
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ DEĞERLENDİRMELERİ

Editör: Doç.Dr. Gülbahar ERDİNÇ AKYOL

Protetik Diş Tedavisi Değerlendirmeleri

Editör

Doç.Dr. Gülbahar ERDİNÇ AKYOL

yaz
yayınları

2025

Protetik Diş Tedavisi Değerlendirmeleri

Editör: Doç.Dr. Gülbahar ERDİNÇ AKYOL

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-8678-70-3

Aralık 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Sabit Protezlerde Cad Lithium Disilakat	1
<i>Onur Doğan DAĞ, Göknil ALKAN DEMETOĞLU</i>	
İmplant Destekli Protezlerde Ölçü Teknikleri ve Güncel Yaklaşımlar.....	13
<i>Selin ATAY, Ayşegül KURT</i>	
Endokron Uygulamasında Endikasyonlar, Sınırlılıklar ve Klinik Değerlendirme.....	41
<i>Hidayet ÇELİK BAŞARIR</i>	
Tam Seramik Sistemleri	51
<i>Gülbahar ERDİNÇ AKYOL, Merve Cennet ALTUNTAŞ</i>	
Tam Protezlerin Üretilmesinde Kullanılan Güncel Yöntemler.....	69
<i>Özgül ALVER, Ayşegül KURT</i>	
Vonley Restorasyonları.....	86
<i>Gülbahar ERDİNÇ AKYOL</i>	
Diş Hekimliğinde Cad/Cam Sistemleri: Tarihçeden Güncel Klinik Uygulamalara Kapsamlı Yaklaşım.....	99
<i>Mehmet Ali ARSLANPARÇASI, Hazal FAİZ ARSLANPARÇASI</i>	
Oklüzal Splintler: Endikasyonlar, Güncel Üretim Teknolojileri ve Materyal Özellikleri	115
<i>Esra Nur AVUKAT</i>	

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

SABİT PROTEZLERDE CAD LİTHİUM DİSİLAKAT¹

Onur Doğan DAĞ²

Göknil ALKAN DEMETOĞLU³

1. GİRİŞ

Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture (CAD/CAM: bilgisayar destekli tasarım/ bilgisayar destekli üretim) teknolojisinin kullanımı, günümüzde giderek artmaktadır. Diş hekimliğinde bir çok biyomalzeme bulunmakta ve bu malzemeler sürekli olarak gelişmektedir. CAD/CAM teknolojisinin evrimi, diş hekimliği uygulamalarında büyük değişiklikler yaratmıştır.

CAD/CAM malzemelerinin ana kategorileri arasında feldspatik seramikler, lösit takviyeli seramikler, lityum disilikat, zirkonyum, hibrit seramikler ve akrilik reçineler bulunur. Bu malzemelerin mekanik, fiziksel ve estetik özellikleri, farklı klinik senaryolar için avantajları ve sınırlamalarıyla birlikte tartışılmaktadır. Malzeme seçiminde diş hekimliğinin temel ilkesi, öngörülen sonucu elde etmek için klinik vakanın özelliğini takip eden minimal invaziv tedavidir. Bu faktörler ve dijital iş

¹ Kitap bölümü “Tam seramik kronlarda in vitro olarak resin simanların renk üzerine etkisinin spektrofotometre ile incelenmesi / In vitro investigation of color effect of resin cements on full ceramic crowns by spectrophotometer” isimli diş hekimliğinde uzmanlık tezinden üretilmiştir.

² Doktor Öğretim Üyesi, Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, odd823@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-3696-0471.

³ Doktor Öğretim Üyesi. Adnan Menderes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD., goknealkan@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8280-8577.

akışları düşünüldüğünde CAD/CAM sistemlerinde CAD lityum disilikat yetenekleri oldukça dikkat çekicidir(İlle et al., 2025).

2. DENTAL SERAMİKLER

2.1. Dental Seramiklerin Kısa Tarihçesi

Seramik kelimesinin anlamı “topraktan gelen, yakılmış olan” anlamındaki “keramikos” kelimesinden gelmektedir (Uludag, Usumez, Sahin, Eser, & Ercoban, 2007).

Seramikler M.Ö. 10000 yıllarında taş devrinde kullanımı görülmüşse de diş hekimliğinde ilk zamanlarda kırılabilirliği nedeniyle tercih edilmezken, diş hekimliğinde kullanımı ilk kez 18. yüzyılda görülmüştür (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013; Uludag et al., 2007).

2.2. Dental Seramiklerin Yapısı

Oksijen iyonlarının matriks yapıyı oluşturduğu silisyum ve oksijen iyonlarının tetrahedral yapı şeklindeki dental seramiklerin yapısal çekirdeğinin feldspat, kuartz ve kaolinin içine girmesiyle dental seramiklerin ana yapısı oluşur. Ayrıca cam modifiye ediciler, renk pigmentleri, opaklaştırıcı ve lüminans özellik katan maddeler de yapıya eklenebilir (McLean, 2011; Yamamoto, 1985).

Seramiklerin içinde bulunan fazlar seramiğin özelliklerini belirlemektedir. Bu mikro yapının türü, boyutu, morfolojisi, dağılımı ve bu yapıların arasındaki ara yüzeyler seramiğin yapı özelliğini belirlemede etkindir. Bu ara yüzeyler sinterleme işleminden kaynaklanan amorf tabakalar içerebilir.

Kısaca seramik tozlarının ısıtılarak yoğunlaştırılması işlemi *Sinterleme Süreci (Mikroyapı Oluşumu)* diye tanımlanabilir. Seramik atomları yüksek sıcaklıkta, aktivasyon

enerjisini aşar ve difüzyon ile yüzey enerjisini düşürür. Sinterleme aşamaları:

Başlangıçta; parçacıklar arasında açık ve bağlantılı gözenekler görülür. Yoğunlaşma çok azdır

Ara aşamada silindirik, bağlantılı gözenekli yapılar oluşur. Yoğunluk %70-92 arasındadır ve sinterleme hızı azalır.

Son aşamada; kapalı, küresel yapılar gözlenir. Tane büyümesi belirgindir. Gözenekler taneler arası difüzyonla küçülür(Bergmann & Stumpf, 2013).

3. TAM SERAMİKLER

Biyouyumlu ve inert bir materyal olan seramikler camsı yapıda, başarılı estetik oluşturabilme ve bozulmaya karşı dirençli olma gibi özelliklere sahiptir. Bonding materyal ve tekniklerindeki gelişmeler sayesinde seramiklerin tercih edilme oranı artmıştır. Geliştirilen yöntem ve teknikler sayesinde seramiklerin yapısında bulunan kırılma dezavantajı kompleks teknolojiler ile aşılabilmektedir (Hondrum, 1992; Kern, Douglas, Fechtig, Strub, & DeLong, 1993; Pilathadka & Vahalova, 2007).

Tam seramik kronlar, dişin bütün yüzeylerinde preparasyon yapılan ve dişlerin tamamını çevreleyen bir yapıya sahiptir. Restorasyonun uzun dönem başarısı, kalan diş dokusu miktarına bağlı olan bu restorasyonlar bulimia nevrosa ve amelogenesiz imperfekta tanısı konulan hastaların tedavisi amacıyla da önerilmiştir (Milosevic & Jones, 1996).

Ayrıca tam seramik materyaller birçok üretim sistemi sayesinde inley, onley ve lamina gibi diş yüzeyinin tamamında preparasyon gerektirmeyen restorasyonlar da yapılabilmektedir (Mormann & Bindl, 1996). Bunlardan başka post-core restorasyonlarda, konvansiyonel köprülerde, implant

sistemlerinde ve çene-yüz protezlerinde de tam seramik sistemler kullanılmaktadır (Coşkun, 2002).

CAD/CAM sistemlerinde kullanılan malzemeler, genel olarak seramik, hibrit seramik ve polimer bazlı malzemeler olarak kategorize edilebilir ve her bir materyalin farklı avantaj ve dezavantajları vardır. Uygulanacak restorasyona ve hasta ihtiyacına göre materyal tercihi yapılmalıdır. Bu sistemlerde kullanılan materyaller “Seramikler” ve “Rezin Matriks Seramikler” diye iki ana başlıkta ayrılabiliriz (Ille et al., 2025).

Rezin Matriks Seramikler (Ille et al., 2025):

- Polietereterketon (PEEK)
- Polimetilmetakrilat (PMMA)
- Rezin-Kompozit bloklar
- Polimer infiltre materyaller(PICN)
- Hibrid Seramikler olarak adlandırılır.

CAD/CAM sistemlerde kullanılan seramikler ise şu alt başlıklarda sınıflandırılır (Ille et al., 2025):

- Okside Seramikler:
 - + Alüminyum oksit seramik
 - + Zirkonyum oksit seramik
- Silika Seramikler:
 - + Feldspatik Seramikler
 - + Lössit içeren Seramikler
 - + Lityum Silikat Seramikler
 - + Lityum Disilikat Seramikler
- Hibrit Seramikler

Seramik malzemeler içinde lityum disilikat ve zirkonyum, üstün mekanik özellikleri ve estetik nitelikleri nedeniyle klinik CAD/CAM sistemlerinde en yaygın kullanılan malzemelerdir.

Lityum disilikat cam porselen ilk kez 1959 yılında geliştirilmiştir. Ancak bu materyal düşük kimyasal direnci, yetersiz yarı geçirgenliği, kontrol edilemeyen mikro çatlak oluşumu ve laboratuvar safhasının komplike ve zaman alıcı olması gibi dezavantajları nedeniyle diş hekimliğinde yerini alamamış ve kullanımı terk edilmiştir (Yavuzylmaz, Turhan, Bavbek, & Kurt, 2005). Sistemin gelişimini 1984 yılında Headley isimli araştırmacı cam faza P_2O_5 ilavesi sonucu lityum disilikat ($Li_2Si_2O_5$) ve lityum ortofosfat (Li_2PO_4) kristalleri oluşturarak sağlamışlardır. Günümüzde kullanılan lityum disilikatın kimyasal yapısı 1998 yılında Schweiger tarafından açıklanmıştır (Höland, Rheinberger, & Schweiger, 2003).

Sıklıkla kullanılan tam seramik restorasyonların tercih edilme nedenleri arasında ön dişlerde estetik elde edilebilmesi, doku uyumluluğu dolayısıyla alerjik olmaması, translüsent yapısı, genleşme katsayısının doğal dişe yakın olması, metal destekli porselenlerdeki oksidasyon probleminin olmaması ve opak fırınlama işleminin bulunmaması, korozyon açısından güvenilirliği, metal destekli porselen restorasyonlarda dişeti bölgesinde oluşan koyuluğun oluşmaması sayılabilir (Burke, Qualtrough, & Hale, 1998; GÖKÇE, BEYDEMİR, & AD, 2002; Kern et al., 1993; McLean, 2001; O'Brien, 2002; Raigrodski, Chiche, Aoshima, & Spiekerman, 2006; Sadowsky, 2006; Wagner & Chu, 1996; Yoshinari & Dérand, 1994). Mükemmel şeffaflığı ve dayanıklılığıyla bilinen lityum disilikatın, klinik ortamlarda iyi performans gösterdiği ve yapılan çalışmalara göre az sayıda estetik komplikasyon ve yüksek kırılma direnci gösterdiği bulunmuştur (Alberto Jurado et al., 2022; Aziz, El-Mowafy, Tenenbaum, Lawrence, & Shokati, 2019).

Tam seramikler yapım tekniklerine göre şu şekilde sıralanabilir (ÖZDEMİR, 2013):

- 1) Isıya Dayanıklı Model Üzerinde Hazırlanan Seramikler
- 2) Dökülebilir Cam Seramikler
- 3) Isı ve Basınç Altında Preslenen Seramikler
- 4) IPS Empress (Ivoclar-Vivadent, FL-Schaan)
- 5) IPS Empress II (Ivoclar-Vivadent, FL-Schaan)
- 6) *IPS e.max Press* (Ivoclar-Vivadent, FL-Schaan)
- 7) Kopyalama ve Freze (Copy-Milling, Pantograf) Tekniğiyle Hazırlanan Tam Seramikler
- 8) CAD-CAM Sistemi için (bilgisayar destekli) Üretilen Seramikler

4. CAD-CAM Sistemi (Bilgisayar destekli) İçin Üretilen Seramikler

CAD-CAM sistemlerde konvensiyonel ölçü ve model oluşturma ihtiyacı, optik tarayıcılar kullanılmasıyla ortadan kalktığı bu sistem ile dijitalize edilen bu verilerle üç boyutlu tasarım da yapılmaktadır (CAD). Hazırlanan üç boyutlu tasarımla belirlenen yapı porselen blokların frezeleme işlemi ile istenilen restorasyon haline getirilmektedir (CAM). Elde edilen restorasyon hasta ağzında gerekli uyumlamalardan sonra glaze işlemi ve simantasyonu yapılır (Zaimoğlu & Can, 2004).

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Amber Mill (HASS, Gangwon-do, Korea), Tessera, (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany) markaları en yaygın lityum disilikat üreticileri olarak karşılaşılmaktadır.

IPS e.max CAD, lityum disilikat yapıda ve kristalin fazda homojen bir yapı gösterir.

Bu bloklar CAD-CAM cihazlarında kolaylıkla planlanarak restorasyon istenilen şekilde hazırlanabilir (Ivoclar Vivadent, 2005).

IPS e.max Lityum disilikat kristalleriyle (LiO_2) beraber yapıda, silisyum dioksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), potasyum oksit (P_2O_5) ve çinko oksit (ZnO) kristalleri de bulunmaktadır(Ivoclar Vivadent, 2005). Lityum disilikat seramik çekirdekler cam teknolojisinin üretim yöntemleri kullanılarak oluşturulur. Çekirdek oluşturulurken eritme, soğutma, iki farklı kristalin birlikte nükleasyonu ve kristallerin büyümesi gibi teknikler uygulanır. IPS e.max sisteminin temel kristal fazı olan lityum disilikat kristalleri hacimsel kristalizasyon adı verilen bir mekanizma sonucu elde edilir. Hacimsel kristalizasyon sayesinde matris içinde türdeş şekilde dağılım gösteren kristal odakları oluşur(Uni).

Üretici tarafından basınçla döküm yöntemi kullanılarak üretilen IPS e.max CAD ve IPS e.max Press çekirdeklerinde boşluk ve pigment gibi kusurların oluşumu en aza indirilmiştir. Seramiklerin bu şekildeki üretim yöntemleri klinik performansları üzerinde çok büyük etkide bulunmaktadır. Blok şeklinde üretilmiş seramikler hava içermediklerinden, iç kusurları daha az olduğundan genellikle daha yüksek mekanik özelliklere sahiptir(Ritter, 2010; Tysowsky, 2009). Malzeme, 360 ila 400 MPa arasında değişen bir eğilme mukavemeti (flexural strength) sergiler ve bu da onu anterior ve posterior restorasyonlar için uygun hale getirir (Mohamed, Mohsen, & Katamish, 2020). Lityum disilikatın mikro yapısı, mekanik özelliklerini, özellikle de kırılma tokluğunu artıran iğne benzeri kristallerden oluşur ve bu da malzemenin önemli bir kırılma riski olmadan oklüzal kuvvetlere dayanmasını sağlar (Ille et al., 2025).

CAD-CAM sistemler için geliştirilmiş olan lityum disilikat esaslı IPS e.max CAD bloklar IPS e.max Press ile aynı kimyasal yapıya sahiptir. Fakat daha farklı bir ısıl işleme tabi tutularak kısmen olarak kristalize edilirler. Kısmen kristalize edilmelerindeki amaç; blokların hızlı ve kolay freze edilebilmelerini sağlamak ve seramiğe yeterli direnci sağlamaktır. Kısmen kristalize bloklardaki temel kristalize faz lityum metasilikattır. Lityum metasilikatların uzunlukları 0,2 ile 1µm arasında değişir ve karışımında hacimce %40 oranında bulunurlar. Seramiğe yaklaşık olarak 130MPa direnç kazandırırılar. Frezeleme işlemi ile restorasyon tamamlandıktan sonra vakumla 850°C ısıl işleme tabi tutularak lityum metasilikat kristalleri lityum disilikat kristallerine dönüşür. Bu dönüşümle cam matrikste yaklaşık 1,5 µm boyutunda ve hacimce %70' i oluşturan lityum disilikat kristalli seramik elde edilir (Höland et al., 2006). Sonuç restorasyonda IPS e.max Press sistemine benzer mekanik özellikler ve kristal yapı elde edilir (Fasbinder, Dennison, Heys, & Neiva, 2010).

Lityum disilikat, mükemmel estetik özellikleri ve mekanik dayanıklılığı sayesinde popülerlik kazanan bir cam-seramik malzemedir. Esas olarak, yarı saydamlığına ve renk stabilitesine katkıda bulunan camsı bir matrise ve bu saydamlığı olumsuz etkilemeyen kristaller nedeniyle tercih edilir (Kanat-Ertürk, 2020).

KAYNAKÇA

- Alberto Jurado, C., Kaleinikova, Z., Tsujimoto, A., Alberto Cortés Treviño, D., Seghi, R. R., & Lee, D. J. (2022). Comparison of fracture resistance for chairside CAD/CAM lithium disilicate crowns and overlays with different designs. *Journal of Prosthodontics*, 31(4), 341-347.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials*: Elsevier Health Sciences.
- Aziz, A., El-Mowafy, O., Tenenbaum, H. C., Lawrence, H. P., & Shokati, B. (2019). Clinical performance of chairside monolithic lithium disilicate glass-ceramic CAD-CAM crowns. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(6), 613-619.
- Bergmann, C. P., & Stumpf, A. (2013). Dental ceramics. *Biomaterials*, 9-13.
- Burke, F. T., Qualtrough, A. J., & Hale, R. W. (1998). Dentin-bonded all-ceramic crowns: current status. *The Journal of the American Dental Association*, 129(4), 455-460.
- Coşkun, A. (2002). Farklı metal desteksiz porselen sistemlerinin kenar uyumu ve mikrosızıntıya etkisi ile eğilme dayanıklılıklarının incelenmesi. *Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Profitez Anabilim Dalı. Doktora tezi, Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi.*
- Fasbinder, D. J., Dennison, J. B., Heys, D., & Neiva, G. (2010). A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns. *The Journal of the American Dental Association*, 141, 10S-14S.
- Gökçe, H. S., Beydemir, B., & Ad, G. D. B. M. (2002). Yüksek Dirençli Seramik Sistemlerin Dayanıklılığı. *Gülhane Tıp Dergisi (Gtd) Gülhane Medical Journal (Gmj)*, 457.

- Hondrum, S. O. (1992). A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent*, 67(6), 859-865. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1403879>
- Höland, W., Rheinberger, V., Apel, E., van't Hoen, C., Höland, M., Dommann, A., . . . Graf-Hausner, U. (2006). Clinical applications of glass-ceramics in dentistry. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 17(11), 1037-1042.
- Höland, W., Rheinberger, V., & Schweiger, M. (2003). Control of nucleation in glass ceramics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 361(1804), 575-589.
- Ille, C.-E., Jivănescu, A., Pop, D., Stoica, E. T., Flueraș, R., Talpoș-Niculescu, I.-C., . . . Olariu, I. (2025). Exploring the properties and indications of chairside CAD/CAM materials in restorative dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(2), 46.
- Ivoclar Vivadent, A. (2005). The Compatible All-Ceramic System. *Dental Technician and Instructor, Schaan, Liechtenstein*.
- Kanat-Ertürk, B. (2020). Color stability of CAD/CAM ceramics prepared with different surface finishing procedures. *Journal of Prosthodontics*, 29(2), 166-172.
- Kern, M., Douglas, W. H., Fechtig, T., Strub, J. R., & DeLong, R. (1993). Fracture strength of all-porcelain, resin-bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent*, 21(2), 117-121. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8473592>

- McLean, J. W. (2001). Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *The journal of prosthetic dentistry*, 85(1), 61-66.
- McLean, J. W. (2011). *The Science and Art of Dental Ceramics: Volume 1: The Nature of Dental Ceramics and Their Clinical Use*: Quintessenz Verlag.
- Milosevic, A., & Jones, C. (1996). Use of resin-bonded ceramic crowns in a bulimic patient with severe tooth erosion. *Quintessence Int*, 27(2), 123-127. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9063223>
- Mohamed, M. S., Mohsen, C. A., & Katamish, H. (2020). Impact of chemical aging on the fracture resistance of two ceramic materials: Zirconia-reinforced lithium silicate and lithium disilicate ceramics. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 8(D), 189-193.
- Mormann, W. H., & Bindl, A. (1996). The new creativity in ceramic restorations: dental CAD-CIM. *Quintessence Int*, 27(12), 821-828. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9452675>
- O'Brien, W. J. (2002). Dental materials and their selection.
- ÖZDEMİR, H. (2013). *Lityum Disilikat Seramiklerde Rezin Siman Bağlantısı Ve Baskı Dayanımının İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi*.
- Pilathadka, S., & Vahalova, D. (2007). Contemporary all-ceramic materials, part-1. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 50(2), 101-104. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18035745>
- Raigrodski, A. J., Chiche, G. J., Aoshima, H., & Spiekerman, C. F. (2006). Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal-ceramic crowns-A pilot study. *Quintessence international*, 37(10).

- Ritter, R. G. (2010). Multifunctional Uses of a Novel Ceramic-Lithium Disilicate. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 22(5), 332-341.
- Sadowsky, S. J. (2006). An overview of treatment considerations for esthetic restorations: a review of the literature. *The journal of prosthetic dentistry*, 96(6), 433-442.
- Tysowsky, G. W. (2009). The science behind lithium disilicate: a metal-free alternative. *Dentistry today*, 28(3), 112-113.
- Uludag, B., Usumez, A., Sahin, V., Eser, K., & Ercoban, E. (2007). The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of ceramic systems: an in vitro study. *The journal of prosthetic dentistry*, 97(1), 25-31.
- Uni, J. D. F. A. Tam Seramik Restorasyonların Simantasyonu.
- Wagner, W., & Chu, T. (1996). Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *The journal of prosthetic dentistry*, 76(2), 140-144.
- Yamamoto, M. (1985). *Metal-ceramics: principle and methods of Makoto Yamamoto*: Quintessence Publishing Company.
- Yavuzylmaz, H., Turhan, B., Bavbek, B., & Kurt, E. (2005). Tam porselen sistemleri II. *Acta Odontologica Turcica*, 22(1), 49.
- Yoshinari, M., & Dérand, T. (1994). Fracture strength of all-ceramic crowns. *International Journal of Prosthodontics*, 7(4).
- Zaimoğlu, A., & Can, G. (2004). Sabit Protezler. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları*, 24.

İMLANT DESTEKLİ PROTEZLERDE ÖLÇÜ TEKNİKLERİ VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Selin ATAY¹

Ayşegül KURT²

1. GİRİŞ

Dental implantoloji, eksik dişlerin yerine kalıcı ve fonksiyonel çözümler sunan önemli bir tedavi alanıdır. Modern implantların temelleri, 1950'li yıllarda İsveçli anatomi profesörü Brånemark'ın yaptığı deneyler sonucunda atılmıştır. Brånemark, yaptığı deneylerde titanyumun kemikle bütünleşme özelliğini keşfetmiş ve bu olguya "osseointegrasyon" adını vermiştir. Bu gelişme, implantolojinin modern dönemdeki ilk adımı olarak kabul edilmektedir (Rawat, Saxena, & Sharma, 2024; Sharma, Ravi Kiran, Kumar, Shankar, & Kumar Upadhyay, 2024).

Günümüzde dental implantlar, estetik ve fonksiyonel açıdan hastaların yaşam kalitesini arttıran etkili bir tedavi seçeneği sunmaktadır.

İmplant destekli protezler, özellikle eksik dişlerin tamamlanmasında ve çiğneme fonksiyonunun yeniden kazanılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Cicciù & Tallarico, 2021). İmplant ve üzerine uygulanan protez, fonksiyonel ve biyomekanik açıdan bir bütün olarak değerlendirilmelidir;

¹ Arş. Gör., Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, selinnbakann@gmail.com, ORCID: 0009-0005-0408-8657

² Doç Dr., Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, kurt.aysegul@gmail.com ORCID: 0000-0003-2775-3179

implant-protez ilişkisi ve adaptasyonu, bu bütünlüğün uzun ömürlü ve başarılı olmasında kritik rol oynamaktadır.

Günümüzde dental protez uygulamalarında, kalıcı ve fonksiyonel restorasyonların başarısı, doğru ve güvenilir ölçü alma tekniklerine dayanmaktadır. Bu bağlamda, konvansiyonel ve dijital ölçü alma yöntemleri, klinik pratiğin temel taşlarını oluşturur (Carvalho et al., 2018; Elashry, Elsheikh, & Elsheikh, 2024).

Konvansiyonel ölçü, yıllardır diş hekimliğinde standart olarak uygulanmakta olup, doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ancak, malzeme seçimi, uygulama süresi ve hastanın konforu gibi faktörler, bu yöntemin etkinliğini etkileyebilir (Gupta & Brizuela, 2023; Kiraz & Çevik, 2022). Dijital ölçü ise, ağız içi tarayıcılar kullanılarak ağız içinin üç boyutlu dijital görüntülerinin elde edilmesiyle gerçekleştirilir. Bu yöntem, hızlı ve hassas çalışma imkânı sunar, ayrıca laboratuvara dijital veri aktarımıyla üretim sürecini hızlandırır. Dijital iş akışı, hastaların daha az rahatsızlık hissetmesini sağlar ve işlem süresini kısaltır (D'Ambrosio, Giordano, Sangiovanni, Di Palo, & Amato, 2023; Kiraz & Çevik, 2022). Her iki yöntemin de avantajları ve sınırlamaları bulunmaktadır. Konvansiyonel yöntem, geniş bir malzeme yelpazesi sunarken, dijital yöntem daha hızlı ve konforludur. Sonuç olarak, klinik durumun değerlendirilmesi ve hasta ihtiyaçlarına yönelik en uygun ölçü tekniğinin seçilmesi, protez uygulamalarının başarısı için kritik öneme sahiptir (Carvalho et al., 2018; Karaca & Inan, 2021).

2. KONVANSİYONEL ÖLÇÜ

2.1. Ölçü Materyalleri

Geçmişten günümüze kadar protetik diş tedavilerinde birçok ölçü materyali geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Bu

materyallerin başarılı sonuç verebilmesi için belirli özelliklere sahip olması beklenmektedir: ağız ortamında yeterli derecede ıslanabilirlik göstermeleri, yüksek hassasiyetle ayrıntıları kaydedebilmeleri ve ölçüde netlik sağlamaları doğru bir ana model eldesi açısından önem arz eder. Ayrıca, kolay uygulanabilirlikleri ve klinik uygulama sırasında hastalar tarafından tolere edilebilir nitelikte olmaları da tercih edilmelerinde etkili faktörlerdir (KÜMBÜLOĞLU & TÜRK, 2018; Palancıoğlu & Sen).

Ölçü materyallerinin katılığı, esnekliği, boyutsal stabilitesi, yırtılma direnci, polimerizasyon büzülmesi, hidrofilik yapısı ve elastisite modülü gibi fiziksel özellikleri ile bu özellikler doğrultusunda seçilen ölçü tekniği, elde edilen ölçülerin doğruluk ve güvenilirliğini belirgin şekilde etkiler (Singer, Habib, Shalaby, Saniour, & Bourauel, 2022).

Geleneksel ölçü materyalleri rijit ve elastik olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Rijit grupta ölçü alçısı, çinko oksit-öjenol ve termoplastikler; elastik grupta ise hidrokolloidler ve elastomerler yer almaktadır. İmplant üzeri protezlerin ölçülerinde elastomerler tercih edilmektedir. (Papadiochos, Papadiochou, & Emmanouil, 2017).

Elastomerler; silikon esaslilar, polieterler ve polisülfitlerden oluşmaktadır, ayrıca vinil siloksan eterler de son yıllarda bu gruba dahil edilmiştir. Elastomerler grubuna dahil olan polieter ve polivinil siloksan (PVS), yüksek yırtılma direnci ve ıslanabilirlik özellikleri sayesinde implant üstü protezlerde konvansiyonel ölçü alımında güvenle kullanılmaktadır (Shillingburg, Hobo, Whitsett, Jacobi, & Brackett, 1997; Tabesh, Alikhasi, & Siadat, 2018; Tjan, Whang, & Sarkissian, 1986).

2.1.1. Polisülfite

Polisülfite ölçü materyalleri, uzun yıllar klinik kullanıma sahip olmakla birlikte günümüzde implant üstü ölçülerde tercih

edilmemektedir. Bunun başlıca sebepleri arasında uzun sertleşme süreleri, kötü koku ve tat özellikleri ile polimerizasyon yan ürünlerine bağlı boyutsal stabilite kayıpları yer almaktadır. Ölçülerin kısa sürede dökülmesini gerektirmeleri ve stabilite sorunları, implant üstü uygulamalarda güvenilirliklerini azaltmıştır (Arıkan; Kent, Shillingburg Jr, & Tow, 1988; Malloy, Rosen, & Rosen).

