



PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ALANINDA GELİŞMELER

EDİTÖR

DR. ÖĞR. ÜYESİ DOĞAN ILGAZ KAYA

Protetik Diş Tedavisi Alanında Gelişmeler

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Doğan Ilgaz Kaya

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Doğan Ilgaz Kaya

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2024

Yayımcı Sertifika No
45813

Matbaa Sertifika No
47381

ISBN
978-625-6225-18-3

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

Adres:Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B,
06480, Mamak, Ankara, Türkiye.
Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuskitap.com
e-mail: platanuskitap@gmail.com



PLATANUS PUBLISHING®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1.....	5
Temporomandibular Eklem Splintleri	
Mevhide Melike Özen & Emine İldirin & Meryem Erdoğdu & Neslihan Güntekin	
BÖLÜM 2.....	23
Tam Dişsiz Hastalarda Protetik Tedavi Seçenekleri	
Merve Cennet Altuntaş & Gülbahar Erdiñ	
BÖLÜM 3.....	33
İmplant Üstü Protezlerde Ölçü	
Büşra Tosun & Fatma Nihan Terzi	
BÖLÜM 4.....	55
İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Dijital Ölçü Tekniğı	
Sema Ateşalp İleri & Burcu Kızılırmak	
BÖLÜM 5.....	71
İnternet of Dental Things and Digital Technologies in Dentistry and Prosthodontics	
Secil Ozkan Ata	



BÖLÜM 1

Temporomandibular Eklem Splintleri

***Mevhide Melike Özen¹ & Emine İldirin² &
Meryem Erdoğan³ & Neslihan Güntekin⁴***

¹ Arş. Gör., Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0005-0187-6754

² Arş. Gör., Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0005-8712-152X

³ Dr. Dt., Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-2430-0687

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-1432-5730

1. Giriş

Oklüzal splintler, temporomandibular eklemi geçici olarak doğru ortopedik pozisyonda tutarak oklüzyonu sağlamayı, anormal kas aktivitelerini düzenlemeyi, diş ve destek yapılarını anormal kuvvetlerden korumayı amaçlayan bir tedavi yöntemidir (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 204). Genellikle sert akrilden üretilir, arkın bir tarafındaki dişlerin insizal veya oklüzaline uygulanarak karşıt ark ile tam bir oklüzal kontakt sağlar (Okeson, 2003). Temporomandibular eklemin bozukluklarda kullanılan splintlerin temel amacı; kondildeki yükü azaltıp disk ve temporomandibuler eklem dejenerasyonunu engellemek, parafonksiyonel alışkanlıkların neden olduğu zararı azaltmak, çiğneme esnasında nöromusküler uyumu sağlamaktır (De Rossi vd, 2014, ss. 19-20); (Faulkner, 1990, s. 355). En sık tercih edilen splintler: stabilizasyon splinti, anteriora konumlandırıcı splint, anterior ısırma plağı, posterior ısırma plağı, pivoting apareyi ve yumuşak plak'tır (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64).

Bu bölümde oklüzal splintler incelenerek, kullanım amaçları, tipleri hakkında faydalı bilgiler verilmeye çalışılacaktır.

2. Geçmişten Günümüze Oklüzal Splintler

İlk defa bruksizmi tedavi etmek için 1901 senesinde Karolyi hazırlamıştır. Sonraki zamanlarda farklı amaçlarla çeşitli tiplerde oklüzal splint önerilmiştir. Oklüzal problemlerin, vertikal yükseklikte değişimlerden kaynaklandığı düşünüldüğünden 1921 senesinde Manson, arka dişleri kapsayan parsiyel bir aparey geliştirmiştir. 1944 senesinde Sved, ön dişlerin intrüzyonunu arka dişlerinse ekstrüzyonunu sağlayan bir aparey geliştirmiştir (Pettengill vd, 1998, s. 165); (Ramfjord, SP, Ash, MM, 1994, s. 491). 1950'li yıllardaysa günümüz kullanımına Posselt tarafından erişmiştir. Aynı anda hem mandibula hem de maksillaya uygulanan splint, oklüzal disfonksiyon ile temporomandibular eklem ve kaslar sistemle ilişkili sorunların giderilmesini sağlamayı amaçlamıştır (Ramfjord, SP, Ash, MM, 1994, s. 492). Takip eden yıllarda malzeme teknolojisindeki gelişmelerin beraberinde polimetilmetakrilat ve termoplastik materyaller üretilmiş, daha hızlı ve daha kolay bir şekilde fabrikasyon splint tiplerinin kullanımının önü açılmıştır. Bu sayede oklüzal disfonksiyonda kendine yer bulan oklüzal splintler çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar; dentofasiyal deformitelerin giderilmesi, uyku bozuklukları, sleep apnea, travma, tme bozukluklarının tedavisi, implantoloji ve distraksiyon osteogenezi, protetik diş hekimliği, periodontoloji, ortodontidir (Okeson, 2003); (Ramfjord, SP, Ash, MM, 1994, s. 491).

3. Temporomandibular Eklem

Temporomandibular eklem kafatasındaki tek hareketli eklemdir. Sinoviyal eklem olan temporomandibular eklem, fossa mandibulare ve tuberculum articulare ile caput mandibula tarafından oluşur. Bicondiler eklem olan mandibula, kafatasına iki condil ile tutunur. Rotasyon ve translasyon hareketi yaptığından ginglymus ve plana tipinde eklemdir (Örenler, 2020, s. 3). Normal mandibular açılma 25 mm'si dönme hareketi, 15 mm'si kayma olacak şekilde 35-50 mm' dir (Odabaş, Arslan, 2008, s. 79). Temporomandibular eklem istirahatteyken; ağız hafif aralık ve dudaklar birleşik, dental temasın yok, dilin anterior ½'si sert damakla temastadır (Aksoy, 2010). TME vaskülarizasyonu zengindir. Posteriora arteria maxillaris ve arteria temporalis superficialis, anteriora ise arteria masseterica ile beslenmesi sağlanmaktadır (Erdem, 2009, s. 19).

4. Temporomandibular Eklem Bozuklukları

Mastikasyon kasları, çevresindeki kemikler ve yumuşak dokularla birlikte temporomandibular eklemi etkileyen çeşitli klinik problemler bulunmaktadır. Bu sorunlar, iki temel grupta toplanabilir: artiküler (intrakapsüler) ve non-artiküler (ekstrakapsüler) bozukluklar.

Diş sıkma ve gıcırdatma ile bağlantılı olan ekstrakapsüler bozukluklar arasında miyofasiyal ağrı, akut kas straini, fibromiyalji, miyotonik distrofi ve miyopatiler bulunmaktadır. Duygudurum bozuklukları, bu bozuklukların nedenleri arasında yer almaktadır.

Disk-kondil ilişkisindeki değişimleri içermekte olan intrakapsüler bozukluklar “internal düzensizlikler” olarak da adlandırılır. Eklem içerisindeki anabolik-katabolik sitokinlerin dengesinin değişmesi, bu durumun nedenleri arasındadır. İki gruba ayrılan inflamatuvar artiküler bozukluklar; spondiloartropatiler (ankilozan spondilit, psoriatik artrit, reaktif artrit), romatoid artrit, enfeksiyöz artrit ve kristal artropatilerle ilişkili olarak temporomandibular eklemi tutabilmektedir. Non-inflamatuvar artiküler bozukluklar arasında osteoartrit, travma veya iyatrojenik etkilerle meydana gelen durumlar ve kıkırdak-kemik ile ilgili eklem bozuklukları yer almaktadır (Benlidayı, Sarpel, 2015 s. 545).

Teşhis yöntemleri;

-Anamnez

-Fizik Muayene

-Radyografik değerlendirme

- Psikolojik değerlendirme (Erdem, 2009, s. 33-36)

5. Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Tedavisi

Etiyolojik faktörler çeşitlilik göstermektedir, tedavi için multidisipliner ilerlemek gereklidir (Erdem, 2009, s. 39); (Aksüzek, Mumcu, Ceylan, Aktaş, Ünal, 2009 s. 54). Bu bozuklukların çoğunda eklem ve kas semptomları bir arada gözlemlenir. Etiyoloji net bir şekilde bilinmediğinden tedavi stratejileri ağırlıklı olarak ağrıyı yönetmeye odaklanmaktadır. Etiyoloji biliniyorsa, buna yönelik değişik tedavi seçenekleri belirlenebilmektedir (Ozan, Aydın, Ramoğlu, 2011, s. 914). Tedavisinde, günlük aktivitelerini düzenlemek önemlidir. Ağrılı bölgelerdeki eklem ve kasların kullanımını kısıtlamak önem taşımaktadır; buna ek olarak, ağzın ağrı oluşturmamaya pozisyonlarda hareket ettirilmesi gerekmektedir. Yumuşak besinler tüketilmeli, küçük ısırmalar alınmalı ve çiğneme işlemi yavaş gerçekleştirilmelidir. Diş sıkma, tırnak yeme gibi parafonksiyonel alışkanlıklarını elmine etmelidir. İstirahatte eklem ve kasların üzerindeki yükü hafifletmek amacıyla dudaklar temasta olmalı, dişler temas etmemelidir. Yüzeysel olan ağız solunumundansa, nasodiafragmatik solunum yapmalıdır. Postür de bu konuda önemlidir, baş dik, omuzlar retraksiyonda olmalıdır. Aşırı yüksek yastık kullanımından kaçınılmalıdır (Gezer, Levendoğlu, 2016, s. 35).

Farklı tedavi yöntemleri vardır. Bazı araştırmacılar bu tedavi yöntemlerini iki grupta toplamakta; geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz tedavi olarak ayırmaktadır.

Geri Dönüşümlü (Koruyucu) Tedavi:

- a) Bilgilendirme
- b) Fizik tedavi
- c) Farmakolojik tedavi
- d) Psikiyatrik destek tedavisi
- e) Oklüzal splint tedavisidir.

Geri Dönüşümsüz Tedavi;

- a) Oklüzal uyumlama
- b) Cerrahi Girişimler (artroskopi ve artrotomi) olarak sıralanabilir (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 204); (Aksüzek vd., 2009, s. 54)

7. Oklüzal Splintler

Oklüzal splintler hastaların maksimum interküspasyona ulaşmasını engeller. Bu nedenle hasta, kondilin sentrik ilişkide olmasını kolaylaştıracak şekilde tüm

dişler üzerinde eşit yoğunlukta temasla çenesini düzgün bir şekilde konumlandırır. Propriyoseptif duyusu azalan periodontal ligament, nöromusküler reflekslerin düzenlenmesiyle yeni kas ve eklem dengesi oluşur. İnterkuspal pozisyonun (ICP) geleneksel seyri, dişleri ayırarak ve cuspal eğimin doğrudan etkisini azaltarak bozular. Bu nedenle, hastanın alışkanlıkları bozulacak ve artık dişlerini sıkmayacak, TME'lerini, dişlerini ve ilişkili yapılarını koruyacaklardır. (Tekel, Kahraman, 2006, ss. 61-62); (Albagieh, vd., 2023, s. 71).

Oklüzal Splintin Hedefleri;

1. Prematür veya yanlış kontaktları ortadan kaldırmak
2. Kasların gerginliğini azaltmak
3. Dişlerin aşınmasını engellemek
4. Ekleme binen aşırı yüklenmeyi azaltmak
5. Kondillerin fizyolojik pozisyonunu sağlamak
6. Yeni bir oklüzyon veya dikey boyuta hastaların yanıtını değerlendirmek
7. Nöromusküler koordinasyonun düzeltilmesi
8. Dikey boyutun arttırılması
9. Alt çenenin pozisyonlandırılması
10. Ayırıcı tanı yapılırken oklüzal etiyolojik etmenlerin belirlenmesi
11. Dişlerin splintlenmesi (Erdem, 2009, s. 43-44); (Aksüzek vd., 2009, s. 54).

Oklüzal splint Endikasyonları:

-Temporomandibuler bozukluklara bağlı olarak, eklem sesleri (klik veya kre-pitasyon),

-Disk deplasman veya dislokasyonu

-Travma veya iltihaplı eklem rahatsızlığı öyküsü olan ve bruksizm gibi mevcut parafonksiyonel aktivite nedenleri olan hastalar

-Hipertonik yüz kasları

-Stabil olmayan oklüzyonu olan hastalar

-Çiğneme miyaljisi veya TME artraljisi olan hastalar

-Miyospazm veya miyoziti olan hastalar

-Gerilim tipi baş ağrısı ve kas kaynaklı boyun ağrısı gibi stresle ilişkili ağrı semptomları olan hastalar (Tekel, Kahraman, 2006, ss. 63-64); (Erdem, 2009, s.43); (Ozan vd., 2011, s. 914); (Albagieh, vd., 2023, s. 71).

Splintler birçok mekanizmanın harmonisiyle ortaya çıkar. Etki mekanizmaları şu şekilde açıklanabilir:

1. Oklüzal splintin kullanılması, oklüzal durumun daha dengeli ve ideal bir hale gelmesini sağlar, böylece kas aktivitesi ve semptomlar hafifler.

2. Kondilin durumu ya en stabil muskuloskeletal pozisyonda ya da doku bütünlüğü ve işlevin daha iyi sağlandığı bir pozisyonda ayarlanır.

3. Dikey boyutun yükselmesi, kas aktivitesinin azalmasına ve TME semptomlarının hafiflemesine neden olduğu rapor edilmiştir.

4. Hastaların zihinsel farkındalığının gelişmesiyle, fonksiyonel ve parafonksiyonel davranışlarını ayırt edebilme yetenekleri artar.

5. Oklüzyonsuz (plasebo) splint kullanılan araştırmada, plasebo kullandıklarını bilen hastalarda plasebo apareylerle iyileşme %33 iken; plasebo kullandıklarını bilmeyen hastalarda iyileşme %33'ten daha fazla gözlenmiştir. Bu durum Hawthorne etkisi olarak adlandırılmaktadır (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64); (Erdem, 2009, s.43); (Aksüzek vd., 2009, s. 54); (Ozan vd., 2011, s. 915).

Splint yapımında vertikal kalınlık bruksizmi azaltıcı bir faktördür. Apareyin vertikal boyutunun, EMG aktivitesinin en düşük olduğu mesafede yapılması önerilmektedir. Splint tedavisi, kısa dönemde hiperaktif kas gruplarının neden olduğu kas spazmlarını ve ağrıları hafifletirken, uzun dönemde temporomandibuler eklemin iltihabını azaltır ve kondilin doğru pozisyonda bulunmasını sağlar. Bu yaklaşım, splint tedavisinin ardından uygun oklüzal ilişkilerin sağlanmasına yardımcı olur ve semptomların nüks ihtimalini azaltır (Ozan vd., 2011, s. 915).

Temporomandibuler eklem bozuklukları tedavi edilirken oklüzal splintlerin etkinliğinde 4 faktör ön plana çıkar. Bu faktörler; splint seçimi, hazırlanması, uygulaması ve hastanın koopere olmasıdır (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64).

Temporomandibular bozukluklarda oral apareyler çeşitli kategorilerde sınıflanabilmektedir:

1- Dişleri örtme miktarına göre:

Tam (tüm dişlerin üzerini örten)

Parsiyel (bazı dişleri örten)

2- Çeneler arası ilişkiyi değiştirme durumuna göre:

İlişkiyi değiştiren splintler: Bu tür splintler, çeneler arasındaki ilişkiyi yeniden konumlandırarak, dişlerin ve çene yapısının uyumunu düzeltmeyi hedefler.

İlişkiyi değiştirmeyen splintler: Bu splintler, mevcut çene pozisyonunu stabilize ederek, dişlerin ve çenelerin mevcut durumunu korumaya yönelik bir destek sağlar.

3- Çenede yerleşimine göre:

Tek çeneye yerleştirilen: Bu splintler, yalnızca üst çene (maksilla) veya alt çene (mandibula) üzerine yerleştirilerek tedavi sürecini destekler.

Çift çeneye yerleştirilen: Bu tür splintler, hem üst hem de alt çeneye yerleştirilerek çeneler arasındaki ilişkiyi ve uyumu sağlamak için kullanılır.

4- Yapısına göre:

Yumuşak akrilik

Sert akrilik

Yarı sert akrilik (Erdem, 2009, s. 44).

Diş hekimliğinde tüm TME rahatsızlıklarının tedavisi tek tip oklüzal splintle yapılamamaktadır. Hastanın detaylı değerlendirilmesinin ardında problem net olarak saptanmalıdır. Splint tercihinde hasta anamnezi, genel değerlendirme, teşhis hekime ışık tutmalıdır. Aksi takdirde, yanlış splint hastalığın prognozunu daha kötüye gitmesine neden olabilir. Aynı zamanda doğru kullanıldıklarında etkileri görülür. Seçilen splint türü ve problemin büyüklüğü hastanın tam zamanlı ya da yarı zamanlı splint kullanımı gereksinimi doğurabilir (Türker, Büyükkaplan, 2017, ss. 204-205).

Klinik uygulamalarda oklüzal splint tipleri Laskin'e göre şunlardır:

1. Stabilizasyon splintleri
2. Anterior ısırma plağı ve posterior ısırma plağı
3. Anterior repozisyon splinti
4. Yumuşak splint (Aksüzek vd., 2009, s. 55)

6.1. Stabilizasyon Splinti

Shore'un 1959 yılında geliştirdiği stabilizasyon splinti, literatürde en yaygın olarak karşılaşılan apareylerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu splint, düz oklüzal plak şeklinde tanımlanmakta olup, yıllar boyunca birçok tedavi vakasında

kullanılmış ve halen kullanılmaya devam etmektedir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64). Tanner apareyi, Fox apareyi, Michigan splinti, gece plağı, Ramfjord apareyi veya sentrik ilişki apareyi olarak da bilinir (Erdem, 2009, s. 45); (Aksüzek vd., 2009, s. 55). Stabilizasyon splinti kullanımı süresince ideal oklüzyon (kaslar ve temporomandibular eklemler için dişler arasında ideal temas) sağlayan sert akrilik bir splinttir. Splint tedavisi kullanılarak ideal bir oklüzyon sağlanması, anormal kas aktivitesini azaltır ve "nöromüsküler denge" oluşturur. Stabilizasyon splinti, hastaların doğal dişlerinde geri dönüşü olmayan değişiklikler yaratmadan oklüzyonun ayarlanmasını sağlar; bu durum diğer okluzal tedavilere göre bir avantajdır (Erdem, 2009, s. 45).

Genellikle hangi çenede daha fazla eksik diş varsa o çeneye uygulanır, fakat bu hastanın iskeletsel ve dişsel ark formuna göre değişiklik gösterebilir (Aksüzek vd., 2009, s. 55). Maksiller splintler daha stabildir, daha fazla doku kaplar ve dayanıklıdır. Mandibular plaklar ise, hastanın plak ağızdayken konuşmasını daha az etkilediği ve daha az görünmesi nedeniyle estetik kabul edilebilirliğinden kullanılabilir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64); (Ozan vd., 2011, s. 915).

Sabit olması gereken splint, dişlere tam oturmalı ve hastanın rahatça takip çıkarabilmesine olanak tanımalıdır, fakat aynı zamanda fonksiyonda veya konuşurken ağızdan düşmemelidir (Erdem, 2009, s. 46). Stabilizasyon splintinin kullanım süresi, hastanın tedavi edilen rahatsızlığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bruksizm durumunda ve kaslar arası problemler söz konusu olduğunda, sadece gece boyunca kullanılması önerilir. Ancak, intrakapsüler bozukluklar söz konusu olduğunda, splintin devamlı olarak kullanılması gerekebilir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 65). İdeal bir çene ilişkisine ulaşana kadar çiğneme kasları gevşedikçe splintin birkaç ziyarette ayarlanması (splintin takılması sonucunda alt çene yeni bir pozisyon alacağından, splintin bazı yüzey noktalarının aşındırılmasıyla çenenin yeni pozisyonuna göre yeniden düzenlenmesi) gerekir. Hastalar daha sonra düzenli aralıklarla gözden geçirilmelidir. Başarılı bir splint tedavisi döneminden sonra (normalde iki ila üç ay arasında), hastalar splinti kullanmayı bırakabilir. Redüksiyonlu disk deplasmanı hastalarında gerçekleştirilen çalışmalarda, stabilizasyon splintinin kullanımı ile kas ağrılarında %84-88 oranında bir düşüş tespit edilmiştir (Erdem, 2009, s. 46). Stabilizasyon splintleri başarılı olsalar da etkilerinin geri dönüşümlü olduğu bilinmektedir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64); (Erdem, 2009, s. 46).

Oklüzal splintlerin üretimi için çeşitli yöntemler mevcuttur. En yaygın yöntemlerden biri, modellerin artikulatöre yerleştirilip mumdan yapılması ve sonra sıcak akriliğe dönüştürülmesidir. Alternatif olarak, soğuk akrilik kullanarak da

splintler üretilmektedir. Ancak günümüzde fabrikasyon plaklar daha sık tercih edilmektedir. Bu süreçte, öncelikle diş arkının alginat ile ölçüsü alınır ve alçı model üzerindeki labial yüzeyler ile vestibül derinlikteki undercutlar temizlenir. Sonraki adımda, 2 mm kalınlığında sert, şeffaf resin vakumlu makinede modelin üzerine uygulanır. Ardından yapılan splint modelden çıkarılır. Bukkal/labial tarafta interdental papillaya, palatal bölgedeysen AH hattı sınır olacak şekilde kesilir. Lingual tarafta uzunluk 10-12 mm olarak ayarlanmalıdır. Keserlerin 1/3 insizal yüzeyinde bitmelidir. Sonrasında modelden çıkarılarak kenar ve köşeler yumuşatılır. Yaklaşık 4 mm eninde soğuk akrilik hazırlanarak splintin anterior insizal yüzeyine mandibular keser dişlere temas edene kadar uzatılarak anterior stop olarak eklenir. Hastanın alt insizörlerinden en azından biri anterior stopa temas edecek şekilde sentrik ilişkide ısırması sağlanarak splint ağza uyumlandırılır. Böylece sağlanacak açıklık anteriorda 3-5 mm, posteriorda 1-3 mm olacaktır.

Prematür kontaktlar varsa, bunlar düzeltilmelidir. Anterior stop, alt insizörlerin uzun aksına paralel temas ettirilerek ağız kapatan kasların çekimiyle kondiller artiküler eminens sentrik ilişki pozisyonunda doğru konumlanır. Sentrik ilişki konumunda yerleştirilen splint, ağza uyumlandıktan sonra da hastanın bu pozisyonda kalması sağlanmalıdır. Hekim, hastanın splinti kullanırken zorluk yaşayacağını düşünürse, 24 saat süreyle tamamlanmamış splinti hastaya kullanırmalıdır. Splintin oklüzal yüzeyine uygulanan soğuk akrildan anterior stop, hastanın plağa adaptasyonu gerçekleşikten sonra tamamlanmalıdır. Hasta sentrik ilişkide ısırırken yapılır. Anterior dişlerin anterior stopa teması sağlanana kadar posterior dişler akrile gömülmeli, 5-10 saniye sonra hasta ağzı yavaşça açılmalıdır. Kanin dişlerin labial kısımları akrilik eklenerek eksentrik hareketlere yardımcı olunur. Akrilik sertleşmesi beklenir ardından ağızdan çıkarılarak sıcak su içinde polimerizasyona bırakılır. Sertleşme işlemi tamamlandığında kurşun kalemle bukkal tüberküller ve insizal yüzeylerdeki en derin noktalar, ki bu noktalar sentrik ilişki pozisyonunda splintte oluşacak oklüzal kontaktlardır, işaretlenir. Bu noktaların çevresindeki akrilik eksentrik hareketlerde rahatlık ve prematür kontaktları önlemek amacıyla aşındırılır. Mandibular kanin dişlerin labial yüzeyleri ise kesinlikle temizlenmemelidir. Splint ağza takıldıktan sonra, kırmızı artikülasyon kağıdı ile hasta sentrik ilişkide ısırılır. Tüm prematür kontaktlar ortadan kaldırılarak dişler eş zamanlı ve tam kapanması istenmektedir (Tekel, Kahraman, 2006, ss. 64-65).

