



EVALUATION OF PHOTOGRAMMETRY TECHNIQUE IN FULL-ARCH IMPLANT-SUPPORTED FIXED PROSTHESES

TAM-ARK İMPLANT-DESTEKLİ SABİT PROTEZLERDE FOTOGRAMETRİ TEKNİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seher BADUR ¹, Serkan SARIDAĞ ²

¹ Res. Asst., Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Kocaeli University, Kocaeli / TURKEY

ORCID ID: 0000-0002-8325-8706

² Prof. Dr., Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Okan University, İstanbul / TURKEY

ORCID ID: 0000-0001-8767-788X

Corresponding Author:

Seher BADUR,

Address: Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Yuvacık Yerleşkesi, Paşadağı Mahallesi, Akçakesme Sokak, No:5 41190, Başiskele/Kocaeli, TÜRKİYE

E-mail: seherbadur@gmail.com, Phone: +90 506 491 5597

Article Info / Makale Bilgisi

Received / Teslim: November 7, 2022

Accepted / Kabul: March 12, 2022

Online Published / Yayınlanma: June 30, 2022

DOI:

BADUR S., SARIDAG S. Evaluation of Photogrammetry Technique in Full-Arch Implant-Supported Fixed Prostheses. Dent & Med J - R. 2022;4(2):90-102.

Abstract

Dental implants are one of the most widely used therapies for the rehabilitation of partially or completely edentulous patients. Passive fit of the implant-supported prosthesis significantly improves the long-term prognosis of these treatments. Fabricating an accurate and precise implant-supported, complete-arch prosthesis is challenging because the process involves many clinical and laboratory steps. The classic system for the manufacture of a full arch implant-fixed prosthesis supported by multiple implants consists of taking impressions with impression materials and then achieving the casting. However, in this conventional impression technique, many factors result in the inability to transfer the impression copings in accurate position or their exposure to micro-motions within the impression. Although the digital impressions taken with intraoral scanners in digital dentistry have started to find a comprehensive place in clinical practice, their reliability for full-arch implant supported dentures continues to be discussed. Photogrammetry is another new option that allows the positions of intraoral implants to be recorded in 3-dimensional via photographic images. By transferring digital impressions taken with optical markers to the CAD/CAM workflow, the error chain is shortened, and it is aimed to produce prostheses with high precision and passive fit.

Keywords: Photogrammetry, digital implantology, passive fit, CAD/CAM.

Özet

Dental implantlar, kısmen veya tamamen dişsiz hastaların rehabilitasyonu için en yaygın kullanılan tedavilerden biridir. İmplant destekli protezin pasif şekilde oturması ise bu tedavilerin uzun vadeli prognozunu önemli ölçüde iyileştirmektedir. Doğru ve hassas, tam ark implant destekli protez üretmek zordur çünkü süreç birçok klinik ve laboratuvar adım içerir. Çoklu implant destekli tam ark sabit protezler yapmak için geleneksel yöntem, ölçü materyalleri ile ölçü almak ve kalıp elde etmekten ibarettir. Ancak, bu teknikte birçok faktör ölçü kopyalarının doğru pozisyonda transfer edilememesine veya bunların ölçü içinde mikro hareketlere maruz kalmasına neden olur. Dijital diş hekimliğinde, ağız içi tarayıcılarla alınan dijital ölçüler, klinik pratiğinde kapsamlı bir yer bulmaya başlasa da tam-ark implant destekli protezler için güvenilirliği tartışılmaya devam etmektedir. Fotogrametri, implantların konumlarının fotografik görüntüler aracılığıyla 3 boyutlu kaydedilmesini sağlayan bir başka seçenektir. Optik belirteçlerle alınan dijital ölçülerin CAD/CAM iş akışına aktarılmasıyla hata zinciri kısaltılır, hassasiyeti yüksek ve pasif oturan protezlerin üretilmesi amaçlanır.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, dijital implantoloji, pasif uyum, CAD/CAM.

OVERVIEW / GENEL BAKIŞ

İmplant destekli protezlerde, yeterli pasif uyum sağlamak için ilk adım implantların üç boyutlu (3D) konumunu doğru şekilde kaydetmektir. Geleneksel ölçü teknikleri, implantların protez platformlarına vidalanan, implantın uzaysal konumunu kaydetmesini ve aktarmasını sağlayan ölçü kopinglerini ve ölçü materyallerini içermektedir. Doğru bir kalıp elde etmenin zor olduğu bu tekniğe alternatif olarak dijital teknolojiler geliştirilmeye çalışılmıştır. Fotogrametri, çoklu dental implantların pozisyonlarının güvenilir, doğrudan ağız içi kaydı için yeni bir seçenektir.¹ Bu derlemede tam-ark implant-destekli sabit protezlerde fotogrametri tekniği ile alınan ölçülerin ve üretilen protezlerin, literatür taraması ile birlikte değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Fotogrametri Tekniği Nedir?

