
İMPLANT PROTETİKLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIM

EDİTÖR:

DOÇ. DR. RAVZA ERASLAN



BİDGE Yayınları

İmplant Protetiklerinde Güncel Yaklaşım

Editör: Doç. Dr. Ravza Eraslan

ISBN: 978-625-8989-19-9

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 07.05.2026

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

İMPLANT ÜSTÜ PROTEZLERDE İMMEDİAT YÜKLEME	4
MEHMET ALİ AKINAL	4
BİLGE ERGÜNBAŞ	4
İMPLANT ÇEVRESİ YUMUŞAK DOKU YÖNETİMİ	27
MEHMET ALİ AKINAL	27
DİJİTAL ÖLÇÜLERDE SCAN BODY TASARIMI VE MATERYALİN ÖLÇÜ HASSASİYETİNE ETKİSİ.....	54
MEHMET ALİ AKINAL	54

İMLANT ÜSTÜ PROTEZLERDE İMMEDİAT YÜKLEME

MEHMET ALİ AKINAL¹
BİLGE ERGÜNBAŞ²

Giriş

Dental implant tedavisi, eksik dişlerin rehabilitasyonunda uzun dönem başarısı yüksek, biyolojik ve fonksiyonel açıdan güvenilir bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir. Per-İngvar Brånemark tarafından geliştirilen osseointegrasyon kavramı, modern implantolojinin temelini oluşturmuş ve implant tedavisinin öngörülebilirliğini önemli ölçüde artırmıştır. İlk dönem uygulamalarda, implantların kemik ile stabil bir şekilde bütünleşmesini sağlamak amacıyla cerrahi yerleştirme sonrasında belirli bir iyileşme süresi beklenmesi önerilmiştir. Bu yaklaşım, literatürde “gecikmiş yükleme” protokolü olarak tanımlanmaktadır.

Ancak hastaların estetik beklentilerinin artması, tedavi sürelerinin kısaltılmasına yönelik klinik gereksinimler ve implant

¹Arş. Gör, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, Orcid: 0009-0008-8088-0349

²Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, Orcid: 0000-0003-3162-2286

yüzey teknolojilerindeki gelişmeler, alternatif yükleme protokollerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda “immediat yükleme” kavramı, implant yerleştirilmesini takiben kısa süre içerisinde (genellikle 48 saat içinde) protezin uygulanmasını ifade eden bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır (Esposito et al., 2013).

İmmediat yükleme protokolleri, hastalara daha kısa sürede fonksiyon ve estetik kazandırma potansiyeline sahip olmakla birlikte, biyomekanik ve biyolojik açıdan dikkatle değerlendirilmesi gereken bir tedavi seçeneğidir. Özellikle primer stabilite, kemik kalitesi, oklüzal yük dağılımı ve hasta seçimi gibi faktörler, tedavi başarısını doğrudan etkilemektedir (Gallucci et al., 2018). Bu nedenle immediat yükleme, standart bir uygulama olmaktan ziyade belirli klinik kriterler çerçevesinde uygulanması gereken bir protokol olarak değerlendirilmektedir.

İmmediat Yükleme Kavramının Tarihsel Gelişimi: Brånemark Protokolünden Günümüze

Dental implantolojinin erken dönemlerinde, Per-Ingvar Brånemark tarafından önerilen klasik protokol, implant yerleştirilmesini takiben mandibulada yaklaşık 3 ay, maksillada ise 5–6 ay süreyle yükleme yapılmamasını öngörmekteydi. Bu yaklaşımın temel amacı, implant ile çevre kemik dokusu arasında stabil bir osseointegrasyon sağlanmasıydı (Brånemark et al., 1977).

Bu dönemde implant yüzeyleri genellikle düz özellikteydi ve kemik ile temas yüzeyi sınırlıydı. Bu nedenle erken yükleme, mikromobiliteye bağlı olarak fibröz kapsül oluşumuna ve başarısızlığa yol açabilmekteydi. Dolayısıyla gecikmiş yükleme protokolü, uzun yıllar boyunca altın standart olarak kabul edilmiştir.

1990'lı yıllardan itibaren implant yüzey teknolojilerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Kumlama, asitle pürüzlendirme ve plazma spreyleme gibi yöntemlerle yüzey pürüzlülüğünün

artırılması, kemik-implant temasını ve osseointegrasyon hızını artırmıştır (Albrektsson & Wennerberg, 2004). Bu gelişmeler, daha erken yükleme protokollerinin güvenli bir şekilde uygulanabilmesini mümkün kılmıştır.

Aynı dönemde, klinik araştırmalar implantların belirli koşullar altında erken dönemde yüklenebileceğini göstermeye başlamıştır. Özellikle yüksek primer stabilite elde edilen vakalarda, immedat yüklemenin gecikmiş yükleme ile benzer başarı oranlarına sahip olabileceği bildirilmiştir (Esposito et al., 2007).

2000’li yıllarla birlikte immedat yükleme kavramı daha geniş kabul görmüş ve farklı klinik senaryolarda uygulanmaya başlanmıştır. Tam dişsizlik vakalarında geliştirilen “All-on-4” gibi protokoller, sınırlı sayıda implant ile immedat fonksiyon sağlanmasına olanak tanımıştır (Maló et al., 2003). Bu yaklaşım, özellikle kemik rezorpsiyonu bulunan hastalarda cerrahi müdahale ihtiyacını azaltarak tedavi sürecini basitleşirmiştir.

Günümüzde, dijital diş hekimliği uygulamaları (CAD/CAM sistemleri, dijital ölçü teknikleri ve bilgisayar destekli cerrahi) sayesinde immedat yükleme protokollerinin doğruluğu ve öngörülebilirliği daha da artmıştır. Cerrahi ve protetik aşamaların dijital olarak planlanabilmesi, implant pozisyonunun ve oklüzal ilişkilerin daha hassas bir şekilde belirlenmesine olanak tanımaktadır (Joda et al., 2017).

İmmedat yükleme kavramı, klasik Brånemark protokolünden önemli ölçüde farklılaşarak günümüzde hasta konforunu artıran ve tedavi süresini kısaltan modern bir yaklaşım haline gelmiştir. Bununla birlikte, bu protokolün başarısı, uygun endikasyonların belirlenmesine ve biyomekanik prensiplerin titizlikle uygulanmasına bağlıdır.

Terminoloji: İmmediat Restorasyon ve İmmediat Yükleme

İmplant tedavisinde kullanılan terminoloji, klinik uygulamaların doğru anlaşılması ve bilimsel iletişimin sağlıklı yürütülmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda “immediat restorasyon” ve “immediat yükleme” kavramları sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, aslında farklı klinik durumları ifade etmektedir.

İmmediat restorasyon, implant yerleştirildikten sonra kısa süre içerisinde (genellikle 48 saat içinde) protetik bir restorasyonun uygulanmasını ifade eder. Ancak bu restorasyon, oklüzal temas içermeyebilir ve fonksiyonel yük taşımayabilir. Bu durumda restorasyon daha çok estetik ve yumuşak doku desteği sağlama amacıyla uygulanmaktadır (Gallucci et al., 2014).

Buna karşılık immediat yükleme, implant üzerine yerleştirilen restorasyonun oklüzal temas olarak fonksiyonel yük taşıması durumunu ifade eder. Bu yaklaşımda implant, erken dönemde mekanik yüklemeye maruz kalmaktadır ve bu durum osseointegrasyon sürecini doğrudan etkileyebilir.

İmmediat yükleme kavramı kendi içerisinde iki alt kategoriye ayrılmaktadır:

a. Non-fonksiyonel immediat yükleme

Bu durumda implant üzerine yerleştirilen geçici restorasyon, oklüzal temaslardan arındırılmıştır. Amaç, implant üzerine gelen kuvvetleri minimize ederek osseointegrasyon sürecini korumaktır. Özellikle estetik bölgede, yumuşak doku konturunun korunması açısından bu yaklaşım sıklıkla tercih edilmektedir (Chen & Buser, 2014).

b. Fonksiyonel immediat yükleme

Fonksiyonel immediat yüklemede ise restorasyon oklüzal temas alır ve implant erken dönemde fonksiyonel kuvvetlere maruz kalır. Bu yaklaşım, genellikle yeterli primer stabilite (≥ 35 Ncm tork değeri

gibi) elde edilen ve uygun kemik kalitesine sahip vakalarda uygulanmaktadır (Degidi et al., 2008).

Fonksiyonel immedat yükleme, hastaya hızlı fonksiyon kazandırma açısından avantajlı olmakla birlikte, implant üzerindeki mikromobilité riskini artırabilir. Literatürde, 50–150 mikron üzerindeki mikromobilitenin osseointegrasyonu olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir (Szmukler-Moncler et al., 1998). Bu nedenle oklüzal düzenleme, splintleme ve implant sayısının artırılması gibi stratejilerle yük dağılımının optimize edilmesi gerekmektedir.

İmmedat restorasyon ve immedat yükleme kavramlarının doğru şekilde ayırt edilmesi, klinik karar verme sürecinde kritik öneme sahiptir. Her iki yaklaşımın da kendine özgü endikasyonları ve sınırlamaları bulunmaktadır ve uygun hasta seçimi, tedavi başarısının temel belirleyicisidir.

İmmedat Yüklemenin Biyolojik Temelleri

İmmedat yükleme protokolünün başarısı, implant ile çevre kemik dokusu arasındaki biyolojik süreçlerin derinlemesine anlaşılmasına bağlıdır. Osseointegrasyon, yalnızca implantın kemik içerisinde mekanik olarak stabilize olmasıyla sınırlı bir olgu olmayıp; hücresel proliferasyon, diferansiyasyon ve matriks oluşumu gibi kompleks biyolojik olayları içeren dinamik bir iyileşme sürecidir. Bu süreç, implant yerleştirilmesini takiben başlatılan inflamatuvar yanıt ile başlar ve zamanla yeniden şekillenen kemik dokusu ile sonuçlanır (Davies, 2003).

İmmedat yükleme uygulamalarında bu biyolojik süreçlerin seyri, özellikle erken dönemde implant üzerine iletilen mekanik yüklerle doğrudan ilişkilidir. Cerrahi sonrası ilk günlerde oluşan pıhtı stabilitesi, osteojenik hücre migrasyonu ve vaskülarizasyon gibi olaylar, implantın uzun dönem başarısının temelini

oluşturmaktadır. Bu erken iyileşme fazında meydana gelen bozulmalar, osseointegrasyon yerine fibröz kapsül oluşumuna neden olabilir ve bu durum implant başarısızlığı ile sonuçlanabilir (Berglundh et al., 2003).

Bu bağlamda primer ve sekonder stabilite arasındaki denge, immedat yükleme protokollerinde kritik bir belirleyici olarak karşımıza çıkmaktadır. Primer stabilite, implantın yerleştirildiği anda kemik ile sağladığı mekanik tutunmayı ifade ederken; sekonder stabilite, kemik remodelasyonu ve yeni kemik formasyonu sonucu gelişen biyolojik stabiliteyi temsil eder (Raghavendra et al., 2005). İmplant yerleştirdikten sonra primer stabilitenin kademeli olarak azaldığı ve sekonder stabilitenin zamanla arttığı bilinmektedir. Bu iki stabilite tipinin kesiştiği dönemde ortaya çıkan geçici stabilite azalması, literatürde “stability dip” olarak tanımlanmaktadır.

Stability dip olarak adlandırılan bu kritik dönem, implantın biyomekanik açıdan en hassas olduğu fazdır. Bu süreçte implantın maruz kaldığı mikromobilitate miktarı, kemik-implant arayüzünde gelişecek dokunun tipini belirlemektedir. Kontrollü mekanik stimülasyon, kemik oluşumunu destekleyebilirken; aşırı mikromobilitate fibrojenik iyileşmeye yol açabilmektedir (Frost, 2004).

İmmedat yükleme uygulamalarında kemik dokusunun mekanik uyarılara verdiği yanıt, “mekanotransdüksiyon” kavramı ile açıklanmaktadır. Osteositler, mekanik stresleri algılayarak biyokimyasal sinyallere dönüştürür ve bu sinyaller osteoblast ve osteoklast aktivitesini düzenler. Bu süreç, kemik adaptasyonunun temel mekanizmasını oluşturur ve implant çevresindeki kemik remodelasyonunu yönlendirir (Robling et al., 2006).

Ayrıca implant yüzey özellikleri de bu biyolojik süreçlerin önemli bir parçasıdır. Mikro ve nano düzeyde pürüzlendirilmiş implant yüzeylerinin, osteoblast adezyonunu ve proliferasyonunu

artırarak osseointegrasyonu hızlandırdığı gösterilmiştir (Albrektsson & Wennerberg, 2004). Bu nedenle modern implant sistemleri, erken yükleme protokollerine daha uygun biyolojik ortamlar sunmaktadır.

İmmediat yükleme protokolünün biyolojik başarısı; inflamasyon, kemik iyileşmesi, mekanik yükleme ve implant yüzey etkileşimlerinin karmaşık bir dengesi üzerine kuruludur. Bu dengenin korunması, yalnızca cerrahi teknikle değil, aynı zamanda uygun biyomekanik planlama ve doğru hasta seçimi ile mümkündür.

Primer ve Sekonder Stabilite Arasındaki Denge

Primer stabilite, implantın yerleştirilmesi sırasında kemik dokusu ile sağladığı mekanik tutunmayı ifade eder ve büyük ölçüde kemik yoğunluğu, kortikal kemik varlığı, implant makro-tasarımı (özellikle yiv geometrisi ve koniklik) ile cerrahi preparasyon tekniğine bağlıdır. Bu stabilite tipi, immediat yükleme protokollerinde başlangıç koşullarını belirleyen temel parametrelerden biridir. Sekonder stabilite ise, implant yerleştirilmesini takiben başlayan kemik remodelasyonu ve yeni kemik formasyonu sonucunda gelişen biyolojik stabiliteyi temsil eder (Raghavendra et al., 2005; Szmukler-Moncler et al., 1998).

İmplantasyon sonrasında primer stabilitenin kemik rezorpsiyonu ve remodelasyon süreçlerine bağlı olarak kademeli biçimde azaldığı; buna karşılık sekonder stabilitenin osteoblastik aktivite ve kemik matriksi oluşumu ile zaman içinde arttığı bilinmektedir. Bu iki stabilite bileşeninin geçici olarak düşük seviyede kesiştiği dönem, literatürde “stability dip” olarak tanımlanmakta ve osseointegrasyon açısından kritik bir faz olarak kabul edilmektedir (Meredith, 1998). Bu fazda implantın hem mekanik dayanımı hem de biyolojik entegrasyon kapasitesi göreceli olarak azaldığından, uygulanan yüklerin dikkatle kontrol edilmesi gerekmektedir.

İmmediat yükleme protokollerinde, özellikle bu geçiş döneminde implantın maruz kaldığı mikromobilitenin sınırlandırılması belirleyici öneme sahiptir. Kontrollü ve aksiyel yönde iletilen yükler, kemik dokusunda fizyolojik remodelasyonu destekleyebilirken; aşırı veya lateral yönlü kuvvetler kemik-implant arayüzünde istenmeyen stres birikimine yol açarak fibröz iyileşme riskini artırabilir (Gallucci et al., 2018). Bu nedenle protetik planlama aşamasında oklüzal temasların düzenlenmesi, gerekiyorsa non-fonksiyonel yükleme yaklaşımının tercih edilmesi ve çoklu implant restorasyonlarında splintleme gibi stratejilerin uygulanması, stability dip döneminin güvenli şekilde atlatılmasına katkı sağlar.

Sonuç olarak primer ve sekonder stabilite arasındaki dinamik denge, immediat yükleme başarısının temel biyomekanik ve biyolojik belirleyicilerinden biridir. Bu dengenin korunması, yalnızca cerrahi başarıya değil, aynı zamanda protetik tasarımın doğruluğuna ve oklüzal yük yönetimine de doğrudan bağlıdır.

Kritik Mikro Hareket Eşiği ve Hücresel Yanıt

İmmediat yükleme protokollerinde implant başarısını belirleyen en kritik biyomekanik faktörlerden biri, implant çevresinde oluşan mikromobilite düzeyidir. İmplant ile kemik arasındaki bağın henüz biyolojik olarak olgunlaşmadığı erken iyileşme döneminde, uygulanan mekanik yüklerin büyüklüğü ve yönü, kemik-implant arayüzünde gelişecek doku tipini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda literatürde sıklıkla vurgulanan 50–150 µm aralığındaki mikromobilite eşiği, osseointegrasyonun sürdürülebilirliği açısından kritik bir sınır olarak kabul edilmektedir (Szmukler-Moncler et al., 1998).

Bu eşik değerlerin altında kalan kontrollü mikromobilite, kemik dokusunda fizyolojik mekanik uyarı oluşturarak osteoblastik aktiviteyi destekleyebilir. Mekanik yüklerin uygun düzeyde iletilmesi, osteositler aracılığıyla başlatılan mekanotransdüksiyon

süreçleri sayesinde kemik formasyonunu teşvik eder. Bu süreçte osteoblast diferansiyasyonu artarken, yeni kemik matrisi üretimi hızlanır ve implant yüzeyi ile kemik arasında daha güçlü bir biyolojik bağ oluşur (Robling et al., 2006).

Buna karşılık kritik eşiklerin üzerinde gerçekleşen mikromobilité, kemik iyileşmesi yerine fibröz doku oluşumuna yol açabilmektedir. Aşırı hareket, implant çevresinde stabil bir pıhtı oluşumunu bozarak inflamatuvar yanıtın uzamasına ve fibroblastik hücrelerin baskın hale gelmesine neden olur. Bu durum, osseointegrasyonun başarısızlığı ile sonuçlanabilecek bir iyileşme modeline işaret eder (Duyck & Vandamme, 2017).

