

Farklı Dental Tarayıcı Teknolojilerinin Doğruluklarının Değerlendirilmesi: In-Vitro Çalışma

Evaluation of Accuracy of Different Dental Scanner Technologies: In-Vitro Study

Dr. Öğr. Üyesi Demet Çağıl AYVALIOĞLU ŞAMİLOĞLU
İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul
Orcid ID: 0000-0001-9449-8214

Dt. Serra Nur BEYDİLİ
Altınbaş Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul
Orcid ID: 0000-0003-2690-0229

Geliş tarihi: 22.08.2023

Kabul tarihi: 28.06.2024

doi: 10.5505/yeditepe.2024.58569

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Demet Çağıl AYVALIOĞLU ŞAMİLOĞLU
Adres: İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Bahçelievler, Hacer Hanım Sk.
No: 2 E-5 Kenarı, 34188 Bahçelievler/İstanbul
Tel: 0537 345 19 99
E-posta: demetayvalioglu@gmail.com

ÖZET

Amaç: Diş hekimliğinde dijital teknolojinin kullanımı CAD/CAM sistemlerinin hayatımıza girmesiyle son yıllarda oldukça artmıştır. CAD/CAM sistemleri ile bir iş akışı ağız içi tarayıcılarla direkt veya masaüstü tarayıcılarla indirekt yöntem ile başlayarak takip edilebilir. Bu çalışmanın amacı, tam ark dişli çenelerde masaüstü tarayıcı ve ağız içi tarayıcıların doğruluklarının değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Tam ark dişli çene modelinde yer alan kanin ve molar dişleri üzerinde, ISO standartları çerçevesinde, dört adet 6 mm çapında negatif küre oluşturulmuştur. Standart ışısız ortamda, model, Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi, Aktif Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi teknolojilerine sahip tarayıcılar ile firmanın önerdiği tarama protokolleriyle 20 kez taranarak dijitalize edilmiştir. Kontrol grubu, referans dijital data, endüstriyel tarayıcı (Solutionix C500, MEDIT) ile elde edilmiştir. Elde edilen tüm dijital data, 3 boyutlu (3B) analiz yazılım programı ile değerlendirilmiştir (Geomagic studio 2015; 3D Systems Inc., Almanya). Normal dağılan veriler için tek yönlü ANOVA ve post hoc Bonferroni testi, normal dağılmayan veriler için Bonferroni, Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiştir ($\alpha=0,05$).

Bulgular: Tam ark dişli model taramalarının doğruluğu, masaüstü tarayıcı ve ağız içi tarayıcıların tipine bağlı olarak anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Her iki ağız içi tarayıcı arasında tarama doğruluğu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Sonuç: Tam ark taramalarda dijital sistemlerin kullanılması klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağız içi tarayıcı, CAD/CAM, doğruluk, masaüstü tarayıcı.

ABSTRACT

Aim: The use of digital technology in dentistry has increased considerably in recent years with the introduction of CAD/CAM systems into our clinic lives. With CAD/CAM systems, a workflow can be followed by starting directly with intraoral scanners or indirectly with dental lab scanners. The aim of this study is to evaluate the accuracy of dental lab scanners and intraoral scanners in full arch model.

Materials and Method: Four 6 mm negative spheres were formed on the canine and molar teeth in the full arch model, within the framework of ISO standards. In a standard dark environment, the model was digitized by scanning 20 times with the Cerec inEOS 5X dental lab scanner, Cerec Primescan and 3Shape Trios 4 intraoral scanners using the scanning instructions recommended by the manufacturers. Control group, reference digital data was obtained with an industrial

scanner (Solutionix C500, MEDIT). All digital data obtained were evaluated with a 3D analysis software program (Geomagic studio 2015; 3D Systems Inc., Germany). One-way ANOVA and post hoc Bonferroni test were used for normally distributed data, and Bonferroni and Kruskal-Wallis test for non-normally distributed data ($\alpha=0.05$).

Results: The accuracy of full arch model scans differed significantly depending on the type of dental lab scanner and intraoral scanner ($p<0.05$). There was statistically significant difference in scanning accuracy between the two intraoral scanners ($p<0.05$).

Conclusion: The use of digital systems in full arch scans shows clinically acceptable results.

Keywords: Accuracy, CAD/CAM, dental lab scanner, intraoral scanner.

