

Ağız İçi Tarayıcıların İmplant Ölçülerinde Kullanımı ve Dijital Ölçüyü Etkileyen Faktörlerin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Use of Intraoral Scanners in Implant Impressions and Factors Affecting Digital Impressions

Öğr. Gör. Dr. Hale ARIKAN

Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0001-8336-2151

Öğr. Gör. Dr. Yunus Emre ÖZDEN

Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., İstanbul
Orcid ID: 0000-0002-4080-7744

Prof. Dr. Barış GÜNCÜ

Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D., Ankara
Orcid ID: 0000-0001-6109-2218

Geliş tarihi: 15.12.2023

Kabul tarihi: 07.03.2024

doi: 10.5505/yeditepe.2024.34635

Yazışma adresi:

Öğr. Gör. Dr. Hale Arıkan

Adres: Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi A.D.

Yukarı Bahçelievler Mh. 82. Sk. No:26 06490 Ankara

Tel: 0 506 499 01 32

E-posta: halearikan@baskent.edu.tr

ÖZET

Protetik diş tedavilerinde restorasyonların üretimi için kullanılan materyal çeşitliliği günden güne artmakta ve yapım aşamaları sürekli olarak gelişmektedir. Buna bağlı olarak, restorasyon yapım aşamalarının ilk basamağı olan ölçü işleminde de birçok yenilik ve gelişme ortaya çıkmaktadır. Diş hekimliğinde son yıllarda yaşanan en önemli değişiklik dijital diş hekimliğinin gelişmesiyle birlikte ağız içi tarayıcıların artan sıklıkta kullanılmaya başlanmasıdır. Firmalar tarafından daha iyi yazılım ve donanımına sahip, tarama doğruluğu ve hasta konforunun daha yüksek olduğu olduğu iddia edilen tarayıcılar piyasaya sürülmektedir. Bununla birlikte fiziksel ve mekanik özellikleri yüksek yeni monolitik restoratif materyaller de tanıtılmaktadır. Ağız içi tarayıcılar, implant destekli restorasyonların yapımında günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Bu derlemenin amacı; implant restorasyonlarının yapımında ağız içi tarayıcılarla elde edilen dijital ölçüleri etkileyen faktörlerin, farklı klinik senaryolarda ağız içi tarayıcıların kullanımının ve bazı monolitik restorasyonların dijital iş akışı ile üretiminin değerlendirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Ağız içi tarayıcı, dijital ölçü, implant.

ABSTRACT

The variety of materials used in the production of restorations in prosthetic dental treatments is increasing day by day, and the manufacturing processes are continuously evolving. Consequently, many innovations and developments are emerging in the first step of the restoration production process, which is the impression process. One of the most significant changes in dentistry in recent years is the increasing use of intraoral scanners with the development of digital dentistry. Scanners claimed to have better software and hardware, with higher scanning accuracy and patient comfort, are being introduced to the market by companies. Additionally, new monolithic restorative materials with high physical and mechanical properties are also being introduced. Intraoral scanners are frequently preferred in the fabrication of implant-supported restorations today. The purpose of this review is to clinically evaluate the factors influencing digital impressions obtained with intraoral scanners in the fabrication of implant restorations, the use of intraoral scanners in different clinical scenarios, and the production of some monolithic restorations with a digital workflow.

Keywords: Intraoral scanner, digital impression, implant.

GİRİŞ

İmplant destekli protezlerin üretiminde ölçü alınırken amaç implantların birbirine göre konumunu ve ağız içi dokularla olan ilişkisini doğru bir şekilde aktarmaktır. Günümüzde implant destekli protezler geleneksel veya dijital ölçü yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Bu iki yöntemin birbirine göre

avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bilgisayar destekli üretim ve tasarım prosedürlerinin protetik diş tedavisi alanına girmesi ile birlikte dijital iş akışı terimi gündeme gelmiştir. Dijital iş akışının birinci basamağı dijital veri toplanmasıdır. Verilerin toplanması direkt olarak ağızdan yapılabildiği gibi (direkt dijitalizasyon); ölçü ve model üzerinden de yapılabilir (indirekt dijitalizasyon). Güncel literatür verilerine göre dijital yöntemin avantajları arasında daha az hasta rahatsızlığı, zamanın verimli kullanımı, kolaylaştırılmış klinik prosedürler, teknisyenle ve hastalarla daha iyi iletişim sağlanması, klinik durumun eş zamanlı olarak değerlendirilmesi gösterilebilir.^{1,2} 2018 yılında ağız içi tarayıcı kullanılarak yapılan bir çalışmada dijital ve geleneksel yöntemle alınan ölçüler karşılaştırılmış ve dijital ölçü yöntemi; ölçülerin doğruluğu, zaman verimliliği ve hasta konforu açısından daha iyi sonuçlar vermiştir.³ Dijital yöntemin dezavantajları arasında ise prepare edilen dişin derin marjinal sınırlarının tespit edilmesinde zorluk, dijital sistemleri kullanabilmek için bir öğrenme eğrisinin bulunması ve maliyet gösterilebilir.¹ İmplant üstü protezler için dijital ölçü yöntemlerinin doğruluğunu ve öngörülebilirliğini araştıran çalışmalar son yıllarda artış göstermiştir.

