Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg (*J Dent Fac Atatürk Uni*)
Cilt:31, Sayı:2, Yıl: 2021, Sayfa: 289-304

Derleme/ Review

DİŞ HEKİMLİĞİNDE GÜNCEL İNTRAORAL TARAYICILAR

CURRENT INTRAORAL SCANNER IN DENTISTRY

Dt. Halil BAKIÇ [*] **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KOCACIKLI**[*]

Prof. Dr. Turan KORKMAZ[*]

Makale Kodu/Article code: 4263
Makale Gönderilme tarihi: 06.01.2020
Kabul Tarihi: 02.04.2020
DOI : *10.17567/ataunidfd.713422*

Halil Bakıç: *ORCID ID:* 0000-0002-2682-4679
Mustafa Kocacıklı: *ORCID ID:* 0000-0002-2417-588x
Turan Korkmaz: *ORCID ID:* 000-0002-2413-6979

ÖZ

İntraoral tarayıcılar dental uygulamalarda birçok tedavi için gün geçtikçe daha fazla tercih edilmektedir. Gelişen teknolojilerle birlikte yeni tarama teknolojileri ortaya çıkmıştır. Ayrıca birçok dental intraoral tarayıcı hızla piyasaya sürülmektedir. Tarayıcıların pahalı olması ve bir araya getirilip karşılaştırılması kolay değildir. Bu nedenle yayınlanan herhangi iki makalede kullanılan intraoral tarayıcıların standardize edilip karşılaştırılması da zordur.

Bu derlemenin amacı hem yeni üretilen hem de halen kullanılmakta olan cihazlar hakkında kullanıcıları bilgilendirip, literatürde karşılaştırılması yapılan tarayıcıların kendi aralarında doğruluk değerlerini belirleyip sonuçlarından bahsetmektir. Bu nedenle araştırmacıya; bilgisayar destekli üretim ve tasarım hakkında kısaca bilgi verilip, intraoral tarayıcıların avantajları ve dezavantajları ile birlikte tarayıcı teknolojileri ve yöntemlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca doğruluk terminolojisi ve tarayıcıların dijital kayıt biçimleri açıklanmıştır. Daha sonra piyasada sıklıkla kullanılan intraoral tarayıcıların özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir . Son olarak "ISO 5725-1" standartlarına göre makaleler belirlenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda tarayıcılar taradıkları mesafeler temel alınarak hem kendi aralarında hem de geleneksel ölçüler ile karşılaştırılması yapılıp, aralarındaki doğruluk derecesi hakkında kısaca bilgi verilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bütün sonuçlar ve bilgiler tabloya dönüştürülmüştür.

Sonuç olarak intraoral kameraların ilerleyen teknolojilerle ölçü kalitesinin artığı gözlemlendi. Hali hazırda kullanılan geleneksel yöntemlerin bazı anatomik yapılarda ve geniş bölgelerin kaydının alınmasında daha başarılı olduğu, ancak tek ve kısa mesafeli ölçülerde ayrıntıları belirlemede intraoral kameralara göre yetersiz oldukları belirlendi.

Anahtar kelimeler: İntraoral tarayıcılar, dijital diş hekimliği, bilgisayar destekli tasarım, tarama teknikleri, ölçü yöntemleri

ABSTRACT

Intraoral scanners are becoming more preferred for dental treatment in many applications in day by day. Along with the developing technologies, new scanning technologies have emerged. In addition, many dental intraoral scanners are being released rapidly. These scanner are expensive and difficult to put together and compare. It is also difficult to standardize and compare intraoral scanners used in any two published articles.

The aim of this review is to inform the users about the devices that are newly produced and still in use, by the way, the accuracy values of the scanners are compared in the literature before and to talk about the results. Therefore, brief advice about computer-aided manufacturing and design is given together with the advantages and disadvantages of intraoral scanners, as well as scanner technologies and methods. In addition, accuracy terminology and digital recording formats of scanners are explained by in this review. Then, information is given about the features of intraoral scanners which are frequently used in the market. Subsequently, articles have been determined according to "ISO 5725-1" standards. In line with this information, scanners were compared both with themselves and with traditional measures based on the distance they scanned, and brief information was provided about the degree of accuracy between them. All the results and information obtained have been transformed into a table.

As a result, it has been observed that intraoral cameras increase the quality of measurement with advancing technologies. The traditional methods currently used are more successfully in some anatomical structures and impression of large areas, but they are inadequate then intraoral scanner to determine details in single and short distance measurements.

Keywords*:* Intraoral scanners; digital dentistry; computer-aided design; scanning methods; impression methods

[*] Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara

Kaynakça Bilgisi: Bakıç H, Kocacıklı M, Korkmaz T. Diş Hekimliğinde Güncel İntraoral Tarayıcılar. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2021; 31: 289-304.
Citation Information: *Bakic H, Kocacikli M, Korkmaz T. Current intraoral scanner in dentistry. J Dent Fac Atatürk Uni 2021; 31: 289-304.*

GİRİŞ

Diş hekimliğinde protetik tedavilerin en önemli aşamalarından biri ölçü aşamasıdır. Günümüzde Cad-Cam (bilgisayar destekli tasarım ve dizayn) sistemlerde kullanılan hem cihazların hem de üreticilerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan üç boyutlu tarayıcılar; intraoral ve ekstraoral olmak üzere iki ana grup altında sınıflandırılabilir. Ekstraoral tarayıcılar model ve day tarayıcıları olmak üzere iki ana bölüme ayrılabilir. Bu sistemler diş hekimliğinde bilgisayar destekli kayıtların alınabilmesini sağlamaktadır. Kullanılan dijital sistemler, geleneksel yöntemlerdeki ölçü sistemlerine göre avantajlara sahiptir. Ancak halen geliştirilmesi gerekmektedir.

Dijital sistemler son yıllarda çok hızlı gelişmektedir. Birçok firma intraoral kameralarını dental sektöre tanıtmaktadır. Yeni çıkarılan kameralar ve halen kullanılmakta olan kameraların üst modelleri, dijital taramalar üzerinde yapılan sayısız araştırmaya öncülük etmektedir. Bu yüzden kullanıcıların tarayıcılar hakkında bilgilerini güncel tutmaları önemlidir.

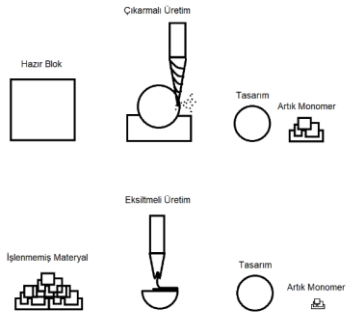
Çalışma Seçimi

İntraoral tarayıcıların genel özellikleri ve teknolojileri hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra güncel olarak kullanılan intraoral tarayıcılar; *in vitro*, *in vivo* ve geleneksel ölçü teknikleri ile değerlendirilerek araştırmacıya bilgi vermek adına tablolarla özetlenmiştir. Tablolar ISO 5725-1 baz alınarak taranan ark uzunluklarına göre gruplandırılmıştır. Bütün tarayıcılar tek bir araştırmada ya da aynı ortam koşullarında toparlanamadığı için standardize edilmesi istatistiksel olarak imkansızdır. Bu yüzden tarayıcılar tablo haline getirilerek araştırmacılara bilgi vermek amaçlı sınıflandırılmıştır.

Bilgisayarlı Destekli Tasarım ve Üretim (CAD-CAM)

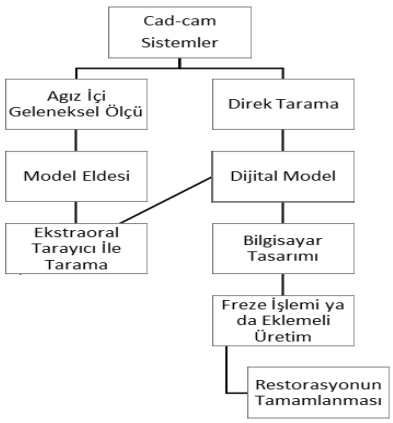
21. yüzyılda hızla gelişmekte olan Cad-Cam sistemlerinin temelini oluşturan dijital ölçü teknikleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve geleneksel yöntemlerdeki çoğu sıkıntıların ortadan kalkmasını sağlamıştır. Bu durum hem hekim hem de hasta açısından büyük kolaylıklar sağlamaktadır. [1]

CAD-CAM sistemlerin tanıtılmasıyla dijital diş hekimliğinde son yıllarda hızlı ilerlemeler kaydedilmiştir. Temelde bu sistemler eksiltmeli ve eklemeli (substractive ve additive) olmak üzere iki ana üretim mekanizmasına dayanmaktadır. (Resim 1) Başlangıçta çıkarmalı yöntem kullanılırken daha sonra eklemeli yöntemler de diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır.



Resim 1. Çıkarmalı ve eklemeli üretim.

Cad-Cam sistemlerde bir restorasyonun üretilmesi için ilk önce dijital bir tarayıcının kullanılması gerekmektedir. Diş hekimi hasta ağzından direk ya da model üzerinden kayıt alır. Taranan görüntüler bir bilgisayar yazılımına aktarılır. Bu veriler bilgisayarda üç boyutlu bir görüntünün elde edilmesini sağlar. Dijital olarak görüntülenen modelin tasarımı bilgisayarda geliştiricinin önerdiği programlar ile gerçekleştirilebilir. Bu sayede uygulayıcı hazır programlar kullanarak, grafik tasarım bilgisi olmadan kolayca dijital ortamda tasarım yapabilir. Tasarımı yapılan modeller daha sonra freze makinelerinde ya da üç boyutlu yazıcılar arayıcılığıyla üretilirler. Üretilen restorasyonun prototipi hastaya uygulanabilir. Diş hekimi internet ağı vasıtasıyla modeli, doğrudan restorasyonu yapılmak üzere teknisyene yollar ya da hastanın başında restorasyonu tamamlar. Sonuç olarak birden fazla dijital model tek bir cihazdan üretilebilir. Gönderilen dijital veriler bu sayede uzun süre saklanabilir. **Şekil 1** 'de kısaca üretim aşamaları şema şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 1. CAD-CAM sistemlerde restorasyon üretiminin şematik gösterimi.

