duvar; bölümlü protez yapılacaksa iskelet dökümü yapılır. Üçüncü seansta mum duvarlarla

interoklüzal kayıtlar elde edilerek laboratuvar ortamına aktarılır ve diş dizimi yapılır. Dördüncü seansta dişlerin oklüzal ilişkileri ve estetiği klinik ortamında düzenlenir. Laboratuvarında basınçla kalıplama tekniği kullanılarak PMMA'nın polimerizasyonu gerçekleştirip tesviye ve cilası tamamlandıktan sonra beşinci seansta hastaya teslim edilir(Ergün 2016).

Hareketli protezlerinin üretiminde CAD/CAM teknolojisinin kullanımı son yıllardaki teknolojik gelişmelerle yeni bir boyut kazanarak frezeleme (eksiltmeli) ve eklemeli gibi farklı üretim yöntemlerinin kullanımını mümkün kılmaktadır (Bessadet, Drancourt and El Osta 2024).

Eksiltmeli Üretim Tekniği Frezeleme (Kazıma)

Eksiltmeli üretim tekniğinde önceden polimerize edilmiş PMMA bloklardan (puck) hedeflenen geometrik şekle, STL formatındaki tasarım doğrultusunda bloktan 5 eksenli freze makinesinden madde kazınarak üretim elde edilmektedir(Wood 2012). Eksiltmeli yöntem ile aynı zamanda metaller , cam seramikler ve reçine bazlı seramiklerden de üretim sağlanabilmektedir(Sulaiman 2020).

Eklemeli Üretim Tekniği

Eklemeli üretim tekniğinde tasarımı oluşturulmuş STL formatındaki geometrik şekle ışık ile sertleşen fotopolimerizan reçine kullanarak katmanları üst üste ardışık ekleyerek 3B üretim elde edilmektedir (Kalberer, Mehl et al. 2019).

1-Lazer Sinterleme:

Isıyla birbirlerine yapışabilen metal tozları, lazer kaynağının sağladığı ısı ile ince ve düz bir tabaka şeklinde katman kalınlığı kadar üretim tablası üzerine yayılmaktadır. Tarayıcı sistem sayesinde tabaka şeklindeki tozlar üzerinde seçilen bölgeleri tarar ve ilk katman üretimi gerçekleştirilir. İlk katman tamamlandıktan sonra tabla altındaki platform, katman kalınlığı kadar aşağı inmektedir. Toz yayıcı mekanizma aracılığıyla bir önceki taranmış katmanın üzerine yeni katman kalınlığı kadar toz serilir ve lazer ile taranır. Model oluşturuluncaya kadar bu işlem tekrarlanır (Ziaei, Bajoghli et al. 2024).

2-Stereolitografi (SLA):

Lazer aracılığı ile polimerize olup katılaştıran, ultraviyole (UV) ışına duyarlı sıvı monomerden katmanlı objeler üretilmesi esasına dayanmaktadır. UV ışığa duyarlı reçine bir havuzda bulunur. Üretim platformu bu havuzun içine girer ve lazer ışığı ile reçine ardışık katmanlar şeklinde sertleştirilir. Her katman tamamlandıktan sonra platform bir miktar yukarı çıkar ve yeni bir reçine katmanı sertleştirilmeye hazır hale gelir. Bu işlem, STL tasarımındaki model tamamlanana kadar devam ettirilir (Revilla-León and Özcan 2019, Pillai, Upadhyay et al. 2021).

3-Dijital Işık İşleme (DLP):

Dijital ışık işleme (DLP) üretim tekniği, SLA tekniği ile benzerlik göstermektedir. En belirgin farkları, polimerizasyon için farklı ışık kaynakları kullanmalarıdır. DLP üretim tekniğinde, SLA yönteminde kullanılan UV lazer yerine sıvı reçine haznesinin altında bir projektör kullanılmaktadır. DLP teknolojisi, dijital mikro ayna aygıtı adı verilen dikdörtgen ayna düzenine sahip bir mikrosistem içerir. DLP bu sistemiyle birlikte, SLA yöntemindeki gibi lazer ışığı ile tek tek nokta taramak yerine, bir projektör vasıtasıyla tüm katmanı bir anda sertleştirmektedir (Hwang, Lee et al. 2019).