Literatür araştırmalarına göre, çeşitli dikey kalınlıklarda yapılan splint kullanımlarında, ince olanların aksine kalın splintlerin hem klinik hem de radyolojik (MR) değerlendirmelerde daha başarılı sonuçlar sağladığı belirtilmiştir. Başarının nedeni, kalın splintlerin kondilin glenoid fossadan uzaklaşmasını sağlaması,

eklem diskinin geride ve fizyolojik pozisyona yakın bir konumda olmasını desteklemesi ve eklem aralığındaki artış sayesinde eklem yapıları üzerindeki streslerin azalması olarak açıklanabilir (Erdem, 2009, s. 48).

Uygun şekilde ayarlandığında SS;

-Dişlere adaptasyonu tam, stabilizasyonu ve retansiyonu olmalı, bunlar ağza yerleştirilip hekim tarafından kontrol edilmeli

-Sentrik ilişki oklüzyonu (kaslar en rahat ve en az gergin konumdayken çenenin kafatasına göre konumu) sağlamayı,

-Sentrik ilişkide yükler sırasında dahi mandibuler bukkal tüberkül ve insizal kenarları splintin düz yüzeyleriyle temasta olmalıdır.

-Posterior interferansları (arka dişler arasında çene hareketine müdahale eden veya engelleyen baskın temaslar) ortadan kaldırmalı

-Kapanışta anterior dişlere nazaran posterior dişler daha sıkı bir şekilde temas etmeli

-Anterior dişlerde anterior rehberlik sağlamalı (çene hareketleri sırasında herhangi bir posterior temas olmaksızın anterior dişler arasındaki temas)

-Lateral harekette temas, kanin dişte olmalı

-Nöromusküler aktiviteyi azaltmayı ve dental ark boyunca tek tip diş temasları ile stabil oklüzal ilişkiler elde etmeli (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 205); (Ozan vd., 2011, s. 915).

SS Endikasyonları;

-Kas ağrısı

-İdeal oklüzyon sağlanması

-Parafonksiyonel kas aktivitesinin azaltılması

-Retrodiskitte ilgili alanın sekonder travmalardan korunması ve hasarlı dokuların iyileşme sürecinde iyileşmenin hızlandırılması

-Aşırı kas aktivitesi ve buna bağlı brüksizm

-Kronik kas ağrısının varlığıdır (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 205); (Tekel, Kahraman, 2006, s. 64); (Erdem, 2009, s. 45).

6.2.Anterior Konumlandırma Splinti

En sık kullanılan apareyler arasındadır. Aynı zamanda ortopedik pozisyonlandırma splinti olarak da anılır (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 205). Özellikle disk

düzensizliklerinde ön konumlandırma splintinde sonuçlar daha başarılıdır. Stabilizasyon splinti kondil-disk düzensizliklerinde başarılı olmadığında tercih edilmelidir (Erdem, 2009, s. 44). Resiprokal clicking tedavi edilir, kondil-disk ilişkisini stabilize eder ve kondili tam oturmuş eklem pozisyonundan uzaklaştırarak retrodiskal doku kompresyonunu azaltır (Albagieh, vd., 2023, s. 72). Bu süreç, retrodiskal dokuların adaptasyonunu veya onarımını destekleyebilir. AKS'nin çıkarılmasından sonra, adaptasyonun stabilitesi genellikle TME'nin çoğunda sürdürülmese de AKS kullanımı genellikle kısa vadede olumlu klinik sonuçlar vermiştir. Tedavi hedefi, mandibula pozisyonunu geri dönüşümsüz ve sürekli şekilde değiştirmek değil, retrodiskal dokuların adaptif olmasını ve tamiri gerçekleştirebilmek için fossada disk-kondil ilişkisini iyileştirerek çiğneme sisteminin yükünü yeniden dağıtmaktır. Bu adaptasyon ve yük dağılımı, çiğneme sisteminin performansını, özellikle maksimum ısırma kuvvetini etkileyebilir (Ozan vd., 2011, s. 916); (Tatoğlu, Doğan, Karakış, 2022, s. 315). Aparey, doku adaptasyonunu sağlanana kadar kullanılıp ardından bırakılmalıdır. Kondilin adapte olduğu fibröz dokular üzerinde ağrı olmadan işlev göstermesi sağlanmalıdır (Ozan vd., 2011, s. 916).

Repozisyon splintlerinin geleneksel üretiminde süreç, çene pozisyonunun belirlenmesini, ölçülerin alınmasını, oklüzal ilişkilerin kurulmasını, klinik olarak belirlenen çene pozisyonunun artikülatöre aktarılmasını ve son olarak splintin laboratuvarda üretilip takıldıktan sonra hastaya teslim edilmesini içerir. Dijital destekli tasarım ve 3D baskı teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, birçok bilim insanı splint üretimi için dijital teknolojiyi ve 3D baskıyı kullanmaya başlamıştır (Jin, Chi, 2024, s. 348).

Anterior repoze splint, stabilizasyon splentine benzer olarak alt ve üst çeneye de yapılabilen, tüm arkı kapsayan ve sert akrilikten üretilmiştir. Genellikle üst ark tercih edilir çünkü maksillada rehber rampanın uygulanabilmesi daha kolaydır. Anterior konumlandırıcı splintin hazırlanmasında kritik nokta alt keser dişlerin uzun aksına dik düzleştirilen anterior stop kullanılarak, hastanın semptomlarını hafifletecek en uygun pozisyonu belirlemektir. Stopun yüksekliği olabildiğince ince olmalıdır. Hasta splinti birkaç kez ısırır ve bu esnada arka dişlerin apareye temas etmemesi sağlanmalı; arka dişler temas ederse, splint inceltmelidir. Bu işlemler esnasında hastanın semptomları gözlemlenir. Yüksekliğin artmasıyla sesler ve semptomlar düzeliyorsa, stabilizasyon splinti uygulanmalıdır. Şayet semptomlar devam ediyorsa, hasta mandibula protrüze pozisyondayken açıp kapatmasını istemek gereklidir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 66). Resiprokal klik sesini kesildiği doğru anterior pozisyonu bulmak için bir anterior stop kullanılır. Doğru anterior pozisyon bir artikülasyon kağıdı ile işaretlenir ve ardından küçük

bir ront frez ile yiv açılır. Yiv, doğru mandibular pozisyonun bulunmasına yardımcı olur. Son olarak, belirlenen anterior pozisyonda, tüm mandibular dişler Anterior Repozisyon Splint yüzeyine temas etmelidir (Kurt, Mumcu, Sulun, Diracoğlu, Unalan, Aksoy, Tuncer, 2011, s. 26). Bu splint, diş sıkma ile ilişkili eklem ağrılarını da hafifletebilir. Ancak, superior lateral pterygoid kasından kaynaklanan kas ağrıları genellikle geçmez çünkü bu kas diş sıkma esnasında aktif durumdadır. Kas ağrılarını ayırt etmek için fonksiyonel manipülasyon teknikleri uygulanmalıdır. Semptomlar ortadan kalkıyorsa, mevcut pozisyon doğru olarak değerlendirilir. Eğer semptomlar azalmazsa, yeni bir pozisyon bulunmalıdır. Eklemdeki sesler kondilin diskin intermediate zone’unda doğru konumlandığı için kesildi demek her zaman doğru olmaz; bazı durumlarda diskin deplase veya disloke olması söz konusu olabilir. Bu gibi zamanlarda, ileri görüntüleme yöntemlerinden olan artroskopi veya MRI kullanılabilir (Ozan vd., 2011, s. 917).

Anterior stop konumu kararlaştırılır. Ardından kalan oklüzal alanlara, stop üzerine gelmeden, soğuk akrilik eklenir. Hasta, ağzını birkaç kez açıp kapatarak bu pozisyonda kalacaktır. Oklüzal uyumlama, stabilizasyon splintlerinde yaptığımız gibi, sağlanmalıdır. Anterior pozisyondayken, açma ve kapama esnasında oluşan eklem sesleri elimine edilmelidir. Hasta, splint kullanımı hakkında bilgilendirilmelidir. Sadece gece kullanmaları tavsiye edilmelidir. Eğer hasta gündüzleri ağrı yaşadığını bildiriyorsa, gündüz kısa süreli kullanımlar ağrıyı azaltmak için önerilebilir. Apareyi kullanım süresi, bozukluğun türü, süresi, kronikliği ve hastanın genel sağlığı dikkate alınarak belirlenmelidir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 66). Splinti gün boyunca kullanılmasını, yemek yerken dahi çıkarılmamasını, bu şekilde yaklaşık 6-12 hafta devam edilmesini öneren araştırmacılar da vardır. Diğer bazı uzmanlar ise, splintin sadece gece uyurken kullanılması ve kullanım süresinin 3-6 ay olması gerektiğini ifade etmektedir (Aksüzek vd., 2009, s. 55).

Anterior pozisyonlandırma splintinin sahip olması gereken özellikler aşağıda belirtilmiştir:

1.Üst çene dişlerine iyi şekilde oturmalı, gerekli stabilite ile tutuculuğu sunmalıdır. Uyum, splintin çeşitli bölgelerindeki basınç ile kontrol edilmelidir.

2.Protrüzyonda mandibular dişlerin tamamının teması sağlanmalıdır.

3.Protrüzyondayken açma ve kapama hareketleri esnasında eklemde rahatsızlık hissedilmemelidir.

4.Retrüzyonda, lingual retrüziv rehberlik rampası temasa geçmelidir. Kapanış sırasında alt çene yeniden protrüziv pozisyona dönmelidir (Türker, Büyükkaplan, 2017, ss. 205-206).

Anterior repozisyon splinti endikasyonları;

-Eklemde ağrı varlığı

-Diske bağlı bozukluklar

-Diskin deplasmanı

-Anteriora repoze disk varlığında

-Eklem sesi ve sekonder sebeplerle gelişen kas ağrılarını azaltmada

-Aralıklı veya kronik kilitlenmeler

-İnflamatuar bozukluklar

-Bruksizm nedeniyle ortaya çıkan eklem ağrılarının tedavileri (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206); (Tekel, Kahraman, 2006, s. 66); (Ozan vd., 2011, s. 916).

6.3. Anterior Isırma Plağı

Maksillaya uygulanan, sadece mandibular keser dişlere teması sağlayan sert akrilik bir apareydir (Ozan vd., 2011, s. 917). Kesici dişler dışındaki tüm dişleri ayırarak kaslar üzerindeki sıkma kuvvetini, parafonksiyonel hareketi ve TME gerginliğini azaltıp oklüzal durumların neden olduğu kas spazmları ve istenmeyen arka diş temasları sonucu oluşan fonksiyon bozukluklarının tedavisinde kullanılır (Ozan vd., 2011, s. 917); (Albagieh, vd., 2023, s. 72). Arka dişlerin fonksiyonel veya parafonksiyonel davranışlar sergilemesini engelleyerek diş sıkmayı önler (Albagieh, vd., 2023, s. 72). Aparey akut kas spazmlarının acil tedavisinde kullanılabilir (Gezer, Levendoğlu, 2016, s. 38). Anterior ısırma plağı, kas disfonksiyonlarının başlangıç tedavisinde genellikle 1 hafta-10 gün süreyle uygulanabilir. Kullanım süresi uzadığında, antagonistiyle teması kesilen posterior dişlerde gelişebilecek supraerüpsiyon, ön açıklıklara neden olabilir (Aksüzek vd., 2009, s. 55). Bu nedenle, ön ısırma plağının dikkatlice izlenmesi ve sadece kısa süreli kullanılması gerekmektedir. Eğer tedavi, stabilizasyon splinti ile sağlanabiliyorsa, bu yöntem tercih edilmelidir (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206).

6.4. Posterior Isırma Plağı

Vertikal boyutu değiştirmek suretiyle mandibular dişler üzerine yerleştirilen bu aparey mandibular pozisyonu değiştirmeyi hedefler. Yalnızca arka dişlerin üstünü kaplar (Gezer, Levendoğlu, 2016, s. 39). Metal lingual barlarla bağlı alanlar içerip sert akrilikten üretilir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 67).

6.5. Pivoting Splint

Genellikle sert akrilikten üretilen, tek arkı kaplayan, her quadrantta tek bir posterior temasın olduğu ve bunun da olabildiğince posteriorda olduğu, bir splinttir. Bu temas için çoğunlukla yedi numaralı diş tercih edilmektedir (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206); (Gezer, Levendoğlu, 2016, s. 39). 6 numaralı diş ile temas sağlandığında, mandibula sınıf 3 manevra gerçekleştirir. Bu yaklaşım apareyin yedi numaralar bölgesinde bir fulkrum eksenini oluşturmasını sağlar. Böylece, kondillerin arasının açılması hedeflenir. Bu yöntem, intraartiküler basıncı azaltarak ve artiküler yüzeylere gelen yükü düşürerek etki sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Ancak, daha sonraki araştırmalar pivoting splintinin kondilleri distrikte etmediğini ortaya koymuştur (Ozan vd., 2011, s. 918). Splintlerin osteoartrit tedavilerinde, tek taraflı redüksiyonsuz disk dislokasyonlarında ve eklem sesleri durumunda kullanılması önerilmektedir. Ancak, bu tür splintlerin bir haftadan uzun süre kullanılmaması tavsiye edilmektedir (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206).

6.6. Yumuşak Splint

Resilient materyallerden yapılan yumuşak splintler genellikle üst çeneye uygulanır. Bu splintlerin temel hedefi, karşıt dişlerle eş zamanlı temas oluşturmaktır. Ancak, birçok durumda bu hedefe ulaşmak zor olabilir çünkü yumuşak materyaller genellikle nöromusküler sisteme hızlı bir şekilde uyum sağlayamaz (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206). Üretici firmalar tarafından çeşitli kalınlıklarda sunulan plakalar, model uyumunun sağlanması, üretim ve tesviye işlemlerinin kolay yapılması gibi avantajlar sunar (Ozan vd., 2011, s. 918). Temporomandibular Eklem Bozukluğu için geçici bir tanı konduğunda, hastalar genellikle sert splintlere kıyasla daha uygun olan yumuşak splintler tercih edilebilir. Yumuşak splintlerin temel kullanım prensibi, esnek ve yumuşak malzemenin parafonksiyonel alışkanlıklarla ilişkili ağır yükleri dağıtarak rahatlama sağlamasıdır (Seinfeldin, Elhayes, 2015, ss. 210-211).

Yeterli bilimsel destek olmasa da yumuşak splintler belirli durumlar için önerilmektedir. En yaygın ve kanıtlanmış uygulama, dental arkı travmalardan korumak içindir; koruyucu atletik splintler, travma sırasında ağız yapılarının hasar görme olasılığını azaltabilir. Ayrıca, posterior dişlerde hassasiyete neden olan tekrarlayan veya kronik sinüzit vakalarında da kullanılabilir. Bunun yanı sıra, ağrı ve disfonksiyon durumlarında acil tedavi aracı olarak da tercih edilebilirler (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 206).

Mevcut çalışmalar, diş sıkma ve bruksizm gibi şikayetlerin yumuşak splintler ile azaldığını söylemektedir; ancak, sert apareylerin bu sorunlar üzerinde daha

etkili olduğu belirtilmiştir. Bazı araştırmacılar ise, temporomandibular bozukluğu olan hastalara hişbir tedavi uygulanmamasından ziyade, yumuşak splintlerin kullanılmasının daha iyi bir seşenek olabileceğini dűřünmektedir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 67).

Wright, yumuşak splint kullanan kişilerde oklűzal değişiklikler meydana geldiğini belirtmiştir. Uyumlu olarak hazırlanmış yumuşak splintlerin oklűzal değişikliklere neden olmadığı, ancak uyumsuz splintlerin kullanımıyla hastaların semptomlarının artabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, yumuşak splintlerin para-fonksiyonel aktiviteleri artırabileceği de vurgulanmıştır (Ozan vd., 2011, s. 918).

Kreiner ve arkadaşları, miyalji ve artralji vakalarında stabilizasyon splintlerinin etkinliklerini incelemişlerdir. Mekanik araşlar olmalarının yanı sıra, davranışsal değişikliklere de yol aēan araşlar olarak etkili olduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca, davranışsal tedavilerde kullanılan plasebo apareylerin benzer oranlarda etkinlik gűsterdiđini ifade etmişlerdir. Çiđneme sistemindeki lokalize miyalji, artralji durumlarında oklűzal splintlerin kullanımını destekleyen yeterli bilimsel kanıtın mevcut olduğunu vurgulamışlardır (Aksűzek vd., 2009, s. 55).

Yumuřak ve sert stabilizasyon splintlerinin tedavi etkinlikleri konusunda yapılan çalıřmalar çeřitli sonuēlar ortaya koymuřtur. Sert splintlerin kas aktivitesini, yumuřak splintlere kıyasla daha fazla azalttıđı gűzlemlenmiřtir; bununla birlikte, bazı çalıřmalar yumuřak splintlerin kas aktivitesini artırabileceđini bildirmiřtir. Temporomandibular rahatsızlıkların sonucu olan kas ađrılarının hafifletilmesinde, yumuřak ve sert splintlerin etkinliđinin aynı olduđu belirtilmiřtir. Öte yandan, Seifeldin ve Elhayes, TME rahatsızlıkların tedavisinde sert splintlere kıyasla yumuřak splintlerin daha etkili sonuē verdiđini belirtmiřlerdir (Tűrker, Bűyűkkaplan, 2017, s. 207).

7. Sonuē

Oklűzal splintler yalnızca mekanik arařlar olarak iřlev gűrmekle kalmaz; aynı zamanda para-fonksiyonların farkına varılmasıyla davranıřsal deđiřikliklere de yol aēarak tedavi edici bir etki sađırlar (Aksűzek vd., 2009, 56).

Splintlerin, temporomandibular eklem rahatsızlıklarında, çiđneme kaynaklı oluřan ađrılarda, eklem ađrılarında ve kısıtlı ađız aēıklıđının varlıđında tercih edilebileceđi ve mastikatűr kaslar űstűnde pozitif etkiler sađlayabileceđi belirtilmiřtir. Ancak, bazı arařtırmacılar splintlerin eklemdeki yűkű azaltmayacađını, bruksizmi engellemeyeceđini ve hastaların iyileřmesini sađlamayacađını ifade etmiřlerdir. Bu arařtırmacılar, splintlerin zayıf doku desteđine sahip diřleri stabilize etme, oklűzal yűkű daha dengeli bir řekilde dađıtma, diř ařınmalarını azaltma ve

karşıt dişlerin stabilizasyonunda etkili olabileceğini vurgulamışlardır (Türker, Büyükkaplan, 2017, s. 207).

Oklüzal splint tedavisi, laboratuvar ve materyal teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde giderek yaygınlaşmaktadır. Etki mekanizması hâlâ tartışmalı olsa da tedavi uygun vakalarda başarılı sonuçlar sağladığı görülmektedir (Tekel, Kahraman, 2006, s. 67). Tedavinin başarısında en kritik noktalardan biri, yalnızca hastanın semptomlarına değil, genel olarak bireyin bütününe yönelik bir tedavi planının uygulanmasıdır. Ayrıca, gerekirse farklı disiplinlerden destek alınmalıdır. Temporomandibular bozukluk tedavisinde, diğer tedavi türlerinde olduğu gibi, doğru endikasyon ve uygulama yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşır (Aksüzek vd., 2009, 56). Ancak tedavi sonrası kesin bir iyileşme sağlanması beklenmemelidir. Oklüzal splint tedavisi geniş bir alanı kapsar ve bu konuda yapılacak ek araştırmalar, tedavi yöntemlerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır (Tekel, Kahraman, 2006, s. 67).

KAYNAKLAR

- Aksoy, C. (2000). Temporomandibular ağrı ve disfonksiyon. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Ankara: Güneş Kitabevi, 1391-1425.
- Aksüzek, Ö., Mumcu, E., Ceylan, G., Aktas, B., & Ünalın, F. (2009). Temporomandibular rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan oklüzal splintler. Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 43(1-2), 53-57.
- Albagieh, H., Alomran, I., Binakresh, A., Alhatarisha, N., Almeteb, M., Khalaf, Y., ... & Alqahatany, M. (2023). Occlusal splints-types and effectiveness in temporomandibular disorder management. The Saudi Dental Journal, 35(1), 70-79.
- Benlidayı, İ. C., & Sarpel, T. (2015). Temporomandibular bozukluklar ve fizik tedavi yaklaşımları. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi; Cilt: 24 Sayı: 4; 542-554.
- De Rossi, S. S., Greenberg, M. S., Liu, F., & Steinkeler, A. (2014). Temporomandibular disorders: evaluation and management. Medical Clinics, 98(6), 1353-1384.
- Erdem, A. (2019). Farklı kalınlıktaki oklüzal splintlerin temporomandibular eklem üzerine oluşturduğu stres dağılımının araştırılması/The investigation of the stress distribution of the occlusal splints of different thickness on the temporomandibular joint. (Yüksek Lisans Tezi). Bezmialem Vakıf Üniversitesi, İstanbul.
- Faulkner, K. D. (1990). Bruxism: a review of the literature. Part II. Australian Dental Journal, 35(4), 355-361.
- Gezer, İ. A., & Levendoglu, F. (2016). Temporomandibular eklem rahatsızlıklarının sınıflandırılması, tanı ve tedavisi. Genel Tıp Dergisi, 26(1), 34-40.
- Jin, X., & Chi, W. (2024). Clinical effect of digitalized designed and 3D-printed repositioning splints in the treatment of anterior displacement of temporomandibular joint disc. BMC Musculoskeletal Disorders, 25(1), 348.
- Kurt, H., Mumcu, E., Sulun, T., Diracoğlu, D., Unalan, F., Aksoy, C., & Tuncer, N. (2011). Comparison of Effectiveness of Stabilization Splint, Anterior Repositioning Splint and Behavioral Therapy in Treatment of Disc Displacement with Reduction. Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 57(1).
- Odabaş, B., & Arslan, S. G. (2008). Temporomandibular eklem anatomisi ve rahatsızlıkları. Dicle Tıp Dergisi, 35(1), 77-85.
- Okeson, J. (2003). Management of Temporomandibular disorders and occlusion. New York State Dental Journal, 69(7), 61.
- Örenler, S. D. (2020). Bruksizme bağlı miyofasyal temporomandibular disfonksiyonu olan hastalarda manuel tedavi ile splint tedavisinin etkinliğinin araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi. Gaziantep.
- Ozan, O., Aydın, M., & Ramoğlu, S. (2011). Temporomandibular eklem bozukluklarında konservatif tedavi yaklaşımları: Oklüzal splintler. ADO Klinik Bilimler Dergisi, 5(3), 913-923.