Kemik-implant arayüzünde gelişen hücresel yanıt, yalnızca mikromobilité düzeyine değil, aynı zamanda implant yüzey özelliklerine ve lokal biyolojik ortama da bağlıdır. Mikro ve nano düzeyde pürüzlendirilmiş implant yüzeyleri, hücre adezyonunu artırarak osteojenik hücrelerin yüzeye tutunmasını kolaylaştırmakta ve kemik oluşumunu hızlandırmaktadır (Albrektsson & Wennerberg, 2004). Bu durum, özellikle immediat yükleme uygulamalarında erken dönemde biyolojik stabilitenin daha hızlı gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Protetik açıdan değerlendirildiğinde, mikromobilitenin kontrolü yalnızca cerrahi aşamada sağlanan primer stabiliteye değil, aynı zamanda oklüzal kuvvetlerin yönlendirilmesine de bağlıdır. Özellikle lateral kuvvetlerin minimize edilmesi, aksiyel yüklerin tercih edilmesi ve gerekirse non-fonksiyonel yükleme yaklaşımının uygulanması, kemik-implant arayüzünde istenmeyen stres birikimini azaltarak osseointegrasyon sürecini destekler.

Kritik mikro hareket eşiği kavramı, immediat yükleme protokollerinin biyolojik temelini oluşturan en önemli parametrelerden biridir. Bu eşik değerlerin altında kalınması, kemik iyileşmesini teşvik ederken; aşılması durumunda implant

başarısızlığına zemin hazırlayan fibröz iyileşme süreci ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle hem cerrahi hem de protetik planlama aşamalarında mikromobilitenin kontrolü, tedavi başarısının sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez bir gerekliliktir.

Vaka Seçimi: Endikasyonlar ve Kontrendikasyonlar

İmmediat yükleme protokolünün başarısı, büyük ölçüde uygun vaka seçimine bağlıdır. Bu yaklaşım, her implant vakasında rutin olarak uygulanabilecek standart bir prosedür olmaktan ziyade; hasta ve lokal faktörlerin dikkatli şekilde analiz edilmesini gerektiren seçici bir tedavi protokolüdür. Klinik karar verme sürecinde, sistemik durum, parafonksiyonel alışkanlıklar, kemik kalitesi ve primer stabilite potansiyeli gibi değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi, komplikasyon riskinin azaltılması ve tedavi başarısının artırılması açısından kritik öneme sahiptir (Gallucci et al., 2018).

Hasta Bazlı Faktörler

Sistemik sağlık durumu, implant tedavisinin biyolojik başarısını doğrudan etkileyen temel belirleyicilerden biridir. Özellikle kontrolsüz diyabet, yara iyileşmesini geciktirerek ve enfeksiyon riskini artırarak osseointegrasyon sürecini olumsuz etkileyebilir (Chrcanovic et al., 2014). Benzer şekilde osteoporoz, kemik metabolizmasındaki değişiklikler nedeniyle implant stabilitesini dolaylı olarak etkileyebilir; ancak kontrollü vakalarda implant başarısının kabul edilebilir düzeylerde olduğu bildirilmektedir (Alsaadi et al., 2007).

Sigara kullanımı, implant çevresindeki vaskülarizasyonu azaltarak ve inflamatuvar yanıtı değiştirerek hem erken hem de geç dönem implant başarısızlığı için önemli bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Özellikle immediat yükleme protokollerinde, erken

iyileşme fazının kritik olması nedeniyle sigara kullanımının etkisi daha belirgin hale gelmektedir (Strietzel et al., 2007).

Parafonksiyonel alışkanlıklar, özellikle bruksizm, implant üzerine gelen oklüzal kuvvetlerin büyüklüğünü ve yönünü değiştirerek mikromobilité riskini artırmaktadır. Bu durum, özellikle immedat yükleme uygulamalarında stability dip döneminde implantın aşırı yüklenmesine neden olabilir. Bu nedenle bruksizm varlığında, oklüzal düzenlemelerin dikkatli yapılması, gerekirse gece plağı kullanımı ve bazı durumlarda immedat yüklemeyden kaçınılması önerilmektedir (Manfredini et al., 2011).

Hasta uyumu ve ağız hijyeni de göz ardı edilmemesi gereken önemli faktörlerdir. Yetersiz plak kontrolü, peri-implant dokularda inflamasyon gelişimine zemin hazırlayarak uzun dönem başarıyı olumsuz etkileyebilir.

Lokal Faktörler

Lokal anatomik ve biyolojik koşullar, immedat yükleme için uygunluk değerlendirmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Kemik kalitesi ve miktarı, primer stabilitenin elde edilmesinde en kritik faktörlerden biridir. Lekholm ve Zarb sınıflamasına göre D1 ve D2 kemik tiplerinde yüksek primer stabilite elde edilmesi daha olasıyken; D3 ve özellikle D4 kemik tiplerinde implant stabilitesi daha düşük olup başarısızlık riski artmaktadır (Lekholm & Zarb, 1985).

Kemik hacmi de benzer şekilde önemlidir. Yetersiz kemik miktarı, implantın optimal pozisyonda yerleştirilmesini zorlaştırarak hem biyomekanik yük dağılımını hem de protetik sonuçları olumsuz etkileyebilir. Bu tür vakalarda augmentasyon prosedürleri veya gecikmiş yükleme protokolleri daha uygun olabilir.

Yumuşak doku biyotipi, hem estetik hem de biyolojik sonuçları etkileyen önemli bir parametredir. Kalın biyotip, marjinal

kemik kaybına ve yumuşak doku resesyonuna karşı daha dirençli iken; ince biyotipte özellikle estetik bölgede mukozal gerileme riski daha yüksektir (Chen & Buser, 2014). Bu nedenle estetik bölgede immedat yükleme planlanırken biyotip analizi kritik öneme sahiptir.

Ayrıca implant bölgesindeki enfeksiyon varlığı, akut inflamasyon veya yetersiz kemik kalitesi gibi lokal kontrendikasyonlar, immedat yükleme uygulamalarında başarısızlık riskini artırmaktadır. Bu durumlarda daha konservatif yükleme protokollerinin tercih edilmesi önerilmektedir.

Genel Değerlendirme

İmmedat yükleme protokolünün başarısı, uygun biyolojik ve mekanik koşulların eş zamanlı olarak sağlanmasına bağlıdır. Bu bağlamda ideal vaka; yeterli kemik hacmi ve uygun kemik kalitesine sahip, yüksek primer stabilitenin elde edilebildiği, sistemik açıdan sağlıklı ve oral hijyen düzeyi yeterli olan bireyler olarak tanımlanabilir. Bununla birlikte parafonksiyonel alışkanlıkların kontrol altında olması ve oklüzal kuvvetlerin dengeli şekilde yönlendirilebilmesi, özellikle erken iyileşme döneminde implantın maruz kaldığı mikromobilitenin sınırlandırılması açısından önem taşımaktadır (Gallucci et al., 2018).

Buna karşılık sistemik risk faktörlerinin varlığı, düşük kemik yoğunluğu (özellikle D3–D4 kemik), yetersiz primer stabilite veya kontrolsüz oklüzal yükler, immedat yükleme uygulamaları için relatif ya da mutlak kontrendikasyon oluşturabilmektedir. Bu tür durumlarda gecikmiş veya erken yükleme protokollerinin tercih edilmesi, uzun dönem implant başarısını artıran daha öngörülebilir bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla vaka seçimi, yalnızca cerrahi uygunluk kriterleriyle sınırlı olmayıp; biyomekanik, protetik ve hasta uyumuna ilişkin parametrelerin entegre biçimde değerlendirilmesini gerektiren çok boyutlu bir karar sürecidir.

Başarıyı Etkileyen Cerrahi Parametreler

İmplant Geometrisinin Stabiliteye Etkisi

İmplant makro-geometrisi, özellikle immedat yükleme protokollerinde primer stabilitenin sağlanmasında belirleyici rol oynamaktadır. Yiv tasarımı, implant çapı, boyu ve koniklik derecesi, implant ile kemik arasındaki mekanik kilitlenmeyi doğrudan etkilemektedir. Konik (tapered) implantların, özellikle düşük yoğunluklu kemikte lateral kompresyon oluşturarak daha yüksek primer stabilite sağladığı gösterilmiştir (O'Sullivan et al., 2000).

Ayrıca geniş çaplı ve uzun implantlar, kemik ile temas yüzeyini artırarak stres dağılımını daha homojen hale getirmekte ve implant üzerindeki birim alan başına düşen yükü azaltmaktadır. Bununla birlikte, implant çapının artırılması her zaman mümkün olmayabileceğinden, kemik anatomisinin ve protetik gereksinimlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Misch, 1999).

Yerleştirme Torqu ve ISQ Değerleri

Yerleştirme torqu (insertion torque), implantın kemik içerisindeki primer stabilitesini yansıtan klinik olarak ölçülebilir önemli bir parametredir. Literatürde ≥ 35 Ncm torqu değerinin immedat yükleme için genel kabul gören bir eşik olduğu bildirilmiştir (Degidi et al., 2008). Bununla birlikte yalnızca torqu değerine dayalı değerlendirme yeterli olmayıp, kemik kalitesi ve implant tasarımı ile birlikte yorumlanmalıdır.

Rezonans frekans analizi (RFA) ile elde edilen Implant Stability Quotient (ISQ) değerleri, implant stabilitesinin objektif ve non-invaziv bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Genellikle 60–70 ve üzeri ISQ değerleri, klinik olarak yeterli stabiliteyi işaret etmekte ve immedat yükleme açısından uygun bir biyomekanik ortamı göstermektedir ((Meredith, 1998). ISQ

ölçümlerinin zaman içerisindeki değişimi, stability dip döneminin takibinde de klinik olarak yol gösterici olabilmektedir.

Cerrahi Rehberlerin Doğruluğa Etkisi

Dijital planlama ve bilgisayar destekli cerrahi rehberler, implantın üç boyutlu pozisyonunun önceden belirlenmesine olanak sağlayarak cerrahi doğruluğu artırmaktadır. Bu yaklaşım, implantın protetik olarak ideal konumda yerleştirilmesini mümkün kılmakta ve böylece hem oklüzal yük dağılımının optimize edilmesine hem de pasif uyumun sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Joda et al., 2017).

Ayrıca dijital rehberli cerrahi, cerrahi travmanın azaltılması, operasyon süresinin kısaltılması ve özellikle immediat yükleme planlanan vakalarda geçici restorasyonun önceden hazırlanabilmesi gibi avantajlar sunmaktadır. Bu durum, cerrahi ve protetik aşamalar arasındaki entegrasyonu güçlendirerek tedavi sürecinin öngörülebilirliğini artırmaktadır.

Protetik İş Akışı ve Dijital Yaklaşımlar

İmmediat yükleme protokollerinde protetik iş akışı, cerrahi aşama ile eş zamanlı ilerleyen ve tedavi başarısını doğrudan etkileyen kritik bir bileşendir. Günümüzde dijital diş hekimliği uygulamalarının gelişmesiyle birlikte, ölçü alma, restorasyon tasarımı ve üretim süreçleri daha öngörülebilir, hızlı ve hassas hale gelmiştir. Bu dijital entegrasyon, özellikle immediat yükleme uygulamalarında zaman yönetimi ve pasif uyumun sağlanması açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Joda et al., 2017).

Dijital Ölçü ve Scan Body Kullanımı

Dijital ölçü teknikleri, geleneksel elastomerik ölçü yöntemlerine kıyasla hasta konforunu artırmakta, klinik süreci kısaltmakta ve ölçü hatalarını azaltmaktadır. İntraoral tarayıcılar

aracılığıyla elde edilen veriler, implant pozisyonunun yüksek doğrulukla dijital ortama aktarılmasına olanak tanır. Bu süreçte kullanılan scan body bileşenleri, implantın üç boyutlu konumunun yazılım ortamında doğru şekilde tanımlanmasını sağlayan referans yapılar olarak kritik rol oynar.

Scan body'nin geometrik doğruluğu, materyal özellikleri ve dijital kütüphane uyumu, ölçü hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Literatürde, uygun şekilde kullanılan dijital ölçü sistemlerinin, özellikle tek diş ve kısa span restorasyonlarda geleneksel yöntemlerle karşılaştırılabilir doğruluk sunduğu bildirilmiştir (Papaspolidakos et al., 2014).

CAD/CAM ile Geçici Restorasyon

CAD/CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing) teknolojileri, immedat geçici restorasyonların hızlı ve kontrollü bir şekilde üretilmesine olanak tanımaktadır. Dijital planlama sayesinde, implant yerleştirilmeden önce geçici restorasyon tasarlanabilir ve cerrahi sonrasında kısa sürede uygulanabilir.

Bu yaklaşım, klinik sürenin kısılmasını sağlarken aynı zamanda restorasyonun morfolojisi, oklüzal ilişkileri ve estetik parametrelerinin önceden optimize edilmesine imkân verir. Ayrıca CAD/CAM üretim süreçleri, manuel tekniklere kıyasla daha yüksek tekrarlanabilirlik ve standardizasyon sunmaktadır (Joda et al., 2015).

Pasif Uyumun Önemi

Pasif uyum, implant destekli restorasyonların başarısında temel biyomekanik gerekliliklerden biridir. İmmedat yükleme protokollerinde bu kavram daha da kritik hale gelmektedir; çünkü osseointegrasyon süreci henüz tamamlanmamış implantlar, ek streslere karşı daha hassastır.

Protetik altyapının implantlara pasif olarak oturmaması durumunda, vida bağlantılarında gerilim birikimi ve implant çevresinde istenmeyen stres dağılımı meydana gelebilir. Bu durum, mikromobilitiyi artırarak hem biyolojik hem de mekanik komplikasyonlara yol açabilir (Sahin & Çehreli, 2001). Bu nedenle dijital planlama, hassas üretim teknikleri ve doğru klinik uygulama ile pasif uyumun sağlanması zorunludur.

Biyomekanik Prensipler ve Oklüzyon

Oklüzal Şemalar

İmmediat yükleme protokollerinde oklüzal kuvvetlerin yönü ve büyüklüğü, implant başarısını doğrudan etkileyen faktörler arasındadır. Özellikle erken iyileşme döneminde lateral (yanal) kuvvetlerin minimize edilmesi ve aksiyel yüklerin tercih edilmesi önerilmektedir. Bu amaçla eksantrik hareketlerde temasların azaltılması veya tamamen elimine edilmesi, implant üzerindeki zararlı streslerin kontrol altına alınmasına katkı sağlar (Misch, 1999).

Splintleme Prensipleri

Çok üyeli restorasyonlarda implantların birbirine bağlanması (splintleme), oklüzal yüklerin daha geniş bir alana dağıtılmasını sağlayarak her bir implant üzerindeki stres miktarını azaltır. Bu yaklaşım, özellikle immediat yükleme protokollerinde stability dip döneminde mikromobilitenin sınırlandırılması açısından önem taşımaktadır (Maló et al., 2003).

Materyal Seçimi

Geçici restorasyonlarda kullanılan materyaller, mekanik dayanım, estetik özellikler ve biyolojik uyum açısından farklı avantajlar sunmaktadır. PMMA (polimetil metakrilat), estetik ve kolay işlenebilirlik açısından yaygın olarak tercih edilirken; PEEK

(polyetheretherketone) materyalleri daha yüksek mekanik dayanım ve elastik modül özellikleri ile dikkat çekmektedir.

Kompozit materyaller ise ara bir seçenek sunarak hem estetik hem de fonksiyonel gereksinimleri karşılayabilmektedir. Bununla birlikte materyal seçimi, yalnızca mekanik özelliklere değil, aynı zamanda yüzey pürüzlülüğüne de bağlıdır. Daha pürüzsüz yüzeyler, plak birikimini azaltarak peri-implant yumuşak dokuların sağlığını desteklemektedir (Najeeb et al., 2016).

Komplikasyonlar ve Çözüm Yolları

İmmediat yükleme protokollerinde karşılaşılan komplikasyonlar genellikle biyolojik ve mekanik olmak üzere iki ana grupta değerlendirilmektedir. Erken dönem implant kayıpları çoğunlukla yetersiz primer stabilite, aşırı mikromobilite veya uygunsuz yükleme koşulları ile ilişkilidir.

Mekanik komplikasyonlar arasında vida gevşemesi, abutment kırıkları ve geçici restorasyon hasarları yer almaktadır. Bu komplikasyonların büyük bir kısmı, oklüzal dengesizlik, pasif uyum eksikliği ve yetersiz splintleme ile ilişkilidir. Bu nedenle düzenli klinik kontroller, oklüzal analiz ve gerekli durumlarda erken müdahale, komplikasyonların önlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Goodacre et al., 2003).

Sonuç

İmmediat yükleme protokolleri, uygun hasta seçimi, doğru cerrahi yaklaşım ve iyi planlanmış protetik iş akışı ile uygulandığında, implant tedavisinde hem fonksiyonel hem de estetik açıdan başarılı sonuçlar sunmaktadır. Dijital teknolojilerin klinik pratiğe entegrasyonu, ölçü doğruluğunu artırmakta, restorasyon üretim sürecini hızlandırmakta ve tedavi öngörülebilirliğini önemli ölçüde geliştirmektedir.

Bununla birlikte, bu protokolün başarısı; biyolojik prensiplerin doğru anlaşılması, oklüzal kuvvetlerin etkin yönetimi ve pasif uyumun sağlanması gibi çok sayıda faktörün birlikte optimize edilmesine bağlıdır. Bu nedenle immedat yükleme, dikkatli planlama ve multidisipliner yaklaşım gerektiren ileri düzey bir implant tedavi protokolü olarak değerlendirilmelidir.