4-Sıvı Kristal Ekran (LCD):

LCD 3B baskı tekniğini DLP tekniğinden ayıran en büyük farkı görüntüleme tekniğidir. LCD yönteminde, ışık kaynağını kontrol etmek için yüksek çözünürlüklü bir sıvı kristal ekran (LCD) kullanılmaktadır. LCD, pikselleri ayrı ayrı kontrol ederek yüksek hassasiyet sağlarken, DLP daha hızlı baskı imkanı sunmaktadır (Quan, Zhang et al. 2020, Moon, Kim et al. 2021).

Yapılan çalışmalar dijital yöntemle üretilen tam ve hareketli bölümlü protezler (HBP)in, konvansiyonel yöntemle üretilen protezlere göre birçok avantajını ortaya koymaktadır.

Başlıca bu avantajlar:

- Dijital sistemlerle üretim, konvansiyonel üretim yöntemlerine göre daha az klinik randevu gerektirerek, tedavi sürecini kısaltır ve hasta konforunu artırır (Baba, Goodacre et al. 2021).

- Dijital hareketli protez kaide reçineleri, daha az büzülme nedeniyle protezin daha uyumlu olmasını sağlar. Bu uyum,
- protezin dokuları daha az tahriş etmesine ve travmatik ülser oluşumunu azaltmasına yardımcı olur (Kanakaraj, Kumar and Ravichandran 2021).
- Dijital sistemlerle tasarlanan oklüzyon, daha hassas ve proteze hatasız şekilde aktarılabilen bir yöntemdir. Bu sayede minimum bir oklüzal uyumlama süreci sağlar (Bidra, Taylor and Agar 2013).
- Dijital sistemler, protez verilerinin dijital ortamda saklanmasına olanak tanır. Bu sayede protezin kaybolması veya kırılması gibi protezin yenilenmesi gereken durumlarda hızlı ve kolay bir şekilde tekrar üretilmesini sağlar (Bonnet, Batisse et al. 2017)
- Dijital teknik için üretilen protez kaide reçinesi daha yüksek elastik modüle sahiptir ve her bölgede eşit kalınlıkta üretilmesine olanak tanır. Eşit kalınlık oluşturulmasına bağlı olarak protezin tüm bölgelerde uniform basınç karşılmasına neden olur ve bu sayede konuşma fonksiyonunda hastaya konfor sağlamaktadır (Ayman 2017).
- HBP'lerin dijital üretimi konvansiyonel kayıp mum tekniğindeki mum ve alaşım gibi kullanılan sarf malzeme israfının önüne geçmesi nedeniyle çevre dostu olarak kabul edilmektedir (Choi, Woo et al. 2018). Ayrıca lazer sinterleme sonrası kalan kürlenmemiş metal toz geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir (Tamimi, Almufleh et al. 2020).
- Dijital teknikle üretilen HBP'ler, konvansiyonel teknikle üretilen HBP'lere göre daha az aşamalı ve hata payının daha az olduğu bir üretim sürecinden geçer. Böylece protezin daha uyumlu olmasını ve retansiyonun daha yüksek olmasını sağlayarak daha az komplikasyon riski ile sonuçlanır (Tamimi, Almufleh et al. 2020).

Dijital yöntemlerde bildirilen dezavantajlar ise;

- HBP yapımında lazer sinterleme teknolojisi sadece metal iskeleti üretebilir; dişleri yerleştirme işlemi dijital olarak yapılamadığı için manuel olarak gerçekleştirilir (Tamimi, Almufleh et al. 2020).

