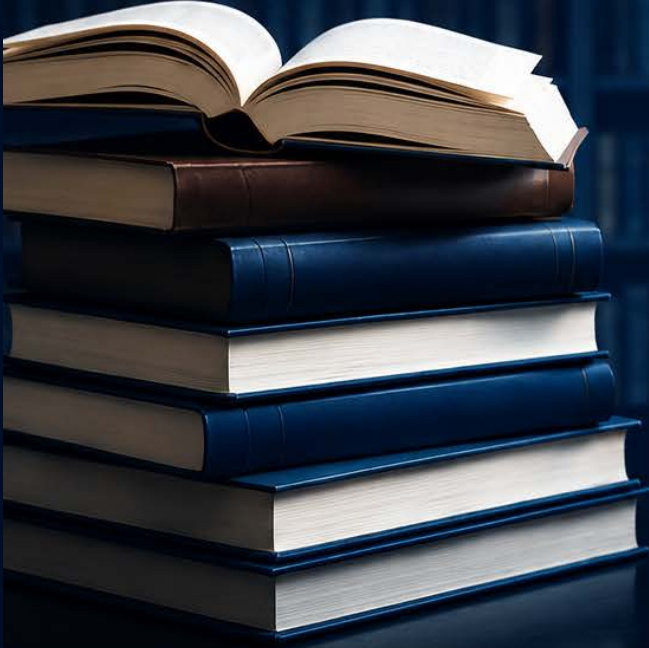


AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ALANINDA GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Dr. Öğr.Üyesi Selen ONAT KAYIKÇI



**Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında
Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör

Dr. Öğr.Üyesi Selen ONAT KAYIKÇI

yaz
yayınları

2026

**Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında
Güncel Konular ve Akademik
Değerlendirmeler**

Editör: Dr. Öğr.Üyesi Selen ONAT KAYIKÇI

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8926-98-9

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

İleri Derece Atrofik Maksillanın Rehabilitasyonunda Zigomatik İmplantlar: Anatomik Temeller, Cerrahi Teknikler ve Komplikasyon Yönetimi.....	1
<i>Kübra EMİR, Andaç DOĞAN</i>	
Laterognatide Cerrahi Tedavi Yaklaşımları	21
<i>Seçil ÇUBUK, Sıdıka Sinem AKDENİZ</i>	
Dental İmplant Cerrahisinde Dinamik Navigasyon: Güncel Teknolojiler, Klinik Uygulamalar ve Doğruluk	44
<i>Züleyha BAŞAR KARAKUZU</i>	
PTFE Membranlar ile Yönlendirilmiş Kemik Rejenerasyonu: Kullanım Alanları, Cerrahi Uygulama İlkeleri ve Komplikasyonlar	63
<i>Züleyha BAŞAR KARAKUZU</i>	
Diş Hekimliğinde Kullanılan Güncel Sert Doku Greft Materyalleri.....	83
<i>Ahmet Ferhat BÜYÜKDENİZ</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

İLERİ DERECEDE ATROFİK MAKSİLLANIN REHABİLİTASYONUNDA ZİGOMATİK İMLANTLAR: ANATOMİK TEMELLER, CERRAHİ TEKNİKLER VE KOMPLİKASYON YÖNETİMİ

Kübra EMİR¹

Andaç DOĞAN²

1. GİRİŞ

İleri derecede rezorbe maksillanın implant destekli rehabilitasyonu, azalmış kemik hacmi ve maksiller sinüs pnömatisasyonu nedeniyle klinik açıdan güçlük oluşturur. Özellikle posterior maksillada konvansiyonel implantlar için yeterli kemik bulunmadığında sinüs tabanı yükseltme ve farklı kemik augmentasyonu yöntemleri uygulanabilmektedir. Ancak bu girişimlerin cerrahi morbiditeyi ve tedavi süresini artırabilmesi, ileri maksiller atrofide greftsiz tedavi seçeneklerinin geliştirilmesine yol açmıştır.(Polido, Machado-Fernandez, Lin, & Aghaloo, 2023)

Zigomatik implantlar başlangıçta tümör rezeksiyonu ve maksillektomi uygulanmış hastaların rehabilitasyonu için geliştirilmiş, daha sonra ileri derecede atrofik dişsiz maksillanın tedavisine uyarlanmıştır. Klasik yaklaşımda zigomatik implantlar posterior destek sağlarken anterior maksilladaki konvansiyonel implantlarla birlikte kullanılır. Anterior maksillada da yeterli

¹ Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0001-0509-3838.

² Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-3517-2051.

kemik bulunmayan ileri olgularda ise dört zigomatik implantın kullanıldığı Quad Zygoma yaklaşımı uygulanabilir.(Kämmerer et al., 2023)

Zigomatik implantların temel kullanım alanını konvansiyonel implantlarla rehabilitasyonun mümkün olmadığı ileri maksiller kemik yetersizliği ve maksiller defektler oluşturur. Geniş augmentasyon gereksinimini azaltmaları ve uygun hastalarda hemen yüklemeye olanak sağlamaları önemli avantajlardır. Bununla birlikte tedavi kararı yalnız mevcut kemik miktarına göre verilmemeli; rezidüel kemiğin dağılımı, maksillo-zigomatik anatomi, sinüsün durumu, protetik gereksinimler ve alternatif tedavi seçenekleri birlikte değerlendirilmelidir.(Al-Nawas et al., 2023; Polido et al., 2023)

Zigomatik implantlarda yüksek sağkalım oranları bildirilmesine karşın implantın fonksiyonda kalması tek başına tedavi başarısını tanımlamaz. Sinüs sağlığı, peri-implant dokular, implant stabilitesi ve protetik rehabilitasyon da uzun dönem değerlendirmeye dahil edilmelidir.(Aparicio et al., 2014) Bu bölümde zigomatik implantların cerrahi anatomisi, hasta seçimi, preoperatif planlama, cerrahi yaklaşımlar ve komplikasyon yönetimi güncel literatür doğrultusunda ele alınacaktır.

2. ZİGOMATİK İMPLANTLARIN TEMEL PRENSİPLERİ VE CERRAHİ ANATOMİSİ

Zigomatik implantların temel prensibi, ileri maksiller rezorpsiyon nedeniyle konvansiyonel implantlar için yeterli desteğin bulunmadığı olgularda zigomatik kemikten yararlanılarak implant desteğinin sağlanmasına dayanır. İmplant alveoler bölgeden zigomatik kemiğe uzanan uzun ve oblik bir seyir izlediğinden primer stabilite yalnız apikal ankraja bağlı değildir. İmplantın seyri boyunca kortikal kemikten aldığı destek ve koronal bölgede korunabilen rezidüel maksiller kemik de

stabilite ve yük aktarımı açısından önem taşır.(Bedrossian, Brunski, Al-Nawas, & Kämmerer, 2023)

Zigomatikomaksiller buttress cerrahi açıdan temel anatomik referanslardan biridir. Zigomatik kemiğin kortikal ve medüller yapısı ile maksiller sinüs, infraorbital foramen ve orbital taban gibi komşu oluşumların konumu bireyler arasında değişkenlik gösterir. Altıntaş ve ark.nın 362 erişkine ait bilgisayarlı tomografi görüntülerini değerlendirdiği morfometrik çalışmada da zigomatik bölgenin kemik yapısı ve komşu anatomik oluşumlarla ilişkisi açısından belirgin bireysel farklılıklar gösterilmiştir.(Altıntaş, Sipahioğlu, Cingöz, Eberliköse, & Demir, 2026) Bununla birlikte çalışma tam dişli bireylerde gerçekleştirildiğinden bildirilen morfometrik değerlerin ileri maksiller atrofi hastalara doğrudan aktarılması uygun değildir.

İmplant trajektorisi rezidüel alveoler kret, lateral maksiller duvar, maksiller sinüs ve zigomatik kemik arasındaki üç boyutlu ilişkiye bağlıdır. Lateral maksiller duvarın morfolojisindeki farklılıklar nedeniyle implant bazı hastalarda ağırlıklı olarak intrasinüzal, bazılarında ise daha ekstrasinüzal bir seyir gösterebilir. Bu anatomik değişkenlik, standart bir implant yolundan ziyade hasta anatomisine uyarlanmış cerrahi planlamanın temelini oluşturur.(Aparicio, 2011)

Zigomatik kemiğin orbita ile yakın ilişkisi cerrahi güvenlik açısından ayrıca önemlidir. Osteotominin yönü ve implantın apikal konumu belirlenirken orbital taban ve infraorbital bölge dikkate alınmalıdır. Zielinski ve ark., zigomatik kemik ile orbital taban arasındaki ilişkinin bireysel farklılık gösterebildiğini ve bu ilişkinin preoperatif değerlendirilmesinin orbital komplikasyonların önlenmesi açısından önem taşıdığını bildirmiştir.(Zielinski et al., 2025)

Zigomatik implantların uzunluğu ve oblik yerleşimi biyomekanik açıdan da önem taşır. Rezidüel maksiller kemik desteğinin azalması implant ve çevre kemikte oluşan stresleri artırabilir. Bu nedenle mümkün olduğunda koronal maksiller kemik desteğinin korunması ve zigomatik implantların diğer implantlarla rijit bir tam ark yapı içinde splintlenmesi yüklerin dağılımına katkı sağlar.(Bedrossian et al., 2023) Bu anatomik ve biyomekanik özellikler, implant sayısının ve cerrahi trajektorinin hasta özelinde belirlenmesinin temelini oluşturur.

3. ENDİKASYONLAR, KONTRENDİKASYONLAR VE HASTA SEÇİMİ

Zigomatik implantların başlıca endikasyonu, konvansiyonel implantlarla planlanan rehabilitasyon için yeterli maksiller kemiğin bulunmadığı ileri atrofi veya kemik defektidir. Daha önce uygulanmış greft ya da implant tedavilerinin başarısız olduğu hastalar ile rezeksiyon, travma veya konjenital nedenlerle maksiller kemiğin kısmen ya da tamamen kaybedildiği olgular diğer kullanım alanlarını oluşturur.(Al-Nawas et al., 2023; Polido et al., 2023)

Literatürde zigomatik implant gereksinimini belirleyen ortak bir rezidüel kemik miktarı veya “ekstrem atrofi” eşiği bulunmamaktadır.(Polido et al., 2023) Bu nedenle karar yalnız kemik yüksekliğine göre verilmemeli; kullanılabilir kemiğin miktarı ve dağılımı, konvansiyonel, kısa veya eğimli implantların uygulanabilirliği, greftleme gereksinimi ve planlanan protetik rehabilitasyon birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle belirli miktarda rezidüel kemiğin bulunduğu sınırdaki olgularda zigomatik implantların alternatif tedavilere genel olarak üstün olduğunu gösteren yeterli karşılaştırmalı kanıt bulunmamaktadır.(Acerra et al., 2026)

Anterior maksillada konvansiyonel implant yerleştirilebilecek yeterli kemik bulunurken posterior desteğin yetersiz olduğu hastalarda zigomatik implantlar anterior konvansiyonel implantlarla birlikte kullanılabilir. Hem anterior hem posterior maksillada konvansiyonel implant desteğinin sağlanamadığı ileri atrofi olgularında ise Quad Zygoma düşünülebilir.(Al-Nawas et al., 2023) Bu seçimde kemik miktarının yanı sıra zigomatik kemik, maksiller sinüs ve orbita arasındaki anatomik ilişki de uygun bir implant trajektorisine izin vermelidir.

Zigomatik implantlar için literatürde üzerinde uzlaşılmış tek bir mutlak kontrendikasyon listesi bulunmamaktadır. Hasta seçiminde genel sağlık durumu ve cerrahiye tolere edebilme kapasitesi; lokal enfeksiyon, sinüs sağlığı, kemik ve yumuşak doku koşulları, oral hijyen, protetik gereksinimler ve uzun dönem bakım olanakları birlikte değerlendirilmelidir. Maksillofasiyal defekti bulunan hastalarda malign hastalığın takibi, geçirilmiş radyoterapi ve dokuların mevcut durumu ayrıca dikkate alınmalıdır.(Al-Nawas et al., 2023) Bu faktörler klinik bağlamdan bağımsız mutlak dışlama ölçütleri olarak değil, bireysel risk–yarar değerlendirmesinin parçaları olarak ele alınmalıdır.

Tedavi seçeneklerinin birden fazlasının uygulanabilir olduğu durumlarda cerrahi morbidite, tedavi süresi, beklenen protetik sonuç, olası komplikasyonlar, uzun dönem bakım gereksinimi ve hasta tercihi birlikte değerlendirilmelidir (Al-Nawas et al., 2023) Dolayısıyla zigomatik implant endikasyonu yalnız “yetersiz kemik” varlığıyla değil, anatomik koşullar ve alternatif rehabilitasyon seçenekleri birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir.

4. PREOPERATİF DEĞERLENDİRME VE CERRAHİ PLANLAMA

Zigomatik implant planlamasında amaç, protetik olarak uygun bir platform konumundan başlayarak mevcut kemiği etkin kullanan ve kritik anatomik yapılardan güvenli uzaklıkta seyreden bir implant yolu belirlemektir. Bu nedenle rezidüel alveoler kemik, lateral maksiller duvar, maksiller sinüs, zigomatik kemik ve orbita üç boyutlu olarak birlikte değerlendirilmelidir.

