

Özgün Araştırma Makalesi

Farklı İntraoral Tarayıcıların İmplant Ölçü Hassasiyeti Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi

Assessing the Impact of Various Intraoral Scanners on the Accuracy of Dental Implant Impression

Gülsüm Ceylan¹, Münir Demirel², Almira Ada Diken Türksayar³, Faruk Emir⁴, Mustafa Borga Donmez⁵

ÖZET

Amaç: Bu *in vitro* çalışmanın amacı ağız içi tarayıcıların dental implant ölçülerinin hassasiyetine etkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, altı intraoral tarayıcıyı (AIT); Trios 4 (3Shape, Danimarka), Trios 3 (3Shape, Danimarka), Primescan (Dentsply Sirona, Almanya), Omnicam (Dentsply Sirona, Almanya), Planmeca Emerald S (Planmeca, Finlandiya) ve Medit i700 (Medit, Güney Kore) karşılaştırmak üzerine tasarlandı. 3D yazıcı (Formlabs 3, ABD) ile üretilen master modelden her bir AIT ile ölçü alındı. AIT'lerin doğruluk (trueness) ve kesinlik (precision) değerleri belirlendi ve analiz edildi. İstatistiksel analizlerde, Shapiro-Wilks testi ve Kruskal-Wallis non-parametrik testleri ($\alpha=0.05$) ayrıca çoklu karşılaştırmalarda Tamhane testi kullanıldı.

Bulgular: Gruplara ait doğruluk değerleri arasında anlamlı farklar bulundu ($p<0.05$). Trios 4 ile Omnicam doğruluk değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$) diğer AIT'ler ile arasında anlamlı fark bulundu ($p<0.05$). Ayrıca Primescan ve Medit i700'ün doğruluk değerleri ile diğer AIT'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0.05$). Gruplara ait kesinlik değerleri arasında anlamlı farklar saptandı ($p<0.05$). Medit i700 ve Omnicam, Trios 3 ve Trios 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0.05$), Planmeca ile diğer AIT'ler arasında anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$).

Sonuç: En yüksek doğruluk değeri Primescan'de, en yüksek kesinlik değeri ise Medit i700'de bulundu. Bu sonuçlar, AIT'lerin seçiminde hekimler tarafından dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Ağız içi tarayıcı; Dijital ölçü; Diş implantı; Tek diş; 3D analiz

ABSTRACT

Aim: This *in vitro* study aimed to evaluate the effect of intraoral scanners on the precision of dental implant impressions.

Materials and Method: This study included six intraoral scanners (IOSs); Trios 4 (3Shape, Denmark), Trios 3 (3Shape, Denmark), Primescan (Dentsply Sirona, Germany), Omnicam (Dentsply Sirona, Germany), Planmeca Emerald S (Planmeca, Finland) and Medit i700 (Medit, South Korea). Impressions were taken with each IOS from the master model produced with a 3D printer (Formlabs 3, USA). The precision and trueness values of IOSs were determined and analyzed. For statistical analyses, the Shapiro-Wilks test and Kruskal-Wallis non-parametric tests ($\alpha=0.05$) and the Tamhane test were used for multiple comparisons.

Results: Significant differences were found between the trueness values of the groups ($p<0.05$). In comparison, there was no statistically significant difference between Trios 4 and Omnicam trueness values ($p>0.05$); a significant difference was found between the other IOSs ($p<0.05$). In addition, a statistically significant difference was found between Primescan and Medit i700 trueness values and other IOSs ($p<0.05$). Significant differences were found between the precision values of the groups ($p<0.05$). While there was a statistically significant difference between Medit i700 and Omnicam, Trios 3 and Trios 4 ($p<0.05$), there was no significant difference between Planmeca and other IOSs ($p>0.05$).

Conclusion: The highest trueness value was found in Primescan, and the highest precision value was found in Medit i700. These results should be taken into account by clinicians in the selection of IOSs.

Keywords: Dental implant; Digital impression; Intraoral scanner; Single tooth; 3D analysis

Makale gönderiliş tarihi: 09.06.2023; Yayına kabul tarihi: 12.08.2023

İletişim: Dr. Gülsüm Ceylan

İstanbul Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AnaBilim Dalı

E-Posta: gulsumcyl@gmail.com

¹Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

²Dr. Öğretim Üyesi, Biruni Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Dişçilik Hizmetleri Bölümü, Ağız ve Diş Sağlığı Programı, İstanbul, Türkiye.