- Tam protez yapımında dikey boyut, çeneler arası ilişki, dudak desteği ve maksiller insizal kenar konumunun değerlendirilmesinin zor olması (Baba, Goodacre et al. 2021).
- Mevcut malzeme ve laboratuvar maliyetlerinin yüksek olması şeklinde sıralanabilir (Bidra, Taylor and Agar 2013).

Dijital sistemlerin avantaj ve dezavantajları protezi yapacak hekimin sorumluluğunda olup en uygun sistemi seçmesine olanak sağlayacaktır. Dijital yöntemlerle üretilen protezlerin hastalar üzerine etkisini araştıran çalışmada bütün sistemler protezlerde yeterli retansiyon sağladığı bildirilmiştir ve yumuşak dokuların dijital ortama aktarılması için konvansiyonel ölçünün önemine vurgu yapılmaktadır. Ağız içi taramayla alınmış ölçülerden üretilen protezler gerekli retansiyonu sağlayamamaktadır (Avelino, Costa et al. 2024).

Dijital Hareketli Protezlerde Kullanılan Sistemler:

Tam Protez Yapımında Kullanılan Sistemler:

1-AvaDent (Global Dental Science, Tilburg, Hollanda),

AvaDent tam protezlerin üretiminde kullanılan bir frezeleme teknolojisidir. Bu sistem, protezleri bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknikleri kullanılarak üretir. AvaDent, tam protezlerin yanı sıra hareketli bölümlü protezler, immedat protezler ve tek protezlerin üretiminde de kullanılabilir. Bu sistem iki randevuda protezi teslim etme şansı sunar; ancak opsiyonel olarak bir prova seansı eklenebilmektedir (Contrepolis, Sireix et al. 2018, Baba, Goodacre et al. 2021, Wang, Shi et al. 2021).

2-DENTCA/Whole You Nexteeth (DENTCA, California, ABD)

Tam protezlerin tasarımı ve üretimi için kullanılan DENTCA sistemi, eklemeli imalat yöntemini kullanır. Tam protezler iki şekilde üretilir;

1- Deneme protezi basılarak hastanın ağzında doğrulanır ve ardından özel bir 3 boyutlu baskılı mufla kullanılarak geleneksel olarak üretilir.

2- Protez kadesi 3B yazıcı ile yazdırılır ve dişler basılı kaideye yapıştırılır (Pereyra, Marano et al. 2015, BINRAYES 2021, Kanakaraj, Kumar and Ravichandran 2021).

3-Wieland Dijital Protez (Ivoclar Vivadent, Lihtenştayn)

Bir laboratuvar tarayıcı ve tasarım yazılımı (3ShapeTM) ile birleştirilmiş beş eksenli bir freze makinesinden oluşan bir sistemdir. Tam protezlerin üretimi için eksiltmeli üretim kullanırken, immedat protezlerinin yapımı için hem frezeleme hem de 3B baskı yöntemlerini kullanır. Sistem protokolü 3 randevudan oluşur, isteğe bağlı ilave prova randevusu eklenebilir (Bonnet, Batisse et al. 2017, Kanakaraj, Kumar and Ravichandran 2021).

4-Baltik Protez Sistemi (Merz Dental, Almanya):

Baltik Protez Sistemi, bir ayarlama seansı ve bir teslim seansı olmak üzere 2 randevuda tam protez üretebilmek için tasarlanmıştır. Sistem, dişlere sahip olan maksiller ve mandibular kayıt kaideleri içerir. Bu dişli kaşıklar, BD Keys olarak adlandırılır ve farklı damak genişliklerine ve diş boyutlarına uyum sağlayabilmeleri için 8 farklı konfigürasyonda mevcuttur. Maksiller kaşığa takılan bir yüz arka sayesinde yüz orta hattı, gözbebeklerinden geçen doğru ve camper doğrusu gibi bilgiler kaydedilir. Çeneler arasındaki ilişkinin kaydı ise BD Key Kilidi adı verilen özel bir cihaz ile gerçekleştirilir. Tasarım onayından sonra protezler, PMMA bloklardan kazınır ve protezler hastaya teslim edilir (Andreescu, Ghergic et al. 2018, Baba, Goodacre et al. 2021).