GİRİŞ

Günümüzde bilim ve teknolojinin de gelişmesi ile beraber, dental uygulamalarda da teknolojiden sıklıkla yararlanılmaktadır. Doğru lokalizasyonlarda implant yerleşimine yardımcı olan cerrahi rehber üretimi, ortodontik tedavilerde tanı ve tedavi amacı ile kullanılan şeffaf plakların üretimi, tek üye kuronlar, çok üyeli uzun gövdeli sabit protetik restorasyonlar ve hatta total protezler gibi protetik restorasyonların dijital tekniklerle üretimi günümüzde mümkündür.¹⁻⁴

Dijital diş hekimliğinde final restorasyonun elde edilebilmesi, konvansiyonel tekniklerle üretimde olduğu gibi aşamalardan oluşmaktadır. Burada ilk aşama ağız içi verinin dijital ortama aktarılmasıdır. Ağız içi verinin dijitalleştirilmesi ise, direkt olarak ağız içi tarayıcılardan (IOS) yararlanarak veya konvansiyonel tekniklerle elde edilen ölçü veya modelin indirekt olarak masaüstü laboratuvar tarayıcıları (EOS) ile elde edilmesi esasına dayanmaktadır.⁵ Ağız içi verinin bilgisayar ortamına aktarımını takiben Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) aşamaları gerçekleştirilerek restorasyonlar elde edilmektedir.

Ağız içi tarayıcıların kullanımı ile ağız içi dokuların direkt olarak ölçüsünü elde edebilmek mümkündür ve ayrıca konvansiyonel tekniklerle ölçü eldesinde hastada gerçekleşen bulantı ve kusma hissi, ölçü maddesinin tadı ve kokusuna karşı gelişen rahatsızlık hissi gibi durumlardan kaçınabilmek de mümkün olmaktadır.^{2,4,5} Ağız içi tarayıcılar ile ölçü eldesinde, konvansiyonel tekniklerde ihtiyaç duyulan, içbükey alanların izole edilmesi durumu bulunmamaktadır ki bu önemli bir avantaj olarak sayılabilmektedir.³ Ancak yapılan çalışmalarda, ağız içerisinde tükürük ve kan varlığının, ağız içi tarayıcılar ile hassas ölçü elde edilmesini negatif yönde etkilediği görülmüş-

tür.⁷ Masaüstü laboratuvar tarayıcıları kullanarak indirekt olarak dijital model eldesi ile ağız içi tarayıcılarda görülen bu dezavantajlar elimine edilebilmektedir ancak bu durumda da konvansiyonel yöntemler ile ölçü veya model eldesi ihtiyacı olması, ölçünün kaşıktan ayrılması, ölçünün ve/veya modelin boyutsal stabilitesini koruyamama ihtimali, hastanın ölçü eldesi sırasında rahatsızlık hissiyatı duyması gibi dezavantajlar ortaya çıkmaktadır.^{8,9}