- Pettengill, C. A., Growney Jr, M. R., Schoff, R., & Kenworthy, C. R. (1998). A pilot study comparing the efficacy of hard and soft stabilizing appliances in treating patients with temporomandibular disorders. *The Journal of prosthetic dentistry*, 79(2), 165-168.
- Ramfjord, S. P., & Ash, M. M. (1994). Reflections on the Michigan occlusal splint. *Journal of oral rehabilitation*, 21(5), 491-500.
- Seifeldin, S. A., & Elhayes, K. A. (2015). Soft versus hard occlusal splint therapy in the management of temporomandibular disorders (TMDs). *The Saudi dental journal*, 27(4), 208-214.
- Tatoglu, G., Dogan, A., & Karakis, D. (2022). The effect of anterior repositioning splint therapy on maximum bite forces in patients with disc interference disorders. *Acta Odontologica Scandinavica*, 80(4), 315-320.
- Tekel, D. N., & Sevil Kahraman, D. (2006). Temporomandibular eklem bozukluklarının tedavisinde oklüzal splintlerin kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2006(Supplement 1).
- Türker, N., & Büyükkaplan, U. Ş. (2017). Temporomandibuler eklem rahatsızlıklarında splint tedavisi. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 23(3).



BÖLÜM 2

Tam Dişsiz Hastalarda Protetik Tedavi Seçenekleri

Merve Cennet Altuntaş¹ & Gülbahar Erdinç²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 0000-0002-6825-9188

² Doç. Dr. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
0000-0002-0883-9834

Giriş

Tam dişsizlik durumu, estetik problemler ile birlikte çiğneme ve konuşma gibi önemli fonksiyonların kaybına neden olurken, kişilerin kendilerine güvenlerini de kaybetmelerine sebep olur. Geleneksel tam protezler, bu sorunların çözümünde yıllardır tercih edilen bir uygulamadır (Ersoy, 2015). Bireylerin tüm doğal dişlerini kaybederek tam protez kullanmaya başlaması birçok yetersizliği devam ettirmekle birlikte stomatognatik sistemde de değişiklikler yaratır. Bu hastalar genellikle ileri yaşlardadır, adaptasyon yetenekleri, kas kontrol mekanizmaları zayıflamıştır ve bu hastalarda tam protez kullanırken memnuniyetsizlik görülebilir. Bunun en yaygın nedenleri; ağrı, protez stabilitesinin az olması ve fonksiyonel yetersizliktir. Bu sorunların çözülmesi ve hastaların mümkün olduğunca az hacimli, kendilerine ait hissedebileceği protezlerin yapılabilmesi için dental implantlar son yıllarda önemli alternatifler olarak karşımıza çıkar (Ersoy, 2015; Turkyilmaz & McGlumphy, 2008)

1. Geleneksel Tam Protezler

Alt ya da üst çenelerde çeşitli nedenlere bağlı olarak tüm dişlerin eksik olduğu durumlarda hastanın estetik ve fonksiyonunun geri kazanılması, fonasyonunun düzeltilmesi, sosyal ve psikolojik durumunun düzeltilmesi için yapılan ve tüm dişleri içeren protezlere tam protezler adı verilir (Çalikkocaoğlu, 1998). Bu tip protezler, çiğneme basıncını sadece kaide plağı aracılığı ve mukoza yoluyla çene kemiğine iletir. Traپozzano tam protezleri ‘yalnız tüm dişlerin değil, dişlerle birlikte çene kavsindeki diğer ortak yapıların da ihya edildiğı yapay aygıtlar’ olarak tanımlar (Çalikkocaoğlu, 2021).

Dişsiz hastaların tedavisi çoğunlukla geleneksel tam protezlerle sağlanır ve demografik değişimlere bağlı olarak protez kullanıcılarının sayısı da artmaktadır (Çakar Güler & Bayındır, 2023). Tam protezlerin başarılı kabul edilebilmesi için fonksiyon, fonetik, estetik ve rahatlığın sağlanması gereklidir (Terrell, 1958).

Tam protezlerde, hasta ağzında protezle bağlanabilecek diş olmadığından tutuculuk ve stabiliteyi sağlamak epey zordur. Ayrıca hastanın ilerleyen yaşıyla birlikte, diş kaybına bağlı olarak, kret rezorbsiyonu, çiğneme etkinliğinin azalması, kas dengelerinde değişimler, dikey boyutun azalması, estetik ve fonetik yetersizlik görülür (Çalikkocaoğlu, 2021).

Doundoulakis ve arkadaşları, tam protezlerin dezavantajlarını şu şekilde sıralamaktadır:

- Stabilite eksikliği (özellikle alt protezde),

- Retansiyon eksikliği (özellikle alt protezde),
- Retansiyon ve stabilite kaybını arttıran sürekli devam eden kemik yıkımı,
- Çiğneme fonksiyonunda bozukluk,
- Sosyal problemlerdir (Doundoulakis et al., 2003).

Protetik diş hekimliğinin en önemli amaçlarından biri kalan dokuların sağlık ve devamlılığının korunmasıdır. Atwood ve Tallgren alt çene ön bölgedeki çekim sonrası fizyolojik kemik kaybının yıllık 0,4 mm olduğunu bildirmişlerdir. Alt çene ön bölgede iki implantla desteklenen tam protez yapımı sonucunda ise kemik rezorpsiyonunun beş yıl sonunda 0,5 mm ve yıllık 0,1 mm olarak belirlediklerini bildirmişlerdir (Atwood, 2001; Tallgren, 1972). Kordatzis ve ark. 150 dişsiz hastada yaptıkları tomografi çalışmasında, 5 sene sonunda alt tam protez kullanan hastalarda kret yüksekliğinde azalmayı ortalama 1,63 mm, alt implant destekli tam protez kullanan hastalarda ise 0,69 mm'lik kayıp belirlediklerini bildirmektedirler (Kordatzis et al., 2003).

2. İmplant Destekli Protezler

Tam dişsiz hastaların tedavisinde genellikle kullanılan geleneksel tam protezler, her iki çenede de kemik rezorbsiyonuna neden olabilmektedirler. Alt ve üst çenede meydana gelen kemik kayıplarına bağlı olarak, protez desteği olumsuz yönde etkilenirken, kas bağlantıları da bu protezlerin fonksiyonunu engelleyebilmektedir. Bu gibi sorunlar nedeniyle tam dişsizlik durumlarında implant destekli protez uygulamaları günümüzde popüler hale gelmiştir (Rıza Tunçdemir et al., 2011).

Dental implantlar, protezlerde tutuculuk sağlamakla birlikte, doku destekli tam protezlerin olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olur; rezidüel kemik rezorbsiyonunu yavaşlatır, çiğneme etkinliğini, protezin tutuculuk ve stabilitesini artırır (Cakir et al., 2014). İlk olarak 1969 yılında Branemark ve arkadaşları tarafından özellikle tam dişsizlik vakalarında önerilen ve başarılı sonuçların elde edildiği bildirilen implant tedavisi, günümüzde birçok farklı vakada kullanılabilir (Brånemark et al., 1969).

2002'de McGill üniversitesinde yapılan bir sempozyumu takiben, uzmanlar tarafından hazırlanan bir panelde; "dişsiz mandibulanın geleneksel tam protezlerle restorasyonunun, protetik tedavide en uygun ilk tedavi seçeneği olamayacağı ve dişsiz mandibulada ilk tedavi seçeneğinin iki implant destekli bir tam protez olması gerektiği" ifade edilmiştir (Cakir et al., 2014). Bu yüzden implant destekli tam protezlerin yaşam kalitesi üzerindeki etkileri, diş hekimliğinde daha

fazla araştırmayı gerektiren önemli bir sonuç olarak tanımlanmıştır (Cakir et al., 2014).

Tam dişsizlik durumunda uygulanan implant destekli protezler dört şekilde sınıflanabilir.

2.1. İmplant Destekli Sabit Protezler

Genelde hastaların ilk tercihi, implant destekli sabit protezlerdir. Biyofizyomekanik kriterlere göre, tam dişsizlik durumlarında 6-8 implant ile sabit protetik restorasyonlar için yeterli destek sağlanmaktadır. Sabit protezlerin; protezin kapladığı alanın azalması, bulantı refleksinin olmaması, hastanın protezi daha kolay tolere etmesi ve yaşam kalitesini oldukça artırması gibi avantajları vardır. Ama, bunun yanı sıra, bu tip protezlerde planlamanın zor olması, oral hijyeni sağlamanın güçlüğü, cerrahi işlemlerin daha komplike olması, maliyetin artması ve böyle protezlerin yapımında kemik kaybı fazla olduğunda estetiğin sağlanmasında problemlerin ortaya çıkması gibi dezavantajları da mevcuttur (Management et al., 2000; Zitzmann & Marinello, 2002).

İmplant destekli sabit bir protez yapılabilmesi için, alveolar kemik ile oklüzal düzlem arasındaki kuron yüksekliği en az 8 mm olmalıdır. Restorasyon için ideal mesafe; arka bölgelerde 9-10 mm, üst orta kesiciler bölgesinde ise 10-12 mm'dir. Bu mesafe, 3 mm yumuşak doku kalınlığını, 2 mm oklüzaldaki metal ve porselen kalınlığını da içermektedir (Rıza Tunçdemir et al., 2011).

Tam dişsiz hastalarda vidalı veya simante edilebilen üst yapılar kullanılabilir. Simante edilebilen üst yapı kullanılabilmesi için implantın minimum üst yapı yüksekliği 5 mm olmalıdır. Simante edilebilen üst yapının maliyetinin daha düşük olması ve tam dişsiz hastalarda oluşan açılama farklılıklarının tolere edilebilmesi, vidalı tipe göre kullanımının daha yaygın olmasını sağlamıştır (Tunçdemir et al., 2011).

2.2. İmplant Destekli Hibrit Protezler

Geleneksel metal destekli porselen sabit protezlere başka bir alternatif de hibrit (karma) protezlerdir. Hibrit protezler, ön bölgeye yerleştirilen az sayıda implant ile arka bölgeden yumuşak doku desteği alınarak ya da çok sayıda implant kullanılarak arka bölgeden yumuşak doku desteği almadan yapılan protezlerdir (Özdoğan et al., 2016). Bu restorasyon dizaynında metal iskelet, geleneksel sabit protezdekine göre daha küçüktür.

Hibrit protezler, akrilik ya da porselen dişlerin metal protez alt yapısına bağlanmasıyla üretilirler. Özellikle orta ve ileri derecede kemik rezorpsiyonu olan

hastaların, kemik ve yumuşak dokularının rehabilitasyonunda kullanılırlar ve sadece hekim tarafından çıkarılabilirler. Bu protezler sayesinde, hasta düşük maliyet ile sabit bir proteze sahip olmakta ve memnun edici estetik sonuçlar elde edilmektedir. Protez ve yumuşak dokular arasında bırakılan boşluklar sayesinde hasta, protezinin bakımını yapabilir ve ağız hijyenini sağlayabilir (Feine et al., 1998; Sadowsky, 1997).

İmplant destekli sabit protezler ya da hibrit protezler arasında seçim yaparken göz önünde bulundurulması gereken temel unsur kemik rezorpsiyonu (L et al., 1997) ve buna bağlı olarak değişen arklar arası mesafedir (Özdoğan et al., 2016). Mevcut kemik ve oklüzal düzlem arasındaki mesafe 15 mm veya daha azsa implant destekli sabit protezler tercih edilmeli; bu mesafe daha fazlaysa hibrit protez tercih edilmelidir (L et al., 1997). Bununla birlikte dudak desteği, üst çenedeki yüksek gülme hattı, konuşma sırasında düşük alt çene dudak çizgisi, göz önünde bulundurulması gereken diğer estetik parametrelerdir (Özdoğan et al., 2016).

Hibrit protezler, hem tam diş eksikliğinde, hem de kısmi diş eksikliklerinde kullanılabilir. Hibrit protezler, orta ve ileri derecede kret rezorpsiyonu olan hastaların kemik ve yumuşak dokularının rehabilitasyonunda, tümoral rezeksiyon sonucu çok fazla kemik kaybı olan dişsiz kretlerde, düzensiz alveolar kemik rezorpsiyonlarında ve üst çene dudak desteğinin sağlanması istenen durumlarda kullanılabilir (Özdoğan et al., 2016).

2.3. İmplant Destekli Tam Protezler

İmplant destekli tam protezlerde, ön bölgeye 4 ila 6 implant yerleştirilir ve bu implantlar bir bar ile birbirine bağlanır. Bu dizayn, protezin yük taşıma kapasitesini artırır (Sadowsky, 1997). Bu tip protezlerde bar tipi tutucular, diğer tutucu sistemlere göre daha rijit bir destek sağlarlar, protez kaidesi daha az alan kaplar ve doku desteğine daha az ihtiyaç vardır. Ayrıca, birbirine bağlanan implantlar ile primer stabilizasyon da sağlanır (Sadowsky, 2001).

De Boer ve arkadaşları, protez kaidesinin yaptığı basınç nedeniyle kolay iritasyona uğrayan hassas mukoza varlığında, yüksek kas bağlantılarının olduğu durumlarda, alveoler kretin aşırı rezorbe olduğu olgularda ve protez kaidesine ihtiyaç duyulduğu vakalarda, implant destekli tam protezlerin endike olduğunu belirtmişlerdir (DeBoer, 1993). Ayrıca, karşıt arkın doğal dişli olduğu vakalarda, kısa implantların kullanıldığı vakalarda, keskin mylohyoid çıkıntı varlığında, geniş, V şeklindeki kretlerde ve hastanın çok iyi tutuculuk istediği vakalarda da kullanılabileceği bildirilmiştir (Sadowsky, 2001).

2.4. İmplant–Doku Destekli Tam Protezler

Sadece implantlarla desteklenen protezlere kıyasla, implant ve oral mukozayla desteklenen implant üstü tam protezlerde, daha az sayıda implant gerekmektedir. Genellikle implant üstü bir tam protez, üst ve alt çene üzerine yerleştirilen 2 veya daha fazla implanttan oluşur. Bu tip protez dizaynında, implanta bağlı bir tutucu parça (erkek parça) ve buna karşılık gelen tam protezin doku yüzeyine sabitlenmiş bir birleştirme ünitesi (dişi parça) vardır. Tutucu bileşenleri doğru bir şekilde bağlandığında, implant üstü tam protez ile, hem implant ve hem de mukoza tarafından uygun destek, tutuculuk ve stabilite sağlanabilir (Lee & Shin, 2017).

İmplant-doku destekli tam protezler, tutucularla implantların üzerine yerleştirilen protezlerdir (R. D. Mericske-Stern et al., 2000). Bu tip protezler, genellikle 2-4 implant uygulanmasını takiben yapılır ve implantlarla beraber yumuşak dokudan da destek alınması gerekir. İmplant- doku destekli protezlerde planlamanın kolay olması, oral hijyenin sağlanmasının kolaylığı, cerrahi işlemlerin daha basit ve ekonomik olması ve oluşabilecek estetik problemlerin akrilik kaide ile giderilebilmesi gibi avantajları vardır (R. D. Mericske-Stern et al., 2000; Zitzmann & Marinello, 2002). Özellikle uzun süre total protez kullanmış ve aşırı kemik rezorbsiyonu sebebiyle protezlerinde tutuculuk ve stabilitenin bozulduğu yaşlı hastalarda alt çene implant-doku destekli tam protezlerin kullanımı endikedir (R. D. Mericske-Stern et al., 2000).

İmplant doku destekli tam protezlerde, 4 implant uygulanan vakalarda stabilizasyon çok daha iyi sağlanabilir, fakat maliyet de artmaktadır. Alt çene kretin şekli, implant sayısının belirlenmesinde önemli olan bir faktördür. Kretin V ya da U şeklinde olmasına göre, ihtiyaç duyulan implant sayısı değişir. 2 adet implant uygulanarak, U şeklindeki kretlerde başarılı protezler yapılabilirken, V şeklinde olan kretlerde eğer bar tutucu tercih edilecekse bar dil bölgesine doğru konumlanacağından hastaya rahatsızlık verecektir. Dolayısıyla, bu tip vakalarda, en doğru tedavi seçeneği 4 adet implant uygulanmasıdır. Ayrıca implantlardan birinin kaybı söz konusu olduğunda protezin stabilizasyonu hala devam ettirilebilir (Rıza Tunçdemir et al., 2011).

İmplant Destekli Overdenture Protezlerin Avantajları:

- Kemik kaybı yüzün alt 1/3'lük kısmının görünümünü etkilemektedir. Overdenture protezler dudağa ve yüzün yumuşak dokularına sabit protezlerden daha iyi destek sağlamaktadır ve doğal dişler kadar estetik sağlayabilmektedir.

- Tam protez hastaları ve implant destekli overdenture protez hastalarının çiğneme etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada Mericke-Stern ve ark. yaptığı çalışmada tam protez kullananlarda, implant destekli overdenture protez kullananlara göre 1,5-3,6 kez daha fazla çiğneme darbesine gereksinim duyulduğunu belirtmişlerdir (R. Merickske-Stern, 1990).

- Overdenture protezler geleneksel tam protezlere göre stabiliteyi ciddi şekilde arttırmaktadır. İmplant destek sisteminin mekanik ataşmanları restorasyonun retansiyonunu arttırmaktadır. Jemt ve ark. bar ile bağlanan implantlar uzaklaştırıldığında oklüzal kuvvetlerdeki azalma, retansiyon, stabilite ve destekteki kaybı çalışmalarında göstermişlerdir (Jemt et al., 1996).

- Konuşma ve fonksiyon sırasındaki çene hareketleri sonucu geleneksel tam protezler çoğunlukla hareket etmektedir. Mentalis, buccinator ve mylohyoid kasların kontraksiyonu protezin yumuşak dokulardan uzaklaşmasına neden olabilmektedir. Sonuçta konuşma sırasında dişler temas ederek tıkırtı sesi oluşturabilir. Retantif implant destekli overdenture protezler çene hareketleri sırasında yerinde kalır. Dil ve perioral kaslar alt çene protezinin hareketlerini sınırlandırmak gereksinimi duymadıklarından dolayı normal pozisyonlarında kalabilirler.

- İmplant destekli overdenture protezlerde konvansiyonel protezlere göre doku desteğine fazla gereksinim olmadığından dolayı protezin kapladığı alan küçültülebilir.

- Tümör ya da travma sonucu oluşan sert ve yumuşak doku defektleri olan hastaların geleneksel tam protezle rehabilitasyonu oldukça güçtür. Hemimandibulektomi ve diğer maxillofasial hastalar implant destekli overdenture protezler ile başarılı şekilde tedavi edilebilirler.

- Orta veya ilerlemiş kemik kaybında overdenture protezler sabit protezlere göre daha estetik sonuçlar sağlamaktadır. Özellikle üst çenede ilerlemiş kemik kaybında yüz görünümünde yumuşak doku desteğine gerek duyulmaktadır.

- Alt çene overdenture protezler için ilk endikasyon genellikle alt protezinin retansiyon ve stabilite eksikliği, fonksiyonun azalması, konuşma güçlükleri, doku iritasyonu ve yumuşak doku abrazyonu olan hastalardır. Eğer dişsiz hasta hareketli protezi kabullenebilir ise overdenture protezler tedavi seçeneğidir. Ayrıca ekonomik nedenlerden dolayı overdenture protezler ilave implantlar yapılcaya kadar geçiş protezleri olarak kullanılabilir.

- Ekonomiktir ve cerrahi-protetik aşamaları daha kolaydır. Tedavi süreleri daha kısadır.

- Endikasyon alanı daha geniştir.

- İmplant destekli overdenture protezlerde ağız hijyeni sabit protezlere göre daha kolay sağlanır (Geertman et al., 1999).

İmplant Destekli Overdenture Protezlerin Dezavantajları:

- Sabit protezler genellikle vücudun bir parçası olarak kabul edilebilir ve hastalar implant tercih ettiğinde genelde protezinin hareketli olmasını istemezler. Bu nedenle implant destekli overdenture protezler hastanın psikolojik gereksinimlerini tam olarak karşılayamazlar.

- Yeterli kuron boyu mesafesi bulunmadığında overdenture yapımı metal-seramik sabit protez yapımından daha güçtür. Ayrıca komponentlerin yorgunluğu ve kırılması daha fazladır. Alt çene overdenture protez planlamasında interalveolar mesafenin en az 12 mm gerekmektedir.

- Alt çene overdenture protezlerde kullanılan o-ring ya da clipslerin zamanla aşınması ile uzun dönemde maliyet artar.

- Alt çene overdenture protezlerin diğer bir dezavantajı protez altında besin retansiyonudur. Protez kenarları istirahat pozisyonunda ağız tabanına kadar uzanmaz. Yemek yeme sırasında besin parçaları geleneksel protezlerle benzer şekilde protez altında birikir. Ancak alt protezin fonksiyon sırasında hareket etmesi protezin altının bir miktar temizlenmesini sağlar fakat implantlar, ataşmanlar ve barlar etrafında besin retansiyonu olur (Geertman et al., 1999).

REFERANSLAR

- Atwood, D. A. (2001). Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(2), 119–125.
- Brånemark, P. I., Breine, U., Adell, R., Hansson, B. O., Lindström, J., & Ohlsson, A. (1969). Intra-osseous anchorage of dental prostheses: I. Experimental studies. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 3(2), 81–100.
- Çakar Güler, C., & Bayındır, F. (2023). Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde 2016-2022 Yılları Arasında Geriatrik Hastalara Uygulanan Protetik Tedavilerin Dağılımının İncelenmesi. *Geriatric Bilimler Dergisi*, 6(3), 166–174.
- Cakir, O., Kazancioglu, H. O., Celik, G., Deger, S., & Ak, G. (2014). Evaluation of the Efficacy of Mandibular Conventional and Implant Prostheses in a Group of Turkish Patients: A Quality of Life Study. *Journal of Prosthodontics*, 23(5), 390–396.
- Çalikkocaoğlu, S. (1998). Tam Protezler (3rd ed.). *Protez Akademisi ve Gnatoloji Derneği*.
- Çalikkocaoğlu, S. (2021). Diş Hastaları Protetik Tedavisi: Klasik Tam Protezler (7th ed.). *Quintessence Yayıncılık*.
- DeBoer, J. (1993). Edentulous implants: overdenture versus fixed. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69(4), 386–390.
- Doundoulakis, J. H., Eckert, S. E., Lindquist, C. C., & Jeffcoat, M. K. (2003). The implant-supported overdenture as an alternative to the complete mandibular denture. *Journal of the American Dental Association*, 134(11), 1455–1458.
- Ersoy, A. E. (2015). Diş Hekimliğinde Sabit Protezler (2nd ed.). *Akademisyen Yayınevi*.
- Feine, J. S., Dufresne, E., Boudrias, P., & Lund, J. P. (1998). Outcome assessment of implant-supported prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 79(5), 575–579.
- Geertman, M. E., Slagter, A. P., Van 't Hof, M. A., Van Waas, M. A. J., & Kalk, W. (1999). Masticatory performance and chewing experience with implant-retained mandibular overdentures. *Journal of Oral Rehabilitation*, 26(1), 7–13.
- Jemt, T., Chai, J., Harnett, J., Mr, H., Je, H., Rb, J., Mckenna, S., Dc, M., vanSteenbergh, D., Taylor, R., Watson, R. M., & Herrmann, I. (1996). A 5-year prospective multicenter follow-up report on overdentures supported by osseointegrated implants. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*.