2.1.2. Kondanzasyon Silikonu

Kondenzasyon silikonları sabit protezlerde yaygın şekilde kullanılmış olsa da implant üstü ölçülerde önerilmemektedir. Polimerizasyon sürecinde açığa çıkan etil alkol, özellikle ölçü alındıktan sonraki ilk saatlerde belirgin boyutsal büzülmelere neden olmakta ve bu durum ölçülerin doğruluğunu ve güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. (Boyacı & Kocacıklı, 2017; Craig, 1988; Fonte-Boa et al., 2011; Giordano 2nd, 2000; Pant, Juszczuk, Clark, & Radford, 2008).

2.1.3. Polieter

Polieter, sert yapısı sayesinde ölçü postlarının konumlarının doğru aktarılmasını destekler ve elastik geri dönüş oranı yüksek olduğu için birden fazla model dökümü yapılabilmesine olanak sağlar. Polieterler, “Snap-set” adı verilen polimerizasyon mekanizması sayesinde hızlı sertleşir; bu mekanizma, reaksiyon zincirini başlatarak klinikte zaman avantajı sağlar (Mirebani, Najafova, Sarı, & Kurtulmuş, 2019).

Polieterlerin yüksek hidrofilik özelliği, nemli ortamda bile yüzey detayının yüksek hassasiyetle alınmasını mümkün kılar; ancak bu özellik, ölçü alındıktan sonra nemli ortamda distorsiyona uğrayabileceği için kuru koşullarda saklanması gerektirir. Polieterler, polimerizasyon sırasında yan ürün üretmediklerinden boyutsal olarak stabil kalır ve alçı dökümü sırasında büzülme oranı düşük olduğu için hassas yüzey detayı sağlar. Öte yandan, sertlikleri nedeniyle derin andırkat

bölgelerinde uygulama zorluğu yaratabilir ve bazı hastalarda alerjik reaksiyon riski bulunabilir. Yüksek boyutsal stabilite, elastik geri dönüş ve ayrıntılı yüzey kaydı sağlama kapasitesi, polietil ölçü maddesini implant üstü protezlerin konvansiyonel ölçü alımında güvenilir bir seçenek hâline getirmektedir (Arıkan, 1986; Cullen, Mikesell, & Sandrik, 1991; Panichuttra, Jones, Goodacre, Munoz, & Moore, 1991).

2.1.4. Polivinil siloksan (PVS)

Polivinil siloksan (PVS), sabit protez uygulamalarında yüksek boyutsal stabilitesi ve elastikiyet özellikleri nedeniyle implant üzeri ölçülerde sık tercih edilen elastomerik ölçü materyalidir. Polimerizasyonu ilave tip reaksiyonla gerçekleşir ve bu süreçte yan ürün oluşmaz; ancak ortam şartlarına bağlı bazı durumlarda polimetilhidrosiloksan, ikincil reaksiyon sonucunda hidrojen gazı açığa çıkarabilir. Bu durum, model üzerinde mikro boşluklara yol açabilir. Bu durumun önlenmesi amacıyla paladyum gibi soy metaller eklenerek gaz oluşumunu minimize edilmeye çalışılmıştır. PVS'in baz ve katalizör bileşenleri benzer yapıda olduğundan, karıştırma ve uygulama süreci kolaydır ve klinik kullanımda tutarlılık sağlar (Chee & Donovan, 1992; Mandikos, 1998b).

Elastik geri dönüşü yüksek olan PVS, detaylı doku kaydı imkânı sunar. Hidrofobik doğası nedeniyle, doğru nem kontrolü sağlanmadan kullanıldığında yüzey detaylarını aktarmada zorluklar yaşanabilir; bu nedenle sürfaktan katkıları ile ıslanabilirlik artırılmaktadır. Lateks eldiven teması polimerizasyonu olumsuz etkileyebileceğinden, nitril veya vinil eldiven kullanımı önerilmektedir. Tüm bu özellikleri ile PVS, implant üzeri protezlerde güvenilir ve ayrıntılı ölçü alınmasını sağlayan bir materyal olarak öne çıkar (Boyacı & Kocacıklı, 2017; Mandikos, 1998a).

2.1.5. Vinil Siloksaneter (VSE)

Vinil siloksaneter (VSE), polivinil siloksan ve polieterin özelliklerini bir araya getiren hibrit bir elastomerik ölçü materyalidir. Bu yapı, yüksek detay aktarımı, geliştirilmiş hidrofilit ve mekanik dayanıklılık sağlar, böylece nemli ortamlarda bile hassas doku kayıtları alınmasına olanak tanır. Ancak VSE'nin, PVS veya polieterlerden daha maliyetli olması, çok dar bölgelerde ağızdan uzaklaştırma sırasında deformasyon riski ve aşırı sıvı maruziyetinde yüzey detaylarının etkilenebilmesi gibi bazı sınırlamaları vardır (Saini et al., 2024). Bu nedenlerle, VSE klinik avantajlar sağlarken, kullanım sırasında çevresel koşulların ve materyal maliyetinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir (Shetty & Bhandari, 2016).

Geleneksel ölçü materyalleri arasında yer alan ve uzun dönemler klinik uygulamalarda kullanılan kondenzasyon silikonları ve polisülfidler, yüksek deformasyon riski, sınırlı boyutsal stabilite ve uzun sertleşme süreleri nedeniyle günümüzde büyük ölçüde terk edilmiştir (Sanghavi, Nesappan, & Prabhu, 2020). İmplant üstü protezlerde geleneksel ölçü yöntemlerinde en çok tercih edilen elastomerik ölçü materyalleri polivinil siloksan (PVS) ve polieterdir. (18).

2.2. Konvansiyonel Ölçü Alma Yöntemleri

Net ve detaylı bir ölçü elde etmek, implant üstü restorasyonların pasif uyumunu ve uzun dönem başarısını doğrudan etkileyen ilk kritik basamaktır. İmplant destekli restorasyonlar için konvansiyonel ölçü; implant seviyesinde ölçü alma tekniği ve abutment seviyesinde ölçü alma tekniği olmak üzere ikiye ayrılır (Baig, 2014).

2.2.1. İmplant Seviyesinde Ölçü Alma Tekniği

İmplant seviyesinde ölçü, implantın pozisyonunun doğrudan modele aktarılmasını sağlayan ve özellikle çoklu

implant vakalarında protezin pasif uyumunu artırmayı hedefleyen bir yöntemdir. İmplantın üzerinde doğrudan ölçü postu takılarak implant sayılarına, pozisyonlarına göre açık kaşık, kapalı kaşık veya snap-fit tekniği ile ölçü alınabilir (A. Singh & Singh, 2013).

2.2.1.1.Açık kaşık ölçü tekniği

Bu teknikte, açık kaşık ölçü için üretilen daha hacimli ve andırkatlı ölçüpostları ve kişisel kaşık kullanılır. Bu ölçü postlarının ölçüye daha iyi tutunması amaçlanmaktadır. Kaşık üzerinde açılan pencereler aracılığıyla ölçü postları ağızdayken vidalar kaşıktaki bu pencerelerden erişilerek gevşetilir; bu sayede ölçü postları da ölçü maddesi ile birlikte ağızdan uzaklaştırılır ve analoglar ölçüye yerleştirilir. Açık kaşık tekniği, özellikle çok sayıda implantın yer aldığı, paralelliğin düşük olduğu vakalarda önerilmektedir. Bu yöntem ölçü postlarının splintlenmesiyle veya splintsiz olarak uygulanabilir: Splintli teknikte ölçü postları farklı materyallerle sabitlenerek ölçü hataları ve deformasyonlar azaltılır. Bu yöntemde; pattern rezin, akışkan kompozit, BIS-Akril kompozit rezin, prefabrike akrilik rezin barlar, diş İpi + rezin, çelik pinler, ortodontik teller, ortodontik elastikler gibi materyaller kullanılmaktadır (Filho, Mazaro, Vedovatto, Assunção, & dos Santos, 2009; Patil et al., 2023; Rutkunas & Ignatovic, 2014). Splintsiz uygulamada ise ölçü postları birbirine bağlanmaz, yine aynı şekilde ölçü materyali ile birlikte uzaklaştırılır; bu, daha hızlı ve kolay bir yöntem olmakla birlikte çoklu implantlarda splintli teknik daha yüksek doğruluk göstermektedir (Assunção, Cardoso, Gomes, Tabata, & Santos, 2008; Carr, 1991).

2.2.1.2.Kapalı kaşık tekniği

Kapalı kaşık yönteminde daha az andırkata sahip ölçü postları ve prefabrik kaşıklar kullanılır. Ölçü postları implantlara vidalandıktan sonra hazır kaşıklarla ölçü alınır ve ölçü uzaklaştırılır. Ağızda kalan ölçü postlarının vidaları

gevşetildikten sonra ağızdan uzaklaştırılır ve analog ile vidalanır. Sonrasında analog- ölçü postu kompleksi ölçüye yerleştirilir. Bu teknik tek veya paralel yerleşimli az sayıdaki implant vakalarında daha pratik olup klinisyen açısından uygulama kolaylığı sağlar. Ancak çoklu implantlarda veya açı farklılıklarının olduğu durumlarda doğruluk açık kaşık tekniğine kıyasla daha düşük olabilir (Baig, 2014; Saini et al., 2024).

2.2.1.3.Snap-fit tekniği

Snap-fit bağlantı elemanı, implant ölçü sistemlerinde ölçü postunu implant üzerine veya kişisel kaşığa hızlı ve güvenli şekilde sabitlemek için tasarlanmış bir parçadır. Ölçü postu implant üstüne yerleştirildikten sonra snap-fit parçası postun üzerine takılır; tasarımı sayesinde “klik” sesi ile yerine oturur ve böylece hem sabit hem de kolay çıkarılabilir bir bağlantı sağlanır (Nissan & Ghelfan, 2009). Bu mekanizma, ölçü sırasında postun kaymasını önler ve ölçü doğruluğunu artırır. Bununla birlikte, çoklu implant vakalarında hassasiyet açısından açık kaşık tekniği kadar güvenilir değildir (Lee, So, Hochstedler, & Ercoli, 2008; N. Singh, Kumar, N, Dua, & Yangchen, 2023).

2.2.2. Abutment Seviyesi Ölçü Alma Tekniği

Tam dişsiz vakalarda ve çok sayıda implantın yer aldığı durumlarda, özellikle açılı implantların bulunduğu olgularda, abutment seviyesinden ölçü alınması klinik olarak tercih edilen bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu yöntemde ölçü, doğrudan implant bağlantısından değil, multi-unit abutment gibi ara parçalar üzerinden gerçekleştirilir. İmplantlar üzerine multi- ünit abutmentler yerleştirilip bu abutmentlerin üzerine özel ölçü postları yerleştirilir. Ölçü sonrası ölçüye analoglar yerleştirilir ve klasik yöntemlerle model hazırlanır. Multi-unit abutmentlerin kullanımı, implantlar arası açısal farklılıkların telafi edilmesine olanak tanırken, ölçü materyalinin çıkarılması sırasında oluşabilecek deformasyon riskini de belirgin biçimde

azaltmaktadır (Geramipanah, Sahebi, Davari, Hajimahmoudi, & Rakhshan, 2015; Humphries, Yaman, & Bloem, 1990; Vigolo, Majzoub, & Cordioli, 2003).

3. DİJİTAL ÖLÇÜ

Dijital ölçü teknolojileri, diş hekimliğinde ilk kez 1980’li yıllarda François Duret tarafından geliştirilen bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) sistemleri ile gündeme gelmiştir (Duret, Blouin, & Duret, 1988). Bu yaklaşım, geleneksel ölçü materyallerine alternatif olarak optik tarayıcıların kullanılmasıyla üç boyutlu dijital modellerin elde edilmesine olanak tanımıştır. Dijital ölçü alma süreci, klinikte ağız içi tarayıcılar ile başlamakta ve bu tarayıcılar sayesinde ağız içi dokular ve implant pozisyonları üç boyutlu olarak kaydedilmektedir. Elde edilen veriler, bilgisayar ortamında CAD yazılımları aracılığıyla işlenmekte ve restorasyonun tasarımı yapılmaktadır. Tasarım tamamlandıktan sonra, CAM sistemleri kullanılarak üretim aşamasına geçilmektedir (Alshawaf et al., 2018; Mangano, Gandolfi, Luongo, & Logozzo, 2017). Dijital iş akışı, klinik ve laboratuvar arasındaki iletişimi hızlandırarak zaman kazancı sağlarken, verilerin kolayca arşivlenebilmesi, tekrar kullanılabilmesi ve hasta kayıtlarının güvenli şekilde saklanabilmesi, dijital iş akışını geleneksel yöntemlere kıyasla avantajlı hale getirmektedir (Gedikli & Bilgin, 2023).

3.1. Laboratuvar Tarayıcıları

Laboratuvar tarayıcıları, model veya ölçü transferlerini dijital ortama aktarmak için kullanılır. Bu tarayıcılar, klinikten gelen konvansiyonel ölçüleri veya bu ölçülerden elde edilen modelleri tarayarak yüksek çözünürlüklü üç boyutlu modeller oluşturur. Tarayıcılar genellikle ışık tarama veya kontrast bazlı yöntemler kullanarak ölçü veya model yüzeylerini detaylı şekilde dijitalleştirir (Ağaçdan, Murat, & Ağaçdan, 2024; Joda &

Brägger, 2015a; Nowak, Wesemann, Robben, Muallah, & Bumann, 2017).

Laboratuvar tarayıcılarının avantajları arasında yüksek doğruluk, tekrarlanabilirlik ve veri arşivleme kolaylığı yer alır. Ayrıca, tarayıcılar sayesinde protez tasarımı ve üretimi laboratuvar ortamında CAD/CAM sistemleri aracılığıyla hızlandırılabilir. Bu yöntem, hem implant üstü hem de diş destekli restorasyonlarda kullanılır. Bununla birlikte, laboratuvar tarayıcılarının ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve tarama süresinin bazı durumlarda uzun olması, kullanımını sınırlayan faktörler arasındadır (Nowak et al., 2017).

3.2. Ağız İçi Tarayıcılar

Ağız içi tarayıcılar, hastanın ağız içinden doğrudan dijital ölçü almayı sağlayan cihazlardır. Geleneksel ölçü materyalleri yerine kullanıldıklarında hem zaman tasarrufu sağlar hem de hasta konforunu arttırmaktadır. Tarayıcılar, diş ve çevre dokuların yüzeyini optik sensörler ve ışık kaynaklarıyla tarayarak elde ettikleri verileri bilgisayara aktarır ve böylece üç boyutlu bir dijital model oluşturur. Bu yöntem, ölçü sırasında oluşabilecek deformasyon ve boyutsal değişim riskini önemli ölçüde azaltır (Bakıç, Kocacıklı, & Korkmaz, 2021; Mangano et al., 2017).

Çalışma prensipleri, genellikle ışık yansıma ve interferometri temelli yöntemlere dayanır. Tarayıcı, ağız içindeki yüzeyi sistematik olarak tararken binlerce görüntü noktası (point cloud) toplar ve yazılım aracılığıyla bu noktaları birleştirerek detaylı bir dijital model oluşturur. Yaygın tarama algoritmaları arasında optik üçgenleme, konfokal mikroskopi, aktif dalga örnekleme, stereofotogrametri, yapısal aydınlatma, lazer ve video tabanlı algoritmalar yer alır. Bazı sistemlerde lazer, bazı sistemlerde mavi LED ışık veya beyaz ışık kullanılarak yüzey verileri alınır; elde edilen üç boyutlu model, CAD yazılımlarıyla işlenerek protez veya restorasyon tasarımına hazır hale getirilir

(Imburgia et al., 2017; Joda & Brägger, 2015b; Revilla-León & Özcan, 2019).

3.2.1. Ağız İçi Tarayıcıların Avantajları

Ağız içi tarayıcılar, diş hekimliğinde dijital ölçü almanın sağladığı kolaylıklar ve verimlilik artışı nedeniyle giderek yaygınlaşmaktadır. Geleneksel ölçü yöntemlerine kıyasla hastaya daha konforlu bir deneyim sunarken, klinik ve laboratuvar süreçlerini de optimize eder. Aşağıda ağız içi tarayıcıların başlıca avantajları maddeler hâlinde özetlenmiştir: (Güngör, Yılmaz, & Çelikkol, 2022; Jardim & Lemos, 2024; Lin, Harris, Zandinejad, & Morton, 2014; Luqmani, Jones, Andiappan, & Cobourne, 2020; Reviansyah, 2025; Suese, 2020).

- Zaman ve İş Akışı Avantajı: Dijital tarayıcılar, ölçülerin doğrudan laboratuvara gönderilmesini sağlayarak alçı model dökümü ve taşınması gibi adımları ortadan kaldırır.
- Kişiselleştirilmiş Tedavi ve Tanı İmkanları: Ağız içi tarayıcılar, KIBT ve yüz tarama verileriyle entegre çalışarak hastaya özgü tedavi planlarının baştan detaylı olarak belirlenmesine olanak tanır.
- Hasta Konforu: Geleneksel ölçü materyallerinin neden olduğu rahatsızlıklar ortadan kalkar. Özellikle öğürme refleksi olan hastalar, çocuklar ve yaşlılar için süreç daha kısa ve konforlu hale gelir.
- Yüksek Doğruluk ve Hata Azaltma: Dijital tarayıcılar deformasyon, büzülme veya genleşme riskini ortadan kaldırır. Gerçek zamanlı geri bildirim özelliği sayesinde eksik veya hatalı ölçüler hemen düzeltilebilir.
- Çevre Korunmasına Katkı: Tek kullanımlık ölçü materyallerine olan ihtiyaç azalır. Böylece hem atık üretimi düşer hem de uzun vadede maliyetler azaltılır.

- Enfeksiyon Kontrolü: Tarayıcıların yüzeyleri kolayca dezenfekte edilebilir ve çapraz kontaminasyon riski minimuma indirilir.
- Klinik ve Laboratuvar Süreçlerinin Dijital Entegrasyonu: Ölçüler CAD/CAM sistemlerine aktarılır ve restorasyonlar dijital olarak üretilebilir. Bu sayede fiziksel model depolama ihtiyacı ortadan kalkar ve yedek üretim kolaylaşır.

3.2.2. Ağız İçi Tarayıcıların Dezavantajları

Ağız içi tarayıcılar, dijital ölçü alımında önemli avantajlar sunsa da, bazı teknik ve klinik sınırlamalara sahiptir: (Abduo & Elseyoufi, 2018; Christopoulou, Kaklamanos, Makrygiannakis, Bitsanis, & Tsolakis, 2022; Runkel, Güth, Erdelt, & Keul, 2020; Rafael Siqueira et al., 2021; R. Siqueira et al., 2021; Tohme, Lawand, Chmielewska, & Makhzoume, 2023)

- Yüksek Başlangıç Maliyeti ve Teknolojik Yatırım Gereksinimi: Cihazın satın alınması, yazılım lisansları ve gerekli bilgisayar sistemleri yüksek maliyetlidir.
- Hekim Tecrübesi ve Öğrenme Eğrisi: Deneyimli hekimler için dijital tarama tekniklerine adaptasyon zor olabilir. Tarama sırasında yapılan hızlı veya ani yön değişiklikleri, görüntülerin doğru birleştirilmesini engelleyebilir.
- Ağız İçinde Çalışma Zorluğu: Tükürük, kan veya yansıma yapan restorasyonlar, tarayıcının sensörlerini etkileyerek ölçü doğruluğunu azaltabilir.
- Sınırlı Erişim ve Ağız Açıklığı Problemleri: Kısıtlı ağız açıklığı veya zor ulaşılan posterior bölgeler, tarama sürecini zorlaştırır ve ölçü doğruluğunu olumsuz etkileyebilir.
- Tarama Stratejisi ve Cihaz Özellikleri: Cihazın optik teknolojisi, kalibrasyon durumu ve tarama hızı gibi

faktörler ölçü kalitesini belirler. Yanlış tarama stratejileri veya aşırı hızlı taramalar hatalı ölçülere yol açabilir.

- Geniş Dişsiz Sahaların Varlığı: Tam dişsiz hastalarda sabit anatomik referans noktalarının eksikliği, görüntülerin birleştirilmesini güçleştirir. Çoklu diş eksikliği vakalarında ölçü süreci daha fazla hassasiyet ve dikkat gerektirir.
- Veri Güvenliği ve Sistem Arızaları: Dijital verilerin depolanması sırasında teknik aksaklıklar veya sistem hataları, klinik iş akışını aksatabilir ve hasta bilgileri için güvenlik riskleri oluşturabilir.
- Hastaya Bağlı Faktörler: Hastanın hareketliliği, aşırı tükürük akışı veya uyumsuz yüzey özellikleri, tarama işlemini zorlaştırabilir ve ek tarama denemeleri gerektirebilir.
- Uzun Tarama Süresi Gerektiren Vakalar: Kompleks restorasyon veya büyük ölçüler, özellikle hekim deneyimi sınırlıysa, uzun tarama sürelerine neden olabilir.

3.3. Tarama Kalitesine Etki Eden Faktörler

Ağız içi tarayıcıların doğruluğu, cihazın teknolojik özelliklerinden klinik uygulama koşullarına kadar geniş bir yelpazede değişkenlik gösterir. Özellikle implant üzeri ölçü uygulamalarında, tarama doğruluğunu etkileyen başlıca faktörler arasında tarayıcı cihazının optik teknolojisi, kalibrasyonu ve yazılım güncellemeleri tarayıcı cihaz teknolojisi, implant derinliği ve pozisyonu, tarama aralığı, operatör tecrübesi ve tarama protokolü öne çıkar (Gavounelis, Gogola, & Halazonetis, 2022; Giménez, Özcan, Martínez-Rus, & Pradiés, 2015; Pattamavilai & Ongthiemsak, 2024). Özellikle dar aralıklarda veya derin anatomik bölgelerde bazı tarayıcıların doğruluk seviyeleri azalabilmektedir (Grande, Nuytens, et al., 2025).

İmplantların derinliği ve konumları da bu doğruluk üzerinde belirleyici rol oynamaktadır; derin yerleştirilen ya da posterior bölgelerde bulunan implantlarda tarayıcıların daha fazla stitching hatası sergilediği bildirilmektedir (Choi, Lee, Mai, & Lee, 2020). Ayrıca, implantlar arasındaki mesafe de tarayıcıların doğruluğunu etkileyen önemli bir faktördür. Dişsiz alanın genişlemesiyle birlikte hata oranlarının arttığı gösterilmiştir. Bu doğruluk kayıplarını en aza indirmek amacıyla sistematik tarama desenleri kullanılmaktadır. Literatürde yer alan özellikle dişli ağızlar için uygulanan Okluzal başlangıç paterni, zig-zag paterni, segmentli patern gibi çeşitli tarama paternleri mevcut olmakla birlikte her tarayıcı firması kendine ait tarama paternleri de önermektedir. Klinisyenin kullanacağı tarayıcının tarama protokolüne hâkim olması, tarama doğruluğunu arttıracaktır (Flügge et al., 2018; Grande, Mosca Balma, Mussano, & Catapano, 2025; Grande, Nuytens, et al., 2025; Sanda, Miyoshi, & Baba, 2021).

Ağız içi tarayıcıların performansı, sadece cihaz özellikleri ve klinik teknikle sınırlı olmayıp, ortam koşullarından da etkilenir. Özellikle ortam ışığının yoğunluğu veya yönü, tarayıcı sensörlerinin yüzeyi doğru algılamasını zorlaştırabilir ve dijital ölçülerin doğruluğunu azaltabilir. Genel olarak 1000 lüks civarında bir aydınlatma optimal kabul edilir, ancak farklı tarayıcı markaları ve modelleri kendi teknik özelliklerine göre değişen ışık şiddeti ve renk sıcaklığı değerleri önermektedir (Revilla-León, Subramanian, Özcan, & Krishnamurthy, 2020). Buna ek olarak, ağız içi koşullarında tükürük, kan veya nem miktarı, sensörlerin ışık yansıtmasını etkileyerek ölçü doğruluğunu düşürebilir. Ortam ve ağız içi koşulların kontrolü, özellikle derin veya posterior bölgelerdeki implant taramalarında kritik öneme sahiptir (Guo, Ma, Wang, & Yu, 2025).

Tam dişsiz ağızlarda ağız içi taramaların en önemli zorluklarından biri, yeterli referans noktalarının bulunmamasıdır. Bu durum, özellikle geniş dişsiz arklarda tarayıcı algoritmalarının

doğru hizalama yapmasını güçleştirerek ölçü doğruluğunu olumsuz etkileyebilmektedir. Ölçü güvenilirliğini artırmak amacıyla literatürde çeşitli modifikasyonlar önerilmiştir. Bunlar arasında tarama gövdelerinin splintlenmesi, geometrilerinin modifiye edilmesi ve yumuşak dokuya işaretleyici materyallerin yerleştirilmesi gibi yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemlerin, referans eksikliğinin yol açtığı hata oranlarını azaltarak tam ark implant taramalarında doğruluğu artırdığı bildirilmiştir (Ali, 2022; Pan et al., 2023; Pozzi et al., 2022).

3.4. Tarama Gövdeleri

Tarama gövdeleri, implantların konumunu üç boyutlu olarak dijital ortama aktarmak için kullanılan temel araçlardır. Bu gövdeler, implantın üstüne vidalanarak yerleştirilir ve elde edilen veriler CAD yazılımlarına aktarılır. Böylece sanal implant modeli oluşturularak protez tasarımı ve üretimi gerçekleştirilir. Tarama gövdeleri, genellikle tarama bölgesi, gövde ve taban olmak üzere üç bölümden oluşur. Tarama bölgesi, implantın açısını ve yönünü kaydetmek için özel geometrilere sahiptir ve yüzey tanıma algoritmalarının doğruluğunu artırır. Gövde bölümü yapısal bütünlüğü sağlarken, taban kısmı implant ile bağlantıyı kurar; buradaki uyumsuzluk ve yüzeyel deformasyonlar ölçülerin doğruluğunu olumsuz etkileyebilir (Gomez-Polo, Donmez, Çakmak Alp, Yilmaz, & Revilla-León, 2023; Mizumoto & Yilmaz, 2018).

Tarama gövdelerinin üretiminde PEEK, titanyum, alüminyum ve polimerler gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Titanyum yüksek mekanik dayanıklılık ve biyouyumluluk sunarken, PEEK ışık yansımalarını azaltarak tarama doğruluğunu artırır. Bazı modellerde her iki malzemenin kombinasyonu kullanılarak hem mekanik hem de optik avantajlar bir arada sağlanır. Yapılan araştırmalar, tek parça PEEK gövdelerin hassasiyet açısından en iyi sonuçları verdiğini,

titanyum ve kombinasyonlu modellerin ise daha sınırlı doğruluk sağladığını göstermektedir (Stimmelmayer, Güth, Erdelt, Edelhoff, & Beuer, 2012; Tawfik, El Torky, & El Sheikh, 2024).

4. SONUÇ

Günümüzde dijital ölçü teknolojileri, pek çok vakada yüksek doğruluk, kullanım kolaylığı ve işlem hızını bir arada sunmaktadır. İntraoral tarayıcılar ve tarama gövdeleri sayesinde implant pozisyonları hassas biçimde dijital ortama aktarılmaktadır. Özellikle tek implant veya yarım ark restorasyonlarında dijital ölçüler hem klinik hem de laboratuvar süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, tam dişsizlik vakaları veya tüm ağız restorasyonları söz konusu olduğunda, mevcut dijital sistemlerin ölçü hassasiyeti sınırlı kalmakta ve klinik güvenilirliği azalmaktadır. Bu noktada, polieter ve polivinilsiloksan (PVS) ile alınan ve açık kaşık tekniğiyle uygulanan konvansiyonel ölçülerin güvenilirliği büyük ölçüde kanıtlanmış olup klinik iş akışında standart olarak kabul edilmesine rağmen, nispeten zor ve zahmetli yöntemler olarak değerlendirilmektedir. Çoklu implant yerleşimlerinde, referans noktalarının eksikliği, interimplant mesafeleri, derinlik farklılıkları ve tarayıcı algoritmalarının sınırlamaları nedeniyle dijital ölçü hataları oluşabilmektedir. Güncel çalışmalar, ideal dijital ölçü yöntemlerinin geliştirilmesi yönündeki çabaların devam ettiğini göstermekte; özellikle tam ağız restorasyonlarında, optimal referans noktalarının belirlenmesi, tarama protokollerinin iyileştirilmesi ile dijital ölçülerin güvenilirliği artırılmaya çalışılmaktadır. Bu bağlamda hem klinik hem de araştırma düzeyinde dijital ölçü teknolojilerinin sınırları ve potansiyeli üzerine yapılan çalışmaların önemi giderek artmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abduo, J., & Elseyoufi, M. (2018). Accuracy of Ağız içi Scanners: A Systematic Review of Influencing Factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 26(3), 101-121. doi:10.1922/EJPRD_01752Abduo21
- Ağaçdan, L. G., Murat, S., & Ağaçdan, F. (2024). Ağız İçi Tarayıcıların Tamamen Dişsiz Çenelerde Kullanımı: Derleme. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*, 10(3), 117-125.
- Ali, K. M. (2022). *Effect of Splinting Implant Scan Bodies Ağız içily on The Trueness of Complete Arch Digital Impressions: A Clinical Study*. Loma Linda University,
- Alshawaf, B., Weber, H.-P., Finkelman, M., El Rafie, K., Kudara, Y., & Papaspyridakos, P. (2018). Accuracy of printed casts generated from digital implant impressions versus stone casts from conventional implant impressions: A comparative in vitro study. *Clinical oral implants research*, 29(8), 835-842.
- Arıkan, A. Polisülfid Esaslı Lastik Ölçü Materyallerinin Özellikleri. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 3(1), 203-212.
- Arıkan, A. (1986). Silikon ve Polieter Lastik Esaslı Ölçü Materyalleri. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 3(1), 213-224.
- Assunção, W. G., Cardoso, A., Gomes, E. A., Tabata, L. F., & Santos, P. H. d. (2008). Accuracy of impression techniques for implants. Part 1–Influence of transfer copings surface abrasion. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 17(8), 641-647.