İmplant Üstü Restorasyonların Direkt

Dijitalizasyonunda Hassasiyeti Etkileyen Faktörler

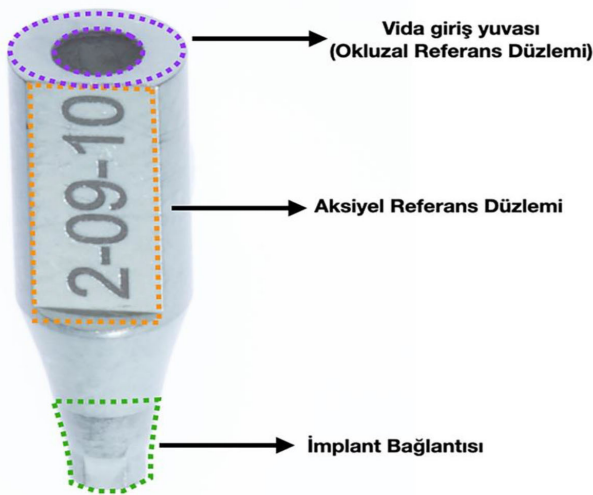
Güncel teknolojilerle birlikte implant destekli protezlerin üretiminde dijital ölçü yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, farklı tarayıcılar doğruluk değerlendirmesi için referans olarak laboratuvar tipi tarayıcılar ile karşılaştırılmaktadır. Çalışmalar, tarayıcı tipi ve jenerasyonunun tarama doğruluğunu etkileyebileceğini göstermektedir. Elde edilen veriler, yeni nesil tarayıcıların çoğunun klinik kabul edilebilir maksimum yüz elli mikron eşliğinden daha düşük tam ark doğruluk değerleri ürettiğini göstermektedir.⁴ Literatürde tam ark dijital ölçülerde operatör deneyimi tarama doğruluğunu etkileyen faktörlerden biri olarak gösterilmiştir. Kullanılan tarayıcıya ait donanımsal ve yazılımsal bilgi birikimi, tarama stratejisi ve dijital ölçüyü etkileyen faktörlere dair klinisyenin tecrübe sahibi olmasının dijital ölçüyü etkileyebileceği düşünülmektedir, ancak kritik deneyim düzeyi henüz belirlenmemiştir. Ağız içi tarama doğruluğunu etkileyen faktörlerden biri tarama stratejisidir. Tarama stratejisi, ağız içi tarayıcının belirli bir hareket yolu ve doğrultuyu izlemesi anlamına gelmektedir.⁵ Tarama stratejileri, her tarayıcı farklı teknolojiye sahip olduğu için sisteme özeldir. Bazı üretici firmalar, taranan objeye olan mesafenin sağlanabilmesi ve çevre dokuların tarama alanından uzak tutulabilmesi için tarama yoluyla ilgili kılavuzlar önermektedir. Ender ve ark.⁶ yaptıkları bir çalışmada altı farklı tarama protokolünü üç ayrı ağız içi tarayıcı kullanarak incelemiştir. Çalışmanın sonucunda tarama yönteminin tam ark dijital

ölçü netliğinde önemli bir etken olduğu rapor edilmiştir. Taramanın yapıldığı bölge de ağız içi tarayıcı doğruluğunu etkilemektedir. Taranan ark elde edilen ilk görüntüden uzaklık veya yakınlığına göre bölge (kadran) olarak ayrılır. Birinci bölge, arkın ilk taranan kısmıdır. Son taranan ark kısımları ise ikinci bölge olarak adlandırılır. İkinci bölge ilk görüntünün elde edildiği bölgeden daha uzaktaki görüntüleri tanımlamak için kullanılır. Yapılan bir çalışmada, ikinci bölgenin görüntülerinde daha fazla distorsiyon olduğu bildirilmiştir.⁷ Yapılan bir başka çalışmada oluşturulan farklı grupların tamamında posterior segmentlerde anterior segmentten daha yüksek doğruluk bildirilmiştir.⁸ Anterior bölgelerde daha yüksek sapmalar olduğu rapor edilmiştir. Bu durum, posterior bölgedeki dişlerin daha geniş yüzey alanına ve ilk görüntünün yakalanabilmesi için daha fazla referans noktaya sahip olmasından kaynaklanıyor olabilir. Bu sebeple taranan alan olarak öncelikle posterior bölgeler tercih edilmektedir. Tarayıcı başlıklarının gingival ve interproksimal bölgelere ulaşımı kısıtlıdır ve bu alanlarda uygun açılarda görüntü alınamamaktadır. Bu durumun sonucunda bu bölgelerden daha az veri elde edilmesi söz konusu olmaktadır ve distorsiyon daha fazla görülmektedir.⁹ Tarama tamamlandıktan sonra elde edilen veriler, tarayıcı sistemine ait yazılımın düzeltme (meshing) algoritması ile düzenlenir. Bazen bu algoritma orijinal objenin yüzeyinde değişiklik yapabilir ve bu durum ölçü doğruluğunu etkileyebilir.¹⁰ Bu nedenle daha doğru ölçüler elde edilebilmesi için tarayıcı kalibrasyonunun düzenli olarak yapılması gerekir. Aynı zamanda bazı tarayıcıların yüksek çözünürlük modu bulunmaktadır. Bu mod kullanılarak gerçekleştirilen taramaların daha yüksek doğruluk sunacağı düşünülmektedir. Fakat yüksek çözünürlükte tarama bazı dezavantajlara sahiptir. Bunlar; tarama süresinin uzaması ve veri kapasitesinin yüksek olması dolayısıyla sistem belleğinde görüntülerin daha fazla yer kaplamasıdır. Ağız içi tarayıcı kullanılarak yapılan bir çalışmada yüksek çözünürlük ve var sayılan çözünürlük kron bitiş çizgisi değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda ikisi arasında doğruluk açısından anlamlı bir fark görülmediği bildirilmiştir. Dijital ölçülerin doğruluğunu etkileyen hastalara bağlı biyolojik faktörler de bulunmaktadır. Ağız açma kısıtlılığı, ölçü alma sırasındaki baş ve çene hareketleri, tükürük ve kan varlığı, ağız içerisinde ışığı yansıtabilecek parlak metal yüzeylerin (amalgam restorasyon, metal kron gibi) bulunması ölçü kalitesini etkileyebilmektedir. Ortam aydınlatması dijital ölçü kalitesini etkileyebilen çevresel bir faktördür. Kullanılan tarayıcıya ve tarama prosedürüne göre farklı aydınlatma koşullarının tercih edilmesi gerekebilir.¹¹ Wese-mann ve ark.¹² yaptıkları in vitro çalışmada 6 farklı tarayıcı kullanarak 4 üniteli bölge ve tam ark taramaları yapmış, ortam aydınlatmasının tarama süresine ve doğruluğuna etkisini incelemiştirlerdir. Çalışmanın sonucunda ortam ay-

dınlatmasının tarama süresini ve doğruluğunu etkilediği, ayrıca bu sonuçların tarayıcıya bağlı değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. 4 üniteli taramalarda ortam aydınlatması etkisi klinik olarak anlamlı bulunmamıştır ancak tam ark taramalarda doğruluk değerlerinin ve tarama süresinin uygun aydınlatma koşulları altında iyileştirilebileceği bildirilmiştir. Arakida ve ark.¹³ yaptıkları bir çalışmada ortam ışığının tarama doğruluğu ve tarama süresi üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, 500 lux ve 3900K test grubunun en yüksek doğruluk değerlerini gösterdiği rapor edilmiştir. Renk sıcaklığından bağımsız olarak da 2500 lux aydınlatma koşulunun tarama süresini uzattığı tespit edilmiştir. (Belirtilen 500 lux klinikteki oda ışığının tipik aydınlatmasını temsil ederken 2500 lux ise ünit reflektör ışığı aydınlatmasını temsil eder.)¹⁴ Bu bulgular, ortam aydınlatma koşullarının ölçü doğruluğunu ve tarama süresini etkilediğini ortaya koymuştur.