4.1. Üç boyutlu radyolojik değerlendirme

Zigomatik implantın uzun ve oblik seyri nedeniyle kesitsel görüntüleme preoperatif planlamanın temelini oluşturur. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (cone-beam computed tomography; CBCT) üzerinde yalnız zigomatik kemiğin hacmi değil; planlanan koronal giriş noktası, rezidüel alveoler kemik desteği, maksiller sinüs ve lateral duvarla ilişki, zigomatik giriş ve ankraj bölgesi ile orbital tabana komşuluk aynı trajektori üzerinde değerlendirilmelidir.(Altıntaş et al., 2026; Zielinski et al., 2025)

Maksiller sinüsün pnömatizasyonu ve lateral duvar morfolojisi implantın intrasinüzal veya ekstrasinüzal seyrini etkileyebilir. Mevcut sinonazal semptomlar ve radyolojik patolojiler de cerrahi öncesinde değerlendirilmelidir. Şüpheli bulguların varlığında gerekli ileri incelemelerin tamamlanması ve gerektiğinde kulak burun boğaz değerlendirmesi uygun olur.(Al-Nawas et al., 2023) İmplant uzunluğu ve yönü standart anatomik ölçülere göre değil, hastanın kendi üç boyutlu anatomisi ve planlanan protetik rehabilitasyon doğrultusunda belirlenmelidir

4.2. Rezidüel kemiğin dağılımı: Bedrossian zonları

Bedrossian yaklaşımı, kullanılabilir maksiller kemiğin dağılımına göre genel implant stratejisinin belirlenmesine

yardımcı olur. Maksiller alveoler ark üç bölgeye ayrılır: Zone I premaxillary, Zone II premolar, Zone III ise molar bölgeyi temsil eder.(Bedrossian et al., 2023)

Posterior maksillada yeterli kemik bulunmazken Zone I'de konvansiyonel implant yerleştirilebiliyorsa zigomatik implantlar posterior desteği sağlayarak anterior implantlarla birlikte kullanılabilir. Bilateral olarak Zone I–III boyunca konvansiyonel implant desteğinin sağlanamadığı ileri atrofi olgularında ise Quad Zygoma düşünülebilir.(Bedrossian et al., 2023; Polido et al., 2023) Ancak bu zonlar kullanılabilir kemiğe nicel bir eşik getirmez; dolayısıyla tek başına tedavi endikasyonu belirleyen bir sınıflama değildir.

4.3. İmplant trajektorisinin belirlenmesi: ZAGA

Zygoma Anatomy-Guided Approach (ZAGA), implant yolunun lateral maksiller duvar, rezidüel alveoler kret ve zigomatik buttress arasındaki anatomik ilişkiye göre belirlenmesini esas alır. Aparicio'nun özgün çalışmasında 100 hastaya ait 200 bölge değerlendirilmiş ve ZAGA 0–4 olmak üzere beş anatomik konfigürasyon tanımlanmıştır.(Aparicio, 2011)

ZAGA 0'da lateral maksiller duvar görece düzdür ve implant intrasinüzal seyreder. ZAGA 1'de hafif konkavite vardır; implant yolu kombine olmakla birlikte ağırlıklı olarak intrasinüzaldır. ZAGA 2'de konkavite belirginleşir ve kombine yolun ekstrasinüzal bölümü artar. ZAGA 3'te implant ekstrasinüzal ilerler ancak implant başı rezidüel alveoler kretle ilişkisini korur. ZAGA 4 ileri atrofiyle birlikte; implant ekstrasinüzal seyreder ve implant başı ciddi biçimde rezorbe kretin bukkalinde konumlanabilir.(Aparicio, 2011)

ZAGA'nın klinik önemi, tüm hastalara standart bir intrasinüzal veya ekstrasinüzal yol önermek yerine trajektoriyi anatomiye göre belirlemesidir. Bunun yanında implantın protetik çıkışı, mevcut maksiller kemiğin korunması ve zigomatik

bölgede yeterli desteğin sağlanması birlikte gözetilir. Böylece cerrahi plan yalnız apikal zigomatik ankraja değil, implantın koronal girişinden apikal sonlanmasına kadar bütün yoluna dayanır.

4.4. Güncel anatomik çerçeve: Z-Classification

Zarrine ve ark. tarafından 2026 yılında tanımlanan Z-Classification, rezidüel alveoler kret, lateral sinüs duvarı ve zigomatik bölgeyi birlikte değerlendirerek cerrahi planlamayı yapılandırmayı amaçlayan altı sınıflı bir sistemdir.(Zarrine, Ilic, Ilic, Lazic, & Markovic, 2026) ZAGA'nın yerine geliştirilmiş bir teknik değildir. ZAGA daha çok implant gövdesinin maksiller duvar ve sinüsle ilişkili trajektorisini tanımlarken, Z-Classification cerrahi sırasında karşılaşılabilecek kret-sinüs-zigoma anatomisini bir bütün olarak değerlendirmeyi amaçlar.

Bu yaklaşımda trajektori üç temel nokta arasında oluşturulur: protezin gerektirdiği implant platformu, zigomatik kemiğe giriş bölgesi ve apikal bölümün dış zigomatik korteksle ilişkisi. Apikal konum belirlenirken orbital tabana güvenli uzaklığın korunması da dikkate alınır.(Zarrine et al., 2026)

Sınıflama, iki merkezde yaklaşık on yıllık dönemde 234 hastaya yerleştirilen 882 zigomatik implanttan edinilen klinik deneyim temelinde geliştirilmiştir. Bununla birlikte sınıflamaya ilişkin sistematik sonuç analizi ve klinik validasyon henüz yapılmamıştır.(Zarrine et al., 2026) Bu nedenle Z-Classification doğrulanmış bir tedavi algoritmasından çok, cerrahi karar sürecini düzenlemeye yönelik yeni bir anatomik çerçeve olarak değerlendirilmelidir.

Bedrossian, ZAGA ve Z-Classification birbirinin alternatifi değildir. Bedrossian zonları kullanılabilir maksiller kemiğin dağılımını, ZAGA implantın maksiller duvar ve sinüsle ilişkili trajektorisini, Z-Classification ise kret-sinüs-zigoma ilişkisini cerrahi karar süreci içerisinde değerlendirmeye yardımcı

olur. Bu verilerin CBCT ve protetik planla birlikte değerlendirilmesi hasta özelindeki cerrahi yaklaşımın temelini oluşturur.

5. CERRAHİ YAKLAŞIMLAR VE UYGULAMA TEKNİĞİ

Zigomatik implant cerrahisi, klasik intrasinüzal Brånemark tekniğinden implant yolunun hastanın anatomisine göre belirlendiği daha bireyselleştirilmiş yaklaşımlara doğru gelişmiştir. Günümüzde intrasinüzal, sinus-slot ve ekstrasinüzal/eksternalize yollar hastanın maksillo-zigomatik anatomisine ve planlanan protetik çıkışa göre kullanılabilir.(Kämmerer et al., 2023; Rebelo, Sales, Silva, Leão, & Carvalho, 2025)

5.1. Cerrahi yaklaşımlar

Klasik Brånemark tekniğinde tam kalınlıklı mukoperiostal flep kaldırılarak lateral maksiller duvar ve zigomatik bölgeye ulaşılır. Lateral duvarda bir pencere hazırlanarak Schneider membranı implant yolundan uzaklaştırılır; osteotomi alveoler kretten başlayıp maksiller sinüs içerisinden zigomatik kemiğe yönlendirilir.(Kämmerer et al., 2023) Özellikle belirgin maksiller konkavite bulunan hastalarda bu yol implant platformunun palatinalde konumlanmasına ve protetik çıkışın elverişsiz hale gelmesine neden olabilir.Sinus-slot tekniğinde geniş lateral pencere yerine planlanan implant yolu boyunca lateral maksiller duvarda bir oluk hazırlanır.

Bu yaklaşım osteotominin yönünün izlenmesini ve implantın zigomatik kemiğe yönlendirilmesini kolaylaştırır. Vrielinck ve ark.nın 203 hastayı kapsayan retrospektif çalışmasında sinus-slot ile yerleştirilen implantlarda sağkalım intrasinüzal yerleşime göre daha yüksek bulunmuştur. Bununla

birlikte gruplar arasındaki dönem, implant yüzeyi ve endikasyon farklılıkları nedeniyle bu sonuç sinus-slot tekniğinin doğrudan üstünlüğü şeklinde yorumlanmamalıdır(Vrielinck, Vitosyte, Politis, & Jacobs, 2026)

Maksiller konkavitenin arttığı hastalarda implantın sinüs içerisindeki bölümünü azaltmak ve platformu alveoler krete yaklaştırmak amacıyla ekstrasinüzal ve eksternalize yollar kullanılabilir. Rebelo ve ark.nın 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analizinde 15 çalışmadaki 1555 eksternalize zigomatik implant için yüksek başarı oranları bildirilmiştir. Bununla birlikte çalışmaların çoğunda yanlılık riskinin yüksek olması, bu tekniğin diğer cerrahi yaklaşımlara üstünlüğü konusunda kesin bir sonuca varılmasını engellemektedir.(Rebelo et al., 2025)

Bu teknikler birbirinden tamamen bağımsız seçenekler olarak görülmemelidir. İmplant yolu lateral maksiller duvarın morfolojisine göre tamamen intrasinüzal, ekstrasinüzal veya ikisinin arasında olabilir. ZAGA yaklaşımının 4. bölümde açıklanan temel ilkesi de cerrahi yolu önceden belirlenmiş bir tekniğe uydurmak yerine hastanın anatomisi ve protetik gereksinimleri doğrultusunda seçmektir. Multisentrik bir klinik çalışmada implantların bireysel anatomiye göre yerleştirilmesi sonucunda implant başlarının palatinalde, alveoler kret üzerinde veya vestibülde konumlanabildiği bildirilmiştir.(Davó, Bankauskas, Laurincikas, Koçyigit, & de Val, 2020) Böylece ekstrasinüzal yerleşim tek başına bir cerrahi hedef değil, uygun olgularda seçilebilecek bir trajektori olarak değerlendirilmelidir.

5.2. Cerrahi uygulama ve güvenlik

Cerrahi planlamada implantın koronal giriş noktası, maksiller kemikten sağlayacağı destek, zigomatik kemiğe giriş bölgesi ve apikal sonlanma aynı trajektori üzerinde değerlendirilmelidir. Osteotomi zigomatik kemikte yeterli destek sağlayacak şekilde hazırlanırken orbita ve infraorbital bölgeden

güvenli uzaklık korunmalıdır. Quad Zygoma uygulamalarında aynı zigomaya yerleştirilen iki implantın koronal ve apikal yollarının birbirinden ayrılması gerektiğinden üç boyutlu planlamanın önemi daha da artar.

Serbest el yerleşiminde cerrahi güvenliği artırmaya yönelik anatomik referans temelli teknikler de geliştirilmiştir. De Almeida tarafından 2026 yılında tanımlanan W2 tekniği, özellikle implantın orta ve servikal bölümlerinin eksternalize olduğu olgularda osteotominin yönlendirilmesini ve orbital yaralanma riskinin azaltılmasını amaçlamaktadır.(de Almeida, 2026) Ancak bu yaklaşım teknik not niteliğindedir ve karşılaştırmalı klinik çalışmalarla doğrulanmamıştır; bu nedenle yerleşik yöntemlere üstün bir teknik olarak değerlendirilmemelidir.

Zigomatik implantların uzunluğu nedeniyle küçük açısız sapmalar apikal bölgede daha belirgin konumsal farklılıklara dönüşebilir. Bu nedenle statik cerrahi rehberler ve dinamik navigasyon sistemleri serbest el cerrahisine yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır. Zingari ve ark.nın kemik destekli rehberlerle yerleştirilen 150 zigomatik implantı değerlendirdiği çalışmada düşük doğrusal ve açısız sapmalar bildirilmiş, ancak sapmanın ZAGA 0'dan ZAGA 4'e doğru arttığı gösterilmiştir.(Zingari, Gallo, Finamore, Barone, & Giudice, 2026) Bu bulgu, dijital rehberliğin anatomik zorluğu tamamen ortadan kaldırmadığını göstermektedir.

Dinamik navigasyona ilişkin daha uzun süreli klinik veriler de ortaya çıkmaktadır. Guo ve ark.nın dinamik navigasyon ile serbest el yerleşimini karşılaştırdığı retrospektif çalışmada 28 hastadaki 52 zigomatik implant ortalama yaklaşık beş yıl izlenmiş ve her iki grupta da implant sağkalımı %96,15 bulunmuştur. Navigasyon grubunda parestezi daha az görülmüş ve hiçbir implant infratemporal fossaya çıkmamışken serbest el grubunda üç implantta bu durum saptanmıştır. Bununla birlikte küçük

örneklem ve retrospektif tasarım nedeniyle bu sonuçlar navigasyonun uzun dönem klinik üstünlüğünü kanıtlamamaktadır.(Guo et al., 2025)

Sonuç olarak zigomatik implant cerrahisinde bütün hastalar için geçerli tek bir ideal yol bulunmamaktadır. Cerrahi yaklaşım, protetik olarak uygun platform konumu ile yeterli kemik desteği ve anatomik güvenlik arasında denge sağlayacak biçimde hastanın üç boyutlu anatomisine göre seçilmelidir.

6. KOMPLİKASYONLAR, UZUN DÖNEM SONUÇLAR VE KLİNİK YÖNETİM

Zigomatik implantlarda bildirilen yüksek sağkalım oranları, tedavinin komplikasyonsuz olduğu veya her durumda klinik başarı sağlandığı anlamına gelmez. İmplantın fonksiyonda kalmasının yanı sıra sinüs sağlığı, peri-implant dokular, implant stabilitesi ve protetik rehabilitasyon birlikte değerlendirilmelidir.(Aparicio et al., 2014)

6.1. Uzun dönem sonuçlar

Moraschini ve ark.nın en az beş yıllık takip içeren sistematik derlemesinde 26 çalışma kapsamında 1709 hastaya yerleştirilen 2972 zigomatik ve 2462 konvansiyonel implant değerlendirilmiş; bunların 18'i meta-analize dahil edilmiştir. Zigomatik implantların ortalama sağkalımı $96,5 \pm 5,02$, konvansiyonel implantların ise $95,8 \pm 6,36$ olarak bildirilmiş ve meta-analizlerde implant tipleri arasında anlamlı sağkalım farkı gösterilmemiştir.(Moraschini et al., 2023) Bununla birlikte derlemeye dahil edilen çalışmaların tamamının gözlemsel olması ve bir bölümünde yanlılık riski bulunması sonuçların dikkatli yorumlanmasını gerektirir. Çalışmanın kendisi de yüksek uzun dönem sağkalıma rağmen biyolojik ve cerrahi komplikasyonların

görülebildiğini ve uzun dönem takibin gerekli olduğunu vurgulamaktadır.