Dijital Taramaların Avantajları

1. Hasta konforu daha yüksektir. [2, 3]
2. Zamandan tasarruf sağlar. [4]
3. Sabit protezlerin ölçü aşaması daha kolaydır. [5]
4. Diş hekiminin; ölçü maddesi, alçı, ölçü kaşığı vb. gibi giderleri yoktur.
5. Klinik prosedürleri kolaydır. [5]
6. Üç boyutlu modeller ile bütün yüzeylerin analizi yapılabilir. [6]
7. Üç boyutlu modeller uzun süre saklanabilir. [5]
8. Üç boyutlu modeller, farklı cihazlarda gerçek olarak üretilip analiz edilebilir. [2]
9. Kusma refleksi olan hastalardan kolaylıkla ölçü alınabilir.[7, 8]
10. Ölçünün dezenfeksiyon sorunu yoktur. [2, 9]
11. Tedaviden önce diyagnostik dijital modeller üzerinde istenilen değişikler yapılabilir.[2, 9]
12. Konvansiyonel ölçü maddelerinde istenilen çoğu özellikler aranmaz. [2, 10]
13. Konvansiyel yöntemler kadar hassastır.[5]
14. Kesitsel şekilde ya da parça parça incelenebilir. [6]
15. Bilgisayar ortamında sanal bir artikülatöre bağlanıp kapanış ya da planlama yapılabilir.[11-13]
16. İnternet üzerinden veri alışverişi sağlanabilir.[2, 9]
17. Birden fazla görüntüleme boyutuna çevrilebilir; stl. ve ply. formatına çevrilen veriler başka sistemlerde kullanılabilir. Bu veriler ct ve cbct gibi sistemlerde karşılaştırılabilir. [14]
18. Tekrarlanabilir ölçüler alınabilir ya da ölçünün başarısız olduğu lokal bölgeler tekrarlanabilir. [9]
19. Doğru renk seçimi yapılabilir.[2, 9]

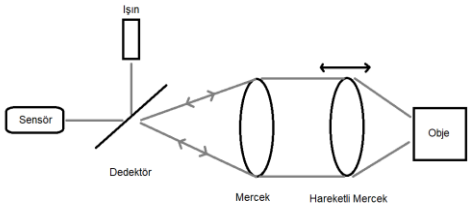
Dijital Taramaların Dezavantajları

1. Kullanılan bazı tarayıcıların kurulumu, bakımı ve program güncellemeleri pahalıdır. [2, 15]
2. Kullanımı için deneyimli bir personel gerekir. [2, 15, 16]
3. Gingival marjinlerin ölçü kaydı zordur ve bu yüzden retraksiyon gereklidir. .[3, 17]
4. Büyük intraoral tarayıcılar hastalarda yabancı cisim olarak algılanır, posterior bölgeye doğru uzanması kusma refleksine neden olabilir. [18]
5. İntraoral tozlar ile daha net ölçüler alınsa da kullanımı marjinal uyumsuzluklara neden olabilmektedir. [19, 20]
6. Diş renginin sıcaklığı ve yüzeyi ölçümün doğruluğuna etki edebilmektedir. [21]
7. Bazı Cad-Cam firmaları dijital tasarımlarını (implant üst yapılar) kapalı sistemler içerisinde sunmaktadır.[22]
8. İç oklüzal temaslar geleneksel yöntemler kadar iyi ayarlanamaz. [23]
9. Tam ark taramalarda intraoral tarayıcıların başarısı geleneksel yöntemlere göre daha düşüktür. Özellikle tam dişsiz alanların taranması daha güçtür.[24-30]
10. Kan ve tükürük gibi oral sıvılar ölçümün kalitesini etkiler. [2]
11. Parlak ve translüsens yüzeylerin taranması sorun olabilir. [31]

İntraoral Tarayıcı Teknolojileri

Paralel Konfokal Lazer Tarama Yöntemi

1961 yılında Marvin Minsky tarafından patenti alınmıştır. Konfokal teknik yüksek çözünürlükteki imajların derinlik kontrastını yaratmasıyla çalışır. Bölgeden bölgeye imajları kaydeder ve bilgisayar üzerinde görüntüyü oluşturur. Sistemde bir ışık kaynağından objeye floresan ışık düşürülür. Kullanılan bu teknikte lens hareket eder ve düşürülen ışınlar x ve y eksenin belirlenmesini sağlar. Daha sonra objeden yansıyan floresan ışık tekrar toplanır. Sensöre dönen ışık, z eksenini oluşturur. Konfokal mikroskopide bir filtre; sadece objeden gelen ışının lense düşürülmesini sağlar. Bunun sonucunda yansıtılan ışın ve diğer ışınlar bloke olur. Daha sonra toplanan görsel bilgiler elektriksel olarak bilgisayara aktarılır. (Resim **2**) [32, 33]



Resim 2. Paralel konfokal lazer tarama yöntemi.

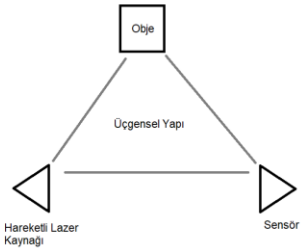
Triangular Tarama Yöntemi

Bu sistem üç noktadan referans alarak tarayıcı başlığının temas etmeden tarama yapmasını sağlar. Kamera, obje ve nesne üçgensel bir yapı oluşturur. Bu sistemler yapısal ışık teknolojisiyle beraber kullanılır. Sistem nesnelerden alınan ve verilen ışığa göre pasif ya da aktif olmak üzere ikiye ayrılır. Pasif triangular teknikte nesneden gelen ışık iki kamera aracılığıyla görüntüye çevrilirken, aktif triangular teknikte ise, bir lazer ışını nesneye yollanır ve yansıması sağlanır. [32]

Pasif teknikte, stereovision fotografik algoritmalar kullanır. Bu sistem pozisyonları ve açıları bilinen iki stereo imajın kullanılmasıyla oluşturulur. Obje ve stereo kameranın oluşturduğu üçgensel düzlem, bilgisayarın derinlik algoritmasını kurmasını sağlar. Pasif üçgensel teknik yüksek doğruluk sağlar. Ancak sadece kontrastın yüksek olduğu bölgelerde bu durum

geçerlidir. Belirsizlik durumunda kamera sayısı artırılabilir.[32]

Aktif teknikte, lazer tarafından üretilen ışık huzmesi bir ayna tarafından saptırılır ve hedef nesneye yansıtılır. Bu sistemlerde lazer ışını yerine LED ışını kullanılabilir. Objektif ve pozisyona duyarlı bir fotoğraf detektöründen oluşan bir kamera, obje üzerindeki lazer noktayı kullanarak görüntünün konumunu belirler. Lazer ışını kameranın görüş alanıyla paralel hareket eder. Gönderilen lazer ışınının yüzeye yakınlığı ise objenin derinliğini belirler. Bu tekniğin aktif üçgenleme olarak adlandırılmasının sebebi, yüzeye gönderilen lazer noktanın hareketli olmasıdır. Böylece kameralar ve lazer bir üçgensel yapıyı oluşturur. (Resim 3.) [32]



Resim 3. Aktif triangular tarama yöntemi

1.1.1 Aktif Stereofotogrametri Yöntemi

Stereofotogrametri, taranacak nesnenin üç boyutlu modelini elde etmek için, birbirlerine göre farklı konumlarda stratejik olarak yerleştirilmiş, ışık yayıcı kaynakları ve sensörleri içerir. Farklı açılara yerleştirilen her sensör 360 derecelik görüntünün eldesini sağlar. Bu sistemde sensörlerin sayısı artıkça görüntünün doğruluğu da artar. Sadece sensörlerin kullanılması diğer teknolojilere göre daha ucuz olmasını sağlar. Bu tekniğin diğer tekniklerden farklı olarak hareketlerin kaydını daha iyi alması beklenir.[33-37]

1.1.2 Scheimpflug Görüntü Prensibi ve Polarizasyon-Bölmeli Çoğullama Yöntemi

Bu sistem iki merceğin paralel olarak konumlanmadığı durumda görüntünün elde edilmesi için kullanılır. Üç düzlem bir noktada kesişse bile net görüntüler elde edilebilir. Bu teknik intraoral kameralarda Polarizasyon-bölmeli çoğullama ile kullanılır.[33,37] Polarizasyon bölmeli çoğullama ve Scheimpflug prensibi aktif triangular tekniği kullanarak taranan bölgenin topografyasını oluşturur.[33]

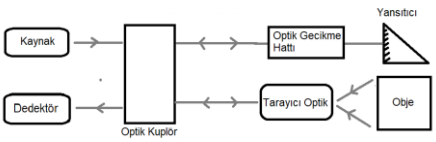
1.1.3 Yapısal Işık ile Aktif Stereoskopik Görüş Yöntemi

Teknoloji insanların görme sistemlerinden esinlenerek oluşturulmuştur. İnsanda olduğu gibi iki kamera, görüntüyü farklı açılardan tarar. Görüntü sisteminin oluşması için iki boyutlu resimler kullanılır. Görüntünün doğru koordinatlarının belirlenmesi için de yapısal ışık teknolojisi kullanılır. İki adet kamera ve obje üçgensel düzlemi oluşturduğu için bu sistemler triangular sistemler içerisinde yer alır.[33]

1.2 *Optikal Koherans Tomografi* Yöntemi *(O.C.T)*

İnterferometrik imajlama tekniğidir. Bu yöntemde aynı fazda ışık dalgaları kullanılır. Yayılan ışık fazları birbirleri arasına geçerek ilerler. Objeden yansıyan ışın fazlarından algoritma oluşturulur.[33] O.C.T tarayıcısı içindeki interferometre; geniş bant kaynak alanını, referans ve örnek alana ayırır. Örnek alan, tarama optiği ve objektif lens aracılığıyla doku yüzeyinin derinine odaklanır. Doku yüzeyinin altına doğru uzanan görüntü alanı, foto-detektörün yüzeyi ile etkileşime girer.

Bu sistemler içerisinde fiber optik kablonun bulunduğu optik yollardan oluşur. İçerisinde; ışın demeti ana hatları ayrıcısı (optik kuplör), reflektör, ışık kaynağı, optik gecikme hattından ve bir alıcıdan oluşur. İlk yolda, ışın demeti kaynaktan çıkar ve kuplöre gelir buradan optik gecikme hattına (Optical Delay Line, O.D.L) sonra reflektöre geçer. İkinci yolda, gelen görüntü tekrar kuplöre gelir buradan alıcıya ulaşır. Alıcıya ulaşan ışın demeti referans ışın demeti olarak da adlandırılabilir. Optik kuplör içinde birleşen birinci ve ikinci fiber ışın demetlerinin bağıl olarak uzaysal ve zamansal yakınlıkları hesaplanır. Daha sonra görüntünün algoritması bilgisayarda oluşturulur.(Resim 4.)[32]

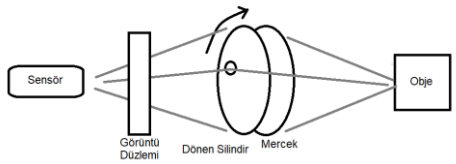


Resim 4. *O.C.T yöntemi.*

1.3 Aktif Wavefront Yöntemi (AWF)

Wavefront kelimesi "zamana göre ilerleyen bir ışın alanıyla oluşan dalganın ve sinüzoidinin aynı fazına sahip olduğu tüm noktaların kümesi" ya da "dalga cephesi" anlamına gelir. Yani kaynaktan çıkan ışın dalgasının yaydığı çizgi bir wavefronttur ve yayılma gösterir. Aktif wavefront teknolojisinde yayılan dalga

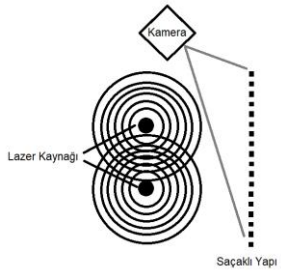
hareketli bir silindirde dönen iki ya da bir delikten geçer, oluşan görüntüler bir imaj düzlemine düşürülür ve görüntü algoritması oluşturulur. Dönen silindir yapı görüntünün bulanıklığını azalmasını engellemesine katkı sağlar.(Resim 5)[33]



Resim 5. Aktif wavefront yöntemi.