Tarama Gövdelerinin İmplant Üstü Restorasyonların Direkt Dijitalizasyonunda Hassasiyete Etkisi

Tarama gövdeleri, dijital implant ölçülerinde anahtar rolünde olup ölçü hassasiyetini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Tarama gövdeleri, tarama bölgesi (üst kısım), gövde (orta kısım) ve taban (apikal kısım) olmak üzere üç bölgeden oluşur. Tarama bölgesi, dijital taramanın doğruluğunu artıracak bir veya birden fazla tarama alanı içerebilir. Bu kısım genellikle gövde ile aynı materyalden yapılır, ancak farklı bir geometriye sahip olabilir. Gövde, tarama bölgesinden tabana kadar uzanır ve polietere-terketon (PEEK), titanyum alaşımı, alüminyum alaşımı ve çeşitli reçineler dâhil olmak üzere çeşitli materyallerden yapılabilir. Taban, implant ve tarama gövdesi arasındaki kilitleme yüzeyinin oluşmasından sorumludur, gövde ile aynı materyalden olabilir veya farklı bir materyalden üretilir (Resim 1).



Resim 1. Tarama gövdesi

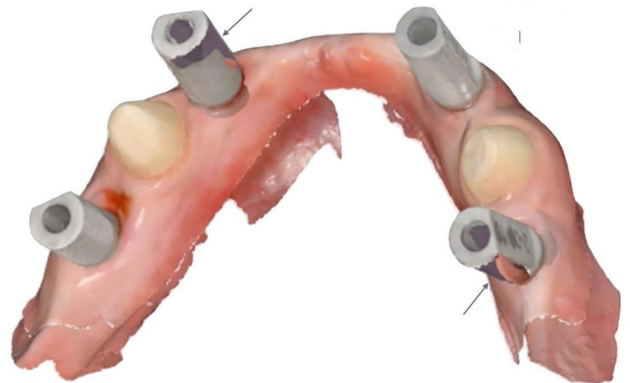
Tarama gövdeleri uzunluk, çap ve yüzey özellikleri, üretilen materyal açısından farklılıklar göstermektedir

(Resim 2). İmplant firmaları tarafından; PEEK, titanyum alaşımı, alüminyum alaşımı ve çeşitli reçineler gibi farklı materyallerden tarama gövdeleri üretilmektedir.¹⁵



Resim 2. Farklı materyallerden üretilmiş tarama gövdeleri

Tarama gövdeleri implantlara vidalanarak veya klipslenerek oturtulur. Dijital verilerin doğru bir şekilde oluşturulabilmesi için tarama gövdelerinin implant ve analoglara doğru bir şekilde oturtulması büyük önem taşır.^{16,17} Tarama gövdesinin implanta fazla torklanmasının taban bölgesinde deformasyona sebep olabileceği ve bu durumun dikey yönde yer değiştirmeye sebep olabileceği bildirilmiştir.¹⁸ Chia ve ark.¹⁹ tarafından yapılan çalışmada PEEK implant tarama gövdesinin sıkıştırılması sırasında uygulanan 15 N/cm'lik torkun, tarama gövdesi malzemesinin sıkışması nedeniyle implantın konumunu apikal yönde $11 \pm 4,9 \mu\text{m}$ kadar değiştirdiği gösterilmiştir. PEEK tarama gövdesinin dikey yönde yer değiştirmesinin önüne geçmek için, elle sıkma torku yerine 5 Ncm'lik bir sıkma torku önerilmektedir.²⁰ Tarama gövdesi tasarım özellikleri hem tam ark hem de parsiyel ark dijital implant ölçülerinde test edilmiştir. Bazı çalışmalarda Tamamı PEEK tarama gövdelerinin, ışığı geçirme ve yansıtma indeksi sebebiyle tam ark taramalarda daha başarılı olabileceği bildirilmiştir.^{21,22} Buna ek olarak tarama gövdesinin görünür kısmının ağız içi tarayıcı görüntü kaydı için yeterli olduğu, bu nedenle tarama gövdesi derinliğinin tam ark taramalarda olumsuz bir rol oynamadığı da bildirilmiştir.²³ Ancak optimum tarama doğruluğu için yeterli uzunlukta tarama gövdesi kullanılması gerektiği belirtilmektedir.²⁴ Bununla birlikte, tarama gövdesinin eksik taranması da ölçünün hatalı olmasına sebebiyet verebilir (Resim 3).²⁵



Resim 3. Eksik taranan tarama gövdeleri

Daha pürüzsüz yüzeylere sahip silindirik tarama gövdelerinin, düzensiz şekle sahip tarama gövdelerine kıyasla daha az gürültü üreterek ağız içi tarayıcı sayısallaştır-

masını kolaylaştırdığı da bildirilmiştir.²⁶ Mangano ve ark.²⁷ farklı ağız içi tarayıcılar kullanılarak tarama yapıldığında, tarayıcı ağ dosyası ile tarama gövdelerinin Cad (Computer aided design) kitaplık dosyası arasındaki uyumundan bahsetmiştir. Bazı tarayıcılar, tarama gövdesi şeklini gerçek Cad kitaplık dosyasına daha benzer şekilde sayısallaştırmaktadır. Tarama gövdesinin yeniden kullanılabilirliği de dikkate alınması gereken parametrelerden biridir. Tamamı PEEK tarama gövdeleriyle ilgili sınırlı sayıda kanıt, art arda on defaya kadar kullanılmasının aktarım doğruluğunu etkilemediğini göstermektedir.²⁸ Tamamı PEEK tarama gövdelerinin kullanıldığı tam ve parsiyel ark taramalarında tarama gövdesi açılanmasının taramayı olumsuz etkilemediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, Arcuri ve ark.²² yaptıkları çalışmada tam ark taramalarda tarama gövdesi açılanmasının ölçü doğruluğunu etkilediğini, ancak bu bulgunun tarama gövdesi materyalinden kaynaklanmış olabileceğini bildirmiştir. Çalışmada kullanılan PEEK-titanyum tarama gövdelerinin iki parça arasındaki bağlantı sebebiyle karşılaştırdıkları tamamı PEEK ya da titanyum tarama gövdelerinden daha düşük doğruluk değerleri sunduğu sonucuna varılmıştır.