³Dr. Öğretim Üyesi, Biruni Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

⁴Dr. Öğretim Üyesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

⁵Doçent Dr., İstinye Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye; Misafir Araştırmacı, Bern Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Rekonstrüktif Diş Hekimliği ve Gerodontoloji Anabilim Dalı, Bern, İsviçre

GİRİŞ

Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), 1980'lerden itibaren diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır.¹ O zamandan bu yana, teknolojinin sürekli gelişmesi nedeniyle CAD/CAM, dental altyapıların üretimi için geleneksel döküm işleminden daha yaygın olarak kullanılmaya devam etmiştir.² Dijital iş akışı, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında ölçü prosedürü, dezenfeksiyon, ölçülerin dental laboratuvarlara nakliyesi ve alçı model üretimi gibi basamakları ortadan kaldırır.^{3,4} Belirli bir standarda oturtulmuş üretim süreci sayesinde CAD/CAM sistemleri, yüksek kalitede restorasyonların üretilmesine olanak sağlar.⁵

Dijital iş akışının doğrudan veya dolaylı veri toplama (ağız içi ve ağız dışı), restorasyonun tasarımı ve restorasyonun üretim süreci olmak üzere 3 temel basamağı vardır.⁶ İlk basamak olan veri toplama sürecinde ağız içi ve ağız dışı olmak üzere iki çeşit tarayıcı kullanılır. Ağız içi tarayıcılar (AİT) son zamanlarda yazılım ve donanım açısından önemli teknolojik gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler AİT'lerin konvansiyonel ölçüler kadar hassas olmasını sağlamıştır.⁷ Dijital ağız içi tarama, yüksek hasta memnuniyeti, basitleştirilmiş üretim prosedürü ve maliyetlerdeki düşüş nedeniyle diş hekimliğinde popülerlik kazanmaktadır.^{8,9} AİT'ler optik ölçü almak için kullanılırlar ve bir ışık demeti kullanarak diş arkının şekli/boyutu ve implantların konumu hakkında bilgi toplamaktadırlar.⁸ AİT, diş/implant yüzeyine yapılandırılmış bir ışık veya lazer demeti gönderir sonrasında bu yapılardan yansıyan distorsiyona uğramış ışınları yüksek çözünürlüklü kameralar aracılığıyla yakalar ve bunları dijital veri haline dönüştürür.⁸

Günümüzde ağız içi tarayıcılar, triangulation (Cerec, Dentsply Sirona), aktif wavefront örnekleme (True Definition, 3 M ESPE) ve konfokal tarama tekniği (iTero, Align Technology ve Trios, 3Shape) gibi gelişmiş tarama teknolojilerini kullanmaktadır.¹⁰ Protetik restorasyonun üretiminde AİT'den beklenen destek, diş/implant ve bunları çevreleyen dokuların dijital verilerini hassas bir şekilde elde etme yeteneğidir. Bir AİT'nin vazgeçilmez bileşenlerinden olan hassasiyet (accuracy), iki parametreden oluşmaktadır. Bunlar doğruluk (trueness) ve kesinlik (precision) tir.^{11,12} Doğruluk, taranan nesnenin gerçek boyutlarından sapmasını ifade eder.¹¹⁻¹³ Kesinlik ise tekrarlanan taramalar arasındaki sapmayı ifade eder.¹²

Yüksek doğruluk, ölçülen nesnenin orijinal boyutlarına ne kadar yakın olduğunu, yüksek kesinlik ise ölçümün tutarlılığını belirtir.¹² Sonuç olarak, restorasyonların uyumu, dental tarayıcılarının doğruluk ve kesinliğine bağlıdır.¹¹

Giderek daha geniş bir kullanım alanı bulan ve geliştirilen intraoral tarayıcıların ölçüm hassasiyetlerini karşılaştıran çalışmalar bulunmakla birlikte güncel ve çok sayıda intraoral tarayıcının hassasiyetini karşılaştıran çalışma sayısı oldukça azdır. Bu bağlamda, bu çalışmanın hedefi; çeşitli AİT'lerin dental implantların ölçüm hassasiyetine olan etkisinin kapsamlı bir şekilde incelenmesidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Altı farklı intraoral tarayıcının implant ölçü işlemlerindeki hassasiyetlerinin karşılaştırılması amacıyla bir master model oluşturuldu. Standart tam dişli üst çene modelindeki (KaVo Dental, Biberach, Germany) 16 nolu diş modelden çıkartıldı ve yerine 1 adet 4.4 mm çapında implant analoğu (Trias Implants; Servo-Dental GmbH & Co. KG, Rohrstraße, Hagen, Almanya) yerleştirildi. Bu analog üzerine aynı firmanın dijital tarama parçası (scanbody) manuel şekilde torklanarak master model üzerine yerleştirildi.

Bir endüstriyel Blue LED 3D tarayıcı (ATOS Core 80 5M, GOM GmbH, Braunschweig, Almanya), referans tarayıcı (RT) olarak seçildi. ATOS Core, bir ölçüm sürecinde bir nesnenin üç ayrı görüntüsünü yakalamak için projektörle birlikte iki stereo kamera kullanmaktadır. Bu da RT'nin daha az taramaya gereksinim duymasını ve daha yüksek kaliteli veri elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışma öncesi, RT kalibrasyon paneli (GOM Inspect; GOM, Braunschweig, Germany GOM Tip/SN CP40/200/100846) ile kalibre edildi. RT, VDI/VDIE 2634 Part 3 (VDI e.V.; Düsseldorf, Almanya)'e göre test edildi.