- Kordatzis, K., Wright, P. S., Henny & Meijer, J. A. (2003). Posterior Mandibular Residual Ridge Resorption in Patients with Conventional Dentures and Implant Overdentures.
- L, T., JP, L., R, T., CM, C., & JS, F. (1997). A within-subject comparison of mandibular long-bar and hybrid implant-supported prostheses: psychometric evaluation and patient preference. *Journal of Dental Research*, 76(10), 1675–1683.
- Lee, E., & Shin, S. Y. (2017). The influence of the number and the type of magnetic attachment on the retention of mandibular mini implant overdenture. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 9(1), 14–21.
- Management, B. U., Mericske-Stern, R. D., Thomas Taylor, patient D., & Belser, U. (2000). Management of the edentulous patient have demonstrated the broad application of non-submerged ITI im. *Clin Oral Impl Res*, 11, 108–125.
- Mericske-Stern, R. (1990). Clinical evaluation of overdenture restorations supported by osseointegrated titanium implants: a retrospective study. *The International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*.
- Mericske-Stern, R. D., Taylor, T. D., & Belser, U. (2000). Management of the edentulous patient. *Clinical Oral Implants Research*, 11 Suppl 1, 108–125.
- Özdoğan, A., Dergisi, A. İ.-Ü. D. H. F. (2016). İmplant destekli hibrit protezler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, December 19, 2024
- Tunçdemir AR, Özcan E. İmplant Destekli Sabit ve Hareketli Protetik Restorasyonlar. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Dergisi*, 2011;2(6).
- Sadowsky, S. J. (1997). The implant-supported prosthesis for the edentulous arch: design considerations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 78(1), 28–33.
- Sadowsky, S. J. (2001). Mandibular implant-retained overdentures: a literature review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 468–473.
- Tallgren, A. (n.d.). *The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years*.
- Terrell WH. Fundamentals important to good complete denture construction. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1958;8(5):740-52.
- Turkylmaz, I., & McGlumphy, E. A. (2008). Influence of bone density on implant stability parameters and implant success: A retrospective clinical study. *BMC Oral Health*, 8(1).
- Zitzmann, N. U., & Marinello, C. P. (2002). A Review of Clinical and Technical Considerations for Fixed and Removable Implant Prostheses in the Edentulous Mandible. In *Article in The International Journal of Prosthodontics*.



BÖLÜM 3

İmplant Üstü Protezlerde Ölçü

Büşra Tosun¹ & Fatma Nihan Terzi²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD.
Bolu/TÜRKİYE, ORCID:0000-0003-3145-4454

² Arş. Gör., Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD.
Bolu/TÜRKİYE, ORCID:0009-0005-3391-9368

Giriş

Dental implantlar kaybedilen eksik dişlerin yerini telafi etmek amacıyla kullanılan ve son dönemlerde oldukça popüler olan bir tedavi yaklaşımıdır. Bir veya daha fazla diş eksikliğinde implant üstü kron ve köprü restorasyonları, sabit bir tedavi seçeneği olarak uygulanabilmektedir. İmplant üstü protetik tedavi seçeneklerine karar verirken bazı faktörleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu faktörler; arklar arası mevcut mesafe, karşıt oklüzyon, mevcut kemik miktarı, estetik, fonasyon, implant sayı ve konumu, hastanın beklentisi ve hastanın sosyo-ekonomik durumudur (Jivraj, Chee ve Corrado, 2006; Mericske-Stern, Taylor ve Belser, 2000).

Konvansiyonel protezlerde dişler, kemik ve çevre yumuşak dokudan destek alınırken İmplant üstü protezlerde ise implantlar destek olarak alındığından kemik rezorpsiyonu engellenerek hastanın artmış çiğneme etkinliği dolayısıyla hasta memnuniyetinin de arttığı görülmüştür (Naert, Quirynen, Theuniers ve van Steenberghe, 1991).

Uygun cerrahi ve protetik endikasyon ile hatasız bir uygulama, yapılacak olan tedavinin başarısında oldukça önemli bir yer teşkil etmektedir (Kahramanoğlu ve Kulak-Özkan, 2013). Bu bakımdan pasif uyumun sağlanması implant destekli protezlerde dikkate alınması gereken kritik faktördür (Şahin, Çehrelî ve Yalçın, 2002).Yapılan restorasyon çevre dokularda ve protetik sistemde statik bir yük meydana getirmiyorsa pasif uyum söz konusudur. Pasif uyumu elde etmede doğru yöntemle ölçünün alınması, tekniğin doğru uygulanması ve ölçü madde-sinin doğru seçilmesi oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra implant sayı ve lokalizasyonu, yapılacak İmplant üstü restorasyonun simante veya vidalı olması, kullanılan abutment materyalinin düz veya açılı olması, kullanılan alt yapı materyali ve protetik restorasyonun tek veya çok parçalı olması da pasif uyumu etkileyen faktörler arasındadır (Conrad, Pesun, DeLong ve Hodges, 2007; Lorenzoni ve ark, 2000).

Doğru ölçü tekniği uygulanarak hassas bir şekilde ölçünün alınması ile implant konumlarının modele doğru aktarılması, implant üstü protetik restorasyonlarda oldukça önemli bir aşamadır (Filho, Mazaro, Vedovatto, Assunção ve Santos, 2009). Ölçü işleminin hatalı alınması implant bileşenleri ile protetik parça arasında uyumsuzluğa sebep olacak ve bu durum beraberinde birtakım komplikasyonları getirecektir.

Geleneksel ölçü maddelerindeki ve tekniklerindeki gelişmelere rağmen, restorasyonların üretim aşamasında sıkıntıların yaşanması ve hastaların yaşadığı konfor kaybı nedeniyle hekimler dijital ölçü yöntemlerine yönelmiş ve bu dijital

ölçü sistemleri zamanla popülerite kazanmıştır (Logozzo, Franceschini, Kilpela, Governi, Caponi ve Blois, 2011).

Ölçü

Protetik Diş Tedavisi Terimler Sözlüğüne göre ‘ölçü’; bir nesnenin yüzeyinin tersindeki negatif kopya ya da diş hekimliğinde kullanılmak üzere dişlerin ve komşu yapıların bir izi olarak ifade edilmektedir.

Protetik tedavilerin uzun süreli başarısı için kritik adımlardan biri doğru ölçü alma işlemidir. Ölçü prosedürü, kullanılan materyaller, ölçü tekniği, implantın pozisyonu, açısı ve derinliği, alçının boyutsal kararlılığı, day sistemi ve ölçü parçalarının uzunluğu gibi bir dizi faktörden etkilenir (Kim, 2015; Sorrentino, Gherlone, Calesini ve Zarone, 2010). Hatalı bir ölçü sonucu, implant komponentleri ile protez arasındaki pasif uyum sağlanamayabilir ve bu da vida gevşemesi, kırılması, osseointegrasyon kaybı hatta implantın kırılması gibi mekanik ve biyolojik sorunlara yol açabilir. Vida gevşemesi, bu tür mekanik komplikasyonlar arasında en yaygın olarak görülenidir. Biyolojik komplikasyonlar ise genellikle yumuşak ve sert dokularda meydana gelen reaksiyonlarla ilişkilidir ve bu durum, plak birikintilerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar (Goodacre, Bernal, Rungcharassaeng ve Kan, 2003; H. Lee, So, Hochstedler ve Ercoli, 2008).

1.İmplant Üstü Ölçü Alımında Kullanılan Parçalar

1.1.Ölçü postları

İmplantın çene içerisindeki pozisyonu ve açısının doğru bir şekilde ölçülerek çalışma modeline aktarılmasını sağlayan bileşenlerdir (Nallaswamy, 2017). Farklı implant ölçü yöntemlerine uygun olarak, çeşitli ölçü bileşenleri geliştirilmiştir.

1.1.1.Direk Ölçü Postları

Üst çenede implant gövdesine vidalanan ve açık kaşık ölçü postları olarak bilinen bu bileşenler, genellikle tek aşamalı ölçü alma tekniklerinde kullanılır. Postlara uygun alanlar ölçü kaşığında açılır ve vidalı bölümleri kaşığın dışına çıkarılır. Ölçü materyali ağza yerleştirildikten sonra vidalar gevşetilir ve transferler sabit bir şekilde yerinde kalır. Ölçü kaşığı ağızdan çıkarıldığında, bu ölçü bileşenleri kaşığın içinde yer alır (Nallaswamy, 2017). Genellikle kaşık içinde sabitlenmelerini sağlayan retantif bölgeler bulunur ve ağızdaki vidalara erişimi kolaylaştırmak için indirekt ölçü postlarına göre daha uzun tasarlanmıştır.

1.1.2.İndirek Ölçü Postları

İndirekt ölçü postları, implantların konum ve açı bilgisini çalışma modeline aktarmak için kullanılan bir diğer yöntemdir. Ancak, direkt ölçü postlarından farklı olarak, dolaylı ölçü postları kaşığın delinmesini gerektirmez. Ölçü materyali sertleştğinde, ölçü kaşığı ağızdan çıkarılır, ardından postların vidaları gevşetilerek implant gövdesinden ayrılır ve implant analogları ile birleştirilir. Bu analoğlu yapı, ölçü içerisindeki ilgili yuvalara manuel olarak yerleştirilir (Nallaswamy, 2017).

1.2. Tarama Bayrakları

Tarama bayrağı, implantların dijital ölçüm işlemlerinde kullanılan özel ölçü postlarıdır. İmplant üreticilerinin dijital kütüphaneleriyle uyumlu olarak geliştirilmiş olup, çenedeki implantların üç boyutlu pozisyonlarının dijital ortamda doğru bir şekilde belirlenmesini sağlar. Çeşitli çap ve tasarımlarda üretilmektedir. Üst kısmındaki üçgen piramidal yüzey, tarayıcıların implantın konumunu ve açısını hassas bir şekilde algılamasını mümkün kılar (Sirena ve ark., 2010).

Tarama bayrakları hem ağız içi hem de laboratuvar ortamında kullanılmak üzere farklı tiplerde üretilmiştir. Kullanım şekline göre iki ana kategoriye ayrılır:

1. **Abutment Seviyesi Tarama Bayrakları: ** Ti-base abutment üzerine yerleştirilir.

2. **İmplant Seviyesi Tarama Bayrakları: ** Doğrudan implant gövdesine bağlanır.

Bu parçalar, geleneksel ölçüm işlemlerinden sonra implant pozisyonlarının dijital kütüphane verileriyle karşılaştırılmasını sağlar. İntraoral tarayıcılar veya masaüstü tarayıcılar aracılığıyla taranarak dijital tasarım için gerekli veriler elde edilir.

Ayrıca, kullanım amacına göre şu türleri bulunmaktadır:

- **Ağız İçi Tip: ** İntraoral tarama için geliştirilmiştir.

- **Laboratuvar Tip: ** Alçı model üzerine yerleştirilip masaüstü tarayıcılarla kullanılır.

Tarama bayraklarıyla dijitalize edilen implant verileri üzerinde çeşitli dijital tasarımlar yapılabilir. Bu veriler, bireysel dayanakların yanı sıra implantlar için kuron, köprü, bar ataşmanları gibi protetik parçaların tasarımı ve üretiminde kullanılır (Sirena ve ark., 2010).

2. Ölçü Yöntemleri

2.1 Konvansiyonel Ölçü Yöntemleri

2.1.1 Açık Kaşık/ Direk / Pick Up Ölçü Yöntemi

Bu teknikte, ölçü parçalarının kaşık dışında kalmasını sağlamak amacıyla kaşığa özel açıklıklar oluşturulur. Bu deliklerin çapı ve genişliği büyük bir öneme sahiptir. Delikler aşırı geniş olursa, ölçü alırken dokulara uygulanan basınç azalır. Deliklerin doğru boyutta olması çok kritiktir çünkü kaşığa ölçü materyali yerleştirildiğinde, bu delikler kapanarak rehber pinlerinin tek seferde doğru bir şekilde dışarı çıkmasını engeller. Eğer işlem tekrar yapılırsa, ölçüde bozulmalar meydana gelebilir. Ayrıca, ölçü parçalarının kolayca geçebilmesi için deliklerin gereğinden fazla geniş olması, ölçü sırasında dokulara uygulanan basıncı azaltır ve özellikle üst çenede, ölçü materyalinin implant çevresindeki yumuşak dokulara ulaşmasını zorlaştırır (Selvaraj, Mohan, Simon ve Dorairaj, 2014).

Direkt yöntem, implantların bulunduğu alanda, ölçü parçalarının koronal kısımlarının görünmesini sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanmış şahsi bir kaşık ve kare şeklinde ölçü parçaları kullanılarak yapılır. Bu teknikte, ölçü parçaları doğrudan implantlara bağlanır ve ardından içinde ölçü materyali bulunan kaşık ağza yerleştirilir. Akıcı kıvamda olan ölçü materyali, ölçü parçalarının etrafına enjekte edilir. Materyalin sertleşmesinin ardından, ölçü parçalarının vidaları gevşetilir ve kaşık, içindeki ölçü parçalarıyla birlikte ağızdan çıkarılır. Son adımda, ölçü materyali içinde sabitlenen ölçü parçalarına implant analogları yerleştirilir (Chee ve Jivraj, 2006; Herbst, Nel, Driessen ve Becker, 2000; Hong ve Shin, 2023; H. Lee, So, Hochstedler ve Ercoli, 2008).

Bu yöntemde, kişisel kaşık kullanımı, ölçü materyalinin her bölgede eşit kalınlıkta olmasını sağlar. Bu yöntem, açılı implant uygulamalarında ölçü materyalinin kaşık ağızdan çıkarılırken deformasyona uğramaması ve ölçü parçalarının yeniden yerleştirilmesine ihtiyaç duyulmaması gibi avantajlar sunar (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019). Ancak, hekimler için daha karmaşık bir uygulama süreci gerektirebilir. Splintleme yapılmadığında, ölçü parçalarının vidalarının gevşetilmesi veya implant analogunun ölçü parçasına bağlanması sırasında rotasyon oluşabilir ve bu da yöntemin dezavantajları arasında sayılabilir (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

Hatalı ölçü alınması, implant bileşenleri arasında uyumsuzluğa yol açarak vida gevşemesi veya kırılması, plak birikiminde artış, osteointegrasyon kaybı ve hatta implant kırılması gibi hem biyolojik hem de mekanik komplikasyonlara neden olabilir. Bu tür sorunları önlemek için ölçünün doğru bir şekilde alınması

büyük önem taşımaktadır (Burns, Palmer, Howe ve Wilson, 2003; S. E. Lee, Yang, Lee, Lee ve Lee, 2018). Splintleme, ölçü parçalarının hareketini önlemek amacıyla rijit bir materyal kullanılarak birbirine sabitlenmesi işlemidir (Barrett, de Rijk ve Burgess, 1993).

Açık kaşık ölçü tekniğinde, ölçü postlarının ağızdan çıkarılırken veya implant analoguna sabitlenirken hareket etmesi, sık karşılaşılan sorunlardan biridir (Aktöre ve Kurtulmuş-Yılmaz, 2015; H. Lee, So, Hochstedler ve Ercoli, 2008). Bu durumu önlemek için 1985 yılında Branemark ve arkadaşları, ölçü postlarını diş ipi ile birbirine bağlayarak ve otopolimerizan akrilik rezin ile kaplayarak splintleme yöntemini geliştirmiştir (Aktöre ve Kurtulmuş-Yılmaz, 2015).

Çeşitli çalışmalar, splintleme tekniğinin splintlenmemiş yöntemlere göre daha hassas implant ölçüleri elde edilmesini sağladığını göstermiştir (Assif, Marshak ve Schmidt, 1996; Vigolo, Fonzi, Majzoub ve Cordioli, 2004).

Ancak splintleme tekniğinde sık rastlanan problemlerden biri splint materyalinde distorsiyon (Spector, Donovan ve Nicholls, 1990) diğeri ise splint materyali ile ölçü postları arasındaki bağlantının kopmasıdır (Burawi, Houston, Byrne ve Claffey, 1997). Bu nedenle splintleme için kullanılan materyalin özellikleri büyük önem taşımaktadır.

Splintleme amacıyla en yaygın kullanılan materyal akrilik rezindir. Bu malzeme otopolimerize, dual-cure ve prefabrike akrilik rezin bar formlarında uygulanabilir. Ancak, akrilik rezin polimerizasyon sırasında büzülme gösterir ve bu durum ölçü postlarının hareket etmesine neden olarak ölçümde hatalara yol açabilir. Bu problemi en aza indirmek için, önceden hazırlanmış akrilik rezin bloklar kullanılabilir. Bu bloklar, ölçümden bir gün önce hazırlanır ve ölçüm sırasında postlarla bağlanır. Ayrıca, splintin implantlar arasından kesilip ağız içinde yeniden birleştirilmesi de büzülmeyi azaltabilir (Buzayan ve ark, 2013). Başka bir çalışmada, 24 saat polimerize edilen ve kesilip yeniden birleştirilen akrilik rezin, ölçü alçısı ve polivinil siloksan kullanımı gibi yöntemlerle karşılaştırılmış ve en doğru sonuçları verdiği bulunmuştur (S.-J. Lee ve Cho, 2011). Bu sonuçlar, materyal büzülmesinin azaltılmasının pasif uyum için önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Metal barlar ise splintleme materyali olarak incelenmiş ve kesilip bağlanan rezin barlar ve splintsiz yöntemlerle karşılaştırıldığında en iyi sonucu verdiği görülmüştür (de Avila, de Matos Moraes, Castanharo, Del'Acqua ve de Assis Mollo, 2014; Saini ve ark., 2018).

2.1.2 Kapalı Kaşık / İndirekt Teknik / Transfer Ölçü

İndirekt ölçü tekniği, okluzal yüzeyi kapalı ölçü kaşıkları ve ölçü parçaları kullanılarak gerçekleştirilen bir yöntemdir. Bu teknikte, implantların üzerine ölçü postları yerleştirildikten sonra, okluzal kısmı kapalı olan şahsi veya hazır kaşık yardımıyla ölçü alınır. Kullanılan ölçü parçaları, implant üzerine vidalanır ve marka bazında farklılık gösterebilir; bu parçaları ek olarak plastik parçalardan da yararlanılabilir (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019). Öncelikle kaşık ağızdan çıkarılır, ardından ölçü parçaları implantlardan ayrılarak uygun analoğa sabitlenir ve ölçü içerisine yerleştirilir (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

Kapalı kaşık tekniği, ağız açıklığının sınırlı olduğu, bulantı refleksi bulunan hastalarda veya ölçünün ağızdan hızlı bir şekilde çıkarılmasının gerektiği durumlarda tercih edilmektedir. Ayrıca, posterior bölgedeki implantlara ulaşmanın zor olduğu hastalarda bu yöntemin uygun olduğu belirtilmiştir (Aktöre ve Kurtulmuş-Yılmaz, 2015; W Chee ve Jivraj, 2006; Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

İmplant üstü protezlerin ölçülendirilmesinde, açık ve kapalı kaşık tekniklerinin yanı sıra ölçü postunun bağlandığı seviyeye göre de farklı ölçü teknikleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda, ölçü işlemi abutment seviyesi ve implant seviyesi olmak üzere iki farklı seviyede gerçekleştirilebilir (Richi, Kurtulmuş-Yılmaz ve Ozan, 2020).

2.1.3 Snap Fit (Snap On, Press Fit) Tekniği

Snap fit yöntemi, kapalı kaşık tekniğinin bir varyasyonu olarak geliştirilmiş bir ölçü alma tekniğidir. Bu yöntemde, ölçü postlarının hatalı yerleşimini önlemek ve ölçü hassasiyetini artırmak amacıyla ölçü içerisine belirli parçalar yerleştirilir. Snap fit olarak adlandırılan bu plastik veya metal parçalar, ölçü alındığında ölçünün içinde kalarak, yöntemi diğer tekniklerden ayırır. Ölçü işlemi tamamlandıktan sonra, implanttan ayrılan ölçü postları, implant analoglarıyla birleştirilerek yeniden snap fit yuvasına yerleştirilir.

Bu tekniğin en önemli avantajlarından biri, indirekt tekniğin kullanım kolaylığını sağlarken direkt tekniğe benzer doğruluk düzeyleri sunmasıdır (Cho ve ark., 2015). Ayrıca, Snap fit parçalarının yerleştirilmesi oldukça kısa sürede tamamlanabilir ve bu parçaların ölçü postlarına sağlam şekilde oturmasıyla stabilite artırılarak ölçü işleminin hassasiyeti daha da iyileştirilebilir (Nissan ve Ghelfan, 2009).

İmplant Üstü Geleneksel Ölçülerin Doğruluğunu Etkileyen Faktörler

Ölçü Materyalleri

Splintli ve Splintsiz Yöntem

Splint Materyali ve Yöntemi

Ölçü Parçası Tasarımı

İmplantın Açısı

Direk/ İndirek Ölçü Yöntemleri

İmplant/ Abutment Bağlantı Şekli (Ma ve Rubenstein, 2012; Wee, 2000).

Doğru ölçü Alınması için gereken bazı önlemler şunlardır:

- Ölçü parçası/implant veya ölçü parçası/abut- ment mukoza seviyesinin altında olduğunda ölçü parçalarının oturmasını sağlamak için radyografi çekilmesi.
- Polivinil siloksan ölçü maddesi kullanıldığında vinil eldiven kullanılması, lateks eldivenlerin ölçü maddesi ile etkileşiminden kaynaklanan ölçü maddesinin sertleşmesinin gecikmesini önler (Kahn, Donovan ve Chee, 1989).
- Transfer tipi ölçü parçalarının çıkarılması ve değiştirilmesi sırasında özellikle oklüzo- gingival yönde hatalar meydana geldiğinden, pick up tipi ölçü parçalarının daha doğru ölçü tipi olduğu gösterilmiştir (Liou, Nicholls, Yuodelis ve Brudvik, 1993; Spector, Donovan ve Nicholls, 1990).

2.2 Dijital Ölçü Yöntemleri

Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisi, 1980'lerde kullanılmaya başlanmasından bu yana popüler hale gelmektedir (Ruse ve Sadoun, 2014). Laboratuvar veya hasta başı dijital teknoloji, kronlar, onleyler, inleyler, veneerler implant destekli restorasyonlar ve hatta tam ağız rehabilitasyonları gibi çok çeşitli diş tedavi yöntemlerini kapsamıştır (Spitznagel, Boldt ve Gierthmuehlen, 2018). Bunun sağladığı faydalar teknolojisinin dişhekimliği camiasına sunduğu imkanlar muazzamdır, ancak özellikle klinik açıdan derinlemesine araştırılmamıştır (Tsirogiannis, Reissmann ve Heydecke, 2016).

Dijital implant ölçüleri ile implant destekli protezlerin üretimi için geleneksel iş akışından kaçınılır ve CAD/CAM teknolojisinin kullanımı başlatılır. Dijital ölçü, dental implantların konumunu sanal bir modelde elde etmek için çoklu optik teknolojileri özetlemektedir (Giménez, Özcan, Martínez-Rus ve Pradies, 2015). Geleneksel implant kalıplarına benzer şekilde, tarama gövdeleri dental implantlara bağlanarak optik alım için erişilebilir bir yüzey oluşturur (Flügge ve ark., 2018).

İmplant tarama gövdelerinin dental ark içindeki konumu ağız içi tarama cihazlarıyla kaydedilir ve tarama gövdelerini gösteren sanal bir taş kalıbı ile sonuçlanır. Tarama gövdesi boyutlarının bilinmesiyle, bir tarama gövdesine bağlı her bir implantın uzamsal konumu yeniden yapılandırılır. İmplantların sanal konumuna dayanarak protezler sanal olarak tasarlanır ve CAM teknolojisi kullanılarak üretilir (Flügge ve ark., 2018).

Dijital baskının da sınırlamaları vardır. Birçok faktör bir dental arkın taranmasını engelleyebilir. Bunlar arasında operatör veya ekipman hataları (kalibrasyon eksikliği), taranacak nesnenin doğası (Li, Lyu, Wang ve Sun, 2017) veya klinikteki aydınlatma gibi harici rahatsızlıklar yer alabilir (Revilla-León ve ark., 2021; Revilla-León ve ark., 2020). Taranan unsurların optik özellikleri (rekonstrüksiyon materyalleri ve protez) elde edilen sonuçları değiştirmeye katkıda bulunur (Kurz, Attin ve Mehl, 2015).

