



Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>



İNTRAORAL TARAYICILARDA DOĞRULUK

Berkay Enes GÜNGÖR¹, Metehan YILMAZ¹,
Ongun ÇELİKKOL¹



ÖZET

Konvansiyonel ölçü teknikleri uzun zamandır diş hekimliği alanında kullanılmaktadır. Ölçü maddelerinin ve yöntemlerinin çeşitli dezavantajlarının üzerine, diş hekimliği dünyasındaki teknolojik gelişmeler de eklenince bu geleneksel yöntemler terk edilmeye başlanmıştır. Bu teknolojik gelişmelerin başında intraoral tarayıcılar ve CAD/CAM sistemleri gelmektedir. İntraoral tarayıcılarla ölçü alındıktan sonra sağlıklı ve uyumlu restorasyonlar üretilebilmesi için ekipmanların bazı özellikleri barındırması gerekmektedir. Bu özelliklerin başında ‘doğruluk (accuracy)’ gelmektedir.

Materyal ve Metod: İntraoral tarayıcılar ve doğruluk ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Bu literatür incelemesi bilgisayar ortamında “Pubmed” ve “Google Scholar” veritabanları kullanılarak yapılmıştır. Araştırmaya dahil edilme kriterlerine uygun yayınlar çalışma kapsamına alınmış ve değerlendirilmiştir.

Bulgular: Diş hekimleri hastalarına daha konforlu tedavi olanakları sunmak, hastanın diş hekimi koltuğunda oturduğu süreyi kısaltmak ve daha uyumlu restorasyonlar yapabilmek için çalışmaktadırlar. Bu bağlamda alınan ölçülerin kalitesi çok önemli bir kriterdir ve teknolojik ve yazılımsal gelişmelerle birlikte intraoral tarayıcıların kullanımı günden güne artmıştır. Net bir ölçü alınabilmesi için intraoral tarayıcıların yüksek doğruluk seviyesinde olması gerekmektedir.

¹Berkay Enes GÜNGÖR Uşak Üniversitesi berkay.gungor@usak.edu.tr 0000-0001-5239-6164
Metehan YILMAZ Diş Hekimliği Fakültesi metehan.yilmaz@usak.edu.tr 0000-0002-9156-8333
Ongun ÇELİKKOL Protetik Diş Tedavisi AD ongun.celikkol@usak.edu.tr 0000-0002-9401-4133
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental_v08i2002

Sonuçlar: İntraoral tarayıcılar ile istenilen kalitede bir ölçü alınabilmesi için, tarayıcının barındırması gereken en önemli özellik doğruluktur. Geleneksel ölçülere göre, intraoral tarayıcıların avantajlarının ve dezavantajlarının daha iyi anlaşılabilmesi için; intraoral tarayıcıların doğruluk özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelendiği daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Diş hekimlerinin, hastalarına daha iyi hizmet verebilmek için bu konudaki gelişmeleri ve literatürü takip etmeleri gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: *İntraoral, tarayıcı, doğruluk*

Accuracy in Intraoral Scanners

ABSTRACT

Introduction: Conventional impression techniques have been used in dentistry for a long time. When technological developments in the world of dentistry were added to the various disadvantages of impression materials and methods, these traditional methods began to be abandoned. At the beginning of these technological developments are intraoral scanners and CAD / CAM systems. In order to produce healthy and compatible restorations after measuring with intraoral scanners, the equipment must have some features. At the beginning of these features is ‘accuracy’.

Material and Method: Studies on intraoral scanners and accuracy were reviewed. This literature review was conducted in computer environment using “Pubmed” and “Google Scholar” databases. Publications that met the inclusion criteria were

included in the study and evaluated.

Results: Dentists work to provide their patients with more comfortable treatment opportunities, to shorten the time the patient sits in the dentist’s chair, and to make more compatible restorations. In this context, the quality of the measurements taken is a very important criterion and the use of intraoral scanners has increased day by day with technological and software developments. In order to get a clear measurement, intraoral scanners must be of high accuracy.

Conclusions: Accuracy is the most important feature that the scanner should have in order to get a measurement of the desired quality with intraoral scanners. In order to better understand the advantages and disadvantages of intraoral scanners compared to traditional measurements; more studies are needed to examine the

accuracy characteristics of intraoral scanners comparatively. Dentists need to follow the developments and literature on this subject in order to provide better service to their patients.

Keywords: *Intraoral, scanner, accuracy*

GİRİŞ

Geleneksel ölçü teknikleri 18. Yüzyıldan beri diş dokularının üç boyutlu geometrisini kaydetmek için kullanılmıştır. Bununla birlikte, ölçü malzemelerinin hacimsel değişiklikleri ve model elde edilmesinde kullanılan dental alçının genleşmesi nedeniyle geleneksel ölçü yöntemleri hata payı barındırır. Bu süreç, dental laboratuvar hizmetlerinin daha hassas bir şekilde yürütülmesini gerektirir.¹ Bu tarz zorlukların üstesinden gelmek için diş hekimliği uygulamalarında kullanılmak üzere intraoral tarayıcılar geliştirilmiştir. Günümüzde diş hekimliği alanında meydana gelen değişikliklerle birlikte diş hekimlerinin hastalarına daha kaliteli bir hizmet verme istekleri, hastaların daha konforlu ve kısa sürede tedavi görme istekleri artmıştır.² Bununla paralel olarak diş hekimliği sektörünün önde

gelen üretici firmaları, teknolojiyi kullanarak bu alanda çalışmalar yürütmekte ve çeşitli yenilikler geliştirmektedirler. Bu yeniliklerin başında CAD/CAM sistemleri ve intraoral tarayıcılar gelmektedir. Literatürde CAD/CAM sistemleri ile ilgili çok sayıda çalışma olsa da intraoral tarayıcılar ve özellikleri hakkında bilgi veren çalışmalara sık rastlanmadığı görülmüştür.³