Farklı ağız içi tarayıcılar (IOS) ve masaüstü laboratuvar tarayıcıları (EOS), çeşitli tarama teknolojilerine sahip olabilmektedirler. Ancak hepsinin temelinde 'hardware' yani görüntü eldesi sağlayan kamera, bilgisayar ve 'software' diğer bir deyişle, görüntüyü işleyen yazılım programı bulunmaktadır.¹⁰ Elde edilen dijital görüntüler çoğunlukla 'Standart Tessellation Language' (STL) formatında elde edilmektedir. Bu format birçok endüstriyel alanda halihazırda kullanılmaktadır ve her bir üçgenin üç nokta ve bir normal yüzey ile tanımlandığı bir dizi üçgenleştirilmiş yüzeyi tarif etmektedir.¹⁰ Ağız içi tarayıcılarda, kullanılan görüntüleme teknolojisinin çeşidinden bağımsız olarak, tüm ağız içi kameralar, daha sonra bireysel görüntüler veya video olarak kaydedilen ve ilgi noktalarının (POI) tanınmasının ardından yazılım tarafından derlenen ışık projeksiyonuna ihtiyaç duyar. Her noktanın ilk iki koordinatı (x ve y) görüntü üzerinde değerlendirilirken ve üçüncü koordinat (z) ise, her bir kameranın nesneye olan uzaklık teknolojisine bağlı olarak yazılım ile hesaplanır.¹¹ Ağız içi tarayıcılarda kullanılan teknolojiden bağımsız olarak temel amaç, ağız boşluğu içinde tarama yaparken ortaya çıkan hedef yüzeylerin optik özelliklerinden kaynaklanan (yarı şeffaflık ve hedef malzemelerin farklı yansıtma özelliği gibi), ıslaklık ve tarayıcının hareketine etmenlerden kaynaklanan yanılmaları kompanse etmektir.^{10,11} Ağız içi tarayıcılarda kullanılan farklı tarama teknolojileri; aktif triangulasyon, konfokal mikroskopi, çoklu tarama, optik koherens tomografisi ve aktif wavefront örnekleme olarak adlandırılmaktadır. Triangulasyon, üçgenleştirme, üçgende yer alan bir noktanın nesne olması durumunda, diğer iki noktanın, konumlarının ve açılarının hesaplanarak görüntü elde etme ilkesine dayanır. Bu teknikte nesnenin konumunu elde eden iki nokta ya iki farklı detektör şeklindedir ya prizması bulunan tek bir detektör mevcuttur veya iki farklı zamanda ışık göndererek görüntü elde etme prensibine dayanmaktadır.¹⁰ Pasif ve aktif olmak üzere iki tür triangulasyon tekniği bulunmaktadır. Aktif triangulasyon yönteminde, hedef nesnenin konumunu hesaplamak için ortama bir ışık hüzmesi iletilerek yansımaları elde edilirken, pasif triangulasyon yönteminde ise, tarama cihazının kendisi tarafından hiçbir türde ışık hüzmesi yayılmaz ve sistem, yalnızca yansıyan ortam ışık hüzmesinden yararlanarak görüntüyü elde etme esasına dayanmaktadır. Konfokal mikroskopinin çalışma prensibi, paralel lazer ışınlarının ağız içi tarayıcı tarafından algılan-

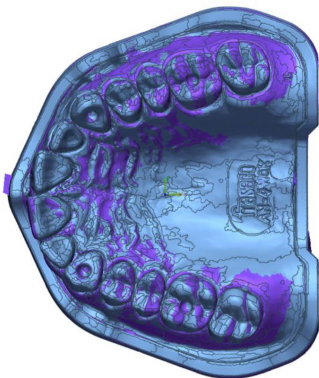
ması ve bu ışınların aynı optik yoldan geri dönmesi ile ışığı yansıtan nesnelerin nötralize edilerek nesnenin 3 boyutlu görüntüsü elde edilmesi esasına dayanmaktadır.¹² Bu teknoloji, merceğin odak uzaklığıyla ilişkili olan nesneye olan mesafeyi anlamak için görüntünün keskinlik alanını algılayabilmektedir. Aktif wavefront örnekleme ise bir kamera ve eksen dışı açıklık modülü gerektiren bir yüzey görüntüleme tekniğidir.^{10,11} Günümüzde ağız içi tarayıcılarda en sık kullanılan tarama teknolojileri triangulasyon ve konfokal mikroskopi teknikleridir.^{10,11,12}

İndirekt masaüstü laboratuvar tarayıcılarda ise günümüzde ağırlıklı olarak kullanılan tarama teknolojisi dijital şerit ışık projeksiyonudur. Bu tarama teknolojisinde, taranacak obje yüzeylerinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini çoğaltmak için tahribatsız bir lazer ışını ve çeşitli dijital kameralar kullanılarak modelin geometrisi çoklu açı kapsamında taranır ve dijital veri elde edilir.¹³

Literatüre bakıldığında farklı teknolojilere sahip tarayıcıların, tarama teknolojileri açısından değerlendirildiği az sayıda çalışma mevcuttur.¹⁴⁻¹⁶ Bu çalışmanın amacı, tam ark dişli çenelerde farklı tarama teknolojilere sahip tarayıcıların doğruluklarının değerlendirilmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada, ana model olarak tam ark dişli fantom çene (ANA 4 Frasco, Almanya) kullanılmıştır. ISO 20896-1:2019 standartları çerçevesinde kanin dişlerin singulum ve birinci molar dişlerin santral fossaları üzerine toplamda dört adet olmak üzere 6 mm çapında negatif küre oluşturulmuştur. Bu dört küre tarama doğruluklarının değerlendirilmesi aşamasında referans noktalar olarak görev görmüştür (Resim 1). Ana model yüksek tarama hassasiyetine sahip endüstriyel tarayıcı (Solutionix C500, MEDIT, Seoul, Kore) ile taranarak dijital veri elde edilmiştir. Cihaz tarama öncesi kalibre edilmiştir.