Daha yeni uzun dönem veriler de benzer sonuçlar göstermektedir. Rajan ve ark.nın 2026 tarihli tek merkezli çalışmasında 382 hastaya yerleştirilen 801 zigomatik implant ortalama $8,6\pm 4,1$ yıl izlenmiş; 20 implant kaybedilmiş ve kümülatif implant sağkalımı %97,5 olarak bildirilmiştir.(Rajan et al., 2026) Bu veriler zigomatik implantların uzun dönemli rehabilitasyonda yüksek sağkalım gösterebildiğini desteklemekle birlikte, sağkalımın tek başına tedavi başarısı olarak değerlendirilmemesi gerekir.

6.2. Sinüs komplikasyonları

Sinüzit, zigomatik implantlarla en sık ilişkilendirilen biyolojik komplikasyonlardan biridir. Molinero-Mourelle ve ark.nın sistematik derlemesinde sinüzit %3,9 ile en sık bildirilen cerrahi komplikasyon, osseointegrasyon kaybı ise %2,44 ile ikinci sırada yer almıştır.(Molinero-Mourelle et al., 2016) En az beş yıllık çalışmaları değerlendiren daha sonraki derlemede de sinüzit en sık bildirilen biyolojik komplikasyon olarak belirlenmiş; bunu enfeksiyon ve oroantral iletişim izlemiştir.(Moraschini et al., 2023)

Sinüs komplikasyonlarının gelişimi yalnız Schneider membranının perforasyonuna indirgenmemelidir. Sinonazal durum, drenaj yolları ve implant çevresindeki oral-sinüs bariyerinin bütünlüğü birlikte değerlendirilmelidir. Postoperatif dönemde persistan veya tekrarlayan sinonazal yakınmaların varlığında klinik ve radyolojik inceleme yapılmalı, gerektiğinde kulak burun boğaz değerlendirmesine başvurulmalıdır. Rajan ve ark.nın uzun dönem serisinde sinüsle ilişkili komplikasyonlar 40 hastada (%10,47) bildirilmiş; olguların çoğu medikal ve destekleyici tedaviyle kontrol edilirken iki hastada fonksiyonel endoskopik sinüs cerrahisi, üç hastada ise tekrarlayan sinüs

enfeksiyonu nedeniyle implantın çıkarılması gerekmiştir.(Rajan et al., 2026) Bu bulgular yönetimin konservatif tedaviden cerrahi müdahaleye kadar değişebileceğini göstermektedir.

Profilaktik meatal anrostominin olası koruyucu etkisi de araştırılmıştır. Liu ve ark.nın 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analizinde anrostomi uygulanan hastalarda sinüzit riski daha düşük bulunmuştur (OR=0,22; %95 GA: 0,05–0,98). Ancak analiz yalnızca iki çalışma ve toplam 80 hastaya dayandığından mevcut kanıt rutin profilaktik anrostomi önerisi için yeterli değildir.(Liu, Liu, Huang, Liu, & Wang, 2025)

Oroantral iletişim veya fistül geliştiğinde yalnız yumuşak doku açıklığının kapatılması değil, implant stabilitesi ve eşlik eden sinüs patolojisinin de değerlendirilmesi gerekir. Böylece tedavi, komplikasyonun lokal bulgusundan çok altında yatan implant–sinüs–yumuşak doku ilişkisine göre planlanmalıdır.

6.3. Yumuşak doku, nörosensoriyel, orbital ve mekanik komplikasyonlar

İmplant platformunun protetik ve anatomik açıdan elverişsiz konumu temizlenebilirliği güçleştirebilir ve peri-implant yumuşak dokularda inflamasyon, dehisens veya diğer mukozal sorunlara zemin hazırlayabilir. Bu nedenle uzun dönem kontrolde implant stabilitesinin yanı sıra peri-implant dokular ve protezin temizlenebilirliği de değerlendirilmelidir.

Cerrahi diseksiyon ve osteotomi sırasında infraorbital bölgeye yakınlık nedeniyle duyu değişiklikleri görülebilir. Orbital komplikasyonlar daha seyrek olmakla birlikte potansiyel sonuçlarının ağırlığı nedeniyle önemlidir. İmplantın uzunluğu, koronal bölgede oluşan yön hatalarının apikal bölgede büyümesine neden olabileceğinden orbital tabanla ilişkinin preoperatif olarak değerlendirilmesi gerekir.(Zielinski et al., 2025) Postoperatif yeni gelişen görme değişikliği, diplopi veya

göz hareketlerinde kısıtlılık gibi bulguların ortaya çıkması durumunda orbital yaralanma olasılığı değerlendirilmelidir.

İmplant başarısızlığı erken dönemde primer stabilite veya osseointegrasyon kaybıyla, daha geç dönemde ise biyolojik komplikasyonlarla ilişkili olarak ortaya çıkabilir. Protetik komplikasyonlar implant kaybı olmaksızın da gelişebilir; uzun dönem derlemelerde protez ve vida kırıkları bildirilen başlıca mekanik sorunlar arasındadır.(Moraschini et al., 2023) Zigomatik implantların uzun ve oblik yapısı nedeniyle rijit tam ark splintleme ve uygun yük dağılımı biyomekanik açıdan önem taşır.(Bedrossian et al., 2023)

7. SONUÇ

Zigomatik implantlar, ileri derecede atrofik maksillanın rehabilitasyonunda konvansiyonel implantların uygulanamadığı veya kapsamlı kemik augmentasyonunun uygun olmadığı seçilmiş hastalarda önemli bir tedavi seçeneğidir. Mevcut çalışmalar yüksek implant sağkalımı bildirmekle birlikte, klinik başarı yalnız implantın fonksiyonda kalmasıyla değerlendirilmemelidir. Sinüs sağlığı, peri-implant dokular, implant stabilitesi, protetik fonksiyon ve hastanın uzun dönem takibi birlikte ele alınmalıdır.

Tedavinin planlanmasında rezidüel maksiller kemiğin dağılımı, maksillo-zigomatik anatomi, maksiller sinüs ve orbital yapılarla ilişki ile protetik gereksinimler birlikte değerlendirilmelidir. ZAGA ve benzeri anatomik yaklaşımlar, standart bir implant trajektorisi yerine hasta anatomisine uyarlanmış cerrahi planlamanın önemini ortaya koymaktadır. Dijital planlama, statik rehberler ve dinamik navigasyon sistemleri cerrahi doğruluğu destekleyebilecek araçlar olmakla birlikte, anatomik bilgi ve cerrahi deneyimin yerini almamaktadır.

Sonuç olarak zigomatik implant rehabilitasyonu; uygun hasta seçimi, ayrıntılı üç boyutlu planlama, anatomiye uygun cerrahi yaklaşım ve düzenli uzun dönem izlem gerektiren ileri bir tedavi yöntemidir. Gelecekte farklı cerrahi yaklaşımları ve dijital uygulamaları doğrudan karşılaştıran, standart başarı ölçütlerinin kullanıldığı uzun dönemli çalışmaların mevcut kanıtların güçlendirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Acerra, A., Santurro, A., Coraini, C., Borgonovo, A. E., Aliberti, A., & Giordano, F. (2026, July 1). Zygomatic Implants for Rehabilitation of the Atrophic Maxilla: Clinical Indications, Outcomes, Complications, and Evidence Gaps—A Comprehensive Review. *Medicina (Lithuania)*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi:10.3390/medicina62071277
- Al-Nawas, B., Aghaloo, T., Aparicio, C., Bedrossian, E., Brecht, L., Brennand-Roper, M., ... Zarrine, S. (2023). ITI consensus report on zygomatic implants: indications, evaluation of surgical techniques and long-term treatment outcomes. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1). doi:10.1186/s40729-023-00489-9
- Altıntaş, H. M., Sipahioğlu, S., Cingöz, G., Eberliköse, H., & Demir, B. T. (2026). CT-based morphometric analysis of the zygomatic region: infraorbital foramen localization, bone thickness, and sutural relationships. *BMC Oral Health*, 26(1), 1759. doi:10.1186/s12903-026-09685-6
- Aparicio, C. (2011). A proposed classification for zygomatic implant patients based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): A cross-sectional survey. *European Journal of Oral Implantology*, 4, 269–275.
- Aparicio, C., Manresa, C., Francisco, K., Claros, P., Alánde, J., González-Martín, O., & Albrektsson, T. (2014). Zygomatic implants: Indications, techniques and outcomes, and the Zygomatic Success Code. *Periodontology* 2000, 66(1), 41–58. doi:10.1111/prd.12038
- Bedrossian, E., Brunski, J., Al-Nawas, B., & Kämmerer, P. W. (2023). Zygoma implant under function: biomechanical

- principles clarified. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1). doi:10.1186/s40729-023-00483-1
- Davó, R., Bankauskas, S., Laurincikas, R., Koçyigit, I. D., & de Val, J. E. M. S. (2020). Clinical performance of zygomatic implants—retrospective multicenter study. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2). doi:10.3390/jcm9020480
- de Almeida, P. H. T. (2026). W2 Technique for the placement of zygomatic implants and the new guidelines for optimal implant surgical approach: a technical note. *Annals of Medicine & Surgery*, 88(6), 3189–3197. doi:10.1097/ms9.0000000000004994
- Guo, H., Wei, D., Testori, T., Di, P., Jiang, X., & Lin, Y. (2025). Clinical and radiographic outcomes of dynamic navigation-assisted and freehand zygomatic implant surgery: a retrospective study with an average follow-up of 5 years. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 53(11), 1995–2004. doi:10.1016/j.jcms.2025.08.017
- Kämmerer, P. W., Fan, S., Aparicio, C., Bedrossian, E., Davó, R., Morton, D., ... Al-Nawas, B. (2023). Evaluation of surgical techniques in survival rate and complications of zygomatic implants for the rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: a systematic review. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1). doi:10.1186/s40729-023-00478-y
- Liu, Y., Liu, N., Huang, J., Liu, H., & Wang, Y. (2025). The prophylactic meatal antrostomy and risk of sinusitis among patients receiving zygomatic implants: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 126(5). doi:10.1016/j.jormas.2025.102443

- Molinero-Mourelle, P., Baca-Gonzalez, L., Gao, B., Saez-Alcaide, L. M., Helm, A., & Lopez-Quiles, J. (2016, November 1). Surgical complications in zygomatic implants: A systematic review. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*. Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal. doi:10.4317/medoral.21357
- Moraschini, V., de Queiroz, T. R., Sartoretto, S. C., de Almeida, D. C. F., Calasans-Maia, M. D., & Louro, R. S. (2023, February 1). Survival and complications of zygomatic implants compared to conventional implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 5 years: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. John Wiley and Sons Inc. doi:10.1111/cid.13153
- Polido, W. D., Machado-Fernandez, A., Lin, W.-S., & Aghaloo, T. (2023). Indications for zygomatic implants: a systematic review. *International Journal of Implant Dentistry*, 9(1). doi:10.1186/s40729-023-00480-4
- Rajan, G., Srinivasan, K., Saravanakumar, M. R., Surej, K. L. K., Anand, B., & Tarunikaa, G. (2026). Long-term follow-up of 801 zygomatic implants: a single-centre study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. doi:10.1016/j.ijom.2026.08.015
- Rebelo, H. L., Sales, P. H. da H., Silva, P. G. de B., Leão, J. C., & Carvalho, A. de A. T. (2025, November 1). Effectiveness of zygomatic implants using the externalized technique in the rehabilitation of atrophic maxillae. A systematic review with meta-analysis. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*. Medicina Oral S.L. doi:10.4317/medoral.27117
- Vrielinck, L., Vitosyte, M., Politis, C., & Jacobs, R. (2026). Zygomatic implants as a solution for severe maxillary

atrophy: a retrospective analysis of the original Brånemark scheme vs the quad zygoma scheme. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. doi:10.1016/j.ijom.2026.04.007

Zarrine, S., Ilic, I., Ilic, B., Lazic, M., & Markovic, A. (2026, September 1). Z-classification: an anatomy-based ridge-sinus-zygoma classification and decision funnel for zygomatic implantology. *Clinical Oral Investigations*. doi:10.1007/s00784-026-07124-y

Zielinski, R., Okulski, J., Simka, W., Sowinski, J., Łoś, J., & Kozakiewicz, M. (2025). Evaluating Zygomatic Implants in Orbital Floor Complications: A Clinical and Anatomical Study. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 24(4), 989–1003. doi:10.1007/s12663-024-02403-1

Zingari, F., Gallo, F., Finamore, R., Barone, S., & Giudice, A. (2026). Influence of ZAGA Classification on the Accuracy of 150 Digitally Planned Zygomatic Implants Placement. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 28(1). doi:10.1111/cid.70117

LATEROGNATİDE CERRAHİ TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Seçil ÇUBUK¹

Sıdıka Sinem AKDENİZ²

1. GİRİŞ

Yüz simetrisi median düzleme göre yüzün sağ ve sol tarafının büyüklük, şekil ve pozisyon bakımından benzerlik göstermesi olarak tanımlanabilir. Mükemmel yüz simetrisine sahip kişi oranı oldukça düşüktür. Hafif dereceli asimetri normal kabul edilirken, şiddetli asimetrik görüntü klinik depresyon, düşük özgüven ve zayıf yaşam kalitesi ile ilişkili diğer sağlık problemleri ile ilişkilendirilir. Ayrıca yüz simetrisinin bireylerin güzel kabul edilmesi ile doğrudan ilişkili olduğu çeşitli araştırmalarda gösterilmiştir. (Møller & Thornhill, 1998; Thornhill & Gangestad, 1994; Gangestad & Thornhill, 1998)

Yüz asimetrisi konjenital, gelişimsel, postravmatik bozukluk nedeniyle olabilir ya da bir patoloji kaynaklı gelişebilir. Yüz görünümünü etkileyen ve asimetriye neden olan sık karşılaşılan anomalilerden bazıları tek taraflı kondiller hiperplazi, hemifasiyal mikrozomi, temporomandibular eklem ankilozu ve travmaya bağlı oluşan deformite olarak sıralanabilir.

