

BİDGE Yayınları

Dijital Diş Hekimliğinde Güncel Yaklaşımlar

Editörler: Dr.Öğr.Üyesi Özlem Özişçi

ISBN: 978-625-372-575-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 14.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

Dijital Ağız İçi Taramaların Doğruluğunda Hastaya Bağlı Faktörler	4
Büşra Nur KARATOP	4
Özlem ÖZİŞÇİ	4
Ağız İçi Dijital Taramaların Doğruluğunu Etkileyen Operatör Faktörleri	27
Elif Irmak GÖKMEN	27
Özlem ÖZİŞÇİ	27
Ağız İçi Dijital İmplant Taramaları: Tarama Doğruluğunu Etkileyen Parametreler	47
Sıla Sultan GÖKOĞLU	47
Özlem ÖZİŞÇİ	47

BÖLÜM I

Dijital Ağız İçi Taramaların Doğruluğunda Hastaya Bağlı Faktörler

Büşra Nur KARATOP¹
Özlem ÖZİŞÇİ²

Giriş

Dijital diş hekimliği teknolojilerinin gelişmesi ile günümüz diş hekimliği uygulamalarında dijital ağız içi taramalar oldukça geniş bir alana ve öneme sahip olmuştur (Revilla-Leon & ark., 2023; Revilla-Leon & ark., 2021). Dijital ağız içi taramalar getirdiği birçok avantaj ile birlikte geleneksel ölçü yöntemlerinin yerini almaya başlamıştır. Dijital ağız içi taramaların konvansiyonel ölçüler ile karşılaştırıldığı çalışmalarda, dijital yöntemlerin doğruluğu daha yüksek bulunmakla beraber, hekim ve hastalar için daha kabul

¹ Arş. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, busrakaratop@sdu.edu.tr

² Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ozlemozisci@sdu.edu.tr

edilebilir olduğu gösterilmiştir (Chandran & ark., 2024). Chandran ve arkadaşlarının yaptıkları derlemeye göre 25 çalışmadan 16'sında dijital ölçü yöntemleri geleneksel yöntemlere göre daha üstün bulunmuştur. (Chandran & ark., 2024).

Geleneksel  l  yöntemlerinde çok aşamalı ölçü alma adımları, model üretimi sırasında oluşabilecek hatalar, ölçü materyalinin ortam koşullarına göre boyut değiştirmesi, geleneksel ölçülerin doğruluğunu azaltan faktörlerden birkaçıdır. Bunun yanı sıra dijital iş akışlarında bu dezavantajlar görülmemektedir. Dijital ağız içi taramaların diğer avantajları arasında restorasyonları daha hızlı gerçekleştirme, tedavi üretim maliyetlerini azaltma, daha pratik hale getirme ve malzeme israfını azaltma yer alır (Bahammam & H.A., 2024). Ayrıca hastaların alerjik reaksiyon geçirme riskini de en aza indirir (Ahmed & ark, 2024). Dijital ağız içi tarama sisteminin evrimi, diş hekimliği alanında rehabilitasyon için daha hızlı, daha verimli ve daha doğru akış oluşturulmasına yardımcı olmuştur (Bustos & ark., 2023).

Dijital ağız içi taramaların doğruluğu birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Hekimlerin de bu taramaların doğruluğunu etkileyebilecek faktörleri bilmesi, başarıya ulaşmada temel bir unsur haline gelmiştir. Ağız içi taramaların doğruluğu; hekimin kararları, becerisi ve de hastanın ağız içi koşullarına bağlıdır. Ağız içi taramaları etkileyen faktörlerin bilinmesi hem dijital iş akışının günlük diş hekimliği uygulamalarına yansıtılmasını kolaylaştırır hem de bu taramaların işlevselliğinin anlaşılmasını kolaylaştırır. Ağız içi tarama doğruluğunu etkileyen hastaya bağlı faktörler arasında diş morfolojisi ve konumu, interdental boşluklar, ark genişliği, palatal bölge karakteristiği, nem varlığı, mevcut

restorasyonlar, dijitalleştirilen yüzeyin özellikleri, dişsiz alanlar bulunmaktadır. İmplant ile ilgili faktörler ise implantlar arası mesafe, implant pozisyonu, açısı, derinliği ve implant tarama gövdesinin seçimidir (Revilla-León & ark., 2023).

Klinisyen, hastanın ağız içi faktörlerini değiştiremese de bu faktörlerin belirlenmesi daha güvenilir ve de öngörülebilir bir dijital prosedür gelişmesini sağlayacaktır.

Hasta Faktörleri

Diş Morfolojisi ve Konumu

Diş morfolojisi ve konumu, intraoral tarama doğruluğunu etkileyen bir faktör olarak tanımlanmıştır. 2020 yılında in vitro bir çalışmada Son ve Lee isimli araştırmacıların buldukları sonuçlara göre intraoral tarayıcıların posterior dişlere doğru gittikçe daha az doğruluk gösterdikleri bulunmuştur (Son & ark., 2020). İntraoral tarayıcılar anterior bölgede daha yüksek doğruluk gösterirken; ikinci molar dişlerden itibaren önemli derecede farklılık göstermişlerdir. Aynı çalışma 5 farklı intraoral tarama sisteminin (Carestream CS3500, CS 3600, 3Shape A/S Trios 2 ve Trios 3, Medit i500) doğruluğunu karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre i500 sistemi hariç diğer intraoral tarayıcıların posteriora gittikçe bukkal yönde yatay bir kayma yaptığı görülmüştür. i500 cihazında ise lingual yönde lateral kaymalar kaydedilmiştir. Posterior bölgede azalan doğruluk oranlarının sebebi muhtemelen ark kavsinin bukkal yönde orta hattan uzaklaşıyor olmasıdır. Aynı zamanda posterior dişlerin daha karmaşık anatomik yapıya sahip olması, tarayıcıların dijitalleştirilmesi gereken daha zor bir geometrik yapıyı da temsil eder (Son & ark., 2020). Masaüstü tarayıcılarda ise bu kaymalara

rastlanmamıştır. Bu doğruluk sorunu intraoral tarayıcıların geliştirilmesi ile aşılması gereken bir sorundur.

İnterdental Mesafe

İnterdental mesafe tarama doğruluğu üzerinde etkisi olan faktörlerden biridir. Chun ve arkadaşlarının, iTero ve Trios tarama cihazlarını karşılaştırarak yaptıkları çalışmada, Trios 2 (3Shape A/S) cihazının geniş interdental boşluklar varlığında daha kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmüştür (Chun & ark., 2017). iTero sistemi, Trios 2 cihazına kıyasla daha yüksek tarama tutarsızlıkları göstermiştir. Bu durum, sistemler arasındaki nesil farklılıklarıyla açıklanabilir. Trios 2 için, interdental boşluk olmayan alt çene modelini dijitalleştirirken ortalama doğruluk $\pm$ hassasiyet değeri $32,32 \pm 4,97$ μm olarak bildirilmişken; ön dişler arasında 5 mm'lik bir interdental boşluk olduğunda, ortalama doğruluk $\pm$ hassasiyet değeri $52,47 \pm 16,83$ μm olarak ölçülmüştür. Bu nedenle, elde edilen en iyi ve en kötü değerler arasında 10 μm 'lik bir ortalama doğruluk farklılığı hesaplanmıştır (Chun & ark., 2017).

Mandibula anterior bölgedeki diastemaların artması molar bölgede anlamlı bir sapmaya yol açmaktadır. Bu sapma sensör boyutunun belirli boyutlarla sınırlı olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Çalışmaya göre interdental mesafelerin artması ile doğal olarak uzayan ark mesafesinin molar bölgede daha fazla distorsiyon oluşmasına sebebiyet verdiği bulunmuştur (Chun & ark., 2017).

Huang ve arkadaşlarının abutment ve dişler arasındaki mesafeye göre yaptıkları çalışmaya göre, (Carestream CS 3600 cihazı kullanılmıştır.) abutment ve komşu diş arasındaki mesafe 3.5

mm'den fazla olduğunda, tarama doğruluğu etkilenmemiştir ancak mesafe 3 mm'den daha az olduğunda, abutment parçasının yönüne bağlı olarak tarama doğruluğunun olumsuz yönde etkilendiği görölmüştür (Huang & ark.,2021). Ayrıca marjinlerde oluşan hataların abutment ve dişler arasındaki mesafe arttıkça azaldığı da görölmüştür. Son ve arkadaşları da benzer sonuçlara ulaşarak interproksimal mesafe arttıkça taramanın doğruluk ve hassasiyet oranının arttığını bulmuşlardır (Son & ark., 2022).

Kim ve arkadaşları, Class 2 inley kavite preparasyonları üzerinde farklı tarama cihazları ile yaptıkları çalışmada, komşu dişlerin varlığının tarama doğruluğunda anlamlı ölçüde sapmalara neden olduğunu bulmuşlardır (Kim & ark., 2022). Ağız içi tarayıcıların yazılım algoritması, eksik veya belirsiz verileri, taranan görüntüdeki yüzeyleri ve çizgi açılarını düzgünleştirerek ve genellikle marjinlerde yapay çıkıntılar oluşturarak interpolasyon yapar ve bu da pozitif sapmalar olarak sunulur. Komşu dişlerin varlığında ortalama doğruluk ve hassasiyet değerleri azalmış ve komşu diş olmayan taramalara kıyasla maksimum pozitif sapmalar artmıştır. Komşu dişlerin yokluğu tarama erişilebilirliğini arttırmıştır (Kim & ark., 2022).

Ferrari ve arkadaşları preparasyon ve komşu diş arasında 0.5 mm'den az horizontal mesafe bulunduğu durumlarda marjinler ve komşu diş arasında yapay çıkıntılar ve köprülerin oluştuğunu gözlemlemişlerdir (Ferrari & ark., 2018).

Özetle diastemaların varlığı intraoral tarayıcıların erişilebilirliğini zorlaştırır, tarama açısını sınırlar. Aynı durum preparasyon ve komşu diş arasındaki mesafenin azlığında da

görülür. Her iki durumda da tarama doğruluğu olumsuz etkilenmektedir.

Ark Genişliği

Ark genişliği de intraoral tarama hassasiyetini etkileyen ağız içi faktörler arasındadır. Kim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, tarama doğruluğu ve arkın hacimsel boyutları arasındaki ilişki incelenmiştir (Kim & ark., 2020). Bu çalışmada 3 farklı intraoral tarayıcı (Carestream CS 3600, 3Shape A/S Trios 3ve Medit i500) kullanılmıştır. Test edilen intermolar genişlik, 38.45 mm ile 71.09 mm arasında değişmiştir. Sonuçlara göre ark genişliği ile tarama doğruluğu arasında ilişki bulunmuştur. CS 3600 ve Trios3 intraoral tarayıcıları, ark bütününde %70 hacimsel boyutta en iyi doğruluğu gösterirken; arkın hacimsel boyutu ne kadar artarsa, doğruluğun o kadar azaldığı gözlenmiştir. Medit i500’de ise doğruluk, dental arkın %100 hacimsel boyutunda en iyi olarak gözlemlenmiştir. İntraoral tarayıcının doğruluğu, tam arkın volumetrik boyutuna bağlı olarak farklılık göstermiş; ancak, taramanın doğruluğu tüm intraoral tarayıcılarda klinik olarak kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur (<100 µm) (Kim & ark., 2020).

Gan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, intraoral dijital taramaların hassasiyetinin ark genişliği arttıkça azaldığı bulunmuştur (Gan & ark., 2016).

Damak Yüzeyi

Damak yüzeyinin taramasının dijital olarak alınmasının tarama doğruluğu üzerine etkisini araştıran çalışmalar sınırlıdır. Gan ve arkadaşlarının 32 gönüllü üzerinde yaptığı çalışmaya göre damak kubbesinin yüksekliğinin tarama doğruluğunu az miktarda da olsa

etkilediği görülmüştür (Gan & ark., 2016). Dar ve yüksek damak kubbesine sahip hastalarda tarayıcının özellikle üst çene dişlerinin palatal yüzeylerine erişimi zorlaştırabileceği, tarama başlığının damağa paralel olmadığına tarama doğruluğunun negatif etkilendiği görülmüştür. Daha küçük tarama başlıkları ile bu sorun ortadan kaldırılabilir. Ayrıca maksiller ağız içi dijital taramaya damak dahil edilmediğinde taramalar daha yüksek doğruluk ve hassasiyet ortalama değerleri göstermiştir (Gan & ark., 2016).

Yapılan in vitro bir çalışmaya göre ise damağın taramaya dahil edilip edilmemesi arasında implant analogunun intraoral taramaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Kim & ark., 2022). Farklı klinik koşullar ve farklı tarama cihazları kullanılarak damağın intraoral tarama doğruluğu üzerine etkisinin daha fazla araştırılmaya ihtiyacı vardır.

Nem Varlığı

Dijitalleştirilen yüzeyde nem varlığının tarama doğruluğuna etkisi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Islak diş yüzeyinden yansıyan ışık, suyun etkisi ile kırınımına uğrayarak intraoral tarayıcıların performansını azaltmaktadır (Revilla-Leon & ark., 2023). Chen ve arkadaşlarının Trios 3 ve Primescan cihazları ile yaptıkları çalışmada üç farklı koşul (kuru, hava spreyi ile kurutulmuş, ıslak) ve farklı sıvılar (distile su ve yapay tükürük) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kuru ya da hava ile kurutulmuş şartlarda tarama doğruluğu ıslak koşula göre daha yüksektir (Chen & ark., 2022). Farklı bileşime sahip sıvılar arasında intraoral tarama üzerine etki açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Primescan cihazı, Trios 3'e göre nem varlığında daha yüksek doğruluk göstermiştir. Sıvının etkilerini azaltmak için

tarama yapılmadan önce dişler üzerindeki nemin hava spreyi ile uzaklaştırılması tarama doğruluğunu arttırmak için tavsiye edilmektedir (Chen & ark., 2022).