Fotografik görüntülerdeki referans noktalar aracılığıyla nesnelerin geometrik özelliklerini ve uzaysal konumlarını belirleyen matematiksel bir tekniktir.¹⁻⁴ Aynı nesnenin farklı açılardan çekilen çoklu görüntülerindeki tekrarlanan noktaları tanımlar ve nesnenin; konumu, şekli, hareketi ve deformasyonu hakkında bilgi toplamak için üç boyutlu (3D) koordinatların oluşturulmasını sağlar.⁵⁻⁷ Bu teknikle, fotoğrafların sağladığı iki boyutlu bilgi üç boyuta genişletilir.^{1,7} En önemli özelliği, nesnelere temas etmeden doğrudan ölçebilme yeteneği olan fotogrametri; haritacılık, inşaat mühendisliği, uçak mühendisliği, endüstri, olay yeri incelemeleri, tıbbın çeşitli alanları (radyoloji, cerrahi, rehabilitasyon) ve kültür ortamındaki biyolojik örneklerin büyümesinin değerlendirilmesi gibi birçok bilimsel çalışmada yaygın şekilde kullanılmaktadır.^{1,3,6,8}

Diş Hekimliğinde Kullanımı

Fotogrametri; 1994 yılında, implant altyapılarının distorsiyonlarını incelemek için Lie ve Jemt tarafından yapılan çalışma ile diş hekimliğine girmiştir.^{2,9,10} 1999 yılında ise Jemt ve arkadaşları, dental implantlarının pozisyonlarını intraoral olarak kaydetmek için fotogrametri tekniğini konvansiyonel ölçü alma yöntemine bir alternatif olarak önermişlerdir. Ancak o zamandan beri bunu takip eden herhangi bir gelişme bildirilmemiştir.^{1,2,11} Fotogrametri sistemi, implant alanında farklı ölçü teknikleri ve materyallerle elde edilen modeller arasındaki değişiklikleri analizinde de kullanılmıştır.^{1,8,12} Diş hekimliğinde güncel bir konu olmaya devam eden fotogrametri tekniğinin diğer kullanıldığı durumlar ise şunlardır: Hastanın yüzünün ve dental arkının 3 boyutlu dijital modelini oluşturmak, oklüzyon kaydı almak, mukozal çekilmeyi değerlendirmek, tedavi planlaması ve dokümantasyonu yapmak, dişlerin, alt ve üst çene kemiklerinin şekillerini ve konumlarını incelemek, ortodontide hızlı damak genişletme tekniklerini uygulamak ve elde edilen diş hareketini değerlendirmek, yumuşak dokuların kaydını sağlayarak çene cerrahisi sonuçlarını planlanmak ve değerlendirmek, dental implantların cerrahi öncesi ve sonrası planlanan pozisyonu arasındaki farklılığı analiz etmek.^{1,2,4,6,13}

Fotogrametri tekniği, özel kameraların ve fotografik analiz stereo-optik sistemlerin kullanılmasını gerektirdiğinden uygulaması zordur. Ancak, dijital fotoğrafçılıktaki gelişmeler, kolayca bulunabilen yazılımlar, ticari olarak temin edilebilen ve rahatlıkla taşınabilen dijital kameralar sayesinde diş hekimliğinde daha kolay kullanılabilir hale gelmiş ve güvenilir, uygun maliyetli ve hassas ölçümleri mümkün kılmıştır.^{3,6} Son zamanlarda

ağız içi dijital ölçüler almak için klinik kullanıma uygun olarak tanıtılan ve kullanılmaya başlanan fotogrametrik sistem ile dental implantların konumlarının ve açılarının kaydedilebileceği bildirilmiştir.^{2,13,14} Bilgilerin, ölçüden çalışma modeline direk dijital aktarımıyla hata zincirinin kısaltılmasına izin veren bu sayısallaştırma teknolojisinin, hasta ağızındaki implant konumlarını sanal olarak bilgisayar destekli tasarım (CAD) programına da aktardığı kaydedilmiştir.^{4,14-16}

Tam-Ark İmplant-Destekli Sabit Protezlerde İş Akışı

Dental implantlar, kısmen veya tamamen dişsiz hastaların rehabilitasyonu için en yaygın kullanılan tedavilerden biridir.^{1,17} İmplant destekli tam-ark sabit protez tedavileri ise sürecin birçok klinik ve laboratuvar adımı içermesinden dolayı nispeten daha zor uygulamalardır.^{3,15} Tam ark implant destekli protezler için standart tedavi yaklaşımı; ölçü kopingleri ve ölçü materyalleri ile implantların ve yumuşak dokuların kaydını alınması, ardından model elde edilmesi ve protezin üretilmesi aşamalarından oluşur.^{1,2} Ancak, bu geleneksel ölçü tekniğinde birçok faktör, ölçü kopinglerinin doğru pozisyonda transfer edilememesine veya bunların ölçü içinde mikro hareketlere maruz kalmasına neden olur.¹⁸ Elastomerik ölçü materyalleri ile laboratuvara bilgilerin aktarımı, sürecin her aşamasında- ölçü alınması, kalıp eldesi ve mum model oluşturma- materyallerin büzülmesi, distorsiyonlar, hava kabarcıkları nedeniyle hatalara neden olurken analog ile ölçü kopingi arasındaki yetersiz kenetlenme, alçı modelin zarar görmesi ve kontrolsüz değişkenler de başarıyı etkileyebilir.^{14,15,18} Ek olarak, geleneksel prosedürler çok uzun sürmekte ve hastaların konforu olumsuz etkilenmektedir.^{1,18} Bu nedenle, riskleri azaltmak amacıyla geleneksel ölçü yöntemlere alternatif teknikler araştırılmıştır.^{14,15}