1.1. Klinik Değerlendirme

Yüz asimetrisi yüzün bir tarafının diğer tarafına göre büyümesinin daha kısıtlı olmasından ya da daha fazla

¹ Doç. Dr., Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, ORCID: 0000-0003-2065-7555.

² Prof. Dr., ORCID: 0000-0001-7597-9469.

büyümesinden dolayı gelişebilir. Detaylı bir değerlendirme ile hastada oluşan yüz asimetrisinin bu iki durumdan hangisinden kaynaklandığı tespit edilmelidir. Ayrıca asimetrimin bölgesi, asimetriden etkilenen dokular ve asimetrimin boyutu belirlenmelidir. (Peck, Peck, & Kataja, 1991) Şiddetli yüz asimetrisi bulunan bir hastanın klinik değerlendirilmesinde ve tedavi planlamasında önemli olan diğer faktörler asimetrimin etiyojisi ve hastanın büyüme-gelişme durumudur. (Reyneke, 2003)

Fasiyal iskeletsel simetri durumu incelenen bireylerde asimetri miktarının en fazla alt yüzde olduğu ve kraniuma yaklaştıkça asimetri şiddetinin azaldığı gösterilmiştir. Severt ve Proffit (1997) dentofasiyal deformitesi bulunan hastaların 1/3'ünde fasiyal asimetri bulunduğunu; asimetrisi bulunan hastaların ise %74'ünde alt yüz asimetrisi bulunduğunu bildirilmiştir. Benzer sonuçlar başka bir araştırmada da gösterilmiş; ortognatik cerrahi ile tedavisi planlanan hastaların %35'inde alt 1/3 yüz asimetrisi bulunduğu bildirilmiştir. (Bailey, Haltiwanger, Blakey, & Proffit, 2001)

2. ADOLESAN DÖNEMDE ASİMETRİ

Çocukluk döneminde şiddetli asimetri oluşumuna neden olabilecek en önemli faktör mandibular kondil bölgesinin travmaya maruz kalmasıdır. Hemifasiyal mikrozomi çocukluk döneminde fasiyal asimetrimin eşlik ettiği, sık görülen konjenital anomalilerden biridir. Her iki durumda da mandibulanın etkilenen tarafında büyüme bozukluğu söz konusudur. Bu nedenle bu tür olguların tedavisinde temel prensip büyümenin restore edilmesi ile yumuşak ve sert dokuların normal bir şekilde gelişiminin sağlanmasıdır.

2.1. Hemifasiyal Mikrozomi

Hemifasiyal mikrozomide çeşitli şiddette yüz deformitesi oluşabilir. Bu olgularda çene kemiği ve yumuşak dokuda her üç boyutta da gelişim geriliği olabilir. Hemifasiyal mikrozomide cerrahi tedavi hastanın yaşı ile ilişkili olarak üç aşamada uygulanır.

Hemifasiyal mikrozomi olgularında fasiyal rekonstrüksiyon için planlanan cerrahi ve ortodontik tedavilere hasta 5-7 yaş aralığındayken başlanabilir. Kondilin bulunduğu fakat gelişiminin yetersiz olduğu hemifasiyal mikrozomi olgularında distraksiyon osteogenezisi ile rekonstrüksiyon sağlanabilir. Eğer mandibulanın proksimal kısmı oluşmamış ise eksik yapının bu dönemde restore edilmesi gerekir. Mandibulanın vertikal ve anteroposterior doğrultulardaki defektinin rekonstrüksiyonu için kostakondral greft kullanılabilir. Cerrahi sonrası çene fonksiyonunu arttırmak, yumuşak doku gelişimini sağlamak ve maksillada oluşan kant miktarını azaltmak için fonksiyonel ortopedik tedavi uygulanır.

Hemifasiyal mikrozomide tedavinin ikinci aşamasını oklüzyonun ve asimetrisinin tamamen düzeltilmesi oluşturur. Bu amaçla hasta 14 ile 16 yaş aralığındayken ortognatik cerrahi uygulanır. Tedavinin üçüncü aşamasını ise hasta daha ileri yaşlardayken yumuşak doku simetrisinin sağlanması için uygulanan yumuşak doku düzeltme işlemleri oluşturur.

2.2. Temporomandibular Eklem Ankilozu

Temporomandibular eklem ankilozu bulunan olgularda mandibulanın öne ve etkilenen tarafa hareket kabiliyeti cerrahi tedavinin zamanlamasının belirlenmesinde en önemli faktörlerden biridir. Hasta mandibulasını dental orta hatlarını karşılıklı getirebilecek kadar hareket ettiremiyor ise, sadece fonksiyonel tedavi uygulanması mandibulanın büyümesinin yönlendirilebilmesi için yeterli olmayacaktır. Bu tip olgularda

öncelikle erken dönemde uygulanan cerrahi ile ankilozun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Cerrahi tedavi ile ankilozu oluşturan yumuşak ve sert dokuların tamamı ile koronoid çıkıntı alınarak mandibulanın tamamen serbestleşmesi sağlanır.

Temporomandibular eklem ankilozunda cerrahi tedavi ile elde edilen ağız açıklığını korumayı zorlaştıran birtakım faktörler bulunmaktadır. Özellikle ameliyat sonrası fizik tedavinin yeterli bir şekilde uygulanmaması cerrahi sırasında sağlanan ağız açıklığının korunmasını zorlaştırabilir ve eklemde yeniden ankiloz gelişimine yol açabilir. Temporomandibular eklem ankiloz cerrahisi sonrasında uygulanması gereken fizik tedaviye 5 yaşından küçük çocukların uyum sağlayamadığı, bu nedenle TME ankilozu bulunan 5 yaşından küçük çocukların 5 yaşına kadar gözlem altında tutularak tedavisinin ertelenmesi gerektiği bildirilmiştir. (Thomson, 1985)

2.2.1. Cerrahi Tedavinin Birinci Aşaması (5-7 Yaş)

Temporomandibular eklem ankilozu bulunan hastada 5-7 yaş aralığında uygulanacak olan tedavi ankiloze yapının cerrahi ile çıkartılması ve postoperatif dönemde fizik tedavi uygulanmasıdır. Etkilenen tarafta bulunan vertikal ve anteroposterior yöndeki yetersizlik kostokondral greft ya da distraksiyon osteogenezisi ile rekonstrükte edilebilir. Ayrıca ortodontik tedavi ile oklüzyonun kontrollü bir şekilde değiştirilerek açık kapanış oluşturulmaktadır. Bu şekilde maksillanın vertikal yönde büyümesi sağlanmaktadır. (Reyneke, 2003)

2.2.2. Cerrahinin İkinci Aşaması (14-16 Yaş)

Bu dönemde ortognatik cerrahi ile yüz asimetrisi ve oklüzal kant düzeltilir.

3. ERİŞKİN DÖNEMDE ASİMETRİ

Erişkin dönemde yüz asimetrisi bulunan hastalarda doğru bir tedavi planlaması yapılabilmesi için öncelikle asimetrinin lokalizasyonu belirlenmelidir. Asimetri çene ucunda, mandibulada, maksillada, burunda ve frontal bölgede izole olarak ya da kombine bir şekilde bulunabilir.

3.1. Çene Ucu Asimetrisi

Çene ucu asimetrisinin tedavisi planlanırken asimetrinin bulunduğu düzlem göz önünde bulundurulur.

3.1.1. Transvers Asimetri

Transvers düzlemde bulunan çene ucu asimetrisi bu düzlemde uygulanan kaydırma genioplastisi ile düzeltilir.

3.1.2. Çene Ucunun Alt Sınırında Kant

Bu tip asimetrielerde çene ucunun vertikal boyutu osteotomi ile azaltılabilir ya da kemik grefti kullanılarak arttırılabilir. Bu tedavilere alternatif olarak ise propeller genioplastisi uygulanabilir. (Thomson, 1985)

3.1.3. Propeller Genioplasti

Çene ucu asimetrisinin düzeltilmesi için birinci osteotomi oklüzal düzleme ya da interpupillar düzleme paralel, ikinci osteotomi çene ucunun alt kenarına paralel olacak şekilde iki osteotomi uygulanır. Bu iki osteotomi hattının arasından çıkartılan üçgen şeklindeki segment 180 derece döndürülerek fikse edilir.

3.1.4. Anteroposterior Asimetri

Çene ucunun anterior ya da posterior yönde yeniden pozisyonlandırılması ile tedavi edilir. (Thornhill & Gangestad, 1994)

3.2. Mandibulanın Asimetrisi

Mandibulanın sagittal yönde fazlalığının bulunduğu hastaların birçoğunda mandibular asimetri de bulunur. Bu olgularda preoperatif dönemde uygulanan ortodontik tedavi ile alt keser orta hattı çene ucunun orta hattı ile aynı doğrultuya getirilmelidir. Böylece hastanın dental orta hattının cerrahi ile düzeltilmesi ile çene ucunun orta hattı da yüz orta hattına getirilmiş olur.

Bilateral sagittal split osteotomi hafif dereceli asimetrielerin düzeltilmesi için kullanılırken, şiddetli asimetrielerin tedavisi için ters “L” osteotomisi ya da bilateral vertikal osteotomi uygulanması önerilmektedir. (Peleg et al., 2022) Şiddetli asimetrisi bulunan vakalarda sagittal split ramus osteotomisi uygulanarak mandibulanın orta hatta getirilmeye çalışılması proksimal segmentin posteriorda distal segment ile teması ve anteriorda distal segmentten uzaklaşması ile mandibulanın bu bölgede genişlemesine neden olur. Ayrıca proksimal segmentin medial yüzeyinin distal segmentin lingual parçası ile yaptığı temas, kondilin fossa içerisinde stabil pozisyona getirilmesini zorlaştırır. Günümüzde üç boyutlu planlama programlarının kullanılması ile hangi kemik segmentinin hangi bölgede birbiri ile temasta olacağı önceden belirlenebildiği için bu cerrahi işlemlerin başarısı ve sonuçlarının öngörülebilirliği artmıştır.

3.3. Alt Yüz Bölgesi Asimetri Olgularında Tedavi

Alt yüz asimetri olgularının tedavisi ile hastaların çiğneme fonksiyonun restore edilmesi ve dengeli bir yüz görünümünün oluşturulması amaçlanır. Bilgisayar destekli planlama ve üretim teknolojilerinin gelişmesi sayesinde özellikle şiddetli asimetri olgularında daha güvenilir bir şekilde tedavi planlanması yapılmakta ve daha iyi tedavi sonuçları elde edilebilmektedir. (Ko, Lin, Chen, & Chen, 2018)

Alt yüz asimetritelerinin tedavilerinde stabil sonuçlar elde edilebilmesinde tedavi zamanlamasının rolü oldukça büyüktür. Örneğin tek taraflı kondiller hiperplaziye bağlı oluşan bir yüz asimetrisinin tedavisinde kondiller büyümenin aktivitesi tedavi protokolünün oluşturulmasında belirleyici rol oynamaktadır.

3.3.1. Kondiller Büyümenin Aktif Olduğu Dönemde Tedavi

Kondiller bölgedeki normalden fazla derecedeki büyümenin nedenleri kondiller hiperplazi ve kondili tutan bir lezyon varlığıdır. (Peck, Peck, & Kataja, 1991) Kondili tutan lezyonun tedavisinde, lezyonun büyümesinin ilerleyici bir karakterde olup olmamasına bakılmaksızın, düşük (basit) kondillektomi uygulanır. Bu yöntem ile tedavinin rekürrens oranının oldukça düşük olduğu bildirilmiştir. (Fariña et al., 2015)

Tek taraflı kondiller hiperplazi olgularında ise öncelikle SPECT görüntüleme ve klinik değerlendirme ile hastalığın aktivite durumu belirlenir. SPECT'te kondillerdeki aktivite dereceleri arasındaki farkın %10'dan fazla olması anlamlı bir tutulum olduğu yönünde yorumlanır. (Saridin et al., 2009) SPECT görüntülemede büyüme aktivitesi ile ilişkili belirsiz bulgular bulunuyorsa hastanın takibi ile asimetrisinin ilerleyip ilerlemediğinin belirlenmesi gerekir. Eğer asimetride en az 1 yıl klinik değişiklik görülmemiş ise ya da bu süreçte ortognatik cerrahi ile düzeltilebilecek, çok az miktarda asimetri gelişimi tespit edilmiş ise hastanın ortodontik tedavisine başlanabilir. Preoperatif ortodontik hazırlık dönemi de göz önünde bulundurulduğunda, kondiller aktivitenin değerlendirilmesi için yaklaşık iki yıllık bir takip süresi tamamlanmış olmaktadır (Gangestad & Thornhill, 1998). Bu süre boyunca yapılan klinik ve radyografik değerlendirmeler kondiller büyümenin sona erdiğini açık biçimde ortaya koyuyorsa, ortognatik cerrahi

öncesinde SPECT incelemesinin tekrarlanmasına gerek olmadığı bildirilmektedir.