Kaynakça

Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2004). Oral implant surfaces: Part 1—Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. *The International Journal of Prosthodontics*, *17*(5), 536–543.

Alsaadi, G., Quirynen, M., Komárek, A., & Van Steenberghe, D. (2007). Impact of local and systemic factors on the incidence of oral implant failures, up to abutment connection. *Journal of Clinical Periodontology*, *34*(7), 610–617. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01077.x>

Berglundh, T., Abrahamsson, I., Lang, N. P., & Lindhe, J. (2003). *De novo* alveolar bone formation adjacent to endosseous implants: A model study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*, *14*(3), 251–262. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2003.00972.x>

Brånemark, P. I., Hansson, B. O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., & Öhman, A. (1977). Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw: Experience from a 10-year period. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery Supplementum*, *16*, 1–132.

Chen, S. T., & Buser, D. (2014). Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla: A systematic review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, *29*(Suppl), 186–215. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g3.3>

Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2014). Diabetes and oral implant failure: A systematic review. *Journal of Dental Research*, *93*(9), 859–867. <https://doi.org/10.1177/0022034514538820>

Davies, J. E. (2003). Understanding Peri-Implant Endosseous Healing. *Journal of Dental Education*, 67(8), 932–949. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2003.67.8.tb03681.x>

Degidi, M., Piattelli, A., & Carinci, F. (2008). Clinical outcome of narrow diameter implants: A retrospective study of 510 implants. *Journal of Periodontology*, 79(1), 49–54. <https://doi.org/10.1902/jop.2008.070248>

Duyck, J., & Vandamme, K. (2017). The effect of loading on peri-implant bone: A critical review of the literature. *Bone Response to Dental Implant Materials*, 139–161.

Esposito, M., Grusovin, M. G., Maghaireh, H., & Worthington, H. V. (2013). Interventions for replacing missing teeth: Different times for loading dental implants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), CD003878. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003878.pub5>

Esposito, M., Grusovin, M. G., Willings, M., Coulthard, P., & Worthington, H. V. (2007). Interventions for replacing missing teeth: Different times for loading dental implants. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (2), CD003878. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003878.pub3>

Frost, H. M. (2004). A 2003 update of bone physiology and Wolff's Law for clinicians. *The Angle Orthodontist*, 74(1), 3–15.

Gallucci, G. O., Benic, G. I., Eckert, S. E., & Paspaspyridakos, P. (2014). Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(Suppl), 287–290. <https://doi.org/10.11607/jomi.2013.g4>

Gallucci, G. O., Hamilton, A., Zhou, W., Buser, D., & Chen, S. (2018). Implant placement and loading protocols in partially

edentulous patients: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 29(Suppl 16), 106–134. <https://doi.org/10.1111/clr.13276>

Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., & Kan, J. Y. (2003). Clinical complications with implants and implant prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(2), 121–132.

Joda, T., Braegger, U., & Gallucci, G. (2015). Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(2). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08822786&AN=102711276&h=vLiYcaphiLJ27Io%2BO7KQc18MbuKKTjmcHHTrMF9QoxfoF0558QrxMhoTkPIWGXfJu4Cs3vGQ0nMKq9XEXX8uhQ%3D%3D&crl=c>

Joda, T., Zarone, F., & Ferrari, M. (2017). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. *BMC Oral Health*, 17(1), 124. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0415-0>

Lekholm, U., & Zarb, G. A. (1985). *Patient selection and preparation* (p. 209).

Maló, P., Rangert, B., & Nobre, M. (2003). All-on-Four immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 5(Suppl 1), 2–9. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2003.tb00010.x>

Manfredini, D., Bucci, M. B., Sabattini, V. B., & Lobbezoo, F. (2011). Bruxism: Overview of Current Knowledge and Suggestions for Dental Implants Planning. *CRANIO®*, 29(4), 304–312. <https://doi.org/10.1179/crn.2011.045>

Meredith, N. (1998). Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *The International Journal of Prosthodontics*, 11(5), 491–501.

Misch, C. E. (1999). Contemporary implant dentistry. *Implant Dentistry*, 8(1), 90.

Najeeb, S., Zafar, M. S., Khurshid, Z., & Siddiqui, F. (2016). Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(1), 12–19.

O’Sullivan, D., Sennerby, L., & Meredith, N. (2000). Measurements comparing the initial stability of five designs of dental implants: A human cadaver study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 2(2), 85–92. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2000.tb00110.x>

Papaspyridakos, P., Chen, C.-J., Gallucci, G. O., Doukoudakis, A., Weber, H.-P., & Chronopoulos, V. (2014). Accuracy of implant impressions for partially and completely edentulous patients: A systematic review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(4). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08822786&AN=96995115&h=ffMVO9%2FflaKXmwgb4yJe6%2FMsp%2FzwqpAWOJD3OLjhWpy%2F%2FaMo6HlfzrzoTnkaGWIomowQ%2F107MOM%2FGy%2FGLI1xsgQ%3D%3D&crl=c>

Raghavendra, S., Wood, M. C., & Taylor, T. D. (2005). Early wound healing around endosseous implants: A review of the literature. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 20(3).

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08822786&AN=36831241&>

h=iXtxysST7SqYcdnTubBW97hdxRWe4EDswajWM5c%2F8g0B
wjNQhP0YhxK5vZ9FzZJMPdwWEBPtG2z5Z5vOyL1nzA%3D%
3D&crl=c

Robling, A. G., Castillo, A. B., & Turner, C. H. (2006). BIOMECHANICAL AND MOLECULAR REGULATION OF BONE REMODELING. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 8(1), 455–498. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.8.061505.095721>

Sahin, S., & Çehreli, M. C. (2001). The significance of passive framework fit in implant prosthodontics: Current status. *Implant Dentistry*, 10(2), 85–92. <https://doi.org/10.1097/00008505-200104000-00003>

Strietzel, F. P., Reichart, P. A., Kale, A., Kulkarni, M., Wegner, B., & Kuchler, I. (2007). Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 34(6), 523–544. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x>

Szmukler-Moncler, S., Salama, H., Reingewirtz, Y., & Dubruille, J. H. (1998). Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: Review of experimental literature. *Journal of Biomedical Materials Research*, 43(2), 192–203.

İMLANT ÇEVRESİ YUMUŞAK DOKU YÖNETİMİ

MEHMET ALİ AKINAL¹

Giriş

Dental implantolojide başarı kavramı uzun yıllar boyunca büyük ölçüde osseointegrasyonun varlığı, implantın ağızda fonksiyon görmesi ve belirgin mekanik ya da biyolojik komplikasyonların bulunmaması üzerinden tanımlanmıştır. Güncel yaklaşım, implant tedavisinin değerlendirilmesini yalnızca implantın kemikle bütünleşmesiyle sınırlamamakta; peri-implant sağlığın korunmasını, yumuşak ve sert dokuların zaman içindeki stabilitesini, hijyenin sürdürülebilirliğini ve estetik sonucun hasta tarafından kabul edilebilir olmasını da tedavi başarısının bileşenleri arasında görmektedir. Bu nedenle modern implant diş hekimliği, salt kemik entegrasyonundan çok daha geniş bir biyolojik ve protetik entegrasyon anlayışına yönelmiştir (Monje et al., 2023; Papaspyridakos et al., 2012).

Peri-implant yumuşak doku, bu bütüncül başarı anlayışının merkezinde yer almaktadır. Sağlıklı peri-implant mukoza, implant-

¹Arş. Gör, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,Protetik Diş Tedavisi, Orcid: 0009-0008-8088-0349

abutment kompleksini çevreleyen epitel ve bağ dokusu bileşenleriyle koruyucu bir mukozal seal oluşturarak alttaki sert dokuların korunmasına katkıda bulunur. Bu yapı doğal diş çevresindeki periodontal dokularla histolojik ve fonksiyonel açıdan bütünüyle özdeş olmasa da, peri-implant sağlığın sürdürülmesinde temel savunma hattını temsil eder. Nitekim peri-implant sağlık; klinik olarak eritem, şişlik, sondlamada kanama ve suppurasyonun bulunmaması ile karakterize edilir ve bu sağlık durumu, kemik desteği azalmış implantlarda bile var olabilir. Bu bağlamda yumuşak dokunun kalitesi ve stabilitesi, yalnızca estetik bir gereklilik değil, aynı zamanda biyolojik dengenin korunması için temel bir koşuldur (Araujo & Lindhe, 2018; Heitz-Mayfield, 2024).

Son yıllarda bu alanın kavramsal dili de belirgin biçimde gelişmiştir. Özellikle “peri-implant fenotip” kavramı, implant çevresindeki dokuların morfolojik ve boyutsal özelliklerini daha sistematik biçimde değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Bu fenotip; yumuşak doku bileşeni olarak keratinize mukoza genişliği, mukozal kalınlık ve suprakrestal doku yüksekliğini, sert doku bileşeni olarak ise peri-implant kemik kalınlığını içermektedir. Güncel literatür, bu parametrelerin yalnızca doku görünümünü değil, inflamasyon kontrolünü, marjinal doku stabilitesini ve estetik sonucun öngörülebilirliğini de etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle implant çevresi yumuşak doku artık yalnızca “var olan” bir örtü dokusu olarak değil, tedavi planlaması sırasında değerlendirilmesi ve gerektiğinde modifiye edilmesi gereken bir biyolojik kompleks olarak ele alınmaktadır (Avila-Ortiz et al., 2020; Monje et al., 2023; Tavelli et al., 2021).

Peri-implant yumuşak doku yönetimi yalnızca cerrahi bir mesele değildir. Bağ dokusu greftleri, serbest dişeti greftleri ya da hacim artırıcı girişimler yumuşak doku fenotipinin iyileştirilmesinde önemli araçlar olsa da, elde edilen sonucun sürdürülebilirliği implantın üç boyutlu konumu, abutment materyali ve yüzey

özellikleri, geçici ve kalıcı restorasyonların şekli ile protezin çıkış profilinden doğrudan etkilenmektedir. Başka bir ifadeyle, implant çevresi yumuşak doku entegrasyonu cerrahi, protetik ve biyolojik faktörlerin kesişimiyle şekillenen bir süreçtir. Özellikle abutment özellikleri ve protezle ilişkili doku şekillendirme yaklaşımları, peri-implant yumuşak dokunun inflamatuvar yanıtı ve estetik mimari üzerinde belirleyici olabilir (Sanz-Martín et al., 2018; Sun & Chang, 2024; Tavelli et al., 2021).

Dijital teknolojilerin gelişmesi, implant çevresi yumuşak dokunun değerlendirilmesi ve yönetilmesinde yeni olanaklar ortaya koymuştur. İntraoral tarayıcılar, dijital profil analizleri, ultrasonografi destekli ölçümler ve üç boyutlu planlama yaklaşımları; hem başlangıç fenotipinin değerlendirilmesinde hem de cerrahi ve protetik girişimlerin sonuçlarının izlenmesinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu gelişmeler, yumuşak doku yönetiminin yalnızca deneyime dayalı olmaktan çıkartıp daha ölçülebilir ve öngörülebilir bir klinik disiplin haline gelmesine katkı sağlamaktadır (Strauss et al., 2024).

Bu bölümün amacı, implant çevresi yumuşak dokuların anatomik ve biyolojik temellerini ortaya koymak; cerrahi ve protetik doku yönetimi ilkelerini güncel literatür ışığında tartışmak; ayrıca klinisyene, peri-implant sağlık ve estetiğin uzun dönem korunmasına yönelik bütüncül bir bakış açısı sunmaktır.

Doğal Diş ve İmplant Çevresi Yumuşak Doku Anatomisinin Karşılaştırılması

Doğal diş çevresindeki yumuşak doku ile implant çevresinde gelişen peri-implant mukoza, klinikte benzer görünüm sergilese de biyoloji ve fonksiyonel davranışları bakımından farklıdır. Doğal diş, sement, periodontal ligament ve alveol kemiğiyle birlikte gerçek bir ataşman aygıtının parçasıdır. İmplant çevresindeki yumuşak doku, osseointegre bir yüzey etrafında iyileşme süreciyle oluşan bir

mukozal bariyer niteliği taşır. Bu nedenle implant çevresindeki doku, periodontal dokunun doğrudan eşdeğeri olarak değil, kendine zđđ histolojik ve biyolojik özellikleri olan bir peri-implant kompleks olarak değerlendirilmelidir. Güncel literatür de peri-implant mukozanın, alttaki kemiği koruyan kritik bir savunma hattı olmakla birlikte doğal diş çevresindeki bağ dokusu organizasyonu, vasküler destek ve iyileşme dinamikleri açısından daha kırılđan bir sistem olduğunu göstermektedir (Araujo & Lindhe, 2018; Ivanovski & Lee, 2018).

Bu farkın en belirgin yönlerinden biri bağ doku liflerinin oryantasyonudur. Doğal diş çevresinde suprakrestal bağ dokusu lifleri sement içine Sharpey lifleri olarak gömülür ve diş yüzeyine dik ya da eğik yönde uzanarak hem mekanik stabilite hem de doku direnci sağlar. İmplant çevresinde ise sement ve periodontal ligament bulunmadığından bu lifler gözlenmez. Kollajen lifler çoğunlukla implant veya abutment yüzeyine paralel seyrederek; özellikle mukozada ana kollajen demetlerinin krestal kemikten başlayıp metal yüzeye paralel marjinal yönde uzandığı, bazı implant-abutment konfigürasyonlarında ise sirküler lif düzenlenmesinin görülebildiği bildirilmiştir. Bu durum, implant çevresindeki bağ doku ataşmanının diş çevresindeki kadar dirençli ve fonksiyonel olmadığını düşündürmektedir. İnsan histolojik çalışmalarında platform-switching ve konik abutment kullanılan olgularda sirküler lif düzenlenmesi tanımlanmış olsa da, bu yapı yine de doğal dişteki Sharpey tipi lif düzeninin yerini tam olarak almamaktadır (Araujo & Lindhe, 2018; Berglundh et al., 1991).

Vaskülarizasyon açısından bakıldığında da iki yapı arasında önemli farklar vardır. Doğal diş çevresindeki gingiva, suprapariostal damarların yanı sıra periodontal ligamentten gelen zengin bir vasküler ađ ile beslenir. Buna karşılığ implant çevresindeki bağ dokuda periodontal ligament kaynaklı damar desteği yoktur; vasküler beslenme daha çok suprapariostal pleksus ve krestal

bölgeden gelen terminal damarlarla sınırlıdır. Histolojik incelemeler, peri-implant mukozanın özellikle implant yüzeyine komşu bağ doku adezyon zonunda daha az vasküler yapı içerdiğini göstermektedir. Bu azalmış damar desteği yalnızca beslenme farkı anlamına gelmez; aynı zamanda inflamatuvar hücre göçü, iyileşme kapasitesi ve mikrobiyal saldırıya karşı savunma potansiyeli üzerinde de etkilidir. Klinik ve translasyonel çalışmalar, peri-implant yara iyileşmesinin periodontal iyileşmeden farklı bir moleküler patern sergilediğini ve erken dönemde daha belirgin bir proinflamatuvar yanıt oluşabileceğini göstermiştir. Bu nedenle implant çevresi yumuşak doku, hem biyolojik savunma hem de yara iyileşmesi bakımından doğal diş çevresindeki gingivadan daha sınırlı bir rezervle çalışmaktadır (Araujo & Lindhe, 2018; Berglundh et al., 1994; Emecen-Huja et al., 2013; Ivanovski & Lee, 2018).

Doğal diş ve implant çevresindeki yumuşak dokular arasındaki bir diğer fark, suprakrestal doku ataşmanının, klasik terminolojiyle biyolojik genişliğin, boyutları ve kuruluş biçimidir. Doğal dişte dentogingival kompleks ortalama yaklaşık 0.97 mm birleşim epiteli ve 1.07 mm bağ dokusu ataşmanından oluşur. İmplant çevresinde ise epitel komponentin daha uzun olduğu, peri-implant suprakrestal ataşmanın yaklaşık 1.88 mm epitel ve 1.05 mm bağ dokusu bileşeninden oluştuğu; toplam sağlıklı peri-implant mukoza yüksekliğinin ise çoğu durumda yaklaşık 3–4 mm'ye ulaştığı bildirilmektedir. Bu durum, peri-implant mukozanın bakteriyel penetrasyona ve doku gerilemesine karşı daha hassas olmasının biyolojik zeminini açıklar. Ayrıca implant çevresinde bağ dokunun fibroblast içeriğinin ve yüzeyle etkileşim biçiminin doğal diştten farklı oluşu, bu bariyerin daha çok “adaptasyon/adezyon” karakteri taşımasına yol açmaktadır (Araujo & Lindhe, 2018; Choe et al., 2024).

Mukozal bariyerin boyutları implant sisteminin tasarımından tamamen bağımsız değildir; ancak güncel kanıtlar, toplam yumuşak

doku ataşmanın belli bir minimal vertikal boyutu koruma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Çalışmalar, farklı implant sistemleri çevresinde de yaklaşık 1.5–2 mm’lik birleşim epiteli ve 1–2 mm’lik bağ dokusu zonunun oluştuğu; yani organizmanın biyolojik olarak belirli bir suprakrestal doku yüksekliği yaratmaya çalıştığı gösterilmiştir. Eğer mevcut mukozal kalınlık bu boyutu karşılamıyorsa, krestal kemik rezorpsiyonu gelişerek gerekli vertikal alan yeniden oluşturulabilir. Bu biyolojik ilke özellikle kemik seviyeli implantlarda daha belirgin klinik önem taşır; çünkü bu tasarımda implant-abutment ara yüzü krest seviyesinde ya da ona çok yakın konumlanır. Doku seviyeli implantlarda ise implant-abutment ara yüzü daha koronal, yumuşak doku içinde yer alır ve düzgün transmukozal collar mukozayla temas eder. Böylece mikroaralık kemiğe göre daha koronale taşınmış olur. Buna karşılık kemik seviyeli sistemlerde biyolojik bariyerin oluşumu, yumuşak doku kalınlığı, implant boyun tasarımı ve ara yüz konfigürasyonu ile daha yakından ilişkilidir. Platform-switching gibi yaklaşımların da bu biyolojik alanın daha koronal ve medial yönde organize olmasına katkı sağlayabildiği ileri sürülmüştür (Abrahamsson et al., 1996; Choe et al., 2024; Cochran et al., 2013; Hermann et al., 2001).