CAD/CAM (Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim) iş akışı ile birlikte dijital çağına giren diş hekimliğinde, ağız içi tarayıcılarla (AİT) alınan dijital ölçüler, klinik pratiğinde kapsamlı bir yer bulmaya başlamıştır.^{1,18} Geleneksel implant ölçülerinin sınırlamaları, tarama parçaları kullanılarak ortadan kaldırılmış ve implantların 3 boyutlu (3D) pozisyonları dijital sisteme aktarılmıştır.¹⁸ Ölçülerin alınma hızının arttığı, hasta konforunun yükseldiği, çalışma sürelerinin kıaldığı bildirilen AİT sistemler, tam ark implant vakalarında da güncel bir konu haline gelmiştir.^{3,15,18} Ancak tek kronlar ve kısa ark implant destekli sabit protezler için geleneksel ölçü prosedürlerinin yerine klinik olarak kabul edilebilir ikame sağladıkları bildirilen AİT sistemlerin, tam ark implant destekli sabit protezlerin ölçülerinin alınmasında, öngörülebilir sonuçlar göstermediği rapor edilmiştir.^{2,4,19-21} AİT sistemler nokta bulutu temeline dayanan 3 boyutlu görüntülerle yüzeyleri yeniden oluştururlar. Mümkün olduğunca çok noktanın çakışmasının sağlandığı algoritma kullanılır. Pratik kanıtlar sınırlı olsa da, teorik olarak nokta bulutlarının bu şekilde art arda birleştirilmesinin hata birikimine yol açabileceği bildirilmiştir.^{2,22,23} Birden fazla görüntünün en uygun çakışmasını sağlayan ağız içi tarayıcıların ne kadar çok hizalama yapması gerekiyorsa, hatanın o kadar büyük olma olasılığı vardır.²⁴ Bu nedenle, analiz edilen implant sayısının artmasıyla güvenilirlik giderek azalmaktadır.^{2,22,23} Tam arkların geniş dişsiz alanlarındaki referansların sınırlı olmasının da doğruluğu azalttığı kaydedilmiştir.^{17,18,25} Bununla birlikte, AİT sistemlerin klinik kullanımı etkileyebilecek; kalibrasyon gibi dış faktörler, ağız içi koşullar (diş eti kalınlığı, oral mukoza ve dil hareketi, tükürük ve kan), yansıtıcı restorasyonlar, hareketli mukoza, yüzey özellikleri, ortam ışığı, hasta hareketleri, kullanım ve öğrenme, tarayıcı ucunun arka bölgelere ulaşmaması, tarama koşulları ve tarama protokolleri gibi çevre, operatör veya sistemle ilgili çeşitli faktörler bulunmaktadır.^{4,17,18}

Özetle, ağız içi tarayıcı sistemlerin teknik özellikleri hızlı bir gelişim sürecinden geçmektedir; ancak tam ark sabit protezlerde çoklu implantların dijital ölçülerinin alınmasında şüpheli olmaya devam etmektedir.^{2,9}

Bununla birlikte ağız içi tarayıcıların doğruluğunu analiz eden çalışmalara rağmen; bu sistemlerin süregelen evrimi ve yeni teknolojilerin ortaya çıkması konu hakkında daha fazla bilgi arayışına yönlendirmektedir. ¹⁷