5-VITA Vionic Sistem (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya):

VITA Vionic sistemi, var olan tarayıcıların, yazılımların ve freze cihazlarının entegrasyonuna izin veren açık bir sisteme sahiptir. Ölçüler ve modeller konvansiyonel yöntemle oluşturulur ve hekimlerin alışmış rutini bozulmamış olur. Daha sonra elde edilen modeller dijitalleştirilerek hem dijitalin sunduğu azaltılmış seanslar ve freze yöntemiyle üretilen kaide materyallerinin sunduğu avantajları kullanmaya çalışmıştır (Steinmassl, Klaunzer et al. 2017).

6-Dentsply Dijital Protez Sistemi (Dentsply Sirona, ABD):

Modeller inEos X5 tarayıcısı kullanılarak taranır ve inLab CAD SW 20.0 yazılımı kullanılarak tasarım yapılır. Protez kaidesi, diskten kazınabilir veya eklemeli yöntemlerle üretilebilir (Baba, Goodacre et al. 2021).

Hareketli Bölümlü Protez Yapımında Kullanılan Sistemler:

Günümüzde, HBP'lerin dijital üretimi için mevcut prosedürler, vakayı öncelikle intraoral tarayıcılarla ölçü alarak veya ekstraoral olarak laboratuvarında 3 boyutlu tarayıcılarla dijitalleştirmeyi ardından özel yazılımlar yardımıyla HBP iskeletinin tasarımını içerir. Dijital HBP'ler üretmek için mevcut dijital sistemler, lazer sinterleme sistemleri gibi direkt metal üretim sistemleri veya SLA, DLP, LCD ve frezeleme yöntemlerini içeren endirekt üretimdir (Oh, Jeon and Kim 2021, Takaichi, Fueki et al. 2022, Osman-Latib, Owen and Thokoane 2023).

Direkt Metal Üretim Yöntemi:

1-Lazer Sinterleme:

Dizaynı yapılmış iskeletin dosyası üretim cihazına gönderildikten sonra; metal tozu lazer sinterlenerek HBP iskeletini oluşturmak için kullanılır. Bir lazer sinterleme makinesi tek bir döngüde 12 HBP üretmek için 12 saate kadar çalışması gerekebilir. Kullanılmayan metal tozlarının çoğu gelecek iskeletler için yeniden kullanılarak gereksiz atığı azaltır ve verimliliği artırır (Jeong, Radomski et al. 2023). HBP iskeleti, üreticinin talimatlarına göre ısıl işlem uygulanır ve ardından destek tabanından ayrılır. İskeletin oturması alçı model üzerinde kontrol edilir ve gerekirse ayarlanır (Tamimi, Almufleh et al. 2020). Güncel lazer sinterleme sistemleri Tablo1'de gösterilmiştir (Osman-Latib, Owen and Thokoane 2023).

Tablo 1: Lazer Sinterleme Üretim Yöntemleri

AM 250	Reinshaw, UK
PM100 Dental & PM100T Farsoon FS121M	Phenix, Riom, France LSS GmbH, Holzwickede, Germany
M1 cusing laser	Concept Laser GmbH, Lichtenfels, Germany
EOSINT M270	EOS, Munich, Germany
Tekrarlanan Lazer Sinterleme Yöntemi LUMEX advance-25	Matsuura, Tokyo, Japan

2-İndirekt Metal Üretim Yöntemi:

STL formatıyla dijital ortama aktarılan iskelet dizaynı; frezeleme, SLA veya DLP yöntemlerinden biri kullanılarak reçineden oluşturulur. 3D baskıyla üretilen yöntemlerde (SLA veya DLP) yapısal bütünlüğü sağlamak ve tam olarak sertleşmesi için UV fırında son kütleme işlemleri uygulanır (Alifui-Segbaya, Williams and George 2017). Üretilen reçine iskelet hasta ağızında prova yapılır. Prova onaylandıktan sonra reçine geleneksel döküm yöntemiyle dökülür ve metal iskelet elde edilir (Tamimi, Almufleh et al. 2020, Sokolowski, Horak et al. 2024).