İmplant Destekli Restorasyonların Dijital Ölçüsü Tek İmplant Bölgelerinde Dijital Ölçü

Tek implantlı dişsiz bölgelerde ağız içi tarayıcı doğruluğunu inceleyen in vivo ve in vitro çalışmalar bulunmaktadır. Ağız içi tarayıcıların doğruluğu ana modelin dijital üretimi ile bağlantılı olarak incelenmiştir. Bu amaçla modeller yarı dijital bir yaklaşımla (ağız içi taramadan sonra ana modelin frezelenmesi veya 3 boyutlu basılması) ya da tam dijital iş akışıyla (fiziksel model üretimi olmaksızın) elde edilebilir. Elde edilen verilere göre, bu yaklaşımlardaki nihai implant konumu geleneksel ölçüden elde edilen alçı modeldeki analog implant konumuna göre istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır.^{21,29,30} Joda ve ark.³¹ tarafından yapılan bir klinik çalışmada implant destekli tek üye restorasyonlarda dijital ve geleneksel yöntemlerle alınan ölçülerin zaman ve maliyet verimliliği karşılaştırılmıştır. Çalışmaya yirmi hasta dâhil edilmiş, premolar veya molar bölgede dişsiz boşluk implant ile rehabilite edilmiştir. Dijital iş akışında Cad/Cam (Computer aided design/ computer aided manufacturing) sistemi ile kişisel dayanak ve zirkonyum restorasyonlar üretilmiş geleneksel iş akışında ise standart dayanaklar kullanılmış ve metal destekli porselen restorasyonlar üretilmiştir. Sonuçlara göre her iki iş akışı da başarılı sonuçlar vermesine rağmen dijital iş akışı için maliyet ve harcanan süre önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Yapılan bazı in vitro çalışmalarda, Cad/Cam ile üretilen kronların doğruluk değerlerinin, geleneksel yöntemle üretilen restorasyonlara eşdeğer ve hatta daha üstün olduğu gösterilmiştir. Bazı çalışmalarda ise implant pozisyonunun transferi için ge-

leneksel ölçü alma yöntemi ağız içi tarayıcı teknolojisi ile karşılaştırılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda farklı ağız içi tarayıcılar için farklı doğruluk ve kesinlik değerleri bildirilmiştir. Bu durum, elde edilen sonuçların kullanılan ağız içi tarayıcıya önemli ölçüde bağlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte sonuçlar analog yöntemle benzer kesinlik değerleri göstermiştir.³² Pan ve ark.³³ yaptıkları bir klinik çalışmada, 40 hastaya posterior tek dişsizlikte implant tedavisi uygulamış ve implant yerleşimini takiben tam dijital iş akışına uygun olarak üretilen restorasyonları test grubu olarak belirlemiştir. Aynı hastalara implant osseointegrasyonunu takiben yarı dijital iş akışı ile üretilen restorasyonlar ise kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Bu iki iş akışı restorasyon kalitesi ve zaman verimliliği açısından değerlendirilmiş, tam dijital iş akışının zaman verimliliği daha iyi bulunmuştur. Restorasyon kalitesi açısından ise her iki iş akışı ile üretilen restorasyonlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Joda ve ark.³⁴ tarafından yapılan bir vaka serisi incelemesinde, tam dijital iş akışı ile üretilen monolitik rezin nano seramik kronların başarılı bir şekilde uygulanabildiği bildirilmiştir. Oliviera ve ark.³⁵ tarafından yayınlanan bir sistematik derlemede tek implant kronlarında geleneksel ve dijital iş akışı karşılaştırılmıştır. Derlemeye sadece klinik çalışmalar dâhil edilmiş ve hasta tercihi, uyumlama süresi, zaman verimliliği gibi bazı kriterler karşılaştırılmıştır. Bu derlemenin sonuçlarına göre, dijital iş akışı; ölçü alma süresi, hasta tercihi ve zaman verimliliği açısından daha iyi klinik etkinlik göstermiştir. Restorasyon üretim ve klinikte uyumlama süresi de dijital iş akışı lehine sonuç göstermiştir. Chew ve ark.³⁶ tarafından kullanılan tarayıcıya ve implant platform derinliğine bağlı olarak tek implantın (sanal) final vertikal konumunda 7-37 µm'lik sapmalar olduğu rapor edilmiştir. Tarama gövdesi ve implant platformu arasındaki yüzey eşleştirme tutarsızlıklarının da 9-11 µm arasında olduğu bildirilmiştir. Bu durum, toplam dijital ölçü tutarsızlıklarına katkıda bulunur. Bahsedilen faktörler, nihai implant kronunun fazla oklüzalde yer almasına yol açabilir, bu durum hasta başında büyük ayarlamalar yapılmasına ve hatta ek laboratuvar prosedürü gereksinimine sebep olabilir.

Kısa Dişsiz Alanlarda Dijital İmplant Ölçüsü

Yapılan bazı çalışmalarda implantlarla rehabilite edilmiş kısa dişsiz arklarda farklı ağız içi tarayıcıların dijital ölçü doğruluğu geleneksel yöntemlerle kıyaslanmıştır. Aynı kadranda yer alan 2-4 adet implantın dijital ölçüsü, kişisel ölçü kaşıklarıyla A tipi silikon ölçü materyali kullanılarak tek ya da çift karıştırma ölçü tekniğiyle ya da polieter ölçü materyali kullanılarak monofaz tekniğiyle alınan ölçülerle kıyaslanmıştır. Geleneksel yöntem kullanılarak alınan ölçülerde implant ölçü postları splintlenmemiştir. Çalışmalarda daha yüksek oranda geleneksel yöntem üstünlüğü rapor edilmiştir; ancak ağız içi tarayıcıların