2023 yılında Panadero ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre de ıslaklığın intraoral tarama doğruluğu üzerine etkisi yine benzer sonuçlar vermiş olup, hava spreyi ile kurutma tavsiye edilmiştir (Agustín-Panadero & ark., 2023).

Mevcut Restorasyonlar

Taranan dişlerdeki restorasyonların varlığı, intraoral tarama doğruluğunu azaltabilir. Farklı restoratif materyaller arasındaki yansıtma özelliklerindeki tutarsızlıklar, intraoral tarayıcıların tarama performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Dijitalleştirilen restoratif materyale bağlı olarak tarama doğruluğu farklılıkları bildirilmiştir. Bunlar; materyal türü, saydamlık ve yüzey bitirme işlemlerini içermektedir (Revilla-Leon & ark., 2023).

Panadero ve arkadaşlarının dört grup üzerinde (restore edilmemiş, lityum disilikat, nanoseramik rezin, zirkonyum) ve farklı nem koşullarında yaptıkları çalışmaya göre, kuru ortamda anlamlı bir fark bulunmazken, hafif nemli koşullarda, lityum disilikat ve nanoseramik rezin grupları, kontrol (restore edilmemiş diş) ve zirkonyum gruplarına kıyasla önemli ölçüde daha iyi hassasiyet ortalama değerleri göstermiştir (Agustín-Panadero & ark., 2023). Yüksek nem koşullarında, lityum disilikat, test edilen gruplar içinde en iyi hassasiyet değerini göstermiştir. Zirkonyum, kuru ortam ve düşük nemde oldukça iyi performans gösterirken nem varlığı arttıkça tarama performansı düşse de sonuçlar yine kabul edilebilir olmuştur. Nanoseramik rezin kronlar ise diğer materyallere göre daha düşük

sonuçlar vermiştir. Özellikle yüksek nem varlığında tarama doğruluğu oldukça fazla etkilenmiştir (Agustín-Panadero & ark., 2023).

Dutton ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı çalışmada, farklı materyalleri (doğal diş, kompozit rezin, amalgam, lityum disilikat, zirkonyum, altın), sekiz farklı intraoral tarayıcı (Omnicam (Dentsply Sirona), Primescan (Dentsply Sirona), Medit i500, iTero Element (Align Technologies), iTero Element 2 (Align Technologies), Emerald (Plamenca), Emerald S (Plamenca), Trios 3 (3Shape A/S) kullanarak dijitalleştirmiştir (Dutton & ark., 2020).

Çalışmanın bulguları, doğal dişlerde en yüksek doğruluk ve hassasiyet değerleri gösterirken onu zirkonyum takip etmiştir. Doğal dişler ve zirkonyum kuru ve düşük nem koşullarında oldukça iyi sonuçlar verirken, yüksek nem varlığında performansı düşmüş ancak yine de kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Lityum disilikat kuru ve düşük nem varlığında zirkonyuma yakın sonuçlar, yüksek nem varlığında ise en iyi sonucu vermiştir (Dutton & ark., 2020). Nanoseramik rezinler ise kuru koşulda bile diğer materyaller kadar iyi sonuç vermemiş ve yüksek nem varlığında en kötü sonucu vermiştir. Ayrıca, test edilen farklı ağız içi tarayıcı sistemleri, test edilen farklı malzemeler arasında tarama performansı farklılıkları göstermiştir (Dutton & ark., 2020).

Revilla-leon ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre farklı geçici protez materyallerinin (konvansiyonel polimetil metakrilat (PMMA), konvansiyonel bis-akril kompozit rezin, millenebilen PMMA blok ve katmanlı olarak üretilen bis-akril bazlı polimer) ve daimi (işlenmiş altın, zirkonyum, lityum disilikat, hibrit

seramik ve kompozit rezin) materyallerin iki farklı yüzey bitirme işleminin (polisajlanmış ve glaze yapılmış) tarama (Trios 4 (3Shape A/S)) doğruluğu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir (Revilla-Leon & ark., 2022). Sonuçlara göre polisajlanmış yüzeyler glaze edilmiş yüzeylere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Değerli alaşımlar diğer daimi protez materyallerine göre daha düşük tarama doğruluğu göstermiştir. Araştırmaya göre, polisaj yapılmış PMMA (polimetil metakrilat) hem geçici hem de daimi restoratif materyaller arasında en yüksek doğruluk ve hassasiyet değerlerine sahiptir. Onu polisajlanmış bis-akrilik polimer ve sonrasında da bu materyallerin glaze edilmiş hali takip etmektedir. Lityum disilikat ve zirkonyum tarama doğruluğu açısından PMMA ve bis-akrilik polimerin gerisinde yer almaktadır. En düşük tarama doğruluğu ise değerli alaşımlarda görülmüştür (Revilla-Leon & ark., 2022).

Transludent bir restoratif materyali dijitalleştirmek ya da ağız içinde birçok farklı restoratif işleme sahip bir hastanın intraoral taramasını almak oldukça zor olabilir. Bu dezavantajın önüne geçebilmek için pudra içerikli tarama spreyleri kullanılabilir. Bu spreylere ortam yansıtıcılığını azaltarak taramayı kolaylaştırmakta ve tarama süresini kısaltmaktadır (Revilla-Leon & ark., 2023).

Yüzey Karakteristiği

Dijitalleştirilen yüzeyin özellikleri, intraoral tarama doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bunlar arasında diş preparasyon geometrisi ve dişin konumu, pulpal ve gingival tabanların derinliği ve diş preparasyonunun bitim çizgisinin konumu yer almaktadır. Ayrıca, farklı diş preparasyon özellikleri arasındaki bu farklılıklar, seçilen ağız içi tarama teknolojisi ve sistemine bağlı olarak da değişiklik gösterebilmektedir (Revilla-Leon & ark., 2023)

İntraoral tarayıcılar, diş yüzeylerini tararken birçok küçük veri noktası toplar ve bu noktaları birleştirerek dijital bir model oluşturur (Kim & ark., 2018). Bu model, genellikle küçük çokgenlerden (poligonlardan) oluşmaktadır. Poligonların düzgün ve doğru bir şekilde oluşturulması, taramanın doğruluğunu ve modelin kalitesini belirler. Keskin hatlar ve açıların taranması, tarayıcılar için zor olabilir ve bu, dijital modelde hatalara yol açabilmektedir. Yuvarlatılmış ve pürüzsüz yüzeyler, tarayıcıların daha doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmesini sağlar. Poligonların yüzeyde düzgün ve pürüzsüz bir model oluşturması, taramanın doğruluğunu artırır. Pürüzlü yüzeyler, tarama doğruluğunu olumsuz etkileyebilir (Kim & ark., 2018).

Farklı çalışmalar, diş preparasyonunun karmaşıklığı arttıkça tarama doğruluğunun azaldığını göstermiştir (Kim & ark., 2018; Ammoun & ark., 2020; KC Oh & ark., 2019). Preparasyon ne kadar basit olursa, tarama doğruluğu o kadar yüksek olmaktadır. Daha karmaşık ve çok yüzeyli preparasyonlar, tarama doğruluğunu azaltabilmektedir (Jin-Young Kim & ark., 2021). Full kronlar daha fazla yüzey alanını kapsadığı için daha kolay taranırken intrakoronal restorasyonlar düşük yüzey alanları sebebi ile intraoral taramalarda daha düşük hassasiyete sahiptirler. İntrakoronal restorasyonlarda diverjans açısı arttıkça, intraoral taramanın doğruluğu da artmaktadır. Bu durum, tarayıcının iç yüzeyleri daha net ve doğru bir şekilde taramasını sağlamaktadır. Benzer şekilde full kron restorasyonlarında ise konverjans açısı arttıkça, tarama doğruluğu genellikle artmaktadır. Oklüzal konverjans açısı oklüzal yüzeylerin bir araya geldiği açıdır. Bu açı, restorasyonların yerleştirilmesinde

ve tarama doğruluğunda önemli rol oynamaktadır (Jin-Young Kim & ark., 2021).

Kim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre, en fazla tarama hatası iki yüzeyin birleştiği kenarlarda ve hatta en fazla aksiyogingival çizgi açısında olmaktadır (Kim & ark.,2021). Keskin çizgi açılarının tarama doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Preparasyon genişliği ve açıları arttıkça tarama doğruluğunun da arttığı görülmüştür.

Preparasyonun gingival ve pulpal tabanlarının derinliği de tarama doğruluğunu etkilemektedir. Pulpal ve gingival tabanların derinliği arttıkça, rapor edilen tarama doğruluğu değerleri düşmektedir (Son & ark., 2021).

Preparasyonun bitim çizgisi de tarama doğruluğunu etkileyen faktörler arasındadır. Net ve görülebilir bir bitim çizgisi tercih edilmesi önemlidir (Waldecker & ark., 2022). Gingival bölgenin altında kalan bitim çizgileri tarama doğruluğunu azaltmaktadır. Bu durum, gölge bölgelerin oluşmasına ve eksik veri toplanmasına neden olabilir. Bitim çizgisinin doğru bir şekilde taranabilmesi için gingival retraksiyon yapılmalıdır. Gingival retraksiyon, bitim çizgisinin ortaya çıkmasını sağlayarak dijital taramanın daha kolay yapılmasını sağlar. En yüksek doğruluk değerleri supragingival bitim hatlarında görülmüştür. Retraksiyon kordu kullanımının tarama doğruluğunu %63 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir (Waldecker & ark., 2022).

Dışsıız Boşluklar

Dışsiz alanlar tarama doğruluğunu azaltan faktörler arasında gösterilmiştir (Revilla-Leon & ark., 2023). Dışsiz alanlar intraoral tarayıcılar için sınırlı anatomik işaretler sunar ve bu durum tarama doğruluğunu azaltıcı etki göstermektedir. Tamamen dişli ve kısmen dişli arklar karşılaştırıldığı zaman kısmen dışsiz arkta daha büyük sapmalar olduğu görülmüştür (Gomez-Polo & ark., 2022).

İmplantlar Arası Mesafe, İmplant Pozisyonu, Açısı ve Derinliği

İki komşu implant arasındaki mesafe, implantın diş arki üzerindeki pozisyonu, implantın açısı ve derinliği, intraoral tarama doğruluğunu etkileyen değişkenler olarak tanımlanmıştır. Ancak, bu değişkenlerin intraoral tarama doğruluğuna etkisi konusunda diş hekimliği literatüründe tutarsızlıklar bulunmaktadır. Bu nedenle, intraoral taramalar üzerinde implantla ilgili faktörlerin etkisini daha iyi değerlendirebilmek için ek çalışmalara ihtiyaç vardır. Fotogrametri sistemleri, implantların üç boyutlu pozisyonunu dijital olarak elde etmek için bir alternatif sağlamaktadır (Revilla-Leon & ark., 2023).

Gomez-Polo ve arkadaşlarının çalışmasına göre, implant tarama gövdesinin eğimi ve konumunun tarama doğruluğunu önemli ölçüde etkilediği görülmüştür (Gomez-Polo & ark., 2022). Tarama gövdesinin eğimi implantın tüm yüzeylerinin görünürlüğünü ve ışık yansıtıcılığını etkilemektedir. Uygun eğimlenmiş tarama gövdeleri, gölge alanların oluşmasını engelleyerek tarama doğruluğunu arttırmaktadır. Tarama gövdesinin konumu da tarama doğruluğu üzerinde etkilidir. Lingual tarafa yakın tarama gövdeleri bukkal tarafa yakın olanlara göre daha yüksek doğruluk vermektedir. Bukkale yakın tarama gövdeleri tarayıcının ışığı algılamasında sınırlamalar yaratabilir (Gomez-Polo & ark., 2022). Paralel

implantlar daha doğru taramalar elde edilmesini sağlamaktadır. Farklı açılarda yerleştirilmiş implantlarda tarayıcı, tarama gövdelerinin tüm yüzeylerini yakalamakta zorluk çekebilir. İmplantlar arası uzun mesafeler biyomekanik olarak sorunlar ortaya çıkarsa da tarama doğruluğu açısından değerlendirildiğinde uzun mesafelerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. İmplantlar arası kısa mesafeler taramayı zorlaştırmakta ve tarama doğruluğunu olumsuz yönde etkilemektedir (Gomez-Polo & ark., 2022).

İmplant derinliğinin tarama doğruluğu üzerine etkisi hakkında çelişkili çalışmalar mevcuttur. Laohverapanich ve arkadaşlarının sistematik incelemesine göre, implantların derinliği tarama doğruluğu üzerinde anlamlı bir fark oluşturmamıştır. 3 mm, 6 mm ve 9 mm implant derinliklerinde yapılan çalışmalara göre en az sapma 6 mm'lik derinlikte elde edilmiştir (Laohverapanich & ark., 2021).

Zhang YJ ve arkadaşlarının yaptığı çalışma, implant derinliğinin tarama doğruluğu üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermiştir (Zhang & ark., 2021).

Sequeira ve arkadaşlarının vitro çalışmasına göre, implantların derinliğinin tarama doğruluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Sequeira & ark., 2022). İmplant derinliği arttıkça, tarama doğruluğu ve kesinliği azalmaktadır. İmplant derinliği 0 mm olduğunda ve tarama gövdesinin tam görünürlüğü olduğunda en yüksek doğruluk ve kesinlik elde edilmiştir. Subgingival yerleşimli implantlar, tarama doğruluğunu azaltmaktadır (Sequeira & ark., 2022).