SONUÇ

Günümüzde eksiltmeli ve eklemeli üretim teknikleri kullanılmaya başlanmış olması tedavi sürecini hızlandıran, hasta başında geçiren seans sayısının azaltılmasına ve laboratuvar aşamalarının basitleştirilmesine yardımcı olmuştur. Kullanılan reçinelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, konvansiyonel teknikte kullanılan PMMA'a göre polimerizasyon büzülmesi, artık monomer ve kırılma dayanımının düşüklüğü gibi olumsuz faktörlerin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Kullanılan üretim tekniklerinin birbirlerine göre farklı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Günümüzde çeneler arası ilişkilerin dijital ortama aktarılması ve HBP üretiminde metal alaşımlarına alternatif bir materyal kullanılmaması dijital üretim tekniklerinin en büyük eksikleri olarak göze çarpmaktadır. Bu nedenle üretim tekniklerinin eksiklerinin giderilmesi ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar giderek artmaktadır.

Tasarım sürecinden üretim sürecine kadar tam dijital veya yarı dijital sistemler üretici firmalar tarafından ticari kullanıma sunulmuştur. Özellikle tam protez yapılacak vakalarda kasların ve alt çenenin dinamik hareketi nedeniyle fonksiyonel ölçünün ağız içi tarayıcılarla istenen şekilde aktarılamaması tam dijital sistemlerde öne çıkan bir limitasyondur. Tam protez üretiminde çeneler arası ilişkinin kaydedilmesi, yumuşak doku desteği ve diş dizimi aşamaları için hala konvansiyonel yöntemlerle birleştirilmiş yarı dijital üretim tekniği sıkça kullanılmaktadır. Diş hekimliği eğitim programında hem konvansiyonel hem de dijital iş akışının birlikte sunulması diş hekiminin hastaya en uygun tasarım, ölçü ve üretim tekniğini seçmesine

yardımcı olacaktır. Bilimsel verilerin hızlı gelişimi, dijital iş akışının ve üretim tekniklerinin rutin pratikte giderek yaygınlaşacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

Alifui-Segbaya, F., R. J. Williams and R. George (2017). "Additive Manufacturing: A Novel Method for Fabricating Cobalt-Chromium Removable Partial Denture Frameworks." *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry* 25(2): 73-78.

Andreescu, C. F., D. L. Ghergic, O. Botoaca, V. Hancu, A. M. Banateanu and D. N. Patroi (2018). "Evaluation of different materials used for fabrication of complete digital denture." *Mater. Plast* 55: 124-128.

Avelino, M. E. L., R. T. F. Costa, T. E. L. Vila-Nova, B. C. do Egito Vasconcelos, E. P. Pellizzer and S. L. D. Moraes (2024). "Clinical performance and patient-related outcome measures of digitally fabricated complete dentures: A systematic review and meta-analysis." *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Ayman, A.-D. (2017). "The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins." *Electronic physician* 9(7): 4766.

Baba, N. Z., B. J. Goodacre, C. J. Goodacre, F. Müller and S. Wagner (2021). "CAD/CAM complete denture systems and physical properties: A review of the literature." *Journal of prosthodontics* 30(S2): 113-124.

Bessadet, M., N. Drancourt and N. El Osta (2024). "Time efficiency and cost analysis between digital and conventional workflows for the fabrication of fixed dental prostheses: A systematic review." *The Journal of Prosthetic Dentistry*.

Bidra, A. S., T. D. Taylor and J. R. Agar (2013). "Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives." *The Journal of prosthetic dentistry* 109(6): 361-366.