Master model 2 µm kalınlığında yansıma önleyici spreyle kaplandı ve daha sonra RT ile 10 kez tarıldı. Master modelin 10 adet tarama verisi bilgisayar yazılımı (Geomagic Control X, 3D Systems) ile birleştirildi ve dijital master model (DMM) olarak bir dosya oluşturuldu. Üretilen master model, bir SLA yazıcının tablasına (Form 3; Formlabs) 90° oryantasyon açısı ile yerleştirildi. Katman kalınlığı 100 µm ve XY çözünürlüğü 25 mikron olacak şekilde ayar-

landı. 3D yazıcının lazer nokta büyüklüğü 85 µm ve lazer dalga boyu ise 405 nm'dir. Sonrasında, 3D yazıcı tarafından Model V2 Resin (Formlabs) materyali kullanılarak üretildi (Şekil 1). 3D yazıcılardaki tüm üretim işlemleri firma talimatlarına göre yapıldı. 3D yazıcıda basılan master model üretim sonrasında 24 saat ışık geçirmeyen kapta saklandıktan sonra tarama işlemlerine geçildi.

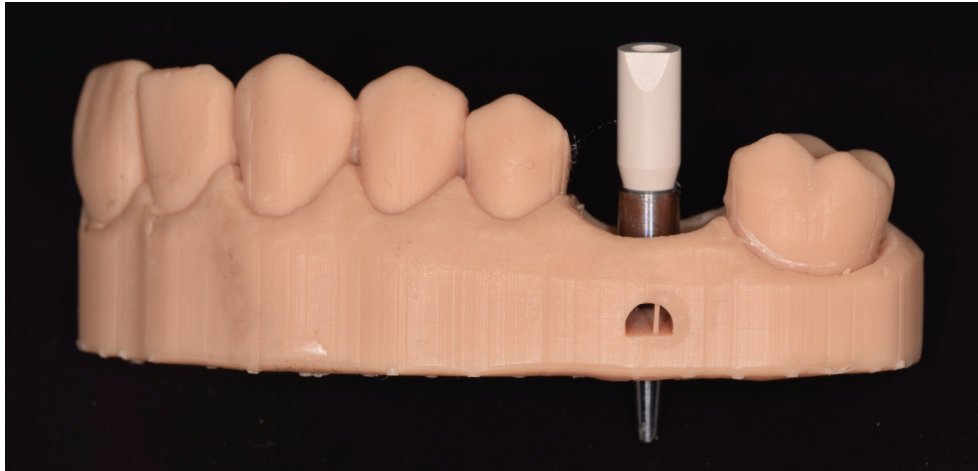
Testlerde kullanılan 6 AİT'nin modelleri ve özellikleri Tablo 1'de listelenmiştir. AİT'ler, ölçümler öncesinde üretici firmaların talimatları doğrultusunda kalibre edildi ve her bir tarayıcı için ölçümler 10 kez tekrarlandı. Her tarayıcının 10 tarama verisi dışa aktarıldı ve .stl dosya formatında kaydedildi. Tüm tarama işlemleri alanında deneyimli bir uzman tarafından gerçekleştirildi.

Elde edilen dijital veriler AİT'lerin ölçüm doğruluğunu belirlemek amacıyla 3D analiz yazılımında (Geomagic Control X, 3D Systems), "best-fit" algoritması kullanılarak analiz edildi ve tüm AİT'ler için aynı yöntem kullanıldı. 3D analizde 15000 nokta büyüklüğünde bir örneklem ve 0.001 mm tolerans kullanıldı. 3D analiz yazılımı raporlarında, her taramanın RMS,

ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma (SD) değerleri kaydedildi. AİT'lerin kesinliğini değerlendirmek için ise her bir grubun ortalamaya olan uzaklıklarına bakıldı.

Renk kodlu haritalar, master model ile tarama verileri arasındaki farklılıkları göstermek için kullanıldı. Deviasyonların dağılım ayarları nominal olarak ± 100 µm olacak şekilde ayarlandı. Aralık değerleri ise ± 10 µm olarak belirlendi. Renk kodlu haritalarda, sarıdan kırmızıya doğru geçiş yapan alanlar taranmış modellerin DMM'den daha büyük olduğunu göstermektedir. Açık mavi ile koyu mavi alanlar ise taranmış modellerin DMM'den daha küçük olduğunu göstermektedir (Şekil 2).