Kondiller hiperplazinin aktif olduğu belirlenen olgularda üç farklı tedavi protokolü uygulanabilir. Birinci tedavi seçeneği cerrahi müdahalenin kondiller hiperplazinin aktif döneminin sona ermesinin beklenmesi ve oluşan asimetrisinin ortognatik cerrahi ile düzeltilmesidir. Bu tedavi yaklaşımı ile stabil tedavi sonuçları elde edilebilir ancak bu yaklaşımın birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Kondiller hiperplazi 20’li yaşların ortalarına kadar aktif durumda olabilmektedir ve bu uzun süreli bekleme döneminde artan fonksiyonel bozukluk ve asimetrik yüz görünümü birçok hasta için kabul edilemez bir durumdur. Bu tedavi yaklaşımının diğer dezavantajı ise büyüme aktivitesinin sona ermesinin beklendiği süreçte oluşan asimetrisinin erken dönemlerdeki mevcut asimetri ile kıyaslandığında daha şiddetli bir hale gelmiş olması, dolayısıyla tedavisinin de daha komplike hale gelmesidir.

3.3.2. Yüksek Kondillektomi

Kondil başının en aktif bölümü olan üst 5 mm’lik kısmının çıkartılması işlemdir. Yüksek kondillektomi tek başına uygulandığında oklüzyonda kontralateral tarafta oluşan açık kapanış elastik uygulanarak düzeltilebilir. Bu yöntem ile fasiyal simetri ve stabil bir oklüzyon elde edilebilir. Brusati ve ark. tek başına yüksek kondillektomi ve postoperatif dönemde fonksiyonel tedavi uyguladıkları hastaların fasiyal ve oklüzal parametrelerinin normal değerlere gelebildiğini bildirmişlerdir. (Brusati, Pedrazzoli, & Colletti, 2010) Ancak özellikle mandibular büyümenin sonlanmış olduğu olgularda tek başına yüksek kondillektomi uygulanması fasiyal asimetri tedavisi için yeterli olmayabilir. Bu olgularda fasiyal ve dental bozukluğun düzeltilmesi için ortognatik cerrahinin de uygulanması gerekebilir.

Maniskas ve ark. (2020) kondiller hiperplazinin aktif olduğu dönemde yüksek kondillektomi ve ortognatik cerrahi uyguladıkları hastalar ile kondiller büyüme sonlandıktan sonra ortognatik cerrahi uyguladıkları hastalarda postoperatif dönemdeki fasiyal asimetriyi değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar iki grupta da asimetrinin anlamlı miktarda düzeltilmiş olduğunu ancak sadece ortognatik cerrahi uygulanmış olan hastalarda postoperatif dönemde görülen asimetri derecesinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. (Maniskas et al., 2020)

3.3.3. Orantılı Kondillektomi

Orantılı kondillektomi Delaire (2017) tarafından tanımlanmış olan bir yöntemdir. Bu yöntem ile kondiller büyüme merkezinin cerrahi olarak çıkartılmasının yanı sıra mandibular deformitenin de tedavi edilmesi hedeflenmektedir. Orantılı kondillektomi ile tek taraflı kondiller hiperplazisi bulunan olgularda, sağlıklı taraftaki ramus boyu ile hiperplazi bulunan taraftaki ramus boyu eşit hale getirilecek şekilde, hiperplastik taraftaki kondil bölümü kesilerek çıkartılır.

Orantılı kondillektomi ile tek taraflı kondiller hiperplazi olgularında ortognatik cerrahi ihtiyacının ortadan kaldırılması amaçlanır. Farina ve ark. tek taraflı kondiller hiperplazisi bulunan ve orantılı kondillektomi uyguladıkları 38 hastanın sadece 6'sında sekonder ortognatik cerrahi uygulama gereksinimi olduğunu bildirmişlerdir. (Fariña et al., 2015)

Orantılı kondillektomi sonrası uygulanan ortodontik tedavi ile mandibulanın rotasyon hareketi fasiyal simetriyi sağlayacak şekilde yönlendirilebilir. Bu tedavi yaklaşımı ile özellikle kondiller remodeling kapasitesi ve yumuşak doku ve sert doku adaptasyon kapasitesi yüksek olan genç erişkin hastaların büyük bölümünde sekonder ortognatik cerrahi gereksinimi kalmamaktadır.

3.3.4. Ortognatik Cerrahi: Hemen veya Kondiller Redüksiyon Sonrası Uygulama

Kondiller büyümenin aktif olduğu dönemde mandibular asimetrisinin ortognatik cerrahi ile tedavi edilmesi ile stabil iskeletsel sonuçlar elde edilememektedir. Wolford ve ark. (2002) bu dönemde yalnızca ortognatik cerrahi uygulanan hastaların hepsinde fasiyal asimetrisinin düzeltilmesi için ilave bir cerrahi uygulama gerektiğini bildirmişlerdir. Öte yandan kondiller büyümenin aktif olduğu dönemde kondillektomi ve ortognatik cerrahi uygulanan hastaların sadece %4’ünde relaps gelişmiştir. (Wolford et al., 2002)

3.3.5. Tek Başına veya Ortognatik Cerrahi ile Birlikte Kondiller Cerrahi

“Kondiller cerrahi” terimi kondilin traşlanması, yüksek kondillektomi, alçak kondillektomi, kondil redüksiyonu ya da total kondillektomi gibi birçok işlem için kullanılır. Higginson ve ark. (2018) kondilin tamamının çıkartıldığı işlem için “kondillektomi”, kondilin bir kısmının çıkartıldığı işlem için ise “kondiller redüksiyon” teriminin kullanılmasını öneriyorlar.

Kondiller cerrahi ile büyümekte olan kemik dokusu uzaklaştırılarak kondiller büyümenin durdurulması amaçlanır. Relaps gelişiminin önüne geçilebilmesi için en az 3 mm’lik kondil dokusunun kesilerek çıkartılması önerilmektedir. (Wolford, Movahed, & Perez, 2014)

Aktif kondiller hiperplazinin erken dönemde cerrahi olarak kontrol altına alınması, devam eden anormal kondiller büyümeyi durdurmanın yanı sıra mandibuladaki vertikal boyut artışının düzeltilmesine de katkı sağlayabilir. Dentofasiyal deformitenin henüz belirginleşmediği olgularda kondile yönelik cerrahinin ortodontik tedavi ile birlikte uygulanması, ilerleyen dönemde daha kapsamlı düzeltici cerrahilere duyulan gereksinimi azaltabilecek bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Aerden

ve ark. (2022), belirgin dentoalveolar adaptasyonların gelişmesinden önce tedavi edilen aktif unilateral kondiller hiperplazi hastalarında yüksek kondillektomi ile ortodontik tedavinin birlikte uygulanmasının fasiyal asimetrinin düzeltilmesinde etkili olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, yüksek kondillektominin tek başına her olguda tam simetri sağlamadığı ve rezidüel deformitenin derecesine bağlı olarak sekonder ortognatik cerrahiye ihtiyaç duyulabileceği belirtilmektedir (Saridin et al., 2009; Aerden, Verstraete, & Politis, 2022).

Mandibular kondiller hiperplazinin yüksek kondillektomi ile tedavisinin değerlendirildiği bir sistematik derleme, bu konudaki araştırmaların çoğunun kondiller hiperplaziye mümkün olan en erken dönemde müdahale edilmesi gerektiğini belirtmektedir. Böylece bu olgularda en az sayıda girişim ile iyi bir estetik ve fonksiyonel sonuç elde edilebileceği savunulmaktadır. Wolford ve ark. mandibuler kondiller hiperplazi görülen kadın hastalara 14 yaşında, erkek hastalara ise 16 yaşında cerrahi tedavi uygulanmasını önerir. (Wolford et al., 2002) Tek taraflı mandibular kondiller hiperplazi olgularında ise kadın hastalara 15 yaşında, erkek hastalara 17- 18 yaşlarında işlem uygulanabilir. (Wolford et al., 2002)

Kondiller redüksiyon sonrası kontralateral dişlerde oluşan prematüre kontaktlar nedeniyle oklüzyonda değişiklik oluşmasının beklediği konusunda hastaların bilgilendirilmesi gerekmektedir. Oklüzal değişiklikler postoperatif (Møller & Thornhill, 1998) yıllık süreçte kendiliğinden düzelebilir. Bazı olgularda kondiller redüksiyon ile oluşan oklüzal değişikliklerin düzeltilmesi için ortodontik tedavi uygulanması gerekebilir. Ayrıca maksiller kantın ya da mandibular asimetrinin cerrahi olarak düzeltilmesi gerekebilir.

Orantılı kondiller redüksiyon sonrası uzun dönemde TME fonksiyonunda bozulma olabileceği bu nedenle bu yöntemin kabul edilebilir bir yöntem olmadığı bazı yazarlar tarafından savunulmaktadır. (Wolford et al., 2002) Ancak kondillektomi sonrası çoğunlukla tatminkâr bir fonksiyon sağlanabildiği ve orantılı kondillektominin ortognatik cerrahi gereksinimini önemli derecede azalttığı gösterilmiştir. (Fariña et al., 2015),(Brusati, Pedrazzoli, & Colletti, 2010),(Fariña et al., 2016)

Kondiller redüksiyon cerrahisi sonrası 12 aylık süreçte relaps ve ilave bir cerrahi uygulama gereksinimi bakımından hasta takibinin mutlaka yapılması gerekir.

3.3.6. İnaktif Dönemde Tedavi Seçenekleri

Kondiller büyümenin aktif olmadığı tespit edildiği kondiller hiperplazi olgularında asimetrinin düzeltilmesi için uygulanan tedavi yöntemlerinden biri ortognatik cerrahidir. Tedavide hedef dengeli ve simetrik bir fasiyal görünüm elde edilmesi ve normal bir TME fonksiyonunun sağlanmasıdır.

Maksiller dentoalveolar kompleksin kompensatuar büyümesinin minimal olduğu durumlarda tek başına uygulanan mandibular osteotomi ile iyi bir sonuç elde edilebilir.

3.4. Alt Yüz Asimetrisi Tedavisinde Kullanılan Osteotomi Teknikleri

Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomisi

Bilateral sagittal split ramus osteotomisi ilk olarak 1942 yılında Schuchardt tarafından tanımlanmıştır. 1957 yılında Trauner ve Obwegeser tarafından modifiye edilen bu teknik, mandibulanın iskeletsel deformite tedavisinde daha yaygın bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. 1959 yılında ise Dal Pont tarafından modifiye edilen tekniğin morbidite oranı azalmış, uygulanabilirliği ve postoperatif stabilite oranı artmıştır. Bu teknik ile ilişkili olarak Hunsuck (1968), Epker (1977) ve

Wolford (1987) da çeşitli modifikasyonlar yapmıştır. Markiewicz ve Margarone 2008 yılında osteotomiye optimize edebilecek yeni bir retraktör geliştirmişlerdir. 2009 yılında ise Mommaerts travma şiddetini azaltmaya yönelik endoskopi ile uygulanan tekniği geliştirmiştir.

Bilateral sagittal split ramus osteotomisinin avantajları cerrahiden hemen sonra hastanın fonksiyona başlayabilmesi, hızlı stabilizasyon olanağı, kemik segmentleri arasında kontakt alanının geniş olmasıdır. Bilateral sagittal split ramus osteotomisi ile mandibula geri, ileri ve lateral yönde hareket ettirilebilir. Tekniğin dezavantajları ise kanama riskinin fazla olması, kemik segmentlerinde kötü ayrılma riski ve TME’de oluşan hasar ile tedavide relaps görülme riski olarak sıralanabilir.

3.4.2. İntraoral Vertikal Ramus Osteotomisi

Vertikal ramus osteotomisinin intraoral yaklaşım ile uygulanması Moose ve Winnstanley tarafından 1968 yılında geliştirilmiştir. Herbert 1970 yılında sigmoid çentik seviyesinde kullanılabilecek Bauer ekartörünün ve cerrahi alanın görüşünün arttırılması amacı ile Levasseur-Merill ekartörünün kullanıldığı testere ile osteotomiye tanımlamışlardır. 1999 yılında Epker ve Wolford tekniği modifiye etmişlerdir.

Kolay bir teknik olması, cerrahi süresinin kısa olması, alveolar sınır hasarı riskinin düşük olması, kondilin fonksiyonel bir şekilde repoze edilebilmesi sayesinde eklem hasarı riskinin daha düşük olması intraoral vertikal ramus osteotomisinin avantajlarındandır. Tekniğin dezavantajları ise intermaksiller fiksasyon gereksinimi (4-6 hafta), kemik segmentleri arasında yüzey alanının az olması ve teknik ile uygulanabilecek hareketlerin kısıtlı olması olarak sıralanabilir.

3.4.3. Tek Taraflı Sagittal Split Ramus Osteotomisi

Bilateral sagittal split ramus osteotomisi popüler ve güvenilir bir yöntemdir. Ancak bu teknik ile asimetri düzeltmelerinde tam bir başarı sağlanamayabilir. Sağ ve sol mandibular angulus bölgesinin simetrik olduğu durumlarda, laterognatinin ya da oklüzal kantın düzeltilmesi ile iç ve dış segmentler arasında oluşan interferans, ramus ve angulus seviyesinde asimetri oluşumuna neden olmaktadır. Ellis kemik interferansı oluşumunu önlemek için iç segmentte ilave bir kesi yapılmasını önermektedir. Ancak mandibula anguluslarında asimetri bulunması durumunda iç segmentte uygulanan kesi mevcut asimetrisinin idame edilmesine neden olur. Ayrıca bu gibi durumlarda, asimetrik kemik kontağının bulunması ramusun bir tarafta laterale, diğer tarafta ise mediale doğru displace olmasına neden olur ki bu hareket anguluslardaki simetrisinin sağlanmasına katkıda bulunabilir.