BINRAYES, A. F. (2021). "CAD/CAM COMPLETE DENTURES-THE DENTCA SYSTEM. A CASE REPORT." *International Journal of Medical Dentistry* 25(1).

Bonnet, G., C. Batisse, M. Bessadet, E. Nicolas and J.-L. Veyrune (2017). "A new digital denture procedure: a first practitioners appraisal." *BMC oral Health* 17: 1-13.

Choi, W., Y.-H. Woo, H.-S. Kim and J. Paek (2018). "Comparison of internal adaptation of removable partial denture metal frameworks made by lost wax technique and printing technique of pattern using CAD." *The Journal of Korean Academy of Prosthodontics* 56(1): 17-24.

Contrepolis, M., C. Sireix, A. Soenen, J.-P. Pia and J.-F. Lasserre (2018). "Complete denture fabrication with CAD/CAM technology: a case report." *International Journal of Esthetic Dentistry* 13(1).

Eick, J. D. (1977). "Biological properties of denture base resins." *Dental Clinics of North America* 21(2): 459-464.

ERGÜN, G. (2016). "Konvansiyonel ve İmplant Üstü Protezlerde Kullanılan Kaide Materyallerinde Güncel Gelişmeler." *Türkiye Klinikleri J Prosthodont-Special Topics* 2(3): 35-44.

Goodacre, C. J., A. Garbacea, W. P. Naylor, T. Daher, C. B. Marchack and J. Lowry (2012). "CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data." *The Journal of prosthetic dentistry* 107(1): 34-46.

Hwang, H.-J., S. J. Lee, E.-J. Park and H.-I. Yoon (2019). "Assessment of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary denture bases manufactured using digital light processing." *The Journal of prosthetic dentistry* 121(1): 110-117.

Janeva, N. M., G. Kovacevska, S. Elencevski, S. Panchevska, A. Mijoska and B. Lazarevska (2018). "Advantages of CAD/CAM versus conventional complete dentures-a review." *Open access Macedonian journal of medical sciences* 6(8): 1498.