- Baig, M. R. (2014). Accuracy of impressions of multiple implants in the edentulous arch: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 29(4), 869-880.
- Bakıç, H., Kocacıklı, M., & Korkmaz, T. (2021). Diş Hekimliğinde Güncel İntraoral Tarayıcılar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 289-304.
- Boyacı, B. K., & Kocacıklı, M. (2017). Elastomerik ölçü materyallerinde güncel gelişmeler. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 8(1), 1535-1546.
- Carr, A. B. (1991). A Comparison of Impression Techniques for a Five-Implant Mandibular Model. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 6(4).
- Carvalho, T. F., Lima, J. F. M., De-Matos, J. D. M., Lopes, G. d. R., De Vasconcelos, J. E. L., Zogheib, L. V., & De Castro, D. S. M. (2018). Evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining dental impressions. *Int J Odontostomatol*, 12(4), 368-375.
- Chee, W. W., & Donovan, T. E. (1992). Polyvinyl siloxane impression materials: a review of properties and techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*, 68(5), 728-732.
- Choi, Y.-D., Lee, K. E., Mai, H.-N., & Lee, D.-H. (2020). Effects of scan body exposure and operator on the accuracy of image matching of implant impressions with scan bodies. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(3), 379. e371-379. e376.
- Christopoulou, I., Kaklamanos, E. G., Makrygiannakis, M. A., Bitsanis, I., & Tsolakis, A. I. (2022). Patient-reported experiences and preferences with ağız içi scanners: a

- systematic review. *Eur J Orthod*, 44(1), 56-65. doi:10.1093/ejo/cjab027
- Cicciù, M., & Tallarico, M. (2021). Dental Implant Materials: Current State and Future Perspectives. *Materials*, 14(2), 371. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/2/371>
- Craig, R. G. (1988). Review of dental impression materials. *Advances in dental research*, 2(1), 51-64.
- Cullen, D. R., Mikesell, J. W., & Sandrik, J. L. (1991). Wettability of elastomeric impression materials and voids in gypsum casts. *The Journal of prosthetic dentistry*, 66(2), 261-265.
- D'Ambrosio, F., Giordano, F., Sangiovanni, G., Di Palo, M. P., & Amato, M. (2023). Conventional versus Digital Dental Impression Techniques: What Is the Future? An Umbrella Review. *Prosthesis*, 5(3), 851-875. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2673-1592/5/3/60>
- Duret, F., Blouin, J.-L., & Duret, B. (1988). CAD-CAM in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 117(6), 715-720.
- Elashry, W. Y., Elsheikh, M. M., & Elsheikh, A. M. (2024). Evaluation of the accuracy of conventional and digital implant impression techniques in bilateral distal extension cases: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*, 24(1), 764. doi:10.1186/s12903-024-04495-0
- Filho, H. G., Mazaro, J. V., Vedovatto, E., Assunção, W. G., & dos Santos, P. H. (2009). Accuracy of impression techniques for implants. Part 2 - comparison of splinting techniques. *J Prosthodont*, 18(2), 172-176. doi:10.1111/j.1532-849X.2008.00325.x
- Flügge, T., van der Meer, W. J., Gonzalez, B. G., Vach, K., Wismeijer, D., & Wang, P. (2018). The accuracy of

different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*, 29 Suppl 16, 374-392. doi:10.1111/clr.13273

Fonte-Boa, J. C., Mota, J. M. L., Poletto, L. T. A., Carvalho, M. C. F., Cortés, M. E., Sinisterra, R. D., & Leal, S. F. (2011). Condensation silicones: do new materials really presents better dimensional stability? *Acta Odontológica Latinoamericana*, 24(1), 61-65.

Gavounelis, N., Gogola, C.-M., & Halazonetis, D. (2022). The Effect of Scanning Strategy on Ağız içi Scanner's Accuracy. *Dentistry Journal*, 10, 123. doi:10.3390/dj10070123

Gedikli, Ç. N., & Bilgin, T. (2023). Dijital Tam Protezlerin Üretiminde Kullanılan Sistemler. *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 2(1), 172-178.

Geramipannah, F., Sahebi, M., Davari, M., Hajimahmoudi, M., & Rakhshan, V. (2015). Effects of impression levels and trays on the accuracy of impressions taken from angulated implants. *Clinical oral implants research*, 26(9), 1098-1105.

Giménez, B., Özcan, M., Martínez-Rus, F., & Pradies, G. (2015). Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering operator experience, implant angulation, and depth. *Clin Implant Dent Relat Res*, 17 Suppl 1, e54-64. doi:10.1111/cid.12124

Giordano 2nd, R. (2000). Impression materials: basic properties. *General dentistry*, 48(5), 510-512, 514, 516.

Gomez-Polo, M., Donmez, M. B., Çakmak Alp, G., Yilmaz, B., & Revilla-León, M. (2023). Influence of implant scan

- body design (height, diameter, geometry, material, and retention system) on ağız içi scanning accuracy: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*. doi:10.1111/jopr.13774
- Grande, F., Mosca Balma, A., Mussano, F., & Catapano, S. (2025). Effect of Implant Scan Body type, Ağız içi scanner and Scan Strategy on the accuracy and scanning time of a maxillary complete arch implant scans: an in vitro study. *Journal of dentistry*, 159, 105782. doi:https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105782
- Grande, F., Nuytens, P., Zahabiyoun, S., Iocca, O., Catapano, S., & Mijiritsky, E. (2025). Factors influencing the ağız içi implant scan accuracy: a review of the literature. *Journal of dentistry*, 161, 105973. doi:https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105973
- Guo, Y., Ma, Y., Wang, Z., & Yu, H. (2025). Effects of ambient lighting conditions on the scanning accuracy and shade matching capability of ağız içi scanners: an in vitro study. *BMC Oral Health*, 25(1), 1088. doi:10.1186/s12903-025-06446-9
- Gupta, R., & Brizuela, M. (2023). Dental impression materials. StatPearls. In: StatPearls Publishing, Treasure Island, FL.
- Güngör, B. E., Yılmaz, M., & Çelikkol, O. (2022). İntraoral Tarayıcılarda Doğruluk. *Aydın Dental Journal*, 8(2), 123-141.
- Humphries, R. M., Yaman, P., & Bloem, T. J. (1990). The accuracy of implant master casts constructed from transfer impressions. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 5(4).
- Imburgia, M., Logozzo, S., Hauschild, U., Veronesi, G., Mangano, C., & Mangano, F. G. (2017). Accuracy of four

- ağız içi scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 17(1), 92.
- Jardim, J. S., & Lemos, C. A. A. (2024). The role of ağız içi scanning in the fully digital workflow for post and core restorations: A scoping review. *Journal of dentistry*, 147, 105100.
- Joda, T., & Brägger, U. (2015a). Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clinical oral implants research*, 26(12), 1430-1435.
- Joda, T., & Brägger, U. (2015b). Time-efficiency analysis comparing digital and conventional workflows for implant crowns: A prospective clinical crossover trial. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(5).
- Karaca, S., & Inan, O. (2021). İmplant Destekli Protezlerde Konvansiyonel Ve Dijital Ölçü: Sistematik Derleme. *Selcuk Dental Journal*, 8(3), 888-894.
- Kent, W. A., Shillingburg Jr, H. T., & Tow, H. D. (1988). Impression material foreign body: report of a case. *Quintessence International*, 19(1).
- Kiraz, M. S., & Çevik, P. (2022). İmplant Üstü Protezlerde Konvansiyonel ve Dijital Ölçü Teknikleri. *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 268-277.
- Kümbüloğlu, Ö., & Türk, A. G. (2018). Geçmişten Günümüze Ölçü Maddeleri ve Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 4(1), 51-56.
- Lee, H., So, J. S., Hochstedler, J., & Ercoli, C. (2008). The accuracy of implant impressions: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 100(4), 285-291.

- Lin, W.-S., Harris, B. T., Zandinejad, A., & Morton, D. (2014). Use of digital data acquisition and CAD/CAM technology for the fabrication of a fixed complete dental prosthesis on dental implants. *The Journal of prosthetic dentistry*, 111(1), 1-5.
- Luqmani, S., Jones, A., Andiappan, M., & Cobourne, M. T. (2020). A comparison of conventional vs automated digital Peer Assessment Rating scoring using the Carestream 3600 scanner and CS Model+ software system: A randomized controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 157(2), 148-155. e141.
- Malloy, K. M., Rosen, D., & Rosen, M. R. Pocket Dentistry.
- Mandikos, M. N. (1998a). Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. *Australian dental journal*, 43(6), 428-434. doi:10.1111/j.1834-7819.1998.tb00204.x
- Mandikos, M. N. (1998b). Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. *Aust Dent J*, 43(6), 428-434. doi:10.1111/j.1834-7819.1998.tb00204.x
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G., & Logozzo, S. (2017). Ağız içi scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149.
- Mirebani, A., Najafova, L., Sarı, T., & Kurtulmuş, H. (2019). Implant üstü geleneksel ölçü yöntem, teknik ve malzemelerinin karşılaştırmalı olarak gözden geçirilmesi: sistematik bir güncelleme. *Aydın Dental Journal*, 5(1), 27-50.
- Mizumoto, R. M., & Yılmaz, B. (2018). Ağız içi scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent*, 120(3), 343-352. doi:10.1016/j.prosdent.2017.10.029

- Nissan, J., & Ghelfan, O. (2009). The press-fit implant impression coping technique. *The Journal of prosthetic dentistry*, 101, 413-414. doi:10.1016/S0022-3913(09)60088-3
- Nowak, R., Wesemann, C., Robben, J., Muallah, J., & Bumann, A. (2017). An in-vitro study comparing the accuracy of full-arch casts digitized with desktop scanners. *Quintessence International*, 48(8).
- Palancıoğlu, M. N., & Sen, D. Polivinil Siloksan Ölçü Materyalleri. *Aydın Dental Journal*, 7(2), 137-143.
- Pan, Y., Dai, X., Wan, F., Song, C., Tsoi, J. K., & Pow, E. H. (2023). A novel post-processing strategy to improve the accuracy of complete-arch ağız içi scanning for implants: an in vitro study. *Journal of dentistry*, 139, 104761.
- Panichuttra, R., Jones, R. M., Goodacre, C., Munoz, C. A., & Moore, B. K. (1991). Hydrophilic poly (vinyl siloxane) impression materials: dimensional accuracy, wettability, and effect on gypsum hardness. *International Journal of Prosthodontics*, 4(3).
- Pant, R., Juszczak, A. S., Clark, R. K., & Radford, D. R. (2008). Long-term dimensional stability and reproduction of surface detail of four polyvinyl siloxane duplicating materials. *J Dent*, 36(6), 456-461. doi:10.1016/j.jdent.2008.03.003
- Papadiochos, I., Papadiochou, S., & Emmanouil, I. (2017). The historical evolution of dental impression materials. *Journal of the History of Dentistry*, 65(2), 79-89.
- Patil, P., Madhav, V. N. V., Alshadidi, A. A. F., Saini, R. S., Aldosari, L. I. N., Heboyan, A., . . . Chaturvedi, S. (2023). Comparative evaluation of open tray impression technique: investigating the precision of four splinting

materials in multiple implants. *BMC Oral Health*, 23(1), 844. doi:10.1186/s12903-023-03583-x

Pattamavilai, S., & Ongthiemsak, C. (2024). Accuracy of ağız içi scanners in different complete arch scan patterns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 131(1), 155-162. doi:10.1016/j.prosdent.2021.12.026

Pozzi, A., Arcuri, L., Lio, F., Papa, A., Nardi, A., & Londono, J. (2022). Accuracy of complete-arch digital implant impression with or without scanbody splinting: An in vitro study. *Journal of dentistry*, 119, 104072.

Rawat, P., Saxena, D., & Sharma, A. (2024). Dr. Per-Ingvar Branemark: The Father of Modern Dental Implantology. *Cureus*, 16(11), e73950. doi:10.7759/cureus.73950

Reviansyah, F. H. (2025). Eco-Friendly Approaches to Enhance Dental Aesthetics and Patient Satisfactions Using Digital Smile Design: A Systematic Review. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 391-404.

Revilla-León, M., Subramanian, S. G., Özcan, M., & Krishnamurthy, V. R. (2020). Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness and Precision) of an Ağız içi Scanner. *J Prosthodont*, 29(2), 107-113. doi:10.1111/jopr.13135

Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 146-158.

Runkel, C., Güth, J. F., Erdelt, K., & Keul, C. (2020). Digital impressions in dentistry—accuracy of impression digitalisation by desktop scanners. *Clinical oral investigations*, 24(3), 1249-1257.

- Rutkunas, V., & Ignatovic, J. (2014). A technique to splint and verify the accuracy of implant impression copings with light-polymerizing acrylic resin. *J Prosthet Dent*, 111(3), 254-256. doi:10.1016/j.prosdent.2013.08.015
- Saini, R. S., Alshadidi, A. A. F., Hassan, S. A. B., Aldosari, L. I. N., Mosaddad, S. A., & Heboyan, A. (2024). Properties of a novel composite elastomeric polymer vinyl polyether siloxane in comparison to its parent materials: a systemic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 54.
- Sanda, M., Miyoshi, K., & Baba, K. (2021). Trueness and precision of digital implant impressions by ağız içi scanners: a literature review. *Int J Implant Dent*, 7(1), 97. doi:10.1186/s40729-021-00352-9
- Sanghavi, K., Nesappan, T., & Prabhu, A. (2020). Comparison of accuracy/dimensional stability of high-rigid vinyl polysiloxane, polyvinyl siloxane and polyether impression materials in full arch Implant supported prosthesis. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, 30. doi:10.1615/JLongTermEffMedImplants.2020036008
- Sharma, S., Ravi Kiran, S., Kumar, P., Shankar, R., & Kumar Upadhyay, A. (2024). Per-Ingvar Brånemark (1929-2014): A Homage to the Father of Osseointegration and Modern Dentistry. *Cureus*, 16(9), e68655. doi:10.7759/cureus.68655
- Shetty, R., & Bhandari, G. R. (2016). Vinyl polysiloxane ether: a breakthrough in elastomeric impression material. *World Journal of Dentistry*, 5(2), 134-137.
- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (1997). *Fundamentals of fixed*

prosthodontics (Vol. 194): Quintessence Publishing Company Chicago, IL, USA.

- Singer, L., Habib, S. I., Shalaby, H. E.-A., Saniour, S. H., & Bourauel, C. (2022). Digital assessment of properties of the three different generations of dental elastomeric impression materials. *BMC Oral Health*, 22(1), 379.
- Singh, A., & Singh, S. (2013). Full-arch fixed prosthesis: ‘All-on-4TM’/‘All-on-6’ approach. In *Clinical Implantology - E-Book* (pp. 575-611). [Place not identified]: Elsevier Health Sciences.
- Singh, N., Kumar, S., N, T., Dua, P., & Yangchen, S. (2023). A modified open tray direct abutment level impression technique: A clinical tip. *IP Ann Prosthodont Restor Dent*, 9(2), 87-91. doi:10.18231/j.aprd.2023.018
- Siqueira, R., Galli, M., Chen, Z., Mendonça, G., Meirelles, L., Wang, H.-L., & Chan, H.-L. (2021). Ağız içi scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clinical oral investigations*, 25(12), 6517-6531.
- Siqueira, R., Galli, M., Chen, Z., Mendonça, G., Meirelles, L., Wang, H. L., & Chan, H. L. (2021). Ağız içi scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clin Oral Investig*, 25(12), 6517-6531. doi:10.1007/s00784-021-04157-3
- Stimmelmayer, M., Güth, J. F., Erdelt, K., Edelhoff, D., & Beuer, F. (2012). Digital evaluation of the reproducibility of implant scanbody fit--an in vitro study. *Clin Oral Investig*, 16(3), 851-856. doi:10.1007/s00784-011-0564-5

- Suese, K. (2020). Progress in digital dentistry: The practical use of ağız içi scanners. *Dental materials journal*, 39(1), 52-56.
- Tabesh, M., Alikhasi, M., & Siadat, H. (2018). A comparison of implant impression precision: Different materials and techniques. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 10(2), e151.
- Tawfik, M. H. A., El Torky, I. R., & El Sheikh, M. M. (2024). Effect of saliva on accuracy of digital dental implant transfer using two different materials of ağız içi scan bodies with different exposed lengths. *BMC Oral Health*, 24(1), 1428. doi:10.1186/s12903-024-05199-1
- Tjan, A., Whang, S. B., & Sarkissian, R. (1986). Clinically oriented evaluation of the accuracy of commonly used impression materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 56(1), 4-8.
- Tohme, H., Lawand, G., Chmielewska, M., & Makhzoume, J. (2023). Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study. *J Prosthet Dent*, 129(2), 354-362. doi:10.1016/j.prosdent.2021.05.006
- Vigolo, P., Majzoub, Z., & Cordioli, G. (2003). Evaluation of the accuracy of three techniques used for multiple implant abutment impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 89(2), 186-192.

ENDOKRON UYGULAMASINDA ENDİKASYONLAR, SINIRLILIKLAR VE KLİNİK DEĞERLENDİRME

Hidayet ÇELİK BAŞARIR¹

1. GİRİŞ

Endodontik tedavi görmüş dişler, pulpa dokusunun uzaklaştırılmasına bağlı olarak nem içeriği ve elastikiyet açısından önemli kayıplar yaşar; bu durum özellikle koronal yapı bütünlüğünün zayıflamasına yol açar. Bu nedenle bu tür dişlerin restorasyonu sırasında minimum invazivlik, adeziv retansiyon ve mekanik dayanıklılık arasında optimal bir denge sağlanması gerekir (Morsy et al., 2023). Geleneksel olarak bu vakalarda post-kor sistemleri veya tam kron restorasyonları tercih edilmiştir; ancak bu yöntemler, kalan diş dokusunun aşırı preparasyonuna neden olarak uzun vadeli başarısızlıklara yol açabilmektedir (Al-Dabbagh et al., 2022).

Son yıllarda, adeziv sistemlerdeki ilerlemeler ve CAD/CAM teknolojisinin diş hekimliğine entegrasyonu ile endokron restorasyonları, hem koruyucu hem de estetik açıdan güçlü bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Endokronlar, pulpa boşluğunu retansiyon amacıyla kullanarak post yerleştirmeye gerek kalmadan tek parça restorasyonla koronal ve pulpal yapıların bütüncül onarımını sağlar (Yildirim et al., 2024). Böylece hem sağlam diş dokusunun maksimum düzeyde

¹ Doktor Öğretim Üyesi, Batman Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, hidayetcelik.basarir@batman.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1503-1777.

korunması hem de klinik ve laboratuvar sonuçlarının iyileştirilmesi mümkün olmaktadır (Gad et al., 2025).

Endokronlar , tek parçalı, pulpa odası tabanına ve servikal marjine adeziv olarak tutunan monolitik restorasyonlardır. Minimal-invaziv restorasyon ilkesine dayanır; geleneksel post-core ve kron uygulamalarına göre dentin tabakasının korunmasını maksimize eder, işlem basitliği ve maliyet avantajı sağlar. Sistematik ve deneysel çalışmalar, endokronların özellikle molar bölgede uygun vaka seçimiyle iyi mekanik performans ve düşük başarısızlık oranı gösterdiğini bildirmiştir (AlDabeeb ve ark., 2023; Ciobanu ve ark., 2023).

Endokronlar, iki ana mekanizma ile tutunur: pulpa odası içindeki makro-mekanik bağlanma ve adeziv yapıştırma ile mikro-mekanik bağlanma. Restorasyonun başarısı; pulpa odası yüzey alanı, adeziv bağlantı kalitesi, restorasyon materyalinin elastisite modülü ve oklüzal yük dağılımına bağlıdır. Materyalin rijiditesi (ör. Lityum disilikat, PEEK vs. yüksek dirençli seramikler) stres dağılımını ve kırılma direncini etkiler; bu yüzden materyal seçimi vaka şartlarına göre optimize edilmelidir.

Son beş yıldaki in vitro ve klinik araştırmalar, endokronların bazı materyal ve tasarım tercihlerine bağlı olarak geleneksel kronlara benzer veya daha üstün performans gösterebildiğini ortaya koymuştur. Örneğin, Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat (ZLS) ve lityum disilikat (LDS) materyalleriyle yapılan endokronların karşılaştırıldığı çalışmalarda, ZLS restorasyonların daha yüksek kırılma direnci ve marjinal adaptasyon sağladığı bildirilmiştir (Lee et al., 2024). Benzer şekilde, PEEK ve lityum disilikat materyalleriyle üretilen endokronların iç adaptasyon uyumu açısından farklılık gösterdiği ve kavite tasarımının bu uyum üzerinde belirleyici bir etken olduğu saptanmıştır. (Mohamed et al., 2023). Ayrıca, maksiller molarlarda farklı pulpal uzantı derinliklerine sahip CAD/CAM

zir-konya endokronların değ-erlendirildiği bir çalışmada, pulpa derinliğinin restorasyonun kırılma direncini ve onarılabili-rliğini doğrudan etkilediği belirtilmiştir (Wang et al., 2025).

Klinik düzeyde yapılan araştırmalar da bu sonuçları destekler niteliktedir. İki yıllık prospektif bir klinik çalışmada, farklı CAD/CAM seramik materyalleriyle hazırlanan 141 posterior endokronun başarı oranları incelenmiş ve materyal türü ya da diş tipi (molar/premolar) ile klinik performans arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Zhang et al., 2023). Benzer şekilde, pulpotomi uygulanmış süt azı dişlerinde yapılan bir randomize kontrollü çalışmada, zir-konya kronlar ile lityum disilikat endokronlar arasında kırılma direnci açısından fark saptanmamış, her iki restorasyon tipinin de posterior bölgede yeterli dayanıklılık sağladığı rapor edilmiştir (El-Bayoumy et al., 2024).

Bu bulgular, endokronların özellikle posterior dişlerde, uygun vakalarda geleneksel kronlara alternatif olabilecek etkin bir seçenek olduğunu göstermektedir. Ancak bu restorasyonların başarısı; kullanılan materyalin mekanik özelliklerine, adeziv bağlanma protokolüne, pulpal kavite derinliğine, restorasyon geometrisine ve marjinal adaptasyona bağlı olarak değişmektedir.

Endokron restorasyonların uzun dönem başarısı, doğru vaka seçimine ve klinik endikasyonların titizlikle değ-erlendirilmesine bağlıdır (Morsy et al., 2023).

1.1. Endokronların Uygunluk Kriterleri

Endokronların endikasyonu, dişin koronal doku miktarı, pulpa odası morfolojisi, oklüzal yük dağılımı ve izolasyon koşullarına göre belirlenir. Protetik açıdan en uygun endikasyon, koronal yapının %50'den fazlasının kaybolduğu ancak servikal dentin duvarlarının çevresel olarak en az 2 mm yüksekliğinde korunabildiği vakalardır (Yildirim et al., 2024). Bu sayede restorasyon, dentin duvarlarından adeziv destek olarak

kuvvetlerin homojen dağılmasını sağlar (Al-Dabbagh et al., 2022).

Pulpa odasının genişliği de önemli bir belirleyici faktördür. Pulpa odası çok sık olan dişlerde, endokronun retansiyonu yetersiz kalabilir; bu durumda post-kor destekli restorasyonlar tercih edilebilir (Gad et al., 2025). Özellikle molar dişlerde pulpa odasının hacmi, retansiyonun sağlanmasında kritik rol oynar (Wang et al., 2025).

Ayrıca, adeziv bağlanma protokolü ve izolasyon koşulları endokron başarısında belirleyici unsurlardır. Uygun nem kontrolü sağlanamayan vakalarda, adeziv başarısızlık riski artar. Bu nedenle, subgingival sınırları belirgin vakalar veya derin servikal çürük içeren dişler, endokron endikasyonu açısından dikkatli değerlendirilmelidir (El-Bayoumy et al., 2024).

1.2. Sınırlılıklar ve Kontrendikasyonlar

Endokron uygulamaları her vakada uygun olmayabilir. Özellikle servikal bölgede diş dokusunun yetersiz olduğu, oklüzal yüklerin yüksek veya bruksizm alışkanlığının bulunduğu durumlarda, endokronların uzun dönem başarısı düşebilir (Mohamed et al., 2023). Ayrıca, çürük sınırının subgingival olduğu, periodontal desteğin zayıf veya kök morfolojisinin kısa ve konik olduğu dişlerde bu restorasyonlar kontrendikedir (Lee et al., 2024).

Klinik literatürde, bu sınırlılıkların göz ardı edilmesi durumunda restorasyonlarda marjinal sızıntı, adeziv kopmalar veya erken kırılmaların daha sık görüldüğü rapor edilmiştir (Zhang et al., 2023).

1.3. Klinik Değerlendirme Süreci

Endokron endikasyonunun belirlenmesi, sistematik bir klinik değerlendirme süreci gerektirir. Bu süreçte aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Kalan Doku Analizi: En az 2 mm koronal dentin yüksekliği bulunmalıdır.
2. Pulpa Odası Derinliği: Minimum 3 mm derinlik, adeziv yüzey alanı için idealdir.
3. Oklüzal Faktörler: Bruksizm varlığı veya yüksek oklüzal stres durumunda alternatif restorasyon düşünülmelidir.
4. İzolasyon Yeteneği: Tam izolasyon sağlanamayan durumlarda endokron önerilmez.
5. Protetik Alanın Görselliği: Anterior dişlerde estetik gereksinim yüksekse, materyal seçimi lityum disilikat gibi translusent seramiklerden yana olmalıdır (Gad et al., 2025).

Son yıllarda geliştirilen biyomekanik karar modelleri ve finite element analizleri, bu kriterlerin restorasyon dayanıklılığı üzerindeki etkisini nicel olarak doğrulamıştır (Yildirim et al., 2024). Böylece vaka seçimi daha öngörülebilir hale gelmiştir.

1.4. Güncel Klinik Yaklaşım

Klinik olarak, endokronlar özellikle posterior bölgede endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda güvenilir bir alternatif tedavi çeşididir. Bununla birlikte, endikasyon ve kontrendikasyonların dikkatle değerlendirilmesi gereklidir. Güncel araştırmalar, uygun vaka seçimi ve doğru materyal kombinasyonu ile endokronların uzun dönem başarısının %95'in üzerinde olduğunu göstermektedir (Gad et al., 2025; Zhang et al., 2023).

2. ÇALIŞMA İÇERİĞİ

2.1. Endokronlarda Kullanılan Materyaller

Endokron restorasyonlarının başarısında materyal seçimi, hem biyomekanik performans hem de adeziv bağlanma dayanımı açısından belirleyici rol oynar. CAD/CAM teknolojilerinin gelişimiyle birlikte endokronlarda kullanılan materyaller; cam seramikler, reçine esaslı hibrit materyaller ve polimer bazlı yüksek performanslı materyaller olmak üzere üç ana grupta incelenmektedir (Gad et al., 2025).

2.2. Lityum Disilikat Seramikler (LDS)

Lityum disilikat, endokron uygulamalarında en yaygın kullanılan cam seramik materyalidir. Yaklaşık 400 MPa'lık bükülme dayanımı ve mükemmel estetik özellikleri sayesinde, hem posterior hem de anterior bölgelerde tercih edilmektedir (Lee et al., 2024). Küçük çaplı kristal yapısı, homojen stres dağılımı sağlayarak kırılma riskini azaltır (Zhang et al., 2023). Ayrıca, asitle pürüzlendirme ve silanizasyon işlemleri ile güçlü bir adeziv bağ oluşturulabilir (Mohamed et al., 2023).