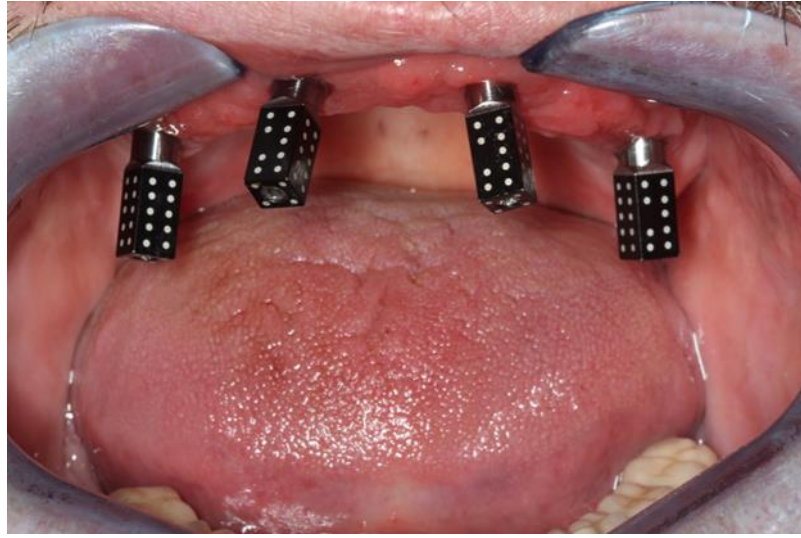
Pasif Uyum

İmplant restorasyonlarının uzun dönem başarısı için kritik bir faktör olan pasif uyum, protetik yapıların dayanıklara optimum uyumu -kemikte gerilim olmadan- olarak tanımlanır ve implant tedavilerinin en zor gereksinimlerinden biri olmaya devam etmektedir.^{1,14,26} Pasif uyum için 10 µm ile 150 µm -tam ark protezler için 50 µm ile 100 µm arasında- kabul edilebilen tutarsızlıklar bildirilsede, bu değerlerle ilgili literatürde fikir birliği yoktur.^{17,26} Bununla birlikte, yapılacak protez ne kadar büyükse uyumsuzluk potansiyelide o kadar yükselir.²⁴ Pasif uyum eksikliği implantların, vidaların ve altyapıların kırılmasına kadar değişen çeşitli komponent kayıplarına, altyapının distorsiyonu ve seramik kopması gibi biyomekanik başarısızlıklara sebep olabilir, peri-implantitis ve kemik kaybı için risk faktörü olabilir. ^{14,15,26-28} Bu nedenle, implant diş hekimliğinde uzun vadede hayatta kalma ve başarı elde etme arzusu, araştırmacıları, distorsiyonları ve uyumsuzlukları ortadan kaldırmak için çeşitli yöntemler geliştirmeye yöneltmiştir.^{1,3}

Pasif uyum, protezin hassas ve doğru bir şekilde üretilmesiyle ilgili tüm klinik ve laboratuvar adımlarına bağlıdır.¹ Geleneksel ölçü alınması ve model eldesi sırasında oluşan bozulmalar pasif uyum eksikliğine yol açtığından, dijital teknolojinin kullanılması önerilmiştir.^{26,29} Bununla birlikte, protezin üretiminde de büyük bir hassasiyete ihtiyaç vardır.¹⁴ Giderek daha fazla kullanılmakta olan CAD/CAM yöntemleri ile doğru ve hassas altyapılar oluşturulmakta ve protez üretimi için gereken adımlar azaltılarak pasif uyum arttırılmaktadır.^{3,14}

Tam-Ark İmplant-Destekli Sabit Protezlerde Fotogrametri Tekniği

Son zamanlarda çoklu implantların konumlarının üç boyutlu kaydedilmesinde kullanılan fotogrametrik sistemin, tam ark protezlerde dahil olmak üzere alternatif bir dijital görüntüleme yöntemi olduğu bildirilmiştir.^{1,5,14} Stereofotogrametri teknolojisinde, vida tutuculu optik belirteçlerle birlikte ekstraoral bir kamera kullanılır. Optik belirteçler her bir dayanağa konumlandırılır (Resim 1), ekstraoral kamera kullanılarak ve fiziksel temas olmaksızın implantların uzaysal konumları belirlenir. İmplantların konumu, aralarındaki mesafe ve açılar bir STL (Standart Üçgen Dili) dosyası olarak saklanır; ancak bu STL dosyası yumuşak dokular veya olası dişler hakkında bilgi içermez. Bu nedenle, bir intraoral tarayıcı ile doğrudan veya hidrokolloid ölçü maddesi ile alınan geleneksel ölçüden elde edilen modelin taranmasıyla, ayrı bir STL dosyası oluşturulur. Her iki STL dosyasının kombinasyonundan tam olarak doğru dijital ölçüler elde edilir. ^{4,8,24} İmplant konumunu içeren bilgiler, sonrasında bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılım programına aktarılır.⁴



Resim 1. Optik belirteçlerin implantlara vidalanması (Icam4D®).