1.4 Akordeon Saçak İnterferometri Yöntemi (A.F.I)

Bu sistemler tarama sırasında Akordeon Saçak İnterferometri (Accordion Fringe Interferometry) tekniğini kullanmaktadır. İki kaynaktan lazer ışını saçılır. Saçılan ışınlar yüzeyde saçaklı (paralel çizgili yapı) yapı oluşturur. Ardından kamera yardımı ile yüzey üzerindeki bütün düzlemlerin geometrisi elde edilir. AFI teknolojisi görünür ışık tarayıcılarından daha fazla avantaja sahiptir. Ortam ışığına daha az duyarlıdır. Sonsuz projektör alan derinliği kaydı yapabilir. Ayrıca foto grafik sistemler olmadan yüzey geometrisini de kaydedebilir. Kayıt için toz ve spreye ihtiyaç duymazlar. Bu sistemlerin dental kullanımı şu an için yoktur.(Resim 6)[33]



Resim 6. Akordeon saçak interferometri yöntemi. Saçaklı yapı her paralel çizginin noktasal ifadesidir.

1.5 Yakın Kızılötesi (NIR) Görüntüleme Teknolojisi

NIR teknolojisi kızıl ötesi görüntüleme olarak adlandırılabilir. İnsan gözünün göremediği 700 nm üzeri dalga boylarına kızıl ötesi denmektedir. Bu teknoloji yüksek dalga boyundaki ışınların doku üzerinde farklı enerji miktarını depolamasını kullanarak geliştirilmiştir.[38] Bilgisayar ortamında intraoral tarayıcıların eklentisi olarak çürük teşhisinde kullanılmaktadır. Yeni nesil intraoral tarayıcıların bazılarında bu özellik vardır.

1.6 Yapısal Işık Görüntüleme (Structured-light 3D Surface Imaging)

Bu teknoloji görüntüleme yöntemlerinin içine dahil edilmektedir. Düz olmayan yüzeylerin x,y,z eksenlerinde görüntüsünü elde etmek için kullanılır. Bir projektörden yüzeyde iki boyutlu paralel çizgiler içeren bir desen oluşturur. Girintili bölgelerde bu paralel yapı bozulur. Elde edilen yapısal ışık kamera aracılığı ile bilgisayara yollanır. Daha sonra üç boyutlu algoritması oluşturulur. Geliştirilmiş tekniklerde iki boyutlu yüzey desenleri çeşitlilik gösterir. Yapısal ışık tekniği üç boyutlu görüntünün elde edilmesi için triangular teknikte de kullanılır.[27, 39]

2. Kullanılan Tarayıcıların Dijital Olarak Kayıtları

Tarayıcılar kayıt alınacak bölgenin dijital kopyasını; renksiz olarak .stl (Standart Üçgen Dili) , .obj (Wavefront Obje Dosyası) ve renkli olarak .ply (Stanford Üçgen Biçimi) formatında ya da geliştirici şirketin özel olarak piyasaya sürdüğü format dilinde bilgisayara aktarılmasını sağlar. Taranan modeller ".stl ve .ply" formatlarında herhangi bir CAD sisteminde dizayn edilebilir.[27] Makinenin üretim yapabilmesi için, tasarlanan modelin dosya uzantısını tanıması gerekir. Ne yazık ki bazı şirketler bu yazılım sistemlerinin kaynak kodunu kapalı tutmaktadır. Bu durum üretimin tek bir cihazda yapılmasına neden olmaktadır. Evrensel olarak üç boyutlu tarayıcıların kayıt formatı .stl ve .ply olarak geçmektedir. Bu yüzden .stl ve .ply formatlarından birini kullanan sistemlere "açık sistemler", kullanmayan sistemlere "kapalı sistemler" denmektedir.[40]

Taranan veri x,y,z düzlemlerini birleştiren poligonal bir yapı oluşturur. Bu yapının miktarı ne kadar fazla ise niteliği o kadar iyidir. Ancak poligonal yapının fazla olması hem tarama süresini uzatır hem de daha yüksek işlem gücüne sahip bilgisayarların kullanımını gerekli kılar.[41] Daha yavaş taramalar daha yüksek çözünürlük ve kontrast bilgisi verir. Bilgisayar ardışık olarak topladığı iki boyutlu fotoğrafları ya da videoları üç boyutlu bir modelin oluşturulmasında kullanır. Derinlik ve ayrıntıların kaydı, kullanılan tarayıcının teknolojisi ile doğrudan ilişkilidir.

3. Kullanılan Tarayıcıların Doğruluğu

Bir ölçünün kalitesi o sistemin doğruluğuna bağlıdır. Doğruluk ile ilgili araştırmalar ISO 5725-1 standardına göre yapılmaktadır.[42] Gerçek değerlere göre elde edilen verinin yakınlığı doğruluk derecesini belirler. Bunun için de hassasiyet ve gerçekliğin birbiri ile çakışması gerekmektedir. [42] İntraoral tarayıcılarla yapı-

lan çalışmalar genellikle karşılaştırma niteliği taşır ve doğruluğun tespitine dayanır. Bu yüzden kullanılan materyalde amaçlanması gereken temel sonuç, objenin kusursuz dijital kopyasıdır.

Tarayıcılarda Hassasiyet (Precision): Hassasiyet; ölçüm değerlerinin yakınlığını açıklar. Ortalama bir değerin doğru olup olmadığını söylemez, ancak sistemde ne kadar rastgele hata olduğunu belirtir.[43] [42]

Tarayıcılarda Gerçeklik (Trueness): Gerçeklik; bir ölçümün "doğruluk" seviyesini veya ölçümün gerçek değere ne kadar yakın olduğunu yansıtır. Bu durumda, sonsuz sayıda tekrarlanan ölçüm değerinin ortalaması ile referans değerlerinin ortalaması arasındaki yakınlık olarak tanımlanır.[42, 43]

Doğruluk (Accuracy): Bir fiziksel özelliğin ölçümünde gerçek değer ile modelin gösterdiği değer arasındaki farktır. Standarda göre gerçeklik ve hassasiyetin birbirlerine yakınlığı doğruluk değerinin kalitesini belirler[42, 43]

Başarılı dijital ölçünün belirlenmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin karşılaştırılması için geleneksel ölçülerin ekstraoral tarayıcı ile dijitalleştirilip bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Bunun için 3 yöntemden söz edilebilir. En çok kullanılan yöntemler arasında, geleneksel bir ölçüden alçı model elde edilir. Daha sonra ekstraoral bir tarayıcı vasıtası ile bu model dijitalleştirilebilir. Bir diğer yöntem ise; geleneksel bir ölçü elde edildikten sonra alçı dökülmeden ölçü kaşığı taranıp dijital orta- ma aktarılır. Aktarılan görüntünün negatifi elde edildikten sonra değerlendirilebilir. Son olarak, *in vivo* ya da *in vitro* ortamlarda hem geleneksel hem de dijital ölçüler kullanılarak üretilen restorasyonlar üze- rinde direk olarak karşılaştırılma yapılabilir.[42, 44]

Birçok faktör tarayıcıların doğruluğunu etkilemektedir. Başta taramayı yapan hekim olmak üzere, oral sıvılar, anatomik yapılar, yüzeyin parlaklığı ve ışık geçirgenliği, tarama biçimi, tarama hızı, taranan bölgenin konumu ve taranan dişin uzaysal pozisyonu intraoral oral kameraların doğruluğuna direk olarak etki etmektedir.

Yüzeyin yapısı ışının kırılmasına ve yanlış olarak yansımasına neden olmaktadır.[31] Bazı intraoral tarayıcılar bu durumu engellemek için toz ve sprey kullanımını önermişlerdir. Ancak yeni nesil kameraların piyasaya sürülmesi bu gereksinimleri ortadan kaldırmıştır.[31,33,45] Ayrıca taranan dişin ve implantın pozisyonu da doğruluk değerini etkilemektedir.

Tarama hızı ve biçimi ile kullanılan intraoral kameranın özelliği ve uygulayıcının deneyimi birbirleriyle ilişkilidir. Bu durum doğruluğu etkileyen parametre sayısını artırmaktadır. Tarayıcı başlığının taranan bölgeye uzaklığı artıkça elde edilen görüntüde bulanıklaşma meydana gelebilir.[33, 46] Çok yakın mesafeden yapılan taramalarda ise kameranın odağı objenin daha gerisinde konumlanabilir. Bu yüzden tarayıcının objeye olan uzaklığı sahip olduğu teknolojiye göre ayarlanmalıdır. Örneğin Konfokal tarayıcılar tarama sırasında objeye temas ederken, triangular tarayıcılar da temasa gerek yoktur. Pasif Wavefront teknolojisinde objeden uzaklaşıldıkça bulanıklaşma artarken aktif wavefront teknolojisi ile bulanıklaşma azalmaktadır.[32, 33, 36] Aktif triangular tarayıcılar konfokal tarayıcılara göre daha hassas ölçümler yapmıştır.[31]

Tarama hızı artıkça tarama çözünürlüğü azalır. Ayrıca hızlı taranan bazı bölgeler eksik görüntülenebilir ve bu bölgeleri tekrar tarayan hekim kameranın açısını değiştirebilir. Açının farklı olması distorsiyonların artmasına ve doğruluğun azalmasına neden olabilir. Bu durum hem tarama biçimini hem de deneyimli bir uygulayıcının önemini vurgulamaktadır. [16] Uygulayıcının deneyimi doğrultusunda taranacak bölge belirli bir plan doğrultusunda yapılmalıdır. Özellikle posterior bölgelerde tarayıcıların başlık boyutları taramaları zorlaştırmaktadır ve kameraların uygulama açısının değiştirilmesine neden olmaktadır. [36, 47]

4. Günümüzde Kullanılan İntraoral Tarayıcılar

Diş hekimliğinde birçok intraoral tarayıcı kullanılmaktadır. Bu tarayıcıların bazı özellikleri ve teknolojileri kısaca Tablo I'de gösterilmiştir.

4.1 CEREC® Sirona Dental System GmbH (Almanya)

Omnicam genellikle kullanılan tarayıcılardan biridir. Primescan ise en yeni tarayıcısıdır. Diş hekimliğinde ilk kullanılan tarayıcı markalarından biridir.[48] Yeni nesil Primescan AC tam ark taramalarında başarı göstermiştir. 5 aşama ile tam ağız ölçüsünü alabilmektedir.[49] Bu sistemlerin içerisinde ofis tipi freze makineleri de vardır.[50]

4.1.1 Omnicam®

Omnicam kendine özel dosya uzantısı olarak .cs3, sdt, .cdt, .ıdt kullanmaktadır. Cerec Connect arayıcılığıyla .stl formatında aktarım yapabilir.[27] Önceden beyaz LED kullanılan bu sistemlerde daha sonra mavi LED'e geçilmiştir. Omnicam çok hızlı renkli tarama yapar.[27] Video tarama tekniği kullanır ve devamlı fotoğraflanan resimler üç boyutlu modeli oluşturur.[50] Toz kullanma ihtiyacı yoktur. Tarayıcı ucun boyutu 228x 16x 16'mmdir. Tarayıcı uç posterior bölgelerde taramayı kolaylaştırır. İnlay, onlay, veneer, kron, köprüler,

barlar, implant ve ortodontik planlama için kullanılabilir.[27]

4.1.2 Primescan AC®

Primescan AC ise Cerec firmasının çıkardığı yeni nesil tarayıcıdır. Omnicam'dan çok daha iyi görüntü kalitesi elde etmektedir. Blue LED kullanmaktadır. Translüsens yüzeylerde ve tam arklarda başarılıdır. Toz kullanımı yoktur ve renkli görüntü verir.

Tablo I. İntraoral tarayıcıların özellikleri.