doğruluk sapması tarayıcıya bağlı olarak 27 ila 66 µm arasında değişirken, geleneksel yöntem için sapma 26 ile 49 µm arasında değişmektedir.^{4,19,36,37} Bu istatistiksel farkın ise ne ölçüde klinik anlamlılığa dönüştüğü bilinmemektedir. Alsharbaty ve ark.³⁸ tarafından yakın zamanda yapılan bir in vivo çalışmada, araştırmacılar 2 bitişik implant ile kısmen dişsiz bölgelerin geleneksel ve dijital ölçüsü arasındaki doğrulukta istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bildirmişlerdir, ancak klinik anlamlılık sonucuna varılamamıştır. Aswani ve ark.³⁹ tarafından yapılan bir derlemenin sonuçlarına göre, geleneksel ölçü yöntemiyle karşılaştırıldığında, ağız içi tarayıcıların teşhis amacıyla ve kısa mesafeli dişsiz alanlarda güvenilir şekilde kullanılabilirliği bildirilmiştir. Su ve ark.⁴⁰ yaptıkları in vitro çalışmada taranan alanın artmasıyla dijital ölçünün hassasiyetinin azaldığını bildirmiştir. Taranan alan, yarım arktan daha kısa olduğunda hassasiyet klinik olarak kabul edilebilir bulunmuştur ancak taranan alan ne kadar büyük ve karmaşıksa doğruluğun o kadar düşük olacağı bildirilmiştir.⁴¹ Yapılan bazı çalışmalar, tek üniteli ve kısa aralıklı protezlerin (3 veya 4 üniteli) ağız içi tarayıcı kullanılarak üretilmesinin geleneksel yöntemlerle üretilen protezlere benzer doğruluk sergilediğini göstermiştir. Elde edilen verilerin ışığında tek üye ve kısa aralıklı implant bölgelerinde, ağız içi tarayıcıların doğruluğunun yüksek ve sanal implant pozisyonundaki sapmaların kabul edilebilir klinik sınırlar içinde olduğu söylenebilir. Yarı dijital bir iş akışı tercih edildiğinde ise ana modelin üç boyutlu olarak elde edilme sürecindeki tutarsızlıklar nedeniyle implant platform konumunda daha yüksek sapma gözlemlenebilir.

Birden Fazla İmplant İçeren Tam Dişsiz Arklarda Dijital Ölçü

Tam ark ve çoklu implantların dijital ölçü doğruluğu, son beş yılda üzerinde oldukça fazla çalışılan konulardan biridir. Çoklu implant ölçülerinde elastomerik ölçü malzemeleri ve splintleme sonrası alınan geleneksel ölçü yöntemi, çeşitli tarayıcıların doğruluğu test edilirken altın standart olarak kabul edilmektedir. Elde edilen verilere göre, bir tekniğin diğerinden daha üstün olduğuna ilişkin kanıtlar yeterli değildir. Beş veya altı implantlı tam dişsiz arkların dijital ölçüsünün splintli açık kaşık yöntemiyle alınan geleneksel ölçüye eşit veya istatistiksel olarak anlamlı derecede daha doğru olduğunu öne süren bazı araştırmalar mevcuttur.⁴²⁻⁴⁴ Söz konusu çalışmalarda konfokal mikroskopi ve aktif üçgenleme gibi farklı tarayıcı teknolojileri test edildiğinden, bu bulgu kullanılan tarayıcıdan bağımsızdır. Ayrıca hem polieter hem de polivinilsiloksan gibi yüksek hassasiyetli elastomerik ölçü malzemeleri kullanıldığı için bu sonuçlar ölçü malzemesi tipinden de bağımsızdır. Tam ark implant rehabilitasyonu için, splintli açık kaşık ve elastomerik ölçü materyali ile alınan ölçülerin dijital yöneme göre istatistiksel açıdan daha üstün old-

uğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur.⁴⁵⁻⁴⁷ Bu bulgular da kullanılan ağız içi tarayıcılardan ve ölçü materyalinden bağımsızdır. İstatistiksel anlamlılığın ise klinik anlamlılığa dönüşüp dönüşmediği açık değildir.⁴ Mevcut literatürde, tam ark ölçüleri için; dijital yöntemle alınan ölçülerin, açık veya kapalı kaşık kullanılan, splintlenmemiş ve elastomerik ölçü materyali ile alınan ölçülerden daha üstün olduğuna ilişkin bazı kanıtlar mevcuttur.^{48,49} Rech-Ortega ve ark.⁴⁹ dijital taramanın geleneksel yöntemden daha yüksek doğruluk gösterdiğini, ancak tarama alanında dörtten fazla implant olması durumunda her iki yöntemin de bozulma sergilediğini bildirmiştir. Alikhasi ve ark.⁴⁸ ise, dijital ölçü tekniğinin hem açık kaşık hem de kapalı kaşık elastomerik ölçü yönteminden daha yüksek doğruluk gösterdiğini bildirmiştir. Birden fazla implant içeren dişsiz arklar için, geleneksel ve tam dijital iş akışının yanı sıra, ağız içi tarayıcı ile alınan ölçüden 3B baskı veya frezeleterek model üretimi ve bunun ana model olarak kullanılması seçeneği de vardır. Papaspyridakos ve ark.⁵⁰ tarafından ağız içi tarayıcı ile elde edilen ölçülerden üretilen SLA (Stereolitografi) modellerinde, 4 implant analogunun pozisyon doğruluğu üzerine yapılan in vitro çalışmada, modellerin ortalama sapmasının 59 ± 16 µm olduğu sonucuna varılmıştır. İmplant analoglarının 3 boyutlu sapması istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulunmuştur. Ancak araştırmacılara göre klinik olarak kabul edilebilir aralık içindedir. Bir başka in vitro çalışmada, Revilla-Leon ve ark.⁵¹ yedi implantlı tam dişsiz bir üst çene modelinin üretimi için, farklı 3B baskı teknolojilerini test etmişlerdir. Tüm üretim yöntemlerinin doğruluk açısından geleneksel alçı ana model ile benzer sonuçlara yol açmadığı bildirilmiştir. Belirli 3B yazıcılarla birlikte dijital ışık işleme (DLP) ve Polyjet 3B baskı teknolojileri, alçı modellerle karşılaştırılabilir doğruluk göstermiştir.