İmplant pozisyonlarını fotogrametri tekniği ile belirlemek için özel olarak tasarlanmış ve pazarlanmış ekstraoral sistemler bulunmaktadır¹⁷: PIC Camera® (PICdental, Madrid, İspanya) ve Icam4D®; Imetric4D Imaging Sàrl. (Courgenay, Switzerland)

PIC Camera® (PICdental, Madrid, İspanya)

PICcamera® (PICdental, Madrid, İspanya), fotogrametri aracılığıyla ağızdaki implant konumlarını kaydeden bir stereo kameradır. Özel olarak tasarlanmış ve optimize edilmiş iki CCD kameradan oluşan PICcamera®, bireysel kodlanmış ve implantlara vidalanmış dayanakların (PICabutment®, PICdental) tanımlanmasıyla implantların konumunu hassas bir şekilde belirler. Kamera, ortam ışığında oluşan gölgeleri ortadan kaldırırken taranan nesneyi sürekli aydınlatan bir kızılötesi flaşa sahiptir. PICcamera®'nın her iki PICabutment® için 50 adet üç boyutlu fotoğraf yakalaması gerekir. Bunun için, otomatik olarak saniyede 10 µm'nin altında bir hata payı ile 10 adet ekstraoral fotoğraf çeker. Sistem yazılımı, bu fotoğraflardan implantlar arasındaki ortalama açıları ve mesafeleri hesaplayarak her bir implantın vektör formatında göreceli konumunu belirler.^{1,8} Tanımlanan implant konumları, geometrileri, bağlantıları, iyileşme başlıkları ve vidalarla sonrasında CAD/CAM iş akışına aktarılacak olan bir STL dosyası (PICfile®, PICdental) oluşturulur. Bu STL dosyası peri-implant mukoza kaydını ve yumuşak dokuyu içermediğinden ikinci ölçü alınır. İmplantların uzaysal konumlarını ve peri-implant mukoza kaydını tek dijital arşivde toplamak için PICfile® dosyası ve yumuşak dokuları içeren STL arşivi birleştirilir. Bu şekilde, implantların pozisyonları ilgili yere kaydedilir.^{2,8}

Cihazın kullanımından önce hastanın demografik ve tıbbi verileri sisteme (PIC Pro Yazılımı, PICdental) girilir. İmplant verileri (üretici, model, platform çapı, iyileşme başlıklarının çapı ve yüksekliği) ve her bir PICabutment®'in kodu sisteme tanıtılır. PICcamera® stabiliteyi sağlamak için bir tripoda monte edilir ve hastanın başı tüm tarama gövdelerini yakalamak için doğru konuma getirilir. Hastadan 15-30 cm uzağa yerleştirilen PICcamera®, her bir implanta vidalanmış PICabutment®lere göre maksimum 45°'lik açıyla dijital ölçüleri kaydeder.^{1,2,8} Her bir dayanak için PICcamera® tarafından kaydedilen veriler ekranda görünür. Kayıt işlemi tamamlanırken yeşile dönen kırmızı bir çubuk görülür.^{2,8}

Tüm PICabutment® kodları tek seferde görselleştirilemezse, kayıt iki aşamada gerçekleştirilebilir. Bu durum, genellikle beşten fazla implantın kaydedildiği vakalarda ve yakınlığı fazla olan implantların varlığında olur. PICabutment®'ler öncelikle dört ila beş anterior implanta vidalanır ve görüntü kaydedilir. PICabutment®'ler daha sonra en az biri yerinde bırakılacak şekilde çıkarılır. Daha sonra diğer PICabutment®ler implantlara vidalanır ve kalan görüntüler kaydedilir. Yön vektörleri ve protez platform konumlarını iki veri kümesi arasında karşılaştırmak için, iki kayıt arasında en az bir PICabutment®'in paylaşılması gerekmektedir.^{8,14}

PICabutment®'ler, geleneksel ölçü teknikleri için kullanılan transferlerden daha yüksek değildir; bu nedenle tekniğin, azaltılmış interark mesafesi durumlarında ek bir sınırlaması yoktur. Bununla birlikte, PICabutments®lerin beyaz noktalı bayrak şekilleri nedeniyle minimum yatay boyut gerektirirler, bu nedenle sınırlı meziodistal boşluğa sahip interdental vakalarda veya sadece iki diş eksik olduğunda kullanılamazlar. Bu sistem özellikle yaygın kısmi dişsizlikte (≥ 4 diş eksik) veya tam dişsizlikte kullanılır.^{1,8}

Literatürde tam ark implant destekli restorasyonların fotogrametri tekniği ile yapılan tedavilerinde neredeyse hepsinde bu cihaz kullanılmıştır. Bu sistemle, tam ark rehabilitasyon haricinde, immedat ve daimi bölümlü implant üstü sabit protezler de yapılmış ve sonuçlar bildirilmiştir.⁵

Icam4D®; Imetric4D Imaging Sàrl

Çalışma sistemi PICcamera® cihazının prensiplerine benzer. Icam4D®, dört kamera ve bir projektörden oluşan ve elde tutulan bir kamera birimidir (Resim 2). 3D verileri yakalamak için fotogrametri ve yapılandırılmış ışık tarama tekniklerini birleştirir. İmplantların konumunu ve oryantasyonunu belirlemek için yüksek hassasiyete sahip mekanik parçalar olan IcamBodies®leri kullanır. Icam4D® teknolojisinin diğer bir bileşeni olan IcamRef®ler ise iyileşme başlığına benzerler ve daha küçük boyutu ile diş eti ölçüsünün ağız içi tarayıcı ile taranmasını çok daha basit hale getirirler.^{4,30} Literatürde Icam4D® teknolojisi ile ilgili çalışma sayısı oldukça az olup, daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.