İmplant Tarama Gövdeleri

İntraoral dijital taramaların doğruluğunu arttırmak için uygun implant tarama gövdesi geometrisi ve malzemesi seçimi hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Var olan sınırlı çalışmalar ile tüm ağız içi tarayıcılar için tek bir sistematik öneride bulunmak mümkün değildir (Revilla-Leon & ark., 2023).

Tarama gövdesi tasarımı, implant pozisyonunun doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Optimize edilmiş tarama gövdesi tasarımları, implant pozisyonunun modele doğru bir şekilde aktarılmasını sağlar. Daha iyi tasarımlar, daha yüksek doğruluk ve hasta memnuniyeti ile sonuçlanabilmektedir (Revilla-Leon & ark., 2021). Tarama gövdesi geometrisindeki modifikasyonlar, tarama doğruluğunu ve süresini önemli ölçüde etkilemektedir. Modifiye edilmiş tarama gövdeleri, daha kısa tarama süresi ve daha yüksek doğruluk sağlamaktadır (Lawand & ark., 2022).

Pérez-Giugovaz ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre eklemeli üretim teknikleri kullanılarak üretilen tarama gövdeleri, dijital tarama doğruluğunu arttırmada etkili bulunmuştur (Pérez-Giugovaz & ark., 2022). İmplant tarama gövdelerinin üretim toleransı ve sıkıştırma torku da yine implant pozisyonu ve tarama doğruluğunu etkileyen faktörler arasındadır (Lerner & ark., 2021; Shi & ark., 2021). Dikkate alınması gereken bir diğer değişken de implant tarama gövdelerinin çoklu kullanıma bağlı aşınmasıdır. Bir implant tarama gövdesinin performansını etkilemeden kaç kez yeniden kullanılabilceği ile ilgili ek çalışmalara ihtiyaç vardır (Arcuri & ark., 2022).

Sonuç

İntraoral dijital taramaların güvenilirliğini ve doğruluğunu en yüksek seviyeye ulaştırmak için hastaların ağız içi faktörlerini bilmek ve etkisini anlamak klinisyen için temel bir unsurdur. Hastaların intraoral faktörlerinin tümü üzerinde klinisyenin etkisi olmasa bile bu faktörleri ve etkilerini bilmek, sistematik analizini yapmak, dijital iş akışının öngörülebilirliğini ve güvenilirliğini arttıracaktır.

KAYNAKÇA

Agustín-Panadero, R., Moreno, D. M., Pérez-Barquero, J. A., Fernández-Estevan, L., Gómez-Polo, M., & Revilla-León, M. (2023). Influence of type of restorative materials and surface wetness conditions on intraoral scanning accuracy. *Journal of dentistry*, 134, 104521. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104521>

Ahmed, S., Hawsah, A., Rustom, R., Alamri, A., Althomairy, S., Alenezi, M., Shaker, S., Alrawsaa, F., Althumairy, A., & Alteraigi, A. (2024). Digital Impressions Versus Conventional Impressions in Prosthodontics: A Systematic Review. *Cureus*, 16(1), e51537. <https://doi.org/10.7759/cureus.51537>

Ammoun, R., Suprono, M. S., Goodacre, C. J., Oyoyo, U., Carrico, C. K., & Kattadiyil, M. T. (2020). Influence of Tooth Preparation Design and Scan Angulations on the Accuracy of Two Intraoral Digital Scanners: An in Vitro Study Based on 3-Dimensional Comparisons. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(3), 201–206. <https://doi.org/10.1111/jopr.13148>

Arcuri, L., Lio, F., Campana, V., Mazzetti, V., Federici, F. R., Nardi, A., & Galli, M. (2022). Influence of Implant Scanbody Wear on the Accuracy of Digital Impression for Complete-Arch: A Randomized In Vitro Trial. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(3), 927. <https://doi.org/10.3390/ma15030927>

Ashraf, Y., Sabet, A., Hamdy, A., & Ebeid, K. (2020). Influence of preparation type and tooth geometry on the accuracy of

different intraoral scanners. *Journal of Prosthodontics*, 29(9), 800-804.

Bahammam, H. A. (2024). Conventional vs. digital impression: Comfort level, preferences, and acceptance of treatment time among orthodontic patients. *The Open Dentistry Journal*, 16, e187421062208181.

Bustos, J. C. T., & Ornelas, D. A. T. (2023). Digital impressions in dentistry: A literature review. *International Journal of Applied Dental Sciences*, 9(2), 24-27.

Chandran, S. K., Jaini, J. L., Babu, A. S., Mathew, A., & Keepanasseril, A. (2024). Digital versus conventional impressions in dentistry: A systematic review. *Journal of Dental Research*, 48(6), 1234-1245.

Chen, Y., Zhai, Z., Li, H., Yamada, S., Matsuoka, T., Ono, S., & Nakano, T. (2022). Influence of Liquid on the Tooth Surface on the Accuracy of Intraoral Scanners: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 31(1), 59–64. <https://doi.org/10.1111/jopr.13358>

Chun, J. -h., Tahk, J. H., Chun, Y. -S., Park, J. -M., & Kim, M. (2017). Analysis on the Accuracy of Intraoral Scanners: The Effects of Mandibular Anterior Interdental Space. *Applied Sciences*, 7(7), 719. <https://doi.org/10.3390/app7070719>

Dutton, E., Ludlow, M., Mennito, A., et al. (2020). The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 204-218.

Ferrari, M., Keeling, A., Mandelli, F., Lo Giudice, G., Garcia-Godoy, F., & Joda, T. (2018). The ability of marginal detection using different intraoral scanning systems: A pilot randomized controlled trial. *American Journal of Dentistry*, 31, 272-276.

Gan, N., Xiong, Y., & Jiao, T. (2016). Accuracy of intraoral digital impressions for whole upper jaws, including full dentitions and palatal soft tissues. *PLoS One*, 11(7), e0158800.

Gomez-Polo, C., Barmak, A. B., Kois, J. C., et al. (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.

Huang, M. Y., Son, K., & Lee, K. B. (2021). Effect of distance between the abutment and the adjacent teeth on intraoral scanning: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 911-917.

Jin-Young Kim, R., Benic, G. I., & Park, J. M. (2021). Trueness of intraoral scanners in digitizing specific locations at the margin and intaglio surfaces of intracoronal preparations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(6), 779-786.

K. C. Oh, Lee, B., Park, Y. B., & Moon, H. S. (2019). Accuracy of three digitization methods for the dental arch with various tooth preparation designs: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 28(2), 195-201.pe. *Journal of Prosthodontic Research*, 65(3), 400-406.

Kim, J. H., Son, S. A., Lee, H., Yoo, Y. J., Hong, S. J., & Park, J. K. (2022). Influence of adjacent teeth on the accuracy of intraoral scanning systems for class II inlay preparation. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(5), 826-832.

Kim, J. H., Son, S. A., Lee, H., Kim, R. J., & Park, J. K. (2021). In vitro analysis of intraoral digital impression of inlay preparation according to tooth location and cavity type. *Journal of prosthodontic research*, 65(3), 400–406. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_20_00169

Kim, M. K., Son, K., Yu, B. Y., & Lee, K. B. (2020). Effect of the volumetric dimensions of a complete arch on the accuracy of scanners. *Journal of Advanced Prosthodontics*, 12(6), 361-368.

Kim, R. J., Park, J. M., & Shim, J. S. (2018). Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(6), 895-903.e1.

Laohverapanich, K., Luangchana, P., Anunmana, C., & Pornprasertsuk-Damrongsri, S. (2021). Different implant subgingival depth affects the trueness and precision of the 3D dental implant position: A comparative in vitro study among five digital scanners and a conventional technique. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(6), 1111-1120.

Lawand, G., Ismail, Y., Revilla-León, M., & Tohme, H. (2024). Effect of implant scan body geometric modifications on the trueness and scanning time of complete arch intraoral implant digital scans: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 131(6), 1189–1197. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.06.004>

Lerner, H., Nagy, K., Luongo, F., Luongo, G., Admakin, O., & Mangano, F. (2021). Tolerances in the production of six different implant scan bodies: A comparative study. *International Journal of Prosthodontics*, 34(5), 591-599.

Mizumoto, R. M., Alp, G., Özcan, M., & Yilmaz, B. (2019). The effect of scanning the palate and scan body position on the accuracy of complete-arch implant scans. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(5), 987-994.

Pérez-Giugovaz, M. G., Mosier, M., & Revilla-Leon, M. (2022). An additively manufactured intraoral scan body for aiding complete-arch intraoral implant digital scans with guided integration of 3D virtual representation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(1), 38-43.

Revilla-Leon, M., Frazier, K., da Costa, J. B., et al. (2021). Council on scientific affairs. Intraoral scanners: An American Dental Association clinical evaluators panel survey. *Journal of the American Dental Association*, 152(8), 669-670.e2.

Revilla-León, M., Kois, D. E., & Kois, J. C. (2023). A guide for maximizing the accuracy of intraoral digital scans: Part 2-Patient factors. *Journal of esthetic and restorative dentistry: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 35(1), 241–249. <https://doi.org/10.1111/jerd.12993>

Revilla-Leon, M., Smith, Z., Methani, M. M., Zandinejad, A., & Özcan, M. (2021). Influence of scan body design on accuracy of the implant position as transferred to a virtual definitive implant cast. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 918-923.

Revilla-Leon, M., Young, K., Sicilia, E., Cho, S. H., & Kois, J. C. (2022). Influence of definitive and interim restorative materials and surface finishing on the scanning accuracy of an intraoral scanner. *J Dent*, 120, 104114.

Sequeira, V., Harper, M. T., Lilly, C. L., & Bryington, M. S. (2023). Accuracy of Digital Impressions at Varying Implant Depths: An In Vitro Study. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 32(1), 54–61. <https://doi.org/10.1111/jopr.13496>

Shi, X., Liu, X., Liu, S., Wang, M., & Liu, F. (2022). Vertical Deviation Caused by Tightening Torque on Implant Scan Body: An In Vitro Study. *The International journal of prosthodontics*, 35(5), 653–659. <https://doi.org/10.11607/ijp.7493>

Son, K., & Lee, K. B. (2020). Effect of Tooth Types on the Accuracy of Dental 3D Scanners: An In Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(7), 1744. <https://doi.org/10.3390/ma13071744>

Son, K., & Lee, K. B. (2021). Effect of finish line locations of tooth preparation on the accuracy of intraoral scanners. *International journal of computerized dentistry*, 24(1), 29–40.

Son, S. A., Kim, J. H., Seo, D. G., et al. (2022). Influence of different inlay configurations and distance from the adjacent tooth on the accuracy of an intraoral scan. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(4), 680-687.

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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.02.016>

Zhang, Y. J., Shi, J. Y., Qian, S. J., Qiao, S. C., & Lai, H. C. (2021). Accuracy of full-arch digital implant impressions taken using intraoral scanners and related variables: A systematic review. *International Journal of Oral Implantology (Berlin)*, 14(2), 157-179.

BÖLÜM II

Ağız İçi Dijital Taramaların Doğruluğunu Etkileyen Operatör Faktörleri

Elif Irmak GÖKMEN¹
Özlem ÖZİŞÇİ²

Giriş

Günümüzde dijital diş hekimliği oldukça gelişmiş ve her geçen gün gelişmeye de devam etmektedir. Bilgisayar destekli üretim ve tasarım (CAD/CAM) teknolojilerinin diş hekimliğinde kullanımı bu sistemlerin gelişmesi ile artmaktadır. Geleneksel ölçü yöntemlerinin istenmeyen özelliklerini ortadan kaldırmak, hastadan daha kolay ölçü alınmasını sağlamaktadır. İntraoral tarayıcılar, diş hekimliğinde direkt optik ucu olan tarayıcı başlık ile ölçü alınması sağlar. Ağız içi taramanın doğruluğu tarayıcı seçimi, operatörün

¹ Arş. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, elifirmakgokmen97@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ozlemozisci@sdu.edu.tr

becerisi, kalibrasyon, hastanın ağız anatomisi, ortam koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Diş hekimleri bu faktörleri anlayarak intraoral tarayıcıların kullanımında daha bilinçli kararlar verebilir ve tarayıcının doğruluğunu arttırarak restorasyonların başarısını arttırabilirler.

Operatör Faktörleri

Yüz odaklı tedavi planlama işlemleri, estetik rehabilitasyonların başarısı için temel bir unsur olarak kabul görmektedir. Günümüz diş hekimliği uygulamalarında, dijital bir iş akışı olarak 3 boyutlu (3B) sanal hasta modeli oluşturulabilmekte ve bu süreç yüz ve intraoral dijital taramaların birleştirilmesini içerirken bu verilere konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) verileri de eklenebilmektedir. Ne kadar doğru dijitalleştirme yöntemi kullanılırsa sanal hastanın oluşum doğruluğu da o kadar artacaktır (Goldstein,2018;Chiche&Pinault,1996;Rufenacht,1990;Revilla-Leon&ark.,2022; Pérez-Giugovaz,Park&Revilla-Leon,2021).

İntraoral tarayıcılar, taşınabilir bir kamera (donanım), bilgisayar ve yazılımdan oluşan medikal bir cihazdır. İntraoral tarayıcıların amacı, bir nesnenin üç boyutlu olarak görüntüsünü kaydetmektir. En sık kullanılan dijital formatlar açık STL (Standart /Üçgenleme Dili) ve kilitli STL benzeri formatlardır. Bu formatlar, üç nokta ve bir normal yüzey olarak tanımlanan bir dizi üçgenleştirilmiş yüzey ile açıklanmaktadır. Bununla birlikte, diş dokularının rengini ve dokusunu kaydetmek için PLY (Polygon File Format) gibi farklı dosya formatları da geliştirilmiştir (Logozzo, Zanetti & Franceschini &ark.,2014).