Klinik çalışmalarda, lityum disilikat endokronların 5 yıllık başarı oranının %95'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (El-Bayoumy et al., 2024). Bununla birlikte, yüksek oklüzal stres veya brüksizm varlığında, materyalin kırılma riski artabilir (Morsy et al., 2023).

2.3. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityum Silikat (ZLS)

Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramikler, lityum disilikata göre daha yüksek bükülme dayanımı (≈ 500 MPa) ve daha düşük çaplı kristal büyüklüğü sunar (Yildirim et al., 2024). Bu özellik, özellikle posterior dişlerde kırılma direncini artırır. Ayrıca, ZLS materyalleri daha ince kesitlerle uygulanabilir, bu da daha fazla diş dokusunun korunmasına olanak tanır (Gad et al., 2025).

In vitro çalışmalarda ZLS endokronların, özellikle oklüzal yük altında lityum disilikata kıyasla daha yüksek dayanıklılık gösterdiği belirtilmiştir (Wang et al., 2025). Ancak, bu materyallerin asit pürüzlendirme süresi ve adeziv simantasyon protokolü dikkatle yönetilmelidir; aksi takdirde yüzey bağlantısında başarısızlıklar meydana gelebilir.

2.4. Reçine Esaslı Hibrit Seramikler ve Kompozit Bloklar

Son yıllarda geliştirilen hibrit CAD/CAM materyalleri, seramik partiküllerinin reçine matris içinde dağılmasıyla oluşturulmuştur. Bu yapılar, elastik modül açısından dentine yakın dayanıklılık sergileyerek stresi absorbe etme kapasitesini artırır (Lee et al., 2024).

Vita Enamic, Cerasmart ve Shofu Block HC gibi materyaller, polimer infiltrasyonu sayesinde hem frezlenebilirlik hem de tamir edilebilirlik açısından avantaj sağlar (Mohamed et al., 2023). Bununla birlikte, uzun dönem klinik veriler lityum disilikat kadar kapsamlı değildir (Zhang et al., 2023).

2.5. Polieter Eter Keton (PEEK) ve Yüksek Performanslı Polimerler

PEEK (Polyether Ether Ketone), endokronlarda kullanılan en yeni materyal gruplarından biridir. Yüksek mekanik dayanımı, biyouyumluluğu ve düşük elastik modülü sayesinde kuvvetleri dentin benzeri şekilde absorbe eder (Gad et al., 2025).

PEEK restorasyonlar, özellikle bruksizm öyküsü olan hastalarda veya yüksek çiğneme kuvvetlerinin bulunduğu posterior bölgelerde alternatif bir seçenek sunar (Mohamed et al., 2023). Ancak, yüzey enerjisi düşük olduğundan, güçlü bir adeziv bağ elde etmek için kumlama, plazma veya asitle aşındırma gibi yüzey modifikasyon işlemleri gereklidir (Yıldırım et al., 2024).

2.6. Materyal Seçimini Etkileyen Faktörler

Materyal seçimi; dişin konumu, oklüzal kuvvetler, estetik gereksinimler ve pulpal kavite morfolojisine bağlı olarak değişir.

3. SONUÇ

- Anterior dişlerde: Lityum disilikat, yüksek translusensi ve estetik uyum nedeniyle tercih edilir.
- Posterior dişlerde: ZLS ve PEEK gibi yüksek dayanımlı materyaller önerilir.
- Bruksizm veya yüksek stresli vakalarda: Reçine matrisli hibrit materyaller veya PEEK endokronlar, stres emilimi açısından avantajlıdır.

Bu faktörlerin doğru değerlendirilmesi, restorasyonun uzun dönem başarısını doğrudan etkilemektedir (Wang et al., 2025).

KAYNAKÇA

- Al-Dabbagh, R. A., Al-Fawaz, Y. F., & Abdulsalam, R. A. (2022). Comparative evaluation of fracture strength of endocrowns fabricated from different CAD/CAM ceramics. *BMC Oral Health*, 22, 41.
- AlDabeeb, D. S., Alakeel, N. S., Aljfshar, R. M., & Alkhalid, T. K. (2023). Endocrowns: Indications, preparation techniques, and material selection. *Cureus*, 15(12), e49947. <https://doi.org/10.7759/cureus.49947>.
- El-Bayoumy, S., Farouk, M., & Elsharkawy, A. (2024). Clinical evaluation of CAD/CAM ceramic endocrown versus prefabricated zirconia crown in pulpotomized molars: A two-year randomized controlled trial. *European Journal of Dentistry*, 18(1), 627–636.
- Gad, M. M., Rahoma, A., & Abualsaud, R. (2025). Comparative analysis of lithium disilicate and zirconia-reinforced endocrowns fabricated by CAD/CAM systems. *BMC Oral Health*, 25, 1127.
- Lee, J. H., Kim, S. M., & Cho, S. H. (2024). Fracture resistance and marginal adaptation of zirconia-reinforced lithium silicate versus lithium disilicate endocrowns. *Dental Materials*, 40(2), 221–228.
- Mohamed, H. A., Samir, A. M., & Morsy, A. M. (2023). Comparative evaluation of internal fit and marginal gap of endocrowns using lithium disilicate and polyether ether ketone materials: An in vitro study. *BMC Oral Health*, 23, 207.
- Morsy, A. M., Samir, A. M., & Gad, M. M. (2023). Endocrown restorations: A conservative approach for endodontically treated teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(4), 523–530.

- Wang, Y., Zhang, X., & Li, P. (2025). Influence of pulp chamber extension depth on fatigue resistance of zirconia endocrowns. *BMC Oral Health*, 25, 5466.
- Yildirim, C., Koseoglu, M., & Aydin, M. (2024). Effect of different CAD/CAM ceramics on the biomechanical performance of endocrown restorations: A finite element analysis. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(1), 59–68.
- Zhang, H., Chen, L., & Yu, S. (2023). Comparison of clinical efficacy of CAD/CAM endocrowns made of feldspathic, zirconia-lithium silicate, and lithium disilicate ceramics: A two-year mixed cohort study. *BMC Oral Health*, 23, 1012.

TAM SERAMİK SİSTEMLERİ

Gülbahar ERDİNÇ AKYOL¹

Merve Cennet ALTUNTAŞ²

1. GİRİŞ

Seramik sözcüğü Grekçe topraktan yapılmış anlamına gelen ‘keramikos’ kelimesinden köken almaktadır. Türkçede de ‘kil kökenli pişmiş materyal’ şeklinde nitelenmektedir. Kil fırınlama sonrası şekil değiştirmeyen katı bir form alır ve seramik olarak isimlendirilir. Diş hekimliği alanında kullanımı için seramiğe bazı katkı maddeleri eklenmektedir (Coşkun & Yaluğ, 2002).

Seramik; 4 tane O⁻² iyonunun silikayla oluşturduğu (SiO₄) tetrahedra yapıdan oluşur. Kovalan ve iyonik bağlar içerir (Altuntaş & Güteryüz,2023). Bu bağlar, seramiklere stabilite, sertlik, ısıcağa ve kimyasal maddelere direnç gibi özellikler sağlar ancak bu yapı kırılabilirlik gibi bazı olumsuz özelliklere de yol açar (İşisağ et al., 2016). Seramikler kristal veya cam fazda görülebilir. Cam fazın estetik özelliklerde artış sağlarken, kristal faz mekanik özelliklerin artışına katkı sağlamaktadır (Anusavice et al.,2012).

Tüm porselenlerin temel yapısı kaolen (%1-10), kuartz (%11-18) ve feldspar (%70-90) kristal minerallerinden oluşur (Shillingburg et al., 1997).

¹ Doç. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, ORCID: 0000-0002-0883-9834.

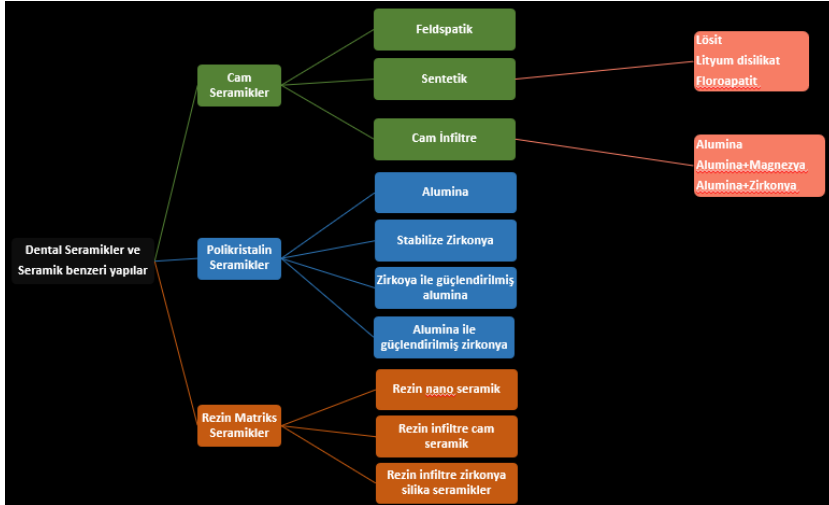
² Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, ORCID: 0000-0002-6825-9188.

Seramiğe ilave olarak akışkanlar veya cam modifiye ediciler (fluks), opaklaştırıcı, renk pigmentleri, ara oksitler ve floresans özelliğini değiştiren ajanlar da eklenebilir (Erdinç & Bülbül, 2021).

2. TAM SERAMİKLER

Metal destekli seramiklerde görülen olumsuz özellikleri önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Mc Lean tarafından seramiğe %40-50 Al_2O_3 eklenmesiyle ilk olarak 1965 yılında kullanılmıştır. Ardından birçok çalışmada farklı kristaller ilave edilmiştir. En sık kullanılanları Al_2O_3 , $MgAl_2O_4$, $Li_2O-Si-O_2$, ve ZrO_2 'dir (Kelly et al., 1996).

Geliştirilmiş ışık geçirgenlikleri, biyouyumlulukları, korozyona dirençleri, düşük ısı geçirgenlikleri ve düşük plak tutulumlarıyla dental materyaller için aranan nitelikleri vardır. En yaygın kullanılan tam seramik sınıflaması yapım tekniklerine ve kimyasal yapılarına göre oluşturulandır (İşisağ et al.,2016).



Şekil 1. Kimyasal yapılarına göre tam seramiklerin sınıflaması (Gracis, Thompson, Ferencz, Silva, & Bonfante, 2016a)

2.1. Cam Seramikler

Cam seramikler, doğal diş yapısının optik niteliklerini en iyi yansıtan seramik grubudur. Atomlar, düzensiz üç boyutlu bir ağ yapısı ile birbirine bağlıdır. Üreticiler, optik özellikleri kontrol edebilmek için az miktarda doldurucu partiküller eklerler (Kelly & Benetti, 2011).

2.1.1. Feldspatik

Cam matriksin içinde yaklaşık %30 oranında, homojen şekilde dağılmış 3–4 µm boyutlarında feldspatik partiküller bulunur. Feldspatik seramiklerin ana bileşeni silikon dioksittir. Silika ve kuartz, her ikisi de silikon dioksit yapısında olup yalnızca içerdiği alümina miktarları bakımından farklılık gösterir. “Feldspar” terimi ise bu doğal alüminyum silikatların potasyum veya sodyum içeren formlarını tanımlar. Bu mineraller seramik içinde renk tonu ve nihai yüzey morfolojisinin elde edilmesinde temel rol oynar (Kelly et al., 1996). Feldspatik porselenler yüksek estetik sağlasa da mekanik dirençleri sınırlıdır; kırılma dayanımları yaklaşık 150 MPa, bükülme dayanımları ise 60–70 MPa seviyesindedir (Ural, 2017). Bu nedenle inley, onley, laminate veneer, parsiyel kuron ve ön-arka bölge tam kronları için endikedir (Denry & Kelly, 2008). Piyasadaki örnekler arasında IPS Empress Esthetic, IPS Empress CAD, IPS Classic (Ivoclar Vivadent), Vitadur, Vita VMK 68, Vitablocs (Vident) ve Vitablocks Triluxe Forte yer alır.

IPS Empress Esthetic, tek diş restorasyonlarında yüksek estetik beklentisi olan olgularda pres tekniği ile kullanılan bir materyaldir. On iki ingottan oluşan sistemde yedi farklı translüenslik seviyesi mevcuttur. T tipi ingotlar daha yüksek ışık geçirgenliğine sahip olup küçük restorasyonlarda (inley-onley) tercih edilir. O tipi ingotlar ise artırılmış opasiteleri sayesinde özellikle kalıcı dentistiyonda yüksek opaklık gerektiren olgular ile beyazlatılmış dişlerde doğal uyum sağlamak amacıyla veneer ve

kronlarda kullanılır. TC bloklar altı farklı tonda sunulur ve cut-back ya da tabakalama tekniği için uygundur. Materyalin en önemli avantajları; iyi marjinal uyum, yüksek estetik sonuçlar ve yaklaşık 160 MPa kırılma direncidir.

IPS Empress CAD, inley, onley, lamina ve hem anterior hem posterior bölgede yüksek estetik gerektiren monokromatik restorasyonlarda tercih edilen bir CAD/CAM materyalidir. Homojen yapısı sayesinde ışığı dengeli dağıtır ve bukalemun etkisini güçlendirir. Doğal translüsensi özelliklerine sahip olan bu blokların dayanımı yaklaşık 160 MPa'dır. HT ve LT olmak üzere iki farklı translüsens seviyesinde üretilen polikromatik multi-bloklar A–D renk skalasında bulunur. Ayrıca IPS Empress CAD LT blokları BL1–BL4 olmak üzere dört ayrı beyazlatma tonunda sunulur. Multi bloklar, dentinden insizale doğru doğal renk ve floresans geçişleri sağlayarak estetik restorasyon üretimini kolaylaştırır.

Vitablocs TriLuxe, mine tabakasından servikal bölgeye doğru belirgin bir gölge geçişi sağlayan dört tabakalı bir yapı sunar: mine, dentin, yoğun dentin ve servikal tabaka. İnce feldspatik seramik yapısı frez aşınmasını azaltır, doğal diş benzer ışık geçişi ve antagonist dostu aşınma davranışı gösterir. Servikal bölgede artan floresans ile kombine edildiğinde, ince restorasyonlarda bile doğal renk etkisi elde edilir. Kullanım alanları arasında inley/onley, veneer ve tam kron restorasyonları bulunur.

2.1.2. Sentetik

Seramik endüstrisi, doğal hammaddelere bağımlılığı azaltmak amacıyla bu maddelerin laboratuvar ortamında üretilmiş sentetik formlarını kullanmaya yönelmiştir. Üreticilere göre bileşim farklılık gösterse de bu tür seramikler genellikle silikon dioksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), sodyum oksit (Na_2O) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) içeren bir yapıya sahiptir.

Eklenen doldurucu partiküller, özellikle fırınlama sırasında materyalin stabilitesini korunmasına katkı sağlar ve yüzey ile bağlanma bölgesinde mikromekanik retansiyonu artırır. Cam fazları, uygun optik ve mekanik özellikler elde etmek amacıyla apatit kristalleriyle birleştirilebilmektedir. Lösit ilavesi, metal alt yapılarla termal genleşme uyumunu iyileştirmek ve materyalin dayanımını artırmak amacıyla kullanılır (Conrad et al., 2007; Gracis et al., 2016).

2.1.2.1. Lösit

Bu seramikler; silisyum oksit (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve potasyum oksit (K_2O) içeren bir bileşime sahiptir. Silikat cam matriksinin yaklaşık %30–40’lık kısmını, 1–5 μm boyutlarındaki lösit kristalleri oluşturur. Işık geçirgenliği ve karşıt diş üzerinde oluşturduğu aşınma miktarı doğal diş dokusuna oldukça benzerdir. Materyalin bükülme dayanımı yaklaşık 160 MPa düzeyindedir. Özellikle anterior bölge kuronlarında ve laminate veneer uygulamalarında tercih edilir (Kelly et al., 1996; Pröbster, 1997). Piyasada IPS d.Sign (Ivoclar Vivadent), Vita VM7, VM9, VM13 (Vident) ve Noritake EX-3, Cerabien, Cerabien ZR (Noritake) yer alır.

Vita M7, tam seramik alt yapı sistemleri için geliştirilmiş bir veneer porselenidir. Doğal mine dokusuna yakın ışık kırılma ve yansıma özellikleri gösterir. Floresan ve opalesan porselenlerin eklenebilmesi, bireyselleştirilmiş yüksek estetik sonuçlar elde edilmesini sağlar. Modelasyon kolaylığı, iyi öğütülebilme ve parlatılabilme kapasitesi, homojen yüzey oluşturma yeteneği ve çoklu fırınlama döngülerinden sonra bile korunan fırınlama stabilitesi materyalin avantajları arasındadır.

2.1.2.2. Lityum disilikat ve türevleri

Lösit içeren porselenlerde görülen yetersiz dayanıklılığı ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiş bir seramik grubudur. Bu materyallerde kristal faz oranı yaklaşık %70’e çıkarılmış ve

kristal yapının organizasyonu iyileştirilerek mekanik dayanım belirgin şekilde artırılmıştır. Bükülme direnci yaklaşık 360 MPa seviyesindedir. Hem yeterli estetik özellik sunması hem de yapısal dayanımı sayesinde tek başına kullanılabildiği gibi veneer porselenlerle birlikte de uygulanabilmektedir (Ural, 2017). Lityum disilikatın CAD/CAM sistemlerinde işlenmesini zorlaştıran yüksek sertliği nedeniyle, bu amaçla kullanılan bloklar genellikle presinterize formdadır. Presinterize bloklardaki baskın faz lityum metasilikattır ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_3$). Bu ara formun fiziksel özellikleri zayıf olmakla birlikte, kristalizasyon işlemi tamamlandığında materyal dayanıklı ve diş rengine uyumlu lityum disilikata dönüşür (Ritzberger et al., 2010). Ticari örnekler arasında 3G HS (Pentron Ceramics), IPS e.max CAD ve IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent), Obsidian (Glidewell Laboratories), Suprinity (Vita) ve Celtra Duo (Dentsply) bulunmaktadır.

IPS e.max CAD, CAD/CAM sistemleri için formüle edilmiş modern bir lityum disilikat (Li_2Si_2) cam seramiğidir. Geniş translüsens seçenekleri, renk skalası ve blok boyutu çeşitliliği sayesinde çok sayıda klinik endikasyonda kullanılabilir. Restorasyonların simantasyonu için geliştirilen özel sistemler materyali tamamlar. Üretim sürecinde bloklar mavimsi tonlarda ve “soft” olarak adlandırılan orta sertlikte frezlenir; ardından kısa süren kristalizasyon döngüsü sonunda nihai 360 MPa dayanımına ve üstün parlaklık–translüsensi özelliklerine ulaşır.

IPS e.max Press, presleme tekniğiyle kullanılan lityum disilikat esaslı bir cam seramiktir. Beş farklı translüsens seviyesi ile Impulse seçeneği bulunmaktadır. Kullanılacak ingot türü, olgunun gereksinimleri ve seçilecek teknik (boyama, cut-back ya da tabakalama) doğrultusunda belirlenir. Restorasyonların karakterizasyonu için IPS e.max Ceram tabakalama seramiği veya IPS Ivocolor boyaları kullanılabilir. Başlıca avantajları; klinik olarak kanıtlanmış yüksek dayanım, farklı simantasyon

seçenekleri, diş renginden bağımsız olarak doğal görünüm elde edebilme, çok renkli multibloklarla estetik çeşitlilik ve minimal preparasyon gerektiren restorasyonlarda dahi iyi uyum sağılamasıdır. Endikasyonları arasında 0,3 mm inceliğinde laminalar, klasik laminatlar, oklüzal laminatlar, inley-onley restorasyonlar, parsiyel kronlar, minimal invaziv kronlar (≥ 1 mm), üç üyeli köprüler (son destek dişi ikinci küçük azı olabilir), hibrit abutmentlar ve hibrit abutment kronlar yer alır. IPS e.max Press Multi, HT, MT, LT, MO, HO ve Impulse gibi farklı klinik senaryolara uygun pek çok versiyonu bulunmaktadır.

2.1.2.3. Floroapatit

Ticari marka örnekleri; (IPS e.max Ceram, ZirPress, Ivoclar Vivadent)

IPS e.max ZirPress, IPS e.max ZirCAD ve diğerk zirkonya (ZrO_2) altyapıların üzerine presleme yöntemiyle uygulanmak üzere tasarlanmış floroapatit esaslı cam seramik ingotlardan oluşmaktadır. Bu ingotlar iki farklı opaklık düzeyinde üretilir; A–D renk skalasında ton seçeneklerine ve ayrıca dört farklı beyazlatma (BL) tonuna sahiptir. Buna ek olarak, iki özel gingival ton seçeneğı de bulunmaktadır. Restorasyonların kişiselleştirilmesi IPS Ivoclar renklendirme boyaarı ile gerçekleştirilebilir.

HT (high translucency) ingotlar yüksek saydamlık sunar ve zirkonyum oksit altyapılar üzerinde tam anatomik pres tekniğıyle çalışmak için uygundur. LT (low translucency) ingotlar ise daha düşük translüsens gösterdiğinden özellikle cut-back tekniğıyle kullanılmaya elverişlidir. Gingiva tonları, özellikle implant destekli geniş restorasyonlarda restorasyonun yumuşak doku bölgesinin doğal görünümde oluşturulmasını kolaylaştırır.

Bu materyalin kullanım alanları arasında zirkonyum oksit altyapılar üzerinde tek diş restorasyonları, çok üyeli köprüler,

zirkonya implant üst yapıları ve veneer restorasyonları bulunmaktadır.

2.1.3. Cam İnfiltr

Bu seramik grubunda doldurucu partiküller ile cam faz, üç boyutlu bir yapı içerisinde birbirine nüfuz etmiş durumdadır. Bu teknoloji *In-Ceram sistemi* olarak adlandırılır. Sistem, sinterlenmiş oksit yapının içerisine erimiş cam partiküllerinin infiltr edilmesi prensibine dayanır. “Spinell” adı verilen sinterizasyon sonrası oluşan gözenekli matrikse lantan oksidin infiltr edilmesiyle hem mekanik özellikler hem de ışık geçirgenliği artırılır. Bu yapı özellikle kron restorasyonlarında ve anterior bölgede üç üyeli köprülerin altyapılarında kullanım bulmuştur (Sener & Türker, 2009). Ticari örnekler; yalnızca alümina içeren (In-Ceram Alumina, Vita), alümina–magnezyum kombinasyonu içeren (In-Ceram Spinell, Vita) ve alümina–zirkonya içeren (In-Ceram Zirconia, Vita) çeşitleridir.

In-Ceram Alumina, 1989’da tanıtılan sistemdir ve yüksek saflıkta (%99,56) alümina içeren altyapı şekillendirilip sinterlendikten sonra cam ile infiltr edilir. Yarı opak görünümü nedeniyle estetik kapasitesi sınırlıdır. Bükülme direnci yaklaşık 236–600 MPa, kırık tokluğu ise 3,1–4,61 MPa aralığındadır (Sener & Türker, 2009). Al_2O_3 hacminin artırılmasıyla ön bölge kronları ve üç üyeli köprü altyapıları için daha uygun hale getirilmiştir (Sevük, 2011).

In-Ceram Spinell, In-Ceram Alumina’nın opak görünümünden kaynaklanan estetik dezavantajı gidermek amacıyla 1994 yılında geliştirilmiştir. Cam matriks içerisine *Spinell* ($MgAl_2O_4$) kristallerinin eklenmesiyle üretilen bu sistem, daha iyi translüsens sağlasa da düşük bükülme direnci (yaklaşık 350 MPa) nedeniyle kullanım alanı anterior bölge kron altyapıları ile sınırlı kalmıştır (Sevük, 2011).

In-Ceram Zirconia, yapıya %33 oranında parsiyel stabilize zirkonya eklenmesiyle geliştirilmiştir. Bu modifikasyon sayesinde bükülme dayanımı 700 MPa seviyelerine kadar yükselmiş ve materyal posterior bölgedeki kuron ve köprü altyapıları için uygun hale gelmiştir (Sevük, 2011).

2.2. Polikristalin Seramik

Bu seramikler, sinterleme işlemiyle oluşturulan monofaz yapılardır. Üretim aşamasında kristaller yüksek ısı altında sinterize edilerek, herhangi bir cam fazı ya da hava boşluğu içermeyecek şekilde yoğunlaştırılır. Bu yöntem sonucunda polikristalin bir yapı ortaya çıkar (Ural, 2017). Polikristalin seramiklerin cam faz içermemesi ve atomların düzenli bir örgü içinde sıralanması, çatlak ilerlemesini zorlaştırdığı için bu materyaller cam seramiklere kıyasla daha yüksek dayanım gösterir. Bununla birlikte, düşük translüsensi özellikleri sebebiyle çoğunlukla altyapı materyali olarak tercih edilmektedirler. Hidroflorik asit ile yüzey pürüzlendirme işlemi zor ve uzun süre gerektirir. En sık kullanılan polikristalin seramikler alüminyum oksit ve zirkonyum oksittir (Conrad et al., 2007; Gracis et al., 2016). Bu gruba ait ticari materyaller arasında Vita AL Cubes, Procera AllCeram, Vita YZ Cubes, IPS e.max ZirCAD, Lava, Cercon, DC-Zirkon ve Denzir bulunmaktadır.

2.2.1. Alumina

Bu materyaller, tek fazdan oluşan seramiklerin yüksek ısıda sinterlenmesiyle elde edilir. Üretim sürecinde kristaller füzyona uğratarak, içinde ne cam fazı ne de hava boşluğu kalmayacak şekilde yoğun bir yapı oluşturulur. Bu işlem sonucunda polikristalin özellik gösteren bir seramik meydana gelir (Ural, 2017). Polikristalin seramiklerde cam içeriği bulunmadığından, atomlar düzenli bir kristal örgüsü içinde yer alır ve bu düzen çatlakların ilerlemesini zorlaştırarak dayanımı artırır. Ancak ışık geçirgenliklerinin düşük olması nedeniyle

çoğunlukla sadece alt yapı materyali şeklinde kullanılmaktadırlar. Hidroflorik asitle asitleme işlemleri güç gerçekleşir ve uzun işlem süresi gerektirir. En yaygın kullanılan polikristalin seramikler alümina ve zirkonya esaslı olanlardır (Conrad et al., 2007; Gracis et al., 2016). Bu gruba giren ticari ürünler arasında Vita AL Cubes, Procera AllCeram, Vita YZ Cubes, IPS e.max ZirCAD, Lava, Cercon, DC-Zirkon ve Denzir sayılabilir.

2.2.2. Stabilize Zirkonya

Saf zirkonyum, yapısında meydana gelen faz dönüşümleri nedeniyle mekanik dayanım kaybına uğrayabilmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için zirkonya; itriyum, magnezyum, kalsiyum ve seryum gibi oksitlerle stabilize edilir. Bu katkıları, zirkonyanın kristal fazlarını tamamen ya da kısmen sabitleyerek dayanım ve boyutsal kararlılık sağlar. Mikro yapısal özelliklerine göre zirkonya seramikler üç gruba ayrılır: tam stabilize zirkonya, parsiyel stabilize zirkonya ve tetragonal polikristalin zirkonya (Chevalier et al., 2009; Gracis et al., 2016). Yaygın ticari ürünler arasında Nobel Procera Zirconia (Nobel Biocare), Lava/Lava Plus (3M ESPE), In-Ceram YZ (Vita), Zirkon (DCS), Katana Zirconia ML (Noritake), Cercon ht (Dentsply), Prettau Zirconia (Zirkonzahn), IPS e.max ZirCAD (Ivoclar Vivadent) ve Zenostar (Wieland) bulunmaktadır.

Lava/Lava Plus Zirconia (3M ESPE), yüksek yarı saydamlık ve güçlü mekanik özellikler sağlamak amacıyla %3 mol yttria ile kısmen stabilize edilmiş tetragonal polikristalin bir zirkonya türüdür. Lava Frame Zirkonya'ya göre alumina içeriği %0,1 oranında azaltılmıştır; çünkü alumina oranının fazla olması ışık saçılması ve emilimine neden olarak yarı saydamlığı düşürebilmektedir. Ayrıca malzemedeki gözeneklilik gibi mikroyapısal kusurlar da ışık iletimini olumsuz etkiler. Lava Plus üretiminde bu kusurların minimize edilmesi, materyalin yüksek translüsensini korur. Alumina, yaşlanma direncini artıran faydalı

bir katkı maddesi olmakla birlikte kırılma indisi zirkonyadan farklı olduğu için dağılımı kontrol edilmezse translüsensi azaltılabilir. Bu nedenle Lava Plus'ta alumina miktarı azaltılmış ancak dağılımı optimize edilerek hem yaşlanma direnci hem de yüksek saydamlık birlikte sağlanmıştır.