Tek taraflı sagittal split ramus osteotomisi özellikle tek taraflı kondiller hiperplazi ve travma sonrası görülen maloklüzyon olgularında uygulanabilir. Genellikle cerrahi planlama esnasında mandibulanın Sınıf 1 kanin ilişkisi bulunan tarafında ramus osteotomisi ile çok az değişiklik yapılması gerektiği veya hiç değişiklik yapılmaması gerektiği tespit edilen olgularda tek taraflı sagittal split ramus osteotomisi uygulanabilmektedir.

Mandibular asimetri olgularında “yaw” hareketinin tam olarak planlanması oldukça zordur, çünkü cerrahi kesilerin oluşturulması ve cerrahi hareketin sağlanabilmesi için tekrarlanabilir bir referans bulunmamaktadır. Mandibulanın asimetri tedavisinde görülen bu problemin çözümü için tek taraflı sagittal split ramus osteotomi tekniği uygulanabilmektedir. Tek taraflı yapılan osteotomi diğer taraftaki kondilin rotasyon merkezi olarak kullanılmasına, bu sayede “yaw” hareketinin kontrolüne

ve daha öngörülebilir tedavi sonuçlarının elde edilmesine olanak sağlar.

Bu tekniğin sınırlı olarak kullanılmasında rol oynayan faktör ise cerrahların, opere edilmeyen taraftaki kondili postoperatif dönemde oklüzal bozukluklara ya da eklem içi değişikliklere yol açacak şekilde pozisyonlandırma konusundaki endişeleri olabilir. Ortognatik cerrahide kondilin 10-15 derecelik rotasyon hareketini tolere edebildiği gösterilmiştir. Lee ve ark. 7 mm ilerletme yaptıkları olguda opere edilmeyen taraftaki kondildeki rotasyon açısının 3-4 derece olduğunu göstermişlerdir. Öte yandan Beukes ve ark bu tip osteotominin mandibular asimetrisinin 5 mm’ den daha az miktarda olduğu olgularda uygulanmasını önermişlerdir.

3.4.4. Wing Osteotomisi

Genioplasti ve ortognatik cerrahi ile mandibulanın kontur bozukluklarının bir kısmında başarılı sonuçlar elde edilemeyebilir. Özellikle angulus bölgesindeki asimetrisinin düzeltilmesi için konvensiyonel ya da kişiye özel protezler kullanılmaktadır. Mandibulanın angulus bölgesini dahil ederek uygulanan “wing osteotomi” tekniği ile bir blok halinde çene ucu ve bazal kemiğin konturunun düzeltilmesi mümkündür. Bu teknik ile oklüzyonun cerrahi olarak düzeltilmesinin gerekmediği mandibular kontur asimetrisi bulunan olgular da tedavi edilebilir.

Öte yandan cerrahi tekniğin zorluğu nedeniyle wing osteotomi sık uygulanan tedavi yöntemlerinden biri değildir. İntraoral yaklaşımla uygulanan wing osteotomide cerrahi görüş kısıtlıdır. Osteotomi uygulanan kemik segmentinin kan desteğinin sağlanabilmesi için periostun kemik ile olan bağlantısının olabildiğince korunması gerekmektedir. Osteotominin mental sinirin çıkış yerinin ve inferior alveolar sinirin seyrettiği rotanın altından yapılması, özellikle posterior bölgede mandibulanın osteosentezin zorluğu tekniği komplike

hale getiren diğer unsurlardır. Bununla beraber kişiye özgü hazırlanan cerrahi rehberlerin ve osteosentez plaklarının kullanımı ile bu risklerin ve problemlerin en aza indirilebileceği bildirilmiştir.

3.4.5. Asimetri Tedavisinde Fasiyal Kontürleme Cerrahisi

Kare şeklinde yüze sahip olan hastaların çoğunda yüz asimetrisi bulunur. 1999 yılında Han ve Kim (2001) tarafından mandibular genişliği azaltmak için mandibular dış korteks ayırma yöntemi geliştirilmiştir. Ancak dış korteks ayırma osteotomisi tek başına gonial açının değişmesini sağlayamadığı için Hsu ve ark. (2010) 2010 yılında V-line osteotomisini geliştirmiştir. Bu iki yöntemin kombinasyonu ile daha doğal bir mandibula kontürü elde edilebilir. Mandibula dış korteks ayırma osteotomisi opere edilen taraftaki alt yüz genişliğinin azaltılmasını, mandibula V-line osteotomisi ise gonial açının arttırılmasını ve lateral mandibular düzleminin eğiminin arttırılmasını sağlayarak mandibular kontur düzeltilebilir.

3.5. Mandibula ve Çene Ucunun Kombine Asimetrisi

Mandibular asimetri genellikle çene ucu asimetrisi ile beraber görülür. Bu tip asimetriye sahip olan olgularda ameliyat esnasında öncelikle mandibula asimetrisi ve dental orta hat düzeltilir. Çene ucunda bulunan asimetri ise ilave bir cerrahi ile düzeltilir. Fasiyal asimetrinin mandibulaya uygulanan cerrahi işlemler ile düzeltileceği olgularda, cerrahiden önce maksiller dental orta hattın ortodontik tedavi ile düzeltilmiş olması gereklidir.

3.6. Maksilla ve Mandibulanın Asimetrisi

Maksilla ve mandibulanın her ikisinden de kaynaklanan asimetri olgularında oklüzal düzlemde kant oluşumu görülür. Anterior ve posterior kantın eşit olması durumunda asimetri

düzeltilme işlemi transvers ve vertikal yönde olmak üzere iki boyutta uygulanmalıdır.

Cerrahinin iki çeneyi de içerdiği olgularda preoperatif dönemde uygulanan ortodontik tedavi ile cerrahi esnasında dental orta hattın düzeltilmesi için uygulanacak olan rotasyonel harekete uyum sağlayacak bir dental ark formunun oluşturulması gerekir.

Anterior ve Posterior Oklüzal Kantın Farklı Miktarda Olması

Oklüzal düzlemde anterior ve posterior kant miktarının farklı olmasının nedeni genellikle tek taraflı kondiller hiperplazide ya da tek taraflı hipoplazide olduğu gibi mandibular ramusun tek taraflı aşırı büyümesi ya da gelişiminin yetersiz olmasıdır. Böyle durumlarda sekonder olarak maksillanın vertikal büyümesi de etkilenir ve oklüzal düzlemde kant oluşur. Kantın miktarı posteriorda anteriordan daha fazla miktardadır. Bu olgularda asimetri cerrahisinin üç boyutlu olarak planlanması gerekir.

3.7. Maksilla, Mandibula ve Çene Ucunun Asimetrisi

Maksilla, mandibula ve çene ucu yapılarının tamamının dahil olduğu yüz asimetrisinde genellikle üç boyutlu düzeltme cerrahilerinin uygulanması gerekir. Maksillanın transvers yöndeki asimetrisinin cerrahi ile düzeltilmesi, anterior ve posterior kant miktarının eşit olduğu durumların cerrahi ile düzeltilmesinden daha zor olmaktadır. Posterior ve anterior vertikal boyutta uygulanan hareketin sağ ve sol tarafta farklı miktarda olması çene ucunda antero-posterior, vertikal ve transvers boyutlarda belirgin bir değişikliğe neden olacaktır. Bu tip olgularda çene ucunda vertikal, transversal ve antero-posterior yöndeki asimetri genioplasti ile kontrollü bir şekilde düzeltilebilir.

3.8. Zigoma, Burun ve Frontal Asimetri

Fasiyal asimetri zigoma, nazal ve frontal bölgeyi oluşturan yapıların asimetrisinden de kaynaklanabilir. Klinik muayene esnasında bu yapıların dikkatli bir değerlendirmesinin yapılması gerekir.

3.9. Mandibular Asimetri ve İzole Çene Ucu Asimetrisinin Ayırt Edilmesi

Çene ucunda görülen asimetri, mandibulanın veya çene ucunun izole asimetrisinden kaynaklanabileceği gibi her iki yapıdaki asimetri varlığı nedeniyle de gelişmiş olabilir. İzole çene ucu asimetrisinde alt dudak ve üst dudak arasındaki ilişki genellikle simetriktrir. Oral kommissura düzlemi ile transversal oklüzal düzlem, yüzün diğer horizontal düzlemlerine paralel olacak şekilde konumlanmıştır. Dental çapraşıklığın bulunmadığı durumlarda dental orta hat fasiyal orta hat ile çakışmaktadır. Öte yandan mandibular asimetri olgularında üst ve alt dudak arasındaki ilişki de asimetrik olup oral kommissura düzleminde ve transversal oklüzal düzlemde kant bulunur; dental orta hatlar çakışmayabilir. Kesin tanı radyografik değerlendirme ile konulur. (Naini, 2011)

4. SONUÇ

Laterognatinin cerrahi tedavisi; asimetrinin etiyolojisi, lokalizasyonu ve şiddeti ile hastanın büyüme-gelişme durumu ve kondiller aktivite dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. Adolesan dönemde büyümenin yönlendirilmesi ve gerekli rekonstrüktif girişimlerin zamanlaması önem taşırken, erişkin dönemde çene ucu, mandibula, maksilla ve diğer kraniofasiyal yapıların üç boyutlu değerlendirilmesi tedavi planının temelini oluşturur. Aktif kondiller hiperplazide kondiller büyümenin kontrol altına alınması, inaktif dönemde ise mevcut dentofasiyal

deformitenin ortognatik cerrahi ve gerektiğinde kontürleme işlemleriyle düzeltilmesi hedeflenir. Güncel üç boyutlu planlama ve kişiye özgü cerrahi araçlar, özellikle kompleks asimetri olgularında cerrahi hareketlerin öngörülebilirliğini artırmaktadır.

KAYNAKÇA

- Aerden, T., Verstraete, L., & Politis, C. (2022). The need for secondary orthognathic surgery after high condylectomy in patients with active unilateral condylar hyperplasia. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51, 206–213.
- Bailey, L. J., Haltiwanger, L. H., Blakey, G. H., & Proffit, W. R. (2001). Who seeks surgical-orthodontic treatment: A current review. *International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 16(4), 280–292.
- Brusati, R., Pedrazzoli, M., & Colletti, G. (2010). Functional results after condylectomy in active laterognathia. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 38(3), 179–184.
- Fariña, R., et al. (2016). High condylectomy versus proportional condylectomy: Is secondary orthognathic surgery necessary? *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 45(1), 72–77.
- Fariña, R., Pintor, F., Pérez, J., Pantoja, R., & Berner, D. (2015). Low condylectomy as the sole treatment for active condylar hyperplasia: Facial, occlusal and skeletal changes. An observational study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(2), 217–225.
- Gangestad, S. W., & Thornhill, R. (1998). Menstrual cycle variation in women's preferences for the scent of symmetrical men. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 265(1399), 927–933.
- Han, K., & Kim, J. (2001). Reduction mandibuloplasty: Osteotomy of the lateral cortex around the mandibular angle. *Journal of Craniofacial Surgery*, 12, 314–325.

- Higginson, J. A., Bartram, A. C., Banks, R. J., et al. (2018). Condylar hyperplasia: Current thinking. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 56, 655–662.
- Hsu, Y. C., Li, J., Hu, J., et al. (2010). Correction of square jaw with low angles using mandibular “V-line” ostectomy combined with outer cortex ostectomy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109, 197–202.
- Ko, E. W. C., Lin, C. H., Chen, Y. A., & Chen, Y. R. (2018). Enhanced surgical outcomes in patients with skeletal class III facial asymmetry by 3-dimensional surgical simulation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 76(5), 1073–1083.
- Maniskas, S. A., Ly, C. L., Pourtaheri, N., Parsaei, Y., & Steinbacher, D. M. (2020). Concurrent high condylectomy and orthognathic surgery for treatment of patients with unilateral condylar hyperplasia. *Journal of Craniofacial Surgery*, 31(8), 2217–2221.
- Møller, A. P., & Thornhill, R. (1998). Bilateral symmetry and sexual selection: A meta-analysis. *The American Naturalist*, 151(2), 174–192.
- Mouallem, G., Vernex-Boukerma, Z., Longis, J., Perrin, J. P., Delaire, J., Mercier, J. M., & Corre, P. (2017). Efficacy of proportional condylectomy in a treatment protocol for unilateral condylar hyperplasia: A review of 73 cases. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 45(7), 1083–1093.
- Naini, F. B. (2011). *Facial aesthetics: Concepts and clinical diagnosis*. John Wiley & Sons.

- Peck, S., Peck, L., & Kataja, M. (1991). Skeletal asymmetry in esthetically pleasing faces. *Angle Orthodontist*, 61(1), 43–48.
- Peleg, O., Mahmoud, R., Shuster, A., Arbel, S., Kleinman, S., Mijiritsky, E., & Ianculovici, C. (2022). Vertical ramus osteotomy, is it still a valid tool in orthognathic surgery? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 10171.
- Reyneke, J. P. (2003). *Essentials of orthognathic surgery*. Quintessence Publishing.
- Saridin, C. P., Raijmakers, P. G., Al Shamma, S., et al. (2009). Comparison of different analytical methods used for analyzing SPECT scans of patients with unilateral condylar hyperactivity. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 38(9), 942–946.
- Severt, T. R., & Proffit, W. R. (1997). The prevalence of facial asymmetry in the dentofacial deformities population at the University of North Carolina. *The International Journal of Adult Orthodontics and Orthognathic Surgery*, 12(3), 171–176.
- Thomson, E. R. (1985). Sagittal genioplasty: A new technique of genioplasty. *British Journal of Plastic Surgery*, 38(1), 70–74.
- Thornhill, R., & Gangestad, S. W. (1994). Human fluctuating asymmetry and sexual behavior. *Psychological Science*, 5(5), 297–302.
- Wolford, L. M., Mehra, P., Reiche-Fischel, O., et al. (2002). Efficacy of high condylectomy for management of condylar hyperplasia. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 121, 136–151.