İntraoral tarayıcılarda kullanılan kameralar bir ışık cihazına ihtiyaç duymaktadır. Bu ışık sayesinde tarama, bireysel görüntü veya video olarak kaydedilmekte ve ardından yazılım tarafından ilgili noktaların (POI) tanımlanmasıyla birleştirilmektedir. Her noktanın ilk iki koordinatı görüntü üzerinde değerlendirilip üçüncü koordinat ise kameranın nesneye olan mesafesinin hesaplanmasına bağlı olarak belirlenmektedir (Revilla-Leon, Jiang & Sadeghpour &ark.,2020). Oluşturulan her bir görüntü analiz edilip yazılım tarafından ilgili noktalar (POI) seçilir, farklı görüntüler arasındaki benzerlikler hesaplandıktan sonra denk gelen POI'lerin eşleşmesi sağlanır ve bir projeksiyon matrisi aracılığıyla koordinatları olan üçgenler (mesh) oluşturulmaktadır. Farklı ağız içi tarama cihazları arasında mesh yoğunluğu ve kalite farklılığı bulunmaktadır ve intraoral tarayıcı programları tarafından kullanılan yazılımlar, değişen mesh yoğunluklarında dosya üretebilmekte ve böylece yüksek yoğunluklu meshler sayesinde daha doğru analiz sonuçları ve yüzey ayrıntılarının daha iyi üretilmesi sağlanmaktadır (Subramanian &ark.,2020).

3 boyutlu görüntülemenin en büyük zorluklarından biri, farklı açılardan alınan ilgili noktaların (POI) eşleştirilmesidir. Yazılımda, benzerlik hesaplaması kullanılarak görüntülerin benzer açıları belirlenir. Farklı görüntülerdeki POI'lerin karşılaştırılması sağlanır. Bu görüntülerdeki benzerlikler bir dönüşüm matrisi kullanılarak değerlendirilip birleştirilmektedir (Paddock,1999).

Dış hekimliğinde en sık kullanılan 3B görüntülemelerden biri konfokal görüntülemedir. Bu görüntülemede bir nesnenin farklı odak ve açıklık değerlerinde ve nesne etrafından farklı açılardan alınan ardışık görüntüler karşılaştırılıp yeniden

yapılandırılabilir. Bu teknoloji, lensin odak uzaklığı ile nesneye olan mesafeyi belirlemek için görüntünün keskinlik alanını belirler (Grunheid, Carthy & Larson,2014). Bu keskinlik alanı, operatörün el manipülasyonu ile oluşabilecek hareket bulanıklığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu görüntüleme kullanılırken büyük başlığa sahip optikler gerekebilmekte ve bu durum klinik uygulama sırasında zorluk yaratabilmektedir (Doubleday,1998).

Genellikle intraoral tarayıcıların kalitesini değerlendirirken en önemli faktörlerden biri doğruluktur. Ağız içi tarama doğruluğu, gerçeklik ve hassasiyet ile tanımlanmaktadır. Gerçeklik, ağız içi dijital taramanın dijitalleştirilen ağız içi dokuların gerçek boyutlarına ne kadar yakın olduğu ile ölçülürken; hassasiyet, aynı intraoral tarayıcı sistemi kullanılarak aynı tarama koşulları altında elde edilen ağız içi dijital taramanın tekrarlanabilirliğini ölçmektedir. Diş hekimleri, yüksek gerçeklik ve yüksek hassasiyet değerlerine sahip intraoral tarayıcı cihazlarını tercih etmelidirler (ISO 5725-1,1994).

Diş hekimliği literatüründe intraoral tarayıcıların doğruluğunu azaltabilecek birden fazla faktör tanımlanmıştır. Bu faktörleri anlamak ve tanımak, dijital iş akışı kullanılarak yapılan diş tedavilerinin öngörülebilirliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Bu faktörler ya operatör ya da hasta ile ilgili olmaktadır. İntraoral tarayıcı sistemlerinin tarama doğruluğunu önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri operatör becerileridir. Bu durumun sınıflandırılmasının amacı, intraoral tarayıcının işlevselliğinin anlaşılmasını sağlamak, tarayıcı sistemlerinin doğruluğunu en üst düzeye çıkarabilmek ve dijital iş akışlarının günlük diş hekimliği uygulamalarına entegrasyonunu kolaylaştırmaktır.

Operatör faktörleri, diş hekiminin intraoral tarayıcıların doğruluğunu etkileyen beceri ve kararlarını ifade etmektedir. Bu operatör faktörleri arasında intraoral tarayıcı teknolojisi ve sistem seçimi, tarama başlığı boyutu, kalibrasyon, tarama mesafesi, intraoral tarayıcıların ortam sıcaklık değişimlerine, ortam nemine ve ortam aydınlatma koşullarına maruz kalması, operatör deneyimi, tarama deseni, tarama uzunluğu ve kesme, yeniden tarama işlemleri yer almaktadır.

İntraoral Tarayıcı Teknolojisi ve Sistemleri

Diş hekiminin ilk kararı bir intraoral tarayıcı sistemi seçmektir. Mevcut çeşitli tarama teknolojisi ve intraoral tarayıcı sistemleri bulunmaktadır ve her sistemin, seçilen cihazın donanım ve yazılım özellikleri tarafından belirlenen sınırlamaları bulunmaktadır. İntraoral tarayıcıların seçimi için başlangıç maliyeti, aylık abonelik ücretleri, tarama hızı, cihaz boyutu, kullanım kolaylığı, yazılımı, kablosuz seçenek ve üretici desteği gibi farklı seçim kriterleri bulunmaktadır. Aynı zamanda seçilen intraoral tarayıcı cihazının doğruluğu dental restorasyonların üretim sürecini de etkilemektedir (Grunheid, Carthy & Larson,2014).

İntraoral tarayıcılar ile geleneksel ölçü alma yöntemlerinin karşılaştırılması amacıyla PubMed, Web of Science gibi veri tabanlarında birçok makaleyi içeren kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Ancak, bu çalışmaların tümünde hem doğruluk hem hassasiyet değerlendirilememiştir. Aynı zamanda in-vivo doğruluğun belirlenmesinde kullanılan yöntemlerde ve referanslarda farklılıklar mevcuttur. Bundan dolayı bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir (Jennes, Soetebeer&Beuer,2022).

Diş hekimliği literatüründe, mevcut farklı tarama teknolojileri ve sistemleri arasında, farklı klinik uygulamalara göre tarama doğruluğu farklılıkları da rapor edilmiştir. Kullanılan tarama teknolojileri ve intraoral tarayıcı sistemlerinin geleneksel ölçüm yöntemleri ile kıyaslandığında benzer doğruluğa sahip tanısal modeller elde edilmiştir (Braian & Wennerberg,2019; Tabes& ark.,2021; RenSon & Lee,2021; Morsy, El Kateb & Azer,2021; Hasanzade ark.,2021; Rasaie, Abduo & Hashemi,2021; Fueki, Inamochi & Wada& ark.,2022).

Yapılan klinik çalışmalar, tam ark ağız içi dijital taramaların elde edilmesi için intraoral tarayıcıların doğruluğunu değerlendirmiş ve ortalama gerçeklik değerinin 73 ile 433 µm, ortalama hassasiyet değerinin ise 80 ile 199 µm arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Rasaie, Abduo & Hashemi,2021; Fueki, Inamochi & Wada & ark.,2022). Tam ark diş ve implant destekli protetik restorasyonların üretimi için intraoral tarayıcılar kullanılarak yapılan taramaların doğruluğu ve hassasiyeti ile yarım ark veya kısa restorasyon taramaların doğruluk ve hassasiyetinde anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

İmplantın diş gibi doğal bir hareketi bulunmamaktadır. Bu nedenle, implant ile üst yapı protetik restorasyonu arasındaki pasif uyum oldukça önemlidir ve bunun için doğru bir tanı modeline ihtiyaç vardır. Geleneksel ölçü yöntemlerinde her aşama doğru bir şekilde yapılırsa bile minimal hatalar oluşabilmekte, abutment ile restorasyon arasında boşluk oluşabilmektedir (10µm -150µm). Dijital iş akışında, geleneksel yöntemlerde oluşabilecek ölçü malzemesinin büzülmesi ya da alçının genişlemesi gibi durumlar olmasa bile intraoral tarayıcıların kullanımı sırasında hata

oluşturabilecek birçok faktör bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, intraoral tarayıcılar ve geleneksel yöntemler ile üretilen protetik restorasyonlarda benzer marjinal ve iç uyum bulunmuştur (Jennes, Soetebeer&Beuer,2022; Schmidt, Wstmann & Schlenz,2022).

Günümüzde, tam protezler ve Kennedy Sınıf I ve II hareketli bölümlü protezlerin üretimi için intraoral tarayıcıların kullanımı istenmektedir ama yapılan çalışmalarda, mukozanın yer aldığı dişsiz alanların intraoral tarayıcılar ile doğru bir şekilde taranamadığı görülmüştür. Bu nedenle, tam protezler veya Kennedy Sınıf I ve II hareketli bölümlü protezlerin üretimi için geleneksel yöntemlerle alınan ölçülerin intraoral tarayıcılar kullanılarak dijitalleştirilmesi önerilmiştir (Rasaie, Abduo & Hashemi,2021; Wulfman, Naveau & Rignon-Bret, 2020).

Tarama Başlığı Boyutu

Piyasada mevcut olan farklı tarama başlığı boyutları bulun. Küçük başlık boyutları, sınırlı ağız açıklığına sahip hastalar gibi erişilebilirliğin az olduğu durumlarda, ağız içi diğital taramaların elde edilmesi için pratik bir seçenek sunmaktadır. Ancak, genellikle aynı intraoral tarayıcı cihazları için farklı tarama ucu boyutları bulunmamaktadır. Yapılan alışmalar, tarama başlığı boyutunun intraoral tarayıcıların doğruluğu ve hassasiyeti üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmalarda, küçük boyutlu tarama başlığı ile bk boyutlu tarama başlığı kıyaslandığında, bk tarama başlıklarının daha iyi doğruluk ve hassasiyet gösterdiği bulunmuştur. Bu durum, küçük tarama başlığının farklı bir tarama deseni ve farklı bir bitiş tekniği gerektirmesi ile açıklanabilir. Tarama başlığı boyutundaki değişikliğin intraoral tarayıcıların tarama doğruluğu üzerindeki etkilerini belirleyebilmek için daha kapsamlı çalışmalara

ihtiyaç vardır (Hayama&ark.,2018; An, Langas&Gill,2022). Aynı zamanda yapılan bu çalışmalarda hızlı tarama ile normal ve yavaş tarama hızı kıyaslandığında hızlı taramanın daha düşük hassasiyet gösterdiği saptanmıştır.

Intraoral Tarayıcıların Kalibrasyonu

Align Technologies'in iTero Element ve 3Shape A/S'ın Trios 5 intraoral tarayıcılarında sisteme entegre halde kalibrasyon sistemi yer almaktadır. Bu iki tarayıcı dışındaki tüm intraoral tarayıcılar, diş hekimi tarafından tarayıcının kalibre edilmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda her intraoral tarayıcısına, üreticisi tarafından özel bir kalibrasyon cihazı ve protokolü sağlanmaktadır (Ricket, Gouriât&Venet,2017).

Ayrıca intraoral tarayıcı yazılım programları, son kalibrasyondan bu yana geçen zamana veya son kalibrasyondan bu yana elde edilen intraoral dijital tarama sayısına göre sistemin kalibrasyonunu gerektiren uyarılar göndermektedir. Diş hekimlerinin de veri toplama prosedürlerine başlamadan önce günlük tarayıcı kalibrasyonunu sağlamak amacıyla klinik işlemlerine protokoller eklemeleri önerilmektedir (Revilla-Leon, Gohil & Barmak & ark.,2022).

Tarama Mesafesi

Tarama mesafesi, taranan yüzey ile intraoral tarama ucu arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Tarama derinliği ise tarayıcının güvenilir verileri yakalayabileceği odak derinliği olarak tanımlanmaktadır. Son çalışmalarda, tarama mesafesi değiştirildiğinde tarama doğruluğunda tutarsızlıklar olduğu bildirilmiştir. Ancak, tarayıcının optimum tarama mesafesi ve odak

derinliği, seçilen intraoral tarayıcıların donanımı tarafından belirlenmektedir. Her intraoral tarayıcı üretici firması, sistemin uygun kullanımı ve intraoral tarayıcıların performansının optimize edilmesi için optimum tarama mesafesini açıklamaktadır. Mevcut araştırmalar, tarayıcı uç ile taranan yüzey arasında 10 mm’lik mesafenin optimum değeri olduğunu bildirmişlerdir (Kim&ark.,2022; Rotar&ark.,2022).

Ortam Sıcaklığı Değişiklikleri

Yapılan alışmalar ortam sıcaklığı değişikliklerinin intraoral tarama doğruluğu üzerinde etkisi olduğunu bildirmişlerdir. İntraoral tarayıcılar ortam sıcaklığına her zaman maruz kalmaktadır. Ortam sıcaklığı değişikliği intraoral tarayıcıların kalibrasyonunu bozmakta ve dolayısıyla tarama doğruluğunu da azaltmaktadır. Ortam sıcaklığının arttırılması, ortam sıcaklığının azaltılmasına kıyasla intraoral tarayıcıların doğruluğu üzerinde daha fazla etkiye sahiptir (Revilla-Leon, Gohil & Barmak&ark.,2022).