Bu derlemenin amacı, intraoral tarayıcılar ve en önemli özelliklerinden biri olan doğruluk hakkında diş hekimlerinin bilgi seviyelerini arttırmalarını sağlamak ve tedavi kalitelerini geliştirmektir.

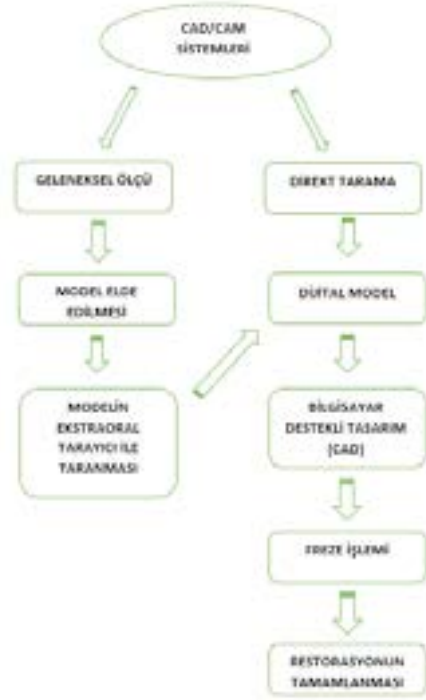
CAD/CAM Sistemleri (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim)

CAD/CAM sistemleri (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim) optik tarayıcılar aracılığıyla elde edilen verilerin, çeşitli yazılımlar yardımıyla üç boyutlu tasarımlara çevrilmesi esasına dayanır.⁴ CAD/CAM sistemlerinin işlemlerin daha hızlı yapılması ve kaliteli bir işleyiş sağlanması gibi avantajları vardır. CAD/CAM sistemleri ile alt yapılar ve restorasyonlar bilgisayar aracılığıyla ta-

sarlandığı için teknisyenlerin bu alandaki işleri kolaylaşmaktadır.⁵ Bu yeni yöntemler sayesinde üretimde standardizasyonu sağladığı için laboratuvarlarda kalite kontrolüne de olanak sağlamaktadır.⁶ Kliniklerde CAD/CAM sistemlerinin kullanılması hastalar ve hekimler için zaman kaybını minimuma indirmektedir.⁴ Ölçü alınmasına ve geçici restorasyon yapılmasına gerek kalmaması, geleneksel yöntemlere göre çapraz enfeksiyon riskini de azaltmaktadır. Dezavantajlarından bazıları ise, yüksek maliyetli olmaları ve kullanımları için deneyim gerektirmeleridir.⁷ CAD/CAM sistemleri ile bir restorasyonun üretilmesi için dijital tarayıcıların kullanılması gerekmektedir. Diş hekimi hasta ağzından direkt ya da elde ettiği model üzerinden indirekt olarak tarama yapabilir. Tarama verileri bir bilgisayar yazılımına aktarılır. Bu veriler ile bilgisayarda üç boyutlu bir görüntü oluşturulur. Dijital ortama aktarılan modelin tasarımı bilgisayarda çeşitli programlar yardımıyla gerçekleştirilebilir. Bu sayede diş hekimi veya diş teknisyeni programları kullanarak, dijital ortamda tasarım yapabilir. Tasarımı yapılan modeller daha sonra freze işlemleriyle ya da üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla üretilirler. Üretilen restorasyonun prototipi veya resto-

rasyonun kendisi hastaya uygulanabilir. Diş hekimi modeli, doğrudan restorasyonu yapılmak üzere teknisyenine yollayabilir ya da aynı seansta restorasyonu kendisi tamamlayabilir.⁸

CAD/CAM sistemlerinin çalışma mantığı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: CAD/CAM Sistemlerinin Çalışma Mantığı

İntraoral tarayıcıların diş hekimliği uygulamalarında kullanılması, diş hekimliğinde CAD/CAM teknolojisinin gelişmesiyle