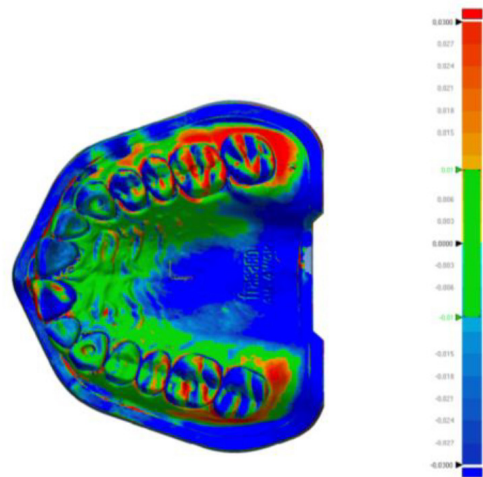
Resim 1. Ana dijital modelde referans noktalarının görünümü

Çalışmada, 3 farklı tarama teknolojisi değerlendirilmiştir: Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi (CEREC inEOS 5X Dentsply-Sirona Dental Sistemleri, Bensheim, Almanya), Aktif Triangulasyon (Primescan Dentsply-Sirona Dental Sistemleri, Bensheim, Almanya) ve Konfokal Mikroskopi teknolojileri (TRIOS 4, 3Shape A/S, Kopenhag, Danimar-

ka). Burada yer alan tarayıcılardan Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi (CEREC inEOS 5X Dentsply-Sirona Dental Sistemleri, Bensheim, Almanya)'ne sahip tarayıcı masaüstü laboratuvar tarayıcı olup indirekt tarama prosedürüne sahiptir. Aktif Triangulasyon (Primescan Dentsply-Sirona Dental Sistemleri, Bensheim, Almanya) ve Konfokal Mikroskopi teknolojileri (TRIOS 4, 3Shape A/S, Kopenhag, Danimarka) tarayıcıları ise ağız içi tarayıcılar olup direkt tarama prosedürüne sahiptir.

Tüm taramalar 2 yıllık tecrübeye sahip tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Optimum doğruluğu sağlamak adına, standart ışısız ortamda, üretici firma tarama protokollerine uygun olacak şekilde taramalar yapılmıştır. Konfokal Mikroskopi teknolojisine sahip ağız içi tarayıcının üretici önerisi doğrultusunda tarama, maksiller sol posterior bölgeden başlar ve anterior dişlerde sağ posterior bölgeye doğru zikzak bir hareketle okluzal olarak ilerler. Daha sonra bukkal olarak kontralateral tarafa döner ve tarama palatinal tarafta soldan sağa tarama yönüyle tamamlanır. Aktif triangulasyon teknolojisine sahip tarayıcının üretici talimatları doğrultusunda, tarama stratejisi, maksiller sol posterior palatinal bölgeden başlanarak sağ posterior palatinal bölgeye ulaşıp dişlerin okluzalleri boyunca devam ederek sol posteriordan bukkal bölgelerin taranmaya başlanmasıyla sağ posterior bukkal bölgede son bulmaktadır.^{17,18}

Taramalar her bir tarayıcı ile 20 defa tekrarlanmıştır (n=20). Standardizasyon için, her taramadan elde edilen tüm veri setleri STL (standard tessellation language) dosya formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm dijital data, referans datayla karşılaştırmak üzere Geomagic (Studio 2015; 3D Systems Inc., Darmstadt, Almanya) 3 boyutlu analiz yazılım programı ile değerlendirilmiştir (Resim 2).



Resim 2. Volumetrik sapma alanlarının görünümü

Doğruluk, farklı teknolojileri kullanan tarayıcı ve referans tarama arasında ölçülen volumetrik sapmalar analiz edilerek değerlendirilmiştir. Normal dağılılan veriler için tek yönlü ANOVA ve post hoc Bonferroni testi, normal dağılmayan veriler için Bonferroni, Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiştir ($\alpha=0,05$). Gruplar arası karşılaştırmalar

Tukey HSD testiyle test edilmiştir. Tüm istatistiksel analizler istatistiksel bir yazılım programı (IBM SPSS Statistics, v22.0; IBM Corp., ABD) kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR

Volumetrik sapma değerlendirildiğinde Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi, Aktif Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi teknolojileri grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmiştir ($p < 0,001$) (Tablo 1, Tablo 2). En yüksek volümetrik sapma değerleri Konfokal Mikroskopi teknolojisi grubunda görülmekte iken ($0,095 \pm 0,135 \mu\text{m}$), ikinci olarak Dijital Şerit Projeksiyon teknolojisi ($0,026 \pm 0,023 \mu\text{m}$) takip etmektedir. En az volümetrik sapma ise Aktif Triangulasyon teknolojisi grubunda görülmüştür ($0,025 \pm 0,02 \mu\text{m}$) (Tablo 3).