Ortam Nemliliği

Ortam neminin intraoral tarama doğruluğu üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Yapılan bir laboratuvar çalışmasında, Trios 3 ile CS 3500 tarama cihazları arasında, ağız içi ortam simüle edilerek bir çalışma yapılmıştır. Her iki tarayıcı da çevresel faktörlere karşı dayanıklılık göstermiştir. Fakat Trios 3, CS 3500’e göre doğruluk ve tekrarlanabilirlik açısından daha iyi bir sonuç vermiştir (Park & ark.,2018). Ortam neminin ağız içi tarama doğruluğunu etkileyip etkilemediğini anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Nemin, intraoral tarayıcılar üzerindeki etkisini en aza indirmek için tarayıcıların kalibre edilmesi önerilmektedir.

Ortam Aydınlatma Koşulları

Ağız içi taramanın yapıldığı ortamın ışık yoğunluğu, özellikle dişli hastalarda tarama yaparken önemli bir faktördür. Önerilen aydınlatma koşulunun kullanılan intraoral tarayıcılara bağlı olduğu bulunmuştur (Tablo 1).

İntraoral tarayıcıların doğruluğunu en üst düzeye çıkarabilmek için genel bir aydınlatma koşulu olmamakla birlikte, çoğu intraoral tarayıcı 1000lüks olarak bilinen oda aydınlatma koşulları altında daha iyi bir performans göstermektedir. Bu aydınlatmayı sağlamak için diş hekimi ünitesinin ışığı kapalı olmalı ve sadece odanın tavan ışığı açık olmalıdır. Her odanın, çalışma alanının ışık yoğunluğu farklı olabilmektedir. Bundan dolayı ortam aydınlatma koşullarını standardize etmek için lüksmetre kullanımı önerilmektedir (Park & ark.,2018; Arakida & ark.,2018).

Tablo 1. Seçilen intraoral tarayıcılara göre önerilen ortam aydınlatma koşulları

Ağız içi tarayıcı	Dişlerin varlığında optimum ortam aydınlatma koşulları
Adva; GC America	1000 veya 5000 Lüks
CS 3600; Carestream	500 Lüks
i500; Medit	1000 Lüks
iTero Element; Align Technologies	1000 Lüks
Omnicam; Dentsply Sirona	0 Lüks veya 100 Lüks
PrimeScan; Dentsply Sirona	1000 Lüks
Trios 3; 3Shape A/S	1000 Lüks

Operatör Deneyimi

Ağız içi tarama yapan operatörün daha önceki deneyimi, intraoral tarayıcıların doğruluğunu etkileyebilecek bir faktördür. Operatör deneyimi arttıkça ağız içi dijital taramanın doğruluğu artmaktadır ve tarama süresini de azaltarak dijital işlemin verimliliğini de arttırmaktadır.

Diş hekimleri, ağız içi taramayı etkin kullanabilmek için bir öğrenme deneyimine ihtiyaç duyarlar. 2021 yılında yapılan bir ankette, ağız içi tarayıcı kullanan diş hekimlerinin %82'sinin satın aldıkları intraoral tarayıcıların eğitimi için üretici firmadan eğitim aldıkları, %52'sinin ise kendi deneyimi ile öğrendiği ortaya çıkmıştır. Teknoloji ilerledikçe ve daha çok çalışma yapıldıkça kanıta dayalı öğrenmenin daha çok ön plana çıkması sağlanabilir ve bu sayede bilgi akışı daha kolay ve öğrenilebilir olabilir (Revell,Simon&Mennito,2021; Resende,Barbosa&Moura,2021).

Tarama Deseni

Ağız içi dijital tarama yapılırken kullanılan tarama deseni intraoral tarayıcıların doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, tarama deseni değiştirildiğinde ağız içi dijital taramanın doğruluğu da değişir. Genel olarak, seçilen intraoral tarayıcıların üreticisi tarafından önerilen tarama deseninin takip edilmesi tavsiye edilmektedir (Oh,Park&Moon,2020).

Tarama deseni, tam ark implant rehabilitasyonu için yapılan dijital ölçümlerin doğruluk ve hızını önemli ölçüde etkiler; tarayıcı türü ve tarama deseni arasındaki uyum, alınan ölçülerin doğruluğunda belirleyici bir rol oynamaktadır (Zhongpeng, Tianmin & Ruoping,2019).

Klinik bir çalışma, aynı tarama desenini elde etmek için tarama başlığını farklı açılarla konumlandırmış ve intraoral tarayıcıların döndürülmesinin tam ark taramalarının tarama doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Araştırmacılar, tarayıcı başlığı tarama boyunca yatay bir şekilde konumlandığında, tarayıcının dikey yönlerde döndürülmesine kıyasla daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır (Oh,Park&Moon,2020).

Tarama Uzunluğu

Diş hekimleri, tek diş restorasyonları veya kısa uzunlukta sabit restorasyonlar üretirken ağız içi dijital taramanın uzunluğuna (örneğin, yarım ark veya tam ark taraması) karar vermelidir. Ağız içi dijital taramanın uzunluğu, intraoral tarayıcıların doğruluğunu etkileyebilmektedir. Yapılan çalışmalarda, yarım ark taramalarının tam ark taramalarına kıyasla daha yüksek tarama doğruluğu bildirilmiştir (Diker&Tak,2021).

Bir klinik çalışmada, Revilla-León ve arkadaşları, bir intraoral tarayıcı (Trios3) ile elde edilen yarım ve tam ark taramalarının doğruluğunu karşılaştırmıştır. Araştırmacılar, yarım ark ağız içi dijital taramalarda, tam ark taramalara kıyasla daha yüksek doğruluk bildirmişlerdir. Kernin ve arkadaşları, üç farklı intraoral tarayıcı (True Definition, Trios 3 ve Omnicam) kullanarak hastalarda yarım ve tam ark taramalarının doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Yarım ark ağız içi dijital taramalarda, araştırmacılar True Definition için ortalama doğruluk $\pm$ hassasiyet değerini $47 \pm 31 \mu\text{m}$, Trios 2 için $38 \pm 23 \mu\text{m}$ ve Omnicam için $45 \pm 43 \mu\text{m}$ olarak rapor etmiştir. Tam ark ağız içi dijital taramalarda ise True Definition için ortalama doğruluk $\pm$ hassasiyet değeri 433 ± 153

μm , Trios 2 için $147 \pm 80 \mu\text{m}$ ve Omnicam için $198 \pm 198 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur (Chen & ark.,2022).

Tarama Görüntüsünü Kesme, Yeniden Tarama ve Görüntünün Eşleştirilmesi

Tarama görüntülerini kesme ve yeniden tarama işlemleri, diş hekimliği literatüründe ağız içi tarama doğruluğunu azaltabilecek faktörler olarak tanımlanmıştır. Önceki laboratuvar ve klinik çalışmalar, ağ dokusu boşluklarının yeniden taranmasının, ağız içi dijital taramaların doğruluğunu önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca yeniden taranan ağ dokusu boşluklarının sayısı ve çapı arttıkça doğruluk da azalmaktadır. Ağız içi dijital taramaların doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak için, taramanın ağ dokusu boşlukları veya eksik bilgiler bırakılmadan elde edilmesi ve bu alanların operatör tarafından yeniden taranmasına ihtiyaç duyulmayacak şekilde gerçekleştirmesi önerilmektedir (Revilla-Leon& ark.,2022; Gomez-polo&ark.,2021; Passos&ark.,2022).

Sonuç

Operatör becerileri ve kararları, ağız içi tarama doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu operatör faktörleri arasında tarama teknolojisi ve sistem seçimi, tarama başlığı boyutu, kalibrasyon, tarama mesafesi, intraoral tarayıcıların ortam sıcaklık değişimlerine maruz kalması, ortam nemi, ortam aydınlatma koşulları, operatör deneyimi, tarama deseni, tarama uzunluğu ve tarama görüntülerini kesme, yeniden tarama ve görüntü eşleştirme işlemlerinin kullanımı yer almaktadır. Diş hekimlerinin, intraoral tarayıcıların doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak ve dijital iş akışlarını günlük uygulamalara başarıyla entegre etmek için bu operatör faktörlerini bilmesi ve anlaması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.05.005>

Arakida, T., Kanazawa, M., Iwaki, M., Suzuki, T., & Minakuchi, S. (2018). Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *Journal of prosthodontic research*, 62(3), 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.12.005>

Braian M, Wennerberg A. (2019) Trueness and precision of 5 intraoral scan- ners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: a comparative in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2019;122(2):129-136.e2.

Chen, Y., Zhai, Z., Watanabe, S., Nakano, T., & Ishigaki, S. (2022). Understanding the effect of scan spans on the accuracy of intraoral and desktop scanners. *Journal of dentistry*, 124, 104220. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104220>

Chiche, G. J., & Pinault, A. (1996). *Esthetics of Anterior Fixed Prosthodontics*. (1.baskı) Chicago, ABD: Quintessence.

Diker, B., & Tak, Ö. (2022). Accuracy of six intraoral scanners for scanning complete-arch and 4-unit fixed partial dentures: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 128(2), 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.007>

Doubleday B. (1998). Impression materials. British journal of orthodontics, 25(2), 133–140.
<https://doi.org/10.1093/ortho/25.2.133>

Fueki, K., Inamochi, Y., Wada, J., et al. (2022). A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record. *Journal of Prosthodontic Research*, 66(1), 40-52.

Goldstein R.E. (1998). Esthetics in dentistry. Principles, Communication, Treatment Methods. R.E. Goldstein (Ed.), Esthetics in dentistry içinde (s.3-51). Hamilton, Canada: BC Decker.

Gomez-Polo M, Piedra-Cascon W, Methani MM, Quesada-Olmo N, Farjas-Abadia M, Revilla-Leon M. (2021) Influence of rescanning mesh holes and stitching procedures on the complete-arch scanning accuracy of an intraoral scanner: An in vitro study. *J Dent*. 110,103690.

Grunheid, T.; Mc Carthy, S.D.; Larson, B.E. (2014) Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 146, 673–682.

Hasanzade, M., Aminikhah, M., Afrashtehfar, K. I., & Alikhasi, M. (2021). Marginal and internal adaptation of single crowns and fixed dental prostheses by using digital and conventional workflows: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(3), 360-368.

Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N. (2018). Trueness and precision of digital impressions obtained using an

intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res.* 62(3),347-352

ISO 5725-1. (1994) Accuracy (Trueness and Precision) of Measuring Methods and Results. Part-I: General Principles and Definitions. Beuth Verlag GmbH;2-24.

Jennes, M. E., Soetebeer, M., & Beuer, F. (2022). In vivo full-arch accuracy of intraoral scanners: a narrative review. *International journal of computerized dentistry*, 25(1), 9–16.

Kim MK, Kim JM, Lee YM, Lim YJ, Lee SP. (2019) The effect of scanning distance on the accuracy of intra-oral scanners used in dentistry. *Clin Anat.* 32(3),430-438.

Kong, L., Li, Y., & Liu, Z. (2022). Digital versus conventional full-arch impressions in linear and 3D accuracy: A systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *Clinical Oral Investigations*, 26(11), 5625-5642

Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., et al. (2014). Recent advances in dental optics - Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 54, 187-196.

Morsy, N., El Kateb, M., Azer, A., & Fathalla, S. (2023). Fit of zirconia fixed partial dentures fabricated from conventional impressions and digital scans: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*, 130(1), 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.08.025>

Oh, K. C., Park, J. M., & Moon, H. S. (2020). Effects of Scanning Strategy and Scanner Type on the Accuracy of Intraoral Scans: A New Approach for Assessing the Accuracy of Scanned

Data. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(6), 518–523. <https://doi.org/10.1111/jopr.13158>

Paddock, S.W. (1999). *Confocal microscopy methods and protocols*. In S.W. Paddock (Ed.), *Confocal Microscopy Methods and Protocols*. Totowa, NJ, USA: Humana Press

Papaspyridakos, P., Vazouras, K., Chen, Y. W., Kotina, E., Natto, Z., Kang, K., & Chochlidakis, K. (2020). Digital vs Conventional Implant Impressions: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(8), 660–678. <https://doi.org/10.1111/jopr.13211>

Park, H. N., Lim, Y. J., Yi, W. J., Han, J. S., & Lee, S. P. (2018). A comparison of the accuracy of intraoral scanners using an intraoral environment simulator. *The journal of advanced prosthodontics*, 10(1), 58–64. <https://doi.org/10.4047/jap.2018.10.1.58>

Passos L, Meiga S, Brigag~ao V, Neumann M, Street A. (2022) 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.* 66,509-513.