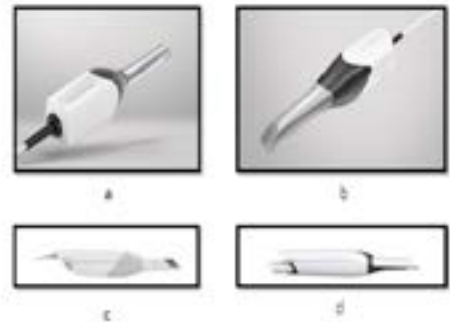
aynı zamana denk gelmiştir ve kullanıcılar için sayısız avantaj sağlamıştır. Günümüzde, intraoral tarayıcılar ve CAD/CAM sistemleri diş hekimlerine daha kolay tedavi planlaması yapma ve laboratuvarlarla daha etkili bir iletişim kurma imkanının yanı sıra azaltılmış operasyon ve tedavi süreleri sağlamaktadır.⁹⁻¹¹ Diş hekimliğinde kullanılan üç boyutlu tarayıcılar; ağız içi (intraoral) ve ağız dışı (ekstraoral) olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Ekstraoral tarayıcılar da model ve day tarayıcıları olmak üzere sınıflandırılır. Dijital sistemler son yıllarda hızlı gelişmeler göstermektedir. Birçok firma intraoral tarayıcılarını sektöre tanıtmaktadır. Yeni çıkarılan kameralar ve kameraların üst versiyonları, dijital taramalar üzerinde yapılan araştırmalara öncülük etmektedir. Bu yüzden kullanıcıların tarayıcılar hakkında bilgilerini güncel tutmaları önemlidir. Dijital sistemlerin, geleneksel ölçü sistemlerine göre avantajları olmasına rağmen geliştirilmesi gereken yönleri hala bulunmaktadır.⁸

GÜNÜMÜZDE KULLANILAN POPÜLER İNTRAORAL TARAYICILAR

1) CEREC® Sirona Dental System GmbH (Almanya): Omni-

cam ve Primescan en popüler tarayıcılarıdır. Diş hekimliğinde ilk olarak kullanılan tarayıcıların başında gelmektedirler. Primescan, Omnicam'ın daha gelişmiş versiyonudur ve daha iyi görüntü kalitesi elde etmektedir.¹² Omnicam, Resim 1a'da; Primescan, Resim 1b'de gösterilmiştir.

2) Trios® (3SHAPE A/S, Danimarka): Trios 3 ve Trios 4 günümüzde sıklıkla kullanılan modelleridir. Renk eşlemesinin gerçek dişlere yakınlığı ve restorasyon marjinlerinin belirlenmesindeki başarısı bu tarayıcıların önemli özelliklerindendir. Trios 4, Trios 3'e göre daha uzun kullanım süresi sunmaktadır. Görünmeyen aproksimal çürükleri belirleyebilmesine rağmen bu özelliğin kullanımı FDA tarafından onay alamadığı için kullanılamamaktadır.¹³ Trios 3. Resim



Resim 1

3) iTero® (Cadent Ltd, İsrail): Element 1®, Element 2®, Element Flex® ve Element 5D® modelleri bulunmaktadır. Piyasaya en son çıkan modeli Element 5D modelidir.¹⁴ iTero Element 5D, Resim 2a'da gösterilmiştir.

4) E4D (D4d Technologies, Llc, ABD): Optik koherens tomografi yöntemini kullanarak tarama yapar. İçerisinde bir milling sistemi barındırır.¹⁵ E4D, Resim 2b'de gösterilmiştir.



Resim 2

5) Medit i500® (Medit, Seoul, Kore): Ağız içinde abutmentler üzerinden tarama yapılması, geleneksel yöntemlerle alınan ölçülerin kaşık üzerinden taranması gibi özellikler geliştirilmiştir. Üretici firma doğruluk miktarlarını tek kronlarda 10 µm, yarım arkta 25 µm ve tam ark taramada 50 µm olduğunu belirtmiştir.¹⁶ Medit i500, Resim 3a'da gösterilmiştir.

6) CS 3500®- CS 3600®- CS 3700® (Carestream, ABD): Fotoğraf ve video ile tarama yapabilme özellikleri vardır. En son çıkan model olan CS 3700 diğer modellere göre daha hızlı tarama yapmaktadır. Renkli tarama özelliğine sahiptir ve estetik restorasyon yaparken diş rengini otomatik olarak belirleyebilir.¹⁵ CS 3700, Resim 3b'de gösterilmiştir.



b



a

Resim 3

7) Lava™C.O.S (3m Espe, ABD): İçerisinde kendisine ait bir kazıma sistemi barındırmaktadır. Tam ark taraması yapıldıktan sonra çeneler dijital olarak okluzyona getirilebilir. Marjinal bölge taramaları sırasında doğruluk miktarı 120 µm

bulunmuştur.¹⁴ Lava C.O.S, Resim 4a'da gösterilmiştir.

8) Dental Wings® (Kanada): Parsiyel proteziler ve cerrahi guide oluşturmak için tarama yapılabilir. Önemli özelliklerinden bazıları küçük ve hafif olmasıdır. Dwio ve Virtuo Vivo modelleri vardır. Virtuo vivo tarayıcısının, tarama başlıkları 250 kez steril edilebilir.¹³ Virtuo Vivo, Resim 4b'de gösterilmiştir.

9) MIA3d™ (Densys3D Ltd, İsrail): Piyasaya sürülen en hafif ve en kolay kullanılan yazılımlı tarayıcıdır.¹⁵ MIA3d, Resim 4c'de gösterilmiştir.



Resim 4

10) Emerald® (Planmeca, Finlandiya): Emerald, Emerald S ve Planscan modelleri bulunmaktadır. Kendi içlerinde freze üniteleri mevcuttur. Tarama başlıkları otoklava girebilecek şekilde üretilmiştir.¹³ Emerald S, Resim 5a'da gösterilmiştir.