Resim 2. Icam4D® cihazı ile hastadan ölçü alınması.

Tartışma

Bergin ve arkadaşlarının, tam ark implant destekli protezlerin ölçülerinde fotogrametrik yöntemi bir alternatif olarak gösterdikleri çalışmalarında; doğruluğunun geleneksel ölçü tekniklerinden daha yüksek olduğunu bildirdiler.^{3,4,7} İmplant konumlarının fotogrametri ile kaydedilmesi, materyallerin distorsiyonlarının önlenmesi ve CAD/CAM ile kombinasyonunun protez yapının üretimi sırasında meydana gelen hata riskini azaltabileceği düşünülmektedir.^{1,14} Tekniğin implant sayısından bağımsız olarak, in vitro çalışmalarda 5 µm, in vivo çalışmalarda 10 µm'nin altında hata payına sahip olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Ağız içi tarayıcılardaki noktaların çakışması prensibinin aksine; bu teknikte implantların konumunu belirleyen bilgiler, her bir fotoğraftan üst üste çakışma olmadan elde edilir. Bununda, potansiyel olarak daha fazla hassasiyet ve daha iyi protez uyumu sağlayacağı kaydedilmiştir.^{1,2,9} Ancak, tam ark implant destekli restorasyonlar için geleneksel, fotogrametri ve ağız içi tarama ölçülerinin doğruluğunun karşılaştırıldığı güncel bir in vitro çalışmada; araştırmada kullanılan fotogrametri sistemi (Icam4d), test edilen teknikler arasında en az doğruluğu ve en yüksek 3 boyutlu tutarsızlığı elde etmiştir.⁴ Bu nedenle sistemin güvenilirliği ile ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Azevedo ve arkadaşlarının tam ark rehabilitasyonda çoklu implantların ölçüsünün alınmasında fotogrametri tekniğini (PICcamera®) kullandıkları çalışmalarında; metal-seramik daimi protezin hastaya teslimi sonrasında 1 haftalık, 1 aylık, 6 aylık ve 1 yıllık takip randevularında mekanik veya biyolojik komplikasyona rastlanmamış ve hasta memnuniyetinin olumlu olduğu bildirilmiştir.⁹

Sánchez-Monescillo tarafından, ilk kez fotogrametri tekniği (PICcamera®) ile All-on-four rehabilitasyonu sundukları vaka raporunda; 1 yıl sonra klinik ve radyografik sonuçlar, vida gevşemesi veya diğer mekanik ve biyolojik komplikasyonlar olmaksızın peri-implant dokuların iyi durumda olduğunu göstermiştir.²⁶

Pena ve arkadaşlarının, maksillada tam ark rehabilitasyonda fotogrametri tekniği (PICcamera®) ile immedat yükleme yaptıkları ve 3 ay sonrasında hastaya daimi protezini teslim ettikleri çalışmalarında; immedat yükleme sonrası kontrollerde hiçbir biyolojik veya protetik komplikasyon kaydedilmemiş ve daimi protezin teslimi sonrası peri-implant mukozanın ve implant osseointegrasyonunun normal olduğunu bildirmişlerdir.²

Fotogrametri tekniğinin çalışma süresi ve memnuniyet üzerine etkisinin değerlendirildiği bir pilot çalışmada; ölçü alma için gereken sürenin diğer çalışmalarda da olduğu gibi stereofotogrametri tekniğinde daha kısa olduğu ve hem hasta hemde diş hekimi memnuniyetinin geleneksel ölçülerden daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmanın sonuçlarında; 1 yıllık takipten sonra implant ve protez sağkalımı ile implantların marjinal kemik kaybının iki teknikte de hiçbir farklılık göstermediği bildirilmiş ve protez uyumunun her iki teknikte de benzer olması ve küçük uyumsuzlukların uzun vadede sonucu etkilememesinden dolayı olabileceği rapor edilmiştir.¹⁴