Tablo 1: Gruplar arası ve grup içi volumetrik sapma değerlendirmesi

	Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	p
Gruplar arası	1,296	2	0,648	103,822	<0,001*
Grup içi	7,727	1238	0,006		
Toplam	9,023	1240			

*Tek yönlü ANOVA, ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlıdır. (df: serbestlik derecesi)

Tablo 2: Gruplar arası ikili değerlendirmeler

Gruplar	Gruplar	Ortalama Fark	Standart Hata	p
Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi	AktifTri	0,0016274	0,0054518	0,952
	KonfokMik	-0,0682730	0,0055160	<0,001*
Aktif Triangulasyon	DijitalŞerit	-0,0016274	0,0054518	0,952
	KonfokMik	-0,0699003	0,0055160	<0,001*
Konfokal Mikroskopi	DijitalŞerit	0,0682730	0,0055160	<0,001*
	AktifTri	0,0699003	0,0055160	<0,001*

* Tukey HSD testi, ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

Tablo 3: Volumetrik sapma miktarları (μm)

	Ortalama	Standart Sapma
Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi	0,0269	0,0236
Aktif Triangulasyon	0,0253	0,02
Konfokal Mikroskopi	0,0952	0,135
Toplam	0,0484	0,085

TARTIŞMA

Tam ark dişli çenelerde farklı tarama teknolojilere sahip tarayıcıların doğruluklarının değerlendirildiği bu çalışmada, referans tarama verisi ile Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi, Aktif Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi teknolojileri ile elde edilen tarama verileri arasında volümetrik sapma miktarlarının oldukça düşük değerlerde oldukları görülmektedir ($0,095 \pm 0,135 \mu\text{m}$), ($0,026 \pm 0,023 \mu\text{m}$), ($0,025 \pm 0,02 \mu\text{m}$). Çalışmada kullanılan farklı teknolojilere sahip tarama cihazlarının ürün bilgileri incelendiğinde, üreticinin bildirdiği sapma değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir $0,12 \text{ mm}$ 'den daha az olduğu görülmüştür. Literatür değerlendirildiğinde ortodontik model üretimi amacı ile yapılan taramalarda $<0,5 \text{ mm}$ sapmanın klinik olarak kabul edilebilir bir değer olduğu görüşü mevcuttur.^{19,20} Protetik uygulamalar amacı ile yapılan taramalarda ise bu değer $<0,12 \text{ mm}$ olarak belirtilmiştir.^{2,21-23}