11) Zfx™ IntraScan (Zimmer Biomet, Almanya): Saniyede 18 adet görüntü yakalayarak çalışmaktadır. Taranacak yüzeylere toz veya sprey sıkılmasını gerektirmez.⁸ Zfx™ IntraScan, Resim 5b'de gösterilmiştir.

12) EzScan® (Vatech, Güney Kore): Hızlı tarama özelliği vardır ve üretildiği dönemdeki en hafif tarayıcıdır.⁸ Henüz piyasaya sürülmemiştir.

13) KaVo X Pro™ (Kavo Dental, Almanya): Renkli tarama yapabilme özelliğine sahiptir. Henüz piyasaya sürülmemiştir.⁸ KaVo X Pro, Resim 5c'de gösterilmiştir.



Resim 5

14) Fussen (Çin): Toz veya sprey kullanımını gerektirmez. Doğruluk miktarı 25 mikron olarak belirtilmiştir.¹⁷ Fussen, Resim 6a'da gösterilmiştir.

15) True Definition™, (Midmark Corp, ABD): 3 adet kamera barındırır. Firma sitesinde ücretsiz olarak sınırsız tarama ve yazılım desteği vermektedir. Hafif olması sebebiyle hasta konforu yüksektir.¹⁸ True Definition, Resim 6b’de gösterilmiştir.

16) AADVA® (GC, U.K): IOS 100P ve IOS 200 modelleri bulunmaktadır. IOS 100P renksiz görüntü, IOS 200 renkli görüntü vermektedir.⁸ IOS 100P, Resim 6c’de gösterilmiştir.



Resim 6

İNTRAORAL TARAYICILARLA ALINAN ÖLÇÜLERİN KONVANSİYONEL ÖLÇÜLERE GÖRE AVANTAJLARI

• Hasta konforunun artması: İntraoral tarayıcılar kullanılarak ölçü alınması geleneksel yöntemlere kıyasla hasta konforunu önemli ölçüde arttırır.^{19,20} Genellikle hasta tarafından hoş karşılanma-

yan konvansiyonel ölçü madde-lerine ve ölçü kaşıklarına olan ihtiyacı ortadan kaldırır.^{21,22} Literatürde bildirildiği gibi hastalar geleneksel ölçüler yerine intraoral tarayıcıyla ölçü alınmasını tercih etme eğilimindedir.²³

- Zamandan kazanç: Çeşitli çalışmalar, geleneksel ölçülerle karşılaştırıldığında çalışma sürelerinin azaltılmasını sağladığından intraoral tarayıcılarla ölçülerin zaman açısından daha verimli olduğunu göstermiştir.²⁴
- Alçı gereksiniminin ortadan kalkması.²⁰
- Klinisyen için basitleştirilmiş prosedürler.¹³
- Teknisyenle daha etkili bir iletişim: İntraoral tarayıcılar ve bilgisayar programları ile klinisyen ve diş teknisyeni, ölçünün kalitesini gerçek zamanlı olarak değerlendirebilir. Tarama yapıldıktan hemen sonra diş hekimi taramayı laboratuvara e-posta ile gönderebilir ve teknisyen bunu kontrol edebilir.¹¹ Diş teknisyeni alınan ölçünün kalitesinden emin değilse vakit kaybetmeden ve ikinci bir randevu için hastayı tekrar çağırmaya gerek kalmadan klinisyenden yeni bir ölçü almasını isteyebilir.^{13,25} Bu özellik diş hekimi ve diş teknisyeni arasındaki iletişimi basit-

leştirir ve güçlendirir.²⁶

- Hasta-hekim arası etkili bir iletişim: İntraoral tarayıcılarla ölçü alınması sayesinde hastalar tedavilerine daha fazla dahil olmuştur ve hastalarla daha etkili iletişim kurmak mümkün olmuştur. Bu katılımın, hastanın ağız hijyenine gösterdiği özeni artırarak, genel tedavi üzerinde olumlu bir etkisi olabileceği savunulmuştur.^{25,26}
- Sabit protezler için ölçü alınması daha kolaydır.²⁷
- Üç boyutlu modeller ile çok yönlü analiz yapılabilir.²⁸
- Üç boyutlu modeller uzun süre saklanabilir.²⁷
- Bulantı refleksi olan hastalardan daha kolay ölçü alınabilir.²⁹
- Ölçünün dezenfeksiyon sorunu yoktur.^{13,30}
- Tedaviden önce tanısal modeller üzerinde istenilen değişiklikler yapılabilir.³⁰
- Kesitler halinde incelenebilir.²⁸
- Bilgisayar ortamında artikülatöre bağlanıp planlama yapılabilir.⁹
- İnternet üzerinden veri alışverişi sağlanabilir.³⁰
- Birden fazla görüntüleme boyutu-

na çevrilebilir; .stl ve .ply formatına çevrilen veriler başka sistemlerde kullanılabilir. Bu veriler CT ve CBCT gibi sistemlerde karşılaştırılabilir.³¹

- Tekrarlanabilir ölçüler alınabilir ya da ölçünün başarısız olduğu lokal bölgeler tekrarlanabilir.³⁰
- Doğru renk seçimi yapılabilir.^{13,30}