Avantajları

- Fotogrametri teknolojisi ile geleneksel ölçü tekniklerine eşlik eden handikaplar ortadan kalkar ve ölçü kopinglerine, implant analoglarına, ölçü kaşıklarına ve ölçü materyallerine gerek kalmaz.^{1,2,8}
- Kan, tükürük veya diğer organik, inorganik kalıntıların varlığı ölçüm hassasiyetini etkilemez.^{1,2,8,9} Ağız içi koşullara daha az duyarlıdır.
- Optik belirteçlerin kullanılması, elastomerik ölçü materyallerine göre hasta tarafından daha iyi tolere edilir. Ve bu belirteçlerin stereokamera tarafından okunmasıyla hastaya tam hareket özgürlüğü sağlanır.² Böylece, hasta konforu ve memnuniyeti oldukça artar.^{1,2,8,14}
- Hem kliniğe yapılan ziyaretlerin sayısı hem de hasta koltuk süresi azaldığından zamandan tasarruf artar.^{1,2,8}
- Baş ve boyun yaralanmaları veya sendromları, temporomandibular bozukluklar (TMD'ler), travma, cerrahi skar dokusu ve radyasyon fibrozuna bağlı olarak hastalarda ağız açma kısıtlılığı ve dudak retraksiyonunda zorluk görülebilir. Bu sınırlamalar hastanın hem konvansiyonel hemde AİT sistemlerle ölçüsünün alınmasını güçleştirir.^{2,3,18} Fotogrametri sisteminde optik belirteçlerin kullanılması interark mesafesi ile ilgili herhangi bir kısıtlama getirmezken, ağız açıklığının sınırlı olduğu bu durumlarda işlemin rahat tamamlanmasına yardımcı olur.^{8,30}
- Fotogrametri sisteminde, ölçü alma sırasında ara verilebilir veya daha sonra tekrar alınabilir.¹
- Fotogrametri teknolojisini kullanan cihazlarla immedat yükleme protokollerini uygulamak mümkündür.^{2,5,30}

• Fotogrametri tekniği ile, laboratuarda, döküm veya milling prosedürlerine gerek kalmadan CAD/CAM kullanarak çoklu implant destekli protetik yapılar üretilebilir.²

• Fotogrametri tekniği ile yapılan tedavilerle, uzun vadede ekonomik maliyetlerin azalabileceği bildirilmiştir.^{2,8}

Dezavantajları

• Fotogrametrik teknolojinin bir sınırlaması, hastanın peri-implant yumuşak dokularını kaydetmemesidir. İrreversible hidrokolloid ölçü materyali ile alınan geleneksel ölçüler veya ağız içi taramalar, ikinci bir işlem ve ikinci bir cihaz gerektirir.^{2,5,17,24}

• Fotogrametri teknolojisi, 1 mikrometreden daha küçük nesne boyutlarını doğru bir şekilde ölçebilmektedir. Fakat sistem pratik uygulamada; mevcut görüntü sayısı ve kamera optiği ile görüntü sensörünün görme keskinliği gibi bir dizi sınırlayıcı faktör içermektedir. Ancak buna rağmen, fotogrametri sisteminin ölçüm doğruluğunun, dental implant bileşenlerinden görüntü alma toleranslarını aştığı bildirilmiştir.¹⁵

• Tam ark implant desteli sabit protezlerde fotogrametri tekniğini araştıran çalışma sayısı oldukça azdır.

SUMMARY / SONUÇ

Tam dişsiz ağızlarda fotogrametri tekniği, çoklu dental implantların konumunun ve açılarının üç boyutlu olarak hassas bir şekilde kaydedilmesini sağlar, klinik olarak hasta ilgili tüm bilgileri doğrudan dijital bir dosyaya dönüştürür ve ölçü postlarına, implant analoglarına, ölçü kaşıklarına ve ölçü materyallerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır.^{2,8} Bununla birlikte, tekniğin doğruluğunu belirlemek, diğer tekniklerle karşılaştırmak, bilimsel desteği sağlamak ve yeni teknolojilerin avantajlarını tespit etmek için kontrol gruplarıyla beraber daha fazla çalışma (hem in vitro hem de in vivo) yapılması gerekmektedir.

Acknowledgements / Teşekkür

Declaration of conflicting interests: The authors declared no conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article.

Funding: The authors received no financial support for the research and/or authorship of this article.

References / Referanslar

1. Peñarrocha-Oltra D, Agustín-Panadero R, Bagán L, Giménez B, Peñarrocha M. Impression of multiple implants using photogrammetry: description of technique and case presentation. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2014;19(4):e366.
2. Peñarrocha-Oltra D, Agustín-Panadero R, Pradíes G, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diago M. Maxillary Full-Arch Immediately Loaded Implant-Supported Fixed Prosthesis Designed and Produced by Photogrammetry and Digital Printing: A Clinical Report. J Prosthodont. 2017;26(1):75-81.