Konvansiyonel ölçü bazı klinik durumlarda altın standart olarak kabul edilir ve diş hekimliğinde en yaygın kullanılan tekniktir (Cervino et al., 2018). Bununla birlikte, protez tasarımındaki en zayıf halkalardan birini temsil eder. Konvansiyonel ölçülerin devam eden maliyetler, hasta rahatsızlığı, iyi oturtulmuş ölçü tepelerine duyulan ihtiyaç ve diş taşıyla döküm yapma ihtiyacı gibi sınırlamaları vardır. Buna ek olarak, kaliteleri malzeme kullanımına, ölçü ve taş malzemesinin deformasyonuna ve tüm ağız içi dokuların yakalanmasına bağlıdır (Abduo, 2019).

2.2.1 Ağız içi Tarayıcılar

Ağız içi tarayıcılar, dijital ölçüleme tekniklerinde kullanılan cihazlardır (Mangano, Gandolfi, Luongo ve Logozzo, 2017; Martin, Chalmers, McIntyre, Cochrane ve Mossey, 2015). Bu cihazlar, diğer üç boyutlu tarayıcılarda olduğu gibi bir ışık kaynağını taranacak yüzeye yansıtarak dental arklar, dişler ve implant tarama gövdelerine (scanbody/scanpost) ait görüntüleri kaydeder (Mangano ve ark., 2017).

Ağız içi tarayıcıların avantajları:

1. İmplant çevresindeki protetik boşluk, restore edilecek bölgenin derinliği, abutment tasarımı ve dişeti çıkış profili gibi detayların daha doğru ve net değerlendirilmesini sağlar (Aktöre ve Kurtulmuş-Yılmaz, 2015; Patel, 2010).
2. Kesitsel görüntü elde edilmesine olanak tanır.
3. Ölçü maddesiyle çalışırken meydana gelebilecek yırtılma ve distorsiyon gibi sorunları ortadan kaldırır (Kümbüloğlu ve Türk, 2018).

4. Bulantı refleksi olan hastalar için daha rahat bir ölçüleme süreci sunar.

5. Ölçü maddesi kullanılmadığı için ekonomik bir alternatiftir.

6. Yazılım programları sayesinde geniş bilgi aktarım kapasitesine sahiptir. Açık sistemlerde herhangi bir cihazla uyumlu çalışarak protetik üst yapıların farklı sistemlerde hazırlanmasına olanak tanır.

7. Bazı sistemler, renk ve fotoğraf tarama özellikleri ile donatılmış olup tedavi planlaması sırasında hekime yardımcı olabilecek özel programlar içerir (Kannan, Abraham Mathew ve Savarimuthu Paulraj, 2020; Mangano, Gandolfi, Luongo ve Logozzo, 2017).

Ağız içi tarayıcıların dezavantajları:

1. Kullanım ve yazılım öğrenme süreci zorlu olabilir (Mangano ve diğerleri, 2017).

2. CAD yazılımıyla uyumlu implant sistemleri için özel tarama postlarına ihtiyaç duyulabilir.

3. Komplike protetik tedavilerde kapanış kaydının alınması zorlaşabilir.

4. Kapalı sistemlere sahip ağız içi tarayıcılar, STL formatında bilgi aktarımını engellediği için, hekimler arasında bilgi paylaşımı daha zor hale gelebilir (Kannan ve ark., 2020; Mangano ve ark., 2017)

5. Kan, tükürük ya da hiperplastik/hiperemik doku gibi durumlar varlığında subgingival alanların net bir şekilde görüntülenmesi zorlaşır (Mangano ve ark., 2017). Dijital görüntüleme subgingival derinlik çok önemli bir faktördür.

6. Toz püskürtülen sistemlerde, partiküller nedeniyle alerjik reaksiyonlar gözlemlenebilir.

7. Dişsiz arklarda görüntüleme başarısız olabilir, özellikle tarama postları arasındaki mesafe arttıkça ölçüde netlik kaybı yaşanabilir

2.2.2 CAD-CAM Sistemleri

CAD/CAM sistemleri, üç temel üniteden oluşmaktadır. İlk ünite, dokuları üç boyutlu olarak tarayıp bu verileri dijital ortama aktaran tarayıcılardır.

- **Ağız içi tarayıcılar**, diş ve dokuları doğrudan tarayarak dijital platforma aktarır.

- **Ağız dışı tarayıcılar (laboratuvar tarayıcıları)** ise hastadan alınan ölçüden elde edilen modelleri tarar ve bu verileri sisteme yükler.

İkinci ünite olan CAD (Computer-Aided Design) bölümü, restorasyon tasarımının gerçekleştirildiği aşamadır.

Üçüncü ünite, CAM (Computer-Aided Manufacturing) kısmıdır. Bu bölümde, CAD tarafından oluşturulan tasarımlar milledme yöntemi ile üretilir ve kullanıma hazır hale getirilir (Polat, Ünal ve Nigiz, 2018).

Klinikte kullanılan CAD/CAM sistemleri, ağız içi tarayıcılar sayesinde restorasyon veya altyapı tasarımını ve üretimini laboratuvar aşaması olmaksızın, tek seansta gerçekleştirebilir. Bu sistemlere örnek olarak CEREC ve E4D Dentist gösterilebilir (Beuer, Schweiger ve Edelhoff, 2008; Polat, Ünal ve Nigiz, 2018).

Laboratuvar ortamındaki CAD/CAM sistemleri ise şu şekilde çalışır:

1. Hekim, hastadan konvansiyonel yöntemle ölçü alır.
2. Teknisyen, bu ölçüden model oluşturur.
3. Model, ağız dışı tarayıcılarla taranarak CAD sistemine aktarılır ve restorasyon tasarımı tamamlanır.

Model tarayıcıları olarak bilinen ağız dışı tarayıcılara örnekler arasında CEREC inLAB, DCS PRECIDENT System, Everest ve Cercon sistemleri bulunmaktadır (Polat, Ünal ve Nigiz, 2018).

Geleneksel Ölçü ile Dijital Ölçü Farkları

İdeal bir implant ölçüsü, hasta ve hekim için pratik, güvenilir, yüksek doğruluk sağlayan, hızlı tamamlanabilen ve konforlu bir yöntem olmalıdır (Del'Acqua, Arioli-Filho, Compagnoni ve Mollo, 2008).

Direkt ve indirekt ölçü tekniklerinin doğruluğunu karşılaştıran birçok araştırma yapılmıştır. Bazı araştırmalarda, bu iki teknik arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (Assif, Marshak ve Schmidt, 1996; Assuncao, Filho ve Zaniquelli, 2004; Conrad, Pesun, DeLong ve Hodges, 2007; Filho, Mazaro, Vedovatto, Assunção ve Santos, 2009). Ancak, diğer bazı çalışmalarda direkt ölçü tekniğinin, bazılarında ise indirekt ölçü tekniğinin daha yüksek doğruluk sağladığı belirtilmiştir (Assuncao, Filho ve Zaniquelli, 2004; Barrett, de Rijk ve Burgess, 1993; Carr, 1992; Daoudi, Setchell ve Searson, 2001) De La Cruz ve ark, 2002; Humphries, Yaman ve Bloem, 1990; Spector, Donovan ve Nicholls, 1990).

Geleneksel ölçü yöntemlerinde, ölçü maddesinin büzülmesi, alçı materyalinin genleşmesi, ölçü parçalarının ağızdan çıkarılma sırasında yer değiştirmesi ve laboratuvar ortamında dijitalleştirme sürecinde oluşabilecek hatalar gibi boyutsal değişikliklere neden olabilecek faktörler bulunur. Bunun aksine, dijital ölçü yöntemleri

daha az işlem adımı içermesi ve teknolojik standartlarla sağlanan doğruluk sayesinde bu tür olumsuzlukları büyük ölçüde ortadan kaldırır (Abdel-Azim, Zandinejad, Elathamna, Lin ve Morton, 2014).

Dijital ölçüm yöntemleri, ağız içi tarayıcılar kullanılarak alçı model oluşturma ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu yöntemle alınan ölçüler dijital olarak değerlendirilip, herhangi bir hata durumunda ölçünün tamamı veya istenilen bölümü yeniden alınabilir. Dijital ortamda saklanan veriler hem alan tasarrufu sağlar hem de güvenli bir şekilde depolanır. Ayrıca, laboratuvar ve diş hekimi arasındaki iş birliğini daha verimli hale getirir (Joda ve Brägger, 2015).

Dijital ölçüm yöntemleri, geleneksel tekniklerin aksine kaşık, ölçü materyali, splint veya alçı gibi malzemelere gereksinim duymaz. Bu durum hem maliyetlerin azalmasını sağlar hem de ölçülerin hızlı bir şekilde laboratuvara iletilmesiyle tedavi sürecini hızlandırır (Joda ve Brägger, 2015).

Dijital ölçüm teknikleri, öğürme refleksi, sınırlı ağız açıklığı veya hareketli dişlerin bulunduğu durumlarda hem hastalar hem de hekimler için süreci daha kolay ve verimli hale getirir (Imburgia ve ark., 2017).

2.3.İmplant Seviyesine Göre Ölçü Yöntemleri

2.3.1 Abutment seviyesinde ölçü

Tam dişsiz hastalarda, vida tutuculu bir restorasyon planlanacaksa ve açılı implantlar tercih ediliyorsa, abutment seçimi genellikle açısız uyumu sağlayabilen multi-unit abutment'ler yönünde yapılmalıdır. Bu abutment'ler, implantlar arasındaki açısız farklılıkları dengeleyerek uyumu artırmanın yanı sıra, ölçü sürecinde ölçü materyalinde ve postlarda oluşabilecek deformasyonların önlenmesi açısından da avantaj sağlamaktadır. (Baig, 2014; Richi, Kurtulmus-Yılmaz ve Ozan, 2020; Heller, Arieli, Beitlitum, Pilo ve Levartovsky, 2019). Multi-unit abutment kullanıldığında ölçü işlemi implant seviyesinden değil, abutment seviyesinden gerçekleştirilir. Bu abutment'ler, özel transfer parçası ile kullanılan pick-up tipinde parçaları sahiptir ve hem direkt hem de indirekt ölçü teknikleriyle uyumlu olarak ölçü alınabilmesini sağlar.

Ölçü sürecinin ilk aşamasında, multi-unit abutment'ler belirli bir tork kuvvetiyle implantlara sabitlenir. Daha sonra, abutment'ların üzerine üretici firma tarafından tasarlanan plastik ölçü parçaları yerleştirilir ve kapalı kaşık tekniği kullanılarak ölçü alınır. Ölçü işlemi tamamlandıktan sonra, abutment ile implant arasındaki bağlantıyı temsil eden abutment analogu, ölçü içerisine yerleştirilerek çalışma modeli oluşturulur (Alikhasi M, Siadat H, Monzavi A, Momen-Heravi F., 2011; Richi, Kurtulmus-Yılmaz ve Ozan, 2020).

- İyileşme başlığı çıkarıldıktan sonra, abutment implant üzerine yerleştirilir.
- Abutment, hasta ağzında diş kesim prensiplerine uygun olarak şekillendirilir.
 - Şekillendirilen abutment üzerinden, diş destekli sabit protezlerdeki gibi konvansiyonel yöntemle ölçü alınır.
 - Alınan ölçü laboratuvara gönderilir ve abutment üzerine döküm yapılarak protez üst yapısı oluşturulur.
 - Bu yöntem, ölçü alma sürecini daha basit hale getirir. Tek diş implant uygulamalarında, hekim abutmentin diğer dişlerle olan ilişkisini doğrudan şekillendirme fırsatına sahiptir. Ancak, laboratuvar aşamalarında teknik hassasiyetin sağlanabilmesi için genellikle abutment seviyesinden implant ölçüsü alınması önerilmez (Buzayan ve ark., 2013).

2.3.2. İmplant seviyesinde ölçü

İmplant seviyesi ölçüsüne geçmeden önce, direk ve indirekt tekniklerde kullanılan parça tasarımlarını açıklamak, hekimlerin bu farklılıkları daha iyi anlamasına yardımcı olacaktır. İmplant ölçü hassasiyetini artırmak amacıyla, çeşitli tasarımlarda ve farklı malzemelerden üretilmiş ölçü parçaları geliştirilmiştir. Kullanılan implant sistemine bağlı olarak, transfer parçaları farklı boyut, şekil, genişlik, derinlik ve tutuculuk özelliklerine sahip olabilir (Roig ve ark., 2019). İmplant üstü ölçü yöntemlerinde, doğrudan teknik genellikle kare şeklindeki ölçü parçaları kullanımını gerektirirken, dolaylı teknikte konik parçalar implant üzerinde bırakılır. Bu parçalar, laboratuvar analogu ile birleştirilerek çalışma modeli oluşturulması amacıyla model dökümü için kullanılır (Flügge ve ark., 2018).

Üç üyeli implant üstü sabit köprü ölçülerinde, abutment seviyesi ve implant seviyesi ölçü yöntemleri arasında doğruluk açısından belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak, implant sayısının artmasıyla birlikte, açısal ve doğrusal sapmalarda anlamlı bir artış meydana gelebileceği belirlenmiştir. (Alikhasi, Siadat, Monzavi ve Momen-Heravi, 2011).

İmplant seviyesinden alınan ölçü, abutment seviyesinden alınan ölçüye kıyasla bazı avantajlar sunar. Bu avantajlar arasında:

- Geçici restorasyonların daha kolay hazırlanması,
- Estetik sonuçların iyileştirilmesi,
- Laboratuvar aşamasında abutment seçiminin daha pratik olması,
- Açılı implant konumlarının açılı abutment kullanılarak kolayca çözülmesi sayılabilir (Kupeyan ve Lang, 1995).

3.Ölçü Materyalleri

Doğru ölçü materyalini seçmek, birçok diş hekimi için karmaşık bir süreçtir. Ancak, ideal klinik sonuçlara ulaşmak, tedavi başarısını, üretkenliği ve kârlılığını artırmak için bu seçim kritik bir rol oynar. Mevcut pek çok ölçü malzemesi arasından, her klinik durum için en uygun olanını belirlemek her zaman kolay değildir.

Ölçü doğruluğu, birden fazla faktöre bağlıdır. Bu nedenle, uygun ölçü tekniği seçilip doğru ölçü materyali ile birleştirildiğinde ve diğer değişkenlerle uyum sağlandığında, başarılı bir protetik restorasyon elde edilmesi mümkündür (D'Arcangelo ve ark., 2014).

Ölçü materyalleri, konvansiyonel ve dijital olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir.

Konvansiyonel ölçü materyalleri, elastik ve elastik olmayanlar olarak sınıflandırılır:

- Elastik materyaller: Reversible hidrokolloid, irreversible hidrokolloid, polisülfid, polieter, ilave tipi silikon (PVS, A tipi), kondensasyon silikon (C tipi), vinil polieter siloksan.

- Elastik olmayan materyaller: Mum, Kerr, alçı, çinko oksit öjenol.

Dijital ölçü materyalleri ise kullanım alanına göre iki gruba ayrılır:

- Ağız içi tarayıcılar (intraoral tarayıcılar).

- Ağız dışı tarayıcılar (ekstraoral tarayıcılar) (Punj, Bompolaki ve Garaicoa, 2017).

İmplant destekli protezlerde elastomerik ölçü materyalleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Polieter ve vinil polisiloksan gibi rijit ölçü materyalleri, yüksek boyutsal stabiliteye ve ince detayları doğru bir şekilde yansıtmaya yeteneğine sahip olmaları nedeniyle önerilmektedir. Ayrıca, ağızdan çıkarılırken deformasyona uğramamaları da bu materyalleri tercih sebebi haline getirmektedir (Herbst, Nel, Driessen ve Becker, 2000).

3.1.Elastomerik Ölçü Maddeleri

3.1.1 İlave tipli (A-Tipi) Silikon (PVS-Polivinil Siloksan)

Ekstra light body (en ince kıvamlı silikon ölçü maddesi) ile putty (yoğun kıvamlı ölçü maddesi) arasında farklı akışkanlıklarda çeşitlere sahip olan bu ölçü

maddesi, üstün özellikleri sayesinde en çok tercih edilenler arasında yer alır. Yüksek yüzey detay hassasiyeti sağlaması ve birden fazla model dökülmesine olanak tanınması, tercih edilme nedenleri arasındadır.

Bununla birlikte, malzemenin polimerizasyonunu olumsuz etkileyebileceği için kükürt veya kükürt türevleri içeren lateks kauçuk rubber dam, lateks eldivenler ya da kükürt emdirilmiş retraksiyon ipleriyle temasından kaçınılmalıdır (Punj, Bompolaki ve Garaicoa, 2017; Reitz ve Clark, 1988).

3.1.2 Kondenzasyon Reaksiyonu (C-Tipi) Silikon

Kondensasyon tipi silikonlar (C tipi silikonlar), düşük, orta, yüksek ve çok yüksek viskozitelerde çeşitli formlarda bulunabilir ve genellikle iki ayrı pat ya da bir pat ve bir sıvı katalizör şeklinde sunulur (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019; Walker, 2003). Reaksiyon sırasında yan ürün olarak etil alkol oluşur (Punj, Bompolaki ve Garaicoa, 2017). Bu etil alkol, sertleşme işleminin ardından buharlaşarak ölçü materyalinin boyutsal stabilitesini olumsuz etkileyebilir (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

3.1.3 Polieter

Polieter ölçü materyali, iki ayrı tüp içinde sunulur. Birinci tüpte prepolimer ve doldurucular bulunurken, ikinci tüpte reaksiyon başlatıcılar, pat formunu sağlamak için yağlar ve ek doldurucular yer alır (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

Tek viskozitede bulunan polieter ölçü maddesi, psödoplastik (kayma incilmesi) özelliği gösterir, bu da materyalin hem şırınga ile enjekte edilmesine hem de doğrudan kaşığa yerleştirilmesine olanak tanır. Bu özellik, özellikle implant destekli protezlerde ölçü alma aşamasında kullanımı için uygun hale getirir. Psödoplastik davranış, sadece kuvvet uygulandığında ortaya çıkar ve materyal kalıcı deformasyona uğramaz (Özyer, Kahramanoğlu, Aslan ve Özkan, 2019).

3.2 Dijital Ölçü Materyalleri

3.2.1 Dijital Ölçü Postları

Dijital ölçü postları, farklı üreticiler tarafından çeşitli boyut ve şekillerde üretilse de genellikle üç ana bölümden oluşur: tarama bölgesi, gövde bölgesi ve boyun bölgesi. Bu postlar PEEK, titanyum ve alüminyum alaşımları gibi farklı materyallerden yapılabilir. PEEK materyali, metal alaşımlarında meydana gelebilecek ışık yansımaları sorununu azaltarak tarama sürecinin doğruluğunu artırır (Mizumoto ve Yılmaz, 2018). Ancak, tekrarlanan kullanım veya sterilizasyon işlem-

leri sonucu özellikle boyun bölgesinde deformasyonlar oluşabilir. Bu deformasyonlar, implantın doğru konumunun ve açısının iletilmesinde sorunlar yaratabilir ve hatalı protez üretimine yol açabilir. PEEK materyalinin inert özellikleri ve sterilizasyona karşı dirençli olması, bu tür sorunların önüne geçilmesini sağlar (Moreira, Rodrigues, Pinho, Fonseca ve Vilaça, 2015).

KAYNAKÇA

- Abdel-Azim, T., Zandinejad, A., Elathamna, E., Lin, W. ve Morton, D. (2014). The Influence of Digital Fabrication Options on the Accuracy of Dental Implant-Based Single Units and Complete-Arch Frameworks. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(6), 1281-1288. doi:10.11607/jomi.3577
- Abduo, J. (2019). Accuracy of casts produced from conventional and digital workflows: A qualitative and quantitative analyses. *The journal of advanced prosthodontics*, 11(2), 138-146
- Aktöre, H., & Kurtulmuş-Yılmaz, S. (2015). The evaluation of factors that affect the accuracy of implant impressions. *Cumhur Dent J*, 18(2), 214-227.
- Alikhasi, M., Siadat, H., Monzavi, A. ve Momen-Heravi, F. (2011). Three-Dimensional Accuracy of Implant and Abutment Level Impression Techniques: Effect on Marginal Discrepancy. *Journal of Oral Implantology*, 37(6), 649-657. doi:10.1563/AAID-JOI-D-09-00112.1
- Assif, D., Marshak, B. ve Schmidt, A. (1996). Accuracy of implant impression techniques. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 11(2), 216-22.
- Assuncao, W. G., Filho, H. G. ve Zaniquelli, O. (2004). Evaluation of Transfer Impressions for Osseointegrated Implants at Various Angulations. *Implant Dentistry*, 13(4), 358-366. doi:10.1097/01.id.0000144509.58901.f7
- Baig, M. R. (2014). Multi-unit implant impression accuracy: A review of the literature. *Quintessence International*, 45(1). doi:10.3290/J.QI.A30769
- Barrett, M. G., de Rijk, W. G. ve Burgess, J. O. (1993). The Accuracy of Six Impression Techniques for Osseointegrated Implants. *Journal of Prosthodontics*, 2(2), 75-82. doi:10.1111/j.1532-849X.1993.tb00387.x
- Beuer, F., Schweiger, J. ve Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British Dental Journal*, 204(9), 505-511. doi:10.1038/sj.bdj.2008.350
- Burawi G, Houston F, Byrne D, Claffey N. A comparison of the dimensional accuracy of the splinted and unsplinted impression techniques for the Bone-Lock implant system. *J Prosthet Dent*. 1997;77(1):68-75.
- Burns, J., Palmer, R., Howe, L. ve Wilson, R. (2003). Accuracy of open tray implant impressions: An in vitro comparison of stock versus custom trays.