İNTRAORAL TARAYICILARLA ALINAN ÖLÇÜLERİN KONVANSİYONEL ÖLÇÜLERE GÖRE DEZAVANTAJLARI

- Öğrenme eğrisi: Teknoloji ve bilgisayar dünyasına daha fazla ilgi duyan genç diş hekimleri, klinik rutinlerinde intraoral tarayıcıları kullanmayı daha kolay benimsemişlerdir. Teknolojik yenilikler için daha az deneyime sahip olan daha yaşlı klinisyenler, cihazları ve ilgili yazılımları kullanmayı daha karmaşık bulabilirler.^{32,33}
- Prepare edilmiş dişteki derin marjinlerin belirlenmesindeki zorluk: İntraoral tarayıcı ile alınan ölçülerde en sık karşılaşılan sorunlardan biri prepare dişlerde kanama durumunda derindeki marjinal basamakları tespit etmekteki zorluktur. Diş hekiminin

protez marjinlerini subgingival olarak konumlandırmasının önemli olduğu estetik alanlarda, ışığın tüm basamak hattını doğru bir şekilde algılaması daha zor olabilir. Geleneksel ölçü materyallerinin aksine, intraoral tarayıcılar dişetini fiziksel olarak ayıramaz ve bu nedenle bazı alanları kaydedemez.^{34,35}

- Ekipmanların yüksek maliyeti: Modeline bağlı olarak, bir intraoral tarayıcı satın almanın maliyeti 15.000 ile 35.000 euro arasında değişmektedir. Dikkate alınması gereken önemli bir husus, yeniden yapılandırma yazılımının yükseltilmesiyle ilgili ek yönetim maliyetleridir.³⁶
- Kullanımı için deneyim gerekir.³⁷
- Ağız içi tarayıcılar hastalarda yabancı cisim olarak algılanır, arka bölgeye doğru uzanması Bulantı refleksinin tetiklenmesine neden olabilir.³⁸
- Diş yüzeyinin rengi ölçümün doğruluğuna etki edebilmektedir.³⁹
- Palatinal bölgedeki oklüzal temaslar geleneksel yöntemler kadar iyi ayarlanamaz.⁴⁰
- Bütün çene taramalarda ağız içi tarayıcıların başarısı geleneksel yöntemlere göre daha düşüktür.

Özellikle tam dişsiz alanların taranması daha güçtür.⁴¹

- Parlak yüzeylerin taranması sorun yaratabilir.⁴²

İNTRAORAL TARAYICILARDA DOĞRULUK (ACCURACY)

İster geleneksel yöntemler olsun ister dijital yöntemler olsun, ölçüler öncelikle, inter-oklüzal kayıt ilişkisi ile bağlantılı olarak, bitişik ve antagonisti dâhil olmak üzere bir veya daha fazla prepare dişin kopyasını elde etmeyi amaçlar. Bu nedenle, ölçünün tekrarlanabilirliği, planlanan restorasyonun kesin sonucunu yansıtan temel bir kriterdir.⁴³ Çeşitli tarayıcıların operasyonel ve klinik farklılıkları, maliyeti dışında, dikkate alınması gereken temel husus, taramadan elde edilen verilerin kalitesi olmalıdır ve bu kriter ‘doğruluk’ olarak tanımlanır.²⁵ Bir intraoral tarayıcının sahip olması gereken ana özellik doğruluktur. İdeal bir tarayıcı ölçümün doğru olup olmadığını algılayabilmelidir. İntraoral tarayıcılar yüksek gerçekliğe sahip olmalıdır.⁴⁴ Mühendislikte doğruluk, “ölçülen bir büyüklük değeri ile ölçülen nesnenin gerçek büyüklüğü arasındaki yakınlık” olarak tanımlanır Bugüne kadar, bilimsel literatür intraoral

tarayıcılarla alınan ölçülerin doğruluğunun klinik olarak tatmin edici olduğunu göstermektedir. Tek diş restorasyonları ve 4-5 üyeye kadar sabit protezler yapıldığı durumlarda doğruluğun geleneksel ölçülere benzer olduğu bulunmuştur.^{23,43} Bununla birlikte, 5'ten fazla üyeli sabit protezler, doğal dişler veya implantlar üzerindeki tam ark protezler gibi uzun restorasyonlar yapıldığı durumda intraoral tarayıcılarla alınan ölçülerin, geleneksel ölçülerle aynı doğruluğa sahip olmadığı bulunmuştur.⁴⁵⁻⁴⁷ Ender ve ark. full ark dijital ölçü tekniklerinin ve geleneksel ölçü tekniklerinin doğruluğunu değerlendirildiği çalışmalarında dijital ölçü tekniklerinin doğruluğunu, konvansiyonel ölçü tekniklerinden daha düşük bulmuşlar ancak polietir ve geri döndürülemez hidrokolloid ölçü maddelerinin doğruluğundan daha iyi olduğu belirlemişlerdir.⁴⁸

Abdel-Azim ve ark. tek implant restorasyonları ile yaptıkları çalışmalarında geleneksel ölçü yöntemlerinin dijital ölçü yöntemlerine göre çok az marjinal uyumsuzluk gösterdiğini bulmuşlardır. Tek implantlar için ortalama marjinal boşluk, dijital ölçüler için 61.4 µm; geleneksel ölçüler için 24,1 µm bulunmuştur.⁴⁴