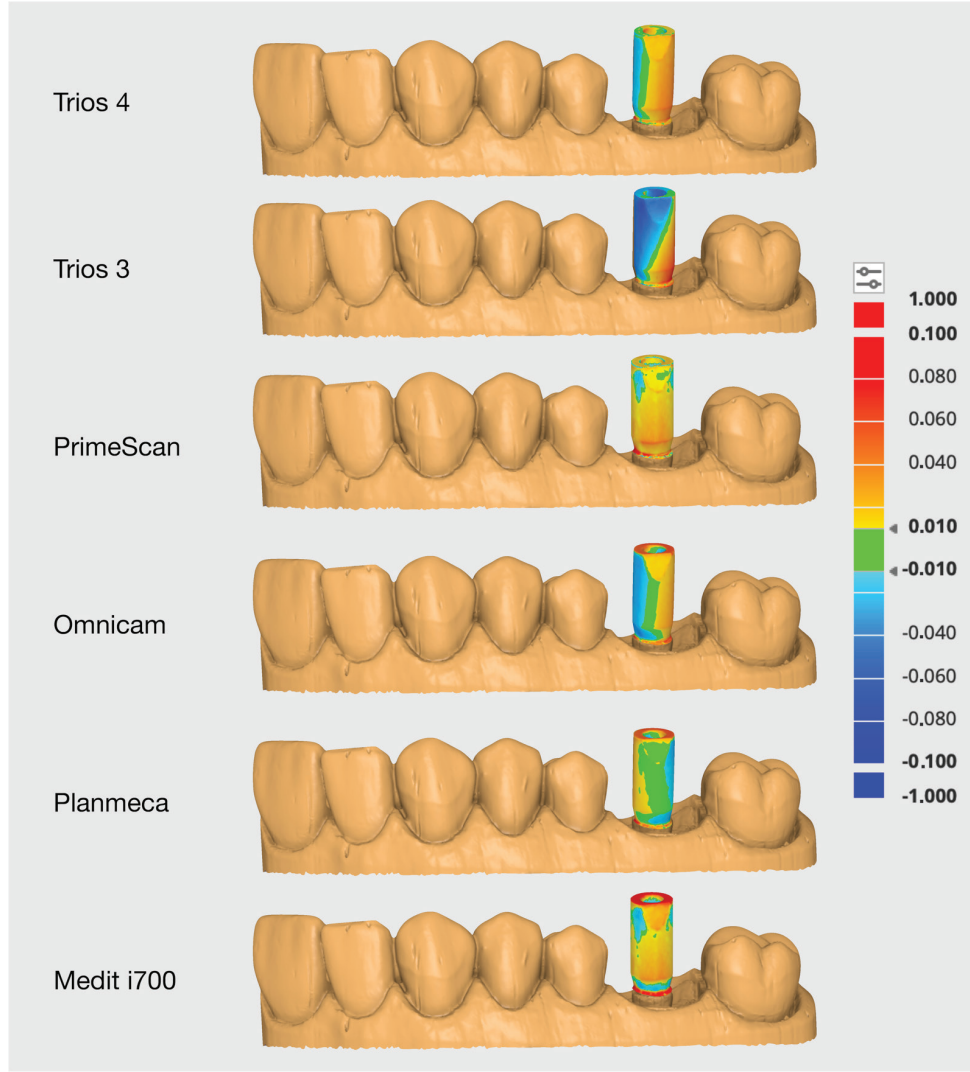
Çalışmada elde edilen veriler, bir istatistiksel yazılım (SPSS v20 for Macintosh; IBM Corp., Chicago, IL, ABD) kullanılarak %95 anlamlılık düzeyinde gerçekleştirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğunu belirlemek için Shapiro-Wilks testi yapıldı. Normal dağılım varsayımı karşılanmadığında, gruplar arası farkları değerlendirmek için Kruskal-Wallis non-parametrik testi kullanıldı (tüm testler için $\alpha=0.05$). Çoklu karşılaştırmalar için ise Tamhane testi kullanıldı.



Şekil 1. 3D yazıcıda oluşturulan master model.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan intraoral tarayıcıların modelleri ve özellikleri

Tarayıcı	Üretici	Tarama Teknolojisi	Işık Kaynağı	Çalışma Prensibi
Trios 4	3Shape	Konfokal mikroskopisi	Işık Lazer ve Led Referans	Multi İmaj
Trios 3	3Shape	Konfokal mikroskopisi	Işık Lazer ve Led Referans	Multi İmaj
Primescan	Dentsply Sirona	Aktif Triangülasyon	Mavi Led Teknolojisi	Multi imaj
Omniscam	Dentsply Sirona	Aktif Triangülasyon	Görünür Işık	Çoklu imajlama, Video
Emerald S	Planmeca	Kısmi Triangülasyon	Kırmızı Yeşil Mavi Lazer	Çoklu imajlama, Video
Medit i700	Medit	Optik Triangülasyon	Görünür Işık	Hızlı video görüntüleme



Şekil 2. Farklı AİT'ler ile elde edilmiş renk kodlu haritalar. Sarı-kırmızı arası renkler ekspansiyonları gösterirken, açık mavi- koyu mavi alanlar ise taranmış kontraksiyonları göstermektedir.

BULGULAR

Farklı intraoral tarayıcılar ile elde edilen ölçümlere ait doğruluk ve kesinlik değerleri kendi aralarında değerlendirildi.