- The Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(3), 250-255. doi:10.1067/mp.2003.38
- Buzayan, M., Rustum Baig, M. ve Yunus, N. (2013). Evaluation of Accuracy of Complete-Arch Multiple-Unit Abutment-Level Dental Implant Impressions Using Different Impression and Splinting Materials. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 28(6), 1512-1520. doi:10.11607/jomi.2958
- Carr, A. B. (1992). Comparison of impression techniques for a two-implant 15-degree divergent model. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 7(4), 468-75.
- Cervino, G., Fiorillo, L., Herford, A. S., Laino, L., Troiano, G., Amoroso, G., . . . Nastro Siniscalchi, E. (2018). Alginate materials and dental impression technique: A current state of the art and application to dental practice. *Marine drugs*, 17(1), 18.
- Chee, W ve Jivraj, S. (2006). Impression techniques for implant dentistry. *British Dental Journal*, 201(7), 429-432. doi:10.1038/sj.bdj.4814118.
- Cho, J. H., Jeon, Y. J., Park, S. M., Shin, J. C., Lee, T. H., Jung, S., ... Chae, J. H. (2015). Multifunctional effects of honokiol as an anti-inflammatory and anti-cancer drug in human oral squamous cancer cells and xenograft. *Biomaterials*, 53, 274-284. doi:10.1016/j.biomaterials.2015.02.091
- Conrad, H. J., Pesun, I. J., DeLong, R. ve Hodges, J. S. (2007). Accuracy of two impression techniques with angulated implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 97(6), 349-356. doi:10.1016/S0022-3913(07)60023-7
- Daoudi, M. F., Setchell, D. J. ve Searson, L. J. (2001). A laboratory investigation of the accuracy of two impression techniques for single-tooth implants. *The International journal of prosthodontics*, 14(2), 152-8.
- D'Arcangelo, C., Zarow, M., De Angelis, F., Vadini, M., Paolantonio, M., Giannoni, M. ve D'Amario, M. (2014). Five-year retrospective clinical study of indirect composite restorations luted with a light-cured composite in posterior teeth. *Clinical Oral Investigations*, 18(2), 615-624. doi:10.1007/s00784-013-1001-8
- De Avila, E. D., de Matos Moraes, F., Castanharo, S. M., Del'Acqua, M. A. ve de Assis Mollo, F. (2014). Effect of Splinting in Accuracy of Two Implant Impression Techniques. *Journal of Oral Implantology*, 40(6), 633-639. doi:10.1563/AAID-JOI-D-12-00198
- De La Cruz, J. E., Funkenbusch, P. D., Ercoli, C., Moss, M. E., Graser, G. N. ve Tallents, R. H. (2002). Verification jig for implant-supported prostheses: A comparison of standard impressions with verification jigs made of different materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(3), 329-336. doi:10.1067/mp.2002.128070

- Del'Acqua, M. A., Arioli-Filho, J. N., Compagnoni, M. A. ve Mollo, F. de A. (2008). Accuracy of impression and pouring techniques for an implant-supported prosthesis. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 23(2), 226-36.
- Filho, H. G., Mazaro, J. V. Q., Vedovatto, E., Assunção, W. G. ve Santos, P. H. dos. (2009). Accuracy of Impression Techniques for Impants. Part 2 – Comparison of Splinting Techniques. *Journal of Prosthodontics*, 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. ve Wang, P. (2018). The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S16), 374-392. doi:10.1111/clr.13273
- Giménez, B., Özcan, M., Martínez-Rus, F. ve Pradies, G. (2015). Accuracy of a Digital Impression System Based on Active Wavefront Sampling Technology for Implants Considering Operator Experience, Implant Angulation, and Depth. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(S1). doi:10.1111/cid.12124
- Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K. ve Kan, J. Y. K. (2003). Clinical complications in fixed prosthodontics. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(1), 31-41. doi:10.1016/S0022-3913(03)00214-2
- Heller, H., Arieli, A., Beitlitum, I., Pilo, R., & Levartovsky, S. (2019). Load-bearing capacity of zirconia crowns screwed to multi-unit abutments with and without a titanium base: An in vitro pilot study. *Materials*, 12(19), 3056.
- Herbst, D., Nel, J. C., Driessen, C. H. ve Becker, P. J. (2000). Evaluation of impression accuracy for osseointegrated implant supported superstructures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(5), 555-561. doi:10.1016/S0022-3913(00)70014-X
- Hong, K.-Y. ve Shin, S.-Y. (2023). Comparative accuracy of implant impression techniques with different splinting materials. *Journal of Dental Rehabilitation and Applied Science*, 39(1), 9-20. doi:10.14368/JDRAS.2023.39.1.9
- Humphries, R. M., Yaman, P. ve Bloem, T. J. (1990). The accuracy of implant master casts constructed from transfer impressions. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 5(4), 331-6.
- Imburgia, M., Logozzo, S., Hauschild, U., Veronesi, G., Mangano, C. ve Mangano, F. G. (2017). Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health*, 17(1), 92. doi:10.1186/s12903-017-0383-4
- Jivraj, S., Chee, W. ve Corrado, P. (2006). Treatment planning of the edentulous maxilla. *British Dental Journal*. doi:10.1038/sj.bdj.4813952

- Joda, T. ve Brgger, U. (2015). Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 26(12), 1430-1435. doi:10.1111/clr.12476
- Logozzo, S., Franceschini, G., Kilpela, A., Governi, L., Caponi, M., ve Blois, L. (2011). A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Internet Journal of Medical Technology*, 5, 0-0
- Kahn, R. L., Donovan, T. E., & Chee, W. W. (1989). Interaction of gloves and rubber dam with a poly (vinyl siloxane) impression material: a screening test. *International Journal of Prosthodontics*, 2(4)
- Kahramanoğlu, E., Aslan, Y. U., Özkan, Y. ve Keskin zyer, E. (2019). İmplant Destekli Protetik Restorasyonlarda Kullanılan l Yöntemleri ve Materyalleri: Derleme. *European Journal of Research in Dentistry*, 2(3), 124-132. doi:10.35333/ERD.2019.101
- Kahramanoğlu, E. ve Kulak-Özkan, Y. (2013). The Effect of Different Restorative and Abutment Materials on Marginal and Internal Adaptation of Three-Unit Cantilever Implant-Supported Fixed Partial Dentures: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics*, 22(8), 608-617. doi:10.1111/jopr.12060
- Kannan, S., Abraham Mathew, C. ve Savarimuthu Paulraj, R. (2020). Intraoral Scanning Systems- A Current Overview. *International Journal of Advanced Research*, 8(10), 1214-1223. doi:10.21474/IJAR01/11956
- Kim, J.-H., Kim, K. R. ve Kim, S. (2015). Critical appraisal of implant impression accuracies: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 185-192.e1. doi:10.1016/j.prosdent.2015.02.005
- Kupeyan, H. K., & Lang, B. R. (1995). The role of the implant impression in abutment selection: a technical note. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 10(4).
- Kurz, M., Attin, T., & Mehl, A. (2015). Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3D measuring system. *Clinical oral investigations*, 19, 2035-2043.
- Kmbloğlu, ., & Türk, A. G. (2018). Gemişten Gnmze l Maddeleri ve Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 4(1), 51-56.
- Lee, H., So, J. S., Hochstedler, J. L. ve Ercoli, C. (2008). The accuracy of implant impressions: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(4), 285-291. doi:10.1016/S0022-3913(08)60208-5
- Lee, S. E., Yang, S. E., Lee, C. W., Lee, W. S. ve Lee, S. Y. (2018). Accuracy of new implant impression technique using dual arch tray and bite impression coping. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 10(4), 265-270. doi:10.4047/JAP.2018.10.4.265

- Lee, S.-J. ve Cho, S.-B. (2011). Accuracy of five implant impression technique: effect of splinting materials and methods. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 3(4), 177. doi:10.4047/jap.2011.3.4.177
- Li, H., Lyu, P., Wang, Y., & Sun, Y. (2017). Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(1), 93-101.
- Liou, A. D., Nicholls, J. I., Yuodelis, R. A., & Brudvik, J. S. (1993). Accuracy of replacing three tapered transfer impression copings in two elastomeric impression materials. *International Journal of Prosthodontics*, 6(4).
- Lorenzoni, M., Pertl, C., Penkner, K., Polansky, R., Sedaj, B. ve Wegscheider, W. A. (2000). Comparison of the transfer precision of three different impression materials in combination with transfer caps for the Frialit®-2 system. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(7), 629-638. doi:10.1046/j.1365-2842.2000.00594.x
- Ma, J. ve Rubenstein, J. E. (2012). Complete arch implant impression technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 107(6), 405-410. doi:10.1016/S0022-3913(12)60100-0
- Mangano, F., Gandolfi, A., Luongo, G. ve Logozzo, S. (2017). Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health*, 17(1), 149. doi:10.1186/s12903-017-0442-x
- Martin, C. B., Chalmers, E. V., McIntyre, G. T., Cochrane, H. ve Mossey, P. A. (2015). Orthodontic scanners: what's available? *Journal of Orthodontics*, 42(2), 136-143. doi:10.1179/1465313315Y.0000000001
- Mericske-Stern, R. D., Taylor, T. D. ve Belser, U. (2000). Management of the edentulous patient. *Clinical oral implants research* (C. 11 Suppl 1, ss. 108-125). doi:10.1034/j.1600-0501.2000.011s1108.x
- Mizumoto, R. M. ve Yilmaz, B. (2018). Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(3), 343-352. doi:10.1016/j.prosdent.2017.10.029
- Moreira, A. H. J., Rodrigues, N. F., Pinho, A. C. M., Fonseca, J. C. ve Vilaça, J. L. (2015). Accuracy Comparison of Implant Impression Techniques: A Systematic Review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 17(S2). doi:10.1111/cid.12310
- Naert, I., Quirynen, M., Theuniers, G. ve van Steenberghe, D. (1991). Prosthetic aspects of osseointegrated fixtures supporting overdentures. A 4-year report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 65(5), 671-680. doi:10.1016/0022-3913(91)90205-B
- Nallaswamy, D. (2017). *Textbook of prosthodontics*: JP Medical Ltd.

- Nissan, J. ve Ghelfan, O. (2009). The press-fit implant impression coping technique. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(6), 413-414. doi:10.1016/S0022-3913(09)60088-3
- Patel, N. (2010). Integrating Three-Dimensional Digital Technologies for Comprehensive Implant Dentistry. *Journal of the American Dental Association*, 141, 20S-24S. doi:10.14219/jada.archive.2010.0357
- Polat, Z. S., Ünal, S. M. ve Nigiz, R. (2018). CAD/CAM Uygulamaları. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 4(3), 33-39
- Punj, A., Bompolaki, D. ve Garaicoa, J. (2017). Dental Impression Materials and Techniques. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 779-796. doi:10.1016/j.cden.2017.06.004
- Reitz, C. D. ve Clark, N. P. (1988). The setting of vinyl polysiloxane and condensation silicone putties when mixed with gloved hands. *The Journal of the American Dental Association*, 116(3), 371-375. doi:10.14219/jada.archive.1988.0236
- Revilla-León, M., Jiang, P., Sadeghpour, M., Piedra-Cascón, W., Zandinejad, A., Özcan, M., & Krishnamurthy, V. R. (2020). Intraoral digital scans—Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (true-ness and precision) of different intraoral scanners. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(3), 372-378.
- Revilla-León, M., Quesada-Olmo, N., Gómez-Polo, M., Sicilia, E., Farjas-Abadia, M. ve Kois, J. C. (2021). Influence of rescanning mesh holes on the accuracy of an intraoral scanner: An in vivo study. *Journal of Dentistry*, 115. doi:10.1016/j.jdent.2021.103851
- Richi, M. W., Kurtulmus-Yilmaz, S., & Ozan, O. (2020). Comparison of the accuracy of different impression procedures in case of multiple and angulated implants: Accuracy of impressions in multiple and angulated implants. *Head & Face Medicine*, 16, 1-12. doi:10.1186/s13005-020-00225-3
- Roig, E., Álvarez-Maldonado, N., Garza, L.-C., Vallés, M., Espona, J., & Roig, M. (2019). Impact of design and length on the accuracy of closed tray transfer copings. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 11(8), e707.
- Ruse, N. D. ve Sadoun, M. J. (2014). Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *Journal of Dental Research*, 93(12), 1232-1234. doi:10.1177/0022034514553976
- Saini, H. S., Jain, S., Kumar, S., Aggarwal, R., Choudhary, S. ve Reddy, N. K. (2018). Evaluating the effect of different impression techniques and splinting methods on the dimensional accuracy of multiple implant impressions: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(8), 1005-1012. doi:10.5005/JP-JOURNALS-10024-2373

- Selvaraj, S., Mohan, J., Simon, P. ve Dorairaj, J. (2014). Comparison of Accuracy of Direct Implant Impression Technique using Different Splinting Materials. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 4(3), 82-89. doi:10.5005/JP-JOURNALS-10019-1112
- Sirena, M., Zimmers, A., Haberkorn, N., Kaul, E., Steren, L., Lesueur, J., . . . Faini, G. (2010). Influence of ion implantation on the magnetic and transport properties of manganite films. *Physical Review B—Condensed Matter and Materials Physics*, 81(13), 134439.
- Sorrentino, R., Gherlone, E. F., Calesini, G. ve Zarone, F. (2010). Effect of Implant Angulation, Connection Length, and Impression Material on the Dimensional Accuracy of Implant Impressions: An In Vitro Comparative Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 12(s1). doi:10.1111/j.1708-8208.2009.00167.x
- Spector, M. R., Donovan, T. E. ve Nicholls, J. I. (1990). An evaluation of impression techniques for osseointegrated implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 63(4), 444-447. doi:10.1016/0022-3913(90)90235-5
- Spitznagel, F., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. (2018). CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *Journal of dental research*, 97(10), 1082-1091.
- Şahin, S., Çehreli, M. C. ve Yalçın, E. (2002). The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses—a review. *Journal of Dentistry*, 30(7-8), 271-282. doi:10.1016/S0300-5712(02)00065-9
- Tsirogiannis, P., Reissmann, D. R., & Heydecke, G. (2016). Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(3), 328-335. e322
- Vigolo, P., Fonzi, F., Majzoub, Z., & Cordioli, G. (2004). An evaluation of impression techniques for multiple internal connection implant prostheses. *The Journal of prosthetic dentistry*, 92(5), 470-476.
- Walker, M. P. (2003). Dental Materials and Their Selection. *Journal of Prosthodontics*, 12(2), 152-153. doi:10.1016/S1059-941X(03)00047-0
- Wee, A. G. (2000). Comparison of impression materials for direct multi-implant impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(3), 323-331.



BÖLÜM 4

İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Dijital Ölçü Tekniği

Sema Ateşalp İleri¹ & Burcu Kızılırmak²

¹ Arş. Gör., Necmettin Erbakan Üniversitesi Protetik Diş Tedavisi A.B.D., ORCID: 0009-0009-3852-599X

² Uzm. Dt., Necmettin Erbakan Üniversitesi Protetik Diş Tedavisi A.B.D., Orcid: 0000-0001-9536-7208

Giriş

François Duret'in 1973 yılında yayımladığı "Optik Ölçü" başlıklı tez çalışması, geleneksel ölçüm yöntemlerine yenilikçi bir alternatif sunarak bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) teknolojilerinin temelini atmıştır ((Duret, 1974)). Bu öncül yaklaşım, ilerleyen yıllarda Werner Mörmann ve Marco Brandestini tarafından geliştirilerek, 1987'de ticari kullanıma sunulmuştur (Cerec; Dentsply Sirona, Bensheim, Almanya). Cerec sistemi, optik temas gerektirmesizin doğrudan ağız içi tarama yapabilen ilk cihaz olma özelliğini taşımaktadır ((Mörmann, 2006)).

Son dönemlerde geliştirilen çeşitli ağız içi tarayıcılarla birlikte, CAD/CAM teknolojilerinin önemli bir klinik uygulaması olan dijital implant ölçü teknikleri, geleneksel yöntemlere bir alternatif olarak giderek daha yaygın hale gelmiştir. Bu yenilikçi yaklaşım, dijital iş akışını doğrudan kullanarak implant tedavilerinde daha hızlı, daha hassas ve daha etkin sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır (D'haese et al., 2022; Güth et al., 2016; Papaspyridakos et al., 2016).

CAD/CAM teknolojisindeki ilerlemeler, protez üretiminde dijital iş akışlarının kullanımını çarpıcı şekilde artırmış ve bu teknolojilerin yaygınlaşmasına katkı sağlamıştır. Dijital iş akışı temelde üç aşamalı bir süreci kapsamaktadır: ilk olarak dijital verilerin elde edilmesi, ikinci aşamada bu verilerin tasarımının gerçekleştirilmesi ve son olarak bilgisayar destekli üretimin tamamlanması (Strub, Rekow, & Witkowski, 2006). Bu sürecin ilk aşaması olan ölçüm işlemi, tasarımın dokulara uyumunun sağlanması açısından kritik bir öneme sahiptir. Öncelikli olarak diş üstü seramik restorasyonlar için tasarlanan bu sistemler, zamanla implantoloji alanında da yaygın olarak benimsenmiştir. İmplant destekli restorasyonların dijital iş akışında, ağız içi ve laboratuvar tarayıcıları, CAD yazılımları ve tarama gövdeleri etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Mizumoto & Yılmaz, 2018; Bohner et al., 2017).

1. Ağız İçi Dokuların Dijitalleştirilmesi

Ağız içi dokuların dijital ortama aktarılmasında iki temel yöntem uygulanmaktadır:

1. Geleneksel yöntemle elde edilen alçı modellerin laboratuvar tarayıcıları kullanılarak dijitalleştirilmesi,
2. Ağız içi tarayıcılar yardımıyla dokuların ve implantların doğrudan dijital ortama aktarılması.

Birinci yöntemde, geleneksel alçı modeller laboratuvar tarayıcılar aracılığıyla dijital verilere dönüştürülmektedir. Ancak, bu yöntem, geleneksel yöntemlerin

sınırlamalarından etkilenir ve hassasiyet konusundaki başlıca kısıtlamaları devralır.

İkinci yöntem olan doğrudan dijitalleştirme ise ağız içi tarayıcılar kullanılarak implantların ve diğer dokuların temas gerektirmeden dijital ortama aktarılmasını sağlar. Bu yöntem, konvansiyonel ölçü alma tekniklerinden kaynaklanan olası hataları önler ve klinik süreci hızlandırır.

1.1. Direkt Dijital Ölçü Tekniği

Doğrudan temas gerektirmeyen ağız içi tarayıcıların kullanıldığı bu teknik, dijital ölçüm yöntemleri arasında en yenilikçi yaklaşımlardan biridir. Bu yöntemle hastadan geleneksel ölçü alınması ve alçı gibi fiziksel materyallerin kullanımını gereksiz hale gelir; bunun yerine, ağız içi dokuların ve implant konumlarının dijitalleştirilmesi sağlanır.

Bu teknikte, implantların çene kemiği içindeki üç boyutlu konumlarını kaydeden tarama parçaları (scan body), implantlara vidalanır. Tarama parçaları ve çevre dokular, kullanılan tarayıcının önerdiği protokol doğrultusunda taranır ve dijital veriler elde edilir. Her implant firmasına özgü olan tarama parçalarının geometrik yapıları, bu parçaların dijital kütüphanelere entegre edilmesini sağlar (Ireland et al., 2008).

Direkt dijital ölçü yöntemi, ölçü kopinglerinin hareketi sonucu ortaya çıkabilecek transfer hatalarını, ölçü materyalindeki büzülmeyi, alçı modelin sertleşme genişmesini ve laboratuvar tarayıcılarıyla dijital ortama aktarım sırasında meydana gelebilecek hataları ortadan kaldırır (Howell et al., 2013). Bu yöntem, iş akışını kolaylaştırmakla kalmaz; kaşık, ölçü materyali, alçı ve laboratuvar transfer masraflarını da azaltır. Ayrıca, ölçü kaynaklı enfeksiyon riski, alçı model depolama ve artikülasyon gibi dezavantajlı işlemler de elimine edilmiş olur (Giménez, Özcan et al., 2015; Lin et al., 2016; Patzelt et al., 2014).

Konvansiyonel ölçü yöntemlerinde kullanılan materyallerin tadı ve kokusu nedeniyle rahatsızlık yaşayan bazı hastalar, ağız içi tarayıcılarla yapılan dijital ölçüm işlemini daha konforlu bulmaktadır. Bu da tedavi sürecinde hasta memnuniyetini artırmaktadır (Ramsey & Ritter, 2012).

1.1.2. İndirekt Dijital Ölçü Tekniği

İndirekt dijital ölçü yöntemi, konvansiyonel yöntemlerle alınan ölçülerin dijitalleştirilmesi için masaüstü tarayıcıların kullanıldığı bir tekniktir. Bu yöntemde, implant üstü protezlerde elde edilen alçı modellere tarama parçaları eklenir ve bu

modeller laboratuvar tarayıcıları yardımıyla dijital verilere dönüştürülür. Tarayıcının model tutucusuna yerleştirilen alçı model, platform üzerinde hareket ettirilerek istenilen alanların taranması sağlanır.

Ancak, bu yöntemde konvansiyonel ölçülerin sınırlamaları devam etmektedir. Ölçü materyalindeki deformasyon, alçı modelin genleşme hataları ve diğer fiziksel faktörlerden kaynaklanan doğruluk kayıpları, indirekt yöntemde dijital verilerin kalitesini etkileyebilir. Buna rağmen, özellikle belirli durumlarda indirekt dijital ölçü yöntemi, geleneksel süreçlere kıyasla iş akışını kolaylaştırıcı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

2. İmplant Destekli Sabit Protetik Restorasyonlarda Dijital Ölçü Tekniğinin Hassasiyetini Etkileyen Faktörler

2.1. Opak Ajan Kullanımı

Ağız içi dokularda veya implant üstü tarama parçalarında yansıtıcı yüzeyler sıklıkla bulunur. Bu tür yüzeyler, tarayıcı sistemlerin gönderdiği ışığı beklenmedik açılarda yansıtarak taramanın doğruluğunu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, bazı tarayıcı sistemlerinde, yansımayı önlemek için opak bir toz uygulanması gerekebilir. Opak karışımlar genellikle titanyum dioksit içerir ve daha az yaygın olarak zirkonyum oksit, amorf silika veya alüminyum hidroksit gibi maddelerden oluşur (Kravitz et al., 2014).

Bazı tarayıcılar, 20–40 µm kalınlığında opak toz kullanımını önerir. Ancak bu ajanların kullanım miktarı ve yüzeye homojen dağılımı operatörün becerisine bağlıdır. Eğer opak toz yüzeye homojen bir şekilde uygulanmazsa, ölçüm doğruluğu olumsuz etkilenebilir (Da Costa et al., 2010; Zimmermann et al., n.d.). Opak ajanların kullanımı zaman alıcı olabilir ve bazı hastalar için rahatsızlık yaratabilir (Joda & Brägger, 2016). Günümüz teknolojisinde, opak toz gerektirmeyen tarayıcıların sayısı giderek artmıştır.

2.2. Tarama Protokolü

Tarama Protokolü, tarayıcının doğruluk sağlayacak şekilde belirli bir açı ve stratejiyle hareket ederek tarama işlemini gerçekleştirme yöntemidir (Mizumoto & Yılmaz, 2018). İntraoral tarayıcılar (IOS), görüntüleme teknolojilerine bağlı olarak farklı tarama protokolleri gerektirmektedir. Bu protokoller, kullanılan cihazların özelliklerine göre şekillenmekte ve üretici firmalar tarafından önerilmektedir (Ender et al., n.d.). IOS cihazlarının çoğu, kullanıcıların doğru bir şekilde yönlendirilmesini sağlamak amacıyla iş akışı sırasında önerilen stratejiler sunar

(Anh et al., 2016; Mangano et al., 2016). Bununla birlikte, bu protokoller genellikle dişli arklar için geliştirilmiştir ve tam ark implant taramalarıyla ilgili çalışmalar sınırlıdır.

Farklı tarama stratejilerini değerlendiren çalışmalarda, protokol seçimlerinin ölçü doğruluğunu ve tarama süresini doğrudan etkilediği bildirilmiştir (Ender & Mehl, 2013; Gómez-Polo et al., 2023; Müller et al., 2016). İmplant üstü tam ark taramalarında kullanılan farklı protokollerin, ölçüm hassasiyetini etkilediği bulgularını ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Kanjanasavitree et al., 2022). Bu nedenle, genellikle cihaz üreticisi tarafından önerilen protokollerin takip edilmesi tavsiye edilir (Revilla-León et al., 2023).

Klinisyenlerin tarama işlemi sırasında kullandıkları intraoral tarayıcıların yazılım ve donanım özelliklerini ne derece bildiği, dijital ölçüm sonuçlarının doğruluğunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Operatörün, tarayıcılarla ilgili bilgi düzeyi ve deneyimi, elde edilen ölçümün doğruluğunu doğrudan etkileyebilir. Literatürde, operatör deneyiminin, özellikle uzun ark taramaları (tam ya da kısmi) sırasında hem ölçüm doğruluğunu hem de işlem süresini etkilediği vurgulanmıştır (César et al., n.d.). Deneyimli ve deneyimsiz klinisyenler arasında yapılan karşılaştırmalarda, deneyimli operatörlerin ölçüm doğruluğunu olumlu yönde etkilediği görülmüştür (Revell et al., n.d.). Ancak, deneyimsiz operatörlerin tekrarlayan taramalarla birlikte daha iyi sonuçlar elde ettikleri ve doğrulukta belirgin bir artış sağlandığı da bildirilmiştir (Giménez, Özcan, et al., 2015).