Çalışmada, Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisi, Aktif Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi teknolojileri arasında istatistiksel anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,01$). Literatür değerlendirildiğinde, tarama teknolojisinin yanı sıra, tarama doğruluğunu etkileyen pek çok faktörün olduğu belirtilmektedir.²⁴ Bu faktörler tarama cihazının kalibrasyonu¹¹, taramanın gerçekleştirildiği ortam şartları²⁵, kullanıcının tecrübesi²⁶, görüntüsü elde edilecek yüzeyin özellikleri²⁷⁻²⁹, tarama açısı ve tarama protokolleri^{29,30} şeklinde sıralanabilmektedir. Bu çalışmada, 3 farklı tarama teknolojisine sahip tarayıcı kullanılmış olup, her bir tarama öncesinde cihazlar üretici talimatları doğrultusunda kalibre edilmişlerdir. Literatüre bakıldığında farklı ışık ortamlarının tarama doğruluğu ve hassasiyetini etkilediğini belirten çalışmalar mevcuttur.³² Ağız içi tarayıcıların çalışma prensibi ışık-optik görüntüleme metoduna dayandığından ortam ışığında farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.^{31,33,34} Özellikle Konfokal Mikroskopi teknolojisini kullanan ağız içi tarayıcıların ortam ışığından etkilenip etkilenmediğini ortaya koyan çalışmalar oldukça azdır.³⁵ Ayrıca, tarayıcılar için optimal ortam ışığı değeri farklılık göstermektedir. Ochoa-Lopez ve ark. yaptıkları çalışmada konfokal mikroskopi teknolojisine sahip Trios 3 cihazının en iyi hassasiyet değerlerinin 100 lux altında, Aktif Triangulasyon teknolojisine sahip Primescan cihazının ise $10,000 \text{ lux}$ üzerinde olduğu ortaya koyulmuştur.³⁵ Piedra-Cascon ve ark. yaptıkları çalışmada ise en iyi tarama hassasiyetini 1000 lux altında uyguladıkları taramalarda elde ederken, 8000 lux ışık altında uygulanan taramalarda $166,5 \pm 318,1 \mu\text{m}$, 0 lux altında yapılan taramalarda ise $355,5 \pm 488 \mu\text{m}$ distorsiyon elde ettiğini belirtmiştir.³⁶ Bu konu ile literatürde farklı sonuçlar görülmektedir. Farklı teknolojilere sahip tarayıcıların, farklı ışık çeşit ve miktarlarından etkileniyor olmaları nedeni ile bu çalışma standart ışıksız ortamda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ortam ısısının da tarama doğruluğu ve hassasiyetini etkilediği yine literatürde yer almaktadır.³⁰ Bu nedenle bu çalışmada taramalar oda sıcaklığında ve ışıksız ortamda gerçekleştirilmiştir. Ağız içi tarayıcılarda tarama doğruluğunu etkileyen faktörlerden biri de tükürük miktarı ve farklı yüzey alanlarıdır.²³ Bu çalışma in-vitro bir çalışma olduğundan model tarama işlemleri ağız dışı kuru ortamda gerçekleştirilmiştir, dolayısı ile ağız içi ortamı tam olarak birebir yansıtamamaktadır, yapay tükürük ile ağız ortamını taklit eden çalışmalar literatürde mevcuttur.¹⁹ Çalışma sonucunda elde edilen veriler bu çalışma ile kıyaslandığında benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Tüm tarama işlemleri aynı tecrübeli kullanıcı tarafından uygulanarak, kullanıcı tecrübe farklılıklarından doğabilecek sapma ihtimali ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.²⁴ Tarama açısı ve tarama protokolleri üretici talimatları doğrultusunda uygulanmış olsa da farklı teknolojilere sahip olan bu tarayıcıların üreticilerinin farklı tarama protokolleri mevcuttur. Çalışmada

yer alan Aktif Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi teknolojilerine sahip tarayıcılar ağız içi tarayıcı cihazlar olup tarama mesafesinin standardizasyonu mümkün olamamıştır. Dijital Şerit Projeksiyon Teknolojisine sahip tarayıcı ise masaüstü laboratuvar tarayıcısı olduğundan tarama işlemi gerçekleştirilen obje ile mesafesi ayarlanabilmektedir, bu durum bu çalışmanın limitasyonları içerisinde yer almaktadır. Literatür değerlendirildiğinde Konfokal Mikroskopi tekniğinin tarama hassasiyetinin Aktif Triangulasyon tekniği'ne göre daha üstün sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.³⁷⁻⁴⁰ Bu çalışmada dikkati çeken önemli unsurlardan biri ise doğruluk değerleri arasındaki farklılıktan ziyade, sapma alanlarının lokalizasyonları ve morfolojisidir. Triangulasyon, üçgenleştirme, üçgende yer alan bir noktanın nesne olması durumunda, diğer iki noktanın, konumlarının ve açılarının hesaplanarak görüntü elde etme ilkesine dayanır. Bu teknikte nesnenin konumunu elde eden iki nokta ya iki farklı detektör şeklindedir ya prizması bulunan tek bir detektör mevcuttur veya iki farklı zamanda ışık göndererek görüntü elde etme prensibine dayanır.¹⁰ Konfokal mikroskopinin çalışma prensibi, paralel lazer ışınlarının ağız içi tarayıcı tarafından algılanması ve bu ışınların aynı optik yoldan geri dönmesi ile ışığı yansıtan nesnelerin nötrale edilerek nesnenin 3 boyutlu görüntüsü elde edilmesi esasına dayanmaktadır.¹² Bu teknoloji, merceğin odak uzaklığıyla ilişkili olan nesneye olan mesafeyi anlamak için görüntünün keskinlik alanını algılayabilmektedir. Bu bilgilerden yola çıkıldığında, bu çalışmada Konfokal Mikroskopi tekniğinde en çok sapma alanları düz yüzeylerde, Aktif Triangulasyon teknolojisine sahip cihaz ile yapılan taramalarda ise en çok sapma keskin dik yüzeylere sahip molar bölgesinde görülmüştür. Her iki tarama teknolojisinde görülen sapma değerleri klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda yer almaktadır.³⁷⁻⁴⁰ Bu çalışmada elde edilen bu veri, klinik bakış açısı ile değerlendirildiğinde, görüntüsü elde edilecek bölgeye uygun tarayıcı seçiminde fikir vermektedir. Bu durumun detaylı incelenmesi için ileri çalışmalara ihtiyaç olduğu kanısına varılmıştır.