Prettau Zirconia, azalmış oklüzal mesafe, bruksizm ya da kaplama porcelenlerinde görülen chipping gibi klinik sorunların sık yaşandığı olgularda tercih edilen bir materyaldir. Fonksiyonel dayanımın yanı sıra estetik beklentileri de karşılayabilen bu zirkonya türü; biyouyumluluğu yüksek, pöröz olmayan, yarı saydamlığı artırılmış ve doğal diş dokusuna yakın görünüm sunan bir yapıya sahiptir. Bu optik özellikleri sayesinde, özel renklendirme protokolleri uygulandığında tabakalama porcelenine ihtiyaç duymadan tamamen monolitik restorasyonlar elde edilebilir. Kullanım alanları; tek veya parsiyel kuronlar, inley-onley restorasyonlar, veneerler ve vidalı veya simante şekilde uygulanabilen 14 üyeye kadar köprüleri kapsamaktadır. Tüm bu restorasyonlar tam anatomik formda tasarlanabilir. Prettau Zirkonya, kısmen itriyumla stabilize edilmekte ve alüminyum ilavesiyle güçlendirilmektedir. Bu modifikasyonlar; 1200 MPa'ya ulaşabilen bükülme dayanımı, yüksek ısı direnci ve stabil büzülme oranı gibi olumlu materyal özellikleri kazandırır. Avantajları arasında karşıt dişte aşınmaya yol açmaması, chipping riskinin bulunmaması, optimize edilmiş mikroyapı nedeniyle daha yüksek translüsens elde edilmesi ve kaplama seramiklerine gerek kalmadığından yaklaşık %200'e varan bükülme dayanımı artışı yer alır. Ayrıca oklüzal mesafenin sınırlı olduğu implant üstü restorasyonlarda güvenle kullanılabilir.

Zenostar MT, tam konturlu estetik restorasyonların üretimine olanak sağlayan, yüksek saydamlık değerine sahip bir zirkonya materyalidir. Artan translüsens özelliği sayesinde özellikle anterior bölgedeki monolitik restorasyonlarda doğal bir görünüm oluşturur. Zenostar MT0, beyaz disk formunda

üretilmekte olup, restorasyonlar Zenostar MT Renk sistemleriyle kişiselleştirilebilir; bu amaçla geliştirilmiş boyama sıvıları mevcuttur. Yeni ton seçeneklerine sahip Zenostar MT 1–4 diskleri, restorasyonların daha hızlı ve verimli bir şekilde hazırlanmasını sağlar. Kullanım indikasyonları; anterior ve posterior bölgede monolitik tek diş restorasyonları, yine her iki bölgede monolitik üç üyeli köprüler ile cut-back yöntemiyle hazırlanan kuron ve köprü restorasyonlarıdır.

2.2.3. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alumina / Alumina ile Güçlendirilmiş Zirkonya

Zirkonyumun strese bağlı transformasyon özelliğinden dolayı alümina matriks ile birleştirilerek materyalin özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır ve zirkonya ile güçlendirilmiş alümina (ZTA) ortaya çıkmıştır (Denry & Kelly, 2008).

2.3. Rezin Matriks Seramik

Seramik ve kompozit bileşenlerin birlikte kullanıldığı bu çift fazlı materyaller, her iki grubun avantajlı özelliklerini bir arada sunmayı amaçlar. İşlenebilirliğinin kolay olması, yüksek marjinal uyum göstermesi ve geliştirilmiş kırılma dayanımı bu materyalleri öne çıkaran başlıca özelliklerdir. Bu sınıftaki ürünler, organik bir matriks içinde yüksek oranda seramik partikülleri barındıran yapılar olarak tanımlanmaktadır (Spitznagel et al., 2014). Rezin matriksli seramiklerin formülasyonu üreticiden üreticiye farklılık göstermekle birlikte, özellikle CAD/CAM teknolojilerine uyum sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır. Bu materyaller, içeriklerindeki inorganik fazın türüne göre çeşitli alt gruplara ayrılmaktadır. (Gracis et al., 2016).

2.3.1. Rezin Nanoseramik

Bu materyaller, yaklaşık %80 oranında nanoseramik partiküllerle güçlendirilmiş, yüksek derecede polimerize bir rezin matriks yapısına sahiptir. Silika nanopartikülleri, zirkonya

nanoparçacıkları ve zirkonya–silika nanokümelerinden oluşan bu dolgu sistemi, partiküller arasındaki boşlukları en aza indirerek oldukça yüksek bir nanoseramik yükleme oranı oluşturur (Gracis et al., 2016). Bu sınıfa ait bir örnek Lava Ultimate (3M ESPE)’dir.

Lava Ultimate, 2012’de kullanıma sunulmuş olup, yoğun çapraz bağ yapısına sahip rezin matrikse gömülü nanoseramik partiküllerden oluşmaktadır. Materyalin yaklaşık %80’ini nano seramik dolgular, geri kalan kısmını ise rezin matriks içinde dağılan zirkonya ve silika bileşenleri oluşturur. Silika partiküllerinin boyutu ortalama 20 nm iken, zirkonya nanomerleri 4–11 nm aralığındadır. Materyal CAD/CAM uyumlu prefabrike bloklar halinde üretilmektedir. Yaklaşık 200 MPa düzeyinde bükülme direnci ve 2 MPa civarında kırılma dayanıklılığı rapor edilmiştir (Ural, 2017).

2.3.2. Rezin İnfiltr Cam Seramik

Bu sistem genellikle bir çift ağdan oluşmaktadır: feldspatik seramik ağ ve polimer ağ. Üreticiler bu sistemi hibrit seramikler olarak tanımlamaktadır (Gracis et al., 2016). Ticari marka örneği; (Enamic, Vita)dir.

Vita Enamic, 2013 yılında tanıtılmış olup hibrit seramik sınıfının ilk örneklerinden biridir. Üretiminde, feldspatik seramikten oluşan kristal ağ yapısında bulunan mikroskobik boşlukların polimer faz ile infiltr edilmesi esas alınmıştır ve bu nedenle tipik bir CAD/CAM materyali olarak geliştirilmiştir. Yapısal bileşenlerin dağılımına bakıldığında, seramik faz hacimce %75, ağırlıkça %86 oranında; polimer faz ise hacimce %25 ve ağırlıkça yaklaşık %14 oranında yer almaktadır. Esneme dayanımının yaklaşık 150–160 MPa, elastik modülünün ise 38 GPa civarında olduğu ve bu değerlerin doğal diş dokusuna oldukça yakın olduğu rapor edilmiştir (Ural, 2017). Endikasyon alanları arasında non-prep veneer/tabletop restorasyonlar, posterior kuronlar ve implant destekli kuronlar bulunmaktadır.

2.3.3. Rezin İnfiltrir Zirkonya Silika Seramikler

Bu sistemde, glisidil metakrilat (Bis-GMA), TEGDMA karışımı polimer matriks içerisinde %85 oranında 0,6 mikrometre küresel şekilli ultra ince zirkonya-silika tanecikleri bulunmaktadır (Chen, Trindade, De Jager, Kleverlaan, & Feilzer, 2014). Ticari marka örnekleri; (MZ100 Block, Paradigm MZ-100 Blocks, 3M ESPE)

MZ100 bloklar, yüksek dayanım, iyi aşınma direnci ve tatmin edici estetik özellikler sunan materyaller olup, pratik ve hızlı kullanım imkânı sayesinde CEREC restorasyonlarına alternatif bir seçenek oluşturmaktadır. Kullanım alanları; inley, onley, veneer ve tam kron restorasyonlarını kapsamaktadır. Radyopak yapıda olan bu blokların diş yapıştırılması, 3M™ RelyX ARC benzeri adeziv rezin esaslı simanlarla gerçekleştirilir. Restorasyonların tasarımı ve üretimi CEREC sistemi aracılığıyla yapılmaktadır.

3. SONUÇ

Dental seramikler; estetik, biyouyumluluk ve dayanıklılık özellikleri sayesinde günümüzde restoratif diş hekimliğinin vazgeçilmez materyalleridir. Cam seramikler yüksek estetik sağlayarak özellikle anterior bölgede tercih edilirken, lityum disilikat gibi güçlendirilmiş seramikler hem estetik hem de mekanik dayanım açısından geniş bir endikasyon aralığı sunmaktadır. Polikristalin seramikler, özellikle zirkonya, üstün kırılma direnci ve yapısal stabiliteleri sayesinde posterior bölgede ve çok üyeli restorasyonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Her seramik türü, içerdiği kristal yapıya ve üretim teknolojisine bağlı olarak farklı avantajlar sunmakta olup, doğru materyal seçimi klinik başarının ana belirleyicisidir. Bu nedenle, seramiklerin kimyasal yapılarının ve performans özelliklerinin iyi anlaşılması,

hasta için en uygun restoratif çözümün belirlenmesinde kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Altuntas, M. C., & Guleryuz, A. (2023). Evaluation of the relationship between metallurgical properties and metal-ceramic bond characteristics of Co-Cr alloys manufactured by different techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(6), 937-e1.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (Eds.). (2012). *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences.
- Chevalier, J., Gremillard, L., Virkar, A. V., & Clarke, D. R. (2009). The tetragonal-monoclinic transformation in zirconia: Lessons learned and future trends. *Journal of the American Ceramic Society*, 92(9), 1901–1920.
- Conrad, H. J., Seong, W.-J., & Pesun, I. J. (2007). Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(5), 389–404.
- Coşkun, A., & Yaluğ, D. (2002). Metal desteksiz porselen sistemleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 5(2), 97-102.
- Denry, I., & Kelly, J. R. (2008). State of the art of zirconia for dental applications. *Dental Materials*, 24(3), 299–307.
- Erdinç, G., & Bülbül, M. (2021). Effect of mastication simulation on the phase transformation of posterior 3-unit monolithic zirconia fixed dental prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(6), 794-e1.
- Gracis, S., Thompson, V., Ferencz, J., Silva, N., & Bonfante, E. (2016). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International Journal of Prosthodontics*, 28(3), 227–235.

- Guess, P. C., Schultheis, S., Bonfante, E. A., Coelho, P. G., Ferencz, J. L., & Silva, N. R. F. A. (2011). All-ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dental Clinics of North America*, 55(2), 333–352.
- İşisağ, Ö., Şahin, O., & Koroğlu, A. (2016). Diş Hekimliğinde Tam Seramik Sistemler. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*, (1), 19-25.
- Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic materials in dentistry: Historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, 56(SUPPL. 1), 84–96.
- Kelly, J. R., Nishimura, I., & Campbell, S. D. (1996). Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 75(1), 18–32.
- Pröbster, L., Geis-Gerstorfer, J., Kirchner, E., & Kanjantra, P. (1997). In vitro evaluation of a glass–ceramic restorative material. *Journal of oral rehabilitation*, 24(9), 636-645.
- Ritzberger, C., Apel, E., Höland, W., Peschke, A., & Rheinberger, V. M. (2010). Properties and clinical application of three types of dental glass-ceramics and ceramics for CAD-CAM technologies. *Materials*, 3(6), 3700–3713.
- Sener, I. D., & Türker, Ş. B. (2009). Kimyasal yapılarına göre tam seramik restorasyonlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 19(1), 61–67.
- Sevük, Ç. (2011). Tam seramik kuronlar. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 2(1), 41–47.
- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (1997). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (Vol. 194). Chicago, IL, USA: Quintessence Publishing Company.

- Spitznagel, F. A., Horvath, S. D., Guess, P. C., & Blatz, M. B. (2014). Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: A review of the literature. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(6), 382–393.
- Ural, Ç. (2017). Diş hekimliğinde kullanılan güncel porselenler ve farklı sınıflamaları. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 3(3), 151–163.

TAM PROTEZLERİN ÜRETİLMESİNDE KULLANILAN GÜNCEL YÖNTEMLER

Özgül ALVER¹

Ayşegül KURT²

1. GİRİŞ

Tam dişsizlik, bireylerin yaşam kalitesini ciddi şekilde olumsuz etkileyen temel ağız sağlığı problemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Dünya genelinde özellikle yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte tam dişsizlik prevalansının giderek yükseldiği bildirilmektedir. Tam dişsiz bireyler yalnızca çiğneme fonksiyonunu değil, aynı zamanda fonasyon, estetik görünüm ve sosyal iletişimlerini de kaybetmektedir. Bu durum, bireylerin beslenme düzenlerinden psikolojik sağlıklarına kadar geniş bir yelpazede olumsuz sonuçlar doğurur. Total protezler, tam dişsiz bireylerin rehabilitasyonunda uzun süredir kullanılan ve halen temel tedavi seçenekleri arasında yer alan uygulamalardır. Ancak konvansiyonel yöntemlerin çok aşamalı, zaman alıcı ve hata riskine açık doğası, modern diş hekimliğinde yeni arayışları gündeme getirmiştir (D'Arienzo et al., 2020).

CAD/CAM teknolojilerinin diş hekimliği alanına girmesi, protetik tedavilerde köklü bir dönüşümün önünü açmıştır. Öncelikle sabit protezlerde kullanılan bu sistemler zamanla hareketli protezlere de adapte edilmiştir. Dijital tam protez kavramı; intraoral veya laboratuvar tarayıcılarıyla elde edilen

¹ Araştırma Görevlisi, Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID:0009-0000-2054-2526.

² Doçent Doktor, Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID:0000-0003-2775-3179.

dijital ölçülerin bilgisayar yazılımları ile sanal ortamda tasarlanması ve ardından frezeleme veya üç boyutlu baskı teknolojileri ile üretilmesi aşamalarını içerir(Bidra, Taylor, & Agar, 2013; C. J. Goodacre et al., 2012; Srinivasan et al., 2021). Bu süreç, konvansiyonel yöntemlere kıyasla daha kısa sürede, daha öngörülebilir ve hasta dostu bir alternatif sunmaktadır. CAD/CAM teknolojileri, tedavi süresini kısaltmakta, klinik seans sayısını azaltmakta ve dijital verilerin arşivlenebilmesi sayesinde protezlerin yeniden üretilebilirliğini kolaylaştırmaktadır. Bu gelişmeler hasta memnuniyetini artırmakta ve tedavi süreçlerini standardize etmektedir(Wulfman et al., 2020).

Dijital protez üretim süreci; ölçü alımı, sanal tasarım ve üretim olmak üzere üç ana basamaktan meydana gelir. İntraoral tarayıcılar tam dişsiz hastalarda sınırlı başarı göstermektedir. Yumuşak dokuların dinamik hareketlerinin tam olarak kaydedilememesi, ölçülerin doğruluğunu etkilemektedir. Bu nedenle konvansiyonel ölçülerden elde edilen modellerin laboratuvar tarayıcılarıyla dijitalleştirilmesi günümüzde hâlen yaygın bir uygulamadır (D'Arienzo et al., 2020). CAD yazılımları sanal ortamda protezin diş dizimi, oklüzyon ilişkileri ve estetik parametrelerinin düzenlenmesine olanak tanırken, CAM teknolojileri ile protez ya frezeleme yöntemiyle endüstriyel polimetilmetakrilat bloklarından üretilmekte ya da 3 boyutlu yazıcılarla baskı alınarak elde edilmektedir(Steinmassl, Dumfahrt, Grunert, & Steinmassl, 2018).

Frezeleme, endüstriyel koşullarda yüksek basınç ve sıcaklıkta polimerize edilen prepolimerize PMMA bloklarının kazınarak protez kaidesine dönüştürülmesi esasına dayanır. Bu yöntemle üretilen tabanlarda polimerizasyon büzülmesinin minimal olması, daha homojen yapı ve yüksek mekanik dayanıklılık gibi avantajlar elde edilmektedir(N. Z. Baba, Goodacre, Goodacre, Muller, & Wagner, 2021; Steinmassl, Offermanns, et al., 2018).

Dijital frezelenmiş kaidelerde uzun polimer zincirleri sayesinde artık monomer miktarının azaldığı, porozitenin ve *Candida albicans* adezyonunun konvansiyonel ısı ile polimerize polimetilmetakrilata göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Steinmassl et al., 2017; Murat et al., 2019) . Bununla birlikte frezeleme yönteminin; hammadde israfı, takım aşınması ve özellikle karmaşık undercut bölgelerinin işlenmesindeki zorluklar gibi sınırlılıkları vardır. Ayrıca kullanılan ekipmanların maliyetinin yüksek olması ekonomik açıdan dezavantaj oluşturur (Bilgin, Baytaroglu, Erdem, & Dilber, 2016; Kalberer, Mehl, Schimmel, Muller, & Srinivasan, 2019).

Geleneksel ve dijital yöntemler, klinik süreçlerin işleyişinde belirgin farklılıklar göstermektedir. Geleneksel protez yapımında en az beş klinik randevu gerekirken dijital sistemlerde bu sayı çoğunlukla iki veya üçe düşmektedir. Bu durum, özellikle yaşlı ve sistemik rahatsızlığı olan bireyler için klinik kolaylık sağlamaktadır (N. Z. Baba et al., 2021). Ayrıca dijital yöntemlerde protez teslim sürelerinin kısaldığı, laboratuvar aşamalarının azalmasıyla birlikte klinik süresinin de belirgin şekilde azaldığı rapor edilmiştir (Yuzbasioglu, Kurt, Turunc, & Bilir, 2014).

Ekonomik açıdan incelendiğinde, geleneksel yöntemlerin ilk aşamadaki maliyetleri genellikle daha düşüktür. Ancak dijital protezlerde arşivlenen veriler sayesinde yeniden üretim kolaylığı, daha kısa süreçler ve standardizasyonun sağlanması uzun vadede mali etkinlik açısından avantaj yaratmaktadır (Nadim Z Baba, 2016; Bidra et al., 2013).

Materyal özellikleri açısından, prepolimerize polimetilmetakrilat bloklarından frezelenen protezler konvansiyonel akrillere kıyasla daha düşük artık monomer içerir ve daha biyouyumlu özellikler sergiler (Ayman, 2017; Steinmassl, Offermanns, et al., 2018). Buna karşın 3 boyutlu baskı reçineleri karmaşık geometrilerin üretilmesine ve malzeme verimliliğine

olarak tanırken, bazı mekanik özelliklerin frezelenmiş polimetilmetakrilatlara kıyasla daha düşük olabildiği ve uzun dönem klinik kanıtların sınırlı olduğu belirtilmektedir (Kalberer et al., 2019; Tasaka et al., 2019).

Dijital yöntemler standardizasyon bakımından daha güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar verirken, klasik yöntemler büyük ölçüde teknisyenin deneyimine dayalıdır. Bununla birlikte çeneler arası ilişki ve fonksiyonel sınırların kaydedilmesi gibi noktalarda konvansiyonel yöntemlerin hâlen daha güvenilir kabul edildiği bildirilmektedir (Chebib et al., 2019; Lo Russo et al., 2020).

2. DİJİTAL TAM PROTEZ ÜRETİMİNDE KULLANILAN SİSTEMLER

2.1. AvaDent (Global Dental Science Europe BV, Tilburg, Nederland)

AvaDent, dijital total protez üretiminde piyasaya sunulan ilk sistemlerden biri olarak, klasik laboratuvar adımlarını en aza indirip daha standart ve öngörülebilir bir iş akışı sağlamayı hedeflemektedir. Sistem, elde edilen ölçülerin dijitalleştirilmesi ve üç boyutlu sanal modellerin oluşturulmasıyla başlar. Bu modeller, CAD yazılımına aktarılır ve protez kaidesi ile diş dizimi burada planlanır. AvaDent'in yazılım altyapısı, hem estetik hem de fonksiyonel parametrelerin sanal ortamda düzenlenmesine izin vermektedir. Bu sayede hekim; dikey boyut tespiti, ön dişlerin yerleştirilmesi ve oklüzyon değerlendirmesi gibi önemli adımları dijital ortamda yapabilmektedir (C. J. Goodacre et al., 2012).

Sistemin özgün yönlerinden biri, çene ilişkilerinin ve dikey boyutun belirlenmesi için özel kayıt aparatları ile çalışabilmesidir. Bu aparatlarla elde edilen veriler, tarama

işlemleriyle yazılıma aktarılır ve protez tasarımına doğrudan entegre edilir. Ayrıca yazılım, farklı diş kütüphaneleri sunarak hekimin hasta özelliklerine uygun morfoloji seçmesine olanak tanır. Bu esnada dişlerin boyutları, formu ve dizim açısı gibi ayrıntılar klinik gerekliliklere göre değiştirilebilmektedir(Nadim Z Baba, 2016).

Tasarım tamamlandıktan sonra CAM ünitesi devreye girer. Endüstriyel olarak prepolimerize edilmiş PMMA diskler kullanılarak protez kaidesi frezeleme yöntemi ile üretilir. Bu süreçte kaide ile yapay dişlerin entegrasyonu iki farklı şekilde yapılabilir: birincisinde frezelenmiş kaideye hazır akrilik dişler adapte edilir, ikincisinde ise frezeleme işlemi sırasında kaide ve dişler entegre bloklar halinde işlenebilir. Her iki yöntemde de amaç, kaide-diş bağlantısının güçlü ve uyumlu olmasını sağlamaktır. Böylece mum modelaj veya manuel polimerizasyon gibi geleneksel laboratuvar adımlarına ihtiyaç kalmaz(Bidra et al., 2013).

AvaDent'in üretim süreci aynı zamanda protez kaidesinin iç yüzeyine yüksek uyum sağlamak üzere tasarlanmıştır. CAD yazılımı, taranmış ölçü verilerini analiz ederek destek dokulara uygun bir yüzey morfolojisi oluşturur. Bu da klinik teslim aşamasında kaidenin stabilitesini artırabilmektedir. Ayrıca sanal tasarımın arşivlenebilmesi, üretim tekrarlanabilirliği açısından laboratuvarlarda önemli bir kolaylık sunar (C. J. Goodacre et al., 2012).

2.2. DENTCA/Whole You Nexteeth (DENTCA, Los Angeles, California, ABD/ Whole You San Jose, California, ABD)

Sistem, üç boyutlu yazıcılarla üretime dayalı bir dijital total protez yaklaşımı üzerine kuruludur. Bu sistemde protez kaideleri 3 boyutlu yazıcılarla üretilmekte, ardından dişler hazırlanmış kaideye adapte edilmekte veya yapıştırılmaktadır.

Ayrıca alternatif bir yöntem olarak, önce deneme protezi üç boyutlu yazıcıyla üretilmekte, ağız içi doğrulamalar yapıldıktan sonra özel olarak geliştirilmiş 3 boyutlu baskılı muflaları kullanılarak konvansiyonel yöntemlerle son protez elde edilmektedir(Nadim Z Baba, 2016; Gedikli & Bilgin, 2023; C. J. Goodacre et al., 2012) .

Bu sistemin dikkat çekici yanlarından biri, ölçü ve çene ilişkisi kaydını eşzamanlı almayı mümkün kılan özel tasarım ölçü kaşıklarıdır.Bu kaşıklar maksilla ve mandibula için ayrılabilir arka segmentlere sahiptir. Öncelikle polivinil siloksan esaslı bir materyal kullanılarak fonksiyonel ölçüler alınır. Daha sonra ölçüde kesi yapılarak arka segmentler çıkarılır ve mandibular kaşığın lingual yüzeyine prob, maksiller kaşığa ise izleme tablası yerleştirilir. Bu sayede gotik ark çizimi yapılabilmekte ve sentrik ilişki kaydedilebilmektedir (Bidra et al., 2013; Gedikli & Bilgin, 2023).

Dikey boyutun belirlenmesi sırasında ayrıca maksiller dudağın uzunluğunu ölçmeye yarayan özel bir dudak cetveli kullanılmaktadır. Böylece estetik parametrelerin daha güvenilir biçimde değerlendirilmesi sağlanır. İnterokluzal kayıt, çeneler sentrik ilişki pozisyonundayken interokluzal kayıt materyalinin uygulanmasıyla elde edilir. Bu veriler daha sonra laboratuvara aktarılır ve CAD yazılımında protezin sanal tasarımı yapılır (Nadim Z Baba, 2016).

DENTCA sürecinde yazılım ortamında oluşturulan sanal protez, çoğunlukla üç boyutlu baskı ile bir deneme protezi olarak üretilmektedir. Bu deneme protezi sayesinde estetik, fonetik ve oklüzyon değerlendirilir. Klinik onay sonrası gerekli düzeltmeler sanal tasarıma işlenir ve kesin protez üretilir. Nihai protezin hastaya teslim aşaması ise konvansiyonel protezlerdeki protokole benzer şekilde gerçekleşir(B. J. Goodacre & Goodacre, 2022).

2.3. Baltık Protez Sistemi (Merz Dental, Lütjenburg, Schleswig-Holstein, Germany)

Baltic Protez Sistemi, önceden hazırlanmış ve oklüzal arkları içeren “BDKEY” kayıt bazlarının ağızda yeniden astarlanarak çene ilişkilerinin anatomik olarak doğru üç boyutlu konuma yerleştirilmesi prensibine dayanır. Bu yöntem yalnızca iki klinik randevuda tamamlanabilmekte ve bu sayede hasta memnuniyetini artırmaktadır(Kanakaraj, Kumar, & Ravichandran, 2021).

İlk randevu sırasında, BDKEY ölçü kaşıkları kullanılarak kesin ölçüler alınır. Maksiller kaşığa entegre edilen yüz yayı sayesinde orta hat, interpupiller hat ve Camper çizgileri kaydedilir. Böylece estetik ve fonksiyonel parametreler dijital tasarım yazılımına doğru bir şekilde aktarılır. Çene ilişkilerinin kaydedilmesi için özel olarak geliştirilen “BDKEY Lock” aparatı kullanılır. BDKEY seti üzerinde dişlerin bulunması, estetik uyumun, dudak desteğinin, diş diziminin ve interokluzal boşluğun değerlendirilmesine olanak tanır. Bu özellik aynı zamanda kayıt kaşıklarının prova protezi gibi kullanılmasını sağlar. Elde edilen veriler laboratuvara gönderildikten sonra taranır ve “BDCreator” yazılımında sanal tasarım yapılır. Klinik onay sonrasında protezler, frezeleme tekniği ile polimetil metakrilat bloklardan üretilir(Kanakaraj et al., 2021).

İkinci randevuda protezlerin hastaya teslimi gerçekleştirilir. Geleneksel protezlerde olduğu gibi, oklüzal uyum ağız içinde sağlanır. Böylece kısa sürede hem estetik hem de fonksiyonel açıdan tatmin edici sonuçlara ulaşmak mümkün olmaktadır(Kanakaraj et al., 2021).

2.4. Wieland Dijital Protez (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Wieland sistemi, beş eksenli freze makinesi, laboratuvar tarayıcısı ve 3Shape™ yazılımının birlikte kullanıldığı entegre bir

iş akışına sahiptir.Bu sistemde üretim protokolü genellikle üç randevudan meydana gelir, ancak gerekli durumlarda prova aşaması eklenerek dört randevuya kadar uzatılabilir(N. Z. Baba et al., 2021).

Birinci randevuda, maksiller ve mandibular arkların anatomik ölçüleri alınır. Dikey boyut ve geçici çene ilişkisi, Ivoclar Vivadent tarafından geliştirilen Centric Tray aracılığıyla kaydedilir. Oklüzal düzlemin geçici olarak belirlenmesinde ise UTS CAD transfer arkı kullanılır. Bu cihaz, Camper hattı ve interpupiller çizgiye göre ölçüm yaparak kaydın doğruluğunu artırır. Elde edilen ön kayıtlar laboratuvara iletilir. Burada, sanal tasarım için kayıtlar taranır ve entegre oklüzyon plaklarına sahip kişisel ölçü kaşıkları hazırlanır. Bu kaşıklardaki özel boşluklar, Gnathometer CAD cihazının yerleştirilmesine olanak sağlar. Gnathometer CAD, gotik ark çizimi ve sentrik ilişki kaydı için kullanılmaktadır(Kanakaraj et al., 2021).

İkinci randevuda, kişisel kaşıklarla fonksiyonel ölçüler alınır. Oklüzal düzlem tekrar UTS CAD yardımıyla doğrulanır. Gnathometer CAD, özel ölçü kaşıklarına entegre edilerek hastanın orta hattı, gülme hattı ve kaninler arası çizgiler belirlenir. Bu aşamada ayrıca dikey boyut ve sentrik ilişki geleneksel yöntemlerle kaydedilir. Ardından elde edilen veriler taranarak yazılıma aktarılır ve sanal diş dizimi yapılır. Deneme protezleri polimetilmetakrilat bloklardan frezelenerek hazırlanabilir. Üçüncü randevuda, deneme protezleri hastaya uygulanır. Estetik, fonetik ve fonksiyonel değerlendirme yapılır; gerekli düzeltmeler kaydedilir ve tasarıma işlenir.Dördüncü aşamada, kesin protezler hazırlanarak hastaya teslim edilir. Geleneksel yöntemlerde olduğu gibi oklüzal uyum ağız içinde sağlanır(Kanakaraj et al., 2021).