Elde edilen veriler ışığında tarama aralığının ve implantlar arası mesafenin artmasının tarama doğruluğunu etkileyebileceği söylenebilir. Tarama gövdelerinin şekil ve boyutlarının bozulmayacak şekilde birbirine bağlanması ya da doğru dijital kayıt için yardımcı geometrik parçaların kullanılması ise umut verici sonuçlar göstermektedir.^{52,53}

Monolitik Tek ve Çok Üyeli İmplant Restorasyonlarının Direkt Dijital İş Akışı ile Üretimi

Tam dijital iş akışının uygulanmasıyla ilgili literatürde sıklıkla ağız içi ölçü aşamasını takiben molar bölge tek implant rehabilitasyonu değerlendirilmiştir. Monolitik zirkonya kronlar ve monolitik lityum disilikat kronlar başarı ve sağ kalım açısından ayrı ayrı incelenmiş ve birbiriyle ve metal-seramik restorasyonlarla karşılaştırılmıştır. Monolitik zirkonya kronlarla ilgili mevcut literatürde 1-3 yıllık takipte başarı %92 ile %100 arasında değişmektedir.⁵⁴⁻⁵⁷ İnfraoklüzyon, desimantasyon, prefabrik abutment üzerine iyi oturmayan kron, tüberkül kırığı gibi bazı teknik

komplikasyonlar bildirilmiştir. Biyolojik komplikasyonlar ise minimal düzeydedir. Monolitik lityum disilikat Cad/Cam kronlar için mevcut literatür sonuçları ümit vericidir. Kısa dönem in vivo çalışmalarda başarı oranı %89-100 aralığında, sağ kalım oranı ise 2-3 yıllık takip çalışmalarında %100 oranında gösterilmiştir. Teknik komplikasyonlar arasında ise minör chipping gözlenmiştir. Biyolojik komplikasyon oranı ise yine minimal düzeydedir.^{54,57} Joda ve ark. ağız içi tarayıcı ile ölçü alınmasını ve dijital model üretim sürecini takiben tek implant üzeri porselen katmanlı zirkonya kronlar ile rehabilite edilen hasta çalışmasında, 3 yıllık takipte başarı ve sağ kalım oranını %100 olarak bildirmiştir. Hastalar ise yüksek düzeyde memnuniyet bildirmiştir.^{58,59} Ancak 5 yıllık işlevin ardından 1 implant kaybedilmiş ve %95'lik bir başarı ve sağ kalım oranı elde edilmiştir.⁵⁸ Yakın zamanlarda yapılan bir in vivo çalışmada, tam dijital iş akışı ile üretilen 2 implant üzeri 2,3 ve 4 üyeli sabit bölümlü zirkonya protezlerin uyumu rapor edilmiştir. Yazarlar, geleneksel yöntem ile kıyaslandığında, implantlar arası açılanmanın 10 dereceden fazla olduğu durumlarda restorasyonların pasif uyumunun olumsuz etkilenebileceğini iddia etmiştir. Bununla birlikte her iki grupta da implantlar arası mesafenin pasif uyumu etkilemediği sonucuna varılmıştır.⁶⁰ Dijital iş akışının zaman verimliliği ile ilgili olarak çeşitli çalışmalar tek implant rehabilitasyonu için yarı dijital veya geleneksel iş akışıyla karşılaştırıldığında, tam dijital iş akışı için klinik ve laboratuvar çalışma sürelerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha kısa olduğunu bildirmiştir.^{55,61-63} Hasta memnuniyeti açısından ise elastomerik ölçü materyali kullanılarak elde edilen geleneksel ölçü ile karşılaştırıldığında, ağız içi tarayıcı ile dijital iş akışının konfor ve kolaylık açısından önemli ölçüde üstün olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak tam dijital iş akışında, tek implant vakaları için monolitik restorasyonlar kısa ve orta takip süreleri (3-5 yıl) boyunca küçük teknik komplikasyonlarla birlikte yüksek başarı ve sağ kalım oranları göstermiştir. Hasta kabulünün ve klinik ve laboratuvar zaman verimliliğinin de tam dijital iş akışında yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çok üyeli implantlar için dijital iş akışı henüz klinik kullanım için yeterince rapor edilmemiştir. Klinik sonuçlar elde edilebilmesi için hasta kabulü, zaman verimliliği ve çok üyeli implant destekli protezlerin mekanik ve biyolojik komplikasyonları gibi ölçütler üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır.

SONUÇ

Bu derlemeden elde edilen bilgilere dayanarak şu sonuçlara varılabilir;

1. Tanımlanan çalışmaların çoğunluğu in vitro'dur ve bunların klinik önemi sınırlıdır. Tarama doğruluğu, protez uyumu ve bunların teknik ya da biyolojik komplikasyonları gibi önemli klinik faktörler yalnızca uzun dönem klinik

çalışmalarla etkin bir şekilde değerlendirilebilir.

2. Çoklu implantların bulunduğu dijital tam ark ölçüleri geleneksel, splintsiz açık veya kapalı kaşık ölçülerinden daha yüksek doğruluk göstermektedir. Geleneksel splintli açık kaşık ölçü prosedürünün ise dijital ölçüye kıyasla üstünlüğü konusunda fikir birliği yoktur ancak ana modelin 3 boyutlu baskısı, kullanılan teknolojiye ve malzemelere bağlı olarak daha fazla tutarsızlığa neden olabilir.

3. Tamamı PEEK, tek parça, silindirik şekilli, pürüzsüz yüzeyli ve yeterli uzunluğa sahip tarama gövdeleri tercih edilmektedir. Belirtilen özelliklere sahip tarama gövdeleri kullanıldığı zaman, implant açılanması ölçü doğruluğunu etkilememektedir.