Bu histolojik ve anatomik farklılıkların klinik sonucu olarak peri-implant yumuşak doku, doğal diş çevresindeki gingivaya göre inflamasyona, marjinal doku değişimine ve estetik bozulmaya daha duyarlı bir biyolojik çevredir. Dolayısıyla implant tedavisinde doğal diş çevresi periodontal prensiplerinin birebir kopyalanması yeterli değildir. İmplant çevresinde yumuşak doku kalınlığının korunması, yeterli keratinize mukoza varlığı, uygun implant derinliği ve boyun tasarımı, abutment/protez geçiş bölgesinin kontrollü biçimde şekillendirilmesi ve iyileşme biyolojisinin gözetilmesi, uzun dönem peri-implant sağlığın temel bileşenleri olarak görülmelidir. Bu anatomik farklılıklar, cerrahi ve protetik doku yönetimi stratejilerinin neden implantolojide bu kadar belirleyici olduğunu

açıklayan biyolojik temeli oluşturmaktadır (Araujo & Lindhe, 2018; Choe et al., 2024; Ivanovski & Lee, 2018).

İmplant Çevresi Dokuların Değerlendirilmesi

İmplant çevresi yumuşak dokuların değerlendirilmesi, yalnızca mevcut mukozanın gözle incelenmesinden ibaret değildir; bu değerlendirme, tedavi öncesi risk analizinin, cerrahi yaklaşımın ve protetik tasarımın temelini oluşturur. Güncel literatürde bu alan çoğunlukla peri-implant fenotip kavramı içinde ele alınmaktadır. Bu fenotip; keratinize mukoza genişliği, mukozal kalınlık, suprakrestal doku yüksekliği ve peri-implant kemik kalınlığı gibi bileşenleri içerir. Dolayısıyla vaka seçimi yapılırken, yalnızca kemik hacmi değil, yumuşak dokunun kalınlığı, keratinizasyonu, hareketliliği, komşu dişlerle ilişkisi ve planlanan restorasyonun gerektirdiği çıkış profili de birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle çağdaş implant planlaması biyolojik, estetik ve restoratif parametrelerin eşzamanlı analizine dayanır (Avila-Ortiz et al., 2020; Monje et al., 2023; Wang et al., 2021).

Doku kalınlığının yanında dokunun genişlik, yükseklik ve kemikle ilişkili boyutsal özelliklerini de kapsayan fenotip kavramı literatürde benimsenmiş olmasına rağmen günlük pratikte hâlâ ince, orta ve kalın biyotip ayrımı kullanılmaktadır. Burada önemli nokta, literatürdeki kanıtların büyük ölçüde ince ve kalın fenotip karşılaştırmasına dayandığı, “orta fenotip” için ise daha çok klinik ara grup yaklaşımının benimsendiğidir. İnce fenotipli olgularda mukozal marjin daha kırılğan davranmakta, implant veya abutment renginin doku üzerinden yansıma olasılığı artmakta ve özellikle estetik bölgede mukozal çekilme riski yükselmektedir. Buna karşılık kalın fenotipli dokular, daha öngörülebilir marjinal stabilite ve daha olumlu estetik sonuçlarla ilişkilendirilmektedir. Orta fenotip, pratikte bu iki uç arasında yer alan daha dengeli bir profil olarak düşünülebilir; ancak ince fenotipe kıyasla daha güvenli kabul edilse

bile, kalın fenotip kadar koruyucu olduğu söylenemez. Bu nedenle özellikle ön bölgede implant planlanırken fenotipin doğru belirlenmesi, gerektiğinde bağ dokusu kalınlaştırma gibi fenotip modifikasyonlarının önceden düşünülmesi gerekir (Bienz et al., 2022; Monje et al., 2023; Wang et al., 2021).

Fenotip değerlendirmesi klinikte klasik sond translusensisi, transgingival ölçüm ve görsel analiz ile yapılabilir de, son yıllarda daha objektif yöntemler ön plana çıkmıştır. Keratinize doku genişliğinin dijital taramalar üzerinden ölçülmesinin periodontal sondla yapılan konvansiyonel ölçümlere göre daha doğru ve daha güvenilir olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde, dijital tarama, CBCT, ultrasonografi ve optik üst üste bindirme yöntemleri; mukozal kalınlığın, keratinize mukoza genişliğinin ve midfasiyal doku seyrinin daha hassas biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu gelişmeler, implant çevresi doku analizini yalnızca tanımlayıcı bir muayene olmaktan çıkarıp ölçülebilir tanısal basamağa dönüştürmüştür (Lee et al., 2020; Strauss et al., 2024).

Keratinize mukoza genişliğinin önemi ise implantolojide en çok tartışılmış başlıklardan biridir. Uzun süre boyunca “keratinize doku mutlaka gerekli midir?” sorusuna net bir yanıt verilememiştir. Erken dönem yorumlarda yeterli oral hijyen sağlanabildiği sürece keratinize mukozanın vazgeçilmez olmadığı ileri sürülmüş; ancak daha yeni sistematik derlemeler, meta-analizler ve uzun dönem yeniden değerlendirme çalışmaları bu görüşü önemli ölçüde yumuşatmıştır. Güncel kanıtlar, keratinize mukoza genişliğinin 2 mm'nin altında olduğu implant çevrelerinde daha fazla plak birikimi, daha yüksek inflamasyon bulguları, sondlamada kanama, daha zor hijyen ve fırçalama sırasında daha fazla rahatsızlık görülebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte keratinize mukoza yokluğunun implant kaybı için doğrudan ve tek başına belirleyici bir unsur olduğu söylenemez; asıl etki daha çok peri-implant doku sağlığı, hasta konforu ve bakımın sürdürülebilirliği üzerinde ortaya

çıkmaktadır. Dolayısıyla güncel yaklaşım, keratinize mukozayı osseointegrasyon için mutlak bir ön koşul olarak değil, peri-implant sağlığın uzun dönem korunması açısından önemli bir koruyucu doku özelliği olarak değerlendirmektedir (Bressan et al., 2024; Mahardawi et al., 2023; Ravidà et al., 2022; Stefanini et al., 2023).

Keratinize mukozanın etkisinin hasta ve saha koşullarından bağımsız düşünülmemesi gerekmektedir. Düzenli bakım programına katılan, iyi plak kontrolü sağlayan ve protez konturları uygun olan hastalarda keratinize mukoza eksikliğinin olumsuz etkisi daha sınırlı olabilir. Buna karşılık ince fenotipli, hijyeni zorlaştıran protez tasarımına sahip, posterior bölgede yer alan ya da uzun dönem bakım uyumu zayıf hastalarda keratinize mukoza eksikliği çok daha belirgin klinik sorunlara yol açabilmektedir. Nitekim güncel çalışmalarda ince fenotip ve yetersiz keratinize mukoza kombinasyonunun peri-implant hastalık ve fırçalama rahatsızlığı açısından daha olumsuz bir profil sunduğu bildirilmiştir. Ayrıca daha yeni klinik veriler, dar keratinize mukoza genişliği ile ince mukozal kalınlığın birlikte bulunduğu alanlarda erken kemik kaybı eğiliminin de artabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle keratinize mukoza genişliği tek başına değil, mukozal kalınlık ve genel fenotip ile birlikte yorumlanmalıdır (Gharpure et al., 2021; Mancini et al., 2024).

Üç boyutlu implant pozisyonu, peri-implant yumuşak doku stabilitesinin en kritik belirleyicilerinden biridir. Bugün artık implantın “kemiğin içine yerleştirilmesi” yeterli kabul edilmemekte, implantın restoratif hedefe göre yönlendirilmiş prosthetically driven bir pozisyonda yer alması beklenmektedir. Apiko-koronal yönde çok koronal yerleştirilen implantlarda uzun klinik kron, marjinal yumuşak doku çekilmesi ve metal komponentlerin görünürlüğü gibi sorunlar daha sık görülürken; çok derin yerleştirme de biyolojik alanın yeniden kurulması için kemik ve yumuşak doku remodelasyonunu artırabilmektedir. Vestibülo-lingual planda fazla

vestibüler konumlandırma, fasiyal kemik ve yumuşak doku desteğini azaltarak midfasiyal çekilme riskini yükseltir; bu nedenle özellikle estetik bölgede implantın hafif palatinal/lingual konumda yerleştirilmesi genel kabul görmüş bir ilkedir. Mezyo-distal yönde ise komşu diş ve implantlarla yeterli mesafenin korunmaması, papil desteğinin bozulmasına ve interproksimal doku kaybına yol açabilir. Bu nedenle yumuşak doku stabilitesi açısından 3D implant pozisyonu yalnızca cerrahi doğruluk değil, doğrudan estetik ve biyolojik öngörülebilirlik meselesidir (Buser et al., 2017; Chen et al., 2023; Sun & Chang, 2024).

Estetik bölgede önerilen pozisyonlama ilkeleri de bu biyolojik mantığın sonucudur. Literatürde implant omzunun planlanan yumuşak doku marjinine göre yaklaşık 3–4 mm apikalde konumlandırılması, implantın fasiyale değil daha çok palatinal yönlendirilmesi ve komşu dişlere en az yaklaşık 1.5 mm mesafe bırakılması sık tekrarlanan prensiplerdir. Bu ölçüler mutlak kurallar değil, doku fenotipi, soket morfolojisi, restorasyon tipi ve implant tasarımına göre uyarlanması gereken klinik rehberlerdir. Bununla birlikte yanlış vestibüler konum, aşırı koronal yerleşim veya yetersiz mezyo-distal mesafe, daha sonra yapılacak yumuşak doku greftleme girişimlerinin başarı şansını azaltabilen iatrojenik sorunlardır. Başka bir ifadeyle, kötü 3D implant pozisyonu çoğu zaman sonradan “telafi edilmeye çalışılan” bir yumuşak doku problemine dönüşür. Bu nedenle vaka seçiminin en önemli parçası, bölgedeki yumuşak doku kalitesi ile implantın ideal protez ekseninde yerleştirilip yerleştirilemeyeceğinin tedavi öncesinde doğru analiz edilmesidir (Buser et al., 2017; Chen et al., 2023; Sun & Chang, 2024).

İmplant çevresi dokuların değerlendirilmesi; fenotipin belirlenmesi, keratinize mukoza genişliğinin ölçülmesi ve implantın üç boyutlu restoratif pozisyonunun analiz edilmesini içeren çok katmanlı bir tanısal süreçtir. İnce fenotip, yetersiz keratinize mukoza ve hatalı 3D implant konumu bir araya geldiğinde peri-implant

mukozal stabilitenin bozulma riski belirgin şekilde artar. Buna karşılık kalınlaştırılmış veya doğal olarak kalın bir fenotip, yeterli keratinize doku ve doğru implant konumu; hem cerrahi hem de protetik aşamaların daha öngörülebilir yürütülmesine katkı sağlar. Bu nedenle implant tedavisine başlamadan önce yapılacak yumuşak doku analizi, estetik komplikasyonları önlemenin ve uzun dönem peri-implant sağlığı desteklemenin temel basamağı olarak görülmelidir (Avila-Ortiz et al., 2020; Bressan et al., 2024; Monje et al., 2023).

Protetik Yumuşak Doku Yönetimi ve Çıkış Profili

İmplant destekli restorasyonlarda protetik yumuşak doku yönetimi, yalnızca restorasyonun estetik görünümünü iyileştiren ikincil bir aşama değil, peri-implant mukozanın biyolojik stabilitesini ve uzun dönem temizlenebilirliğini belirleyen temel bir klinik basamaktır. “Çıkış profili” kavramı, implant platformundan restorasyonun servikal anatomisine kadar uzanan transmukozal geçiş bölgesini ifade eder ve bu bölgenin uygun biçimde tasarlanması, restorasyonun çevre dokularla doğal görünümlü bir uyum kurmasını sağlar. Güncel literatürde bu bölgenin statik değil, iyileşme boyunca kontrollü olarak şekillendirilebilen dinamik bir alan olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle implant üstü tek kronlarda, özellikle estetik bölgede başarı; yalnızca doğru implant yerleşimine değil, aynı zamanda geçici restorasyon, abutment morfolojisi ve nihai restorasyonun servikal konturlarının birbiriyle uyumlu bir biyolojik-protetik plan içinde yönetilmesine bağlıdır (Su et al., 2010).

Geçici restorasyonlar bu biyolojik-protetik planın en aktif araçlarından biridir. Özellikle immedat veya erken dönemde uygulanan geçici kronlar, peri-implant mukozanın pasif biçimde beklenmesine değil, kontrollü biçimde yönlendirilmesine olanak tanır. Wittneben ve arkadaşlarının (2013) tanımladığı “dynamic

compression technique”, yumuşak dokunun bir anda aşırı biçimde itilmesi yerine, geçici restorasyonun subgingival konturlarının kademeli olarak değiştirilmesiyle mukozanın zaman içinde uyum göstermesini esas alır. Bu yaklaşımda amaç, marjin ve papil dokularını iskemiye uğratmadan istenen servikal morfolojiyi oluşturmaktır. Daha sonraki klinik veriler de yumuşak dokunun restoratif basına adaptasyonunun zamana bağlı olduğunu, ani ve aşırı kontur artışlarının ise doku beyazlaması, rahatsızlık, marjinal çekilme ya da papil kaybı riskini artırabileceğini göstermektedir (Wittneben et al., 2013; Yao & Wang, 2019). Bu nedenle geçici restorasyonla doku şekillendirme, “daha fazla basınç” değil, “doğru yerde ve doğru hızda basınç” ilkesine dayanmalıdır.

ıkış profiline klinik olarak en önemli alt bileşenleri kritik ve subkritik konturlardır. Su ve arkadaşlarına (2010) göre kritik kontur, gingival marjine en yakın servikal bölgedir ve marjinin seviyesi ile zenith pozisyonu üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Subkritik kontur ise daha apikal bölgede yer alır ve yumuşak doku hacmi, fasiyal destek ve papil dolgunluğu üzerinde daha büyük rol oynar. Bu nedenle kritik konturun gereğinden fazla dışbükey tasarlanması marjini daha apikal konuma itebilirken, daha kontrollü veya hafif redükte bir kritik kontur koronal marjin migrasyonuna izin verebilir. Buna karşılık subkritik konturun biçimi, özellikle fasiyal mukozanın kalınlığı ve hacim desteği açısından çok önemlidir. Estetik bölgede çoğu olguda içbükey ya da en azından aşırı dışbükey olmayan bir subkritik form, yumuşak dokuya “hacim kazanımı için alan” sağlayarak daha dengeli bir doku mimarisi oluşmasına katkı verir (Su et al., 2010). Özellikle immediat implantlarda bu yaklaşım, fasiyal kollaps riskini azaltmak ve papil-mukozal geçişi daha doğal kılmak açısından önem taşır. Gecikmiş yüklemeli vakalarda ise subkritik bölge gerektiğinde geçici restorasyonlarla kademeli biçimde genişletilerek doku desteği sağlanabilir; ancak bu manipülasyon her zaman fenotip, doku

kalınlığı ve implantın üç boyutlu konumu ile uyumlu yürütülmelidir (Sun & Chang, 2024).

Bu konturların klinik etkisi yalnızca estetik değil, hijyen ve peri-implant sağlık açısından da belirleyicidir. Aşırı dışbükey, overcontoured ve temizlenmesi güç servikal tasarımlar, plak retansiyonunu kolaylaştırabilir ve dokuda kronik inflamatuvar yük oluşturabilir. Buna karşılık kontrollü, temizlenebilir ve dokuya saygılı bir emergence profile, hem hastanın oral hijyenini kolaylaştırır hem de marjinal mukozanın daha stabil davranmasına katkı sağlar. Bu nedenle protez çevresi doku yönetimi, yalnızca “papili yükseltme” veya “marjini şekillendirme” girişimi olarak değil, restorasyonun biyolojik uyumunu optimize eden bir tasarım disiplini olarak değerlendirilmelidir (Monje et al., 2023; Sanz-Martín et al., 2018).

Materyal seçimi de önemli bir bileşendir. Peri-implant yumuşak dokunun materyalle etkileşimi yalnızca materyalin adıyla açıklanamaz; yüzey kimyası, yüzey pürüzlülüğü, cila kalitesi, yüzey enerjisi ve transmukozal bileşenin makroformu da hücresel yanıtı etkiler (Furuhashi et al., 2021). Bununla birlikte güncel kanıtlar, klinik kullanım açısından en güçlü veri tabanının titanyum ve zirkonya için bulunduğunu göstermektedir. Titanyum, mekanik güvenilirlik, uzun dönem klinik deneyim ve öngörülebilir doku yanıtı açısından hâlâ temel referans materyaldir. Zirkonya ise özellikle ince fenotipli veya estetik risk taşıyan bölgelerde daha avantajlı bir optik davranış gösterebilir; ancak sistematik derlemeler, zirkonyanın peri-implant yumuşak doku sağlığı bakımından titanyuma her açıdan kesin üstünlük sağladığını kanıtlayamamıştır (Linkevicius & Vaitelis, 2015; Sanz-Martín et al., 2018). Bu nedenle zirkonya daha çok estetik kamuflaj ve doku rengini olumlu etkileme potansiyeli açısından avantajlı görünmektedir (de Moura Costa et al., 2021).