2019 yılında yapılan ve farklı dijital ölçü sistemlerinin ölçü doğruluklarının karşılaştırıldığı çalışmada Trios 3 tarayıcının iTero Element 2' den daha yüksek netliğe sahip olduğu bildirilmiştir.⁴⁸ Yine aynı araştırmacılar tarafından 2016 yılında gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise aynı tarayıcılar için daha düşük doğruluk verileri rapor edilmiştir.⁴⁹ Bir intraoral tarayıcı aracılığıyla alınan dijital ölçünün doğruluğu uygulayıcının tecrübesi ve yeterliliği, dijital ekipmanın performansı, tarama ortamı ve tarama prosedürleri gibi faktörlerden etkilenir. Ayrıca tarama sırasındaki kamera konumu ve taranan görüntü sayısı da doğruluğu bariz bir şekilde etkiler.⁵⁰

İntraoral tarayıcılarda hassasiyet (precision), bir ölçümün tutarlı bir şekilde tekrarlanabilme yeteneği veya basit tanımıyla, tarayıcının aynı nesnenin çeşitli ölçümlerinde tekrarlanabilir sonuçlar elde etme yeteneği olarak tanımlanır. İntraoral tarayıcılarda gerçeklik (trueness) ise, bir ölçümün, ölçülen miktarın gerçek değeriyle eşleşme yeteneğini ifade eder. Bu bilgiler ışığında doğruluk hem temel hem de tamamlayıcı iki unsur olan hassasiyet ve gerçekliğin toplamıdır.²⁵

GELENEKSEL İLE DİJİTAL ÖLÇÜLERİN DOĞRULUK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dental restorasyonlar elde edilirken bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknikleri giderek önem kazanmaktadır. Ölçü teknikleri ve materyallerindeki tüm gelişmelere rağmen, klinik pratikteki sonuçlar çoğu durumda tatmin edici değildir ve bu nedenle daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç vardır.⁵² Bu sorunlar, iş akışındaki standardizasyon ile azaltılabilse de tamamen ortadan kaldırılamaz. Bu bağlamda, dijital ölçü, alçı model dökümünü ortadan kaldırdığı ve yüksek derecede standardizasyonu garanti ettiği için dental restorasyonların doğruluğunu artırmaya yönelik geleneksel ölçülere alternatif bir yaklaşım olmaktadır.⁵² Son yıllarda ölçü alma ve model imalatından kaynaklanan işlem hatalarını en aza indirmek için alçı modellerin taranması yerine doğrudan hastanın ağzında tarama yapılması mantıklı bulunmuştur.⁵³ Bir restorasyonun marjinal doğruluğu, sağlıklı periodontal koşullar için önemli bir ön koşul olarak kabul edilirken, iç uyumunun restorasyonun ömrü ile ilgili olduğu kabul edilir.⁵⁴ Doğruluk ve kesinlik, dijital ölçü sistemleri

ve geleneksel ölçü yöntemleri arasında farklılık gösterir. 100 µm üzerindeki lokal sapmalar büyük protetik restorasyonlarda sorunlara neden olabilir. Ölçü doğruluğu ve protezin uyumu, iş akışı sürecinin her aşamasına bağlıdır. Geleneksel tekniklerde, ölçü, alçı dökümleri, revetman ve döküm dahil her adım, en iyi uyumu elde etmek için tam olarak gerçekleştirilmelidir. Bunun yerine, CAD/CAM sistemleri genellikle daha az adıma ihtiyaç duyar, bu nedenle hata kaynaklarının sayısı geleneksel yöntemlere göre daha azdır.⁵⁵ Ahlholm ve ark. sabit protezlerde dijital ve konvansiyonel ölçüyü karşılaştıran çalışmaları derlemişler ve bu çalışmaların klinik sonuçları olarak, CAD/CAM sistemlerinin ve dijital ölçülerin doğruluğunun geleneksel ölçülerle uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.⁴⁴ Yine aynı çalışmada, dijital ölçüler kullanılarak üretilen kronların rapor edilen tüm marjinal boşlukları, klinik olarak kabul edilebilir sınır olan 120 µm'den az bulunmuştur.

Sadece Zarauz ve ark. ⁵⁶(Zarauz, Valverde, Martinez-Rus, Hassan, & Pradies, 2016), dijital ölçü grubu ile karşılaştırıldığında geleneksel tek adımlı silikon ölçüler için kronların iç uyumsuzluk ve

marjinal uyumsuzluk değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Anadioti ve ark.⁵⁷ geleneksel polivinil siloksan ölçü maddesiyle üretilen IPS e.max kronlarının, dijital ölçü ile karşılaştırıldığında en doğru marjinal uyumu sağladığını bildirmiştir.