Altı farklı AİT ile elde edilen ölçümlere ait doğruluk bulguları Tablo 2' de yer almaktadır. Gruplara ait doğruluk değerleri arasında anlamlı farklar saptandı ($p<0.05$). En yüksek doğruluk değerleri Primescan ($37.4\pm 3.16 \mu\text{m}$) grubunda elde edildi. Primescan ile diğer tüm AİT'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0.05$). Trios 4 ile Trios 3, Primescan, Planmeca ve Medit i700 AİT'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark varken ($p<0.05$), Trios 4 ve Omnicam ($71.00\pm 5.12 \mu\text{m}$) arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$). Trios 3 ile Planmeca arasında

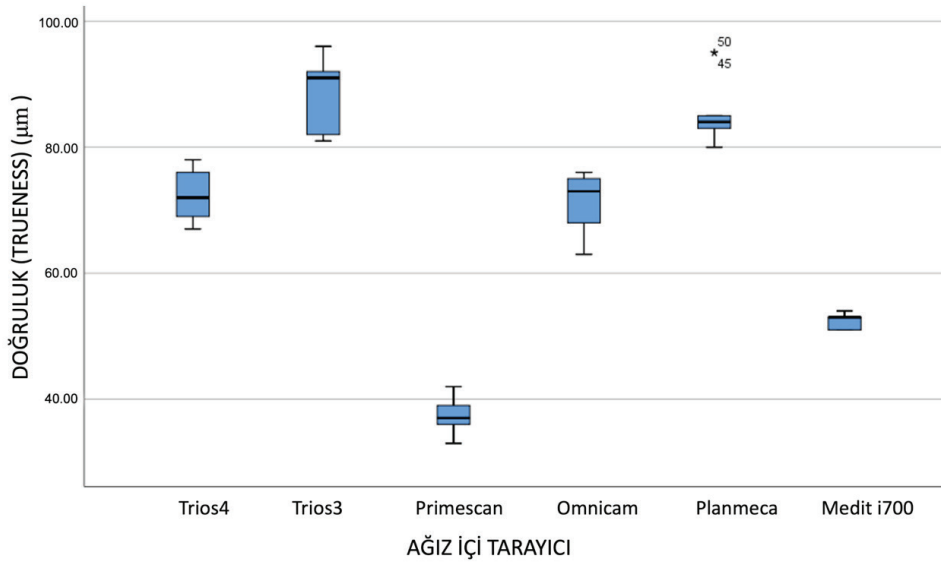
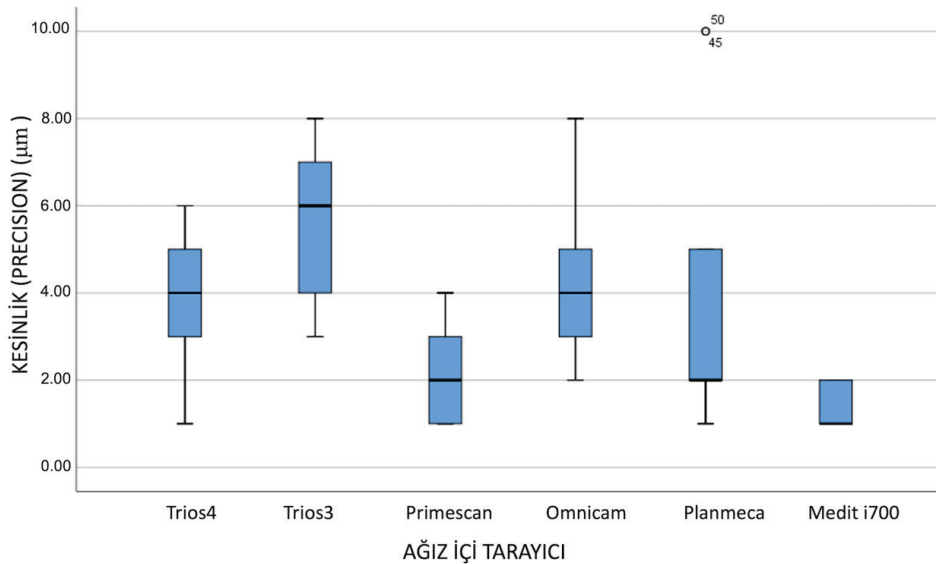
da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Medit i700 ile diğer tüm AİT'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$) (Şekil 3).

Altı farklı AİT ile elde edilen ölçümlere ait kesinlik verileri Tablo 2' de yer almaktadır. Gruplara ait kesinlik değerleri arasında anlamlı farklar saptandı ($p<0.05$). En yüksek kesinlik değerleri Medit i700 ($1.4\pm 0.51 \mu\text{m}$) grubunda elde edilmiştir. Medit i700 ($1.4\pm 0.51 \mu\text{m}$) ve Omnicam (4.4 ± 2.17), Trios 3 (5.6 ± 1.95) ve Trios 4 ($3.8\pm 1.81 \mu\text{m}$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Planmeca ($4\pm 3.46 \mu\text{m}$) ile diğer tüm AİT'ler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Primescan ile Trios 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$) (Şekil 4).

Tablo 2. Farklı intraoral tarayıcılar ile elde edilen ölçülere ait Doğruluk (Trueness) ve Kesinlik (Precision) (μm) bulguları.