Tarayıcı	Çalışma Biçimi	Işık Kaynağı	Toz	Dosya Uzantısı	Görüntüleme Sistemi	Sisteme Ait Freze Üniti	Boyutu, Ağırlığı	Kablosuz Model	Çürük Belirleme
Cerec® Bluecam	Triangulasyon ve Konfokal Mikroskopi	Mavi Led	Yok	cs3, .sdt, .cdt, .idt, .stl, .con	Multi İmaj, Yapılandırılmış Işık Görüntüleme	Var	316 mm boy	Var	Yok
IOS Fastscan ™	Aktif Triangulasyon ve Schleimpflug Prensibi	Lazer	Var	.stl	3 İmaj Sistem	Yok	Kesin Data Yok	Yok	Yok
Mia3d™	Stereo (Stereoskopik) Fotogrametri	Görünür Işık	Var	ascii	2 İmaj	Yok	200 gr, 2.5cm çap x 20 cm	Yok	Yok
İtero Element	Paralel Konfokal Mikroskopi	Kırmızı Lazer ve Beyaz Led Emisyon	Yok	Özel Yazılım, .stl	Multi İmaj	Yok	470 gr, 338.5 x 53.5 x 69.8 mm uzunluk	Yok	Yok
Trios™ 3	Konfokal Mikroskopi	Lazer ve Led Ref	Yok	Özel Yazılım, .dcm, .stl	Multi İmaj, Yapılandırılmış Işık Görüntüleme	Yok	373-384 gr, Boyut Bilgisi Yok	Yok	Yok
E4d Nevo	OCT ve Konfokal Mikroskopi	Lazer	Yok	.stl	Multi İmaj	Var	516 gr 48 x 53 x 188 mm	Yok	Yok
Lava C.O.S	Aktif Wavefront Teknolojisi	Mavi Işık	Var	.stl	Video	Yok	390 gr uzunluk 33 x çap 5.7 cm	Yok	Yok
Medit 1500	Dual Kamera Optik Triangulasyon	Light	Yok	.stl, .obj, .ply	Stereo Vision,3 Boyutlu Hareketi Görüntüleme	Yok	280 gr, 19 x 15.2 x 266 mm	Yok	Yok
Cs 3600	Aktif Triangulasyon (Stream Projection)	LED, Amber, Blue, Green	Yok	dcm, . ply , .stl	Yapılandırılmış Görüntüleme, Hızlı Video™ Görüntüleme,	Var	325 gr 220 x 38 x 58 mm	Yok	Yok
Emerald® S	Projected Pattern Triangulasyon	Kırmızı,Yeşil,Mavi Lazer	Yok	.ply , .stl	Çoklu İmajlama	Var	229 gr, 41 x 45 x 249 mm	Yok	Var
Emerald	Desen Yansıtma (Projected Pattern Triangulation)	Kırmızı,Yeşil,Mavi Lazer	Yok	.ply , .stl	Çoklu İmajlama	Var	235 gr, 41 x 45 x 249 mm	Yok	Yok
Planscan	Konfokal Mikroskopi ile Uyumlu Tomografi	Mavi Lazer	Yok	.ply , .stl	Çoklu İmajlama,Video	Var	544 gr, 48 x 53 x 276 mm	Yok	Yok
Zfx Intrascan	Konfokal Mikroskopi ve Moire	Görünür Işık	İsteğe Bağlı	.stl	3 İmaj	Yok	600 gr ,9.6 x 10.4 x 18 mm	Yok	Yok
Ezscan	Konfokal Mikroskopi	Görünür Işık	Yok	.stl	Fotoğraflama	Yok	165 gr, Boyut Bilgisi Yok	Yok	Yok
Fussen	Projected Fridge Pattern Triangulasyon	3 Led Light Kaynak	Yok	.ply .stl	3B Video Görüntüleme	Yok	350gr, 18.5 x 19 mm	Yok	Yok
Dwio®	Laser Triangulasyon	Leds	Var	.stl, .xorder	Video	Yok	105 gr, 46 x 52 x 127 cm	Yok	Yok
TRIOS 4	Konfokal Mikroskopi	Kesin Data Yok	Yok	.Dcm, .Stl	Multi İmaj	Yok	Kesin Data Yok	Yok	Var
Cerec® Primescan	Kesin Data Yok	Kesin Data Yok	Kesin Data Yok	Kesin Data Yok	Kesin Data Yok	Var	457 ve 524 gr	Yok	Yok
İtero Element 5d	Paralel Konfokal Mikroskopi ve NIRI	Kırmızı Lazer ve Beyaz Led Emisyon	Yok	Özel Yazılım, .Stl	Multi İmaj	Yok	Kesin Data Yok	Yok	Var
True definition	Aktif Wavefront Teknolojisi	Mavi LED	Var	.Stl	3 Resim Görüntüleme ve Video	Yok	135 gr , 254 x 16.2 x 14.4 mm	Yok	Yok

*4.2 Trios® (3SHAPE A/S ,***Danimarka)**

4.2.1 Trios 3®

Trios 3 (Cara Trios) 3SHAPE A/S tarafından üretilen ve günümüzde sıklıkla kullanılan bir tarayıcıdır. Trios 3 2015 yılında piyasaya sürülmüştür. Kalem tutacağı şeklinde ya da tabanca şeklinde başlıkları mevcuttur. 3shape 2017 yılında kablosuz tarayıcı modellerini piyasaya sürmüştür. Kullandıkları teknoloji konfokal mikroskopu ve hızlı optikal tarama özelliği ile yapılandırılmış ışık görüntüleme tekniğidir.[27] Bu özellik 3000 adet iki boyutlu resmi her saniyede fotoğraflar ve ardından bin adet üç boyutlu imaj oluşturur.

Fotoğraf kalitesi ve gerçek dişlere yakın renk göstergesi en önemli özellikleri arasındadır.[51] Marjinlerin belirlenmesinde başarılıdır. Trios 3, başlığı sayesinde istenmeyen dokuları ekarte ederek taranmasını önleyebilir. Tarayıcı ucun boyutu ise 320x56x16 mm'dir.

Trios açık bir sistem değildir. Dosya uzantısı .dcm'dir. Kendine ait kazıma makinesi olmadığı için evrensel formatta dışa aktarım yapabilir. Bu yüzden sistem internet ağı ile çalışır. İnlay, onlay, veneer, kron, köprüler, barlar, implant modülleri ve ortodontik planlama için kullanılabilir. [27]

4.2.2 Trios 4®

Önceki modeline göre daha uzun batarya ömrüne sahiptir. Bu sayede Trios 3'de olduğu gibi kablosuz 45 dakikaya kadar tarama yapar. 25 saniyede bütün arkın taramasını yapabilir, ancak, sürenin uzunluğu uygulayıcıya bağlıdır. Bu tarama sırasında istenmeyen yumuşak dokuların taraması göz ardı edilebilir.

Yeni akıllı tip transillüminasyon görüntüleme özelliğine sahiptir. Bu sistem kızılötesi ışınları içerir. Bu sayede gözle görülemeyen proksimal çürüklerin belirlenmesine yardımcı olur. Ancak kullanımı FDA tarafından onaylanmamıştır ve klinik kullanımı şu an için yoktur. [52, 53]

4.3 ITero® (Cadent Ltd, İsrail)

4.3.1 Element 1®, Element 2® ve Element Flex®

Itero Element tarayıcılarında konfokal mikroskopi kullanılır. Element flex mobil olarak üretilmiştir. Bütün Itero cihazlarında hızlı tarama, oto kalibrasyon, network sistemi ve hızlandırılmış görüntüleme özelliği vardır. Beyaz ışıkla tarama yapar. Bu ışın 3 farklı lazer ışığından oluşmaktadır (kırmızı, yeşil, mavi). Özel bir dosya sistemi vardır, ancak .stl formatı ile dışa aktarım yapılabilir.[50]

4.3.2 Element 5D®

En son piyasaya sürülen tarayıcı modeli Itero Element 5D'dir. Element 5D NIRI (Near infrared imaging) teknolojisine sahiptir. Bu teknoloji, hastaların dişlerindeki çürükleri gerçek zamanlı olarak tarama sırasında gösterir. Özellikle proksimal çürüklerin belirlenmesinde etkili olduğu söylenmektedir.

4.4 E4D (D4d Technologıes, Llc, ABD)

Optik Koherens tomografi (OCT) kullanarak kayıt alır. Kendine ait bir milling sistemi vardır. Nesne üzerinde tek bir pozisyonda görüntülenen bir dizi lazer segmenti, aynı örneğin pozisyonunu kullanarak iki veya çoklu üç boyutlu haritalar arasında geçiş yapar. Özel bir toza ihtiyacı yoktur.[54] Bu sistemler kısmen CEREC teknolojisini içerse de daha sonra Planmeca bu sistemleri Planscan olarak piyasaya sürmüştür.[55]

4.5 Medit i500® (Medit, Seoul, Kore)

Bu sistemler aktif triangular teknolojisini içerir. Cihazın üç farklı lazer ışınıyla tarama yapar. [56] Bir projektörden yayılan ışık, iki stereo vizyon oral tarayıcı tarafından görüntülenir.[57] Optik mercek teknolojisi daha kompakt bir başlık elde edilmesini sağlar. [58]

Renkli video tabanlı tarama yapar. Abutment tarama, otomatik ya da manual marjin oluşturma, geleneksel ölçülerin kaşıktan taranması ve okluzyon analizi gibi özellikleri vardır. Toz ve sprey gerektirmez. In-vivo olarak üretici firma tek kronlarda 10 µm, yarım arkta 25 µm ve tam ark taramada 50 µm'a kadar doğruluk payı olduğunu belirtmektedir.

4.6 CS 3500®- CS 3600®- CS 3700® (Carestream, A.B.D)

4.6.1 CS 3500®- CS 3600®

CS 3500® modeli fotoğraf tabanlı tarama yaparken, CS 3600® video tabanlı tarama yapar. [55] CS 3600®'da LED ışık tarayıcısı hızlı taramayı akıllı eşleştirme sitemi ile yapar. Bu sistem resimleri kesintisiz bir şekilde birbirine geçirir ve bir imaj yaratır. Herhangi bir toza ihtiyacı yoktur ve renkli tarayıcı özelliğine sahiptir. Triangulasyon metodu ve saçak görüntüleme tekniği ile yüzey kaydı alınır.[27,57,59] Bu sistemler inley, onley, veneerler, tek kron yapımında kullanılabilir. Dosya uzantıları .csz'dir. Carestream CAD ile tasarımı yapılabilir.[27]

4.6.2 CS 3700®

Carestream firmasının en son çıkardığı intraoral tarayıcıdır. Önceki sürümüne göre yüzde 20 daha hızlı tarama yapar. Üretici firmaya göre 30 saniyede bütün arkın taramasını yapmaktadır ve akıllı tonlama özelliği ile renk seçiminde kolaylık sağlar. İntraoral tarayıcı estetik restorasyonlarda diş rengini optik olarak belirleyebilir. Akıllı renk belirleme özelliği "çift yönlü yansıma dağılım fonksiyonu" ile belirlenmektedir.[60]

4.7 Lava™C.O.S (3m Espe, A.B.D)

Mavi lazer kullanarak ölçü alır. Nesne noktalarının düzlem dışı koordinatlarının örneklemesi ve değişik pozisyonlarda devamlı imaj varyasyonları yaratarak 3 boyutlu bir hareketin kaydı sonucunda model oluşturur (Active Wavefront Sampling) [61]. Saniyede yirmi adet üçlü imaj alır. Firmaya ait özel bir dosya uzantısı ya da .stl formatında dışa aktarım yapılabilir. Kendisine ait bir kazıma ünitesi vardır. [50]