Sonuç olarak farklı literatür verileri olsa da dijital uygulamalar diş hekimliği alanında konvansiyonel yöntemlerin önüne geçmeye aday yöntemlerdir. Bu uygulamaların başında intraoral tarayıcılarla ölçü alınması ve CAD/CAM sistemleri gelmektedir. Prepare edilmiş dişler veya implantlar üzerine uyumlu ve sağlıklı bir restorasyon yapılabilmesi için kullanılan intraoral tarayıcıların doğruluk (accuracy) seviyesinin yüksek olması gerekmektedir. Güncel literatür incelendiğinde, intraoral tarayıcıların doğruluk seviyeleri ile ilgili yeterli sayıda çalışmaya ve tarayıcıların doğruluk özelliklerinin birbirleri ile kıyaslandığı çok sayıda çalışmaya rastlanmamıştır. Tüm bu sebeplerden ötürü, intraoral tarayıcılar, konvansiyonel ölçü yöntemlerine kıyasla çok sayıda avantaja sahip olsa da bu avantajların daha çok bilimsel çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Chen, L. C., & Xu, Z. Innovative 3D dental measurement for tooth model restoration. *Paper presented at the Key Engineering Materials Vol 215,2005;P:145-50.*
2. Hong-Seok, P., & Chintal, S. Development of high speed and high accuracy 3D dental intra oral scanner. *Procedia Engineering,2015; 100, 1174-1181.*
3. Duret, F. Toward a new symbolism in the fabrication of prosthetic design. *Cah Prothese, 1985;13, 65-71.*
4. Karaalioğlu, A. G. D. O. F., & DUYMUŞ, Z. Y. Diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2008(1); 25-32.*
5. Feuerstein, P. Can technology help dentists deliver better patient care?. *The Journal of the American Dental Association, 2004;135, 11S-16S.*
6. Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal,2009; 28(1), 44-56.*

7. Liu, P. R., & Essig, M. E. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compendium*, 2008; 29(8), 2-8.
8. Bakiç, H., Kocacikli, M., & Korkmaz, T. *Diş Hekimliğinde Güncel İntraoral Tarayıcılar*. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2021;31(2), 289-304.
9. Alghazzawi, TF. Journal of prosthodontic research. *Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation*. 2016; 60(2), 72-84.
10. Baheti, M. J., Soni, U. N., Gharat, N. V., Mahagaonkar, P., Khokhani, R., & Dash, S. Intra-oral scanners: a new eye in dentistry. *Austin Journal of Orthopedics & Rheumatology*, 2015; 2(3), 1023.
11. Zimmermann, M., Mehl, A., Mörmann, W. H., & Reich, S. Intraoral scanning systems-a current overview. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2015;18(2), 101-129.
12. Retrouvey, J. M., & Abdallah, M. N. (Eds.). *3D Diagnosis and treatment planning in orthodontics: an atlas for the clinician*, Springer International Publishing, 2021; p:11.
13. Mangano, F. G., Hauschild, U., Veronesi, G., Imburgia, M., Mangano, C., & Admakin, O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: a comparative in vitro study. *BMC oral health*, 2019; 19(1), 1-14.
14. Medina-Sotomayor, P., Pascual-Moscardo, A., & Camps, I. Accuracy of 4 digital scanning systems on prepared teeth digitally isolated from a complete dental arch. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2019; 121(5), 811-820.
15. Logozzo, S., Franceschini, G., Kilpelä, A., Caponi, M., Governi, L., & Blois, L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Internet Journal of Medical Technology*, 2011; 5(1), 1-2.
16. Kim, R. J. Y., Benic, G. I., & Park, J. M. Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position. *PLoS One*, 2019;14(11).
17. Wu, Q., Bin, H. U. I., Gong, X., Li, J., & Jianpang, Z. H. A. I. U.S. Patent No. 9,149,348. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office., 2015.

18. Hack, G. D., & Patzelt, S. B. M. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: an in-vitro investigation. *ADA Professional Product Review*, 2015; 10(4), 1-5.
19. Joda, T., & Brägger, U. (2016). Patient centered outcomes comparing digital and conventional implant impression procedures: a randomized crossover trial. *Clinical Oral Implants Research*, 2016; 27(12), e185-e189.
20. Yuzbasioglu, E., Kurt, H., Turunc, R., & Bilir, H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. *BMC oral health*, 2014; 14(1), 1-7.
21. Means, C. R., & Flenniken, I. E. Gagging—a problem in prosthetic dentistry. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 1970; 23(6), 614-620.
22. Rosted, P., Bundgaard, M., Fiske, J., & Pedersen, A. M. L. The use of acupuncture in controlling the gag reflex in patients requiring an upper alginate impression: an audit. *British dental journal*, 2006; 201(11), 721-725.
23. Sakornwimon, N., & Leevaloj, C. Clinical marginal fit of zirconia crowns and patients' preferences for impression techniques using intraoral digital scanner versus polyvinyl siloxane material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017; 118(3), 386-391.
24. Goracci, C., Franchi, L., Vichi, A., & Ferrari, M. Accuracy, reliability, and efficiency of intraoral scanners for full-arch impressions: a systematic review of the clinical evidence. *European journal of orthodontics*, 2016; 38(4), 422-428.
25. Imburgia, M., Logozzo, S., Hauschild, U., Veronesi, G., Mangano, C., & Mangano, F. G. Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: a comparative in vitro study. *BMC oral health*, 2017; 17(1), 1-13.
26. Patzelt, S. B., Lamprinos, C., Stampf, S., & Att, W. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *The Journal of the American Dental Association*, 2104; 145(6), 542-551.
27. Luqmani, S., Jones, A., Andiappan, M., & Cobourne, M. T. A comparison of conventional vs automated digital Peer Assessment Rating scoring using the Carestream 3600 scanner and CS Model+