Bu sistemin en önemli sınırlılıklarından biri, tek ark için bireysel tam protezlerin üretimine izin vermemesidir. Bununla

birlikte, dijital iş akışı sayesinde ölçü ve kayıtların hızlı aktarılması, protez üretim süresini kısaltmakta ve hasta uyumunu kolaylaştırmaktadır(Nadim Z Baba, 2016).

2.5. Ceramill Tam Protez Sistemi (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria)

Ceramill tam protez sistemi, üretim sürecinin laboratuvar merkezli olarak yürütüldüğü bir dijital iş akışına sahiptir. Bu sistemde protezlerin sanal tasarımı teknisyen tarafından yapılır. İş akışı, dişlerin sanal olarak dizilmesi, mum deneme kaidelerinin frezelenmesi ve yapay dişlerin kaide üzerindeki yuvalara uyumlandırılması aşamalarını içerir. Böylece dişler ek bir aşındırma işlemine gerek kalmadan mum kaidelere kolayca yerleştirilebilir(Kanakaraj et al., 2021).

Birinci randevuda, maksiller ve mandibular arkların kesin ölçüleri alınır. Bu ölçüler laboratuvara gönderilerek, döküm modeller, maksillomandibular ilişki kaydı için kayıt kaideleri ve yüz arkı transferi amacıyla üst çene plakları hazırlanır. Bu kayıt kaideleri yardımıyla dikey boyut, orta hat, gülme hattı ve kaninlerin konumu belirlenir(Kanakaraj et al., 2021).

İkinci randevuda, yüz arkı ve çene ilişkisi kayıtları alınır. Bu aşamada orta hat, gülme hattı, kanin pozisyonları ve ön dişlerin konumu estetik ve dudak desteği açısından değerlendirilir. Ardından elde edilen kayıtlar laboratuvara gönderilir. Burada modeller artikülatöre monte edilir ve Ceramill Map400 optik 3 boyutlu tarayıcı ile ayrı ayrı ve birlikte taranarak dijital ortama aktarılır. Böylece sanal modeller elde edilir ve bu veriler Ceramill Mind/D-Flow yazılımına aktarılır. Tasarım aşamasında anatomik referans noktaları işaretlenir, uygun yapay diş seti seçilir ve sanal diş dizimi yapılır. Tasarım klinisyen tarafından onaylandıktan sonra, üst ve alt çene kaideleri pembe renkli mum bloklardan (Ceramill D-Wax, Ceramill Motion 2) frezelenir. Klinik gereksinimlere bağlı olarak, yapay dişlerin

bazal yüzeyleri frezelenerek uyumlandırılabilir. Uyumlandırılmış dişler, mum tabanlar üzerine mum ile sabitlenir ve bu şekilde hazırlanan deneme protezi klinisyene gönderilir(Nadim Z Baba, 2016; Kanakaraj et al., 2021).

Üçüncü randevuda, deneme protezleri hastanın ağzında değerlendirilir. Estetik, fonetik ve fonksiyon açısından gerekli kontroller yapılır, ihtiyaç duyulursa düzeltmeler gerçekleştirilir. Ardından protez, kesin üretim için laboratuvara gönderilir(Gedikli & Bilgin, 2023; Kanakaraj et al., 2021).

Dördüncü randevuda, bitmiş protezler hastaya teslim edilir. Yerleştirme işlemleri konvansiyonel yöntemlerde olduğu gibidir. Oklüzal uyum ağız içinde sağlanır(Kanakaraj et al., 2021).

Ceramill sistemi, laboratuvar odaklı iş akışı sayesinde dişlerin doğru konumlandırılmasına olanak tanırken, üretim sürecini dijitalleştirerek hem klinik hem de teknisyen açısından süreci daha öngörülebilir hale getirmektedir(Nadim Z Baba, 2016; Steinmassl, Dumfahrt, et al., 2018).

2.6. VITA Vionic Sistem (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)

VITA Vionic, CAD/CAM teknolojisine dayalı güncel bir dijital total protez üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır.Sistemin temel özelliği, VITA Vionic Base adı verilen frezelenmiş protez kaideleri ile VITA Vionic Bond ve VITA Vionic Framedestekli yapay dişlerin entegrasyonuna dayanmasıdır. Bu yaklaşım sayesinde protez dişler, protez kaidesi üzerine ek bir aşındırma ya da manuel adaptasyon gerektirmeden doğrudan sabitlenebilmektedir. Böylece hem zaman tasarrufu sağlanmakta hem de diş ve kaide uyumundaki hata riski en aza indirilmektedir (Kanakaraj et al., 2021).

Sistem, klinik ve laboratuvar iş akışlarını entegre eden bir yapıya sahiptir. Klinik aşamalarda alınan ölçüler ve çene ilişkisi kayıtları, laboratuvar ortamında dijital olarak taranmakta ve VITA yazılımları aracılığıyla sanal ortamda tasarlanmaktadır. Ardından protez kaideleri, endüstriyel olarak polimerize edilmiş polimetilmetakrilat bloklarından frezelenir. Dişler, VITA Vionic Frame teknolojisi sayesinde kaide yuvalarına tam uyumlu olacak şekilde yerleştirilir. Bu yöntem, protezin fonksiyonel ve estetik başarısını artırırken, standardize edilmiş bir üretim protokolü de sunmaktadır(Gedikli & Bilgin, 2023).

VITA Vionic Sistem'in en dikkat çeken avantajlarından biri de, modüler tasarımı sayesinde farklı diş formlarının kolayca uyarlanabilmesidir. Ayrıca dişler, özel bağlayıcı ajanlarla protez kadesine entegre edildiğinden, retansiyon gücü artmakta ve protezin uzun dönem stabilitesi desteklenmektedir. Bunun yanında sistem, prova aşamasına da olanak tanımakta; yani dijital tasarımdan elde edilen prototip protezler hastanın ağzında denenerek estetik, fonetik ve fonksiyonel değerlendirmeler yapılabilmektedir(Steinmassl, Dumfahrt, et al., 2018).

2.7. Dentsply Dijital Protez Sistemi (Dentsply Sirona, USA)

Dentsply Sirona'nın geliştirdiği bu sistem, inLab yazılımı ve MC X5 gibi çok eksenli freze makineleri ile entegre çalışan bir dijital üretim protokolü sunmaktadır. Bu sistemin en önemli özelliklerinden biri, hem sabit hem de hareketli protezlerin aynı dijital platformda tasarlanmasına olanak tanımasıdır(Kanakaraj et al., 2021).

Klinik süreç, konvansiyonel veya intraoral ölçülerin alınması ile başlar. Bu ölçüler dijitalleştirilerek inLab CAD yazılımına aktarılır. Yazılım, protez kaidelerinin ve dişlerin sanal ortamda düzenlenmesine, oklüzal ilişkilerin belirlenmesine ve estetik parametrelerin değerlendirilmesine olanak tanır.

Tasarımın onaylanması sonrasında protez kaideleri, endüstriyel olarak polimerize edilmiş polimetilmetakrilat disklerden frezelenir. Protez dişleri ise sistemin sunduğu hazır kütüphanelerden seçilerek sanal dizim yapılır ve kaideye entegre edilir(Steinmassl et al., 2018).

Dentsply'nin bu sisteminde prova aşaması da dijital olarak planlanabilmektedir. İstenirse, sanal tasarımdan elde edilen deneme protezleri polimetilmetakrilat bloklardan üretilerek hastada estetik ve fonksiyonel açıdan test edilebilir. Bu sayede protezin son hali, klinik onaydan geçmeden önce değerlendirilmiş olur(Kanakaraj et al., 2021).

Sistemin avantajları arasında yüksek uyum doğruluğu, standardize edilmiş üretim protokolleri, ve veri arşivleme sayesinde protezin tekrar üretilme kolaylığı yer almaktadır. Ancak, başlangıç yatırım maliyetinin yüksekliği ve teknik personelin dijital sistemler konusunda eğitim gereksinimi gibi sınırlılıklar da bulunmaktadır (Kanakaraj et al., 2021).

3. SONUÇ

Dijital yöntemler, total protez üretiminde hem hekim hem de hasta açısından süreci hızlandırmakta ve sonuçların daha öngörülebilir olmasına katkı sağlamaktadır(Nadim Z Baba, 2016). Geleneksel yöntemlere göre dijital sistemler; daha az klinik seans, dijital tasarımların saklanabilmesi ve üretim süreçlerinde standardizasyon gibi avantajlar sunmaktadır(Gedikli & Bilgin, 2023; Kanakaraj et al., 2021). Ancak bu teknolojilerin yüksek yatırım maliyetleri, kullanıcıların alışma süreci ve sistemler arası uyumsuzluk gibi sorunları halen aşılması gereken zorluklar olarak durmaktadır(Bidra et al., 2013).

Yakın dönemdeki çalışmalar, frezelenmiş PMMA tabanlarının daha üstün mekanik dayanıklılık ve biyouyumluluk

sağladığını, fakat üç boyutlu baskı reçinelerinin uzun dönem klinik etkinliğine dair verilerin henüz yetersiz olduğunu ortaya koymuştur(Kattadiyil & AlHelal, 2017). Yüz tarama sistemleri ve sanal artikülörlerin dijital iş akışına dahil edilmesi, protezlerin estetik ve fonksiyonel sonuçlarını geliştirme potansiyeli taşımaktadır(C. J. Goodacre et al., 2012; Kanakaraj et al., 2021).

Özetle, dijital protez sistemlerinin önümüzdeki yıllarda klinik pratikte daha geniş kullanım alanı bulacağı ve teknolojik ilerlemelerle birlikte hem tedavi başarısını hem de hasta memnuniyetini artıracığı düşünülmektedir(Nadim Z Baba, 2016; Gedikli & Bilgin, 2023).

KAYNAKÇA

- 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. *Electron Physician*, 9(7), 4766-4772. doi:10.19082/4766
- Baba, N. Z. (2016). Materials and processes for CAD/CAM complete denture fabrication. *Current oral health reports*, 3(3), 203-208.
- Baba, N. Z., Goodacre, B. J., Goodacre, C. J., Muller, F., & Wagner, S. (2021). CAD/CAM Complete Denture Systems and Physical Properties: A Review of the Literature. *J Prosthodont*, 30(S2), 113-124. doi:10.1111/jopr.13243
- Bidra, A. S., Taylor, T. D., & Agar, J. R. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent*, 109(6), 361-366. doi:10.1016/S0022-3913(13)60318-2
- Bilgin, M. S., Baytaroglu, E. N., Erdem, A., & Dilber, E. (2016). A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *Eur J Dent*, 10(2), 286-291. doi:10.4103/1305-7456.178304
- Chebib, N., Kalberer, N., Srinivasan, M., Maniewicz, S., Perneger, T., & Muller, F. (2019). Edentulous jaw impression techniques: An in vivo comparison of trueness. *J Prosthet Dent*, 121(4), 623-630. doi:10.1016/j.prosdent.2018.08.016
- D'Arienzo, L., Casucci, A., Manneh, P., D'Arienzo, A., Borracchini, A., & Ferrari, M. (2020). Digital workflow

- in complete dentures: a narrative review. *Journal of Osseointegration*, 12(4), 743-750.
- Gedikli, Ç. N., & Bilgin, T. (2023). Dijital Tam Protezlerin Üretiminde Kullanılan Sistemler. *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 2(1), 172-178.
- Goodacre, B. J., & Goodacre, C. J. (2022). Additive Manufacturing for Complete Denture Fabrication: A Narrative Review. *J Prosthodont*, 31(S1), 47-51. doi:10.1111/jopr.13426
- Goodacre, C. J., Garbacea, A., Naylor, W. P., Daher, T., Marchack, C. B., & Lowry, J. (2012). CAD/CAM fabricated complete dentures: concepts and clinical methods of obtaining required morphological data. *J Prosthet Dent*, 107(1), 34-46. doi:10.1016/S0022-3913(12)60015-8
- Kalberer, N., Mehl, A., Schimmel, M., Muller, F., & Srinivasan, M. (2019). CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness. *J Prosthet Dent*, 121(4), 637-643. doi:10.1016/j.prosdent.2018.09.001
- Kanakaraj, S., Kumar, H., & Ravichandran, R. (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.
- Kattadiyil, M. T., & AlHelal, A. (2017). An update on computer-engineered complete dentures: A systematic review on clinical outcomes. *J Prosthet Dent*, 117(4), 478-485. doi:10.1016/j.prosdent.2016.08.017
- Lo Russo, L., Caradonna, G., Troiano, G., Salamini, A., Guida, L., & Ciavarella, D. (2020). Three-dimensional differences between intraoral scans and conventional

- impressions of edentulous jaws: A clinical study. *J Prosthet Dent*, 123(2), 264-268.
doi:10.1016/j.prosdent.2019.04.004
- Srinivasan, M., Kamnoedboon, P., McKenna, G., Angst, L., Schimmel, M., Ozcan, M., & Muller, F. (2021). CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. *J Dent*, 113, 103777.
doi:10.1016/j.jdent.2021.103777
- Steinmassl, O., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018). CAD/CAM produces dentures with improved fit. *Clin Oral Investig*, 22(8), 2829-2835.
doi:10.1007/s00784-018-2369-2
- Steinmassl, O., Offermanns, V., Stockl, W., Dumfahrt, H., Grunert, I., & Steinmassl, P. A. (2018). In Vitro Analysis of the Fracture Resistance of CAD/CAM Denture Base Resins. *Materials (Basel)*, 11(3).
doi:10.3390/ma11030401
- Tasaka, A., Matsunaga, S., Odaka, K., Ishizaki, K., Ueda, T., Abe, S., . . . Sakurai, K. (2019). Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing. *J Prosthodont Res*, 63(1), 85-89.
doi:10.1016/j.jpor.2018.08.007
- Wulfman, C., Bonnet, G., Carayon, D., Lance, C., Fages, M., Vivard, F., . . . Millet, C. (2020). Digital removable complete denture: A narrative review. *French Journal of Dental Medicine*, 10.
- Yuzbasioglu, E., Kurt, H., Turunc, R., & Bilir, H. (2014). Comparison of digital and conventional impression

techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC Oral Health*, 14, 10. doi:10.1186/1472-6831-14-10

VONLEY RESTORASYONLARI

Gölbahar ERDİNÇ AKYOL¹

1. GİRİŞ

Çağdaş restoratif diş hekimliğinde, klinisyenlerin dişlerin şeklini, rengini veya konumunu iyileştirmelerinin çeşitli yolları vardır ve ayrıca, restorasyonları üretmek için çeşitli malzemeler ve işleme yöntemleri mevcuttur. Diş yapısının korunması, dişlerin ve restorasyonların uzun ömürlülüğü için kritik öneme sahiptir. Diş pulpası canlılığını korumak ve endodontik tedavi, pin ve kor ihtiyacını geciktirmek açıkça avantajlıdır, çünkü bunlar zamanla restore edilmiş dişlerin performansını olumsuz etkileyen daha invaziv tedavilerdir (Mookhtiar, 2022).

Seramik onleyleyler, endokronlar, vonleyleyler ve kronleyleylerin ardındaki mantık, mümkün olduğunca fazla mineyi koruyarak yapışmayı ve estetiği iyileştiren, birleştirilmiş bir monolitik seramik yapıştırma restorasyonudur (Bergmann et al., 2013). Kapsamlı çürükler, tedavi sonrası kök kanal dentini ve hatta hastanın ekonomik durumu gibi faktörler nedeniyle, endodontik tedaviden sonra normal diş restorasyonuna kıyasla daha karmaşık bir diş restorasyonu gereklidir.

Sabit diş protezlerinin iki temel kategorisi vardır; sürtünme veya mekanik tutunmaya dayanan geleneksel restorasyonlar olarak bilinen eski kategori ve adezyona dayanan minimal invaziv veya yapışkan restorasyonlar olarak bilinen yeni kategori (Mookhtiar, 2022).

¹ Doç. Dr., Bilecik Şeyh Edabali Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, ORCID: 0000-0002-0883-9834.

Adeviz sistemler ve protetik materayallerdeki gelişimlerle birlikte konservatif farklı tasarımlardan oluşan restorasyonlar üretilmektedir. (Şekil 1.) Bu tasarımlardan biri de Dr. Ronald E Goldstein'in önerdiği ve yeterli mine dokusunun bulunduğu dişlerde kullanılmak üzere, uzatılmış bukkal kaplama yüzeyine sahip bir onley'in birleşimiyle kombine bir restorasyon olan "Veenerlay" veya "Vonley"dir (Mookhtiar, 2022).



Şekil 1. Adeviz restorasyon türleri

2. VENEER KRON

Kalıcı estetik düzeltme elde etmek için en çok kullanılan seçeneklerden biri porselen kaplamadır. Porselen kaplamalar, içsel veya dışsal renk değişikliği olan dişlerin, hafif oklüzal ayarlama gerektiren dişlerin ve kırık, travmatize olmuş ve/veya aşınmış dişlerin restorasyonu da dahil olmak üzere çeşitli endikasyonlar için kullanılmıştır. Renk değişikliğinin veya deformitenin şiddetine bağlı olarak, kron hazırlığı daha agresif veya daha az agresif olacaktır.

İlk nesil kaplamalar, büyük partiküllü kompozitler ve metil metakrilat malzemelerden yapılmıştır. 1975 yılında porselen bağlama geliştirilmiş ve ardından feldspatik porselen tercih edilen malzeme haline gelmiştir (Rochette, 1975). 1983 yılına gelindiğinde diş hekimliği, porselenin aşındırılmış mineye

bağlanmasının faydalarını keşfetmiş ve bu yöntem, bağlama prosedüründeki basit bir değişikliklerle kaplamalara kazandırılan dayanıklılık ve klinik uzun ömür nedeniyle standart bir tedavi yöntemi haline gelmiştir (Calamia, 1983).

Günümüzde kaplamalar, lösit takviyeli feldspatik porselen ve lityum disilikat gibi gelişmiş seramik malzeme formülasyonlarından veya mikrohibritler ve nanohibritler gibi çok küçük partiküllü kompozitlerden üretilmektedir. Kompozit kaplamalar, endikasyona bağlı olarak doğrudan veya dolaylı olarak üretilebilir (McLaren et al., 2015).

Seramikler, malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde popülerlik kazanmıştır. Tüm klinik durumlar için uygun bir tam seramik kaplama sistemi yoktur, ancak son yıllarda yüksek mukavemetli ve estetik restorasyonlar için en yaygın kullanılan malzeme, mekanik özellikleri ve optimum yarı saydamlığı nedeniyle lityum disilikat olmuştur. Yarı saydamlık, artırılmış estetik anlamına gelir ve bu da tam seramik restorasyonların seçilmesinin temel nedenidir (Heffernan et al., 2002).

Frezelenmiş seramikler genellikle daha düşük oklüzal kuvvetlerin beklendiği bölgeler için endikedir, çünkü preslenmiş muadillerinden daha zayıftırlar (frezelenmiş restorasyonlar için yaklaşık 360 MPa, preslenmiş restorasyonlar için ise yaklaşık 400 MPa) (Erdinç et al., 2023; McLaren et al., 2015). Ancak, preslenmiş restorasyonlar posterior bölgede bile kullanılabilir. İster frezelenmiş ister preslenmiş olsun, tam seramik kaplamalar marjinal bütünlüğe, düşük marjinal renk değişikliğine, düşük başarısızlık oranlarına ve optimum estetiğe katkıda bulunur; tek dezavantajı ise karşıt dişlerle daha düşük aşınma uyumluluğu gibi görülmektedir (Christensen & Christensen, 1991; Suputtamongkol et al., 2008).

3. ONLEY

Günümüz diş hekimliğinde geniş çürük alanlarını onarmak için kullanılan restoratif yöntemlerden biri de onleylerdir. Onleyler ister hatalı amalgam dolgular ister eski döküm altın onleyler ister metal destekli porselen veya başka bir malzemeden üretilmiş olsun, eski restorasyonların yerine de kullanılır. Laminalarda olduğu gibi, preparasyon tasarımının agresifliği büyük ölçüde restore edilen dişteki hasarın şiddetine bağlıdır (McLaren et al., 2015).

Onley restorasyonları, 1800'lerin sonlarından beri kullanılmaktadır. Üretimlerinde kullanılan malzemeler öncelikle altın, porselen ve kompozitlerdir. Altın, 1980'lere kadar onleyler için en sık kullanılan malzemeydi. Ancak altın fiyatındaki hızlı artış, büyük altın restorasyonları ekonomik olmaktan çıkardı (Powers, 2006). Altının onley prosedürlerinde sürekli kullanımı, manipülasyon kolaylığına, mükemmel adaptasyonuna, üstün marjinal uyumuna ve klinik uzun ömürlülüğüne bağlanabilir (Wolf et al., 1998). Altının dezavantajları arasında maliyeti ve diş renginde olmaması yer alır; bu nedenle günümüzün estetik bilincine sahip hastaları tarafından daha az tercih edilen bir seçenektir (Powers, 2006).

Kompozitler, çağdaş diş hekimliğinde onley oluşturmak için kullanılır, ancak bu bir zamanlar bu malzemeler için bir kontrendikasyondur. İlk nesil kompozitler, onley restorasyonları için uygun olacak yeterli mekanik özelliklere ve aşınma direncine sahip değildi (Asmussen, 1985). Yüksek aşınma, aşınma, marjinal bozulma, polimerizasyon büzülmesi ve zayıf yapışma oranlarına sahipti. Yeni nesil kompozitler, erken kompozitlerin birçok sorununu aşan gelişmiş malzeme bilimini yansıtarak, mekanik özellikleri artıran daha yüksek dolgu-matris oranları sunar (Miara, 1998).

Seramik onleyler CAD/CAM ile frezelenabilir veya ısı preslenebilir. Diğer tam seramik restorasyonlar gibi, malzeme bilimindeki gelişmeler sayesinde klinik kullanım yılları boyunca önemli bir gelişme göstermişlerdir. Feldspatik porselen, mika dolgulu cam, lösit takviyeli seramikler veya lityum disilikat ile formüle edilmiş seramikler, günümüzün metalsiz restorasyonlarında yüksek başarı oranlarıyla kullanılmaktadır (Bona & Kelly, 2008). Onley restorasyonlardaki geliştirilmiş seramikler, diğer malzeme ve restorasyonlarla elde edilebilenlere benzer konservatif preparasyon tasarımlarına olanak tanır. Bu seramikler, son derece yarı saydam ve dolayısıyla oldukça estetik, mükemmel kenar bütünlüğüne ve gelişmiş proksimal temaslara sahip, minimum aşınma gösteren ve karşıt dişleri kırmayan veya aşındırmayan restorasyonlar üretir (Ozyoney et al., 2013).

Onleyler, yüksek düzeyde uygulayıcı becerisi, titiz ve zor bir hazırlık ve yapıştırma gerektirir ve endikasyonları hala yeterince bilinmemektedir (Hazzaa et al., 2023).

4. VONLEY

Geleneksel olarak, bir hastanın posterior bölgede restorasyona ihtiyacı varsa, geleneksel yaklaşım kronlar gibi tam kapsamlı restorasyonlarla tedavi planlaması yapmaktı. Son yıllardaki trend, mümkün olduğunca çok diş yapısının korunması anlamına gelen "minimal invaziv" diş hekimliği olmuştur. Bu çalışma tarzı sağlam mine ve dentin yıkımı gerektiren kron yerleştirme gibi prosedürlerden uzaklaşmak anlamına gelir.

Konservatif tedaviye yönelik artan talepler nedeniyle, seramik kısmi kronlara olan ihtiyaç artmaktadır. Geleneksel kasp kaplamasına ek olarak, kırık dişler ve yaygın çürük bulunan dişler de dahil olmak üzere bazı durumlarda alternatif basitleştirilmiş tasarımlar önerilmiştir (Oyar & Durkan., 2018).

Başlangıçta posterior dişlerin yüzeyini kaplamak ve oklüzal bir onley ile birleştirmek için geliştirilen bir teknik, ilk olarak yaklaşık 20 yıl önce Ronald E. Goldstein tarafından yayınlanmıştır (McLaren et al., 2015). Bu teknikte feldspatik porselen kullanılmış ve Goldstein'a göre, esas olarak o dönemde mevcut olan malzemeler ve bağlama teknikleriyle posterior bölgede kırılma korkusu nedeniyle hiçbir zaman rağbet görmemiştir (Goldstein,1998). Lityum disilikat seramik gibi yüksek mukavemetli malzemeler ve CAD/CAM ve ısı presleme teknolojileriyle, diş hekimleri artık hastalarına sadece mevcut dişlerle kusursuz bir şekilde uyum sağlamakla kalmayıp aynı zamanda ince bölümlerde bile oklüzal kuvvetlere dayanabilen son derece estetik, yüksek mukavemetli restorasyonlar sunabilmektedir (Heffernan et al., 2002). Böylelikle vonley gibi ince oklüzal restorasyonların üretimi mümkün olabilmektedir.

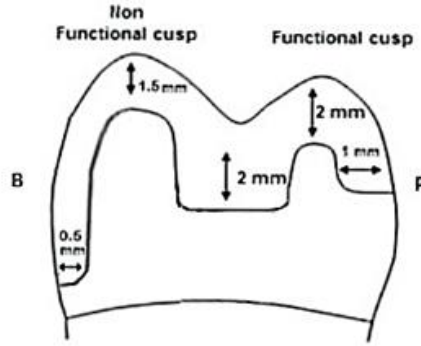
Dişin oklüzal, labial ve proksimal kısımlarını kaplayan tam kaplama restorasyonlarına minimal invaziv bir alternatif olan vonleyler, daha az invaziv ve son derece estetik bir restorasyon olarak geliştirilmiştir. Özellikle genellikle yapıştırma için yeterli mine bulunan ve üst çene premolarlarının görünür kısmının gülümseme sırasında %92 ila %97'ye kadar uzanabildiği arka dişlerde, bir onley ve genişletilmiş bukkal veneer restorasyonunun bu kombinasyonu, günümüzde hastaların en yüksek estetik taleplerini karşılamak için kullanılmaktadır (Hazzaa et al., 2023).

Mc Laren ve ark. bağlanma için yeterli mine mevcutsa, bu tür restorasyonlarda premolar dişlerde yıllık %1'den az bir başarısızlık oranı görüldüğünü bildirmişlerdir. Vonleyler, tam krona göre çok daha az invaziv bir hazırlık gerektirir, ancak aynı yapısal faydaları sağlar. Eş zamanlı olarak, bir onley ve kaplama bileşenleriyle birlikte, bir vonley kalan dişin dayanıklılığını ve estetiğini artırır (Chun et al., 2010).

Genellikle lityum disilikattan üretilen monolitik bir yapı olan vonley, çoğunlukla minenin bağlanacağı biküspit bölgelerde kullanılmak üzere genişletilmiş bukkal kaplama yüzeyine sahip bir onley hibritidir. (Şekil 2 ve 3)



Şekil 2. Preparasyonu tamamlanmış premolar dişin proksimal yüzeyden görünümü (Abdelaal et al., 2024).



Şekil 3. Premolar dişin vonley restorasyonu için gereken preparasyon miktarları (Hazzaa et al., 2023).

3.1. Vonley hakkında literatür çalışmaları

Nadig RR ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmaya göre, endodonti sonrası restoratif tasarımlar olarak dolaylı onley ve Vonley'da görülen stres nispeten daha azdır ve endodontik tedavi görmüş maksiller premoların restorasyonu için tam kron

restorasyonlarına uygun bir alternatif olarak kabul edilebilir (Nadig & Garian, 2022).

Elsayed ve ark. Vita suprinity ve IPS e. max CAD premolar vonley restorasyonların kırılma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın bulunduğunu ve en yüksek ortalama değerin VITA suprinity grubunda kaydedildiğini belirtmişlerdir (Elsayed et al., 2020).

El Naggar ve ark. Emax CAD vonleylerin, Celtra Duo vonleylere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı olmayan daha yüksek marjinal boşluk ortalama değerine sahip olduğunu ve tüm sonuçların klinik olarak kabul edilebilir değer aralığında olduğunu bulmuşlardır (El-naggar et al., 2023).

Sayed ve ark. tam kron restorasyonunun en yüksek kırılma direncini gösterdiği bunu fonksiyonel kaspı içeren vonley preparasyonu ve fonksiyonel kaspı içermeyen vonley preparasyonun takip ettiğini bildirmişlerdir. Ancak tüm örneklerin klinik oklüzal streslerden daha yüksek seviyelerde kırıldığı bu nedenle normal çiğneme kuvvetine sahip normal oklüzyon vakalarında daha konservatif preparasyon tasarımı ile vonleylerin tercih edilebileceğini vurgulamışlardır (Sayed et al., 2022).