Taranan çeneler dijital olarak artikülasyona getirilebilir. Hasta dişlerini maksimum interkuspal ilişkiye getirir ve tarama yapılır. Bu sistemlerde titanyum oksit spreyler kullanılmaktadır. Ölçümleri sırasında marjinal bölgenin taranması başarılıdır. (120 µm)[62] İstenirse internet ağı üzerinden kayıtlar paylaşılabilir.[54]

4.8 Dental Wings® (Kanada)

4.8.1 Dwio®

2015 yılında Kanada da sunulan bu tarayıcı çoklu LED ışık ile videolama yöntemini kullanmaktadır.[51] Tarama ekranında monokrom renk gösterir. Sadece 5 aşamada tarama yapmaktadır. En önemli özelliği küçük ve hafif olmasıdır. Başlangıçta toz kullanan cihaz daha sonraki modellerinde bu sorunu çözmüştür. Dosya uzantısı .xorder ve .stl formatındadır. Evrensel bir formata sahip olması açık kaynaklı bir kullanım sağlar. Tarayıcı çok hızlıdır, ancak renkleri göstermez. İnlay, onlay, veneer, kron, köprüler, parsiyel protez ve cerrahi rehber modellerin oluşturulması için kullanılabilir.[27]

4.8.2 Virtuo Vivo ™

2019 yılında piyasaya tanıtılmıştır. Hafif (215 gram) ve ergonomik bir yapısı vardır. Tarayıcı başlıkları 250 kez steril edilebilir. Gerçekçi renkli tarama özelliği vardır. Tarama sırasında bilgisayara el hareketleri ve seslerle komutlar verilebilir. Dosya uzantısı .stl'dir. Toz ve sprey kullanımına gerek yoktur. İnlay, onlay, veneer, kron, kısa köprüler ve implant üstü protezlerde kullanılabilir.

4.9 MIA3d™ (Densys3D Ltd, İsrail)

Bu sistem 2007 yılında çıkmıştır. Ortodontik ve restoratif tedavilerde kullanılmaktadır. Piyasadaki en hafif (yaklaşık 100 gr) ve küçük boyutta başlığa sahiptir. Ayrıca en kolay uygulama yazılımına da sahiptir. 30 µm boyutuna kadar tarama yapabilir. Stereo (stereoskopik) fotogrametri (stereophotogrammetry) sistemi tabanlı ışık projeksiyonu kullanmaktadır. İki boyutlu görüntüler triangular teknikle birleşerek üç boyutlu görüntüyü oluşturur.[54] Tarama için toz ve spreye ihtiyacı vardır. Kablo ile bağlantı sağlar. Oluşturulan dijital modeller .ascii formatı ile dışa aktarılabilir.

4.10 Emerald® (Planmeca, Finlandiya)

Emerald, Emerald S ve Planscan adında 3 tarayıcısı vardır. İnley, onley, veneer, kuron, köprü, tam ark tarama, bölge tarama, model tarama ve ölçü tarama gibi özellikleri mevcuttur. Bu sistemlerin kendine ait freze üniti bulunmaktadır. Dosya uzantısı olarak .stl ve .ply formatları kullanılmaktadır.

4.10.1 Emerald S ® ve Emerald ®

2017 yılında lazer tarayıcıları tanıtmışlardır. En güncel modeli Emerald S'dir ve tanılama özelliği, kullanılabilirlik, tarama hızları Emerald'a göre daha iyidir. Desen üçgenlemesi projeksiyonu (Projected Pattern Triangulation™) ile çalışmaktadır. Sistemde özel tozlar kullanılmamaktadır ve lazer (mavi, yeşil, kırmızı) teknolojisi ile renkli imajları birleştirir. Tarayıcı 41 x 45

x 249 mm boyutunda, Emerald S 229 gr ve Emerald 223 gr ağırlığındadır. Kablo ile bilgisayara bağlanır. [63]

İki tip kullanım yerine göre hafif ve ergonomik başlıkları mevcuttur. Başlıklar çıkarılabilir ve otoklavda steril edilebilir. Gerçek zamanlı renkli görüntüleme sistemi vardır. Ayrıca görüntüleme sırasında buğulanmayı önleyen teknolojiye sahiptirler.[63]

4.10.2 PlanScan ®

Mavi lazer ile tarama yapar. Tarama teknolojileri tomografi ile uyumlu konfokal mikroskopidir. [64] Inley, onley, veneer, kron ve köprülerin yapımı için kullanılabilir. Dört ayrı tarayıcı başlıkları vardır ve her başlık belli bir bölge için tasarlanmıştır. CBCT ile senkronize olarak rehber model hazırlanmasında kullanılabilir.[27, 65]

4.11 ZfxTM IntraScan (Zimmer Biomet, Almanya)

Bu sistemler konfokal ölçüm ve moire düzenlemesi ile çalışmaktadır. 600 gram ağırlığındadır. Saniyede 18 adet fotoğraflama özelliği vardır. Laptopta kullanılabilir. Toz ve sprey kullanımına ihtiyaç yoktur. Objeden maksimum 10.4 x 9.6 x 18 mm alanı tarayabilir. .stl formatı ile dışarı aktarım yapabilir.

4.12 EzScan® (Vatech, Kore)

165 gram ağırlığındaki EzScan, üretildiği dönemde en hafif tarayıcılardan biridir. Aynı zamanda hızlı tarama özelliğine sahiptir. Nisan 2019'de açıklanmıştır. Ancak henüz ticari olarak piyasaya sürülmemiştir.

4.13 KaVo X Pro™ (Kavo Dental, Almanya)

Ticari olarak piyasaya sürülmeyi bekleyen bu cihaz lazer tabanlı bir sistemdir. Usb kablosu ile alıcıya bağlanır. Tarama sırasında sprey ya da toza ihtiyacı yoktur. Renkli tarama özelliği vardır. Kayıt .stl ve .ply formatında yapılabilir. [66]

4.14 Fussen (Çin)

Üç farklı led kaynağı taramanın gerçekleşmesini sağlar. Cihazın içerisinde bir mikrolens dizisi, bir kolimatör mercek grubu, gri bir kodlama ızgara plakası, optik yansıtıcı, projeksiyon mercek grubu, birinci reflektörü vardır. Yansıtıcı yüzeyleri birbirine zıt olarak yerleşmiştir. Paralel olarak yerleştirilmiş, ikinci, üçüncü yansıtıcı ve kameralardan oluşur. Sistem aktif olarak görüntülemeyi sağlar. [67]

Toz kullanımına ihtiyacı yoktur. 25 mikrona kadar doğru tarama özelliği içerir. Dosya uzantıları .stl, .ply'dir. İntraoral tarayıcı taşınabilir özelliğe sahiptir ama başlık kablosuz değildir.

4.15 True DefinitionTM, (Midmark Corp, A.B.D)

Tarayıcı 3 adet stero kamera ile çalışır. Bu kameralar optik yol içerisindeki mercekler ve aynalar vasıtasıyla nesnenin üç boyutlu görüntüsünü ve derinliğini oluşturur. Firma kendi sitesinde ücresiz olarak sınırsız tarama, yazılım programı ve bulut hizmeti verdiğini belirtmektedir.[68] Bu sistem tarayıcıdan mavi led ışık çıkması ile aktif wavefront teknolojisi ile çalışmaktadır.[40]

Ürün, taşınabilir bilgisayarla kullanılır. Başlık kablo ile bilgisayara bağlıdır. Hafif ve küçük bir başlık hasta konforunu yüksetir. Kompakt bir başlığa sahiptir. Toz ve sprey kullanımına gerek duyulmasına rağmen tarayıcı başarılı sonuçlar elde etmiştir.[69]

4.16 AADVA® (GC, U.K)

GC grup tarafından "Ios 100P" ve "Ios 200" modelleri piyasaya sunulmuştur. Ios 100P mobil versiyonudur. Sistem konfokal mikroskopi ve yapılandırılmış görüntüleme teknolojisini kullanmaktadır. [40]

4.16.1 IOS 100P®

Sistem renkli görüntü vermez. Toz kullanma ihtiyacı yoktur. Açık sistemlerdir ve .stl formatında dışa aktarım yapabilirler. Hasta başı restorasyon üretimi yapılamaz ancak kendilerine ait freze merkezi vardır. İnternet ağı üzerinden bu merkeze restorasyon gönderilebilir. 184 gr tarama başlığına sahiptir.

4.16.2 IOS 200®

2019 yılında piyasaya sürülmüştür. Renkli tarama özelliği vardır. Mobil olarak bir laptopa bağlanmaz, sisteme özgü bilgisayar sistemi mevcuttur. Taramalar .stl ve .ply olarak aktarılır. Her iki tarayıcının yazılımı kullanıcı dostudur.

5. Tarayıcıların Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalarda tarama yöntemleri değerlendirilirken arkın uzunluğu, tarayıcının doğruluğunu etkilemektedir. Taramalar değerlendirilirken; tam çene ya da tam arklar, kısıtlı alan ve lokal bir bölgenin taranması olarak üç farklı sınıflandırılma yapılması doğru olacaktır.

6. *İn Vitro* Olarak İntraoral Tarayıcıların ve Geleneksel Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalarda *in vitro* çalışmaların sayısı *in vivo* çalışmalara oranla daha fazladır. Ancak konvansiyonel yöntemlerle yapılan kıyaslama çalışması daha azdır. Tablo 2, 3'de kısaca yapılan bazı çalışmaların standart sapmaları mikron cinsinden verilmiştir.

6.1 Tam Ark Tarama

Tam ark taramalarında deviasyon miktarları arkın boyu ile artmaktadır.[27,31,50,57,70] Tablolar incelendiğinde doğruluk deviasyonları taranan alanın uzunluğu azaldıkça artmaktadır. *İn vitro* çalışmalarda kan ve tükürük olmadığı için arkın uzunluğuna bağlı olarak deviasyonlar daha iyi gözlemlenebilir.[71] Tam ark tara-

maların incelenmesi *in vitro* çalışmalarda daha fazladır (Tablo 2, 3 ve 4). Bunun nedeni, yapılan çalışmalarda, diğer parametrelerin elimine edilmesi, sapma miktarlarını daha kolay belirlenmesine zemin hazırladığı için olabilir. Tarayıcıların tarama teknolojileri değerlendirildiğinde; triangular tarayıcıların deviasyon miktarının biraz daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.[36] Genel olarak *in vitro* çalışmalara bakıldığında konvansiyonel tekniklere göre tam ark taramalar daha başarısızdır.[72-76] Tarayıcılar tek dişlerin ve implantların ölçümünde başarılıdır, ancak uzunluk arttıkça deviasyon miktarlarının da arttığı gözlenmektedir. [77] Taranan alan kadar tarama biçiminin de doğruluğa etkisi olduğu gösterilmiştir. [78]

Tablo 2. Bazı *in vitro* çalışmalarda kullanılan yöntemlerin doğruluk ve gerçeklikleri.