Lityum disilikat, PMMA ve PEEK ise daha seçici değerlendirilmesi gereken materyallerdir. Lityum disilikat ve zirkonyanın farklı yüzey topografileriyle birlikte fibroblast adezyonu ve hücrel uyum açısından uygun biyolojik davranış gösterebildiği bildirilmiştir (Jung et al., 2021). Bununla birlikte lityum disilikat için klinik transmukozal kullanım verileri hâlâ titanyum ve zirkonyaya kıyasla daha sınırlıdır. PMMA ise özellikle geçici restorasyonlar ve kişiselleştirilmiş iyileşme başlıklarında oldukça pratiktir; kolay modifiye edilebilir, hasta başında şekillendirilebilir ve kısa-orta dönemde doku yönlendirmesinde etkilidir. PEEK de benzer biçimde CAD/CAM ile işlenebilirliği ve biyouyumlu karakteri nedeniyle özellikle geçici veya iyileşme fazındaki uygulamalarda dikkat çekmektedir; ancak bu materyal için de uzun dönem klinik veriler sınırlıdır (Bacevic et al., 2023; Baus-Domínguez et al., 2024; Chokaree et al., 2024). Bu nedenle PMMA ve PEEK çoğu klinik senaryoda daha çok geçici veya iyileşme dönemi materyalleri olarak değerlendirilmelidir.

Kişiselleştirilmiş iyileşme başlıkları, cerrahi ve protetik yumuşak doku yönetiminin erken fazda birleştiği noktayı temsil eder. Bu başlıkların temel avantajı, standart yuvarlak iyileşme başlıklarının oluşturduğu non-anatomik yumuşak doku tüneli yerine, nihai diş formuna daha yakın bir transmukozal profil oluşturarak dokunun cerrahiden itibaren istenen yönde iyileşmesini sağlamalarıdır. Böylece daha sonra geçici kronla yapılacak ikincil doku şekillendirme ihtiyacı azalabilir, hasta konforu artabilir ve cerrahi-protetik iş akışı daha akıcı hâle gelebilir. Sistematik derleme ve randomize klinik çalışmalar, kişiselleştirilmiş iyileşme başlıklarının konvansiyonel başlıklara kıyasla peri-implant yumuşak doku adaptasyonu, erken estetik skorlar ve bazı hasta bildirim sonuçlarında olumlu eğilim gösterdiğini bildirmektedir; ancak bu alandaki kanıt düzeyi hâlen gelişmektedir (Chokaree et al., 2024; Perez et al., 2020; Ruhstorfer et al., 2024).

Protetik yumuşak doku yönetimi, implant üstü restorasyonun estetik görünümünü sonradan düzeltmeye çalışan bir yaklaşım değil; cerrahi aşamadan itibaren biyolojik alanı, doku hacmini ve restoratif geçiş bölgesini birlikte planlayan bir tedavi felsefesidir. Geçici restorasyonlarla kontrollü doku koşullandırması, kritik ve subkritik konturların bilinçli tasarımı, materyalin biyolojik ve optik davranışının doğru seçimi ve gerektiğinde kişiselleştirilmiş iyileşme başlıklarının kullanımı, peri-implant mukozanın daha stabil, daha temizlenebilir ve daha doğal görünür bir form kazanmasına katkı sağlar (Ruhstorfer et al., 2024; Sun & Chang, 2024).

Gelecek Perspektifleri ve Dijital İş Akışları

İmplant evresi yumuşak doku yönetiminde dijital iş akışlarının en önemli katkısı, klinisyenin yalnızca implantın üç boyutlu pozisyonunu değil, aynı zamanda geçici restorasyonlarla şekillendirilmiş peri-implant mukozal profili de kayıpsız biçimde kayıt altına alabilmesidir. Güncel yaklaşımda dijital teknoloji; planlama, ölçüm, izlem ve estetik değerlendirme basamaklarının tümüne nüfuz etmiş durumdadır. Bu nedenle dijital iş akışları, yalnızca laboratuvar konforu sağlayan teknolojik yenilikler olarak değil, yumuşak doku stabilitesini daha öngörülebilir hâle getiren biyolojik-protetik araçlar olarak değerlendirilmelidir (Mikuls et al., 2025; Strauss et al., 2024).

Dijital Doku Tarama ve şekillendirilmiş Profilin Aktarılması

Tarama gövdeleri (scan body), dijital implant ölçüsünde implant platformunun uzaydaki konumunu ve rotasyonel oryantasyonunu kaydetmek için vazgeçilmezdir; ancak tek başlarına şekillendirilmiş yumuşak doku profilini tam olarak aktarmaları mümkün değildir. Bu nedenle modern dijital protokoller, scan body ile alınan implant pozisyonu verisini; geçici restorasyonun subgingival kısmının, peri-implant mukozanın ve servikal

emergence profile’ın ayrı ya da kombine taramalarıyla birleştirmeyi amaçlar. Joda ve arkadaşlarının “individualized scanbody” yaklaşımı ile Monaco ve arkadaşlarının “fully digital technique” tanımı, bu mantığın erken ve etkili örnekleridir. Bu protokollerde ortak amaç, implantın 3 boyutlu pozisyonu ile geçici restorasyonun dokuda oluşturduğu transmukozal formu aynı dijital dosyada birleştirerek nihai restorasyona taşımaktır (Joda et al., 2014; Monaco et al., 2016, 2019).

Bu bağlamda en kritik biyolojik sorun, geçici restorasyon çıkarıldıktan sonra peri-implant yumuşak dokunun çok hızlı biçimde kollabe olabilmesidir. Li ve arkadaşları, ara restorasyon çıkarıldıktan hemen çıkış profilinde anlamlı değişiklikler başladığını göstermiştir. Benzer şekilde Xiong ve arkadaşları, implant destekli geçici restorasyonun tarama sırasında yerinde olmasının, peri-implant mukozal profilin daha doğru kopyalanmasına katkı sağladığını bildirmiştir. Daha yeni sistematik derleme verileri de bu gözlemi desteklemekte; özellikle doğrudan taramada doku kollapsı önemli bir hata kaynağı olarak öne çıkarken, dolaylı tarama yaklaşımlarının çıkış profilinin aktarımında daha umut verici görüldüğünü belirtmektedir (Li et al., 2019; Mikulás et al., 2025; Xiong et al., 2022).

Gelecekte dijital doku taramasının ana yönelimi, “tek tarama ile her şeyi yakalama” yaklaşımından çok, biyolojik gerçekliği daha doğru temsil eden hibrit veri birleştirme protokollerine doğru ilerlemektedir. Geçici restorasyonun ekstraoral taranması, intraoral yüzeylerin ayrı kaydı, ters/inverse scan body mantığı, tarama verilerinin üst üste bindirilmesi ve gerektiğinde 3 boyutlu baskı ile kontrol modellerinin üretilmesi; bu evrimin temel parçalarıdır. Klinik açıdan bu gelişmeler, yumuşak doku konturunun laboratuvara klasik analogilerle değil, sayısal ve tekrar üretilebilir bir veri olarak aktarılmasını sağlamaktadır (Monaco et al., 2016, 2019; Strauss et al., 2024).

CAD/CAM Sistemleri ile Doku Destekli Tasarımlar

CAD/CAM sistemleri, implant çevresi yumuşak dokunun pasif olarak beklenmesine değil, hedef morfolojiye göre önceden tasarlanmasına olanak tanımaktadır. Bu yaklaşımın temelinde, transmukozal bileşenin rastlantısal değil, fenotip, implant pozisyonu, komşu diş morfolojisi ve planlanan nihai restorasyonla uyumlu biçimde şekillendirilmesi yer alır. Joda ve arkadaşlarının tanımladığı bireyselleştirilmiş CAD/CAM iyileşme başlığı yaklaşımı, supraimplant emergence profile'in tek basamakta oluşturulabileceğini göstermiştir. Daha yakın tarihli çalışmalar ise kontralateral diştten ilham alan veya geçici restorasyonun profilini birebir kopyalayan dijital tasarımlarla, yumuşak dokunun nihai restorasyona daha az müdahaleyle aktarılabilirdiğini ortaya koymaktadır (Joda et al., 2016; Zeng et al., 2024).

CAD/CAM destekli doku yönetiminin bir diğer önemli uzantısı, kişiselleştirilmiş iyileşme başlıkları ve doku destekli geçici restorasyon protokolleridir. Son sistematik derleme, kişiselleştirilmiş iyileşme başlığı kullanılan olgularda peri-implant yumuşak ve sert doku stabilitesi ile estetik parametrelerde daha olumlu bir eğilim bulunduğunu, ayrıca bu yaklaşımın sekonder doku şekillendirme ihtiyacını azaltabileceğini bildirmiştir. Bu durum özellikle estetik bölgede, standart yuvarlak iyileşme başlıklarının oluşturduğu non-anatomik doku tünelinin önüne geçmek açısından klinik önem taşır. Dolayısıyla gelecekte CAD/CAM iş akışlarının yalnızca restorasyon üretim teknolojisi değil, cerrahi ve protetik fazı birbirine bağlayan bir “doku tasarım platformu” olarak daha fazla önem kazanacağı söylenebilir (Ruhstorfer et al., 2024; Strauss et al., 2024).

Bununla beraber dijital teknolojilerin vaat ettiği yüksek doğruluk, biyolojik prensiplerin yerine geçmez. Hatalı implant pozisyonu, yetersiz fenotip, aşırı dışbükey transmukozal tasarım

veya hijyeni zorlaştıran restoratif konturlar, dijital olarak ne kadar iyi tasarlanırsa tasarlansın biyolojik komplikasyon riskini ortadan kaldırmaz. Bu sebeple dijital iş akışlarının gerçek gücü, klinisyenin biyolojik ve protetik kararlarını daha hassas biçimde uygulayabilmesinden kaynaklanır; aksi durumda teknoloji yalnızca hatanın daha sofistike biçimde çoğaltılmasına hizmet eder. Bu bağlamda dijitalleşme, implantolojide deneyimin alternatifi değil, doğru biyolojik kararların gçlendiricisidir (Mikulás et al., 2025; Strauss et al., 2024).

Sonuç

İmplant evresi yumuşak doku yönetimi, günümüzde implant tedavisinin yardımcı bir estetik ayrıntısı değil, uzun dönem biyolojik başarıyı, bakım kolaylığını ve restorasyonun görsel entegrasyonunu belirleyen ana bileşenlerden biridir. Doğal diş ile implant çevresi dokular arasındaki anatomik ve vasküler farklılıklar, peri-implant mukozayı daha hassas ve daha dikkatli yönetilmesi gereken bir biyolojik ortam hline getirmektedir. Bu sebeple başarılı tedavi; fenotipin doğru değerlendirilmesi, keratinize mukoza ve mukozal kalınlığın dikkate alınması, implantın doğru üç boyutlu konumlandırılması, çıkış profilinin kontrollü biçimde şekillendirilmesi ve gerektiğinde cerrahi fenotip modifikasyonlarının uygulanması ile mümkündür. Dijital iş akışları ise bu süreci daha ölçülebilir, daha tekrarlanabilir ve daha öngörülebilir hâle getiren güçlü bir destek sunmaktadır; ancak başarının özü hâlâ biyolojik prensiplerin doğru uygulanmasına dayanmaktadır (Avila-Ortiz et al., 2020; Monje et al., 2023; Strauss et al., 2024; Tavelli et al., 2021).

Kaynakça

Abrahamsson, I., Berglundh, T., Wennström, J., & Lindhe, J. (1996). The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*, 7(3), 212–219. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.1996.070303.x>

Araujo, M. G., & Lindhe, J. (2018). Peri-implant health. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(S20). <https://doi.org/10.1111/jcpe.12952>

Avila-Ortiz, G., Gonzalez-Martin, O., Couso-Queiruga, E., & Wang, H.-L. (2020). *The peri-implant phenotype*. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstreams/f606390b-ca43-4e2c-acd0-602784c24a21/download>

Bacevic, M., Dethier, F., Seidel, L., Rompen, E., & Lambert, F. (2023). The Effects of Direct Polymethyl Methacrylate and Zirconia-on-Ti-Base Abutments on Peri-implant Soft Tissue Integration: A Study in Minipigs. *International Journal of Prosthodontics*, 36(6). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08932174&AN=174309108&h=piYmSO3oV3fEk3S9tKdW9DF0oiFDLfyB5q%2F0IXZ4D115nI9eWbhU0g1a7mLtAGG%2FbgD5r6jhMYUMfcNCGCIzA%3D%3D&crl=c>

Baus-Domínguez, M., Oliva-Ferrusola, E., Maza-Solano, S., Ruiz-de-León, G., Serrera-Figallo, M.-Á., Gutiérrez-Perez, J.-L., Torres-Lagares, D., & Macías-García, L. (2024). Biological response of the peri-implant mucosa to different definitive implant rehabilitation materials. *Polymers*, 16(11), 1534.

Berglundh, T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello, C. P., Liljenberg, B., & Thomsen, P. (1991). The soft tissue barrier at

implants and teeth. *Clinical Oral Implants Research*, 2(2), 81–90. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.1991.020206.x>

Berglundh, T., Lindhe, J., Jonsson, K., & Ericsson, I. (1994). The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*, 21(3), 189–193. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.1994.tb00302.x>

Bienz, S. P., Pirc, M., Papageorgiou, S. N., Jung, R. E., & Thoma, D. S. (2022). The influence of thin as compared to thick peri-implant soft tissues on aesthetic outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 33(S23), 56–71. <https://doi.org/10.1111/clr.13789>

Bressan, E., Zucchelli, G., Tommasato, G., Pesce, P., Canullo, L., IAO, C. M. G., & Grusovin, M. G. (2024). Consensus Report by the Italian Academy of Osseointegration on the Importance of Peri-Implant Soft Tissues. *Medicina*, 60(9), 1393.

Buser, D., Chappuis, V., Belser, U. C., & Chen, S. (2017). Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: When immediate, when early, when late? *Periodontology 2000*, 73(1), 84–102. <https://doi.org/10.1111/prd.12170>

Chen, S. T., Buser, D., Sculean, A., & Belser, U. C. (2023). Complications and treatment errors in implant positioning in the aesthetic zone: Diagnosis and possible solutions. *Periodontology 2000*, 92(1), 220–234. <https://doi.org/10.1111/prd.12474>

Choe, S., Ma, T., Jones, D., Shiau, H. J., & Saito, H. (2024). Peri-implant mucosal tissue attachment: Narrative review. *Dentistry Review*, 4(3), 100141.

Chokaree, P., Poovarodom, P., Chaijareenont, P., & Rungsiyakull, P. (2024). Effect of customized and prefabricated healing abutments on peri-implant soft tissue and bone in immediate

implant sites: A randomized controlled trial. *Journal of Clinical Medicine*, 13(3), 886.

Cochran, D. L., Mau, L. P., Higginbottom, F. L., Wilson, T. G., Bosshardt, D. D., Schoolfield, J., & Jones, A. A. (2013). Soft and hard tissue histologic dimensions around dental implants in the canine restored with smaller-diameter abutments: A paradigm shift in peri-implant biology. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 28(2).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08822786&AN=86217426&h=Q6ZcC6ZqrTorvLcRiGG1CrEYfZ%2BdaDPnQAsI9UI4z1GrZ0W9yxOpyZqQwm3sXMYniFEEo3bN4RUjT%2BKQw91Zsg%3D%3D&crl=c>

de Moura Costa, P. V., Serra Ferreira, M., Verissimo, C., Miranda de Torres, É., Valladares-Neto, J., & Garcia Silva, M. A. (2021). Is Zirconia Better Than Titanium Abutments for Soft Tissue Color? A Systematic Review and Meta-analysis of Spectrophotometric Evaluation. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(5).
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=08822786&AN=153262506&h=dnAe0v5RZsfMbZQ7CKYeio%2B4Y8fcTl4EKJxR61Qj2qKq%2B%2BcLz31GpuwfgUoZM%2Bpd1aa08TAyvZgz4nXMN1uS9g%3D%3D&crl=c>

Emecen-Huja, P., Eubank, T. D., Shapiro, V., Yildiz, V., Tatakis, D. N., & Leblebicioglu, B. (2013). Peri-implant *versus* periodontal wound healing. *Journal of Clinical Periodontology*, 40(8), 816–824. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12127>

Furuhashi, A., Ayukawa, Y., Atsuta, I., Rakhmatia, Y. D., & Koyano, K. (2021). Soft tissue interface with various kinds of

implant abutment materials. *Journal of Clinical Medicine*, 10(11), 2386.

Gharpure, A. S., Latimer, J. M., Aljofi, F. E., Kahng, J. H., & Daubert, D. M. (2021). Role of thin gingival phenotype and inadequate keratinized mucosa width (<2 mm) as risk indicators for peri-implantitis and peri-implant mucositis. *Journal of Periodontology*, 92(12), 1687–1696. <https://doi.org/10.1002/JPER.20-0792>

Heitz-Mayfield, L. J. (2024). Peri-implant mucositis and peri-implantitis: Key features and differences. *British Dental Journal*, 236(10), 791–794.

Hermann, J. S., Cochran, D. L., Hermann, J. S., Buser, D., Schenk, R. K., & Schoolfield, J. D. (2001). Biologic Width around one- and two-piece titanium implants: A histometric evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *Clinical Oral Implants Research*, 12(6), 559–571. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0501.2001.120603.x>

Ivanovski, S., & Lee, R. (2018). Comparison of peri-implant and periodontal marginal soft tissues in health and disease. *Periodontology* 2000, 76(1), 116–130. <https://doi.org/10.1111/prd.12150>

Joda, T., Ferrari, M., & Braegger, U. (2016). A digital approach for one-step formation of the supra-implant emergence profile with an individualized CAD/CAM healing abutment. *Journal of Prosthodontic Research*, 60(3), 220–223.