	AİT	Ort \pm SS	Trios 4	Trios 3	Primescan	Omnicaam	Planmeca	Medit i700
Doğruluk (Trueness)	Trios 4	72.40 \pm 4.35	1.000	<0.05*	<0.05*	1.000	<0.05*	<0.05*
	Trios 3	88.4 \pm 6.20	<0.05*	1.000	<0.05*	<0.05*	0.990	<0.05*
	Primescan	37.4 \pm 3.16	<0.05*	<0.05*	1.000	<0.05*	<0.05*	<0.05*
	Omnicaam	71.00 \pm 5.12	1.000	<0.05*	<0.05*	1.000	<0.05*	<0.05*
	Planmeca	85.4 \pm 5.35	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	1.000	<0.05*
	Medit i700	52.4 \pm 1.26	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	1.000
Kesinlik (Precision)	Trios 4	3.8 \pm 1.81	1.000	0.513	0.412	1.000	1.000	0.033*
	Trios 3	5.6 \pm 1.95	0.513	1.000	0.005*	0.971	0.978	0.001*
	Primescan	2.2 \pm 1.22	0.412	0.005*	1.000	0.194	0.911	0.723
	Omnicaam	4.4 \pm 2.17	1.000	0.971	0.194	1.000	1.000	0.025*
	Planmeca	4 \pm 3.46	1.000	0.978	0.911	1.000	1.000	0.477
	Medit i700	1.4 \pm 0.51	0.033*	0.001*	0.723	0.025*	0.477	1.000

*p<0.05, AİT: Ağız İçi Tarayıcı, Ort: Ortalama, SS: Standart Sapma

**Şekil 3.** Ağız içi tarayıcılara ait doğruluk değerleri**Şekil 4.** Ağız içi tarayıcılara ait kesinlik değerleri

TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı AİT'lerin dental implantların ölçüm hassasiyetine (accuracy) etkisi detaylı olarak araştırıldı. Çalışmanın sonuçlarına göre, farklı AİT'ler doğruluk ve kesinlik açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdi. Bu nedenle, çalışmanın başlangıç hipotezi reddedildi.

İnternal ve marjinal uyum protetik restorasyonların uzun dönem başarısı için kritik faktörlerdir. Kabul edilebilir majinal aralık değerlerinin sağlanmadığı protetik restorasyonlardaki uyumsuzluklar destek dişlerin/implantların ve periodontal dokuların sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir.¹⁴ Yapılan bazı çalışmalarda kabul edilebilir marjinal aralık değerlerinin 100 µm'nin altında olması gerektiği bildirilmiştir.^{15,16} Çoğu araştırmacı ise, McLean ve von Fraunhofer¹⁷ tarafından belirlenen marjinal boşluk değerlerini kullanmış ve maksimum 120 µm'ye kadar olan marjinal açıklıkların kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir.^{15,16,18} Diğer bazı çalışmalarda ise 50 ile 200 µm arasındaki marjinal açıklıkların klinik olarak kabul edilebilir değerler olduğu bildirilmiştir.^{19,20}

Dijital diş hekimliğinde modelleme ve frezeleme esas olarak dijital ölçü ile elde edilen verilere bağlı olduğundan, implant destekli protez restorasyonların uzun dönem sağ kalımını artırmak ve marjinal adaptasyonu kabul edilebilir sınırlar içinde olmasını sağlamak için diş hekimleri en başarılı AİT'yi seçmek durumundadır.⁸ Bir AİT'nin hassasiyeti, donanım tarafından elde edilen verilerin yazılım ile işlenmesi sonucu oluşturulan nokta bulutunun kalitesi ile doğrudan ilişkilidir.⁴ Hassasiyet (accuracy) terimi, doğruluk (trueness) ve kesinlik (precision) olmak üzere iki ana faktör ile belirlenir.²⁰

Çalışmamızda doğruluk değerleri 37.4±3.1 µm ile 88.4±6.2 µm arasında, kesinlik değerleri ise 1.4±0.5 µm ile 5.6±1.9 µm arasında değişmektedir. Elde edilen doğruluk değerlerine göre tüm AİT'ler klinik olarak başarılı sonuçlar vermiştir. Kesinlik ölçümleri ise her bir AİT için tutarlı sonuçlar vermiştir.

Altı farklı AİT'nin değerlendirildiği farklı bir çalışmada doğruluk değerleri 24.4±2.1 µm ile 53.8±14.9 µm arasında iken kesinlik değerleri 21.4±12.9 µm ile 97.9±38.4 µm arasında değişmektedir.⁷ Bu çalışmada Medit i700, Omnicam, Primescan ve Trios 4 için doğruluk değerleri bizim çalışmamızdan daha

düşük (daha başarılı) bulunmuştur. Bu değerlerdeki farklılığın sebebi bizim çalışmamızda implant diğer çalışmada prepare edilmiş diş kullanılması olabilir.

Medina-Sotomayor ve ark.²¹ tarafından yapılan çalışmada tam çene modelde doğruluk değerleri 32.1±13.7 µm ile 98.3±14 µm arasında iken kesinlik değerleri 98.8±40.4 µm ile 261.8±32.6 µm arasında değişmektedir.²¹ Üç farklı tarayıcının karşılaştırıldığı benzer bir çalışmada doğruluk değerleri 32.8±11.6 µm ile 49.1±8.9 µm, kesinlik değerleri 19±3.2 µm ile 26.5±1.8 µm arasındadır.³ Bizim çalışmamızda doğruluk değerleri 37.4±3.1 µm ile 88.4±6.2 µm arasında değişmektedir. Mühlemann ve ark.²² tarafından yapılan 3 farklı AİT'nin karşılaştırıldığı çalışmada tek üye implant ölçülerinde doğruluk değerleri 57.2 µm ile 176.7 µm arasında değişmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda farklı AİT'lerle alınan ölçülerin doğruluklarının değişeceği bildirilmiştir.²²⁻²⁶ Gürpınar ve ark.²³ yakın zamanda yaptıkları bir çalışmada en yüksek ölçü doğruluğunun bu çalışma ile benzer şekilde Primescan ile elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da olduğu gibi, Planmeca grubunda daha düşük doğruluk değerleri tespit edilmiştir.²³ Benzer başka bir çalışmanın verileri de bu sonuçlarla uyumlu olarak sunulmuştur.²⁴