	Ref.	Tr3	Tr2	Cs36	Cs35	EL1	EL2	OC	CP	COS	İM	TD	DW	EM	EMS	PS	E4D	FS	Zfx	Bölge
Tek Bir Lokasyon	27	22.3		15.2				28.4					27.8	28.4						1, İÜ, T
	27	15.2		11.3				30.6					27.1	32.8						1, İÜ, P
	31	22.5				35.9	24.1	46.4	19		43.6			63.9	41.8					1, DO, T
	31	36				50.8	34.1	65.6	26.9		61.7			90.4	59.1					1, DO, P
	30	8.6				11.9		22.9				11.9								1, O, T
	30	14				21.3		43.4				18.4								1, O, P
	30	9.7				11.2		20.6				12.7								1, FK, T
	30	15.1				18.4		33.2				18.6								1, FK, P
	30	11.1				12.7		13				9.4								1, CI, T
	30	16.2				25.2		23.7				13.7								1, CI, P
	84		24.4			24.4		28.7									44.1	21.6	38.9	1, IMO, T
	84		20.3			25.3		21.9									50.1	22.1	40.3	1, İO, T
	84		23.2			30.6		22.6									46.2	24.8	33.5	1, İOB, T
	26	15	9.6	15	15															1, M, T
	64							53								48.6				1, İO, T
	64							35.6								24.8				1, İO, P

Değerler micron (µm) cinsinden yazılmıştır. Bölge: Diş sayısı numaralarla, F: Tam arkı, T: Gerçeklik, P: Hassasiyet, İÜ: İmplant üstü, DD: Doğal dentisyon, AD: Akril dentisyon, CI: Veneer praperasyon, KP: Köprü, FK: Tam kron, O: Onlay preparasyon, İO: İnley okluzal preparasyon, İMO: mezio-okluzal preparasyon, İDO: Distokluzal preparasyon, İOB: Bukko-okluzal , M: Alçı model, Tr3: Trios 3, Tr2: Trios 2, Cs36: Cs3600, Cs35: Cs3500, EL1: Element 1, EL2: Element 2, OC: Omnicam, CP: Cerec Primescan, COS: Lava C.O.S, IM: Imedit, TD: True definition, DW: Dwio, EM: Emerald, EMS: Emerald S, PS: Planscan, FS: Fussen, Zfx: Zfx intrascan, E4D: E4d Nevo.

Tablo 3. Bazı *in vitro* çalışmalarda kullanılan yöntemlerin doğruluk ve gerçeklikleri.

	Ref.	Tr3	Tr2	Cs36	Cs35	EL1	EL2	OC	CP	COS	İM	TD	DW	EM	EMS	PS	E4D	FS	Zfx	Geleneksel	Bölge
Kısa Ark	27	28		23.5				38.1					49.8	49.3							3, İÜ, T
	27	21		17				43.2					34.8	29.9							3, İÜ, P
	100	50.2		45.8				58.8				61.4									4, İÜ, T
	100	24.5		24.8				26.3				19.5									4, İÜ, P
	30	23.5		31.7		36.4						23.2									3, KP,T
	30	63.7		85.9		93						61.1									3, KP, P
	26	208	312	83.2	239																Y, M, T
	100	64				62						63								PE 35	3, İÜ, T
	83	25.6			25.38																6, AD, T
	83	31.87			31.88																5, AD, T
	82							22				17								PE 26	3, İÜ, T

*Değerler mikron (µm) cinsinden yazılmıştır. **Bölge:** Diş sayısı numaralarla, F: Tam arkı, T: Gerçeklik, P: Hassasiyet, İÜ: İmplant üstü, DD: Doğal dentisyon, AD: Akril dentisyon, CI: Veneer preparasyon, KP: Köprü, FK: Tam kron, O: Onlay preparasyon, İO: İnley okluzal preparasyon, İMO: mezio-okluzal preparasyon, İDO: Distokluzal preparasyon, İOB: Bukko-okluzal , M: Alçı model, Tr3: Trios 3, Tr2: Trios 2, Cs36: Cs3600, Cs35: Cs3500, EL1: Element 1, EL2: Element 2, OC: Omnicam, CP: Cerec Primescan, COS: Lava C.O.S, IM: Imedit, TD: True definition, DW: Dwio, EM: Emerald, EMS: Emerald S, PS: Planscan, FS: Fussen, Zfx: Zfx intrascan, E4D: E4d Nevo, PE: Polieter.*

Total ve parsiyel protezlerin üretimi *in vitro* çalışmalarda fazla tercih edilmese de parsiyel protez üretimi *in vitro* olarak yapılabilmektedir.[79] Özellikle doku desteği olmayan parsiyel protezlerin, doku rezilenslerinin hesaplanmasına gerek kalmadığı için *in vitro* çalışmalarda yapımı daha uygun olduğu düşünülmüş olabilir.

6.2 Kısıtlı Alan Tarama ve Tek Lokasyon Tarama (İmplant, Tek Kron, İnlay ve Onlay)

Kısıtlı alan taramaları altı diş ünitesini içeren taramalardır (Tablo 2, 3). Taranan bölgenin uzunluğu arttıkça sapma miktarı artarken doğruluk derecesi de azalmaktadır. İn vitro olarak yapılan bazı çalışmalarda da konvansiyonel ölçü teknikleri intraoral tarayıcılara göre daha fazla gerçeklik değeri göster- miştir. Kısıtlı bir alanın taranması sırasında CS 3600, Trios 3 ve True Definition daha iyi sonuçlar verirken , Element 1 diğerlerine göre daha fazla sapma göster- miştir. Ancak Cerec Omnicam, CS 3500, Element 1,2, Dwio ve Emrald kısa ark taramalarında üstün doğruluk derecesi göstermemiştir. Yinede kayıtlar restorasyon yapımı için yeterlidir. Daha az doğruluk değeri göster- mesinin nedeni kullanılan cihazların üretim yıllarının, diğerlerine göre daha eski olmasından olabilir (Tablo 2, 3 ve 4). Geleneksel yöntemlerde kullanılan ölçü maddeleri (polieter, polivinil siloksan ve vinil polieter) daha başarılı olduğu söylenebilir. Ancak, aljinat ile alınan ölçülerin doğruluk değerinde daha fazla sapmalar gözlemlenmiştir.[80]

Tablo 4. Bazı *in vitro* çalışmalarda kullanılan yöntemlerin doğruluk ve gerçeklikleri.

	Ref.	Tr3	Tr2	Cs36	Cs35	EL1	EL2	OC	CP	COS	İM	TD	DW	EM	EMS	PS	Geleneksel	Bölge
Uzun Ark	27	46.3		44.9				70.4					92.1	66.3				F, İÜ, T
	27	35.6		35.7				89.3					111	61.5				F, İÜ, P
	100	67.2		60.6				66.4				106						F, İÜ, T
	100	31.5		65.5				57.2				75.3						F, İÜ, P
	31	22				36	21	58	17		34			52	40			F, AD, T
	31	31				51	30	82	25		48			74	57			F, AD, P
	80	55.3				94.5		98.3				32.1						F, AD, T
	80	194.5				246		261				98.8						F, AD, P
	101	90.26		72.2		68.5		75.2			82.25							F, İÜ, T
	26	212	451	177	234													F, M, T
	102	33						59		66		30						F, İÜ, P
	102	28						61		112		35						F, İÜ, T
	103	32		61	107			71				31	148	101				F, İÜ, T
	76	177															PVS 72	F, İÜ, T
	72	68.8			68.6	57.5		56.2								48.4		F, M, P
	72	69.4			76	56.2		101								96.2		F, M, T
	73	49.9						36.5									PVS 21	F, M, P
	73	87.1						80.3									PVS 24	F, M, T
	74					116											PVS 55	F, İÜ, T

*Değerler mikron (µm) cinsinden yazılmıştır. **Bölge:** Diş sayısı numaralarla, F: Tam arkı, T: Gerçeklik, P: Hassasiyet, İÜ: İmplant üstü, DD: Doğal dentisyon, AD: Akril dentisyon, CI: Veneer preparasyon, KP: Köprü, FK: Tam kron, O: Onlay preparasyon, İO: İnley okluzal preparasyon, İMO: mezio-okluzal preparasyon, İDO: Distokluzal preparasyon, İOB: Bukko-okluzal , M: Alçı model, Tr3: Trios 3, Tr2: Trios 2, Cs36: Cs3600, Cs35: Cs3500, EL1: Element 1, EL2: Element 2, OC: Omnicam, CP: Cerec Primescan, COS: Lava C.O.S, IM: Imedit, TD: True definition, DW: Dwio, EM: Emerald, EMS: Emerald S, PS: Planscan, PVS: Polivinil siloksan.*

İn vitro çalışmalarda belirli bir lokasyonun taranması (İnley, onley, tek kron, tek implant) sonucunda,

konvansiyonel yöntemlere göre daha düşük sapma elde edilmektedir (Tablo 2, 3 ve 4)[77]. Trios 3, Trios 2, Cs 3600, Cerec Primescan, Planscan ve Fus- sen taramalarında başarılı sonuçlar elde etmiştir. E4d Nevo ve Zfx Intrascan ve Cerec Omnicam'in sapma değerleri diğer tarayıcılardan yüksektir. Element 1,2 bazı tarama karşılaştırmalarında yüksek sonuç göster- se de diğer tarayıcılarla karşılaştırıldığında en az sap- ma değerini göstermemiştir. Bulunan sonuçlar doğrul- tusunda sapma değerleri bütün tarayıcılarda düşüktür ve en iyi değerleri veren tarayıcıların değerlerine yakındır. Ayrıca inley,onley gibi negatif yüzeylerde ayrıntıların daha az çıktığı görülmüştür.[81]

Tablo 2, 3'deki veriler değerlendirildiğinde; intraoral tarayıcılar arasında Trios 3'ün hem daha başarılı sonuçlar verdiği hem de çalışmalarda daha çok tercih edildiği görülmüştür.[26,50,51,82-84] Buna ek olarak bazı çalışmalarda CS 3600, True Definition ve Element 1 tarayıcıları kısa alan taramalarında tatmin edici değerler vermiştir. Kullanılan intraoral tarayıcılar ile basit köprüler yapılabilir.[85] Tek bir lokasyonun taranması sırasında taranan bölgenin rengi, köşeli basamakları ve inley, onley kesimlerin girintili yüzeyleri ölçünün doğruluğunu etkilemektedir.[86]

7. *İn Vivo* Olarak İntraoral ve Geleneksel Yöntemlerin Değerlendirilmesi

İn vivo çalışmalar, *in vitro* çalışmalara oranla daha az yapılmıştır. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar umut vericidir. Özellikle tam dişsiz vakalarda üç boyutlu yazıcılar kullanılarak hareketli protezler üretilebilmektedir.[87] Eğer tam dişsiz hastalara implant planlanacaksa, hareketli implant üstü protezlerde ve sabit protezlerde tam ark taraması yapılması gerekmektedir.[88] Bu durum tam ark taramalarının önemini göstermektedir. Bazı çalışmalarda tamamen dijital sistemler kullanarak parsiyel protez iskeleti üretilmiştir. [89] Ancak bu taramaların başarısı halen tartışmalıdır.[21,30,89,90] Tablo V' de kısaca yapılan bazı çalışmaların standart sapmaları mikron cinsinden değerleri ile verilmiştir.