- Jeong, M., K. Radomski, D. Lopez, J. T. Liu, J. D. Lee and S. J. Lee (2023). "Materials and Applications of 3D Printing Technology in Dentistry: An Overview." *Dentistry Journal* 12(1): 1.
- Jevremović, D., V. Kojić, G. Bogdanović, T. Puškar, D. Eggbeer, D. Thomas and R. Williams (2011). "A selective laser melted Co-Cr alloy used for the rapid manufacture of removable partial denture frameworks: Initial screening of biocompatibility." *Journal of the Serbian Chemical Society* 76(1): 43-52.
- Kalberer, N., A. Mehl, M. Schimmel, F. Müller and M. Srinivasan (2019). "CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness." *The Journal of prosthetic dentistry* 121(4): 637-643.
- Kanakaraj, S., H. Kumar and R. Ravichandran (2021). "An update on CAD/CAM removable complete dentures: A review on different techniques and available CAD/CAM denture systems." *International Journal of Applied Dental Sciences* 7(1): 491-498.
- Kawahata, N., H. Ono, Y. Nishi, T. Hamano and E. Nagaoka (1997). "Trial of duplication procedure for complete dentures by CAD/CAM." *Journal of oral rehabilitation* 24(7): 540-548.
- Lima, J. M. C., L. C. Anami, R. M. Araujo and C. A. Pavanelli (2014). "Removable partial dentures: use of rapid prototyping." *Journal of Prosthodontics* 23(7): 588-591.
- Maeda, Y., M. Minoura, S. Tsutsumi, M. Okada and T. Nokubi (1994). "A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures." *international Journal of Prosthodontics* 7(1).
- Moon, W., S. Kim, B.-S. Lim, Y.-S. Park, R. J.-Y. Kim and S. H. Chung (2021). "Dimensional accuracy evaluation of temporary dental restorations with different 3D printing systems." *Materials* 14(6): 1487.
- Oh, K. C., J. Jeon and J.-H. Kim (2021). "Fabrication of a removable partial denture combining conventional and digital techniques." *The Journal of Prosthetic Dentistry* 125(4): 588-591.
- Osman-Latib, Y., C. P. Owen and M. Thokoane (2023). "A Preliminary Study on the Accuracy of Cast Metal Removable Partial Denture Frameworks Produced from Wax, Printed, and Milled Patterns." *Int J Prosthodont* 36(6): 730-737.
- Pereyra, N. M., J. Marano, G. Subramanian, S. Quek and D. Leff (2015). "Comparison of patient satisfaction in the fabrication of conventional dentures vs. DENTCA (CAD/CAM) dentures: A case report." *Journal of the New Jersey Dental Association* 86(2): 26-33.
- Peroz, S., I. Peroz, F. Beuer, M. von Stein-Lausnitz and G. Sterzenbach (2022). "Digital versus conventional complete dentures: A randomized, controlled, double-blinded crossover trial." *The Journal of Prosthetic Dentistry*.
- Pillai, S., A. Upadhyay, P. Khayambashi, I. Farooq, H. Sabri, M. Tarar, K. T. Lee, I. Harb, S. Zhou and Y. Wang (2021). "Dental 3D-printing: transferring art from the laboratories to the clinics." *Polymers* 13(1): 157.
- Quan, H., T. Zhang, H. Xu, S. Luo, J. Nie and X. Zhu (2020). "Photo-curing 3D printing technique and its challenges." *Bioactive materials* 5(1): 110-115.
- Revilla-León, M. and M. Özcan (2019). "Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry." *Journal of Prosthodontics* 28(2): 146-158.
- Sokolowski, A., D. Horak, A. Behlau, C. Madreiter-Sokolowski, M. Lorenzoni and A. Sokolowski (2024). "Evaluation of two printing techniques for maxillary removable partial denture frameworks." *J Prosthet Dent*.
- Steinmassl, P.-A., F. Klaunzer, O. Steinmassl, H. Dumfahrt and I. Grunert (2017). "Evaluation of Currently Available CAD/CAM Denture Systems." *International Journal of Prosthodontics* 30(2).
- Sulaiman, T. A. (2020). "Materials in digital dentistry—A review." *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 32(2): 171-181.

Takaichi, A., K. Fueki, N. Murakami, T. Ueno, Y. Inamochi, J. Wada, Y. Arai and N. Wakabayashi (2022). "A systematic review of digital removable partial dentures. Part II: CAD/CAM framework, artificial teeth, and denture base." *Journal of Prosthodontic Research* 66(1): 53-67.

Tamimi, F., B. Almufleh, E. Caron and O. Alageel (2020). "Digital removable partial dentures." *Clinical Dentistry Reviewed* 4: 1-12.

Villias, A., H. Karkazis, S. Yannikakis, A. Theocharopoulos, N. Sykaras and G. Polyzois (2021). "Current status of digital complete dentures technology." *Prosthesis* 3(3): 229-244.

Wang, C., Y.-F. Shi, P.-J. Xie and J.-H. Wu (2021). "Accuracy of digital complete dentures: A systematic review of in vitro studies." *The Journal of prosthetic dentistry* 125(2): 249-256.

Wood, D. J. (2012). *Techniques in complete denture technology*, John Wiley & Sons.

Yan, G.-D., W.-H. Liao, N. Dai, L. Yang, Y.-G. Gao, S.-Y. Zhu and Y.-H. Cai (2009). The computer-aided design and rapid prototyping fabrication of removable partial denture framework. 2009 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, IEEE.

Ziaei, M., F. Bajoghli, M. Sabouhi, M. Jowkar, F. Nadian and F. Manshaei (2024). "Evaluating the Marginal and Internal Discrepancy of Nickel–Chrome Copings Made on Fixed Partial Denture Implants with Conventional and 3D Printing Techniques." *The Journal of Contemporary Dental Practice* 24(11): 826-833.