Öte yandan, bazı çalışmalar operatör deneyiminin tarama doğruluğu üzerindeki etkisinin minimal olduğunu belirtmiştir. Örneğin, 3 implantlı kısmi dental ark taramaları için yapılan bir çalışmada, TRIOS 3 (3Shape A/S) ve CEREC Omnicam (Dentsply Sirona) tarayıcıları kullanılarak operatör deneyiminin hassasiyeti artırdığı ancak genel doğruluğu değiştirmediği rapor edilmiştir (Resende et al., 2021). Bu durum, tarayıcı teknolojilerinin kullanıcı dostu arayüzlerle desteklenmesinin operatör bağımlılığını azalttığını düşündürmektedir.

2.3. Tarama Aralığı ve İmplantlar Arası Mesafe

Ağız içi tarayıcıların çalışma prensibi, küçük görüntü segmentlerinin birleştirilmesiyle bütünsel bir veri seti oluşturmaya dayanır (Richert et al., 2017). Ancak, taranacak arkın uzunluğu arttıkça, referans noktalarının sayısının yetersiz kalabileceği ve bu durumun tarama sırasında birleşme hatalarına yol açabileceği belirtilmiştir (Giménez, Pradies, et al., 2015; Gómez-Polo, Álvarez, et al., 2022). Dişsiz arkların dijitalleştirilmesinde karşılaşılan başlıca zorluklardan biri, uzun dişsiz boşlukların tarama doğruluğunu olumsuz etkilemesidir (Tohme et al., 2023).

Artan tarama mesafesi ve anatomik referans noktalarının eksikliği, ölçüm doğruluğunda belirgin bir azalmaya neden olabilir (Andriessen et al., 2014.; Flügge et al., 2016; Mizumoto et al., 2020). Anatomik işaretlerin bulunmadığı durumlarda, tarayıcılar görüntü segmentlerini birleştirme işlemi sırasında hata yapabilir veya bazı bölgelerde tarama eksiklikleri oluşabilir (J.-E. Kim et al., 2017). Bu durum, özellikle dişsiz arkların ve geniş boşlukların dijitalleştirilmesi sırasında önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Bazı araştırmalar, implant destekli protezlerin dijital tarama işlemlerinde yapay referans noktalarının kullanımının doğruluğu artırabileceğini göstermiştir (Arikan et al., 2023; Kanjanasavitree et al., 2022). Bu tür yer işaretlerinin, tarayıcıların veri birleştirme süreçlerini iyileştirdiği ve ölçüm doğruluğunu artırdığı bildirilmektedir. Dolayısıyla, dijital ölçümler sırasında implantlar arası mesafenin dikkatle değerlendirilmesi ve gerekirse yapay referans noktalarının kullanılması önerilmektedir.

2.4. Tarama Parçası (Scan Body)

İmplant destekli restorasyonların dijital ölçümünde kullanılan tarama parçaları, implantın çene içindeki pozisyonunu ve açısını kaydetmeye yardımcı olan kritik unsurlardır (Kiraz & Çevik, 2022). Her implant firmasının kendi ürünleriyle uyumlu olacak şekilde farklı geometrik tasarımlara sahip tarama parçaları bulunmaktadır. Bu parçalar, sahip oldukları belirgin yüzey yapıları ve şekilleri sayesinde sanal modellerle kolayca entegre olur ve implantın üç boyutlu konumunun yüksek doğrulukla belirlenmesine olanak tanır.

Dijital ölçü alındıktan sonra, kullanılan dental yazılım aracılığıyla tarama parçası verileri ilgili firmanın dijital kütüphanesiyle eşleştirilerek sanal modele aktarılır. Ancak bu sürecin başarılı olması için alınan ölçümün yüksek hassasiyette olması şarttır. Tarama parçaları genellikle üst, gövde ve taban olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Taramanın doğruluğunda en etkili olan bölüm, üst kısımda bulunan ve tarama alanlarını barındıran bölgedir (Mizumoto & Yılmaz, 2018).

Bu parçalar PEEK, titanyum alaşımı, alüminyum alaşımı, polimerler veya bu malzemelerin kombinasyonlarından üretilmektedir. Kullanılan malzemenin yüzey yapısı, tarayıcının ışığı yakalama yeteneğini doğrudan etkiler. Örneğin, mat yüzeye sahip PEEK tarama parçaları, ışık yansımalarını minimize ettiği için günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedir (E. Diker et al., 2023). Ancak parlak yüzeylere sahip tarama parçalarında opak toz kullanımının önerildiği bildirilmiştir (Arcuri et al., 2020a).

Tekrarlanan kullanım ve sterilizasyon işlemleri, tarama parçalarının yüzey özelliklerini ve implant bağlantı uyumunu etkileyebilir. Bu durum, özellikle açılı implantlar söz konusu olduğunda tarama doğruluğunu olumsuz yönde etkileyebilir (Ochoa-López et al., 2022). Ayrıca, kullanılan parçanın geometrik şeklinin ölçü doğruluğuna etkisi olduğu rapor edilmiştir; basit silindirik şekiller, karmaşık çokgen tasarımlara kıyasla daha az sapma göstermektedir (Michelinakis et al., n.d.; Motel et al., 2020).

2.5. İmplant Sayısı ve Pozisyonu

Kısa üyeli implant destekli sabit restorasyonlarda dijital ölçüm teknikleri, geleneksel yöntemlere kıyasla benzer doğruluk seviyelerine ulaşabilmektedir (Verlags-GmbH, n.d.; Yılmaz et al., 2021). Ancak tam ark implant rehabilitasyonlarında dijital yöntemlerin, konvansiyonel tekniklere kıyasla daha düşük doğruluk sağlayabileceğini rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Andriessen et al., 2014; Imburgia et al., 2017; Patzelt et al., 2013). Bu nedenle bazı araştırmacılar, tam ark ölçümleri için dijital yerine konvansiyonel yöntemleri önermektedir (Ahlmholm et al., 2018c; Drancourt et al., 2023).

İmplant sayısı arttıkça tarama doğruluğunda azalma olduğu çeşitli çalışmalarda gözlemlenmiştir (Mangano et al., 2019). Özellikle farklı açılarla yerleştirilen implantların dijital ölçü doğruluğunu etkilediği bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda açılı implantların doğruluğu azalttığı belirtilirken (Gómez-Polo, Ortega, et al., 2022, 2022), diğer çalışmalar bu etkinin anlamlı olmadığını ortaya koymuştur (Ke et al., 2023; Papaspyridakos et al., 2020). Ayrıca, implantların subgingival yerleşimi durumunda tarama doğruluğunun azaldığı ve abutment seviyesinden ölçüm yapılmasının daha doğru sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Sequeira et al., 2023; Nam et al., 2021).

2.6. Kullanılan Ağız İçi Tarayıcı ve Yazılımı

Farklı ağız içi tarayıcılar, çalışma prensipleri ve yazılım algoritmaları açısından farklılıklar göstermektedir. Tarayıcılar, triangülasyon, yapısal ışık teknolojisi, konfokal mikroskopî, interferometri, dalga örnekleme, lazer ve video gibi çeşitli tekniklerle çalışabilmektedir. Bu çeşitlilik, elde edilen görüntünün netliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir (Sanda et al., 2021). Bu nedenle, literatürde farklı tarayıcıların test edildiği çalışmalarda değişken doğruluk ve hassasiyet sonuçlarına rastlanmıştır (Giménez et al., 2014; Mangano et al., 2019, 2020; Revilla-León, Kois, et al., 2023).

Piyasada bulunan tarayıcılar farklı tarama başlık boyutlarına sahiptir. Daha geniş başlıklara sahip tarayıcılar, sınırlı ağız açıklığına sahip hastalarda veya posterior bölgelerin taranmasında dezavantaj oluşturabilmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda, geniş başlıklı tarayıcıların daha doğru sonuçlar elde ettiği bildirilmiştir (An et al., n.d.; Hayama et al., 2018; Revilla-León, Kois, et al., 2023). Küçük tarama başlıkları, daha küçük alanların taranmasını sağlamakla birlikte, tarama sayısının artmasına ve daha fazla dikiş işleminin gerçekleştirilmesine neden olmaktadır. Bu durum, distorsiyona yol açabilmektedir (Hayama et al., 2018).

Tarayıcı seçiminde, cihazın teknolojisi kadar yazılımın algoritmik özellikleri ve kullanıcının deneyimi de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca, tarayıcı başlık boyutlarının kullanım kolaylığı ve doğruluğa etkisi klinik ihtiyaçlara göre değerlendirilmelidir. Günümüzde geliştirilen yazılımlar, daha yoğun nokta bulutları oluşturarak model doğruluğunu artırmayı amaçlamakta ve eksik bölgelerdeki tamamlama işlemlerini minimize edecek şekilde tasarlanmaktadır.

2.7. Optik Gürültü

Optik gürültü, intraoral tarayıcılar gibi optik görüntüleme cihazlarında görüntü kalitesini etkileyen istenmeyen sinyaller veya parazitler olarak tanımlanır. Bu parazitler; ışığın yüzeylerden yansımaları, parlaklık özellikleri, materyalin yapısı (örneğin metalik yüzeyler veya tükürük), tarayıcı hareketleri ve çevresel ışık koşullarından kaynaklanabilir. Optik gürültü, tarama doğruluğunu ve görüntü netliğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, tarama sırasında gürültünün minimize edilmesi veya yazılım algoritmalarıyla düzeltilmesi kritik önem taşır.

Tarayıcılar, gürültüyü azaltmak amacıyla farklı teknolojik yöntemler geliştirmiştir. Örneğin, bazı cihazlar ışık yansımalarını optimize eden tarama teknolojileri kullanırken, diğerleri gürültüyü yazılım tabanlı yöntemlerle en aza indirmektedir (Logozzo et al., 2014). Klinik uygulamalarda, yüzeyin mat bir yapıya sahip olması ve aşırı parlaklık içermemesi, optik gürültünün azaltılmasında etkili olabilir.

2.8. Diğer Faktörler

Tarama sırasında dijitalleştirilen alanın kesilip yeniden taranması, ağız içi taramaların doğruluğunu etkileyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır. Literatürde, yeniden taranan alanların (mesh deliklerinin) doğruluk kayıplarına yol açtığı ve bu durumun tarama sonuçlarını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Gómez-Polo et al., 2021; Passos et al., 2022; Revilla-León et al., n.d.). Özellikle yeniden taranan alanların sayısının ve boyutunun artması, ölçüm doğruluğunu daha fazla

azaltmaktadır (Revilla-León, Quesada-Olmo, et al., 2021). Bu nedenle, operatörlerin eksiksiz bir tarama gerçekleştirmesi ve ek düzeltme gereksinimini minimumda tutması önerilmektedir.

Nem koşulları da tarama sürecini ve doğruluğunu etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan bir çalışmada, yüksek bağıl nemin tarama doğruluğunu azalttığı, tarama süresini uzattığı ve daha fazla fotogram gereksinimi doğurduğu belirtilmiştir (Agustín-Panadero et al., n.d.). Dijitalleştirilen yüzeyin kuru olması, tarama doğruluğunu artırırken, nemli yüzeylerin işlemi zorlaştırdığı ve sonuçları olumsuz etkilediği literatürde vurgulanmıştır (Gómez-Polo, Ortega, et al., 2022).

Bu bilgiler ışığında, tarama sırasında yüzey koşullarının uygun hale getirilmesi, operatörün tarama stratejisini doğru şekilde planlaması ve seçilen intraoral tarayıcının özelliklerine uygun şekilde çalışması, ölçüm doğruluğunu en üst seviyeye çıkarmak için kritik öneme sahiptir.

Kaynakça

- Duret F. The optical impression. francoisduret.com [Internet]. 1974 [cited 2024 Aug 11]; Available from: <http://www.francoisduret.com/wp-content/uploads/2021/11/document-9.pdf>
- Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. Vol. 137, Journal of the American Dental Association. 2006.
- Güth JF, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions in vitro. Clin Oral Investig. 2016 Sep 1;20(7):1487–94.
- D’haese R, Vrombaut T, Roeykens H, Vandeweghe S. In Vitro Accuracy of Digital and Conventional Impressions for Full-Arch Implant-Supported Prostheses. J Clin Med. 2022 Feb 1;11(3).
- Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, Vandenberghe B. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: Accuracy outcomes. Clin Oral Implants Res. 2016 Apr 1;27(4):465–72.
- Joerg R. Strub, Dianne Rekow, Siegbert Witkowski. Computer-aided design and fabrication of dental restorations. The Journal of the American Dental Association. 2006;
- Bohner, L. O. L., Canto, G. D. L., Marció, B. S., Laganá, D. C., Sesma, N., & Neto, P. T. (2017). Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. *The Journal of prosthetic dentistry*, 118(5), 617-623.
- Mizumoto RM, Yilmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. Vol. 120, Journal of Prosthetic Dentistry. Mosby Inc.; 2018. p. 343–52.
- Ireland AJ, McNamara C, Clover MJ, House K, Wenger N, Barbour ME, et al. 3D surface imaging in dentistry - What we are looking at. Vol. 205, British Dental Journal. 2008. p. 387–92.
- Howell KJ, McGlumphy EA, Drago C, Knapik G. Comparison of the Accuracy of Biomet 3i Encode Robocast Technology and Conventional Implant Impression Techniques. Int J Oral Maxillofac Implants. 2013;28(1):228–40.
- Lin WS, Harris BT, Zandinejad A, Morton D. Use of digital data acquisition and CAD/CAM technology for the fabrication of a fixed complete dental prosthesis on dental implants. 2016.
- Patzelt SBM, Emmanouilidi A, Stampf S, Strub JR, Att W. Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners. Clin Oral Investig. 2014;18(6):1687–94.
- Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradies G. 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. 2015 Jan 1;17(S1):e54–64.

- Ramsey CD, Ritter RG. Utilization of digital technologies for fabrication of definitive implant-supported restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2012 Oct;24(5):299–308.
- Kravitz, N. D., Grover, H., Grauer, D., Sharma, A. B., & Engle, J. (2014). Intraoral digital scanners. *Journal of Clinical Orthodontics*, 48(6), 337–347.
- Da Costa JB, Pelogia F, Hagedorn B, Ferracane JL. Evaluation of different methods of optical impression making on the marginal gap of onlays created with CEREC 3D. *Oper Dent*. 2010 May;35(3):324–9.
- Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W. H., & Reich, S. (2015). Intraoral scanning systems-a current overview. *International journal of computerized dentistry*, 18(2), 101-129.
- Joda T, Brägger U. Patient-centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clin Oral Implants Res*. 2016 Dec 1;27(12):e185–9.
- Ender, A., Zimmermann, M., & Mehl, A. (2019). Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International journal of computerized dentistry*, 22(1), 11-19..
- Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: Effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod*. 2016 Jan 1;46(1):3–12.
- Mangano FG, Veronesi G, Hauschild U, Mijiritsk E, Mangano C. Trueness and precision of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *PLoS One*. 2016 Sep 1;11(9).
- Müller, P., Ender, A., Joda, T., & Katsoulis, J. (2016). Impact of digital intraoral scan strategies on the impression accuracy using the TRIOS Pod scanner. *Quintessence international*, 47(4).
- Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental impressions: A new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent*. 2013 Feb 1;109(2):121–8.
- Gómez-Polo M, Cascos R, Ortega R, Barmak AB, Kois JC, Revilla-León M. Influence of arch location and scanning pattern on the scanning accuracy, scanning time, and number of photographs of complete-arch intraoral digital implant scans. *Clin Oral Implants Res*. 2023 Jun 1;34(6):591–601.
- Kanjanasavitree P, Thammajaruk P, Guazzato M. Comparison of different artificial landmarks and scanning patterns on the complete-arch implant intraoral digital scans. *J Dent*. 2022 Oct 1;125.
- Revilla-León M, Kois DE, Kois JC. A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans. Part 1: Operator factors. Vol. 35, *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. John Wiley and Sons Inc; 2023. p. 230–40.

- Giménez B, Pradies G, Martínez-Rus F, Özcan M. Accuracy of Two Digital Implant Impression Systems Based on Confocal Microscopy with Variations in Customized Software and Clinical Parameters. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2015 Jan;30(1):56–64.
- Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res*. 2017 Jun 1;28(6):648–53.
- Ender A, Mehl A. Influence of Scanning Strategies on the Accuracy of Digital Intraoral Scanning Systems Einfluss von Scanstrategien auf die Genauigkeit von digitalen intraoralen Scansystemen Zusammenfassung. Vol. 16, *International Journal of Computerized Dentistry*. 2013.
- Kim, J. E., Amelya, A., Shin, Y., & Shim, J. S. (2017). Accuracy of intraoral digital impressions using an artificial landmark. *The Journal of prosthetic dentistry*, 117(6), 755-761.
- Bi C, Wang X, Tian F, Qu Z, Zhao J. Comparison of accuracy between digital and conventional implant impressions: two and three dimensional evaluations. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2022;14(4):236–49.
- Gómez-Polo, M., Álvarez, F., Ortega, R., Gómez-Polo, C., Barmak, A. B., Kois, J. C., & Revilla-León, M. (2022). Influence of the implant scan body bevel location, implant angulation and position on intraoral scanning accuracy: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 121, 104122.
- Flügge T, Att W, Metzger M, Nelson K. Precision of Dental Implant Digitization Using Intraoral Scanners. *Int J Prosthodont* [Internet]. 2016 May 1 [cited 2024 Jun 29];29(3):277–83.
- Kim KR, Seo KY, Kim S. Conventional open-tray impression versus intraoral digital scan for implant-level complete-arch impression. 2017.
- Çakmak G, Yilmaz H, Treviño A, Kökat AM, Yilmaz B. The effect of scanner type and scan body position on the accuracy of complete-arch digital implant scans. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2020 Aug 1;22(4):533–41.
- Mizumoto RM, Alp G, Özcan M, Yilmaz B. The effect of scanning the palate and scan body position on the accuracy of complete-arch implant scans. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2019 Oct 1;21(5):987–94.
- Waldecker, M., Rues, S., Behnisch, R., Rammelsberg, P., & Bömicke, W. (2024). Effect of scan-path length on the scanning accuracy of completely dentate and partially edentulous maxillae. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(1), 146-154.
- Diker B, Tak Ö. Accuracy of six intraoral scanners for scanning complete-arch and 4-unit fixed partial dentures: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2022;
- Waldecker M, Rues S, Awounvo Awounvo JS, Rammelsberg P, Bömicke W. In vitro accuracy of digital and conventional impressions in the partially edentulous maxilla. *Clin Oral Investig*. 2022 Nov 1;26(11):6491–502.

- Revilla-León M, Subramanian SG, Özcan M, Krishnamurthy VR. Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness and Precision) of an Intraoral Scanner. *Journal of Prosthodontics*. 2020 Feb 1;29(2):107–13.
- Chen Y, Zhai Z, Watanabe S, Nakano T, Ishigaki S. Understanding the effect of scan spans on the accuracy of intraoral and desktop scanners. *J Dent*. 2022 Sep 1;124.
- Revell, G., Simon, B., Mennito, A., Evans, Z. P., Renne, W., Ludlow, M., & Vág, J. (2022). Evaluation of complete-arch implant scanning with 5 different intraoral scanners in terms of trueness and operator experience. *The Journal of prosthetic dentistry*, 128(4), 632-638.
- Arcuri L, Pozzi A, Lio F, Rompen E, Zechner W, Nardi A. Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *J Prosthodont Res*. 2020 Apr 1;64(2):128–36.
- Resende CCD, Barbosa TAQ, Moura GF, Tavares L do N, Rizzante FAP, George FM, et al. Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *J Prosthet Dent*. 2021 Feb 1;125(2):294–9.
- Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. Vol. 2017, *Journal of Healthcare Engineering*. Hindawi Limited; 2017.
- Tohme H, Lawand G, Chmielewska M, Makhzoume J. Comparison between stereophotogrammetric, digital, and conventional impression techniques in implant-supported fixed complete arch prostheses: An in vitro study. *J Prosthet Dent [Internet]*. 2023
- Andriessen, F. S., Rijkens, D. R., Van Der Meer, W. J., & Wismeijer, D. W. (2014). Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: a pilot study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 111(3), 186-194.
- Mizumoto RM, Yilmaz B, McGlumphy EA, Seidt J, Johnston WM. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent*. 2020 Jan 1;123(1):96–104.
- Thanasrisuebwong P, Kulchotirat T, Anunmana C. Effects of inter-implant distance on the accuracy of intraoral scanner: An in vitro study. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2021;13(2):107–16.
- Kanjanasavitree P, Thammajaruk P, Guazzato M. Comparison of different artificial landmarks and scanning patterns on the complete-arch implant intraoral digital scans. *J Dent*. 2022 Oct 1;125.
- Arikan H, Muhtarogullari M, Uzel SM, Guncu MB, Aktas G, Marshall LS, et al. Accuracy of digital impressions for implant-supported complete-arch prosthesis

- when using an auxiliary geometry device. *J Dent Sci.* 2023 Apr 1;18(2):808–13.
- Kiraz, M. S., & Çevik, P. (2022). İmplant Üstü Protezlerde Konvansiyonel ve Dijital Ölçü Teknikleri. *Selcuk Dental Journal*, 9(1), 268-277.
- Azevedo, L., Marques, T., Karasan, D., Fehmer, V., Sailer, I., Correia, A., & Gómez Polo, M. (2024). Influence of Implant ScanBody Material and Intraoral Scanners on the Accuracy of Complete-Arch Digital Implant Impressions. *International Journal of Prosthodontics*, 37(5).
- Arcuri L, Pozzi A, Lio F, Rompen E, Zechner W, Nardi A. Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *J Prosthodont Res.* 2020 Apr 1;64(2):128–36.
- Moreira, A. H., Rodrigues, N. F., Pinho, A. C., Fonseca, J. C., & Vilaça, J. L. (2015). Accuracy comparison of implant impression techniques: a systematic review. *Clinical implant dentistry and related research*, 17, e751-e764.
- Diker E, Terzioğlu H, Gouveia DNM, Donmez MB, Seidt J, Yılmaz B. Effect of material type, torque value, and sterilization on linear displacements of a scan body: An in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2023 Apr 1;25(2):419–25.
- Michelinakis G, Apostolakis D, ... DNTJ of P, 2024 undefined. Influence of different scan body design features and intraoral scanners on the congruence between scan body meshes and library files: An in vitro study. ElsevierG Michelinakis, D Apostolakis, D Nikolidakis, G LapsanisThe Journal of Prosthetic Dentistry, 2024
- Motel C, Kirchner E, Adler W, Wichmann M, Matta RE. Impact of Different Scan Bodies and Scan Strategies on the Accuracy of Digital Implant Impressions Assessed with an Intraoral Scanner: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics.* 2020 Apr 1;29(4):309–14.
- Ochoa-López G, Cascos R, Antonaya-Martín JL, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Influence of ambient light conditions on the accuracy and scanning time of seven intraoral scanners in complete-arch implant scans. *J Dent.* 2022 Jun 1;121.
- Yılmaz B, Gouveia D, Marques VR, Diker E, Schimmel M, Abou-Ayash S. The accuracy of single implant scans with a healing abutment-scanpeg system compared with the scans of a scanbody and conventional impressions: An in vitro study. *J Dent.* 2021 Jul 1;110.
- Patzelt SBM, Vonau S, Stampf S, Att W. Assessing the feasibility and accuracy of digitizing edentulous jaws. *J Am Dent Assoc [Internet].* 2013 Aug 1 [cited 2024 Jun 29];144(8):914–20. Available from: <https://europepmc.org/article/med/23904578>

- Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2017 Jun 2;17(1).
- Drancourt, N., Auduc, C., Mouget, A., Mouminoux, J., Auroy, P., Veyrune, J. L., ... & Nicolas, E. (2023). Accuracy of conventional and digital impressions for full-arch implant-supported prostheses: an in vitro study. *Journal of Personalized Medicine*, 13(5), 832.
- Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. Vol. 27, *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc.; 2018. p. 35–41.
- Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2019 Jun 6;19(1).
- Papaspyridakos P, Vazouras K, Chen Y wei, Kotina E, Natto Z, Kang K, et al. Digital vs Conventional Implant Impressions: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 29, *Journal of Prosthodontics*. Blackwell Publishing Inc.; 2020. p. 660–78.
- Gómez-Polo M, Ortega R, Sallorenzo A, Agustín-Panadero R, Barmak AB, Kois JC, et al. Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *J Dent*. 2022 Dec 1;127.
- Pereira, A. L. C., Medeiros, V. R., & Carreiro, A. D. F. P. (2021). Influence of implant position on the accuracy of intraoral scanning in fully edentulous arches: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 126(6), 749-755.
- Ke Y, Zhang Y, Wang Y, Chen H, Sun Y. Comparing the accuracy of full-arch implant impressions using the conventional technique and digital scans with and without prefabricated landmarks in the mandible: An in vitro study. *J Dent*. 2023 Aug 1;135.
- 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-e1.
- Sequeira V, Harper MT, Lilly CL, Bryington MS. Accuracy of Digital Impressions at Varying Implant Depths: An In Vitro Study. *Journal of Prosthodontics*. 2023 Jan 1;32(1):54–61.
- Nam NE, Shin SH, Lim JH, Lee BR, Shim JS, Kim JE. Accuracy of implant position reproduction according to exposed length of the scan body during optical scanning: An in vitro study. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021 Feb 2;11(4):1–16.
- Sanda M, Miyoshi K, Baba K. Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: a literature review. *Int J Implant Dent*. 2021 Dec;7(1).