- software system: A randomized controlled trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 2020;157(2), 148-155.
28. Fournier, G., Savall, F., Galibourg, A., Gély, L., Telmon, N., & Maret, D. Three-dimensional analysis of bitemarks: a validation study using an intraoral scanner. *Forensic science international*, 2020;309, 110198.
29. Londono, J., Abreu, A., Baker, P. S., & Furness, A. R. Fabrication of a definitive obturator from a 3D cast with a chairside digital scanner for a patient with severe gag reflex: a clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2015;114(5), 735-738.
30. Punj, A., Bompolaki, D., & Garaicoa, J. Dental impression materials and techniques. *Dental Clinics*, 2107;61(4), 779-796.
31. Matsuda, T., Kurahashi, K., Maeda, N., Goto, T., & Ichikawa, T. Geometric assessment of imaging methods for complete denture form: Comparisons among cone-beam computed tomography, desktop dental scanning, and handheld optical scanning. *Journal of prosthodontic research*, 2020;64(4), 485-489.
32. Agnini, A., Agnini, A., & Coachman, C. Digital dental revolution: The learning curve: Quintessenza Edizioni, 2015.
33. Lee, S. J., MacArthur IV, R. X., & Gallucci, G. O. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2013;110(5), 420-423.
34. Aragón, ML., Pontes, LF., Bichara, LM., Flores-Mir, C., & Normando, J. European Journal of Orthodontics. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. 2016; 38(4), 429-434.
35. Lawson, N. C., & Burgess, J. O. Clinicians reaping benefits of new concepts in impressioning. *Compendium*, 2015; 36(2).
36. Ting shu, S., & Jian, S. Intraoral digital impression technique: a review. *Journal of Prosthodontics*, 2015;24(4), 313-321.
37. Ahmed, K. E., Wang, T., Li, K. Y., Luk, W. K., & Burrow, M. F. J. *Journal of Prosthodontics*. Performance and perception of dental students using three intraoral CAD/CAM scanners for full-arch scanning. 2019; 63(2), 167-172.

38. Akarslan, ZZ. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. Gag Reflex In Dentistry: What Can We Do? 2016; 26(3), 503-510.
39. Haddadi, Y., Bahrami, G., & Isidor, F. Accuracy of crowns based on digital intraoral scanning compared to conventional impression—a split-mouth randomised clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 2019;23(11), 4043-4050.
40. Abduo, J., Bennamoun, M., Tennant, M., McGeachie, J. J. C. i. b., & medicine. Effect of prosthodontic planning on intercuspal occlusal contacts: Comparison of digital and conventional planning. 2015;60, 143-150.
41. Ender, A., Zimmermann, M., & Mehl, A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International Journal Of Computerized Dentistry*, 2019;22(1), 11-19.
42. Dutton, E., Ludlow, M., Mennito, A., Kelly, A., Evans, Z., Culp, A., ... & Renne, W. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2020;32(2), 204-218.
43. Mejía, J. B. C., Wakabayashi, K., Nakamura, T., & Yatani, H. Influence of abutment tooth geometry on the accuracy of conventional and digital methods of obtaining dental impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017;118(3), 392-399.
44. Ahlholm, P., Sipilä, K., Vallittu, P., Jakonen, M., & Kotiranta, U. J. *Journal of Prosthodontics*. Digital versus conventional impressions in fixed prosthodontics: a review. 2018;27(1), 35-41.
45. Muallaha, J., Wesemannb, C., Nowakc, R., Robbend, J., Mahe, J., Pospiechf, P., & Bumanng, A. Accuracy of full-arch scans using intraoral and extraoral scanners: an in vitro study using a new method of evaluation Genauigkeit von Ganzkieferscans mit intraoralen und extraoralen Scannern: eine In-vitro-Untersuchung. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2017; 20(2), 151-164.
46. Renne, W., Ludlow, M., Fryml, J., Schurch, Z., Mennito, A., Kessler, R., & Lauer, A. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2017;118(1), 36-42.

47. 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 International*, 2017;48(1).
48. Ender, A., Zimmermann, M., & Mehl, A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. *International Journal Of Computerized Dentistry*, 2019; 22(1), 11-19.
49. Ender, A., Attin, T., & Mehl, A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2016;115(3), 313-320.
50. Frigerio, F. 3-dimensional surface imaging using active wavefront sampling (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology), 2006.
51. Samet, N., Shohat, M., Livny, A., & Weiss, E. I. A clinical evaluation of fixed partial denture impressions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2005;94(2), 112-117.
52. Mehl, A., Ender, A., Mörmann, W., & Attin, T. H. Accuracy testing of a new intraoral 3D camera. *International Journal of Computerized Dentistry*, 2009;12(1), 11-28.
53. Syrek, A., Reich, G., Ranftl, D., Klein, C., Cerny, B., & Brodeser, J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *Journal of Dentistry*, 2010;38(7), 553-559.
54. Bindl, A., & Mörmann, W. H. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown copings on chamfer preparations. *Journal of oral rehabilitation*, 2005, 32(6), 441-447.
55. Ender, A., & Mehl, A. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence International*, 2015;46(1).
56. 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. *Clinical oral investigations*, 2016;20(4), 799-806.

57. Anadioti, E., Aquilino, SA., Gratton, DG., Holloway, JA., Denry, I., Thomas, GW., & Qian, FJ. Journal of prosthodontics. 3D and 2D marginal fit of pressed and CAD/CAM lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. 2014; 23(8), 610-617.