Wolford, L. M., Movahed, R., & Perez, D. E. (2014). A classification system for conditions causing condylar hyperplasia. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 72, 567–595.

DENTAL İMPLANT CERRAHİSİNDE DİNAMİK NAVİGASYON: GÜNCEL TEKNOLOJİLER, KLİNİK UYGULAMALAR VE DOĞRULUK

Züleyha BAŞAR KARAKUZU¹

1. GİRİŞ

Dental implant tedavisinin uzun dönem başarısı, implantın protetik gereksinimlerle uyumlu ve anatomik yapılarla güvenli mesafede konumlandırılmasına bağlıdır. Üç boyutlu görüntüleme, sanal planlama ve hareket izleme teknolojilerinin birleşmesi, implant cerrahisinde yeni yönlendirme yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Dinamik navigasyon, bu teknolojilerin cerrahi sırasında eş zamanlı kullanıldığı yaklaşımlardan biridir ve cerrahın frezin konumunu ve açısını planlanan implant konumuyla birlikte ekranda izlemesine olanak tanır (Tang, Chao, Ye, Liu, & Jiang, 2024).

Bilgisayar destekli implant cerrahisinin (computer-assisted implant surgery, CAIS) ilk yaygın klinik formu statik cerrahi rehberlerdir. Statik rehberlere ilişkin bir meta-analiz, giriş noktasında ortalama 1,2 mm, apekte 1,4 mm ve açısal olarak 3,5° sapma bildirmiş ve planlamada en az 2 mm güvenlik payı bırakılmasını önermiştir (Tahmaseb, Wu, Wismeijer, Coucke, & Evans, 2018). Güncel bir meta-analiz ise hem statik hem de dinamik yönlendirmenin serbest el yöntemine göre daha doğru implant konumu sağladığını göstermiştir (Werny et al., 2025). Bir sistematik derleme ise en yüksek doğruluğun tam yönlendirmeli statik rehberlerle elde edildiğini ve dinamik

¹ Uzm. Dt., Pendik Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD, ORCID: 0009-0001-6995-1360

navigasyonu destekleyen kanıtların sınırlı olduğunu vurgulamıştır (Gargallo-Albiol, Barootchi, Salomó-Coll, & Wang, 2019).

Konumsal doğruluktaki iyileşmenin klinik sonuçlarına ne ölçüde yansıdığı ise henüz net değildir. Eleştirel bir derleme, CAIS ile serbest el yöntemi arasında intraoperatif komplikasyonlar, erken iyileşme, osseointegrasyon ve implant sağkalımı açısından fark gösterilemediğini; CAIS'in olası yararının flepsiz cerrahi ve immedat protokollerin uygulanabilirliğini artırması yoluyla dolaylı olabileceğini belirtmiştir (Pimkhaokham et al., 2022). Bu bölümde dinamik navigasyonun teknik temelleri, doğruluk kavramı, güncel kanıtlar ve klinik uygulama alanları bu çerçevede değerlendirilmektedir.

2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ İMPLANT CERRAHİSİNİN SINIFLANDIRILMASI

İmplant yerleştirme yöntemleri, cerrahi yönlendirmenin niteliğine göre serbest el, statik CAIS, dinamik CAIS ve robotik CAIS olarak dört grupta incelenebilir. Statik CAIS'te sanal plan, üç boyutlu yazıcı ile üretilen bir rehber aktarılır ve frez yönü kılavuz kovanlarla sınırlandırılır. Dinamik CAIS'te fiziksel kılavuz bulunmaz; frezin konumu optik izleme ile belirlenir ve cerrah ekrandaki görsel geri bildirimle hareket eder. Robotik sistemler, dinamik navigasyonun izleme altyapısını robot kolunun mekanik yönlendirmesiyle birleştirir (Gargallo-Albiol et al., 2019; Tang et al., 2024). Bu yaklaşımların temel özellikleri Tablo 1'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 1. Bilgisayar destekli implant cerrahisi yaklaşımlarının temel özelliklerine göre karşılaştırılması

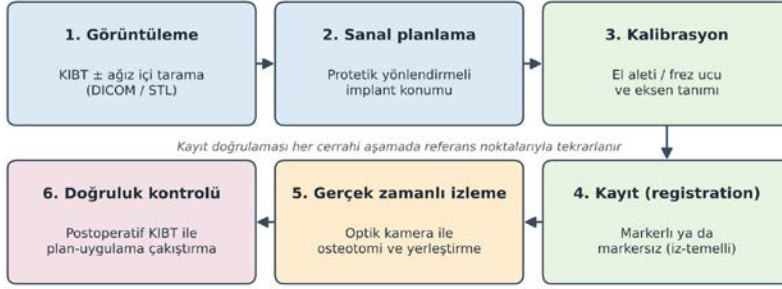
Özellik	Statik CAIS	Dinamik CAIS	Robotik CAIS
Yönlendirme ilkesi	Cerrahi rehber ve metal kovanlarla fiziksel sınırlama	Optik izleme ile ekranda gerçek zamanlı görsel geri bildirim	İzleme sistemi ile kontrol edilen robot kolu (haptik ya da otonom)
Ön hazırlık	Rehber tasarımı ve üretimi gerekir	Rehber üretimi gerekmez; kalibrasyon ve kayıt gerekir	Kalibrasyon, kayıt ve robot kurulumu gerekir
Cerrahi sırasında plan değişikliği	Sınırlı; yeni rehber gerekebilir	Mümkün; plan anında güncellenebilir	Mümkün; sisteme bağlı
Ağız açıklığı ve irrigasyon	Rehber ve uzun frezler nedeniyle kısıtlayıcı olabilir	Kılavuz kovan olmadığından irrigasyon ve erişim daha rahattır	Robot kolunun boyutuna bağlı olarak değişir
Doğrulama	Cerrahi sırasında görsel kontrol sınırlıdır	Her aşamada sapma ekranda izlenebilir	Sistem tarafından sürekli izlenir
Başlıca sınırlamalar	Rehber oturma hataları, üretim süresi	Maliyet, öğrenme eğrisi, uzamış cerrahi süre	Yüksek maliyet, uzun kurulum süresi, sınırlı klinik veri

CAIS: bilgisayar destekli implant cerrahisi. Tablo, Gargallo-Albiol ve ark. (Gargallo-Albiol et al., 2019), Shi ve ark. (Shi et al., 2025) ve Tang ve ark. (Tang et al., 2024) çalışmalarından yararlanılarak yazar tarafından derlenmiştir.

3. DİNAMİK NAVİGASYON SİSTEMLERİNİN TEMEL BİLEŞENLERİ VE ÇALIŞMA İLKESİ

Dinamik navigasyon sistemleri bir bilgisayar ve planlama yazılımı, izleme donanımı, hastaya ve el aletine bağlanan referans elemanları ile navigasyon arayüzünden oluşur.

Klinik iş akışı; görüntüleme ve veri rekonstrüksiyonu, cerrahi aletin kalibrasyonu, uzaysal kayıt ve gerçek zamanlı yönlendirilmiş cerrahi aşamalarını içerir (Tang et al., 2024). Bu iş akışı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dinamik navigasyon destekli implant cerrahisinde klinik iş akışı. İlk beş basamak Gargallo-Albiol ve ark. (Gargallo-Albiol et al., 2019) ile Tang ve ark. (Tang et al., 2024) tarafından tanımlanan iş akışına dayanmaktadır; postoperatif doğruluk kontrolü basamağı yazar tarafından eklenmiştir. KIBT: konik ışınli bilgisayarlı tomografi.

3.1. Görüntüleme, Planlama ve İzleme

İş akışı, implant bölgesinin konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile görüntülenmesiyle başlar. DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) verileri yazılıma aktarılır; gerektiğinde ağız içi tarama ya da model taramasından elde edilen yüzey verileri (STL, standard tessellation language) bu görüntüyle karşılaştırılır ve implant protetik restorasyona göre planlanır (Tang et al., 2024).

Ticari sistemlerin çoğu optik izlemeye dayanır: stereo kamera, hasta ve el aleti referanslarındaki işaretçilerin konumunu sürekli hesaplar ve yazılım frez ucunun konumunu ve eksenini ekrana yansıtır. Görüş hattının kesintisiz olması ve hasta referansının çeneye stabil sabitlenmesi temel güvenlik koşullarıdır (Gargallo-Albiol et al., 2019; Tang et al., 2024).

3.2. Kalibrasyon ve Kayıt

Kalibrasyon, el aletine bağlı referans ile frez ucu ve eksenindeki geometrik ilişkinin sisteme tanımlanmasıdır ve kullanılan sisteme bağlı olarak her frez değişiminde tekrarlanabilir. Kayıt ise hastanın gerçek anatomisi ile görüntü verisi arasındaki uzaysal ilişkinin kurulmasıdır. Markerlı kayıta KIBT öncesinde radyopak işaretçiler içeren bir apacey yerleştirilir; markersız kayıta dişler ya da kemik yüzeyi üzerinde seçilen noktalar veya izler kullanılır ve ayrı bir KIBT çekimine gerek kalmayabilir (Tang et al., 2024).

Laboratuvar ve klinik çalışmalardan oluşan 13 çalışmalık bir meta-analiz, markerlı ve markersız kayıt arasında genel doğrulukta anlamlı fark bulmamış; kemiğe sabitlenen ya da U biçimli markerların bazı alt gruplarda avantaj sağladığını, markersız kaydın ise hasta bildirimli sonuçlarda daha olumlu olduğunu bildirmiştir (Gul, Tao, Zhou, Wang, & Wu, 2025). İki farklı optik referans sistemi ve iş akışının karşılaştırıldığı randomize bir çalışmada ise ortalama açısal sapma $6,3^{\circ}$ ve $2,7^{\circ}$ bulunmuştur (Knipper, Kuhn, Luthardt, & Schnutenhaus, 2024); yani doğruluk yalnızca cihaza değil, kayıt protokolüne de bağlıdır.

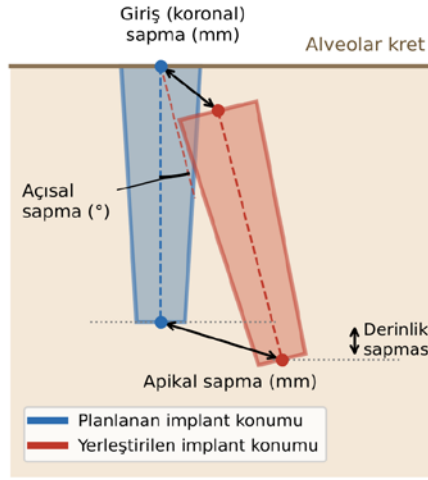
3.3. Cerrahi Aşama

Kayıt sonrasında cerrah, hedefleme arayüzü aracılığıyla frezin giriş noktasını, açısını ve derinliğini plana göre ayarlar; kayıt doğruluğu, sabit anatomik noktalara frez ucu ile dokunularak tekrar kontrol edilebilir (Tang et al., 2024).

4. DOĞRULUĞUN TANIMLANMASI VE ÖLÇÜLMESİ

Doğruluk, planlanan implant konumu ile cerrahi sonrası elde edilen konum arasındaki uyumdur ve genellikle

postoperatif KIBT ya da tarama verisinin plan ile karşılaştırılmasıyla değerlendirilir. Başlıca parametreler giriş (koronal), apikal ve açısall sapmadır; doğrusal sapmalar üç boyutlu (global) ya da bileşenlerine ayrılarak raporlanabilir (Tahmaseb et al., 2018; Werny et al., 2025). Bazı çalışmalar vertikal yöndeki farkı ayrıca derinlik (apikokoronal) sapması olarak bildirmektedir (Knipper et al., 2024) (Şekil 2).



Şekil 2. Planlanan ve yerleştirilen implant konumları arasındaki doğruluk parametrelerinin şematik gösterimi: giriş (koronal), apikal, açısall ve derinlik sapması. Şekil, Tahmaseb ve ark. (Tahmaseb et al., 2018), Werny ve ark. (Werny et al., 2025) ve Knipper ve ark. (Knipper et al., 2024) tanımlarından yararlanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Ölçüm noktası, raporlama biçimi ve kullanılan yazılım sonuçları etkileyebilir; in vitro ve klinik çalışmalar da farklı hata kaynakları içerdiğinden doğrudan karşılaştırılmamalıdır. Ortalama sapmanın düşük olması tek tek olgularda kritik yapılara yaklaşan sapmaları dışlamadığından, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın en az 2 mm güvenlik payı önerilmektedir (Tahmaseb et al., 2018; Werny et al., 2025).

5. DİNAMİK NAVİGASYONUN DOĞRULUĞU: BİLİMSEL KANITLAR

5.1. In Vitro ve Model Çalışmaları

Deneyimli tek bir cerrahın dişli ve dişsiz modeller üzerinde yaptığı erken dönem bir çalışmada ortalama açısal sapma $0,89^\circ$ ve $1,26^\circ$ bulunmuştur (Emery, Merritt, Lank, & Gibbs, 2016). Dokuz hekimin 216 implant yerleştirdiği in vitro bir çalışmada navigasyon deneyimi olmayanlarda öğrenme eğrisi saptanmış; implant deneyimi olan hekimler sisteme daha hızlı uyum sağlamış ve açısal sapma deneyimli gruplarda yaklaşık 2° , deneyimsiz grupta $2,64^\circ$ olmuştur (Xu et al., 2023).