3. Bratos M, Bergin JM, Rubenstein JE, Sorensen JA. Effect of simulated intraoral variables on the accuracy of a photogrammetric imaging technique for complete-arch implant prostheses. *J Prosthet Dent.* 2018;120(2):232-241.
4. Revilla-León M, Att W, Özcan M, Rubenstein J. Comparison of conventional, photogrammetry, and intraoral scanning accuracy of complete-arch implant impression procedures evaluated with a coordinate measuring machine. *J Prosthet Dent.* 2021;125(3):470-478.
5. Gómez-Polo M, Gómez-Polo C, Del Río J, Ortega R. Stereophotogrammetric impression making for polyoxymethylene, milled immediate partial fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):506-510.
6. Stuani VT, Ferreira R, Manfredi GGP, Cardoso M V, Sant'Ana ACP. Photogrammetry as an alternative for acquiring digital dental models: A proof of concept. *Med Hypotheses.* 2019;128:43-49.
7. Rivara F, Lumetti S, Calciolari E, Toffoli A, Forlani G, Manfredi E. Photogrammetric method to measure the discrepancy between clinical and software-designed positions of implants. *J Prosthet Dent.* 2016;115(6):703-711.
8. Agustín-Panadero R, Peñarrocha-Oltra D, Gomar-Vercher S, Peñarrocha-Diago M. Stereophotogrammetry for Recording the Position of Multiple Implants: Technical Description. *Int J Prosthodont.* 2015;28(6).
9. Azevedo L, Molinero-Mourelle P, Antonaya-Martín JL, del Río-Highsmith J, Correia A, Gómez-Polo M. Photogrammetry Technique for the 3D Digital Impression of Multiple Dental Implants. In: Tavares JMRS, Natal Jorge RM, eds. *VipIMAGE 2019.* Springer International Publishing; 2019:615-619.
10. Jemt T, Lie A. Accuracy of implant-supported prostheses in the edentulous jaw. Analysis of precision of fit between cast gold-alloy frameworks and master casts by means of a three-dimensional photogrammetric technique. *Clin Oral Implants Res.* 1995;6(3):172-180.
11. Jemt T, Bäck T, Petersson A. Photogrammetry--an alternative to conventional impressions in implant dentistry? A clinical pilot study. *Int J Prosthodont.* 1999;12(4).
12. Lie A, Jemt T. Photogrammetric measurements of implant positions. Description of a technique to determine the fit between implants and superstructures. *Clin Oral Implants Res.* 1994;5(1):30-36.
13. Pradés 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(4):338-344.
14. Peñarrocha-Diago M, Balaguer-Martí JC, Peñarrocha-Oltra D, Balaguer-Martínez JF, Peñarrocha-Diago M, Agustín-Panadero R. A combined digital and stereophotogrammetric technique for rehabilitation with immediate loading of complete-arch, implant-supported prostheses: A randomized controlled pilot clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2017;118(5):596-603.
15. Bergin JM, Rubenstein JE, Mancl L, Brudvik JS, Raigrodski AJ. An in vitro comparison of photogrammetric and conventional complete-arch implant impression techniques. *J Prosthet Dent.* 2013;110(4):243-251.
16. Koch GK, Gallucci GO, Lee SJ. Accuracy in the digital workflow: From data acquisition to the digitally milled cast. *J Prosthet Dent.* 2016;115(6):749-754.
17. Sallorenzo A, Gómez-Polo M. Comparative study of the accuracy of an implant intraoral scanner and that of a conventional intraoral scanner for complete-arch fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* Published online 2021.



18. Albayrak B, Sukotjo C, Wee AG, Korkmaz İH, Bayındır F. Three-Dimensional Accuracy of Conventional Versus Digital Complete Arch Implant Impressions. *J Prosthodont.* 2021;30(2):163-170.
19. Rutkūnas V, Gečiauskaitė A, Jegelevičius D, Vaitiekūnas M. Accuracy of digital implant impressions with intraoral scanners. A systematic review. *Eur J Oral Implant.* 2017;10(Suppl 1):101-120.
20. Giménez B, Özcan M, Martínez-Rus F, Pradíes 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.
21. 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(4):574-579.
22. Eliasson A, Örtorp A. The accuracy of an implant impression technique using digitally coded healing abutments. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012;14:e30-e38.
23. Torres MÁF, Estela SA, Raya MA, Diago MP. CAD/CAM dental systems in implant dentistry: Update. *Med oral, Patol oral y cirugía bucal Ed inglesa.* 2009;14(3):8.
24. Iturrate M, Eguiraun H, Solaberrieta E. Accuracy of digital impressions for implant-supported complete-arch prosthesis, using an auxiliary geometry part—An in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2019;30(12):1250-1258.
25. Holst S, Persson A, Wichmann M, Karl M. Digitizing implant position locators on master casts: comparison of a noncontact scanner and a contact-probe scanner. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(1).
26. Sánchez-Monescillo A, Hernanz-Martín J, González-Serrano C, González-Serrano J, Duarte Jr S. All-on-four rehabilitation using photogrammetric impression technique. *Quintessence Int (Berl).* 2019;50(4):288-293.
27. Al-Turki LEE, Chai J, Lautenschlager EP, Hutten MC. Changes in prosthetic screw stability because of misfit of implant-supported prostheses. *Int J Prosthodont.* 2002;15(1).
28. Papaspyridakos P, Chen C-J, Chuang S-K, Weber H-P, Gallucci GO. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(1).
29. Oyagüe RC, Sánchez-Jorge MI, Turrión AS. Evaluation of fit of zirconia posterior bridge structures constructed with different scanning methods and preparation angles. *Odontology.* 2010;98(2):170-172.
30. Imetric4D. (iCam 4D The Revolution of Implantology). <https://www.imetric4d.com/products/icam-4d/>