- Mangano FG, Admakin O, Bonacina M, Lerner H, Rutkunas V, Mangano C. Trueness of 12 intraoral scanners in the full-arch implant impression: A comparative in vitro study. *BMC Oral Health*. 2020 Sep 22;20(1).
- González de Villaumbrosia P, Martínez-Rus F, García-Orejas A, Salido MP, Pradies G. In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *J Prosthet Dent*. 2016 Oct 1;116(4):543-550.e1.
- An, H., Langas, E. E., & Gill, A. S. (2024). Effect of scanning speed, scanning pattern, and tip size on the accuracy of intraoral digital scans. *The Journal of prosthetic dentistry*, 131(6), 1160-1167.
- Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res*. 2018 Jul 1;62(3):347–52.
- Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng*. 2014 Mar;54:203–21.
89. Gómez-Polo M, Piedra-Cascón W, Methani MM, Quesada-Olmo N, Farjas-Abadia M, Revilla-León M. Influence of rescanning mesh holes and stitching procedures on the complete-arch scanning accuracy of an intraoral scanner: An in vitro study. *J Dent*. 2021 Jul 1;110.
- Revilla-León M, Quesada-Olmo N, Gómez-Polo M, Sicilia E, Farjas-Abadia M, Kois JC. Influence of rescanning mesh holes on the accuracy of an intraoral scanner: An in vivo study. *J Dent*. 2021 Dec 1;115.
- Passos L, Meiga S, Brigagão V, Neumann M, Street A. Digital impressions' accuracy through “cut-out–rescan” and “data exchange by over scanning” techniques in complete arches of two intraoral scanners and CAD/CAM software. *J Prosthodont Res*. 2022;66(3):509–13.
- Revilla-León, M., Sicilia, E., Agustín-Panadero, R., Gómez-Polo, M., & Kois, J. C. (2023). Clinical evaluation of the effects of cutting off, overlapping, and rescanning procedures on intraoral scanning accuracy. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(5), 746-754.
- Agustín-Panadero, R., Estada, M. I. C., Pérez-Barquero, J. A., Zubizarreta-Macho, Á., Revilla-León, M., & Gómez-Polo, M. (2023). Effect of relative humidity on the accuracy, scanning time, and number of photographs of dentate complete arch intraoral digital scans. *The Journal of Prosthetic Dentistry*.



BÖLÜM 5

Internet of Dental Things and Digital Technologies in Dentistry and Prosthodontics

Secil Ozkan Ata¹

¹ Assoc.Prof., Eskisehir Osmangazi University, Dept. of Protsthodontics
ORCID: 0000-0003-1756-4390

Introduction

The 20th century has witnessed remarkable advancements in dental science and technology. Communications technology, computers, digital diagnostic imaging services, devices, and instruments for research and follow-up have all made significant progress (Clark, 2000). Dental practice, research, and education can benefit from these technological advancements. E-learning, internet-based applications, online libraries, search engines, and computer-aided student-teacher interaction have become an essential component of academic life in dentistry (Mihailovic, 2011). New information technology has improved the quality of dental patient management, enabling management at a distance of thousands of kilometers from healthcare centers or qualified dentists (Jampani, 2011).

The “IoT Cloud” is the result of the integration of the Internet of Things (IoT) with the Internet of Medical Things (IoMT) and the Internet of Dental Things (IoDT) by dentists who require advanced technologies to deliver precise diagnosis and efficacious therapies (Atrozi, 2010; Salagare, 2020). There are numerous applications of IoT in dentistry that have transformed the diagnosis and treatment process (Kaushal, 2019). The early detection and management of dental caries, oral cancers, periodontal diseases, and other oral conditions are greatly impacted by IoDT. IoDT is also essential for the collection and surveillance of data within the oral health system. It provides dentists with innovative risk assessment techniques (Salagare, 2020). It has the potential to be widely adopted in various dental disciplines as a result of its straightforward implementation. IoDT enables the collection, transmission, and analysis of patient data in a brief amount of time. It has a promising future and will expand the field of dentistry (Salagare, 2020).

Various Digital Technologies and IoT Involvement in Dentistry

The accelerated advancement of digital dental solutions has been implemented in both clinical dentistry and dental education. It has supplanted conventional methods due to their superior accuracy and dependability. The subsequent technologies are frequently implemented in daily operations.

1. Optical Coherence Tomography (OCT)

OCT is a broad spectrum light source with a low coherence length that is based on an interferometer. This apparatus employs high-penetration near infrared radiation with a wavelength of 780-1550 nm. OCT's spatial resolution enables it

to be employed for the early diagnosis of dental diseases, caries, or malignancies (Garg, 2014).

2. Cone-Beam Computed Tomography (CBCT)

CBCT is used extensively in dentistry. This imaging modality is capable of producing superior diagnostic quality images with a sub-millimeter resolution (2 line pairs/mm) in a reduced scanning time (~60 s). The irradiation dosage from CBCT is 10 times lower than that from traditional CT imaging during maxillofacial exposure (68 μ Sv opposed to 600 μ Sv of conventional CT). Additionally, CBCT has a large dimensional content (only about 2% magnification) (Kumar, 2015). The most critical application of CBCT in oral and maxillofacial surgery is the study of the full extent of mandible pathologies, including impacted teeth, and inflammatory bone lesions in three rows (Macleod, 2008). Additionally, the relationship between these pathologies and vital structures is examined (Tetradis, 2010). It is the preferred choice in implant dentistry because it is measured with a lower radiation (Dreiseidler, 2009). In the field of orthodontics, CBCT is a dependable system that assesses cephalometric analysis, facial development, and dental eruption. It is beneficial for the assessment of bone density and the implantation of small screw implants before, during, and after treatment (Howerton, 2008).

3. Intraoral Sensors

Dentists employ intraoral cameras (IOCs) to demonstrate the interior of the mouth to patients, as opposed to employing a mirror (Larsson, 2019). It was initially designed as a large-sized mobile device in the late 1980s, and the pocket-size prime has marginally decreased in size over time (Darby, 2015). The capacity to magnify teeth by 40 to 60 times their original size, thereby enabling the dentist to detect caries and lesions within the oral cavity (Larsson, 2019).

4. Digital Radiography

Digital RVG (RadioVisioGraphy), a specialized image analysis software, is furnished with a variety of features, including magnification, zoom, rapid imaging with a CCD sensor, shading and contrast functions, densitometry and 3D analysis, linear and angle measurement, as well as archiving and recording exchange and internet consulting. It provides dentists with a comfortable application due to its advantages over conventional radiography (Neena, 2011). This system employs optical fiber to reduce a large radiographic image to a smaller dimension that can be detected by a CCD-based image sensor processor. The endodontic treatment time is substantially reduced by radiovisiography, as it

eliminates the film processing time. By enlarging areas such as the apical region, the zoom function enables the diagnosis, providing an instant imaging system that does not necessitate a dark chamber and substantially reduces radiation (Neena, 2011).

5. Three-dimensional (3D) Printing

The 3D printing process commences with the creation of a 3D model using computer-aided design (CAD) software. The model is subsequently converted into cross-sectional segments and transmitted to the 3D printer, which deposits successive layers of the selected material to generate an object (Nesic, 2020). The utilization of 3D-printed objects has been successful in prosthodontics, orthodontics, orthognathics, endodontics, and craniofacial and surgical procedures (Albuha, 2016). The advantages include increased accuracy, reduced operating times, simplification, minimal invasiveness, and enhancements in patient comfort and aesthetics (Nesic, 2020).

6. Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM)

The rapid advancement of computer science and the evolution of dental products have resulted in the rapid expansion of tooth CAD/CAM technology (Albuha, 2016). These systems consist of a scanner, software that processes the scanned data, and a manufacturing system that converts the data into a functional prosthesis or repair. This digital workflow maintains a record of both tooth structures, enabling the dentist to evaluate the tooth preparation and implement a repair that is consistent with the intended treatment. A cloud server enables you to promptly share a digital file with the professional and make any necessary modifications before proceeding to the subsequent step (Sulaiman, 2020). The process is typically brief and does not necessitate impression materials, allowing for the delivery of the final product on the same day and during the same meeting.

7. Augmented and Virtual Reality

A distinction is typically made between "augmented reality" (AR) and "virtual reality" (VR), and the term "virtual reality" is used to refer to a broad spectrum of approaches. In a virtual reality environment, computer and software-aided simulation is exceedingly realistic. Nevertheless, AR is a natural extension of perceptible reality. Additional information, such as virtual objects or documents, should be present in the user's field of vision (Reymus, 2020).

In order to insert users into a virtual world where they can interact with their new circumstances, the VR technology necessitates a large headgear that conceals the eyes (Nesic, 2020). In contrast to VR, AR offers a significant degree

of flexibility to the user, as it does not require the user to wear any cumbersome, bulky apparatus or conceal their eyes (Nesic, 2020). AR can also be employed to enhance the patient experience for specific procedures, similar to VR (Rishabh, 2017).

In certain systems, the training capacity of the system is enhanced by the integration of both AR and VR technologies. The developers of these systems are of the opinion that this integration enhances the efficacy of consumers (Albuha, 2016). Both technologies are advantageous for educational purposes, as they reduce the expenses associated with the educational process, thereby enabling the enrollment of additional dental students. For example, the Virtual Reality Dental Training System (VRDTS) enables the practitioner to work on a caries tooth, probe for diagnosis, remove the caries area, fill a cavity with amalgam, and restore the amalgam to match the original tooth contour (Konukseven, 2010). In the future decades, healthcare will be significantly influenced by VR and AR, which are emerging technologies (McCloy, 2001).

8. Electronic Apex Locator

The digitalization of canal treatment and the elimination of errors that may occur during manual endodontic treatment are facilitated by this electronic device. The apical constriction is accurately determined by measuring the resistance and impedance of the environment (Kaushal, 2019). The primary benefit of apex locators is that they measure the extent of the root canal to the apical foramen, rather than the radiographic apex. They possess a high degree of accuracy and are both rapid and user-friendly. It is possible to identify artificial perforations and mitigate the patient's exposure to radiation (Neena, 2011).

9. Systems Employed to Detect Caries

Visual inspection of caries is predicated on the phenomenon of light scattering. The structure of sound enamel is nearly transparent, as it is composed of modified hydroxyapatite crystals that are densely packed (Pretty, 2006). Fiber optic transillumination (FOTI) device can be used for detecting proximal lesions and assessing the profundity of occlusal lesions.

A high-intensity light and greyscale camera are the components of Digital Fiber Optic Transillumination Imaging (DIFOTI) system. These cameras can be affixed to two heads: one for flat surfaces and the other for occlusal surfaces. Images are capable of being archived. However, the software does not attempt to measure the images, and the inspector conducts a subjective search based on the scattering's appearance to conduct the analysis visually (Schneiderman, 1997). In

an effort to mitigate FOTI deficiencies, this approach is implemented with a digital camera. Instead of employing a white light source, this system employs infrared radiation with a wavelength of approximately 780 nm (Pretty, 1994; Karlsson, 2010).

Fluorescence of visible light (QLF) is a visible light system that enables the identification of early caries and its subsequent progression or regression. The QLF apparatus is comprised of a handpiece that is reminiscent of an intraoral camera and a light box that contains a xenon lamp. The patient's information is entered and the necessary teeth are viewed and stored individually through the use of accompanying software and live images that are displayed on a computer. The QLF is capable of observing all tooth surfaces, with the exception of interproximal surfaces (Pretty, 2006).

Laser fluorescence is employed to identify the presence of cavities. The system can produce an excitation wavelength of 655 nm with a red light by employing a miniature laser. It is equipped with two intra-oral tips: one is designed for smooth surfaces, while the other is intended for gaps and fissures. The apex emanates excitation light and accumulates the resulting fluorescence (Pretty, 2006).

The technology of electric bristles has evolved into the development of smart toothbrushes that are based on IoDT (Salagare, 2020). One of the most exceptional toothbrushes is the Smart-Brush, which is equipped with sensors in its head that transmit data to an interactive app on a smartphone via bluetooth (Kaushal, 2019). Sensors in smart brushes have the capacity to extract data regarding patients' oral hygiene and transmit it to a cloud server. Therefore, this cloud-based smart technology is a cutting-edge IoT-based technology that is currently in the development phase in the oral health care sector (Salagare, 2020). It monitors the frequency, pressure, and angle of the toothbrush during the grooming process. Gingival health benefits have been demonstrated in a variety of patient populations, such as adolescents, orthodontic patients, pediatric patients, and post-surgical patients (Erbe, 2019; Acunzo, 2016).

There are sensors were penetrated by mouthguards. Wireless sensors are employed in wearable mouth protectors to monitor saliva metabolites. The mandible sensor was found to be highly efficient and accurate in detecting uric acid in human saliva in one of the sensor-based investigations (Kim, 2015). These sensors can be integrated into ubiquitous monitoring devices for fitness applications and oral health monitoring (Kim, 2015). A fiber optic biosensor has been effectively devised and implemented for the purpose of monitoring caries-

causing microorganisms in the oral cavity (Kishen, 2003). Furthermore, a novel wireless wearable salivary metabolite biosensor has been created, which has effectively infiltrated the mouthguard and has been implemented in a recent biomedical investigation. They are designed to perpetually monitor metabolite levels and are based on enzymatic electrodes. Those sensors are sensitive and responsive to metabolites from human sputum. Additionally, wireless sensors demonstrate optimal outcomes in an assortment of biomedical applications (Kim, 2014). In this manner, mouthguard devices are equipped with a variety of intraoral sensors, which can be employed to capture data from patients and monitor saliva components in IoDT (Salagare, 2020).

Future Prospective

The development of technology in the world and therefore in dentistry has replaced conventional methods with new technologies. Utilizing current teledentistry technologies, dentists can digitally acquire data from oral healthcare providers, triage, diagnosis, and treatment planning, and transmit it to a distant dentist. The use of this new area is increasing day by day by dentists worldwide. Inclusion of teledentistry in dental education programs at national level, establishment of appropriate licensing protocols, ensuring the security of systems and data such as data encryption, teledentistry has a promising future and a long way to go.

References

1. Clark G. T. (2000). Teledentistry: what is it now, and what will it be tomorrow?. *Journal of the California Dental Association*, 28(2), 121-127.
2. Mihailovic B, Miladinovic M, Vujicic B. (2011) Telemedicine in Dentistry (Teledentistry). In: Grasczew G, editor. *Advances in Telemedicine: Applications in Various Medical Disciplines and Geographical Regions* (pp. 215-30). 1st ed. Rijeka, Croatia: InTech Europe.
3. Jampani, N. D., Nutalapati, R., Dontula, B. S., & Boyapati, R. (2011). Applications of teledentistry: A literature review and update. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 1(2), 37–44. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.97695>
4. Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010) The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54 (15), 2787-2805.
5. Salagare, S., & Prasad, R. (2020). An Overview of Internet of Dental Things: New Frontier in Advanced Dentistry. *Wireless Personal Communications*, 110(3), 1345-1371. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06790-4>
6. Kaushal B., Sharma A.K., Sharma A. (2019). Iot with Dentistry: Promising Digitalization of Diagnosis in Dental-Health to Enhance Technical Dexterity. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 9(2), 4472. <https://doi.org/10.35940/ijitee.B8131.129219>
7. Salagare S. & Ramjee Prasad. (2020). An Overview of Internet of Dental Things: New Frontier in Advanced Dentistry. *Wireless Personal Communications*. 110, 1345–1371.
8. Garg A, Biswas G, Saha S. (2014). *Recent Advancements in Diagnosis of Dental Caries*, Lambert Academic Publishing.
9. Kumar, M., Shanavas, M., Sidappa, A., & Kiran, M. (2015). Cone beam computed tomography - know its secrets. *Journal of international oral health : JIOH*, 7(2), 64–68.
10. Macleod, I., & Heath, N. (2008). Cone-beam computed tomography (CBCT) in dental practice. *Dental update*, 35(9), 590–598. <https://doi.org/10.12968/denu.2008.35.9.590>
11. Tetradis, S., Anstey, P., & Graff-Radford, S. (2010). Cone beam computed tomography in the diagnosis of dental disease. *Journal of the California Dental Association*, 38(1), 27–32.
12. Dreiseidler, T., Mischkowski, R. A., Neugebauer, J., Ritter, L., & Zöller, J. E. (2009). Comparison of cone-beam imaging with orthopantomography and computerized tomography for assessment in presurgical implant dentistry. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 24(2), 216–225.

13. Howerton, W. B., Jr, & Mora, M. A. (2008). Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon?. *Journal of the American Dental Association* (1939), 139 Suppl, 20S–24S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0354>
14. Larsson, A., Teigland, R. (Eds.). (2019). *Digital Transformation and Public Services: Societal Impacts in Sweden and Beyond* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429319297>
15. Darby, M.L. & Walsh, M., (2015). *Dental hygiene: theory and practice*. 4th ed. St. Louis, MO: Elsevier.
16. Neena, I. E., Ananthraj, A., Praveen, P., Karthik, V., & Rani, P. (2011). Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in root length determination of primary teeth. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 29(4), 300–304. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.86371>
17. Nestic, D., Schaefer, B. M., Sun, Y., Saulacic, N., & Sailer, I. (2020). 3D Printing Approach in Dentistry: The Future for Personalized Oral Soft Tissue Regeneration. *Journal of clinical medicine*, 9(7), 2238. <https://doi.org/10.3390/jcm9072238>
18. Albuha Al-Mussawi, R. M., & Farid, F. (2016). Computer-Based Technologies in Dentistry: Types and Applications. *Journal of dentistry* (Tehran, Iran), 13(3), 215–222.
19. Sulaiman T. A. (2020). Materials in digital dentistry-A review. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 32(2), 171–181. <https://doi.org/10.1111/jerd.12566>
20. Reymus, M., Liebermann, A., & Diegritz, C. (2020). Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students - a preliminary study. *International endodontic journal*, 53(11), 1581–1587. <https://doi.org/10.1111/iej.13380>
21. Rishabh Jain, published 09/06/2017. Augmented reality dentistry will show you how your teeth look posttreatment. [online] *International Business Times*. Available at: <https://www.ibtimes.com/augmented-reality-dentistry-will-show-you-how-your-teeth-look-post-treatment-2586615>
22. Konukseven, E. I., Onder, M. E., Mumcuoglu, E., & Kisinisci, R. S. (2010). Development of a visio-haptic integrated dental training simulation system. *Journal of dental education*, 74(8), 880–891.
23. McCloy R, Stone R. (2001). Virtual reality in surgery. *BMJ*, 323:912 doi:10.1136/bmj.323.7318.912
24. Pretty I. A. (2006). Caries detection and diagnosis: novel technologies. *Journal of dentistry*, 34(10), 727–739. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.06.001>

25. Schneiderman, A., Elbaum, M., Shultz, T., Keem, S., Greenebaum, M., & Driller, J. (1997). Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): in vitro study. *Caries research*, 31(2), 103–110. <https://doi.org/10.1159/000262384>
26. Pretty, I. A., & Maupomé, G. (2004). A closer look at diagnosis in clinical dental practice: part 5. Emerging technologies for caries detection and diagnosis. *Journal (Canadian Dental Association)*, 70(8), 540–540i.
27. Karlsson L. (2010). Caries Detection Methods Based on Changes in Optical Properties between Healthy and Carious Tissue. *International journal of dentistry*, 2010, 270729. <https://doi.org/10.1155/2010/270729>
28. Erbe, C., Klees, V., Braunbeck, F., Ferrari-Peron, P., Ccahuana-Vasquez, R. A., Timm, H., Grender, J., Cunningham, P., Adam, R., & Wehrbein, H. (2019). Comparative assessment of plaque removal and motivation between a manual toothbrush and an interactive power toothbrush in adolescents with fixed orthodontic appliances: A single-center, examiner-blind randomized controlled trial. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 155(4), 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2018.12.013>
29. Acunzo, R., Limioli, E., Pagni, G., Dudaite, A., Consonni, D., & Rasperini, G. (2016). Gingival Margin Stability After Mucogingival Plastic Surgery. The Effect of Manual Versus Powered Toothbrushing: A Randomized Clinical Trial. *Journal of periodontology*, 87(10), 1186–1194. <https://doi.org/10.1902/jop.2016.150528>
30. Kim, J., Imani, S., de Araujo, W. R., Warchall, J., Valdés-Ramírez, G., Paixão, T. R., Mercier, P. P., & Wang, J. (2015). Wearable salivary uric acid mouthguard biosensor with integrated wireless electronics. *Biosensors & bioelectronics*, 74, 1061–1068. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.07.039>
31. Kishen, A., John, M. S., Lim, C. S., & Asundi, A. (2003). A fiber optic biosensor (FOBS) to monitor mutans streptococci in human saliva. *Biosensors & bioelectronics*, 18(11), 1371–1378. [https://doi.org/10.1016/s0956-5663\(03\)00081-2](https://doi.org/10.1016/s0956-5663(03)00081-2)
32. Kim, J., Valdés-Ramírez, G., Bandodkar, A. J., Jia, W., Martinez, A. G., Ramírez, J., Mercier, P., & Wang, J. (2014). Non-invasive mouthguard biosensor for continuous salivary monitoring of metabolites. *The Analyst*, 139(7), 1632–1636. <https://doi.org/10.1039/c3an02359a>