KAYNAKLAR

1. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. *BMC Oral Health* 2017; 17(1): 149.
2. Asutay HC, Turkyilmaz I, Benli M, Martinez JL. Transforming smiles using an intraoral scanner and face scan application on smartphone. *J Dent Sci* 2022; 17(3): 1413-1414.
3. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, Di Corato F, Trovati F, et al. Computerized Casts for Orthodontic Purpose Using Powder-Free Intraoral Scanners: Accuracy, Execution Time, and Patient Feedback. *Biomed Res Int* 2018; 2018: 4103232.
4. Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, Papavasiliou G, Özcan M. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: a narrative review. *BMC Oral Health* 2021; 21(1): 37.
5. Mizumoto RM, Yılmaz B. Intraoral scan bodies in implant dentistry: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2018; 120(3): 343-352.
6. Ender A, Mehl A. Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems. *Int J Comput Dent* 2013; 16(1): 11-21.
7. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradies G. Accuracy of a Digital Impression System Based on Active Triangulation Technology With Blue Light for Implants: Effect of Clinically Relevant Parameters. *Implant Dent* 2015; 24(5): 498-504.
8. 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(1): 11-19.
9. Ender A, Zimmermann M, Attin T, Mehl A. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig* 2016; 20(7): 1495-1504.
10. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradies G. Accuracy of a digital impression system based on active wavefront sampling technology for implants considering

operator experience, implant angulation, and depth. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015; 17(Suppl 1): e54-e64.

11. Revilla-León M, Subramanian SG, Özcan M, Krishnamurthy VR. Clinical Study of the Influence of Ambient Light Scanning Conditions on the Accuracy (Trueness and Precision) of an Intraoral Scanner. *J Prosthodont* 2020; 29(2): 107-113.

12. Wesemann C, Kienbaum H, Thun M, Spies BC, Beuer F, et al. Does ambient light affect the accuracy and scanning time of intraoral scans? *J Prosthet Dent* 2021; 125(6): 924-931.

13. Arakida T, Kanazawa M, Iwaki M, Suzuki T, Minakuchi S. Evaluating the influence of ambient light on scanning trueness, precision, and time of intra oral scanner. *J Prosthodont Res* 2018; 62(3): 324-329.

14. Viohl J. Dental operating lights and illumination of the dental surgery. *Int Dent J* 1979; 29(2): 148-163.

15. Mizumoto RM, Yilmaz B, McGlumphy EA Jr, Seidt J, Johnston WM. Accuracy of different digital scanning techniques and scan bodies for complete-arch implant-supported prostheses. *J Prosthet Dent* 2020; 123(1): 96-104.

16. Moreira AH, Rodrigues NF, Pinho AC, Fonseca JC, Vilaça JL. Accuracy Comparison of Implant Impression Techniques: A Systematic Review. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015; 17(Suppl 2): e751-e764.

17. Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D, Güth JF. Implant Impression Techniques for the Edentulous Jaw: A Summary of Three Studies. *J Prosthodont* 2016; 25(2): 146-150.

18. Kim SJ, Son K, Lee KB. Digital evaluation of axial displacement by implant-abutment connection type: An in vitro study. *J Adv Prosthodont* 2018; 10(5): 388-394.

19. Chia VA, Esguerra RJ, Teoh KH, Teo JW, Wong KM, et al. In Vitro Three-Dimensional Accuracy of Digital Implant Impressions: The Effect of Implant Angulation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017; 32(2): 313-321.

20. Kim J, Son K, Lee KB. Displacement of scan body during screw tightening: A comparative in vitro study. *J Adv Prosthodont* 2020; 12(5): 307-315.

21. Mangano FG, Veronesi G, Hauschild U, Mijiritsky E, Mangano C. Trueness and Precision of Four Intraoral Scanners in Oral Implantology: A Comparative in Vitro Study. *PLoS One* 2016; 11(9): e0163107.

22. Arcuri L, Pozzi A, Lio F, Rompen E, Zechner W, et al. Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *J Prosthodont Res* 2020; 64(2): 128-136.

23. Gimenez-Gonzalez B, Hassan B, Özcan M, Pradies G. An In Vitro Study of Factors Influencing the Performance of Digital Intraoral Impressions Operating on Active Wavefront Sampling Technology with Multiple Implants in the Edentulous Maxilla. *J Prosthodont* 2017; 26(8): 650-655.

24. Rutkūnas V, Gečiauskaitė A, Jegelevičius D, Vaitiekūnas M. Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review. *Eur J Oral Implantol* 2017; 10(Suppl 1): 101-120.

25. Uzel SM, Guncu MB, Aktas G, Arıkan H, Reiss N, et al. Influence of the implant scan body modifications on trueness of digital impressions. *J Dent Sci* 2023; 18(4): 1771-1777.

26. Motel C, Kirchner E, Adler W, Wichmann M, Matta RE. Impact of Different Scan Bodies and Scan Strategies on the Accuracy of Digital Implant Impressions Assessed with an Intraoral Scanner: An In Vitro Study. *J Prosthodont* 2020; 29(4): 309-314.

27. Mangano F, Lerner H, Margiani B, Solop I, Latuta N, et al. Congruence between Meshes and Library Files of Implant Scanbodies: An In Vitro Study Comparing Five Intraoral Scanners. *J Clin Med* 2020; 9(7): 2174.

28. Sawyers J, Baig MR, El-Masoud B. Effect of Multiple Use of Impression Copings and Scanbodies on Implant Cast Accuracy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34(4): 891-898.

29. 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 Implants* 2017; 32(4): 792-799.

30. Mühlemann S, Greter EA, Park JM, Hämmerle CHF, Thoma DS. Precision of digital implant models compared to conventional implant models for posterior single implant crowns: A within-subject comparison. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29(9): 931-936.

31. Joda T, Brägger U. Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clin Oral Implants Res* 2015; 26(12): 1430-1435.

32. Joda T, Katsoulis J, Brägger U. Clinical Fitting and Adjustment Time for Implant-Supported Crowns Comparing Digital and Conventional Workflows. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18(5): 946-954.

33. Pan S, Guo D, Zhou Y, Jung RE, Hämmerle CHF, et al. Time efficiency and quality of outcomes in a model-free digital workflow using digital impression immediately after implant placement: A double-blind self-controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30(7): 617-626.

34. Joda T, Brägger U. Complete digital workflow for the production of implant-supported single-unit monolithic crowns. *Clin Oral Implants Res* 2014; 25(11): 1304-1306.

35. de Oliveira NRC, Pigozzo MN, Sesma N, Laganá DC. Clinical efficiency and patient preference of digital and conventional workflow for single implant crowns using immediate and regular digital impression: A meta-analysis. *Clin Oral Implants Res* 2020; 31(8): 669-686.

36. Chew AA, Esguerra RJ, Teoh KH, Wong KM, Ng SD, et al. Three-Dimensional Accuracy of Digital Implant Impressions: Effects of Different Scanners and Implant Lev-

el. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2017; 32(1): 70-80.