SONUÇLAR

Çalışmanın limitasyonları dikkate alındığında; 3 boyutlu rekonstrüksiyon prosedürü, kullanılan teknolojiye bağlıdır. Tarayıcılar için görüntü yakalama teknolojilerindeki çeşitlilik göz önüne alındığında, ağ kalitesi matrislerinde farklılıklar oluşmaktadır. Tam ark taramalarda dijital sistemlerin kullanılması klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. El Kerdani T, Roushdy S. The use of CAD/CAM techno-

logy for fabricating cast gold survey crowns under existing partial removable dental prosthesis. A clinical report. *J Prosthodont* 2017; 26(4): 321-326.

2. Diker B, Tak Ö. Comparing the accuracy of six intraoral scanners on prepared teeth and effect of scanning sequence. *J Adv Prosthodont* 2020; 12(5): 299-306.

3. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, et al. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. *BMC Oral Health* 2019; 19(1): 101.

4. Joda T, Lenherr P, Dedem P, Kovaltschuk I, Bragger U, et al. Time efficiency, difficulty, and operator's preference comparing digital and conventional implant impressions: a randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(10): 1318-1323.

5. Bosniac P, Rehmann P, Wöstmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clin Oral Investig* 2019; 23(5): 2421-2427.

6. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J* 2017; 36(4): 402-407.

7. Rudolph H, Salmen H, Moldan M, Kuhn K, Sichwardt V, et al. Accuracy of intraoral and extraoral digital data acquisition for dental restorations. *J Appl Oral Sci* 2016; 24(1): 85-94.

8. Keul C, Güth JF. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison. *Clin Oral Investig* 2020; 24(2): 735-745.

9. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, et al. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *J Prosthet Dent* 2017; 118(1): 36-42.

10. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, et al. Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. *J Healthc Eng* 2017; 2017: 8427595.

11. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkinen A. Recent advances in dental optics-Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Opt Lasers Eng* 2014; 54: 203-221.

12. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann WH, Reich S. Intraoral scanning systems-a current overview. *Int J Comput Dent* 2015; 18(2): 101-129.

13. Schluns RKK, Koschan A. Computer vision, three dimensional data from images. Springer, Verlag; 1998.

14. Shembesh M, Ali A, Finkelman M, Weber HP, Zandparsa R. An in vitro comparison of the marginal adaptation accuracy of CAD/CAM restorations using different impression systems. *J Prosthodont* 2017; 26(7): 581-586.

15. Lee SJ, Kim SW, Lee JJ, Cheong CW. Comparison of intraoral and extraoral digital scanners: evaluation of

surface topography and precision. *Dent J (Basel)* 2020; 8(2): 52.

16. Baghani MT, Shayegh SS, Johnston WM, Shidfar S, Hakimaneh SMR. In vitro evaluation of the accuracy and precision of intraoral and extraoral complete-arch scans. *J Prosthet Dent* 2021; 126(5): 665-670.

17. 3Shape Training Videos, '3Shape TRIOS Scan Strategy Full Arch', Erişim 21.07.2023, <https://www.youtube.com/watch?v=IGzf9qkztMo>.

18. Dentsply Sirona, 'Primescan Reference Denture Scan Strategy', Erişim: 21.07.2023, <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/product-procedure-brand-categories/digital-impression/product-categories/intraoral-scanners/documents/DIM-flyer-Primescan-Scan-Strategy-web-EN.pdf>.

19. Wan Hassan WN, Yusoff Y, Mardi NA. Comparison of reconstructed rapid prototyping models produced by 3-dimensional printing and conventional stone models with different degrees of crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017; 151(1): 209-218.

20. Wesemann C, Muallah J, Mah J, Bumann A. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intraoral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. *Quintessence Int* 2017; 48(1): 41-50.