7.1 Tam Ark

Bütün bir arkın taranması sırasında yine *in vitro* çalışmalarda olduğu gibi görüntü distorsiyona uğrayabilir. Kan ve tükürük gibi fizyolojik oral sıvıların da eklenmesi ölçünün kalitesini etkileyebilmektedir. Tablo V ile diğer tablolar karşılaştırıldığında bu değerlerin artığı açıkça görülmektedir. Fizyolojik durumu elimine etmek için (kan, tükürük, parlak mukoza ve dişler) titanyum dioksit spreyler ya da tozlar ölçü alınmadan önce uygulanır. Bütün bir arkın taranıp sabit bir protez yapılması tartışmalıdır. Çünkü tarama sırasında yüksek miktarda sapmalar meydana gelir. [91]

Total protezlerin dijital olarak ölçüsünün alınması sırasında hem doku reziliensinin belirlenememesi hem de geniş bir alanın taranması doğru ve tam uyumlu bir protezin üretimini zorlaştırmaktadır.[92-94] Halen geleneksel ölçü yöntemleri bu tip hareketli protezlerde tercih edilmektedir.[77,91,94] Ancak bazı vakalarda başarılı bir şekilde bütün arkın taranması yapılabildiği de gösterilmiştir.[91,93,95-97] Bir çalışmada iki dental tarayıcı karşılaştırılmış, Trios 3'ün sapma değeri 60.5 iken Element 1'in değeri 52.3 bulunmuştur. Ancak geleneksel ölçülerle yapılan karşılaştırmalarda sapma değeri 500 ve üzeri bulunmuştur. [98] Bu durumun nedeni iki çalışma arasındaki in vitro olarak standardizasyon yapılamamasından kaynaklı olabilir.

Tablo V. Bazı *in vivo* çalışmalarda kullanılan yöntemlerin doğruluk ve gerçeklikleri.

	Ref.	Tr3	Tr	TrC	EL1	EL2	OC	CP	COS	İM	BC	EM	EMS	TD	Geleneksel	Bölge
Tek Lokasyon	80	119													AlG 133	1DDT
	104		32												PVS 46	1DDT
	104		14												PVS 18	1DDT
	104		65												PVS 71	1DDT
Kısa Ark	105	45					66								VPS 63	6YDP
	105	80					82									6YDT
	105	30					38								VPS 23	6DDP
Uzun Ark	105	37					49									6DDT
	106				68.1		48.6		82.8	59.7					PE 34	FDDP
	106				68.1		48.6		82.8	59.7					Alg 162	FDDP
	106				68.1		48.6		82.8	59.7					VSE 17.7	FDDP
	107						46.2								VSE 17	FDDT
	107						61.1								VSE 16.9	FDDP
	96								14						VPS 23	FDDT
Total Ölçü	98	>500													ALG 219	FTT
	98	>500													ALG 239	FTT
	98	>500													ALG 246	FTT
	98	>500													ALG 347	FTT
	108	60.5			52.3											FDDP
	91		25.7	26.1	49.0		37.7		47.7		43.3			21.8	VSE 18.8	FDDP

Diş sayısı numaralarla, F: Tam arkı, T: Gerçeklik, P: Hassasiyet, DD: Doğal dentisyon, YD: Yumuşak doku, Tr3: Trios 3, Tr2: Trios 2, TrC: Trios Colour, Cs36: Cs3600, Cs35: Cs3500, EL1: Element 1, EL2: element 2, OC: Omnicam, CP: Cerec Primescan, COS: Lava C.O.S, İM: imedit, TD: True definition, DW: Dwio, EM: Emerald, EMS: Emerald S, PVS: Polivinil siloksan, ALG: Aljinat, VSE: Vinil siloksan eter, PE: Polieter, VPS: Vinil polisiloksan.

7.2 Alan Tarama ve Tek Bir Lokasyonunun Taranması (İmplant, Tek, Kron, İnlay ve Onlay)

Yapılan çalışmalar ölçünün alım aşaması, preparasyon ve hasta memnuniyeti açısından değerlendirildiğinde dijital ölçünün konvansiyonel ölçülerden daha iyi olduğunu göstermektedir.[88,94] Tek kronların ölçülerde en büyük sorun; subgingival alanın kaydı olarak görülmektedir. Bu kaydın yapılabilmesi için subgingival alanlar retrakte edilip şekilde ölçü alınması gerekmektedir. İmplant üstü protezlerin subgingival kaydı, mukozanın altında kalan implantın kamera ile görüntüsünün kaydının alınmasındaki zorluktandır. Bazı çalışma-

larda bu zorluk giderilmeye çalışılmıştır.[15,99] Her ne kadar in vivo çalışmalar oral fizyolojiden etkilense de üç boyutlu tarayıcılarda tek bir lokasyonun taraması başarılıdır. [26, 27, 31, 50, 88]

SONUÇ

1. Arkın boyunun artması ve karmaşık yapıların (pitler, oluklar, submarjinal bölgeler ve inley, onley gibi preparasyonlar) fazlalığı doğruluk değerini düşürmektedir.
2. Yeni nesil intraoral tarayıcılar dijital ölçü alımında başarılıdırlar.
3. Oral yumuşak dokuların kaydı zor alındığı için hareketli protez yapımı sabit protez yapımından zordur.
4. Doğal dişler ve implant üstü protezlerin ölçüsü alınırken submarjinal gingivanın kaydı için retraksiyon gereklidir.
5. İntraoral tarayıcılar kullanılarak alınan kısa mesafe ve altındaki kayıtlar geleneksel yöntemler kadar iyidir.

Bu çalışma, çalışmayı yürüten tüm yazarlar tarafından okunmuş ve onaylanmış orijinal bir çalışmadır. Herhangi bir yazar, kurum ya da kuruluş ile çıkar çatışması olmadığını belirtilmek isteriz.

KAYNAKLAR

1. Karaalioğlu OF, Duymuş ZY. Diş hekimliğinde uygulanan CAD/CAM sistemleri. Atatürk Üniv Dis Hek Fak Derg 2008; 25-32.
2. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental impression materials and techniques. Dent Clin North Am 2017; 61: 779-96.
3. Memari Y, Mohajerfar M, Armin A, Kamalian F, Rezayani V, Beyabanaki E. Marginal adaptation of CAD/CAM all-ceramic crowns made by different impression methods: A literature review. J Prosthodont 2019; 28: 536-44.
4. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, Di Corato F, Trovati F, Scribante A. Computerized casts for orthodontic purpose using powder-free intraoral scanners: Accuracy, execution time, and patient feedback. BioMed Res Int 2018; 2018.
5. Luqmani S, Jones A, Andiappan M, Cobourne MT. 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. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2020; 157: 148-55.
6. 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 Sci Int 2020: 110198.
7. Londono J, Abreu A, Baker PS, Furness AR. Fabrication of a definitive obturator from a 3d cast with a chairside digital scanner for a patient with severe gag reflex: A clinical report. J Prosthodont 2015; 114: 735-38.
8. Hu F, Pei Z, Wen Y. Using intraoral scanning technology for three-dimensional printing of kennedy class I removable partial denture metal framework: A clinical report. J Prosthodont 2019; 28: 473-76.
9. Zimmermann M, Mehl A, Mörmann W, Reich S. Intraoral scanning systems-a current overview. Int. J Comput Dent 2015; 18: 101-29.
10. Rubel BS. Impression materials: A comparative review of impression materials most commonly used in restorative dentistry. Dent Clin N Am 2007; 51: 629-42.
11. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. J Prosthodont Res 2016; 60: 72-84.
12. Ren S, Morton D, Lin W-S. Accuracy of virtual interocclusal records for partially edentulous patients. J Prosthet Dent 2019; 123: 860–5
13. Radu M, Radu D, Abboud M. Digital recording of a conventionally determined centric relation: A technique using an intraoral scanner. J Prosthet Dent 2019; 123:228-31
14. 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. J Prosthodont Res 2020; 64:485–9.
15. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. BMC Oral Health 2017; 17: 149.
16. Ahmed KE, Wang T, Li KY, Luk WK, Burrow MF. Performance and perception of dental students using three intraoral CAD/CAM scanners for full-arch scanning. J Prosthodont Res 2019; 63: 167-72.
17. Patel N. Integrating three-dimensional digital technologies for comprehensive implant dentistry. J Am Dent Assoc 2010; 14: 20-4.
18. Akarslan ZZ. Gag reflex in dentistry: What can we do? Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg 2016; 26: 503-10.

19. Prudente MS, Davi LR, Nabbout KO, Prado CJ, Pereira LM, Zancopé K, ve ark. Influence of scanner, powder application, and adjustments on cad-cam crown misfit. J Prosthet Dent 2018; 119: 377-83.
20. Bhajibhakare D, Yeshwante B, Baig N, Jadhav V, Gorde K, Vaidya P. Intraoral scanner: A new era of digital dentistry. Int J Sci Res 2019; 8.
21. Haddadi Y, Bahrami G, Isidor F. Accuracy of crowns based on digital intraoral scanning compared to conventional impression: a split-mouth randomised clinical study. Clin Oral Invest 2019; 23: 4043-50.
22. Ting-shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique: A review. J Prosthodont 2015; 24: 313-21.
23. Abduo J, Bennamoun M, Tennant M, McGeachie J. Effect of prosthodontic planning on intercuspal occlusal contacts: Comparison of digital and conventional planning. Comput Bıol Med 2015; 60: 143-50.
24. Ender A, Zimmermann M, Mehl A. Accuracy of complete-and partial-arch impressions of actual intraoral scanning systems in vitro. Int J Comput Dent 2019; 22: 11-19.
25. Keul C, Güth J-F. Accuracy of full-arch digital impressions: An in vitro and in vivo comparison. Clin Oral Invest 2019; 24:735–45.
26. Park G-H, Son K, Lee K-B. Feasibility of using an intraoral scanner for a complete-arch digital scan. J Prosthet Dent 2019; 121: 803-10.
27. Mangano FG, Hauschild U, Veronesi G, Imburgia M, Mangano C, Admakin O. Trueness and precision of 5 intraoral scanners in the impressions of single and multiple implants: A comparative in vitro study. BMC oral health. 2019; 19: 101.
28. Alsharbaty MHM, Alikhasi M, Zarrati S, Shamshiri AR. A clinical comparative study of 3-dimensional accuracy between digital and conventional implant impression techniques. J Prosthodont 2019; 28: 902-8.
29. Brian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. J Prosthet Dent 2019; 122:129-36.
30. 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.
31. Dutton E, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Culp A. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. J Esthet Restor Dent 2020; 32:204-218.
32. Logozzo S, Zanetti EM, Franceschini G, Kilpelä A, Mäkynen A. Recent advances in dental optics–part I: 3d intraoral scanners for restorative dentistry. Opt Lasers Eng 2014; 54: 203-21.
33. Atieh MA. Accuracy evaluation of intra-oral optical impressions: A novel approach: UNCCH 2016.
34. Bibb R, Eggbeer D, Paterson A. Case studies in medical modelling. 2.ed. Woodhead Publishing: 2015 p.99-472.
35. Pradíes G, Ferreiroa A, Özcan M, Giménez B, Martínez-Rus F. Using Stereophotogrammetric technology for obtaining intraoral digital impressions of implants. J Am Dent Assoc 2014; 145: 338-44.
36. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P. Intraoral scanner technologies: A review to make a successful impression. J Healthc Eng 2017; 2017:8427595.
37. Trissel RG. Polarizing multiplexer and methods for intra-oral scanning. USPTO. Patent no: 7,312,924. 2007.
38. Ten Bosch J. General aspects of optical methods in dentistry. Adv Dent Res 1987; 1: 5-7.
39. Geng J. Structured-light 3d surface imaging: A tutorial. Adv Opt Photon 2011; 3: 130-33.
40. Zimmermann M. Intraoral scanning systems: Purchase decisions and system overview. Magyar Fogorvos 2017; 2017: 6-14.
41. Kim RJ-Y, Park J-M, Shim J-S. Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation. J Prosthet Dent 2018; 120: 895-903.
42. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results-part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method. ISO I 1994; 1994: 5725-3
43. Pavese F, European Network for Business and Industrial Statistics pre-Conference Workshop on" Measuring Uncertainty in the GUM (VIM) vs ISO. ISO 5725: 1994.
44. Pissiotis AL. Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. J Prosthet Dent 2018; 119: 545-51.