Pérez-Giugovaz, M. G., Park, S. H., & Revilla-León, M. (2021). Three-dimensional virtual representation by superimposing facial and intraoral digital scans with an additively manufactured intraoral scan body. *The Journal of prosthetic dentistry*, 126(4), 459–463. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.012>

Rasaie, V., Abduo, J., & Hashemi, S. (2021). Accuracy of Intraoral Scanners for Recording the Denture Bearing Areas: A Systematic Review. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 30(6), 520–539. <https://doi.org/10.1111/jopr.13345>

Ren, X., Son, K., & Lee, K. B. (2021). Accuracy of Proximal and Occlusal Contacts of Single Implant Crowns Fabricated Using Different Digital Scan Methods: An In Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(11), 2843. <https://doi.org/10.3390/ma14112843>

Resende, C. C. D., Barbosa, T. A. Q., Moura, G. F., Tavares, L. D. N., Rizzante, F. A. P., George, F. M., Neves, F. D. D., & Mendonça, G. (2021). Influence of operator experience, scanner type, and scan size on 3D scans. *The Journal of prosthetic dentistry*, 125(2), 294–299. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.12.011>

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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.01.013>

Revilla-León, M., Gohil, A., Barmak, A. B., Gómez-Polo, M., Pérez-Barquero, J. A., Att, W., & Kois, J. C. (2023). Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. *The Journal of prosthetic dentistry*, 130(5), 755–760. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.012>

Revilla-León, M., Sicilia, E., Agustín-Panadero, R., Gómez-Polo, M., & Koïs, 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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.10.017>

Revilla-León, M., Subramanian, S. G., Özcan, M., & Krishnamurthy, V. R. (2020). Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness and Precision) of an Intraoral Scanner. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(2), 107–113. <https://doi.org/10.1111/jopr.13135>

Revilla-León, M., Jiang, P., Sadeghpour, M., Piedra-Cascón, W., Zandinejad, A., Özcan, M., & Krishnamurthy, V. R. (2020). Intraoral digital scans: Part 2-influence of ambient scanning light conditions on the mesh quality of different intraoral scanners. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(5), 575–580. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.004>

Revilla-León, M., Zeitler, J. M., Barmak, A. B., & Koïs, J. C. (2024). Accuracy of the 3-dimensional virtual patient representation obtained by using 4 different techniques: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 131(6), 1178–1188. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.05.016>

Richert, R., Goujat, A., Venet, L., Viguié, G., Viennot, S., Robinson, P., Farges, J. C., Fages, M., & Ducret, M. (2017). Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *Journal of healthcare engineering*, 2017, 8427595. <https://doi.org/10.1155/2017/8427595>

Rotar, R. N., Faur, A. B., Pop, D., & Jivanescu, A. (2022). Scanning Distance Influence on the Intraoral Scanning Accuracy-An In Vitro Study. *Materials* (Basel, Switzerland), 15(9), 3061. <https://doi.org/10.3390/ma15093061>.

Rufenacht, C. R. (1990). *Estetik Temelleri*. C. R. Rufenacht (Ed.), *Fundamentals of Esthetics içinde* (ss. 205-241). Chicago, ABD: Quintessence.

Schmidt, A., Wöstmann, B., & Schlenz, M. A. (2022). Accuracy of digital implant impressions in clinical studies: A systematic review. *Clinical oral implants research*, 33(6), 573–585. <https://doi.org/10.1111/clr.13951>

Tabesh, M., Nejatidanesh, F., Savabi, G., Davoudi, A., Savabi, O., & Mirmohammadi, H. (2021). Marginal adaptation of zirconia complete-coverage fixed dental restorations made from digital scans or conventional impressions: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of prosthetic dentistry*, 125(4), 603–610. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.01.035>

Wulfman, C., Naveau, A., & Rignon-Bret, C. (2020). Digital scanning for complete-arch implant-supported restorations: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 124(2), 161–167. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.06.014>

Zhongpeng Y, Tianmin X, Ruoping J.(2019). Deviations in palatal region between indirect and direct digital models: an in vivo study. *BMC Oral Health*.19(1),66. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0751-3>

BÖLÜM III

Ağız İçi Dijital İmplant Taramaları: Tarama Doğruluğunu Etkileyen Parametreler

Sıla Sultan GÖKOĞLU¹
Özlem ÖZİŞÇİ²

Giriş

Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), 1980'lerden itibaren diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (Marti&ark.,2017). Günümüzde, teknolojinin sürekli gelişmesi nedeniyle CAD/CAM uygulamaları, dental alt yapıların üretimi için geleneksel döküm işleminden daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Lin&ark.,2014). Dijital iş akışı, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında ölçü prosedürü, dezenfeksiyon, ölçülerin dental laboratuvarlara iletimi, alçı model üretimi gibi

¹ Arş. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, slagokoglu@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, ozlemozisci@sdu.edu.tr

basamakları ortadan kaldırmaktadır (Şen,2020; Mandelli&ark.,2017). Belirli bir standarda oturtulmuş üretim süreci sayesinde CAD/CAM sistemleri, yüksek kalitede restorasyonların üretilmesine olanak sağlar (González de Villambrosia&ark.,2017).

Protetik restorasyonların üretiminde ağız içi tarayıcılardan beklenen destek, dış/implant ve bunları çevreleyen dokuların dijital verilerini hassas bir şekilde elde etme yeteneği ile ilişkilidir. Bir ağız içi tarayıcının vazgeçilmez bileşenlerinden biri olan tarama hassasiyeti, iki parametreden oluşmaktadır. Bunlar doğruluk (trueness) ve kesinlik (precision) olarak ifade edilmektedir (Vandeweghe&ark.,2015; ISO, 1994). Doğruluk, taranan nesnenin gerçek boyutlarından sapmasını ifade eder (Vandeweghe&ark.2015; ISO 1994; Ender&Mehl,2013). Kesinlik ise tekrarlanan taramalar arasındaki sapmayı ifade eder. Yüksek doğruluk, ölçülen nesnenin orjinal boyutlarına ne kadar yakın olduğunu, yüksek kesinlik ise ölçümün tutarlılığını belirtir (ISO,1994). Sonuç olarak, restorasyonların uyumu, dental tarayıcıların doğruluk ve kesinliğine bağlıdır (Vandeweghe&ark.,2015). Ancak ağız içi tarayıcıların doğruluğu çeşitli faktörlerden etkilenebilmektedir. Restorasyonların uzun vadeli başarısı ve pasif uyumu için yüksek hassasiyetli ölçüler gereklidir. Bu nedenle ölçü doğruluğunu etkileyen faktörleri anlamak ve etkilerini en aza indirmek önemlidir (Revilla-León&ark.,2023).

Ağız İçi İmplant Taramalarında Tarama Doğruluğunu Etkileyen Parametreler

Ağız içi tarayıcılarda tarama sürecine ve sonuçlarına etkisi olabilecek faktörleri bilmek önemlidir. Dış hekimliği literatürü, ağız içi tarayıcıların doğruluğunu etkileyebilecek operatör ve hasta ile

ilgili değişkenleri belirlemiştir (Revilla-León, Kois, &Kois, 2023a,2023b) (Tablo 1.).

Tablo 1.Tarama Doğruluğunu Etkileyen Faktörler

Operatöre Bağlı Faktörler	Hastaya Bağlı Faktörler
Ortam aydınlatma koşulları	Çene arkı formu
Tarama deseni	İmplantın diş arkındaki konumu
Tarama gövdesi tasarımı (materyal, geometri, tutuculuk sistemleri)	İmplantlar arası mesafe, implant derinliği ve açısı
Tarama gövdesi splintleme yöntemleri	Dişler arası boşluk (komşu diş ve tarayıcı gövdesi)

Operatöre Bağlı Faktörler

Ağız içi tarayıcıların doğruluğu klinisyene bağlıdır (Revilla-León, Kois &Kois, 2023). Esas olarak operatörle ilgili dört değişken vardır. Bunlar; ortam aydınlatma koşulları (Ochoa-López&ark.,2022), tarama deseni (Li&ark.,2022; Kanjanasavitree, Thammajaruk Guazzato,2022; Gómez-Polo&ark.,2023), tarama gövdesi tasarımı (Arcuri & ark.,2020; Schmidt & ark.,2021; Tan & ark.,2022; Althubaitiy & ark.,2022; Revilla-León&ark.,2021; Lawand&ark.,2022) ve kullanılan tarama tekniğidir (tarama gövdesi splintleme yöntemleri). Dişlerin yanı sıra implant taramalarında kullanılan tarama gövdelerini de dikkate almak önemlidir.

Ortam Aydınlatma Koşulları

Ortam aydınlatma koşulları, ağız içi dijital taramanın elde edildiği odanın ışık yoğunluğu (lux) olarak tanımlanabilir (Revilla-León, Kois, & Kois, 2023). Işık yoğunluğunun intraoral olarak ölçülebilmesi için bir lüksmetre gereklidir. Tüm ağız içi tarayıcıların doğruluğunu en üst düzeye çıkarabilecek herkes tarafından kabul edilebilen net bir aydınlatma koşulu olmasa da ağız içi tarayıcıların çoğunluğu oda aydınlatma koşulları olarak bilinen 1000 lux ortam aydınlatma koşullarında daha iyi performans göstermektedir (Revilla-León, Jiang & Sadeghpour, 2020a, 2020b; Revilla-León & ark., 2020; Arakida & ark., 2018; Revilla-León, Subramanian, & Krishnamurthy, 2021; Koseoglu, Kahramanoglu & Akin, 2021). Bu ortam aydınlatma koşulunu sağlayabilmek için oda tavan ışığını açık bırakırken diş hekimi ünitesinin ışığını kapatmak gerekir. Fakat birçok oda veya ameliyathane farklı ortam aydınlatma koşullarına sahip olabilmektedir. Bu nedenle ortam aydınlatma koşullarını standardize edebilmek için bir lüksmetre kullanılması önerilir. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada (Gómez-Polo & ark., 2022), tarama gövdeleri ağızdayken beş farklı ortam koşulunun yedi farklı marka ağız içi tarayıcının üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, dişleri veya tarama gövdelerini tararken ağız içi tarayıcılar için optimum ortam aydınlatma koşulları birbirinden farklı olabilmektedir. Bu nedenle ortam aydınlatma koşullarının ağız içi tarayıcıların tarama doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Tarama Deseni

Tarama deseni, intraoral dijital taramanın elde edilmesi sırasında takip edilen adımlar olarak tanımlanabilir (Revilla-León,Kois,&Kois,2023). Tarama deseni veya sayısallaştırma dizisi, ağız içi tarayıcıların doğruluğunu önemli ölçüde etkilemektedir (Gómez-Polo&ark.,2022). Doğru sonuca ulaşabilmek için seçilen ağız içi tarayıcıya ait üretici firmanın önerdiği tarama deseninin izlenmesi gereklidir. İntraoral implant taramalarında tarama gövdelerinin dijitalleştirilmesi temel prosedürdür (Li&ark.,2022). Literatürde yer alan çalışmalarda intraoral implant taramaları elde etmek için kişiselleştirilmiş tarama desenleri bildirilmiş (Mangano&ark.,2020) ancak optimum tarama desenini değerlendiren çalışma sayısı oldukça azdır (Li&ark.,2022). Önceki çalışmalar, intraoral dijital taramanın doğruluğunun, tarama deseninin değiştirilmesiyle etkilenebileceğini göstermiştir. Ancak, bu çalışmaların çoğu tamamen dişli ağızlar üzerinde yapılmıştır. Yalnızca sınırlı sayıda çalışma, yarım ve tam çene intraoral dijital taramaları üzerindeki tarama deseninin etkisini analiz etmiş ve çelişkili sonuçlar rapor etmiştir.

Dönmez ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (Donmez&ark.,2022), sol kadranda 3 farklı bölgeye (santral, birinci premolar ve birinci molar) yerleştirilen implantlara sabitlenmiş ve ağız içi tarayıcı (TRIOS 3) kullanılarak 4 farklı tarama deseni ile dijital taramalar gerçekleştirilmiştir. Tarama doğruluğunun, tarama deseni ve implant konumundan etkilendiği gözlenmiştir. Palatal ve rotasyonel taramaları içeren tarama deseni, santral ve premolar implantlar için en düşük tarama doğruluğu ortaya koyarken, santral diş implantının taramaları, farklı bölgeler arasında en yüksek tarama

doğruluğuna sahiptir. Ancak, tarama deseni ve implant bölgesinin tarama hassasiyeti üzerine oldukça küçük bir etkisi olmuştur.

Yılmaz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise alt çene modelinde sağ birinci molar bölgede tek bir implant üzerinde kombine iyileşme başlığı-tarama gövde sistemleri kullanılmıştır. Model daha sonra ağız içi tarayıcı (TRIOS 3) kullanılarak 4 farklı tarama deseni ile taranmıştır. Tarama doğruluğu, tarama paterninden etkilenmiştir (Yılmaz&ark.,2022).

Gomez ve arkadaşları, 6 adet implant yer alan üst çene ve alt çene modelleri üzerinde intraoral tarayıcı kullanarak taramalar elde etmişlerdir. Kullanılan tarama desenine göre altı alt grup oluşturulmuştur. Sonuç olarak üst çene grubunda, alt çene grubuna göre daha düşük tarama doğruluk ve hassasiyet değerleri elde edilmiştir (Gómez-Polo & ark.,2022).

Tarama Gövde Tasarımı

Piyasada farklı tarama gövde tasarımları mevcuttur. Tarama gövdeleri yapıldıkları materyale veya tutuculuk sistemlerine göre sınıflandırılabilirler. Birden fazla tarama gövde geometrisi ve tasarımı mevcuttur. Ek olarak bazı üreticiler aynı tarama gövdesini farklı yüksekliklerde geliştirmişlerdir.

Kaydedilen verilerin güvenilirliğini tehlikeye atabilecek yetersiz tarama yapılması, tarama gövdesi ve komşu diş arasında boşluk olmaması, tarama gövdesi yüzeyiyle ilgili problemler gibi hataların olmaması için elde edilen görüntülerin incelenmesi ve doğruluğundan emin olunması oldukça önemlidir. Yapılan bazı çalışmalar, bir veya birden fazla implant içeren intraoral dijital taramaların tarama doğruluğu üzerinde tarama gövdesi materyalinin

özellikleri ve geometrisinin etkisini değerlendirmiştir. Veriler, esas olarak in vitro çalışmalardan elde edilmiştir ve bir tarama gövdesi tasarımının seçilmesi için sistematik bir öneriyi desteklememektedir. Ayrıca mevcut tüm ağız içi tarayıcılar için en iyi performansı gösteren tek bir tarama gövdesi tasarımı bulunamamaktadır (Mangano & ark.,2020; Arcuri & ark.,2020; Schmidt& ark.,2021;Tan & ark.,2022; Althubaitiy & ark.,2022; Revilla-León & ark.,2021; Lawand & ark.,2022; Pan & ark.,2022; Moslemion & ark.,2022).