Araştırmacılar, implant destekli restorasyon ölçülerinde, kullanılan tarayıcının yanısıra, tarama alanı, tarama bölgesi, diş eti fenotipi, komşu dişler, implant sayısı gibi çeşitli faktörlerin de ölçü doğruluğunu etkileyebileceğini bildirmişlerdir.^{25,26} Bu nedenle, literatürde yer alan çalışma sonuçları değerlendirilirken bu faktörler dikkatle değerlendirilmelidir. Pesce ve ark.²⁷ yakın zamanda yayınladıkları bir çalışmada, tek implantlı model, iki implantlı model ve tüm ark modelinin doğruluğunu değerlendirmiştir. Araştırmacılar daha az implant sayısı olan modellerde ölçü doğruluğunun daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır.²⁷ Bunun nedeni, video tarama yönteminin tek görüntü yakalamaya göre daha iyi tarama teknolojisi sağlaması olabileceği düşünülmektedir. Ancak, Medina ve ark.²¹ video tarama yöntemi sistemine sahip olan Omnicam tarayıcının, tam ark taramaları için en düşük doğruluğa sahip olduğu sonucunu bildirmiştir.²¹

Yapılan çalışmalarda, yazılım algoritmasının AİT tarafından yakalanan verileri işlediği ve dosya boyutunu küçültmek için bulutun içinde bulunan nokta sayı-

sını azalttığı bildirilmiştir.^{21,28} Taranan bölge (anterior, posterior, diş veya implant), tarama uzunluğu, hekimin deneyimi, ortam ışığı, tarayıcının işleyiş prensipleri ve kullanılan yazılım ve bu yazılımların güncelliği gibi çeşitli faktörlerin, hassasiyet verilerini etkileme potansiyeli olduğu belirtilmiştir. Bu faktörlerin her biri, tarama sürecini ve sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir ve bu nedenle, her birinin, ölçüm hassasiyeti ve tarama performansını optimize etmek için dikkate alınması gereklidir.³

Çalışmamızda tek implant sisteminin kullanılması çalışmayı sınırlayan faktörlerden birisidir. Farklı implant sistemleri ile elde ettiğimizden farklı sonuçlar elde edilebileceği gözardı edilmemelidir. İmplant tarama parçası materyali ve şekli de ölçümlerin hassasiyetini etkileyebilir.²⁹ Buna ek olarak, 3D yazıcı ile üretilmiş bir master modelin kullanılmış olması da bir sınırlama olarak düşünülebilir, çünkü yazıcı ile üretilen master model zaman içinde boyutsal değişiklikler gösterebilmektedir.³⁰

AİT'lerin performanslarının, ağız içi ortamın değişkenlerini de taklit eden çalışmalarla değerlendirilmesi, bu cihazların potansiyel faydalarını ve sınırlılıklarını belirlememize yardımcı olacaktır.⁷ Ayrıca, daha geniş bir tarayıcı yelpazesini içeren ve farklı ölçüm yöntemlerini inceleyen çalışmalar AİT'lerin etkili şekilde kullanmamızı sağlamaya yardımcı olabilir. Bu nedenle AİT'lerin dental implantların ölçüm hassasiyetlerinin incelenmesi için farklı marka cihazlar, implant sayısının artırılması ve implant açılırları gibi faktörlerin de planlamaya katıldığı daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, farklı AİT'ler arasında dental implant ölçülerinde doğruluk ve kesinlik konusunda önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle, Primescan'ın doğruluk değerinin (37.4 µm) ve Medit i700'ün kesinlik değerinin (1.4 µm) en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Ayrıca, Trios 4 ve Trios 3 AİT'ler ile Primescan, Planmeca ve Medit i700 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Ancak, Trios 4 ile Omnicam ve Trios 3 ile Planmeca arasında anlamlı bir fark saptanamamıştır. Planmeca'nın kesinlik değerleri diğer tüm AİT'lerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu, Planmeca'nın geniş bir kesinlik aralığına sahip olabileceğini ve bu durumun belirli durumlarda

kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, *et al.* Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. *Eur J Dent Educ* 2017;21:200-5.
2. Lin WS, Metz MJ, Pollini A, Ntounis A, Morton D. Digital data acquisition for a CAD/CAM-fabricated titanium framework and zirconium oxide restorations for an implant-supported fixed complete dental prosthesis. *J Prosthet Dent* 2014;112:1324-9.
3. Şen N. Farklı dijital ölçü sistemlerinin dental implantın ölçü netliğine etkisinin değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2020;41:77-82.
4. Mandelli F, Gherlone E, Gastaldi G, Ferrari M. Evaluation of the accuracy of extraoral laboratory scanners with a single-tooth abutment model: A 3D analysis. *J Prosthodont Res* 2017;61:363-70.
5. González de Villaumbrosia P, Martínez-Rus F, García-Orejas A, Salido MP, Pradies G. In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *J Prosthet Dent* 2016;116:543-50.
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;36:402-7.
7. Giuliadori G, Rappelli G, Aquilanti L. Intraoral Scans of Full Dental Arches: An In Vitro Measurement Study of the Accuracy of Different Intraoral Scanners. *Int J Environ Res Public Health* 2023;20:4776.
8. Imburgia M, Logozzo S, Hauschild U, Veronesi G, Mangano C, Mangano FG. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative *in vitro* study. *BMC Oral Health* 2017;17:1-13.
9. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradies G. Accuracy of a digital impression system based on parallel confocal laser technology for implants with consideration of operator experience and implant angulation and depth. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:853-62.
10. Amornvit P, Rokaya D, Sanohkan S. Comparison of Accuracy of Current Ten Intraoral Scanners. *Biomed Res Int* 2021;2021:2673040.
11. Vandeweghe S, Vervack V, Vanhove C, Dierens M, Jimbo R, De Bruyn H. Accuracy of optical dental digitizers: an *in vitro* study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2015;35:115-21.
12. ISO. 5725-1:1994 Accuracy (Trueness and Precision) of Measurements Methods and Results—Part 1: General Principles and Definitions; International Standards Organization: Geneva, Switzerland, 1994.
13. Ender A, Mehl A. Accuracy of complete-arch dental

- impressions: a new method of measuring trueness and precision. *J Prosthet Dent* 2013;109:121-8.
14. Chiu A, Chen Y-W, Hayashi J, Sadr A. Accuracy of CAD/CAM digital impressions with different intraoral scanner parameters. *Sensors* 2020;20:1157.
15. Denissen H, Dozić A, van der Zel J, van Waas M. Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J Prosthet Dent* 2000;84:506-13.
16. Martins LM, Lorenzoni FC, Melo AO, Silva LM, Oliveira JL, Oliveira PC, *et al.* Internal fit of two all-ceramic systems and metal-ceramic crowns. *J Appl Oral Sci* 2012;20:235-40.
17. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an *in vivo* technique. *Br Dent J* 1971;131:107-11.
18. Chochlidakis KM, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Feng IJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016;116:184-90.
19. Zarauz C, Valverde A, Martinez-Rus F, Hassan B, Pradies G. Clinical evaluation comparing the fit of all-ceramic crowns obtained from silicone and digital intraoral impressions. *Clin Oral Investig* 2016;20:799-806.
20. Ahlholm P, Sipilä K, Vallittu P, Jakonen M, Kotiranta U. Digital Versus Conventional Impressions in Fixed Prosthodontics: A Review. *J Prosthodont* 2018;27:35-41.
21. Medina-Sotomayor P, Pascual-Moscardo A, Camps A I. Accuracy of 4 digital scanning systems on prepared teeth digitally isolated from a complete dental arch. *J Prosthet Dent* 2019;121:811-20.
22. Mühlemann S, Greter EA, Park JM, Hämmerle CHF, Thoma DS. Precision of digital implant models compared to conventional implant models for posterior single implant crowns: A within-subject comparison. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:931-6.
23. Gurpinar B, Tak O. Effect of pulp chamber depth on the accuracy of endocrown scans made with different intraoral scanners versus an industrial scanner: An *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 2022;127:430-7.
24. Diker B, Tak Ö. Accuracy of six intraoral scanners for scanning complete-arch and 4-unit fixed partial dentures: An *in vitro* study. *J Prosthet Dent* 2022;128:187-94.
25. Marques VR, Çakmak G, Yılmaz H, Abou-Ayash S, Donmez MB, Yılmaz B. Effect of Scanned Area and Operator on the Accuracy of Dentate Arch Scans with a Single Implant. *J Clin Med* 2022;11:4125.
26. Flügge T, van der Meer WJ, Gonzalez BG, Vach K, Wismeijer D, Wang P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2018;29:374-92.
27. Pesce P, Bagnasco F, Pancini N, Colombo M, Canullo L, Pera F, *et al.* Trueness of Intraoral Scanners in Implant-Supported Rehabilitations: An *In Vitro* Analysis on the Effect of Operators' Experience and Implant Number. *J Clin Med* 2021;10:5917.
28. Güth JF, Edelhoff D, Schweiger J, Keul C. A new method for the evaluation of the accuracy of full-arch digital impressions *in vitro*. *Clin Oral Investig* 2016;20:1487-94.
29. Mizumoto RM, Yılmaz B, McGlumphy EA Jr, Seidt J, Johnston WM. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent* 2020;123:96-104.
30. Hamm J, Berndt EU, Beuer F, Zachriat C. Evaluation of model materials for CAD/CAM *in vitro* studies. *Int J Comput Dent* 2020;23:49-56.