37. Marghalani A, Weber HP, Finkelman M, Kudara Y, El Rafie K, et al. Digital versus conventional implant impressions for partially edentulous arches: An evaluation of accuracy. *J Prosthet Dent* 2018; 119(4): 574-579.

38. 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(4): e902-e908.

39. Aswani K, Wankhade S, Khalikar A, Deogade S. Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *J Indian Prosthodont Soc* 2020; 20(1): 27-37.

40. Su TS, Sun J. Comparison of repeatability between intraoral digital scanner and extraoral digital scanner: An in-vitro study. *J Prosthodont Res* 2015; 59(4): 236-242.

41. Ozden YE, Ozkurt-Kayahan Z, Kazazoglu E. Effect of intraoral scanning distance on the marginal discrepancy of milled interim crowns. *J Prosthodont* 2024; 33(1): 41-45.

42. Papaspyridakos P, Gallucci GO, Chen CJ, Hanssen S, Naert I, et al. Digital versus conventional implant impressions for edentulous patients: accuracy outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2016; 27(4): 465-472.

43. Amin S, Weber HP, Finkelman M, El Rafie K, Kudara Y, et al. Digital vs. conventional full-arch implant impressions: a comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(11): 1360-1367.

44. Miyoshi K, Tanaka S, Yokoyama S, Sanda M, Baba K. Effects of different types of intraoral scanners and scanning ranges on the precision of digital implant impressions in edentulous maxilla: An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 2020; 31(1): 74-83.

45. Kim KR, Seo KY, Kim S. Conventional open-tray impression versus intraoral digital scan for implant-level complete-arch impression. *J Prosthet Dent* 2019; 122(6): 543-549.

46. Tan MY, Yee SHX, Wong KM, Tan YH, Tan KBC. Comparison of Three-Dimensional Accuracy of Digital and Conventional Implant Impressions: Effect of Interimplant Distance in an Edentulous Arch. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34(2): 366-380.

47. Huang R, Liu Y, Huang B, Zhang C, Chen Z, et al. Improved scanning accuracy with newly designed scan bodies: An in vitro study comparing digital versus conventional impression techniques for complete-arch implant rehabilitation. *Clin Oral Implants Res* 2020; 31(7): 625-633.

48. Alikhasi M, Siadat H, Nasirpour A, Hasanzade M. Three-Dimensional Accuracy of Digital Impression versus Conventional Method: Effect of Implant Angulation and Connection Type. *Int J Dent* 2018; 2018: 3761750.

49. Rech-Ortega C, Fernández-Estevan L, Solá-Ruiz MF, Agustín-Panadero R, Labaig-Rueda C. Comparative in

vitro study of the accuracy of impression techniques for dental implants: Direct technique with an elastomeric impression material versus intraoral scanner. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2019; 24(1): e89-e95.

50. Papaspyridakos P, Chen YW, Alshawaf B, Kang K, Finkelman M, et al. Digital workflow: In vitro accuracy of 3D printed casts generated from complete-arch digital implant scans. *J Prosthet Dent* 2020; 124(5): 589-593.

51. Revilla-León M, Gonzalez-Martin Ó, Pérez López J, Sánchez-Rubio JL, Özcan M. Position Accuracy of Implant Analogs on 3D Printed Polymer versus Conventional Dental Stone Casts Measured Using a Coordinate Measuring Machine. *J Prosthodont* 2018; 27(6): 560-567.

52. Jo SH, Kim KI, Seo JM, Song KY, Park JM, et al. Effect of impression coping and implant angulation on the accuracy of implant impressions: an in vitro study. *J Adv Prosthodont* 2010; 2(4): 128-133.

53. Arikan H, Muhtarogullari M, Uzel SM, Guncu MB, Aktas G, et al. Accuracy of digital impressions for implant-supported complete-arch prosthesis when using an auxiliary geometry device. *J Dent Sci* 2023; 18(2): 808-813.

54. Delize V, Bouhy A, Lambert F, Lamy M. Intrasubject comparison of digital vs. conventional workflow for screw-retained single-implant crowns: Prosthodontic and patient-centered outcomes. *Clin Oral Implants Res* 2019; 30(9): 892-902.

55. Mangano F, Veronesi G. Digital versus Analog Procedures for the Prosthetic Restoration of Single Implants: A Randomized Controlled Trial with 1 Year of Follow-Up. *Biomed Res Int* 2018; 2018: 5325032.

56. Mangano F, Margiani B, Admakin O. A Novel Full-Digital Protocol (SCAN-PLAN-MAKE-DONE[®]) for the Design and Fabrication of Implant-Supported Monolithic Translucent Zirconia Crowns Cemented on Customized Hybrid Abutments: A Retrospective Clinical Study on 25 Patients. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(3): 317.

57. De Angelis P, Passarelli PC, Gasparini G, Boniello R, D'Amato G, et al. Monolithic CAD-CAM lithium disilicate versus monolithic CAD-CAM zirconia for single implant-supported posterior crowns using a digital workflow: A 3-year cross-sectional retrospective study. *J Prosthet Dent* 2020; 123(2): 252-256.

58. Joda T, Bragger U, Zitzmann NU. CAD/CAM implant crowns in a digital workflow: Five-year follow-up of a prospective clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2019; 21(1): 169-174.

59. Joda T, Ferrari M, Bragger U. A prospective clinical cohort study analyzing single-unit implant crowns after three years of loading: introduction of a novel Functional Implant Prosthodontic Score (FIPS). *Clin Oral Implants Res* 2017; 28(10): 1291-1295.

60. Rutkunas V, Larsson C, Vult von Steyern P, Mangano F, Gedrimiene A. Clinical and laboratory passive fit

assessment of implant-supported zirconia restorations fabricated using conventional and digital workflow. Clin Implant Dent Relat Res 2020; 22(2): 237-245.

61. Joda T, Brägger U. Time-Efficiency Analysis Comparing Digital and Conventional Workflows for Implant Crowns: A Prospective Clinical Crossover Trial. Int J Oral Maxillofac Implants 2015; 30(5): 1047-1053.

62. Joda T, Brägger U. Time-efficiency analysis of the treatment with monolithic implant crowns in a digital workflow: a randomized controlled trial. Clin Oral Implants Res 2016; 27(11): 1401-1406.

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