Joda, T., Wittneben, J., & Brägger, U. (2014). Digital implant impressions with the “Individualized Scanbody Technique” for emergence profile support. *Clinical Oral Implants Research*, 25(3), 395–397. <https://doi.org/10.1111/clr.12099>

Jung, S., Moser, M. M., Kleinheinz, J., & Happe, A. (2021). Biocompatibility of lithium disilicate and zirconium oxide ceramics with different surface topographies for dental implant abutments. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14), 7700.

Lee, J.-S., Jeon, Y.-S., Strauss, F.-J., Jung, H.-I., & Gruber, R. (2020). Digital scanning is more accurate than using a periodontal probe to measure the keratinized tissue width. *Scientific Reports*, 10(1), 3665.

Li, J., Chen, Z., Wang, M., Wang, H.-L., & Yu, H. (2019). Dynamic changes of peri-implant soft tissue after interim restoration removal during a digital intraoral scan. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 122(3), 288–294.

Linkevicius, T., & Vaitelis, J. (2015). The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 26(S11), 139–147. <https://doi.org/10.1111/clr.12631>

Mahardawi, B., Jiaranuchart, S., Damrongsirirat, N., Arunjaroensuk, S., Mattheos, N., Somboonsavatdee, A., & Pimkhaokham, A. (2023). The lack of keratinized mucosa as a risk factor for peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 3778.

Mancini, L., Strauss, F. J., Lim, H., Tavelli, L., Jung, R. E., Naenni, N., & Thoma, D. S. (2024). Impact of keratinized mucosa on implant-health related parameters: A 10-year prospective re-analysis study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 26(3), 554–563. <https://doi.org/10.1111/cid.13314>

Mikulás, K., Qian, X., Tajti, P., Agócs, G., Gallucci, G. O., Pedrinaci, I., & Hermann, P. (2025). Accuracy of Digital Impression Methods for Capturing the Peri-Implant Emergence Profile: A

Systematic Review. *Clinical Oral Implants Research*, 36(8), 930–943. <https://doi.org/10.1111/clr.14441>

Monaco, C., Evangelisti, E., Scotti, R., Mignani, G., & Zucchelli, G. (2016). A fully digital approach to replicate peri-implant soft tissue contours and emergence profile in the esthetic zone. *Clinical Oral Implants Research*, 27(12), 1511–1514. <https://doi.org/10.1111/clr.12599>

Monaco, C., Scheda, L., Baldissara, P., & Zucchelli, G. (2019). Implant Digital Impression in the Esthetic Area. *Journal of Prosthodontics*, 28(5), 536–540. <https://doi.org/10.1111/jopr.12991>

Monje, A., González-Martín, O., & Ávila-Ortiz, G. (2023). Impact of peri-implant soft tissue characteristics on health and esthetics. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(1), 183–196. <https://doi.org/10.1111/jerd.13003>

Papaspyridakos, P., Chen, C.-J., Singh, M., Weber, H.-P., & Gallucci, G. O. (2012). Success Criteria in Implant Dentistry: A Systematic Review. *Journal of Dental Research*, 91(3), 242–248. <https://doi.org/10.1177/0022034511431252>

Perez, A., Caiazzo, A., Valente, N. A., Toti, P., Alfonsi, F., & Barone, A. (2020). Standard vs customized healing abutments with simultaneous bone grafting for tissue changes around immediate implants. 1-year outcomes from a randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 22(1), 42–53. <https://doi.org/10.1111/cid.12871>

Ravidà, A., Arena, C., Tattan, M., Caponio, V. C. A., Saleh, M. H. A., Wang, H., & Troiano, G. (2022). The role of keratinized mucosa width as a risk factor for peri-implant disease: A systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 24(3), 287–300. <https://doi.org/10.1111/cid.13080>

Ruhstorfer, M., Güth, J.-F., Stimmelmayer, M., Waltenberger, L., Schubert, O., & Graf, T. (2024). Systematic review of peri-implant conditions and aesthetic outcomes of customized versus conventional healing abutments. *International Journal of Implant Dentistry*, *10*(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s40729-024-00581-8>

Sanz-Martín, I., Sanz-Sánchez, I., Carrillo De Albornoz, A., Figuero, E., & Sanz, M. (2018). Effects of modified abutment characteristics on peri-implant soft tissue health: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, *29*(1), 118–129. <https://doi.org/10.1111/clr.13097>

Stefanini, M., Pispero, A., Del Fabbro, M., Gobbato, L., Ghensi, P., Lodi, G., Sculean, A., Zucchelli, G., & Grusovin, M. G. (2023). The effect of keratinized mucosa on peri-implant health and patient-reported outcome measures: A systematic review and meta-analysis. *Applied Sciences*, *13*(15), 8631.

Strauss, F. J., Gil, A., Smirani, R., Rodriguez, A., Jung, R., & Thoma, D. (2024). The use of digital technologies in peri-implant soft tissue augmentation – A narrative review on planning, measurements, monitoring and aesthetics. *Clinical Oral Implants Research*, *35*(8), 922–938. <https://doi.org/10.1111/clr.14238>

Su, H., González-Martín, O., Weisgold, A., & Lee, E. (2010). Considerations of implant abutment and crown contour: Critical contour and subcritical contour. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, *30*(4). <https://www.drernestolee.com/files/2014/12/Critical-Contour.pdf>

Sun, T. C., & Chang, T.-K. (2024). Soft tissue management around dental implant in esthetic zone—the current concepts and novel techniques. *Journal of Dental Sciences*, *19*(3), 1348–1358.

Tavelli, L., Barootchi, S., Avila-Ortiz, G., Urban, I. A., Giannobile, W. V., & Wang, H. (2021). Peri-implant soft tissue

phenotype modification and its impact on peri-implant health: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 92(1), 21–44. <https://doi.org/10.1002/JPER.19-0716>

Wang, I. (Izzie), Barootchi, S., Tavelli, L., & Wang, H. (2021). The peri-implant phenotype and implant esthetic complications. Contemporary overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 33(1), 212–223. <https://doi.org/10.1111/jerd.12709>

Wittneben, J.-G., Buser, D., Belser, U. C., & Brägger, U. (2013). Peri-implant soft tissue conditioning with provisional restorations in the esthetic zone: The dynamic compression technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 33(4). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01987569&AN=88088876&h=G2WnE4FAP8oKe6cicOonUK9WSAREyl0htTIPHHBPUjfQPqY6U7HFxhQ93PsifiEmtt25nuzeyoefO8BrzntKzw%3D%3D&crl=c>

Xiong, J., Sun, W., Huang, B., Ji, W., & Shi, B. (2022). Effect of the implant-supported provisional restoration on the accuracy of digital peri-implant mucosa replication—A clinical study. *Clinical Oral Implants Research*, 33(6), 598–606. <https://doi.org/10.1111/clr.13921>

Yao, J.-W., & Wang, H.-L. (2019). Assessment of Peri-implant Soft Tissue Adaptive Pressure and Time After Provisional Restorations. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(6). <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01987569&AN=139298323&h=53VK%2F0uZyLWrc03z8n%2FLRXDod5fgVNxGFLfjecnv%3D%3D&crl=c>

2BbKrnWBHxpJIJ9NwR%2B%2Bl6yjAbHXKC4MAaxaaAO%
2Box8Nlw%3D%3D&crl=c

Zeng, H., Zhou, M., Ge, Y., Yao, Y., & Cai, X. (2024). Digital workflow in the design of individualized emergence profiles of implant restorations based on the contralateral tooth. *Journal of Prosthodontic Research*, 68(3), 482–486.

DİJİTAL ÖLÇÜLERDE SCAN BODY TASARIMI VE MATERYALİN ÖLÇÜ HASSASİYETİNE ETKİSİ

MEHMET ALİ AKINAL⁴

Giriş

İmplant destekli restorasyonların uzun dönem başarısı, implantın ağız içindeki üç boyutlu konumunun protetik iş akışına ne derece doğru aktarılabilirdiği ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle çok üyeli ve tam ark restorasyonlarda, implant pozisyonundaki küçük sapmalar dahi pasif uyumu olumsuz etkileyebilmekte ve buna bağlı olarak vida gevşemesi, komponent gerilimleri gibi teknik komplikasyonların ortaya çıkma olasılığı artabilmektedir. Bu tür uyumsuzlukların biyolojik sonuçları konusunda literatürde tam bir görüş birliği bulunmamakla birlikte, mekanik komplikasyon riskini artırabileceği genel olarak kabul edilmektedir (Katsoulis et al., 2017). Bu nedenle implant konumunun doğru şekilde kaydedilmesi, yalnızca üretim hassasiyeti açısından değil, restorasyonun uzun dönem klinik öngörülebilirliği açısından da kritik bir basamaktır.

⁴Arş. Gör, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi, Orcid: 0009-0008-8088-0349

Konvansiyonel implant ölçü tekniklerinde ölçü postları ve elastomerik materyaller kullanılırken, dijital diş hekimliğinde bu rol büyük ölçüde “scan body” olarak adlandırılan bileşenler tarafından üstlenilmiştir. Scan body’ler, implant veya implant analoguna bağlanan ve intraoral tarayıcılar tarafından algılanarak implantın konum, eksen ve rotasyon bilgisinin dijital ortama aktarılmasını sağlayan prefabrike elemanlardır. Elde edilen tarama verisi, CAD yazılımlarında üreticiye ait kütüphane verileriyle eşleştirilerek implantın sanal model içerisindeki kesin konumu belirlenir (Gehrke et al., 2024). Bu açıdan değerlendirildiğinde, scan body fiziksel implant ile dijital model arasında bir referans arayüzü oluşturmakta; bu aşamada meydana gelen herhangi bir hata, sonraki tasarım ve üretim süreçlerine doğrudan yansiyabilmektedir (Pachiou et al., 2023).

Dijital iş akışlarının klinik uygulamada yaygınlaşmasının temel nedenleri arasında işlem süresinin kısalması, hasta konforunun artması ve elde edilen verilerin saklanabilir ve yeniden kullanılabilir olması yer almaktadır. Bununla birlikte, geleneksel ölçü yöntemleri bazı klinik durumlarda hâlen tercih edilebilmekte ve özellikle tam ark restorasyonlarda dijital ve konvansiyonel yöntemlerin üstünlüğü konusunda literatürde farklı sonuçlar bildirilmektedir. İn vivo çalışmaların sistematik derlemelerinde, intraoral tarayıcıların klinik olarak uygulanabilir olduğu ve bazı durumlarda zaman açısından avantaj sağladığını ortaya koymakla birlikte, doğruluğun tarama stratejisi, ark uzunluğu ve çalışma tasarımı gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini vurgulanmaktadır (Ma et al., 2023). Ayrıca mevcut çalışmalar arasındaki yöntemsel farklılıklar, elde edilen sonuçların doğrudan karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır (Sanda et al., 2021).

Dijital ölçülerin doğruluğu genellikle “gerçeklik” (trueness) ve “kesinlik” (precision) kavramları çerçevesinde değerlendirilmektedir. Gerçeklik, dijital verinin gerçek geometriye

yakınlığını ifade ederken; kesinlik, tekrarlanan ölçümlerin birbirleriyle olan tutarlılığını tanımlamaktadır (Sanda et al., 2021). İmplant ölçülerinde bu iki parametre yalnızca kullanılan tarayıcıya bağlı olmayıp; implant sayısı, implantlar arası mesafe, tarama mesafesi, operatör deneyimi ve uygulanan tarama stratejisi gibi birçok değişkenden etkilenmektedir (Gehrke et al., 2024; Ma et al., 2023). Bu nedenle dijital implant ölçülerinin doğruluğu, çok sayıda faktörün birlikte etkilediği kompleks bir süreç olarak değerlendirilmelidir.

Bu süreçte scan body tasarımı belirleyici bir rol oynamaktadır. İdeal bir scan body, tarayıcı tarafından kolay algılanabilecek yeterli yüzey alanına sahip olmalı, belirgin geometrik referans noktaları içermeli ve rotasyonel yönelim tayinini kolaylaştıran özellikler sunmalıdır. Literatürde, scan body'nin yüksekliği, çapı, geometrisi, materyali ve bağlantı tipi gibi parametrelerin ölçü doğruluğunu anlamlı düzeyde etkileyebileceği bildirilmektedir (Gómez-Polo et al., 2023). Özellikle ayırt edici geometrik detayların varlığı, yazılımın kütüphane eşleştirme sürecini kolaylaştırarak hata oranını azaltabilmektedir. Buna karşın daha basit ve karakteristik özelliği sınırlı tasarımlar, scan body tanımlanabilirliği açısından dezavantaj oluşturabilmektedir (Mohajerani et al., 2025). Nitekim deneysel çalışmalar, scan body'nin şekil ve boyutunun implantın üç boyutlu konumunun doğru aktarılmasında önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır (Pan et al., 2024).

Scan body'nin materyali ölçü doğruluğunu etkileyen önemli bir diğer faktördür. Günümüzde yaygın olarak kullanılan materyaller arasında PEEK, titanyum ve bu materyallerin kombinasyonlarından oluşan hibrit yapılar yer almaktadır. Bu materyallerin optik özellikleri, yüzey yansıtıcılığı, aşınma direnci ve tekrar kullanıma bağlı boyutsal stabilitesi, intraoral tarayıcıların performansını doğrudan etkileyebilmektedir. Tam ark koşullarında yapılan in vitro

çalışmalar, materyalinin yanı sıra operatör faktörünün de ölçü doğruluğu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Arcuri et al., 2020). Ayrıca kullanım sürecinde meydana gelen aşınmanın da ölçüm doğruluğunu olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (Arcuri et al., 2022). Fakat mevcut literatürde belirli bir materyalin diğerlerine kesin üstünlüğü konusunda net bir fikir birliği bulunmamaktadır (Pachiou et al., 2023; Gehrke et al., 2024).

İntraoral tarayıcıların teknik özellikleri de bu sürecin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır. Farklı tarayıcı sistemleri farklı optik prensipler ve veri işleme algoritmaları kullanmakta olup, aynı klinik durumda farklı sonuçlar elde edilmesine neden olabilmektedir. Özellikle tam ark implant taramalarında kullanılan tarayıcı tipi ile tarama stratejisinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Grande et al., 2025). Bunun yanı sıra implant seviyesinin kemik veya doku seviyesinde olması, kullanılan scan body'nin yüksekliği ve klinik erişilebilirlik gibi faktörler de ölçü doğruluğunu etkileyebilmektedir (Lee et al., 2025). Tarama sırası, tarama alanının genişliği ve operatör deneyimi gibi değişkenler ise özellikle çoklu implant vakalarında hata birikimine yol açabilmektedir (Gehrke et al., 2024; Sanda et al., 2021).

Literatürde dikkat çeken bir diğer önemli husus, in vitro ve in vivo çalışmalar arasında gözlenen farklılıklardır. Kontrollü laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlar genellikle daha tutarlı olmakla birlikte, klinik koşullarda tükürük, yumuşak doku hareketleri ve sınırlı görüş alanı gibi faktörler ölçü doğruluğunu etkileyebilmektedir (Ma et al., 2023). Bu nedenle laboratuvar bulgularının doğrudan klinik ortama genellenmesi her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca mevcut sistematik derlemeler, scan body tasarımı ve materyaline ilişkin birçok parametrenin doğruluğu etkilediğini ortaya koymakla birlikte, “en ideal” çözüm konusunda henüz ortak bir görüş bulunmadığını da vurgulamaktadır (Gehrke et al., 2024; Mohajerani et al., 2025).

Bu bölümde, implant destekli dijital restorasyonlarda scan body'lerin rolünün kapsamlı bir şekilde ele alınması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, scan body tasarımı, materyal özellikleri ve intraoral tarayıcı ile ilişkili değişkenlerin dijital ölçü doğruluğu üzerindeki etkileri güncel literatür ışığında değerlendirilecek ve klinik uygulamaya yönelik temel prensiplerden bahsedilecektir.

Dijital Ölçü Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi ve Evrimi

Diş hekimliğinde ölçü teknikleri, 18. yüzyıldan bu yana elastomerik materyallerin fiziksel özelliklerine bağımlı kalmıştır. Geleneksel ölçü yöntemlerinde, ölçü postunun (impression coping) implant analogu ile olan mekanik ilişkisi, ölçü maddesinin boyutsal stabilitesi ve alçının genleşme katsayısı gibi kontrolü güç değişkenler mevcuttur. 1980'li yıllarda CEREC sisteminin tanıtılmasıyla başlayan dijitalleşme süreci, günümüzde "scan body" teknolojisi ile implantolojide yeni bir standart belirlemiştir. Geleneksel "açık kaşık" veya "kapalı kaşık" tekniklerinde karşılaşılan post-analog uyumsuzlukları, dijital iş akışında yerini tarayıcı optikleri ile sanal kütüphane verilerinin (CAD library) matematiksel çakıştırılmasına bırakmıştır. Bu değişim, sadece koltuk başı süresini kısaltmakla kalmamış, aynı zamanda insan hatasını minimize ederek ölçü sürecini daha öngörülebilir kılmıştır.