21. Rapone B, Palmisano C, Ferrara E, Di Venere D, Albanese G, et al. The accuracy of three intraoral scanners in the oral environment with and without saliva: a comparative study. *Appl Sci* 2020; 10(21): 7762.

22. Kernen F, Schlager S, Alvarez V., Mehrhof J, Vach K, et al. Accuracy of intraoral scans: An in vivo study of different scanning devices. *J Prosthet Dent* 2022; 128(6), 1303-1309.

23. Oh KC, Park JM, Moon HS. Effects of scanning strategy and scanner type on the accuracy of intraoral scans: a new approach for assessing the accuracy of scanned data. *J Prosthodont* 2020; 29(6): 518-523.

24. Shearer BM, Cooke SB, Halenar LB, Reber SL, Plummer JE, et al. Evaluating causes of error in landmark-based data collection using scanners. *PLoS One* 2017;12(11): e0187452.

25. Lim JH, Park JM, Kim M, Heo SJ, Myung JY. Comparison of digital intraoral scanner reproducibility and image trueness considering repetitive experience. *J Prosthet Dent* 2018; 119(2): 225-232.

26. Alghazzawi TF, Al-Samadani KH, Lemons J, Liu PR, Essig ME, et al. Effect of imaging powder and CAD/CAM stone types on the marginal gap of zirconia crowns. *J Am Dent Assoc* 2015; 146(2): 111-120.

27. Park JM. Comparative analysis on reproducibility among 5 intraoral scanners: sectional analysis according to restoration type and preparation outline form. *J Adv Prosthodont* 2016; 8(5): 354-362.

28. Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod* 2016; 46(1): 3-12.

29. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of intraoral scanners: a systematic review of influencing factors. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2018; 26(3): 101-121.

30. Li H, Lyu P, Wang Y, Sun Y. Influence of object translucency on the scanning accuracy of a powder-free intraoral scanner: A laboratory study. *J Prosthet Dent* 2017; 117(1): 93-101.

31. Revilla-León M, Jiang P, Sadeghpour M, Piedra-Cascón W, Zandinejad A, et al. Intraoral digital scans—Part 1: Influence of ambient scanning light conditions on the accuracy (trueness and precision) of different intraoral scanners. *J Prosthet Dent* 2020; 124(3): 372-378.

32. Revilla-León M, Gohil A, Barmak AB, Gómez-Polo M, Pérez-Barquero JA, et al. Influence of ambient temperature changes on intraoral scanning accuracy. *J Prosthet Dent* 2023; 130(5): 755-760.

33. Revilla-León M, Subramanian SG, Özcan M, Krishnamurthy VR. Clinical study of the influence of ambient light scanning conditions on the accuracy (trueness and precision) of an intraoral scanner. *J Prosthodont* 2020; 29(2): 107-113.

34. Revilla-León M, Subramanian SG, Att W, Krishnamurthy VR. Analysis of different illuminance of the room lighting condition on the accuracy (trueness and precision) of an intraoral scanner. *J Prosthodont* 2021; 30(2): 157-162.

35. Ochoa-López G, Cascos R, Antonaya-Martín JL, Revilla-León M, Gómez-Polo M. Influence of ambient light conditions on the accuracy and scanning time of seven intraoral scanners in complete-arch implant scans. *J Dent* 2022; 121: 104138.

36. Piedra-Cascón W, Adhikari RR, Özcan M, Krishnamurthy VR, Revilla-León M, Gallas-Torreira M. Accuracy assessment (trueness and precision) of a confocal based intraoral scanner under twelve different ambient lighting conditions. *J Dent* 2023; 134: 104530.

37. Kim RJY, Park JM, Shim JS. Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation. *J Prosthet Dent* 2018; 120(6): 895-903.

38. Rutkūnas V, Gedrimienė A, Husain NAH, Pletkus J, Barauskis D, et al. Effect of additional reference objects on accuracy of five intraoral scanners in partially and completely edentulous jaws: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2023; 130(1): 111-118.

39. Le Texier L, Nicolas E, Batisse C. Evaluation and comparison of the accuracy of three intraoral scanners for replicating a complete denture. *J Prosthet Dent* 2024;

131(4): 706.e1-706.e8.

40. Revell G, Simon B, Mennito A, Evans ZP, Renne W, et al. Evaluation of complete-arch implant scanning with 5 different intraoral scanners in terms of trueness and operator experience. J Prosthet Dent 2022; 128(4): 632-638.