Hasaneen ve ark. test ettikleri üç malzemedenden (Zirkonya, Cam seramik, Nanohibrid seramik) üretilen vonleylerin benzer ve klinik olarak kabul edilebilir marjinal boşluklar gösterdiği ve böylelikle premolar dişlerde kullanımlarının güvenli olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada test edilen seramik türlerinden üretilen vonleylerin, premolar dişler bölgesinde çiğneme kuvveti sınırını aşan kırılma direnci gösterdiğini ve kabul edilebilir kırılma direncine sahip olduklarını da rapor etmişlerdir (Hasaneen et al., 2024).

Hazaa ve ark. vonley restorasyonların, bir yıllık süre zarfında maksiller premolar dişlerdeki defektlerin onarımı için kırılma, kenar bütünlüğü ve kenar renklenmesi açısından yüksek klinik başarı performansı gösteren güvenilir bir tedavi seçeneği olduğunu ve konservatif bir şekilde zayıflamış diş yapısının etkili bir şekilde onarılabilceğini bildirmişlerdir (Hazaa et al., 2023).

5. SONUÇ

Arka dişlerinde aşınma, çürüme veya oklüzal sorunlar bulunan hastalar için vonley daha az invaziv, daha kolay onarılabilir, yeterli bağlanma sağlamak için teknik açıdan daha az hassas olacak ve gelecekte daha fazla tedavi gerekirse daha sağlam bir diş yapısı bırakacaktır.

Vonley yöntemi, endodontik tedavi görmüş küçük azı dişleri için oldukça umut vadeden bir tedavi alternatifi olup, diş yapısının korunmasına olanak tanır, minimal invaziv diş hekimliği ile uyumludur ve biyointegrasyon konseptine uygundur. Canlılığını yitirmiş arka dişlerin mekanik ve estetik restorasyonu için konservatif bir yaklaşımdır (McLaren et al., 2015.).

Günümüz üretim yöntemleri, yeni nesil materyaller ve preparasyon tasarım türlerinin daha fazla sayıda çalışmalarla araştırmacılar tarafından değerlendirilmesi ve klinik uygulamalarla tecrübe edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdelaal, A. M., Kehela, H. A., & Holiel, A. A. (2024). Fracture resistance and fractographic analysis of pressable glass-ceramics with different partial coverage designs for maxillary premolars. *BMC Oral Health*, 24(1), 1078.
- Asmussen, E. (1985). Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. *Oper Dent*, 10, 61-73.
- Bergmann, C. P., & Stumpf, A. (2013). Degradation of Dental Ceramics. In *Dental Ceramics: Microstructure, Properties and Degradation* (pp. 67-84). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Calamia, J. R. (1983). Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. *New York J. Dent.*, 53, 255-259.
- Christensen, G. J., & Christensen, R. P. (1991). Clinical observations of porcelain veneers: a three-year report. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 3(5), 174-179.
- Chun, Y. H. P., Raffelt, C., Pfeiffer, H., Bizhang, M., Saul, G., Blunck, U., & Roulet, J. F. (2010). Restoring strength of incisors with veneers and full ceramic crowns. *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(1), 45.
- Della Bona, A., & Kelly, J. R. (2008). The clinical success of all-ceramic restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 139, S8-S13.
- El-Naggar, H. A. E., Elkhodary, N., Hashem, A., & Kheiralla, L. (2023). Evaluation of marginal integrity of lithium disilicate vonleys versus Celtra Duo vonleys restoring

- premolars (In vitro study). *Advanced Dental Journal*, 5(2), 276-285.
- Elsayed, M., Sherif, R., & El-khodary, N. (2020). Fracture resistance of Vita suprinity versus IPS e. max CAD vonleys restoring premolars (An in vitro study). *Int J Appl Dent Sci*, 6(3), 734-741.
- Erdinç, G., Bülbül, M., & Özcan, M. (2023). Fracture strength and energy-dispersive spectroscopy analysis of 3-unit fixed partial dentures fabricated from different monolithic zirconia materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 129(6), 938.e1-938.e7.
- Goldstein, R. E. (1998). Etched porcelain restorations veneers & inlays/onleys. *Esthetics in Dentistry*, 1(1).
- Hasaneen, F. A., Sobhi, E. M., Bahrawy, E., & Elsharkawy, S. M. (2024). Marginal adaptation and fracture resistance of vonleys restoring premolars using different ceramic materials: An in-vitro study. *Egyptian Dental Journal*, 70(4), 3477–3492.
- Hazzaa, M. A., Mahallawi, O. S. El, Anwar, E., & Badran, A. (2023). Clinical outcomes of premolars restored with ceramic vonley restorations versus onley using modified USPHS criteria (randomized clinical trial). 14(3), 1010–1021.
- Heffernan, M. J., Aquilino, S. A., Diaz-Arnold, A. M., Haselton, D. R., Stanford, C. M., & Vargas, M. A. (2002). Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 88(1), 4-9.
- McLaren, E. A., Figueira, J., & Goldstein, R. E. (2015). Vonleys: a conservative esthetic alternative to full-coverage crowns. *Compend Contin Educ Dent*, 36(4), 282.

- Miara, P. (1998). Aesthetic guidelines for second-generation indirect inlay and onley composite restorations. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*, 10(4), 423-431.
- Mookhtiar, H. (2022). Vonley; A Paradigm Shift in Post Endodontic Restoration: A Case Report. *Ann Clin Med Case Rep*, 9(11), 1-4.
- Nadig, R. R., & Garian, R. (2022). Stress distribution pattern in endodontically treated mesio occlusally involved premolars restored with ceramic onley, vonley and full crown restorations. *Journal of Dental and Medical Sciences*, 5, 58-66.
- Oyar, P., & Durkan, R. (2018). Effect of cavity design on the fracture resistance of zirconia onley ceramics. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 21(6), 687-691.
- Powers, J. M. (2006). Sakaguchi L. Craig's restorative dental materials.
- Rochette, A. L. (1975). A ceramic restoration bonded by etched enamel and resin for fractured incisors. *The Journal of prosthetic dentistry*, 33(3), 287-293.
- Sayed, E., Waz, S., & Mohamed, M. (2022). Influence of different vonley preparation designs on fracture resistance. *Egyptian Dental Journal*, 68(3), 2733–2741.
- Suputtamongkol, K., Anusavice, K. J., Suchatlampong, C., Sithiamnuai, P., & Tulapornchai, C. (2008). Clinical performance and wear characteristics of veneered lithia-disilicate-based ceramic crowns. *Dental Materials*, 24(5), 667-673.

- Ozyoney, G., Yan Koğlu, F., Tağtekin, D. & Hayran, O. (2013). The efficacy of glass-ceramic onleys in the restoration of morphologically compromised and endodontically treated molars. *International Journal of Prosthodontics*, 26(3):230-234.
- Wolf, B. H., Walter, M. H., Boening, K. W., & Schmidt, A. E. (1998). Margin quality of titanium and high-gold inlays and onleys-a clinical study. *Dental Materials*, 14(5), 370-374.

DİŞ HEKİMLİĞİNDE CAD/CAM SİSTEMLERİ: TARİHÇEDEN GÜNCEL KLİNİK UYGULAMALARA KAPSAMLI YAKLAŞIM

Mehmet Ali ARSLANPARÇASI¹

Hazal FAİZ ARSLANPARÇASI²

1. GİRİŞ

Son yıllarda sağlık bilimlerinde yaşanan dijitalleşme, tanısal ve terapötik süreçlerin yeniden yapılandırılmasına önemli katkılar sağlamış; görüntüleme, modelleme, analiz ve üretim teknolojilerindeki ilerlemeler klinik uygulamalarda köklü bir paradigmatik dönüşüme zemin hazırlamıştır. Bu dijital dönüşümün etkisi, yüksek hassasiyet gerektiren disiplinlerden biri olan diş hekimliğinde belirgin hissedilmekte; tanı, tedavi planlaması ve restoratif uygulamalarda bilgisayar destekli dijital iş akışları giderek standart hâline gelmektedir (Haidar 2025; Spagnuolo ve Sorrentino 2020).

Dijital diş hekimliği, konvansiyonel yöntemlerin ötesinde; klinik verilerin bilgisayar ortamında toplanması, analiz edilmesi ve üç boyutlu üretimini mümkün kılan bütünleşik bir sistem yaklaşımıdır; intraoral tarayıcılar, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) cihazları, üç boyutlu yazıcılar, optik ölçüm sistemleri ve gelişmiş yazılımlar ise bu dönüşümün modern klinik pratiğe yansıyan temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu

¹ Öğretim Görevlisi, Harran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Diş Protez Teknolojisi Bölümü, arslanparcasi@harran.edu.tr, Orcid ID: 0009-0001-2753-2096.

² Araştırma Görevlisi Harran Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, hazalfazarslanparcasi@harran.edu.tr, Orcid ID: 0009-0002-3172-6966.

teknolojik entegrasyon sayesinde ölçü alma süreçleri hızlanmış ve hassaslaşmış, tedavi planlamasında doğruluk artmış ve hasta konforu anlamlı ölçüde iyileşmiştir (Alghauli vd. 2025; Mangano vd. 2017).

Dijital altyapının kritik bileşenlerinden biri olan bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) sistemleri, başlangıçta endüstriyel üretim alanında geliştirilmiş; zaman içerisinde dental uygulamalara uyarlanarak diş hekimliğinde tedavi süreçlerinin merkezinde yer almaya başlamıştır. CAD/CAM teknolojileri, ölçülerin dijital olarak elde edilmesi, restorasyonların gelişmiş yazılımlar aracılığıyla üç boyutlu olarak tasarlanması ve yüksek hassasiyetli üretim üniteleriyle işlenmesini mümkün kılarak klinik uygulamalarda devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratmıştır (Miyazaki vd. 2009; Miyazaki ve Hotta 2011).

CAD/CAM sistemlerinin klinik diş hekimliği pratiğine entegrasyonunun sağladığı başlıca katkılar şu şekilde özetlenebilir:

- Zaman tasarrufu: Dijital ölçülerin alınması ve restorasyonların tek seansta üretilmesi sayesinde randevu sayısı azalmakta, klinik verimlilik ise belirgin şekilde artmaktadır.
- Gelişmiş materyal bilimi: Yüksek dayanımlı seramiklerin, zirkonya ve hibrit materyallerin dijital olarak işlenebilir hâle gelmesi; restorasyonların dayanıklılığını ve estetik kalitesini artırmıştır.
- Minimal invaziv yaklaşımlar: Dijital olarak optimize edilen marjinal uyum, daha konservatif preparasyonlara olanak tanımakta ve sağlıklı doku kaybını en aza indirmektedir.
- Laboratuvar kaynaklı hataların azalması: Analog ölçü, alçı model ve mum modelaj gibi hata potansiyeli yüksek

aşamaların ortadan kalkması ile üretimdeki varyasyonlar önemli ölçüde azalmaktadır.

- Öngörülebilir tedavi: Yazılım tabanlı tasarım araçları, otomatik anatomik form oluşturma ve oklüzyon analizleri sayesinde daha standart, tekrarlanabilir ve öngörülebilir restoratif sonuçlar elde edilmektedir.(Dawood vd. 2015; Maiti vd. 2024; Strub, Rekow, ve Witkowski 2006)

Dijital ölçü sistemlerinde (intraoral tarayıcılarda) doğruluğun artması, klinisyenlerin konvansiyonel ölçü materyallerine olan bağımlılığını azaltmış; hem hekim hem de hasta açısından daha konforlu, hızlı ve öngörülebilir bir ölçü süreci sağlamıştır. Güncel CAD yazılımlarının anatomik morfolojiye uygun kron, veneer, inley-onley ve implant üstü restorasyon tasarımlarını otomatik olarak oluşturabilmesi, oklüzyonun, kontakların ve anatomik formun optimize edilmesine olanak tanımaktadır. Tüm bu gelişmeler sonucunda CAD/CAM restorasyonlar; estetik performansları, yüksek mekanik dayanımları, biyouyumlulukları, kısa üretim süreleri ve tekrarlanabilirlikleri sayesinde modern dijital diş hekimliğinde yalnızca bir alternatif olmaktan çıkmış, birçok klinik endikasyonda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Park vd. 2023; Güngör, Yılmaz, ve Çelikkol 2022).

2. CAD/CAM TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojileri, 1960'larda uçak ve otomotiv endüstrilerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş; yaklaşık on yıl sonra ise diş hekimliğine uyarlanmaya başlanmıştır. Dr. François Duret, 1971 yılı gibi erken bir dönemde abutment dişin optik izlenimine dayanan ve sayısal kontrollü bir freze makinesi ile kron üretebilen ilk dental CAD/CAM sistemini geliştiren kişi olarak kabul

edilmektedir. Duret, 1983 yılında ise literatürde bildirilen ilk dental CAD/CAM restorasyonunu üretmiştir (Davidowitz ve Kotick 2011).

1980’li yıllardan itibaren Mörmann ve Brandestini, iki boyutlu yazılım altyapısına sahip ilk CAD/CAM konseptini geliştirerek yalnızca inley restorasyonlarının üretimini mümkün hâle getirmiştir. 1985 yılında tanıtılan CEREC 1 sistemi, diş hekimliğinde sandalye başında gerçekleştirilen ilk CAD/CAM kakma restorasyonunu üretmiş; 1988 itibarıyla sistem inley, onley ve veneer uygulamalarını da destekleyecek şekilde genişletilmiştir.

1994 yılında Siemens tarafından geliştirilen CEREC 2, iki boyutlu yazılım yapısını korumakla birlikte parsiyel ve tam kronlar ile abutment başlıklarının üretimine olanak tanımıştır. 2000 yılında Sirona, CEREC 3 ve inLab sistemlerini tanıtarak laboratuvar ortamında üç üniteli köprü çerçevelerinin frezelenmesini mümkün kılmış ve dijital protez üretiminde önemli bir gelişme sağlamıştır.

2003 yılında sistemin üç boyutlu yazılım altyapısına geçmesiyle köprü endikasyonları genişlemiş; 2005’te eklenen otomatik sanal oklüzal ayarlama özelliği ise dijital oklüzyon analizinde önemli bir dönüm noktası oluşturmuştur (Moörmann 2006).

Günümüzde CAD/CAM sistemleri; inley, onley, laminate veneer, parsiyel kron, tam kron ve köprüler başta olmak üzere oldukça geniş bir restoratif endikasyon yelpazesinde kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, aynı zamanda hareketli bölümlü protezlerin metal iskeletlerinin dijital olarak üretilmesi ve implant cerrahisinde kullanılan cerrahi stentlerin yüksek hassasiyetle tasarlanıp imal edilmesi gibi ileri uygulamalara da olanak sağlamaktadır. Buna ek olarak CAD/CAM, maksillofasiyal protezlerin hazırlanması, implant destekli sabit

protezlerde bireyselleştirilmiş abutment tasarımı ile kron–köprü ve hibrit protez altyapılarının dijital olarak planlanıp üretilmesi gibi geniş kapsamlı protetik süreçlerde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Çetindağ ve Meşe 2016).

3. CAD/CAM SİSTEMLERİNİN BİLEŞENLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

CAD/CAM sistemi temel olarak üç ana bileşenin entegre bir şekilde çalışmasına dayanır:

1. Dijital Tarayıcı
2. CAD Tasarım Yazılımı
3. CAM Üretim Ünitesi (Beuer, Schweiger, ve Edelhoff 2008)

3.1. Dijital Tarama Sistemleri: Tarayıcı Tipleri ve Çalışma Prensipleri

3.1.1. İntraoral Tarayıcıların Çalışma Prensibi

İntraoral tarayıcılar, ağız içi yapıların optik prensiplere dayalı olarak taranması ve bu verilerin dijital ortamda üç boyutlu bir modele dönüştürülmesi esasına göre çalışır. Bu süreçte çeşitli görüntüleme teknolojileri kullanılmaktadır:

3.1.1.1. Triangulation (Üçgenleme)

Bir ışık kaynağı ile kameranın yüzey üzerindeki yansımayı farklı açılardan algılaması sonucunda noktasal derinlik ölçümü yapılır ve üç boyutlu yüzey verisi elde edilir.

3.1.1.2. Confocal Mikroskopi

Farklı odak derinliklerinden alınan görüntülerin birleştirilmesiyle yüksek çözünürlüklü üç boyutlu modeller oluşturulur.

3.1.1.3. Paralel Projeksiyon

Yüzeye belirli bir desen projekte edilir ve bu desenin yüzeyde oluşturduğu deformasyonlar analiz edilerek derinlik bilgisi hesaplanır.

3.1.1.4. Lazer Tarama

Lazer ışığının yüzeyden geri dönüş açısı ve süresi analiz edilerek üç boyutlu veri oluşturulur. Bu yöntem yüksek doğruluk ve detay çözünürlüğü sağlamasıyla öne çıkar (Özal 2025; Richert vd. 2017).

3.1.2. Tarayıcı Tipleri

3.1.2.1. İntraoral Tarayıcılar

İntraoral tarayıcılar, ağız içi dokuları doğrudan dijital olarak kaydeder ve modern cihazlar renkli tarama özelliği sunar. Hasta konforunun yüksek olması, tükürük ve kan gibi değişkenlerin ölçüleri etkilemesinin önlenmesi ve ölçülerin tekrarlanabilirliği önemli avantajlar arasında yer alır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, intraoral tarayıcıların yalnızca statik ölçüleri değil, aynı zamanda çene hareketleri gibi dinamik verileri de kaydedebildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, 2024 tarihli bir in vitro çalışma, bu hareket verilerinin artikülatör referansına göre tam doğrulukla yeniden üretiminde hâlen sınırlılıklar bulunduğunu bildirmiştir (Lee ve Oh 2024).

3.1.2.2. Laboratuvar Model Tarayıcıları

Konvansiyonel ölçülerden elde edilen alçı modeller, laboratuvar tarayıcıları aracılığıyla dijital formata dönüştürülür. Bu sistemler özellikle ortodontik modeller, implant analoglu modeller ve yüksek hassasiyet gerektiren köprü hazırlıklarının taranmasında tercih edilmektedir (Kang, Son, ve Lee 2020).

3.1.2.3. Yüz Tarayıcıları

Yüz tarayıcıları, gülüş hattı, dudak desteği ve estetik planlama amacıyla yüzün yumuşak dokularını üç boyutlu olarak kaydeder. Yeni nesil sistemler, intraoral taramalarla yüz taramalarının entegrasyonunu mümkün kılarak dijital protez planlamasında doğruluğu artırmaktadır (Sun vd. 2021).

3.1.2.4. Hareketli Tarayıcılar

Hareketli tarayıcılar, gerçek çene hareketlerini (açma, kapama, lateral hareketler) yüksek doğrulukla ölçerek dinamik oklüzyonun dijital ortamda değerlendirilmesini sağlar. Optik sensörler, manyetik takip sistemleri veya intraoral tarayıcı entegrasyonları ile çalışan bu teknolojiler, fonksiyonel oklüzyon planlamasında giderek daha yaygın kullanılmaktadır (Kwon vd. 2019) .

3.2. Tasarım Yazılımları (CAD) ve Çalışma Prensipleri

Modern CAD yazılımları, diş hekimliği tedavileri kapsamında kullanılan bir dizi modülden oluşur ve restoratif ile protetik planlamayı kolaylaştırır. Bu yazılımlar; marjin belirleme, oklüzal morfoloji, köprü tasarımı ve implant planlama gibi temel modüllerin yanı sıra, gerek laboratuvar gerekse klinik süreçlerde farklı ihtiyaçlara yönelik ek modüller de içerebilmektedir:

Marjin belirleme ve düzenleme:

- Otomatik marjin önerileri ile hassas marjin belirleme
- Manuel düzeltme seçenekleriyle kişiselleştirme

Oklüzal morfoloji ve analiz:

- Yapay zekâ destekli otomatik anatomik öneriler
- Oklüzal temas analizi
- Sanal artikülatör ile dinamik oklüzyon değerlendirmesi

Köprü tasarımı ve optimizasyon:

- Pontik şekillendirme
- Bağlantı alanı optimizasyonu

İmplant planlama ve abutment tasarımı:

- Bireyselleştirilmiş abutment üretimi
- Cerrahi rehber tasarımı (Ates ve Yesil Duymus 2016; Litzenburger vd. 2013)

3.3. Üretim Üniteleri (CAM) Ve Çalışma Prensipleri

CAD yazılımında tasarlanan restorasyonlar, CAM üretim üniteleri aracılığıyla fiziksel olarak elde edilir. Başlıca üretim sistemleri şunlardır:

3.3.1. Freze (Milling) Sistemleri

3.3.1.1. Eksene Göre Sınıflandırma

- i) 3 Eksen: Temel freze hareketleri; daha basit restorasyonlar için uygundur.
- ii) 4 Eksen: Yanal hareket eklenerek kompleks geometrilerin işlenmesini sağlar.
- iii) 5 Eksen: Çok açılı hareket ile karmaşık anatomik yapılar yüksek hassasiyetle işlenebilir.

3.3.1.2. Islak ve Kuru Freze Ayrımı

- i) Kuru Freze: Su veya soğutma sıvısı kullanılmadan çalışır; hızlı üretim avantajı sağlar
- ii) Islak Freze: soğutma sıvısı ile çalışır; özellikle seramik ve zirkonya gibi hassas materyallerde kırılma riskini azaltır (Kirsch vd. 2017; Palmolive 2018).

3.3.2 3D Printer Sistemleri

- i) SLA (stereolitografi): Fotopolimer reçineyi lazer ışığı ile katman katman sertleştirir.

- ii) DLP (digital light processing): Dijital projektör kullanarak tüm katmanı eş zamanlı sertleştirir.
- iii) LCD printerlar: LCD ekran aracılığıyla ışık geçirgen bölgeleri sertleştirerek 3D model oluşturur (Tsolakis vd. 2022)

4. CAD/CAM MATERYALLERİ

4.1. Seramikler

4.1.1. Feldspatik Seramik

4.1.2. Lityum Disilikat (e.max CAD)

4.1.3. Zirkonya

4.2. Hibrit Seramik / Kompozit Bloklar

4.3. PMMA (Rexhepi vd. 2023; Skorulska vd. 2021).

5. KULLANIM ALANLARI

CAD/CAM teknolojileri, diş hekimliğinde restoratif, protetik, pedodontik, endodontik, ortodontik ve implantolojik uygulamalarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Aşağıda bu uygulama alanlarının bir kısmına örnekler verilmiştir:

5.1. Restoratif Diş Hekimliği

- İnley–onley restorasyonlar
- Laminate veneerler
- Endokron uygulamaları

5.2. Protetik Diş hekimliği

- Zirkonya köprüler
- Tam seramik kronlar

5.3. Pedodonti

- Tek seansta restorasyon uygulama avantajı
- Dijital pedodontik zirkonya kronlar

5.4. Endodonti

- Dijital post–core uygulamaları
- Endokron restorasyonlar

5.5. Ortodonti

- Şeffaf plak (aligner) üretimi
- Attachments şablonları

5.6. Ağız ve Çene Cerrahisi

- Cerrahi rehber tasarımı ve üretimi
- Bireyselleştirilmiş abutment üretimi(Skorulska vd. 2021; Ille vd. 2025; Alghazzawi 2016)

6. SONUÇ

CAD/CAM teknolojileri, diş hekimliğinde ölçü alma, tasarım ve üretim süreçlerini dijital ortamda bütünleştirerek klinik uygulamalarda devrim niteliğinde değişiklikler sağlamıştır. Bu sistemler, tanı ve tedavi planlamasında doğruluğu artırmakta, minimal invaziv yaklaşımları desteklemekte ve hasta konforunu yükseltmektedir.

Restoratif, protetik, pedodontik, endodontik, ortodontik ve implantolojik uygulamalarda geniş kullanım alanı bulan CAD/CAM; inley, onley, laminate veneer, kron ve köprüler, tek seans pedodontik zirkonya kronlar, dijital post–core, şeffaf plaklar, cerrahi rehberler ve bireyselleştirilmiş abutment üretimi gibi çeşitli klinik çözümler sunmaktadır.

Yüksek hassasiyetli tarama sistemleri, gelişmiş tasarım yazılımları ve üretim üniteleri sayesinde laboratuvar kaynaklı hatalar azalmakta, restorasyonların dayanıklılığı ve estetik kalitesi artmakta; tedavi süreleri kısaltmakta ve klinik verimlilik yükselmektedir. Bu nedenlerle CAD/CAM, modern diş hekimliğinde yalnızca bir alternatif değil, birçok klinik endikasyonda standart uygulama hâline gelmiş, güvenilir ve bütünleşik bir dijital sistem olarak kabul edilmektedir.

KAYNAKÇA

- Alghauli, Mohammed Ahmed, Waad Aljohani, Shahad Almutairi, Rola Aljohani, ve Ahmed Yaseen Alqutaibi. 2025. “Advancements in digital data acquisition and CAD technology in Dentistry: Innovation, clinical Impact, and promising integration of artificial intelligence”. *Clinical eHealth* 8:32-52. doi:10.1016/j.ceh.2025.03.001.
- Alghazzawi, Tariq F. 2016. “Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation”. *Journal of Prosthodontic Research* 60(2):72-84. doi:10.1016/j.jpor.2016.01.003.
- Ates, Sabit Melih, ve Zeynep Yesil Duymus. 2016. “Influence of Tooth Preparation Design on Fitting Accuracy of CAD-CAM Based Restorations”. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 28(4):238-46. doi:10.1111/jerd.12208.
- Beuer, F., J. Schweiger, ve D. Edelhoff. 2008. “Digital Dentistry: An Overview of Recent Developments for CAD/CAM Generated Restorations”. *British Dental Journal* 204(9):505-11. doi:10.1038/sj.bdj.2008.350.
- Çetindağ, Merve Tokgöz, ve Ayşef Meşe. 2016. “Diş Hekimliğinde Kullanılan Cad/Cam (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim) Sistemleri ve Materyaller”. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 26(3):524-33.
- Davidowitz, Gary, ve Philip G. Kotick. 2011. “The Use of CAD/CAM in Dentistry”. *Dental Clinics of North America* 55(3):559-70. doi:10.1016/j.cden.2011.02.011.
- Dawood, A., B. Marti Marti, V. Sauret-Jackson, ve A. Darwood. 2015. “3D Printing in Dentistry”. *British Dental Journal* 219(11):521-29. doi:10.1038/sj.bdj.2015.914.

- Güngör, Berkay Enes, Metehan Yılmaz, ve Ongun Çelikkol. 2022. “İntraoral Tarayıcılarda Doğruluk”. *Aydın Dental Journal* 8(2):123-41. doi:10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental_v08i2002.
- Haidar, Ziyad S. 2025. “Digital Dentistry: Past, Present, and Future”. *ResearchGate*. doi:10.5772/dmht.17.
- Ille, Codruța-Eliza, Anca Jivănescu, Daniel Pop, Eniko Tunde Stoica, Razvan Flueraș, Ioana-Cristina Talpoș-Niculescu, Raluca Mioara Cosoroabă, Ramona-Amina Popovici, ve Iustin Olariu. 2025. “Exploring the Properties and Indications of Chairside CAD/CAM Materials in Restorative Dentistry”. *Journal of Functional Biomaterials* 16(2):46. doi:10.3390/jfb16020046.
- Kang, Byung-hyun, Keunbada Son, ve Kyu-bok Lee. 2020. “Accuracy of Five Intraoral Scanners and Two Laboratory Scanners for a Complete Arch: A Comparative In Vitro Study”. *Applied Sciences* 10(1):74. doi:10.3390/app10010074.
- Kirsch, Corinna, Andreas Ender, Thomas Attin, ve Albert Mehl. 2017. “Trueness of Four Different Milling Procedures Used in Dental CAD/CAM Systems”. *Clinical Oral Investigations* 21(2):551-58. doi:10.1007/s00784-016-1916-y.
- Kwon, Joo Hyun, Sungbin Im, Minho Chang, Jong-Eun Kim, ve June-Sung Shim. 2019. “A Digital Approach to Dynamic Jaw Tracking Using a Target Tracking System and a Structured-Light Three-Dimensional Scanner”. *Journal of Prosthodontic Research* 63(1):115-19. doi:10.1016/j.jpor.2018.05.001.
- Lee, Hwa Jung, ve Kyung Chul Oh. 2024. “Accuracy of Motion Trajectory Achieved with an Intraoral Scanner: An In

- Vitro Study with a Proof-of-Concept”. *Diagnostics* 14(23):2713. doi:10.3390/diagnostics14232713.
- Litzenburger, Andreas P., Reinhard Hickel, Maria J. Richter, Albert C. Mehl, ve Florian A. Probst. 2013. “Fully Automatic CAD Design of the Occlusal Morphology of Partial Crowns Compared to Dental Technicians’ Design”. *Clinical Oral Investigations* 17(2):491-96. doi:10.1007/s00784-012-0714-4.
- Maiti, Niladri, Niva Mahapatra, Dhruvi Patel, Jeel Chanchad, Anushka Saurabhbbhai Shah, SK Mahboob Rahaman, ve Pratik Surana. 2024. “Application of CAD-CAM in Dentistry”. *Bioinformation* 20(5):547-50. doi:10.6026/973206300200547.
- Mangano, Francesco, Andrea Gandolfi, Giuseppe Luongo, ve Silvia Logozzo. 2017. “Intraoral Scanners in Dentistry: A Review of the Current Literature”. *BMC Oral Health* 17(1):149. doi:10.1186/s12903-017-0442-x.
- Miyazaki, T., ve Y. Hotta. 2011. “CAD/CAM Systems Available for the Fabrication of Crown and Bridge Restorations”. *Australian Dental Journal* 56(s1):97-106. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01300.x.
- Miyazaki, Takashi, Yasuhiro Hotta, Jun Kunii, Soichi Kuriyama, ve Yukimichi Tamaki. 2009. “A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience”. *Dental Materials Journal* 28(1):44-56. doi:10.4012/dmj.28.44.
- Moörmann, Werner H. 2006. “The Evolution of the CEREC System”. *The Journal of the American Dental Association* 137:7S-13S. doi:10.14219/jada.archive.2006.0398.