Scan Body Geometrisi ve Tasarım Kriterleri

Scan body tasarımı, dijital implant ölçü sürecinin doğruluğunu belirleyen en kritik unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu bileşenlerin temel amacı, intraoral tarayıcı tarafından elde edilen yüzey verisinin yazılım ortamında doğru şekilde tanımlanmasını sağlamak ve bu veriyi üreticiye ait kütüphane dosyalarıyla yüksek hassasiyetle eşleştirmektir. Bu nedenle scan body'lerin geometrik özellikleri, yalnızca fiziksel form

açısından değil, aynı zamanda yazılımın nesne tanıma algoritmalarıyla uyumlu olacak şekilde planlanmalıdır (Gómez-Polo et al., 2023; Pachiou et al., 2023). Geometrik olarak yetersiz veya ayırt edici özelliği sınırlı tasarımlar, tarama verisinin doğru analiz edilememesine ve sonuçta implant pozisyonunun hatalı aktarılmasına neden olabilmektedir.

Klinik uygulamada kullanılan scan body'ler genellikle silindirik veya konik bir ana gövdeye sahip olmakla birlikte, bu gövde üzerine yerleştirilmiş düz yüzeyler, kesitler veya asimetrik çıkıntılar aracılığıyla uzaysal yönlendirme sağlanmaktadır. Bu tür düzleştirilmiş yüzeyler (flat surfaces) veya anti-rotasyonel detaylar, yazılımın bileşeni üç boyutlu uzayda doğru konumlandırabilmesi açısından önemli referans noktaları sunar. Literatürde, belirgin geometrik referanslara sahip tasarımların, klinik tarama verisi ile CAD kütüphane verileri arasındaki eşleşmeyi kolaylaştırdığı ve bu sayede daha yüksek doğruluk sağladığı bildirilmektedir (Mohajerani et al., 2025). Buna karşın tamamen simetrik veya karakteristik yüzey özelliklerinden yoksun tasarımlar, özellikle rotasyonel yön tayininde hatalara yol açabilmektedir.

Scan body'nin boyutsal özellikleri tasarımın etkinliğini belirleyen önemli bir diğer parametredir. Özellikle yükseklik, intraoral tarayıcının görüş açısını ve veri toplama kapasitesini doğrudan etkileyen bir faktördür. Daha yüksek scan body'ler, çevre dokulardan daha iyi ayrışarak tarayıcı tarafından daha geniş bir yüzey alanının algılanmasını sağlar ve bu durum daha yoğun bir nokta bulutu (point cloud) oluşumuna katkıda bulunur. Artan veri yoğunluğu, teorik olarak daha doğru bir yüzey rekonstrüksiyonu anlamına gelmekte ve ölçü doğruluğunu olumlu yönde etkileyebilmektedir (Pan et al., 2024). Bununla birlikte, aşırı yüksek yapıların özellikle posterior bölgelerde erişim zorluğu yaratabileceği ve klinik uygulanabilirliği sınırlayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Geometrik detayların formu da tarama kalitesi üzerinde belirleyici rol oynar. Keskin kenarlar ve ani yüzey geçişleri, optik tarama sırasında ışığın düzensiz yansımalarına neden olarak veri gürültüsünü artırabilir ve bazı bölgelerde eksik veri oluşumuna yol açabilir. Bu durum, elde edilen mesh modelinde lokal deformasyonlara neden olabilmektedir. Bu nedenle, daha yumuşak geçişlere sahip, yuvarlatılmış kenarların tercih edilmesi, hem taranabilirliği artırmakta hem de veri bütünlüğünü korumaktadır (Arcuri et al., 2022). Aynı zamanda, yüzeylerin çok parlak veya aşırı yansıtıcı olmaması da tarama doğruluğunu artıran bir diğer önemli faktördür (Gómez-Polo et al., 2023).

Bunlara ek olarak, scan body tasarımında yüzey alanı ve geometrik karmaşıklık arasında dengeli bir ilişki kurulması gerekmektedir. Yeterli sayıda referans noktası sunan ancak aşırı kompleks olmayan tasarımlar, yazılımın veri işleme sürecini kolaylaştırarak daha stabil sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, belirli bir düzeyde geometrik karmaşıklığın doğruluğu artırabileceğini; ancak aşırı detaylı yüzeylerin veri işleme algoritmalarını zorlayarak ters etki yaratabileceğini göstermektedir (Mohajerani et al., 2025; Pan et al., 2024).

Scan body geometrisi yalnızca fiziksel bir tasarım unsuru değil, aynı zamanda dijital ölçü sisteminin performansını doğrudan etkileyen kritik bir parametredir. İdeal bir tasarım; yeterli yükseklik, ayırt edici geometrik referanslar, kontrollü yüzey geçişleri ve optik olarak taranabilir yüzey özelliklerini bir arada sunmalıdır. Bu kriterlerin dengeli bir şekilde sağlanması, implant konumunun dijital ortama doğru ve güvenilir biçimde aktarılabilmesi için temel gereklilikler arasında yer almaktadır.

Materyal Analizleri ve Yüzey Karakteristiği

Dijital implant ölçülerinde elde edilen verinin doğruluğu, yalnızca tarayıcı teknolojisine değil, aynı zamanda taranan yüzeyin optik özelliklerine de doğrudan bağlıdır. İntraoral tarayıcılar, yüzeyden yansıyan ışığın sensörler tarafından algılanması ve bu verinin dijital ortama dönüştürülmesi prensibiyle çalışır. Bu nedenle, materyalin ışıkla etkileşim biçimi—özellikle yansıtma karakteristiği—oluşturulan üç boyutlu modelin kalitesini belirleyen temel faktörlerden biridir (Gómez-Polo et al., 2023; Pachiou et al., 2023). Yüzeyden elde edilen veri noktalarının yoğunluğu ve sürekliliği, doğrudan bu optik etkileşimin niteliğine bağlı olarak değişmektedir.

Titanyum esaslı scan body'ler, yüksek yansıtıcılığa sahip metalik yüzeyleri nedeniyle çoğunlukla speküler (ayna tipi) yansıma oluşturur. Bu durum, tarayıcı sensörlerinde lokal aşırı parlama bölgelerinin ortaya çıkmasına neden olabilir ve özellikle kenar tanımlamasında veri kaybına yol açabilir. Sonuç olarak, elde edilen mesh modelde boşluklar, düzensizlikler veya lokal deformasyonlar oluşabilmektedir (Arcuri et al., 2022; Gehrke et al., 2024). Bu tür optik sınırlamalar, özellikle tam ark veya çoklu implant vakalarında, hata birikimini artıracabilecek potansiyel bir risk faktörü olarak değerlendirilmektedir.

Bu dezavantajları azaltmak amacıyla geliştirilen polimer bazlı materyaller, özellikle PEEK (polieter eter keton), dijital ölçü sistemlerinde alternatif bir çözüm olarak öne çıkmıştır. PEEK materyali, doğđal olarak mat yüzey karakteristiğine sahip olması nedeniyle ışığı daha çok diffüz (dağımık) biçimde yansıtır. Diffüz yansıma, ışığın yüzey üzerinde daha homojen dağılmasını sağlayarak tarayıcının nesne sınırlarını daha net tanımlamasına olanak tanır ve böylece daha stabil bir veri toplama süreci sağlar (Gómez-Polo et al., 2023). Bu özellik, özellikle ince detayların ve

kenar geçişlerinin doğru şekilde algılanmasında önemli bir avantaj sunmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü de tarama performansını etkileyen önemli parametrelerden biridir. Daha düşük yansıtıcılığa sahip ve mikro ölçekte hafif pürüzlülük içeren yüzeyler, ışığın yüzey üzerinde daha dengeli dağılmasına katkıda bulunur. Bu bağlamda, PEEK materyalinin doğal mat yapısı, çoğu durumda tarama spreyi kullanımını gereksiz kılmaktadır. Tarama spreyi kullanımının ortadan kalkması ise, sprej kalınlığına bağlı olarak ortaya çıkabilecek ek boyutsal hataların önüne geçilmesini sağlar. Literatürde, sprej tabakasının varlığının ölçü doğruluğunu etkileyebileceği ve özellikle ince toleranslı restorasyonlarda klinik açıdan anlamlı sapmalara neden olabileceği belirtilmektedir (Gehrke et al., 2024).

Materyal seçimi yalnızca optik özelliklere göre değerlendirilmemelidir. PEEK materyalinin en önemli sınırlılıklarından biri, tekrarlayan sterilizasyon süreçleri sonrasında mekanik ve boyutsal stabilitesinde meydana gelebilecek değişimlerdir. Özellikle otoklav döngülerine maruz kalan polimer yapılar, uzun vadede deformasyon veya yüzey özelliklerinde değişim gösterebilir. Buna karşılık titanyum bileşenler, yüksek mekanik dayanıklılık ve uzun dönem stabilite açısından avantaj sunmaktadır (Pachiou et al., 2023). Bu nedenle klinik kullanımda materyal seçimi yapılırken, optik performans ile mekanik dayanım arasında dengeli bir değerlendirme yapılması gerekmektedir.

Son yıllarda geliştirilen hibrit tasarımlar, bu iki materyalin avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Genellikle titanyum taban ile PEEK gövdenin kombine edildiği bu sistemlerde, bağlantı stabilitesi metal bileşen tarafından sağlanırken, taranabilir yüzey özellikleri polimer yapı tarafından optimize edilmektedir. Bu tür tasarımların, hem yatay hem de dikey düzlemde implant

konumunun daha doğru aktarılmasına katkı sağlayabileceği ve bazı çalışmalarda daha yüksek doğruluk değerleri ile ilişkilendirildiği bildirilmiştir (Gómez-Polo et al., 2023; Pan et al., 2024).

Scan body materyali ve yüzey karakteristiği, dijital ölçü doğruluğunu belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. İdeal materyal; düşük yansıtıcılık, homojen ışık dağılımı, yeterli yüzey stabilitesi ve uzun dönem boyutsal dayanıklılığı bir arada sunmalıdır. Bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, dijital implant ölçülerinin daha güvenilir ve klinik olarak öngörülebilir sonuçlar vermesi açısından önemlidir.

İntraoral Tarayıcı Teknolojileri ve Scan Body Uyumluluğu

Günümüzde kullanılan intraoral tarayıcılar (IOS), ağız içi yapıların dijital olarak kaydedilmesinde farklı optik prensiplere dayanan sistemler olarak gelişim göstermiştir. Bu cihazlar genel olarak aktif nirengi (triangulation), konfokal görüntüleme veya video tabanlı ardışık görüntüleme (video sequencing) tekniklerini kullanarak yüzey verisini elde eder. Her bir sistem, ışığın yüzeye etkileşimini farklı şekilde işlediği için, elde edilen dijital verinin kalitesi yalnızca tarayıcının teknik kapasitesine değil, aynı zamanda taranan materyalin optik özelliklerine de bağlıdır (Logozzo et al., 2014; Sanda et al., 2021). Bu bağlamda, scan body ile intraoral tarayıcı arasındaki uyum, dijital ölçü doğruluğunu belirleyen kritik bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Tarayıcıların kullandığı ışık kaynağı ve algılama prensibi, scan body yüzeyinden yansıyan sinyalin karakterini doğrudan etkiler. Özellikle mavi ışık teknolojisine sahip sistemler, kısa dalga boyları sayesinde yüzey detaylarını daha yüksek hassasiyetle algılayabilmekte ve diffüz yansıma özelliği gösteren materyallerle daha stabil sonuçlar üretebilmektedir. Bu nedenle PEEK gibi mat yüzey karakterine sahip materyallerin, bu tür sistemlerle daha uyumlu çalıştığı ve daha homojen veri elde edilmesine katkı

sağladığı bildirilmektedir (Gómez-Polo et al., 2023). Buna karşılık lazer tabanlı veya yüksek yansıtıcılığa duyarlı sistemlerde, özellikle titanyum yüzeylerde oluşan spekül yansıma, sensörlerde sinyal doygunluğuna ve buna bağlı olarak veri gürültüsüne yol açabilmektedir (Arcuri et al., 2022; Gehrke et al., 2024).

Tarayıcı çözünürlüğü ve veri işleme algoritmaları da scan body'nin doğru algılanmasında belirleyici rol oynar. Özellikle scan body üzerinde bulunan ve yön tayini için kritik olan “scan flag” bölgeleri, yüksek çözünürlük ve gelişmiş yüzey tanıma algoritmaları gerektiren detaylı geometrik yapılardır. Bu bölgelerin eksik veya hatalı taranması, implantın rotasyonel ve açısal konumunun yanlış belirlenmesine neden olabilir. Güncel çalışmalar, yüksek çözünürlüklü tarayıcıların ve gelişmiş yazılım algoritmalarının, özellikle kompleks geometrik detayların yakalanmasında daha başarılı olduğunu ve bu durumun genel ölçü doğruluğunu olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Sanda et al., 2021; Gehrke et al., 2024).

Bununla birlikte, intraoral tarayıcı performansı yalnızca donanım özellikleriyle sınırlı değildir. Tarama stratejisi, veri birleştirme (stitching) algoritmaları ve operatörün uygulama tekniği de sonuç üzerinde önemli etkiye sahiptir. Özellikle geniş alanlı taramalarda, ardışık görüntülerin birleştirilmesi sırasında küçük hataların birikmesi, toplam sapmayı artırabilmektedir. Bu durum, scan body'lerin algılanmasını dolaylı olarak etkileyerek implant konumunun dijital ortamda hatalı temsil edilmesine yol açabilir (Sanda et al., 2021). Bu nedenle tarayıcı teknolojisi ile scan body tasarımının birlikte değerlendirilmesi, sistemin genel performansını optimize etmek açısından gereklidir.

Farklı intraoral tarayıcı sistemleri ile yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, aynı scan body kullanıldığında dahi cihazlar arasında anlamlı doğruluk farkları oluşabileceğini ortaya koymaktadır. Bu

durum, yalnızca optik prensiplerin değil, aynı zamanda yazılım tabanlı veri işleme süreçlerinin de ölçü doğruluğunda belirleyici olduğunu göstermektedir (Gehrke et al., 2024). Özellikle materyal–tarayıcı etkileşiminin doğru kombinasyonu, implantın hem lineer hem de açısal konumunun daha hassas şekilde belirlenmesine katkı sağlayabilmektedir.

İntraoral tarayıcı teknolojisi ile scan body arasındaki uyum, dijital implant ölçülerinin doğruluğunu belirleyen çok boyutlu bir ilişkidir. Tarayıcının optik prensibi, ışık kaynağı, çözünürlüğü ve yazılım altyapısı ile scan body'nin materyal ve yüzey özellikleri birlikte değerlendirildiğinde güvenilir ve öngörülebilir sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle klinik uygulamada tek bir parametreye odaklanmak yerine, sistemin tüm bileşenlerinin bütün olarak ele alınması gerekmektedir.

İmplant–Abutment Bağlantı Tiplerinin Hassasiyete Etkisi

Dijital implant ölçülerinde doğruluğu etkileyen faktörler çoğunlukla optik ve yazılımsal parametreler üzerinden tartışılrsa da, scan body ile implant arasındaki mekanik bağlantı özellikleri de en az bu faktörler kadar belirleyicidir. Bu bağlantı arayüzü, doğrudan gözlemlenemeyen ancak ölçü doğruluğunu etkileyen kritik bir bileşen olarak değerlendirilebilir. Scan body'nin implant gövdesine veya abutment üzerine oturuş şekli, elde edilen dijital verinin referans noktasını oluşturduğundan, bu bağlantıdaki en küçük tolerans farklılıkları dahi nihai restorasyonun uyumunu etkileyebilmektedir (Pachiou et al., 2023; Gehrke et al., 2024).

İmplant sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bağlantı tipleri arasında konik (conical/internal taper) ve düz platformlu (butt-joint/external veya flat interface) tasarımlar yer almaktadır. Konik bağlantı sistemlerinde, bileşenler arasındaki sürtünmeye dayalı kilitlenme mekanizması, yüksek mekanik stabilite ve mikro sızıntının azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır. Ancak bu

sistemlerde scan body'nin implant içerisine yerleşimi, uygulanan sıkma torkuna ve yüzey temasına bağlı olarak mikron düzeyinde değişkenlik gösterebilir. Bu durum özellikle dikey (Z-ekseni) konumlandırmada küçük sapmalara yol açabilmekte ve implantın dijital modelde olduğundan farklı bir derinlikte temsil edilmesine neden olabilmektedir (Gehrke et al., 2024).

Buna karşılık düz platformlu bağlantı sistemlerinde, bileşenler arasındaki temas daha çok yüzeysel oturuşa dayanır ve bu nedenle dikey konum stabilitesi genellikle daha öngörülebilirdir. Ancak bu sistemlerde rotasyonel stabilite daha kritik hâle gelmektedir. Scan body'nin implant üzerine doğru oryantasyonda yerleşmemesi veya bağlantı toleranslarının geniş olması durumunda, implantın açısız konumu dijital ortama hatalı aktarılabilir. Bu tür açısız sapmalar, özellikle çoklu implant restorasyonlarında pasif uyumu olumsuz etkileyebilecek klinik sonuçlar doğurabilir (Pachiou et al., 2023).

Bağlantı arayüzünün doğruluğunu etkileyen bir diğer önemli faktör ise scan body materyalinin mekanik özellikleridir. Özellikle elastik modül (elastic modulus), bağlantı bölgesinin deformasyona karşı direncini belirleyen temel parametrelerden biridir. Yüksek elastik modüle sahip materyaller, tekrarlayan takma-çıkarma işlemlerine karşı daha dirençli olup bağlantı geometrisini daha iyi koruyabilmektedir. Bu açıdan titanyum tabanlı veya titanyum destekli hibrit scan body tasarımları, uzun dönem kullanımda daha yüksek boyutsal stabilite sunma eğilimindedir (Gómez-Polo et al., 2023). Buna karşın tamamen polimer esaslı (örneğin PEEK) scan body'lerde, özellikle tekrarlayan kullanım ve sterilizasyon süreçleri sonrasında bağlantı yüzeyinde mikroskobik aşınma veya deformasyon meydana gelebileceği bildirilmiştir (Arcuri et al., 2022).