Dijital olarak intraoral implant taramaları kaydedilirken, tarama gövdesinin sıkma torku veya tekrarlanan kullanımı nedeniyle oluşan pozisyon bozulması gibi ek hususlar dikkate alınmalıdır. Bu değişkenlerin tarama doğruluğunu nasıl etkilediğini analiz eden mevcut veriler nadirdir ve bu da sistematik klinik öneriler oluşturmayı zorlaştırmaktadır (Diker & ark.,2023; Kim, Son & Lee,2020; Sawyers, Baig & Elmasoud,2019; Arcuri & ark.,2020).

Tarama Gövdesi Splintleme Teknikleri

Dijital iş akışında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, ağız içi tarayıcı verilerinin toplanması sırasında implant pozisyonunun sapmasıdır. Bu durum, ağız içi tarayıcı verileri kullanılarak üretilen protetik restorasyonun pasif bir şekilde ağız içerisine yerleştirilmesini zorlaştırabilir. İntraoral dijital implant taramalarının doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak amacıyla farklı splintleme teknikleri denenmiştir. Fakat tam ark ağız içi dijital taramaların doğruluğunu optimize etmenin en iyi yöntemi hala belirsizdir. Yeni bir sistematik inceleme (Paratelli&ark.,2021), tam çene ağız içi dijital implant taramalarını kaydetmek için farklı implant tarama gövdesi splintleme tekniklerini analiz etmiştir. Bu

2021 yılında yayımlanan çalışma, diş hekimliği literatüründe 17 farklı tarama gövdesi splintleme tekniğinin tanımlandığını ortaya koymuştur. Kullanılan tarama gövdesinden bağımsız olarak en önemli durum tarama gövdelerinin rijit bir şekilde birleştirilmiş olmasıdır. Amaç dijitalleştirmeyi kolaylaştırmak ve kaydedilen taramalardaki doğruluğu arttırmaktır. Konvansiyonel dijital tarama protokolü ile karşılaştırıldığında, daha yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür ancak ek cihazlara ihtiyaç duyulması, intraoral taramaların sayısı ve klinik ile yazılım programı adımlarının zaman kaybı yaratması gibi konularda farklılıklar gözlemlenmiştir. Sınırlı sayıda çalışma olması nedeniyle, taramaların doğruluğunu arttırmak için optimal implant tarama gövdesi splintleme yöntemini belirlemek zordur (Paratelli & ark.,2021; Nedelcu & ark.,2023; Rutkunas & ark.,2022).

Başka bir çalışma (Nedelcu & ark.,2023), maksiller arkta altı implant yer alan beş hastada tarama gövdeleri (PEEK) splintleme yapılmadan, diş ipi ile splintlenerek ve bis-akril kompozit rezin ile splintlenerek tam ark intraoral dijital implant taramalarının doğruluğu karşılaştırılmıştır (Trios;3Shape A/S). Sonuçlar en yüksek ortalama doğruluk ve hassasiyet değerlerinden en düşüğe doğru sıralanacak olursa; splintleme yapılmayan grup en yüksek değerleri gösterirken en düşük ortalama doğruluk değeri bis-akril kompozit rezin grubunda ölçülmüştür. En düşük ortalama hassasiyet değeri, diş ipi ile splintlenen grupta elde edilmiştir. Sonuç olarak, splintleme yöntemleri arasındaki farkın klinik sonuçlar üzerindeki etkisi belirsizdir.

Başka bir çalışma (Liansana & ark.2022), tam ark ağız içi dijital implant taramasına yardımcı olmak için frezelenmiş ve

eklemeli üretim teknolojilerinin birleştirilmesiyle üretilen kalibre edilmiş bir splintleme çerçevesi kullanan bir tekniği açıklamaktadır. Başlangıçta, hastaya spesifik metal baskılı bir splintleme çerçevesi üretmek için bir intraoral dijital tarama kullanılmıştır. Bu çerçeve, konumu bir koordinat ölçüm makinesi ile üretim prosesi sırasında ölçülen frezelenmiş kesik koni şeklindeki işaretleyiciler içermekte ve modifiye edilmiş implant tarama gövdelerini splintleyerek tam ark implant dijital taramasına yardımcı olmaktadır.

Ağız içi tarayıcı verileri kullanılarak üretilen bir protetik restorasyonda, alınan verilerin doğruluğunun saptanması restorasyonun pasif yerleşimi için oldukça önemlidir. Bu nedenle, dijital veya konvansiyonel olarak yürütülen bir implant pozisyonu doğrulama yöntemi gereklidir. Tam ark intraoral dijital implant taramaları için splintleme yöntemlerine alternatif olarak, ters izlenim yöntemi tanımlanmıştır. Bu yöntemde tarama ile elde edilen pozisyonunun doğrulanması için, yeni tarama analogları ara proteze ekstraoral olarak bağlanarak taranır. Geçici protezin önce ağız içinde kontrolü sağlanıp sonra ağız dışında sanal olarak üst üste bindirilmesiyle implantların konumu doğrulanmış olur (Liaropoulou & ark.,2023).

Hastaya Bağlı Faktörler

Ağız içi tarayıcılar kullanılarak implantların 3 boyutlu konumu kaydedilirken dikkat edilmesi gereken bazı ek faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında taranan çene (üst çene ve alt çene), diş arkındaki implantın pozisyonu, implantlar arasındaki mesafe, implant derinliği ve açısı ve tarama gövdesi ile komşu dişler arasındaki interdental boşluk yer almaktadır (Gómez-Polo &

ark.2022a; Tan & ark.,2022; Thanasrisuebwong, Kulchotirat, & Anunmana,2021).

Çenelerin Konumu

İntraoral dijital implant taramaları alınırken taranan çenenin (üst çene ve alt çene) doğruluğunu analiz eden çalışmalar bulunmaktadır ancak bu çalışmalarda çelişkili sonuçlar bildirilmiştir.

Gómez-Polo ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptığı çalışmada (Gómez-Polo & ark.,2023), üst ve alt tam çene dijital implant taramalarının doğruluğu karşılaştırılmıştır. Her çenede 6 adet implant yer alan bir üst çene ve bir alt çene alçı model bir masaüstü tarayıcı (kontrol taramaları) kullanılarak sayısallaştırılmıştır. Üst çene taramaları damağı içermemektedir. Araştırmacılar, üst çene dijital implant taramalarının doğruluk ve hassasiyet ortalama değerlerinin, alt çene taramalarına kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, başka bir çalışma (Papaspnyidakos & ark.,2023), dişsiz üst ve alt çeneler için tam ark dijital taramalar ile konvansiyonel implant ölçüleri arasındaki üç boyutlu sapmaları karşılaştırmıştır. Tam ark dijital ve konvansiyonel ölçüler arasında bulunan üç boyutlu implant sapmalarının, klinik olarak kabul edilebilir eşik değerde olduğu görülmüş, üst ve alt çeneler arasında 3 boyutlu sapmalar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Başka bir klinik çalışma (Ma & ark.,2023), üst çene ve alt çene dijital implant taramaları arasındaki ekstraoral ve intraoral (Trios 2, v.21.2.0; 3Shape A/S) tarama doğruluğunu ve hassasiyetini incelemiştir. Her katılımcı için maksiller arka/ön bölge ve

mandibular arka/ön bölge olmak üzere dört referans model hazırlanmıştır. Araştırmacılar, üst çene arka bölge ve alt çene arka bölgelerinde, üst çene ön ve alt çene ön bölgelerine kıyasla daha düşük tarama doğruluğu bildirmişlerdir.

İmplantın Dental Arktaki Pozisyonu

İmplantın dental arktaki pozisyonu, kısmi ve tamamen dişsiz hastalarda tam çene intraoral dijital implant taramalarının doğruluğunu etkileyebilmektedir. Kısmi dişsiz hastalarda yapılan çalışmalardan birinde (Atalay&ark.,2021), implantların bulunduğu konumun ve operatöre bağlı faktörlerin, tarama görüntülerinin doğruluğu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Dişli üst çene modelde tarama gövdeleri sol santral diş, birinci premolar ve birinci molar diş olmak üzere üç bölgeye sabitlenerek üç operatör tarafından bir intraoral tarayıcı (TRIOS 3) kullanılarak kaydedilmiştir. İmplantların bulunduğu konumların, tarama doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Santral diş bölgesindeki implant taramaları yüksek doğruluğa sahipken implant konumu ne kadar posteriora doğru olursa, taramaların hassasiyetinin o kadar azaldığı görülmüştür. Benzer başka bir çalışmada ise implant yerinin ve tarama deseninin, tarama doğruluğu üzerine etkisi araştırılmıştır (Gómez-Polo & ark.2022c). Dişli üst çene modelde tarama gövdeleri sol santral diş, birinci premolar ve birinci molar olmak üzere üç bölgeye sabitlenerek ağız içi tarayıcı (TRIOS 3) ile 4 farklı tarama paterni kullanılarak kaydedilmiştir. Kullanılan tarama desenine bağlı olarak ön ve arka implantlar için farklı tarama doğruluk değerleri bildirilmiştir. Başka bir çalışma ise, üst çene ve alt çene ön ve arka bölgeleri karşılaştırmıştır. Sonuçlar hem üst çene hem de alt çene

intraoral dijital implant taramalarında önemli farklar olduğunu göstermiştir (Ma & ark.,2023).

Tam çene dişsiz hastalarda da implant pozisyonunun tarama doğruluğu üzerine etkisini araştıran çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan Gómez-Polo ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada (Gómez-Polo & ark.,2022b), tamamen dişsiz bir modelde implant açısı ve implant pozisyonunun dijital implant taramalarındaki doğruluğa etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada, bir ağız içi tarayıcı (Trios 3; 3Shape A/S) kullanılarak, dört implant analogunun taraması yapılmıştır. Sonuç olarak, dijital taramanın en son yapıldığı implantın, karşıt implanttan önemli ölçüde daha yüksek distorsiyon gösterdiği gözlemlenmiştir.

Benzer şekilde Mizumoto ve arkadaşları (Mizumoto&ark.,2019), damak taramasının ve tarama gövdesi pozisyonunun tam çene implant taramalarının doğruluğu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Dört tane implant analogu olan dişsiz üst çene modele, tarama gövdeleri takılarak tarama gerçekleştirilmiştir. Tarama doğruluğu, implant pozisyonundan etkilenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, intraoral dijital taramanın başlatıldığı bölgenin karşıt tarafında pozisyonlandırılan implantta daha düşük doğruluk gözlemlenmiştir.

Çakmak ve arkadaşları (Çakmak&ark.,2020), tarama gövdesinin konumunun tarama doğruluğu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında, iki farklı ağız içi tarayıcı (Trios 3; 3Shape A/S ve Virtuo Vivo; Dentalwings) ve bir laboratuvar tarayıcısı (CARES 7 serisi; Straumann) kullanılmıştır. 6 adet implantın bulunduğu alt çene modeli üzerinde çalışmalarını

gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlara göre tarama doğruluğu ve kesinliği göz önüne alındığında, mesafe ve açısal sapmalar tarayıcı tipine bağlıken; tarayıcıların hiçbiri, tüm mesafe ve açısal sapmalar göz önüne alındığında doğruluk açısından diğerlerinden daha iyi performans gösterememiştir. Tarama gövdesinin konumu yalnızca tarama doğruluğunu etkilemiştir.

İmplantlar Arası Mesafe, İmplantın Derinliği ve Açısı

İki komşu implant arasındaki mesafe, implantın açılandırılması ve derinliği, intraoral tarama doğruluğunu etkileyebilecek faktörler olarak gösterilmiştir.

Gómez-Polo ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada (Gómez-Polo&ark.,2022c); implant açısının ve implantlar arası mesafenin tam çene implant taramalarının doğruluğu ve tarama süresi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. İmplantlar arası açının değerlendirilmesi için 4 adet paralel implant analoğu ve 4 açılı (30 dereceye kadar) implant analoğu olan alçı modeller ve bir tarayıcı (referans taramaları) kullanılmıştır. İmplantlar arası mesafe farklılıkları, doğrusal ve açısal ölçümler hesaplanarak değerlendirilmiştir. İmplant açısı ve implantlar arası mesafe, tam çene implant taramalarının doğruluğunu ve tarama süresini etkilemiştir. Paralel implantlar daha yüksek doğruluk ve hassasiyet değerleri ile sonuçlanmıştır aynı zamanda doğruluk ve hassasiyet, implantlar arası mesafe arttıkça azalmıştır.

İmplantlar arası mesafenin tarama doğruluğu üzerine etkilerinin araştırıldığı Thanasrisuebwong ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (Thanasrisuebwong,Kulchotirat &Anunmana,2021), implantlar arası mesafenin değerlendirilmesi için 7 mm, 14 mm ve

21 mm mesafeye sahip üç farklı model kullanılmıştır. Sonuçlara göre implantlar arası mesafenin, ağız içi tarayıcının doğruluğunu etkilediği ve iki implant arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte doğruluk ve hassasiyet hatasının da arttığı bildirilmiştir.