- Özal, Çise. 2025. “Guide to Optimizing the Accuracy of Intraoral Implant Scans: A Review Article”. *Cyprus Journal of Medical Sciences*. doi:10.4274/cjms.2024.2024-31.
- Palmolive, Colgate. 2018. “Milling Machines Tools Used In Cad-Cam Technology Of Dental Prostheses”. 10(4).
- Park, Yeri, Jae-Hoon Kim, Jeong-Kil Park, ve Sung-Ae Son. 2023. “Scanning Accuracy of an Intraoral Scanner According to Different Inlay Preparation Designs”. *BMC Oral Health* 23(1):515. doi:10.1186/s12903-023-03233-2.
- Rexhepi, Imena, Manlio Santilli, Gianmaria D’Addazio, Giuseppe Tafuri, Eugenio Manciocchi, Sergio Caputi, ve Bruna Sinjari. 2023. “Clinical Applications and Mechanical Properties of CAD-CAM Materials in Restorative and Prosthetic Dentistry: A Systematic Review”. *Journal of Functional Biomaterials* 14(8):431. doi:10.3390/jfb14080431.
- Richert, Raphaël, Alexis Goujat, Laurent Venet, Gilbert Viguie, Stéphane Viennot, Philip Robinson, Jean-Christophe Farges, Michel Fages, ve Maxime Ducret. 2017. “Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression”. *Journal of Healthcare Engineering* 2017:8427595. doi:10.1155/2017/8427595.
- Skorulska, Aleksandra, Paweł Piszko, Zbigniew Rybak, Maria Szymonowicz, ve Maciej Dobrzyński. 2021. “Review on Polymer, Ceramic and Composite Materials for CAD/CAM Indirect Restorations in Dentistry—Application, Mechanical Characteristics and Comparison”. *Materials* 14(7):1592. doi:10.3390/ma14071592.

- Spagnuolo, Gianrico, ve Roberto Sorrentino. 2020. "The Role of Digital Devices in Dentistry: Clinical Trends and Scientific Evidences". *Journal of Clinical Medicine* 9(6):1692. doi:10.3390/jcm9061692.
- Strub, Joerg R., E. Dianne Rekow, ve Siegbert Witkowski. 2006. "Computer-Aided Design and Fabrication of Dental Restorations: Current Systems and Future Possibilities". *Journal of the American Dental Association (1939)* 137(9):1289-96. doi:10.14219/jada.archive.2006.0389.
- Sun, Ao, Yang Yang, Hanqi Gao, Wei-Shao Lin, Li Chen, ve Jianguo Tan. 2021. "Integrating Facial and Intraoral Scans for Digital Esthetic and Occlusal Design: A Technical Report". *Journal of Prosthodontics* 30(8):729-33. doi:10.1111/jopr.13397.
- Tsolakis, Ioannis A., William Papaioannou, Erofilis Papadopoulou, Maria Dalampira, ve Apostolos I. Tsolakis. 2022. "Comparison in Terms of Accuracy between DLP and LCD Printing Technology for Dental Model Printing". *Dentistry Journal* 10(10):181. doi:10.3390/dj10100181.

OKLÜZAL SPLİNTLER: ENDİKASYONLAR, GÜNCEL ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ VE MATERYAL ÖZELLİKLERİ

Esra Nur AVUKAT¹

1. GİRİŞ

Oklüzal splintler; bir dental arkın dişlerini bütünüyle veya kısmen kaplayarak, karşıt ark dişleriyle dengeli ve kontrollü bir oklüzal ilişki kurulmasını amaçlayan, sert veya yumuşak polimer materyallerden üretilen çıkarılabilir intraoral apareylerdir. Diş hekimliği pratiğinde koruyucu ve terapötik amaçlarla yaygın olarak kullanılan bu apareyler; özellikle çiğneme sistemi fonksiyon bozukluklarının, miyofasiyal ağrıların ve temporomandibular eklem (TME) düzensizliklerinin yönetiminde kritik bir role sahiptir. (Nassif ve ark., 2023) Günümüzde oklüzal splintler, konservatif ve geri dönüşümlü doğaları gereği, stomatognatik sistem rehabilitasyonunda öncelikli tedavi yaklaşımlarından biri olarak kabul edilmektedir.

Güncel literatürde bruksizm; geleneksel “diş gıcırdatma” tanımının ötesinde, sağlıklı bireylerde her zaman patolojik kabul edilmeyen, ritmik (fazik) veya sürekli (tonik) karakterde seyredabilen bir çiğneme kası aktivitesi olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu aktivitenin; patolojik diş aşınması, kas hipertrofisi/ağrısı ve TME semptomları gibi sekonder komplikasyonlara yol açtığı durumlarda oklüzal splintler halen

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-0533-8994.

“altın standart” tedavi yöntemi olma özelliğini korumaktadır. (Ateş ve ark., 2024; Friction ve ark., 2010; Lawson ve ark., 2025).

2. KLİNİK KULLANIM ALANLARI VE ENDİKASYONLAR

Oklüzal splintlerin dental pratikteki kullanım alanları oldukça geniştir. En yaygın endikasyonlar arasında brüksizm ve TME bozukluklarının yönetimi yer almakta olup, bu apareyler diş sıkma ve gıcırdatmaya bağlı diş aşınmalarının önlenmesi, çiğneme kası ağrılarının azaltılması ve TME fonksiyonlarının düzenlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Buna ek olarak oklüzal splintler, çiğneme kasları üzerindeki spazmı azaltarak kas relaksasyonu sağlar ve nöromusküler aktivitenin düzenlenmesine katkıda bulunurlar. Ortodontik ve protetik diş tedavilerinde ise, yeni bir dikey boyutun veya oklüzal ilişkinin geçici olarak değerlendirilmesi ve hastanın adaptasyonunun test edilmesi amacıyla kullanılabilir. Maksillofasial cerrahi uygulamalarda kırıkların stabilizasyonuna yardımcı olmalarının yanı sıra, sporcularda koruyucu aparey, horlama apareyleri ve ilaç taşıyıcıları (örneğin beyazlatma ajanları) gibi farklı klinik amaçlarla da kullanılmaktadırlar. (Nassif ve ark., 2023)

3. OKLÜZAL SPLİNTLERİN ETKİ MEKANİZMASI VE FİZYOLOJİK TEMELLERİ

Oklüzal splintlerin klinik etkinliği, stomatognatik sistem üzerindeki çeşitli biyomekanik ve nörofizyolojik etkilere dayanmaktadır. İlk olarak splintler, diş arkları arasında mekanik bir bariyer oluşturarak parafonksiyonel kuvvetleri sönümler ve enerjinin diş dokuları yerine splint materyali üzerinde harcanmasını sağlar. (Okeson ve ark., 2013) Ayrıca oklüzal

temasların tüm ark boyunca dengeli şekilde dağıtılması, belirli dişler veya bölgeler üzerinde oluşabilecek aşırı stresin azaltılmasına katkıda bulunur. Splintin oluşturduğu proprioseptif değişim ve “yabancı cisim etkisi”, hastanın parafonksiyonel alışkanlıklarının farkına varmasını sağlayarak biofeedback mekanizması yoluyla bu aktivitelerin şiddetini azaltabilir. (Dawson, 2006; Okeson & Ckeson, 2013)

Splint kullanımıyla birlikte dikey boyutun kontrollü olarak artırılması, masseter ve temporal kas liflerinin uzamasına neden olarak kas tonusunda azalma ve relaksasyon sağlar. Özellikle posterior diş temaslarının elimine edilmesi, refleks kas aktivitesinin baskılanmasına katkıda bulunur. Bunun yanı sıra splintler, kondil-disk kompleksinin sentrik ilişkide daha stabil bir pozisyonda konumlanmasına olanak tanıyarak TME üzerindeki kompresif yükleri azaltır ve eklem dekompresyonunu sağlar. Bu mekanizma, ağrının azalmasına ve fonksiyonel stabilitenin sağlanmasına yardımcı olur. (Dawson, 2006; Nassif ve ark., 2023; Okeson & Ckeson, 2013; Zhang ve ark., 2016)

Oklüzal splintlerin sentrik ilişkide eş zamanlı ve dengeli temaslar oluşturması, eksantrik çene hareketleri sırasında ise posterior erken temasların elimine edilerek kanin rehberliği veya grup fonksiyonunun kontrollü biçimde sağlanması, TME üzerindeki olumsuz yüklerin azaltılmasında temel bir hedeftir. Bu fonksiyonel prensiplerin klinikte güvenilir biçimde elde edilebilmesi, splintin uyumu ve oklüzal temasların öngörülebilirliği ile yakından ilişkilidir. (Wesemann ve ark., 2021).

4. ÜRETİM YÖNTEMLERİ: ANALOGDAN DİJİTALE

4.1. Geleneksel (analog) yöntemler

Geleneksel üretim yöntemlerinde oklüzal splintler; alçı model elde edilmesi, mum modelaj, muflalama ve polimetilmetakrilatın (PMMA) ısı veya basınç altında polimerize edilmesi gibi çok aşamalı ve manuel işçiliğe dayalı işlemlerle üretilmektedir. Bu süreçte oto-polimerize, ısı ile polimerize veya ışıkla polimerize akrilik rezinlerin yanı sıra, polietilen (PET-G) gibi termoplastik materyallerin vakumla şekillendirilmesi (termoform) yöntemi de kullanılabilmektedir. (Lawson ve ark., 2025; Nassif ve ark., 2023; Nekora ve ark., 2009)

PET-G, termoform levhalar hâlinde bulunan, oklüzal splintler, ortodontik apareyler ve retainerların üretiminde kullanılan bir polimerdir. Vakumla şekillendirme esasına dayanan bu yöntem, ısı kaynağı ve vakum rezervi içeren termoform cihazlarıyla gerçekleştirilir. PET-G levhalar genellikle şeffaf olup farklı renk seçenekleri de mevcuttur. Ancak literatürde PET-G'nin oklüzal splintlerdeki kullanımına ilişkin veriler sınırlıdır ve mevcut çalışmalar büyük ölçüde ortodontik endikasyonlara odaklanmaktadır. Kalın levhaların ve çok katmanlı termoform materyallerin mekanik dayanımı artırabileceği bildirilmiş olsa da, bu yapıların oklüzal splint olarak etkinliği ve güvenilirliği henüz yeterince araştırılmamıştır. (Cianci ve ark., 2020; Nassif ve ark., 2023)

Geleneksel yöntemlerin en önemli avantajı, düşük ekipman maliyeti ve klinik ortamlarda kolay uygulanabilir olmalarıdır. Ancak bu teknikler; uzun üretim süresi, yüksek laboratuvar emeği gereksinimi, standardizasyonun sınırlı olması ve operatörün el becerisine yüksek derecede bağımlı olması gibi önemli dezavantajlar içermektedir. Ayrıca polimerizasyon büzülmesi intaglio uyumunu olumsuz etkileyebilmekte, yetersiz

polimerizasyon sonucu ortaya çıkan artık monomer varlığı ise doku irritasyonu ve alerjik reaksiyon riskini artırabilmektedir. (Edelhoff ve ark., 2017; Engler ve ark., 2020)

4.2. Eksiltmeli üretim (CAD/CAM – frezeleme)

Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli üretim (CAM) teknolojilerindeki gelişmeler, oklüzal splint üretiminde dijital iş akışlarının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Eksiltmeli üretim yönteminde, endüstriyel koşullarda yüksek ısı ve basınç altında önceden polimerize edilmiş homojen CAD/CAM disklerinden materyal, bilgisayar kontrollü frezleme işlemiyle uzaklaştırılmaktadır. Bu amaçla en sık PMMA diskleri kullanılırken, son yıllarda üstün mekanik ve biyouyumluluk özellikleri nedeniyle Polietereterketon (PEEK) diskleri de alternatif olarak tercih edilmektedir. (Ateş ve ark., 2024; Nassif ve ark., 2023; Wesemann ve ark., 2021) PEEK, geleneksel PMMA rezinlerine alternatif olarak geliştirilen, yüksek performanslı polimerler (HPP) sınıfında yer alan semikristalin bir termoplastiktir. Kemik ve diş dokusuna benzer elastisite modülü sayesinde oklüzal kuvvetlerin daha homojen dağılımına katkı sağlar ve TME üzerinde amortisör benzeri bir etki oluşturur. Biyoinert yapısı nedeniyle artık monomer salınımı ve alerjik reaksiyon riski bulunmazken, düşük plak akümüasyonu, yüksek boyutsal stabilite ve aşınma direnci gibi avantajlar sunar. Ancak opak yapısı nedeniyle estetik beklentileri sınırlı karşılaması, yüksek materyal ve üretim maliyetleri ile tamir ve modifikasyon işlemlerinin güç olması, oklüzal splint uygulamalarında kullanımını sınırlayan başlıca faktörlerdir. Klinik açıdan değerlendirildiğinde, PEEK materyalinin dentine benzer elastik özellikleri oklüzal kuvvetlerin fizyolojik dağılımına katkı sağlarken, düşük yüzey pürüzlülüğü ve yüksek aşınma direnci uzun dönem stabilite açısından avantaj oluşturmaktadır. Bununla birlikte, rijit yapısı ve sınırlı esnekliği özellikle yüksek retansiyonlu splint tasarımlarında ağıza yerleştirme ve çıkarma

sırasında zorluklara neden olabilmektedir. Ayrıca, oklüzal ayarlamalar sonrasında klinik polisaj işlemlerinin yeterli düzeyde sağlanamaması, karşıt ark dişlerinde aşınma riskini artırabilmektedir. Bu nedenlerle PEEK, estetik beklentisi yüksek olan veya sık modifikasyon gerektiren vakalardan ziyade, yüksek mekanik dayanım ve biyoinert yapı gerektiren olgularda, uygun tasarım ve kontrollü yüzey polisajı ile tercih edilmesi önerilen bir materyaldir. (Nassif ve ark., 2023)

Eksiltmeli üretim yönteminin avantajları; yüksek polimerizasyon derecesi, homojen materyal yapısı, boyutsal stabilitenin artması ve artık monomer miktarının minimum düzeyde olmasıdır. (Patzelt ve ark., 2022) Ancak frezleme sırasında blok materyalin büyük bir kısmının (%40–90) atık hâline gelmesi, üretim süresinin görece uzun olması ve ekipman maliyetlerinin yüksekliği, yöntemin temel dezavantajları arasında yer almaktadır. (GrymakAarts ve ark., 2022; GrymakWaddell ve ark., 2022; Lutz ve ark., 2019; Patzelt ve ark., 2022)

4.3. Eklemeli üretim (3D Baskı)

Eksiltmeli üretimin sınırlılıkları, eklemeli üretim (Additive Manufacturing, AM) teknolojilerinin klinik ve laboratuvar uygulamalarında giderek daha fazla tercih edilmesine neden olmuştur. Eklemeli üretim, dijital ortamda tasarlanan üç boyutlu modelin, sıvı fotopolimer reçinenin katman katman polimerize edilmesiyle fiziksel nesneye dönüştürülmesi esasına dayanır. Oklüzal splint üretiminde en yaygın kullanılan yöntemler stereolitografi (SLA) ve dijital ışık işleme (DLP) teknolojileridir. (Revilla-León ve ark., 2019)

Eklemeli üretimin düşük malzeme tüketimi, kısa üretim süresi, aynı anda birden fazla apaneyin üretilmesi ve karmaşık geometrilere olan tasarım esnekliği önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, katmanlı yapıdan kaynaklanan anizotropik mekanik özellikler ve baskı sonrası post-kürleme

gerekliliği yöntemin başlıca sınırlılıklarıdır. (Gibreel ve ark., 2022) Günümüzde dijital üretim yöntemleri, konvansiyonel tekniklere kıyasla daha hızlı, tekrarlanabilir ve ekonomik çözümler sunmaları nedeniyle giderek daha yaygın biçimde tercih edilmektedir. (Wesemann ve ark., 2021)

5. OKLÜZAL SPLİNTLERİN SAHİP OLMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

5.1. Biyouyumluluk ve hasta güvenliği

Oklüzal splintler, oral dokularla uzun süreli temas hâlinde olduklarından biyouyumlu materyallerden üretilmelidir. Kullanılan materyalin toksik, alerjik veya iritan etki göstermemesi; artık monomer salınımının minimum düzeyde olması ve ağız ortamında kimyasal stabilitesini koruması hasta güvenliği açısından temel gerekliliklerdir. (Benli ve ark., 2023; Wedekind ve ark., 2021)

5.2. Uyum ve stabilite

Splintin intaglio yüzeyi dişlere pasif fakat stabil bir şekilde oturmalı ve kullanım sırasında hareket etmemelidir. Yeterli retansiyon sağlanırken dişler ve periodontal dokular üzerinde zararlı kuvvetler oluşturmamaya özen gösterilmelidir. Uyumun yetersiz olması, splintin etkinliğini ve hasta konforunu olumsuz etkileyebilir. (Patzelt ve ark., 2022)

5.3. Oklüzal özellikler

Oklüzal splintler, sentrik ilişkide eş zamanlı ve dengeli temaslar oluşturmalıdır. Eksantrik çene hareketleri sırasında posterior erken temasların elimine edilmesi ve kanin rehberliği veya grup fonksiyonunun kontrollü şekilde sağlanması hedeflenmelidir. Bu sayede TME üzerindeki olumsuz yükler azaltılarak fonksiyonel denge sağlanır. (Ash Jr ve ark., 1998)

5.4. Mekanik dayanım ve boyutsal stabilite

Splint materyali, çiğneme kuvvetlerine karşı yeterli dayanım göstermeli ve uzun süreli kullanımda deformasyona uğramamalıdır. Ayrıca ağız ortamındaki ısı ve nem değişimlerinden minimum düzeyde etkilenerek boyutsal stabilitesini koruması, klinik başarının sürdürülebilirliği açısından önemlidir. (GrymakAarts ve ark., 2022)

5.5. Yüzey özellikleri ve hijyen

Splint yüzeyi pürüzsüz ve kolayca cilalanabilir olmalı, plak ve mikroorganizma tutulumunu en aza indirmelidir. Hijyenik özellikler, hem oral sağlığın korunması hem de splintin uzun süreli güvenli kullanımı açısından belirleyici bir faktördür. Hastanın splinti kolaylıkla temizleyebilmesi, kullanım uyumunu da artırmaktadır. (Huettig ve ark., 2017)

5.6. Konfor ve hasta uyumu

Oklüzal splintler, ağız içinde konuşma ve yutkunma fonksiyonlarını minimum düzeyde etkileyecek şekilde tasarlanmalıdır. Keskin kenarların ve yumuşak dokuları irrite edebilecek çıkıntıların bulunmaması, uzun süreli kullanımda hasta konforunu artırır ve tedaviye uyumu destekler. (Benli ve ark., 2020; Okeson & Ckeson, 2013)

5.7. Ayarlanabilirlik ve klinik kontrol

Klinik kullanım sürecinde splint üzerinde oklüzal ayarlamaların yapılabilmesi büyük önem taşır. Gerekliğinde modifikasyona izin veren yapıda olması, tedavi süresince değişen klinik gereksinimlere uyum sağlamasına olanak tanır. Düzenli kontrollerde splintin stabilitesini koruması beklenir. (Dawson, 2006; Okeson & Ckeson, 2013)

5.8. Estetik ve fonksiyonel kabul edilebilirlik

Özellikle gündüz kullanılan splintlerde estetik görünüm, hastanın splinti kabul etmesi ve düzenli kullanması açısından önemlidir. Estetik açıdan kabul edilebilir tasarımlar, fonksiyonel etkinlik ile birlikte hasta memnuniyetini artırmaktadır. (Nassif ve ark., 2023)

5.9. Dijital üretimle uyum

Güncel yaklaşımlarda oklüzal splintlerin CAD/CAM ve üç boyutlu yazıcı teknolojileriyle üretime uygun olması beklenmektedir. Dijital üretim yöntemleri, tekrarlanabilirlik ve standardizasyon sağlamanın yanı sıra, gerektiğinde splintin yeniden üretilmesine veya dijital arşivlenmesine imkân tanımaktadır. (Patzelt ve ark., 2022)

6. KLİNİK KULLANIM VE HASTA YÖNETİMİ

Oklüzal splintlerin klinik başarısı, doğru endikasyonla uygulanmasına, hastanın tedavi süreci hakkında yeterince bilgilendirilmesine ve düzenli klinik kontrollerle izlenmesine bağlıdır. Tedaviye başlamadan önce ayrıntılı klinik muayene, oklüzal analiz ve TME değerlendirmesi yapılmalı; splint tasarımı hastanın bireysel gereksinimlerine göre planlanmalıdır. Splint teslimi sırasında sentrik ilişkide dengeli temaslar sağlanmalı ve eksantrik hareketlerde erken temaslar elimine edilmelidir. (Okeson & Ckeson, 2013)

Splintlerin kullanım süresi endikasyona göre değişmekle birlikte, bruksizm ve TME bozukluklarında genellikle gece kullanımı önerilmektedir. Akut semptomların varlığında başlangıç döneminde gün içi sınırlı kullanım gerekebilir; ancak uzun süreli ve kontrolsüz kullanımın oklüzal değişikliklere yol açabileceği unutulmamalıdır. (Lobbezoo ve ark., 2018)

Hasta bilgilendirilmesi, tedavi başarısında kritik bir rol oynar. Adaptasyon sürecinde ortaya çıkabilecek geçici şikâyetler hastaya açıklanmalı ve düzenli kullanım teşvik edilmelidir. Splintlerin hijyenik kullanımı için her kullanım sonrası yumuşak fırça ve aşındırıcı olmayan temizleyicilerle temizlik önerilmeli; uygun saklama koşulları sağlanmalıdır. (Okeson & Ckeson, 2013)

Düzenli klinik kontroller sırasında splintin uyumu, oklüzal temasları ve yüzey aşınmaları değerlendirilerek gerekli ayarlamalar yapılmalı; uzun süreli kullanımlarda yeni splint planlaması gündeme alınmalıdır. Sistematik takip, tedavi etkinliğinin sürdürülmesini ve olası komplikasyonların erken dönemde saptanmasını sağlar.

KAYNAKÇA

- Ash Jr, M., & Ramfjord, S. (1998). Reflections on the Michigan splint and other intraocclusal devices. *The Journal of the Michigan Dental Association*, 80(8), 32-35, 41.
- Ateş, G., Demirel, M., Donmez, M. B., Dayan, S. Ç., & Sülün, T. (2024). Effect of material and antagonist type on the wear of occlusal devices with different compositions fabricated by using conventional, additive, and subtractive manufacturing. *J Prosthet Dent*, 131(6), 1235. e1231-1235. e1238.
- Benli, M., Al-Haj Husain, N., & Ozcan, M. (2023). Mechanical and chemical characterization of contemporary occlusal splint materials fabricated with different methods: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 27(12), 7115-7141.
- Benli, M., Eker Gümüő, B., Kahraman, Y., Gökçen-Rohlig, B., Evlioğlu, G., Huck, O., & Özcan, M. (2020). Surface roughness and wear behavior of occlusal splint materials made of contemporary and high-performance polymers. *Odontology*, 108, 240-250.
- Cianci, C., Pappalettera, G., Renna, G., Casavola, C., Laurenziello, M., Battista, G., . . . Ciavarella, D. (2020). Mechanical behavior of PET-G tooth aligners under cyclic loading. *Frontiers in Materials*, 7, 104.
- Dawson, P. E. (2006). *Functional occlusion: from TMJ to smile design*: Elsevier Health Sciences.
- Edelhoff, D., Schweiger, J., Prandtner, O., Trimpl, J., Stimmelmayer, M., & Güth, J.-F. (2017). CAD/CAM splints for the functional and esthetic evaluation of newly defined occlusal dimensions. *Quintessence International*, 48(3).

- Engler, M. L. P. D., Güth, J.-F., Keul, C., Erdelt, K., Edelhoff, D., & Liebermann, A. (2020). Residual monomer elution from different conventional and CAD/CAM dental polymers during artificial aging. *Clinical oral investigations*, 24(1), 277-284.
- Fricton, J., Look, J. O., Wright, E., Alencar Jr, F. G., Chen, H., Lang, M., . . . Miriam Velly, A. (2010). Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials evaluating intraoral orthopedic appliances for temporomandibular disorders. *Journal of orofacial pain*, 24(3), 237.
- Gibreel, M., Perea-Lowery, L., Vallittu, P. K., Garoushi, S., & Lassila, L. (2022). Two-body wear and surface hardness of occlusal splint materials. *Dental Materials Journal*, 41(6), 916-922.
- Grymak, A., Aarts, J. M., Ma, S., Waddell, J. N., & Choi, J. J. E. (2022). Wear behavior of occlusal splint materials manufactured by various methods: a systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 31(6), 472-487.
- Grymak, A., Waddell, J. N., Aarts, J. M., Ma, S., & Choi, J. J. E. (2022). Evaluation of wear behaviour of various occlusal splint materials and manufacturing processes. *journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 126, 105053.
- Huettig, F., Kustermann, A., Kuscu, E., Geis-Gerstorfer, J., & Spintzyk, S. (2017). Polishability and wear resistance of splint material for oral appliances produced with conventional, subtractive, and additive manufacturing. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 75, 175-179.

- Lawson, N. C., Brown, P., Hamdan, S., Alford, A., & Nejat, A. H. (2025). Wear resistance of 3D printed occlusal device materials. *J Prosthet Dent*, 133(2), 576. e571-576. e576.
- Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K., Wetselaar, P., Glaros, A., Kato, T., . . . De Leeuw, R. (2018). International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45(11), 837-844.
- Lutz, A.-M., Hampe, R., Roos, M., Lümekemann, N., Eichberger, M., & Stawarczyk, B. (2019). Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. *J Prosthet Dent*, 121(1), 166-172.
- Nassif, M., Haddad, C., Habli, L., & Zoghby, A. (2023). Materials and manufacturing techniques for occlusal splints: A literature review. *Journal of Oral Rehabilitation*, 50(11), 1348-1354.
- Nekora, A., Evlioglu, G., Ceyhan, A., Keskin, H., & Issever, H. (2009). Patient responses to vacuum formed splints compared to heat cured acrylic splints: pilot study. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 8(1), 31-33.
- Okeson, J. P., & Ckeson, J. P. (2013). *Management of temporomandibular disorders and occlusion*: Elsevier/Mosby St. Louis, MO.
- Patzelt, S. B. M., Krügel, M., Wesemann, C., Pieralli, S., Nold, J., Spies, B. C., . . . Kohal, R.-J. (2022). In vitro time efficiency, fit, and wear of conventionally-versus digitally-fabricated occlusal splints. *Materials*, 15(3), 1085.
- Revilla-León, M., & Özcan, M. (2019). Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status

and potential application in prosthetic dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 146-158.

Wedekind, L., Güth, J.-F., Schweiger, J., Kollmuss, M., Reichl, F.-X., Edelhoff, D., & Högg, C. (2021). Elution behavior of a 3D-printed, milled and conventional resin-based occlusal splint material. *Dental materials*, 37(4), 701-710.

Wesemann, C., Spies, B. C., Schaefer, D., Adali, U., Beuer, F., & Pieralli, S. (2021). Accuracy and its impact on fit of injection molded, milled and additively manufactured occlusal splints. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 114, 104179.

Zhang, C., Wu, J.-Y., Deng, D.-L., He, B.-Y., Tao, Y., Niu, Y.-M., & Deng, M.-H. (2016). Efficacy of splint therapy for the management of temporomandibular disorders: a meta-analysis. *Oncotarget*, 7(51), 84043.

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ DEĞERLENDİRMELERİ

yaz
yayınları

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