Bağlantı arayüzünde meydana gelen bu tür değişimler, dijital ölçü sürecinde implantın özellikle apiko-koronal konumunun hatalı algılanmasına yol açabilir. Bu tür bir hata, final restorasyonda oklüzal uyumsuzluklara, temas problemlerine ve hatta protezin yeniden yapılmasını gerektirebilecek klinik komplikasyonlara neden olabilir. Ayrıca çoklu implant vakalarında bu hataların birikmesi, genel restorasyon uyumunu daha da kritik hâle getirmektedir (Gehrke et al., 2024).

Son yıllarda geliştirilen hibrit scan body tasarımları, bu problemlere çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Titanyum bağlantı tabanı ile polimer gövdenin birleştirildiği bu sistemlerde, mekanik stabilite ile optik taranabilirlik arasında dengeli bir yapı elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu yaklaşımın, hem bağlantı doğruluğunu koruduğu hem de tarama sırasında daha stabil veri elde edilmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Gómez-Polo et al., 2023; Pachiou et al., 2023).

İmplant–abutment bağlantı tipi ve scan body'nin bu bağlantı ile olan ilişkisi, dijital ölçü doğruluğunu etkileyen temel fakat çoğu zaman göz ardı edilen bir parametredir. Bağlantı tasarımının mekanik özellikleri, uygulanan tork, materyal seçimi ve kullanım sıklığı birlikte değerlendirildiğinde, implant konumunun dijital ortama daha doğru ve güvenilir şekilde aktarılması mümkün olacaktır.

Dijital Ölçü Doğruluğunu Etkileyen Çevresel Faktörler

Dijital implant ölçülerinde doğruluğu belirleyen faktörler yalnızca scan body'nin tasarım ve materyal özellikleri ile sınırlı değildir; tarama işleminin gerçekleştirildiği çevresel koşullar da elde edilen verinin kalitesini doğrudan etkileyebilmektedir. İntraoral tarayıcıların büyük bir kısmı yapılandırılmış ışık (structured light) ya da belirli dalga boylarında aktif ışık projeksiyonu prensibi ile çalıştığından, ortam ışığının yoğunluğu ve spektral özellikleri,

yüzeyden geri yansıyan sinyalin algılanma biçimini değiştirebilir (Logozzo et al., 2014; Sanda et al., 2021). Özellikle dental ünit ışıkları, cerrahi aydınlatmalar veya doğal gün ışığı gibi kontrolsüz ışık kaynakları, tarayıcı tarafından gönderilen ışık ile etkileşime girerek veri kalitesinde dalgalanmalara yol açabilmektedir.

Bu etki, scan body materyaline bağlı olarak farklı düzeylerde ortaya çıkar. Optik açıdan daha mat ve diffüz yansıtıcı özellik gösteren materyaller, çevresel ışık değişimlerinden daha az etkilenme eğilimindedir. Bu nedenle PEEK gibi polimer bazlı scan body'ler, homojen veri elde edilmesi açısından daha stabil bir performans sergileyebilir. Buna karşılık titanyum gibi yüksek yansıtıcılığa sahip metal yüzeylerde, ortam ışığının varlığı speküler yansımayı artırarak sensörlerde lokal doygunluk bölgeleri oluşturabilir ve bu durum veri gürültüsünü artırabilir (Arcuri et al., 2022; Gehrke et al., 2024). Bu nedenle özellikle metal yüzeylerin taranması sırasında, çevresel ışığın minimize edilmesi ve mümkün olduğunca kontrollü bir aydınlatma ortamı sağlanması önerilmektedir.

Tarama doğruluğunu etkileyen bir diğer önemli çevresel ve operatör kaynaklı faktör, uygulanan tarama stratejisidir. İntraoral tarayıcılar, elde ettikleri ardışık görüntüleri birleştirerek (stitching) üç boyutlu modeli oluşturur. Bu süreçte her yeni görüntü, önceki veri ile hizalanarak sisteme eklenir; dolayısıyla küçük hizalama hataları zamanla birikerek toplam sapmayı artırabilir. Bu durum özellikle çoklu implant vakalarında daha belirgin hâle gelmekte ve implantlar arası mesafe ile açısız ilişkilerin hatalı temsil edilmesine neden olabilmektedir (Sanda et al., 2021; Gehrke et al., 2024).

Tarama yolunun planlanması, bu hata birikimini minimize etmek açısından kritik öneme sahiptir. Klinik uygulamalarda, scan body'lerin oklüzal yüzeylerinden başlanarak kesintisiz ve sistematik bir tarama yolunun izlenmesi, veri sürekliliğini artırmakta ve

stitching hatalarını azaltmaktadır. Ayrıca ani yön değişimlerinden kaçınılması ve tarayıcı başlığının yüzeye mümkün olduğunca sabit bir mesafede tutulması, daha stabil veri elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Sanda et al., 2021). Bu tür standartlaştırılmış tarama protokolleri, özellikle tam ark implant ölçülerinde doğruluğu artıran önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Çevresel faktörler yalnızca ışık ve tarama stratejisi ile sınırlı değildir; ağız içi dinamikler de ölçü doğruluğunu etkileyebilmektedir. Yumuşak dokuların hareketliliği, tükürük varlığı ve dil gibi mobil anatomik yapıların tarama alanına girmesi, scan body çevresinde artefakt oluşumuna neden olabilir. Bu tür artefaktlar, yazılımın yüzey tanıma ve kütüphane eşleştirme (library matching) sürecini olumsuz etkileyerek implant pozisyonunun hatalı belirlenmesine yol açabilir (Pachiou et al., 2023). Bu nedenle tarama sırasında çalışma alanının mümkün olduğunca izole edilmesi, hava ile kurutma yapılması ve yumuşak dokuların kontrol altına alınması önerilmektedir.

Dijital ölçü doğruluğu yalnızca kullanılan ekipman ve materyal ile değil, aynı zamanda tarama ortamının kontrolü ve operatörün uygulama yaklaşımı ile şekillenen çok boyutlu bir süreçtir. Ortam ışığının kontrol altına alınması, uygun materyal seçimi, sistematik tarama stratejilerinin uygulanması ve intraoral koşulların optimize edilmesi, daha güvenilir ve tekrarlanabilir dijital ölçülerin elde edilmesi açısından temel gereklilikler arasında yer almaktadır.

Klinik Uygulama Önerileri

Dijital implant ölçü süreçlerinde elde edilen verinin doğruluğu, yalnızca kullanılan ekipmanın teknik kapasitesine değil; aynı zamanda klinik uygulama protokolünün ne kadar standartize edildiğine de bağlıdır. Bu nedenle başarılı bir dijital iş akışı için, ölçü alma sürecinin tüm aşamalarının dikkatle planlanması ve kontrol

edilmesi gerekmektedir. Aşağıda yer alan öneriler, literatürde tanımlanan temel prensipler doğrultusunda klinik uygulamada doğruluğu artırmaya yönelik pratik yaklaşımları içermektedir.

İlk olarak, kullanılacak scan body'nin CAD yazılımı kütüphanesinde yer alan dijital karşılığı ile birebir uyumlu olması kritik bir gerekliliktir. Üreticiye ait güncel kütüphane dosyalarının kullanılmaması veya farklı bir modelin yanlışlıkla seçilmesi, implantın dijital ortamdaki konumunun hatalı belirlenmesine neden olabilir. Bu tür yazılımsal hatalar, fiziksel ölçü ne kadar doğru olursa olsun restorasyon uyumunu olumsuz etkileyebileceğinden, tarama öncesinde kütüphane eşleşmesinin doğrulanması önerilmektedir (Pachiou et al., 2023; Gehrke et al., 2024).

Scan body'nin implant veya abutment üzerine doğru ve tam oturtulması, ölçü doğruluğunun en temel belirleyicilerinden biridir. Bağlantı arayüzünde gözle fark edilmeyecek düzeyde oluşan mikron seviyesindeki boşluklar dahi, dijital modelde anlamlı sapmalara yol açabilmektedir. Bu nedenle scan body yerleştirildikten sonra klinik olarak stabilitesinin kontrol edilmesi ve gerekli durumlarda radyografik doğrulama yapılması önerilmektedir. Özellikle konik bağlantılı sistemlerde uygulanan sıkma torkunun da yerleşim doğruluğunu etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Gehrke et al., 2024).

Materyal seçimi ve yüzey hazırlığı da klinik uygulamada dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli noktadır. Yüksek yansıtıcılığa sahip titanyum scan body'lerde, yüzeyde bulunan nem veya kontaminasyonlar speküler yansımayı artırarak tarama kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle tarama öncesinde yüzeyin kuru ve temiz olması sağlanmalıdır. Gerekli durumlarda, özellikle yoğun yansıma gözlenen alanlarda, çok ince bir tabaka halinde tarama spreyi uygulanarak yüzeyin mat hale getirilmesi tercih edilebilir. Bununla birlikte, sprey kullanımının yüzey

kalınlığını artırarak ölçü doğruluğunu etkileyebileceği de dikkate alınmalı ve mümkün olduğunca minimal uygulanmalıdır (Arcuri et al., 2022; Gómez-Polo et al., 2023).

Tarama işlemi sırasında elde edilen dijital verinin anlık olarak değerlendirilmesi de doğruluğun sağlanması açısından önemlidir. Scan body yüzeyinde yer alan geometrik referansların net şekilde görüntülenip görüntülenmediği kontrol edilmeli; veri kaybı, boşluk (hole) veya düzensiz yüzey oluşumu gözlemlendiğinde ilgili bölgeler yeniden taranmalıdır. Özellikle scan flag bölgelerindeki eksik veri, implantın rotasyonel konumunun hatalı belirlenmesine neden olabileceğinden, bu alanlara özel dikkat gösterilmelidir (Sanda et al., 2021).

Tarama stratejisinin sistematik ve tutarlı olması, özellikle çoklu implant vakalarında hata birikimini azaltmak açısından kritik öneme sahiptir. Scan body'ler arasında geçiş yapılırken ani yön değişimlerinden kaçınılmalı ve mümkün olduğunca kesintisiz bir tarama yolu izlenmelidir. Oklüzal yüzeylerden başlanarak ilerleyen bir tarama yaklaşımının, veri sürekliliğini artırarak stitching hatalarını minimize ettiği bildirilmektedir (Sanda et al., 2021; Gehrke et al., 2024). Ayrıca tarayıcı başlığının yüzeye olan mesafesinin sabit tutulması, veri yoğunluğunun homojen dağılımına katkı sağlar.

Çevresel koşulların kontrolü de göz ardı edilmemesi gereken bir diğer faktördür. Tarama sırasında ortam ışığının mümkün olduğunca stabilize edilmesi ve özellikle doğrudan güçlü ışık kaynaklarının tarama alanına girmesinin engellenmesi önerilmektedir. Yumuşak dokuların hareketi, tükürük birikimi ve reflektif yüzeyler, tarama verisinde artefakt oluşumuna neden olabileceğinden, çalışma alanının izole edilmesi ve gerektiğinde hava ile kurutulması uygun bir yaklaşım olacaktır (Pachiou et al., 2023).

Son olarak, scan body'nin kullanım sıklığı ve fiziksel durumu da klinik doğruluk açısından dikkate alınmalıdır. Tekrarlayan kullanım ve sterilizasyon işlemleri sonucunda özellikle polimer esaslı bileşenlerde yüzey aşınması veya bağlantı toleranslarında değişim meydana gelebilir. Bu nedenle belirli bir kullanım süresini aşan scan body'lerin periyodik olarak kontrol edilmesi ve gerektiğinde yenilenmesi önerilmektedir (Arcuri et al., 2022).

Sonuç olarak, dijital implant ölçülerinde başarı, yalnızca teknolojik donanıma değil; doğru materyal seçimi, uygun tarama stratejisi, mekanik bağlantı doğruluğu ve çevresel kontrolün birlikte sağlanmasına bağlıdır. Bu parametrelerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması, daha öngörülebilir ve klinik olarak başarılı restoratif sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Sonuç

Dijital implant ölçü sistemleri, günümüz restoratif diş hekimliğinde yüksek doğruluk ve öngörülebilirlik sunan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu doğruluğun sağlanması, yalnızca kullanılan intraoral tarayıcı teknolojisine değil; scan body tasarımı, materyal özellikleri, implant-abutment bağlantı tipi ve klinik uygulama protokolü gibi çok sayıda faktörün birlikte değerlendirilmesine bağlıdır. Scan body'nin geometrik yapısı ve yüzey karakteristiği, tarayıcı tarafından elde edilen verinin kalitesini doğrudan etkilerken; materyalin optik ve mekanik özellikleri, hem taranabilirliği hem de bağlantı stabilitesini belirlemektedir.

Bununla birlikte, intraoral tarayıcıların çalışma prensipleri ile scan body materyali arasındaki uyum, ölçü doğruluğunun optimize edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Tarama stratejisi, çevresel ışık koşulları ve intraoral dinamikler gibi klinik değişkenler de bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır ve özellikle çoklu implant

vakalarında hata birikimine neden olabilecek unsurlar arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak, dijital implant ölçülerinde başarı, tek bir parametreye indirgenemeyecek kadar çok boyutlu bir süreçtir. Klinik uygulamada doğru materyal seçimi, uygun tarama protokolü ve sistem bileşenleri arasındaki uyumun sağlanması, daha hassas ve güvenilir restoratif sonuçların elde edilmesine olanak tanımaktadır. Gelecekte, tarayıcı teknolojilerindeki gelişmeler ve scan body tasarımlarındaki yeniliklerle birlikte, dijital iş akışlarının daha da standardize edilmesi ve klinik sonuçların iyileştirilmesi beklenmektedir.

Kaynakça

Arcuri, L., Pozzi, A., Lio, F., Rompen, E., Zechner, W., & Nardi, A. (2020). Influence of implant scanbody material, position and operator on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *Journal of Prosthodontic Research*, 64(2), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.06.001>

Arcuri, L., Lio, F., Campana, V., Mazzetti, V., Federici, F. R., Nardi, A., & Galli, M. (2022). Influence of implant scanbody wear on the accuracy of digital impression for complete-arch: A randomized in vitro trial. *Materials*, 15(3), 927. <https://doi.org/10.3390/ma15030927>

Gehrke, P., Rashidpour, M., Sader, R., & Weigl, P. (2024). A systematic review of factors impacting intraoral scanning accuracy in implant dentistry with emphasis on scan bodies. *International Journal of Implant Dentistry*, 10, 20. <https://doi.org/10.1186/s40729-024-00543-0>

Gómez-Polo, M., Donmez, M. B., Çakmak, G., Yilmaz, B., & Revilla-León, M. (2023). Influence of implant scan body design (height, diameter, geometry, material, and retention system) on intraoral scanning accuracy: A systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 32(2), 165–180. <https://doi.org/10.1111/jopr.13774>

Grande, F., Mosca Balma, A., Mussano, F., & Catapano, S. (2025). Effect of implant scan body type, intraoral scanner and scan strategy on the accuracy and scanning time of a maxillary complete arch implant scans: An in vitro study. *Journal of Dentistry*, 159, 105782. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105782>

Katsoulis, J., Takeichi, T., Gaviria, A. S., Peter, L., & Katsoulis, K. (2017). Misfit of implant prostheses and its impact on clinical outcomes: Definition, assessment and a systematic review of

the literature. *European Journal of Oral Implantology*, 10(Suppl. 1), 121–138.

Lee, J.-H., Bae, J.-H., Kim, D.-Y., & Kim, J.-H. (2025). Digital impression accuracy for bone-level and tissue-level implants using scan bodies of different heights. *Scientific Reports*, 15, 20524. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-20524-6>

Logozzo, S., Zanetti, E. M., Franceschini, G., Kilpelä, A., & Mäkyänen, A. (2014). Recent advances in dental optics – Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry. *Optics and Lasers in Engineering*, 54, 203–221. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.07.017>

Ma, J., Zhang, B., Song, H., Wu, D., & Song, T. (2023). Accuracy of digital implant impressions obtained using intraoral scanners: A systematic review and meta-analysis of in vivo studies. *International Journal of Implant Dentistry*, 9, 48. <https://doi.org/10.1186/s40729-023-00517-8>

Mohajerani, R., Djalalinia, S., & Alikhasi, M. (2025). The effects of scan body geometry on the precision and the trueness of implant impressions using intraoral scanners: A systematic review. *Dentistry Journal*, 13(6), 252. <https://doi.org/10.3390/dj13060252>

Pachiou, A., Zervou, E., Tsirogiannis, P., Sykaras, N., Tortopidis, D., & Kourtis, S. (2023). Characteristics of intraoral scan bodies and their influence on impression accuracy: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 35(8), 1205–1217. <https://doi.org/10.1111/jerd.13074>

Pan, Y., Dai, X., Tsoi, J. K. H., Lam, W. Y. H., & Pow, E. H. N. (2024). Effect of shape and size of implant scan body on scanning accuracy: An in vitro study. *Journal of Dentistry*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105498>

Sanda, M., Miyoshi, K., & Baba, K. (2021). Trueness and precision of digital implant impressions by intraoral scanners: A literature review. *International Journal of Implant Dentistry*, 7, 97. <https://doi.org/10.1186/s40729-021-00352-9>

Wan, Q., Limpuangthip, N., Hlaing, N. H. M. M., Hahn, S., Lee, J.-H., & Lee, S. J. (2024). Enhancing scanning accuracy of digital implant scans: A systematic review on application methods of scan bodies. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 132(5), 898.e1–898.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.06.010>