45. Kurz M, Attin T, Mehl A. Influence of material surface on the scanning error of a powder-free 3d measuring system. Clin Oral Invest. 2015; 19: 2035-43.
46. Rudolph H, Quaas S, Luthardt R. Matching point clouds: Limits and possibilities. Int J Comput Dent 2002; 5: 155-64.
47. 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.
48. Retrouvey J M, Panayi N, Tsolakis A. 3D Diagnosis and treatment planning in orthodontics: an atlas for the clinician. 1 ed. Springer International Publishing: 2021. p. 11.
49. Skramstad M. Welcome to cerec primescan ac. Int J Comput Dent 2019; 22: 69-78.
50. Medina-Sotomayor P, Pascual-Moscardo A, Camps I. Accuracy of 4 digital scanning systems on prepared teeth digitally isolated from a complete dental arch. J Prosthet Dent 2019; 121: 811-20.
51. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Thor A. Finish line distinctness and accuracy in 7 intraoral scanners versus conventional impression: An in vitro descriptive comparison. BMC Oral Health 2018; 18: 27.
52. 3Shape. 3shape trios 4 intraoral scanner wins cellerant "best of class" award: 3shape A/S Denmark; 2019. kaynak: https://www.3shape. com/en/press/2019/3shape-trios-4-intraoral-scanner-wins-cellerant-best-of-class-award.
53. Institute of Digital Dentistry. Review of the intraoral scanners at ids 2019; 19.
54. Logozzo S, Franceschini G, Kilpelä A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3d digital scanners for restorative dentistry. J Med Technol 2011; 5: 1-18.
55. Park J-M, Shim J-S. Optical impression in restorative dentistry. Int J Comput Vis 2019.
56. Dutton E, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Culp A. The effect different substrates have on the trueness and precision of eight different intraoral scanners. J Esthet Restor Dent 2020; 32: 204-18.
57. Kim RJ-Y, Benic GI, Park J-M. Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position. PloS one. 2019; 14: 11.
58. CHANG ML, Soo B, JANG KJ, Medit Corp. Three-dimensional oral scanner. WO. Patent no: WO2019212245A1. 2019.
59. Wong, V, Fan C. 3-D Scanner Calibration with Active Display Target Device. USPTO. Patent no: 16/060,853. 2019.
60. Wong VC, Milch JR. Dental shade mapping. USPTO. Patent no: 8,208,704. 2012.
61. Boeddinghaus M, Breloer ES, Rehmann P, Wöstmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. Clin Oral Invest 2015; 19: 2027-34.
62. 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: 581-86.
63. Planmeca Oy (Finland). Technical specifications. https://www.planmeca.com/cadcam/dentalscanning/ planmeca-emerald-s/ technical-specifications/ 2019.
64. Rotar RN, Jivanescu A, Ille C, Podariu AC, Jumanca DE, Matichescu A-M. Trueness and precision of two intraoral scanners: A comparative in vitro study. Scanning 2019; 2019: 1289570
65. Planmeca Oy (Finland). Accurate intraoral scanner for chairside cad/cam. Kaynak: https://www.planmeca.com/cadcam/dental-scanning/planmeca-planscan/technical-specifications/. 2019.
66. Oskari V. Kavo x pro™: N dfs-analyysi. 2019.
67. Wu Q, Bin H, Gong X, Li J, Jianpang Z. Intra-oral scanner for digital impression and real-time reconstruction system for inner surface topographic image of oral cavity. USPTO 2015; 2015: 9,149,348
68. Yun Z, Stegall DB, Scott SD, Graham IJL, Sevcik PA. 3d image capture apparatus with depth of field extension. USPTO 2017; 2017:9,967,543.
69. Hack GDP, Sebastian Berthold Maximilian. Evaluation of the accuracy of six intraoral scanning devices: An in-vitro investigation: Collaboratıve Evaluatıon. J Am Dent Assoc 2015; 2015:10.
70. Osnes C, Wu J, Venezia P, Ferrari M, Keeling A. Full arch precision of six intraoral scanners in vitro. J Prosthodont 2020; 64: 6-11.
71. Sawase T, Kuroshıma S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry. Dent Mater J 2020; 39:57-61.

72. Renne W, Ludlow M, Fryml J, Schurch Z, Mennito A, Kessler R. Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons. J Prosthet Dent 2017; 118: 36-42.
73. Junaid Malik B, RCSE M, Rodriguez J. Comparison of accuracy between a conventional and two digital intraoral impression techniques. Int J Prosthodont 2018; 31:107-13
74. Basaki K, Alkumru H, De Souza G, Finer Y. Accuracy of digital vs conventional implant impression approach: A three-dimensional comparative in vitro analysis. Int J Oral Maxillofac 2017; 32.
75. Kim KR, Seo K-y, Kim S. Conventional open-tray impression versus intraoral digital scan for implant-level complete-arch impression. J Prosthet Dent 2019; 122: 543-9.
76. Abduo J, Elseyoufi M. Accuracy of intraoral scanners: A systematic review of influencing factors. Eur J Prosthodont Restor Dent 2018; 26: 101-21.
77. Chandran Sk, Jaını J, Babu As, Mathew A, Keepanasserıl A. Digital versus conventional impressions in dentistry: A systematic review. J Clin Diagnostic Res 2019; 13.
78. Latham J, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Renne W. Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners. J Prosthet Dent 2020; 123 :85-95.
79. Arnold C, Hey J, SchweyenR, Setz JM. Accuracy of cad-cam-fabricated removable partial dentures. J Prosthet Dent 2018; 119: 586-92.
80. Albdour EA, Shaheen E, Vranckx M, Mangano FG, Politis C, Jacobs R. A novel in vivo method to evaluate trueness of digital impressions. BMC Oral Health 2018; 18: 117.
81. Ammoun R, Suprono MS, Goodacre CJ, Oyoyo U, Carrico CK, Kattadiyil MT. Influence of tooth preparation design and scan angulations on the accuracy of two intraoral digital scanners: An in vitro study based on 3-dimensional comparisons. J Prosthodont 2020; 29:201-6
82. Marghalani A, Weber H-P, Finkelman M, Kudara Y, El Rafie K, Papaspyridakos P. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. J Prosthet Dent 2018; 119: 574-79.
83. Park HN, Lim YJ, Yi WJ, Han JS, Lee SP. A comparison of the accuracy of intraoral scanners using an intraoral environment simulator. J Adv Prosthodont 2018; 10: 58-64.
84. Park JM, Kim JY, Lee KW. Comparative reproducibility analysis of 6 intraoral scanners used on complex intracoronal preparations. J Prosthet Dent 2020, 123: 113-20.
85. Huang MY, Son K, Lee WS, Lee KB. Comparison of the accuracy of intraoral scanner by three-dimensional analysis in single and 3-unit bridge abutment model: In vitro study. J Korean Acad Prosthodont 2019; 57: 102-9.
86. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. J Prosthodont 2019; 64:109-13
87. Wu J, Li Y, Zhang Y. Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening. J Am Dent Assoc. 2017; 148: 338-41.
88. Lanis A, Alvarez CO, Barriga P, Polido WD, Morton D. Computer-guided implant surgery and full-arch immediate loading with prefabricated—metal framework—provisional prosthesis created from a 3d printed model. J Esthet Restor Dent 2019; 31: 199-208.
89. Tregerman I, Renne W, Kelly A, Wilson D. Evaluation of removable partial denture frameworks fabricated using 3 different techniques. J Prosthet Dent 2019; 122: 390-5.
90. 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. Dent Mater J 2009; 28: 44-56.
91. Mino T, Maekawa K, Ueda A, Higuchi S, Sejima J, Takeuchi T. In silico comparison of the reproducibility of full-arch implant provisional restorations to final restoration between a 3d scan/cad/cam technique and the conventional method. J Prosthodont Res 2015; 59: 152-8.
92. Andriessen FS, Rijkens DR, Van WJ, Wismeijer DW. Applicability and accuracy of an intraoral scanner for scanning multiple implants in edentulous mandibles: A pilot study. J Prosthet Dent 2014; 111: 186-94.
93. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ. Using intraoral scanning to capture complete denture impressions, tooth positions, and centric relation records. Int J Prosthodont 2018; 31.

94. Gjelvold B, Chrcanovic BR, Korduner EK, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial. J Prosthodont 2016; 25: 282-7.
95. Fang JH, An X, Jeong SM, Choi BH. Digital intraoral scanning technique for edentulous jaws. J Prosthet Dent 2018; 119: 733-5.
96. Kamimura E, Tanaka S, Takaba M, Tachi K, Baba K. In vivo evaluation of inter-operator reproducibility of digital dental and conventional impression techniques. PloS one 2017; 12.
97. Goodacre BJ, Goodacre CJ. Using intraoral scanning to fabricate complete dentures: First experiences. Int J Prosthodont 2018; 31.
98. D'Arienzo LF, D'Arienzo A, Borracchini A. Comparison of the suitability of intra-oral scanning with conventional impression of edentulous maxilla in vivo. A preliminary study. J Osseointegration 2018; 10: 115-20.
99. Sasada Y, Huynh-Ba G, Funakoshi E. Transferring subgingival contours around implants and the intaglio surface of the pontic to definitive digital casts by using an intraoral scanner: A technique. J Prosthet Dent 2020; 123: 210-4.
100. 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: 92.
101. Kim RJ, Benic GI, Park JM. Trueness of digital intraoral impression in reproducing multiple implant position. bioRxiv 2019: 744995.
102. Vandeweghe S, Vervack V, Dierens M, De Bruyn H. Accuracy of digital impressions of multiple dental implants: An in vitro study. Clin Oral Implants Res 2017; 28: 648-53.
103. Di Fiore A, Meneghello R, Graiff L, Savio G, Vigolo P, Monaco C. Full arch digital scanning systems performances for implant-supported fixed dental prostheses: A comparative study of 8 intraoral scanners. J Prosthodont Res 2019; 63: 396-403.
104. Bohner LOL, Canto GDL, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Neto PT. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. J Prosthet Dent 2017; 118: 617-23.
105. Wei D, Di P, Tian J, Zhao Y, Lin Y. Evaluation of intraoral digital impressions for obtaining gingival contour in the esthetic zone: Accuracy outcomes. Clin Oral Invest 2020, 24:1401-10.
106. Ender A, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions. J Prosthet Dent 2016; 115:313-20.
107. Atieh MA, Ritter AV, Ko CC, Duqum I. Accuracy evaluation of intraoral optical impressions: A clinical study using a reference appliance. J Prosthet Dent 2017; 118:400-5.
108. 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: 225-32.

Sorumlu Yazarın Yazışma Adresi
Dr. Halil BAKIÇ
Gazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı,
e-mail: halil.bakic@gazi.edu.tr
bakichalil@icloud.com