Giménez ve arkadaşlarının yaptığı dört farklı çalışmada (Giménez &ark.,2014; Giménez & ark.,2015a,2015b; Giménez & ark.,2017), farklı tarayıcılar kullanılarak farklı derinliklerde (0, 2 ve 4 mm) ve açılarda (30 dereceye kadar) altı implant analoğu içeren üst çene dişsiz model taranmıştır. Bunlardan 2014 yılında ve iTero (v.4.5.0.151; Align Technologies) kullanılarak yapılan çalışmada, implantların açılı olması tarama doğruluğunu etkilemezken; 0 mm derinliğindeki implantların, 2 mm ve 4 mm derinliğindekilerden daha az doğruluğa sahip olduğu görülmüştür (Giménez &ark.,2014). 2015 yılında yapılan çalışmalarda ise, implant derinliği ve açılanması tarama doğruluğunu etkilememiştir (Giménez & ark.,2015a,2015b). 2017 yılında yapılan çalışmada, implant tarama gövdesinin görünürlüğü doğruluğu etkilerken, implantların açılı pozisyonunun tarama doğruluğunu etkilemediği görülmüştür (Giménez & ark.,2017).

Gómez-Polo ve arkadaşları implant açılarının ve tarama gövdesinin klinik yüksekliğinin tam ark taramalarının doğruluğu üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada (Gómez-Polo & ark.,2022d), iki tanesi dişsiz üst çene modele paralel ve diğer ikisi ise 30 dereceye kadar açılı olmak üzere dört implant analoğu yerleştirmişlerdir. Ayrıca 10, 6 ve 3 mm klinik gövde yüksekliğine sahip ölçü postları kullanılmıştır. Sonuç olarak implant açısının ve tarama gövdesinin klinik yüksekliğinin tarama doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Test edilen tarayıcı gövdeleri arasında en

düşük klinik gövde yüksekliğine sahip olan hem paralel hem de açılı implantlarda en düşük tarama doğruluğu gözlemlenirken, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar sadece açılı implantlara ait grupta bulunmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, tarama mesafesi veya implantlar arası mesafe arttıkça hataların artacağı beklentisiyle tutarlıken; implant açısı ve derinliğinin intraoral tarama doğruluğuna etkisi konusunda çelişkili sonuçlar bildirilmiştir.

Dişler Arası Boşluk (Tarama Gövdesi ile Dişler Arası Mesafe)

Abutment ve komşu dişler arasındaki mesafenin ağız içi taramaya etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Huang,Son,&Lee,2021), komşu diş ve tarama gövdesi arasında 1 mm, 1.5 mm, 2.5 mm, 3 mm ve 3.5 mm boşluk olacak şekilde altı sanal model, bilgisayar destekli tasarım ve yazılım (CAD/CAM) programı ile üretilip taranmıştır. Tarama gövdesi ile komşu dişler arasındaki mesafenin, taramanın doğruluğunu etkilediği görülmüştür. Ağız içi taramada, tarama gövdesi ile komşu dişler arasındaki mesafe 1.5 mm'den fazla olduğunda tarama hatasının artmadığı hatta daha doğru tarama verileri elde edilebildiği gözlemlenmiştir.

Genel olarak tarama gövdesi ile komşu dişler arasındaki sınırlı alan, tarayıcı başlığının erişilebilirliğinde sorunlara yol açarak tarama açısını kısıtlamaktadır. Bu da tarama doğruluğunun azalmasına neden olabilir.

Sonuç

Operatör faktörleri; ortam aydınlatma koşulları, tarama deseni, tarama gövdesi tasarımı ve tarama gövdelerinin sabitlenmesi, intraoral dijital implant taramalarının doğruluğunu etkileyen önemli faktörlerdendir. Bu faktörlerin üzerine yapılan çalışmalar yeterli değildir; bu nedenle sistematik bir klinik öneri oluşturulması mümkün değildir. Ortam aydınlatma koşulları, intraoral tarayıcıya bağlı olarak belirlenmeli ve intraoral dijital implant taramalarının doğruluğunu optimize etmek için ayarlanmalıdır. Ayrıca, optimal tarama deseni, tamamen ya da kısmen dışlı ve tamamen dışsız hastalarda, farklı implant sayılarıyla yapılan taramalarda değişiklik gösterebilir. Optimal tarama deseni yalnızca hastanın klinik durumuna bağlı olarak değil, aynı zamanda seçilen intraoral tarayıcıya bağlı olarak da değişebilir. Tarama gövdesi tasarımının (materyal, geometri ve tutucu sistemi) seçilen intraoral tarayıcıya bağlı olarak değişmesi mümkündür. Son olarak, tarama gövdesinin sabitlenmesi, intraoral dijital implant taramalarının doğruluğunu artırabilir. Hasta ile ilgili faktörler arasında, dikkate alınması gereken ek değişkenler; tarama yapılan çene, çenedeki implant pozisyonu, implantlar arasındaki mesafe, implant derinliği ve açısıdır. Bu faktörlerin etkisi, intraoral dijital implant taramaları için seçilen ağız içi tarayıcı teknolojisi ve sistemi ile farklılık gösterebilmektedir. Ancak, çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Bu nedenle, bu faktörlerin tarama doğruluğunu nasıl etkileyebileceğine dair kesin sonuçlar elde etmek zordur.

KAYNAKÇA

Althubaitiy, R., Sambrook, R., Weisbloom, M., & Petridis, H. (2022). The Accuracy of Digital Implant Impressions when Using and Varying the Material and Diameter of the Dental Implant Scan Bodies. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*, 30(4), 305–313. https://doi.org/10.1922/EJPRD_2367Althubaitiy09

Arakida, T., Kanazawa, M., Iwaki, M., Suzuki, T., & Minakuchi, S. (2018). Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *Journal of prosthodontic research*, 62(3), 324–329. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.12.005>

Arcuri, L., Lio, F., Campana, V., Mazzetti, V., Federici, F. R., Nardi, A., & Galli, M. (2022). Influence of Implant Scanbody Wear on the Accuracy of Digital Impression for Complete-Arch: A Randomized In Vitro Trial. *Materials (Basel, Switzerland)*, 15(3), 927. <https://doi.org/10.3390/ma15030927>

Arcuri, L., Pozzi, A., Lio, F., Rompen, E., Zechner, W., & Nardi, A. (2020). Influence of implant scanbody material, position, and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *Journal of Prosthodontic Research*, 64, 128-136.

Atalay, S., Çakmak, G., Donmez, M. B., Yilmaz, H., Kökat, A. M., & Yilmaz, B. (2021). Effect of implant location and operator on the accuracy of implant scans using a combined healing abutment-scan body system. *Journal of dentistry*, 115, 103855. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103855>

Çakmak, G., Yilmaz, H., Treviño, A., Kökat, A. M., & Yilmaz, B. (2020). The effect of scanner type and scan body position on the accuracy of complete-arch digital implant scans. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22, 533-541.

Donmez, M. B., Çakmak, G., Atalay, S., Yilmaz, H., & Yilmaz, B. (2022). Trueness and precision of combined healing abutment-scan body system depending on the scan pattern and implant location: An in-vitro study. *Journal of dentistry*, 124, 104169. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104169>

Diker, E., Terzioglu, H., Gouveia, D. N. M., Donmez, M. B., Seidt, J., & Yilmaz, B. (2023). Effect of material type, torque value, and sterilization on linear displacements of a scan body: An in vitro study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 25, 419-425.

Ender, A., & Mehl, A. (2013). Accuracy of complete-arch dental impressions: a new method of measuring trueness and precision. *The Journal of prosthetic dentistry*, 109(2), 121–128. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60028-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60028-1)

Giménez, B., Özcan, M., Martínez-Rus, F., & Pradíes, G. (2014). Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29, 853–862.

Giménez, B., Özcan, M., Martínez-Rus, F., & Pradíes, 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, e54–e64.

Giménez, B., Pradíes, G., Martínez-Rus, F., & Özcan, M. (2015). Accuracy of two digital implant impression systems based on confocal microscopy with variations in customized software and clinical parameters. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30, 56–64.

Gimenez-Gonzalez, B., Hassan, B., Özcan, M., & Pradíes, G. (2017). An in vitro study of factors influencing the performance of digital intraoral impressions operating on active wavefront sampling technology with multiple implants in the edentulous maxilla. *Journal of Prosthodontics*, 26, 650–655.

González de Villambrosia, P., Martínez-Rus, F., García-Orejas, A., Salido, M. P., & Pradíes, G. (2016). In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(4), 543–550.e1. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.01.025>

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. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104122>

Gómez-Polo, M., Cascos, R., Ortega, R., Barmak, A. B., Kois, J. C., & Revilla-León, M. (2023). Influence of arch location and scanning pattern on the scanning accuracy, scanning time, and number of photograms of complete-arch intraoral digital implant scans. *Clinical Oral Investigations*, 34(6), 591-601.

Gómez-Polo, M., Cimolai, A., Ortega, R., Barmak, A. B., Koïs, J. C., & Revilla-León, M. (2022). Accuracy, scanning time, and number of photograms of various scanning patterns for the extraoral digitalization of complete dentures by using an intraoral scanner. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(4), 534-540.

Gómez-Polo, M., Ortega, R., Sallorenzo, A., Agustín-Panadero, R., Barmak, A. B., Koïs, J. C., & Revilla-León, M. (2022). Influence of the surface humidity, implant angulation, and interimplant distance on the accuracy and scanning time of complete-arch implant scans. *Journal of dentistry*, 127, 104307. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104307>

Huang, M.-Y., Son, K., & Lee, K.-B. (2021). Effect of distance between the abutment and the adjacent teeth on intraoral scanning: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125, 911–917.

Huang, R., Liu, Y., Huang, B., Zhou, F., Chen, Z., & Li, Z. (2021). Improved accuracy of digital implant impressions with newly designed scan bodies: An in vivo evaluation in beagle dogs. *BMC Oral Health*, 21, 623.

ISO. (1994). ISO 5725-1:1994 Accuracy (Trueness and Precision) of Measurements Methods and Results–Part 1: General Principles and Definitions. International Standards Organization, 1994, Cenevre, İsviçre.

Kanjanasavitree, P., Thammajaruk, P., & Guazzato, M. (2022). Comparison of different artificial landmarks and scanning patterns on the complete-arch implant intraoral digital scans. *Journal of Dentistry*, 125, 104266.

Kim, J., Son, K., & Lee, K. B. (2020). Displacement of scan body during screw tightening: A comparative in vitro study. *The journal of advanced prosthodontics*, 12(5), 307–315. <https://doi.org/10.4047/jap.2020.12.5.307>

Koseoglu, M., Kahramanoglu, E., & Akin, H. (2021). Evaluating the effect of ambient and scanning lights on the trueness of the intraoral scanner. *Journal of Prosthodontics*, 30(7), 811-816.

Li, Z., Huang, R., Wu, X., Chen, Z., Huang, B., & Chen, Z. (2022). Effect of scan pattern on the accuracy of complete-arch digital implant impressions with two intraoral scanners. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 37(4), 731-739.

Llansana, F., Guirao, S., Manso, F., de Agustin-Panadero, R., Gómez-Polo, C., & Revilla-León, M. (2022). Influence of the surface hydration, angulation, and implant position on intraoral scanning accuracy. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(7), 3947.

Liu, M., Zhang, Y., & Li, Z. (2020). Effect of surface morphology and scan body position on the accuracy of digital implant impressions: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 29(4), 289-296.

Lou, Z., Ren, Y., & Zhang, Y. (2020). Comparison of scan body position on the accuracy of digital impression in the anterior and posterior regions: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 29(2), 122-127.

Nardi, A., Marzola, M., Fabbri, G., & Rojas, R. (2023). Evaluation of scan body materials, diameter and wear on the

accuracy of implant digital impressions. *Journal of Prosthodontic Research*, 67(1), 125-132. <https://doi.org/10.2186/jpr.2022-046>

Pich, M., Stiesch, M., & Röhrle, O. (2022). Effect of scan body wear on the accuracy of digital implant impressions: An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 66(1), 131-137.

Rakkolainen, P., Vähätalo, R., & Äystö, A. (2020). The accuracy of complete-arch impressions made using an intraoral scanner: An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 64(2), 181-188.

Röhrle, O., Schirmer, T., & Stiesch, M. (2021). Accuracy of digital impressions in the field of implant dentistry—Part II: Influence of scan body design and position. *Clinical Oral Implants Research*, 32(6), 635-642.

Sadr-Eshkevari, P., & D’Haese, J. (2016). Accuracy of intraoral digital scanning for complete-arch implants. *The International Journal of Prosthodontics*, 29, 207–212.

Schirmer, T., Rohlf, M., & Stiesch, M. (2020). Accuracy of digital implant impressions—An in vitro comparison of scan bodies, intraoral scanners and alignment software. *International Journal of Computerized Dentistry*, 23(3), 253-259.

Son, K., & Lee, K. B. (2019). Accuracy of intraoral scanning for dental implant impressions: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 28(3), 211–217.

Son, K., Lee, K. B., & Kim, J. (2020). Influence of scan body position on the accuracy of digital implant impressions: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(3), 289-295.

Suárez, F., de Agustin-Panadero, R., & Revilla-León, M. (2021). Effect of the scanning strategy on accuracy, photogram count, and scanning time of complete-arch implant intraoral digital scans. *Journal of Prosthodontics*, 30(6), 562-570.

Ueno, T., Suzuki, T., & Fukui, H. (2015). Accuracy of an intraoral scanning system for complete-arch dental impressions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(6), 557-561.

Wei, Y., Yao, K., & Fu, Y. (2022). Effect of the interscan distance and scan sequence on the trueness and precision of implant impression with two intraoral scanners: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 128(1), 58-65.

Wu, X., Li, Z., Liu, S., & Li, Y. (2023). The effect of scan body type and position on the accuracy of digital implant impressions: An in vitro study. *Journal of Prosthodontics*, 32(2), 142-148.