5.2. Klinik Çalışmalar

Tablo 2'de özetlenen klinik çalışmalarda dinamik navigasyon, serbest el yöntemine göre plana daha yakın implant konumu sağlamıştır; bunlar arasında 478 hastalık prospektif bir kohort ile Türkiye'den bölünmüş ağız tasarımlı randomize kontrollü bir çalışma yer almaktadır (Aydemir & Arısan, 2020; Block, Emery, Cullum, & Sheikh, 2017). Başka bir randomize çalışmada açısal sapma yaklaşık yarıya inmiş ($4,02^\circ$ ve $7,97^\circ$), ancak cerrahi süre yaklaşık 14 dakika uzamıştır (Jorba-García et al., 2023).

Statik ve dinamik CAIS'in karşılaştırıldığı randomize çalışmalarda tek diş eksikliklerinde ve iki implant destekli sabit protezlerde anlamlı fark bulunmamıştır (Kaewsiri, Panmekiate, Subbalekha, Mattheos, & Pimkhaokham, 2019; Yimarj et al., 2020). Retrospektif bir çalışmada ön bölgede dinamik navigasyonun apikal sapması daha yüksek, molar bölgede açısal sapması daha düşük bulunmuştur (D. Wu et al., 2020). Robotik cerrahi, dinamik navigasyon ve statik rehberin karşılaştırıldığı randomize çalışmada cerrahi süre sırasıyla yaklaşık 21, 14 ve 7 dakika olmuş; cerrahi alana erişim en kolay dinamik navigasyonda bulunmuştur (Shi et al., 2025).

Tablo 2. Dinamik navigasyonu serbest el yöntemi, statik rehber ya da robotik cerrahi ile karşılaştıran seçilmiş klinik çalışmalar

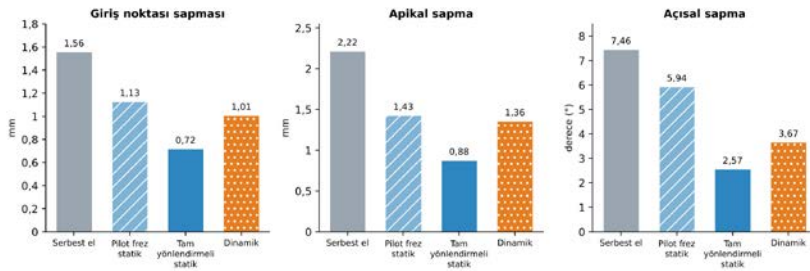
Çalışma	Tasarım	Karşılaştırma	Temel bulgu
(Block et al., 2017)	Prospektif kohort; 478 hasta, 714 implant	Dinamik navigasyon - serbest el	Dinamik navigasyonla yerleştirilen implantlar plana daha yakın konumlanmıştır.
(Kaewsiri et al., 2019)	RKÇ, tek diş eksikliği; 60 hasta	Statik - dinamik	Giriş, apeks ve açısal sapmada anlamlı fark bulunmamıştır.
(Aydemir & Arısan, 2020)	Bölünmüş ağız RKÇ; 32 hasta, 86 implant	Dinamik navigasyon - serbest el	Dinamik navigasyonda açısal ve konumsal sapmalar anlamlı olarak daha düşüktür.
(Yimarj et al., 2020)	RKÇ, iki implant destekli sabit protez; 30 hasta	Statik - dinamik	İki yöntemin doğruluğu benzer bulunmuştur.
(D. Wu et al., 2020)	Retrospektif; 38 dinamik, 57 statik implant	Statik - dinamik	Dinamik: 1,36 mm koronal, 1,48 mm apikal, 3,71°; genel karşılaştırmada fark yoktur.
(Jorba-García et al., 2023)	RKÇ	Dinamik navigasyon - serbest el	Açısal (4,02° ve 7,97°) ve doğrusal sapmalar daha düşük; cerrahi süre 14 dk daha uzundur.
(Knipper et al., 2024)	RKÇ, 27 hasta	İki farklı dinamik navigasyon iş akışı	Açısal sapma 6,3° ve 2,7°; referans sistemi ve iş akışı doğruluğu anlamlı etkilemiştir.
(Shi et al., 2025)	RKÇ, 45 hasta, posterior tek diş	Robotik - dinamik - statik	Dinamik: 1,3 mm platform, 1,9 mm apeks, 5,5°; cerrahi süre statik rehberden uzundur.

RKÇ: randomize kontrollü çalışma. Sayısal değerler ilgili çalışmalarda bildirilen ortalama değerlerdir.

5.3. Sistematik Derlemeler ve Meta-analizler

Tablo 3'te özetlenen meta-analizlerden ilki, klinik ve model çalışmalarını birleştirerek doğruluğun klinik açıdan kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir (Wei et al., 2021). Diğer iki meta-analiz dinamik navigasyonu açısal sapmada hem serbest el yönteminden hem de statik rehberlerden anlamlı olarak daha doğru bulmuştur (Jorba-García, González-Barnadas, Camps-Font, Figueiredo, & Valmaseda-Castellón, 2021; Yu, Tao, Wang, & Wu, 2023); bunlardan birinde sapmalar in vitro çalışmalarda klinik çalışmalardan düşüktür ($2,01^{\circ}$ ve $3,68^{\circ}$) (Jorba-García et al., 2021).

67 çalışmalık bir meta-analizde açısal sapma dinamik navigasyonda $3,51^{\circ}$, statik rehberde $3,58^{\circ}$ bulunmuş; robotik sistemlerdeki daha düşük değer ($1,71^{\circ}$) ise yalnızca 2 çalışmaya dayanmaktadır (Khaohoen et al., 2024). Sonuçları Şekil 3'te gösterilen güncel meta-analizde tam yönlendirmeli statik rehber, giriş noktasında dinamik navigasyondan anlamlı olarak daha doğrudur (Werny et al., 2025). Dolayısıyla dinamik navigasyonun serbest el yöntemine üstünlüğü açıktır; statik rehberlerle farkı ise küçüktür ve analizden analize değişmektedir.



Şekil 3. Serbest el yöntemi ile pilot frez yönlendirmeli statik, tam yönlendirmeli statik ve dinamik CAIS yaklaşımlarında bildirilen ortalama giriş, apikal ve açısal sapma değerleri. Grafik, Werny ve ark. (Werny et al., 2025) tarafından bildirilen meta-analiz verileri kullanılarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

Tablo 3. Dinamik navigasyonun doğruluğunu değerlendiren seçilmiş sistematik derleme ve meta-analizler

Çalışma	Kapsam	Temel sonuç
(Wei et al., 2021)	Dinamik navigasyon doğruluğu; 10 çalışma (5 klinik, 5 model)	Platform 1,02 mm, apeks 1,33 mm, açısal 3,59°; doğruluk klinik açıdan kabul edilebilir bulunmuştur.
(Jorba-García et al., 2021)	Dinamik CAIS doğruluğu; serbest el ve statik CAIS ile karşılaştırma	Dinamik CAIS, serbest el yönteminden ve statik CAIS'ten anlamlı olarak daha düşük açısal sapma göstermiştir.
(Mai, Dam, & Lee, 2023)	Artırılmış gerçeklik destekli navigasyon	Global sapma 1,18 mm, açısal sapma 3,96°; serbest el yönteminden ve konvansiyonel navigasyondan daha doğru, statik rehberle benzer bulunmuştur.
(Yu et al., 2023)	Son 10 yılın klinik çalışmaları; 17 çalışma, 2.025 implant	Dinamik navigasyon açısal sapmada statik rehber ve serbest el yönteminden daha doğru bulunmuştur.
(Khaohoen et al., 2024)	Statik, dinamik ve robotik CAIS; 67 çalışma, 5.673 implant	Dinamik: 1,18 mm koronal, 1,36 mm apikal, 3,51°; robotik sistemler en düşük sapmayı göstermiştir (yalnızca 2 çalışma).
(Werny et al., 2025)	Serbest el ve CAIS yöntemleri	Dinamik: 1,01 mm giriş, 1,36 mm apeks, 3,67°; tüm CAIS yöntemleri serbest elden daha doğrudur.
(Gul et al., 2025)	Markerlı ve markersız kayıt; 13 laboratuvar ve klinik çalışma	Kayıt yöntemleri arasında genel doğrulukta anlamlı fark yoktur.

CAIS: bilgisayar destekli implant cerrahisi.

6. DOĞRULUĞU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dinamik navigasyonda son sapma, iş akışının her aşamasında oluşan küçük hataların toplamıdır (Tang et al., 2024). Referans sistemi ve iş akışındaki farklılıklar doğruluğu

anlamli olarak etkileyebilir (Knipper et al., 2024). Marker apareyinin stabil oturmaması, hasta referansının yer değiştirmesi, metal artefaktları ve görüş hattının kesilmesi de olası hata kaynaklarıdır; bu nedenle kayıt doğruluğunun cerrahi sırasında düzenli olarak kontrol edilmesi önerilir (Gargallo-Albiol et al., 2019; Tang et al., 2024).

Cerrahi deneyim, özellikle öğrenme döneminde süre ve doğruluğu etkiler (Xu et al., 2023); buna karşın bir klinik çalışmada cerrahın deneyim düzeyinin doğruluğu belirgin biçimde etkilemediği bildirilmiştir (D. Wu et al., 2020). Anatomik bölge de önemlidir: tam dişsiz çenelerde dişler kayıt referansı olarak kullanılamadığından kemiğe sabitlenen markerlar ya da özel kayıt protokolleri gerekir (Gul et al., 2025).

7. KLİNİK UYGULAMA ALANLARI

7.1. Tek Diş ve Kısmi Dişsizlik

Dinamik navigasyonun en geniş kanıta sahip olduğu senaryo, komşu dişlerin referans ve kayıt için güvenilir dayanak sağladığı tek diş ve kısmi dişsizliklerdir. Randomize çalışmalar bu durumlarda yöntemin serbest el yönteminden daha doğru, statik rehberlerle benzer doğrulukta olduğunu göstermektedir (Aydemir & Arısan, 2020; Kaewsiri et al., 2019; Yimarj et al., 2020).

7.2. Tam Dişsiz Çeneler ve İmmidiat İmplantasyon

Tam dişsiz hastalarda dişler kayıt referansı olarak kullanılamadığından kemiğe sabitlenen markerlar veya tam dişsiz çenelere özgü diğer kayıt protokolleri kullanılabilir (Gul et al., 2025). İmmidiat implantasyonda gerçek zamanlı konum ve açı takibi kuramsal bir avantaj sağlayabilir (Gargallo-Albiol et al., 2019); ancak bu senaryoya özgü randomize çalışmalara gereksinim vardır.

7.3. Zigomatik İmplantlar ve İmplant Dışı Uygulamalar

Küçük açısal sapmaların apekte büyük hatalara dönüştüğü zigomatik implantlarda, 71 hastada 221 implantı kapsayan bir olgu serisinde giriş sapması 1,57 mm, çıkış sapması 2,1 mm ve açısal sapma 2,68° bulunmuş; 28 cihaz kaynaklı olumsuz olay görülmüş ve biri malpozisyon nedeniyle iki implant kaybına yol açmıştır (Y. Wu et al., 2022). Teknoloji ayrıca gömülü diş çekimi, kırık, tümör ve ortognatik cerrahi ile cerrahi endodontide de kullanılmaktadır (Tang et al., 2024).

8. AVANTAJLAR, SINIRLAMALAR VE HASTA MERKEZLİ SONUÇLAR

Yöntemin başlıca avantajları implant konumunun planla eş zamanlı izlenebilmesi, cerrahi sırasında plan değişikliği yapılabilmesi ve rehber üretimi gerektirmemesidir (Gargallo-Albiol et al., 2019; Tang et al., 2024). Başlıca sınırlamaları ise yüksek maliyet, eğitim gereksinimi, ek hazırlık süresi ve bazı iş akışlarında ek radyasyondur (Tang et al., 2024); cerrahi süre de statik rehberle göre yaklaşık iki kat, serbest el yöntemine göre yaklaşık 14 dakika uzun olabilmektedir (Jorba-García et al., 2023; Shi et al., 2025).

Konumsal doğruluk hasta açısından tek başına anlamlı değildir. Randomize bir çalışmada postoperatif ağrı, şişlik, analjezik kullanımı ve memnuniyet üç yöntemde benzer bulunmuş, ağrı süresi ve günlük aktivitelere etki gibi bazı parametrelerde fark görülmüştür (Engkawong, Mattheos, Pisarnaturakit, Pimkhaokham, & Subbalekha, 2021). Doğruluftaki iyileşmenin komplikasyon ve uzun dönem sonuçlara etkisi henüz kanıtlanmamıştır (Pimkhaokham et al., 2022).

9. EĞİTİM VE KLİNİK UYGULAMAYA GEÇİŞ

İmplant deneyimi olmayan 14 diş hekimliği öğrencisinin simülasyon modeli üzerinde çalıştığı bir pilot çalışmada yerleştirme süresi ve açısal sapma ilk birkaç denemede anlamlı olarak azalmış, ancak üç boyutlu apikal sapmada anlamlı iyileşme görülmemiştir (Golob Deeb et al., 2019). Bu bulgular ve öğrenme eğrisi verileri (Xu et al., 2023), eğitimin model üzerinde başlatılmasını ve ilk klinik olguların basit tek diş eksikliklerinden seçilmesini desteklemektedir.

10. GELECEK PERSPEKTİFLERİ: ROBOTİK, ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE YAPAY ZEKÂ

Robotik implant cerrahisi frezin konumunu robot kolu aracılığıyla mekanik olarak kontrol eder. Randomize klinik veriler robotik cerrahinin global sapmalarda dinamik navigasyon ve statik rehberden anlamlı olarak farklı olmadığını, ancak sistematik hatayı sıfıra yakın düzeye indirdiğini ve cerrahi süreyi uzattığını göstermektedir (Shi et al., 2025). Artırılmış gerçeklik, navigasyon bilgisini doğrudan cerrahin görüş alanına yansıtır; iki olguluk ilk klinik rapor bunun uygulanabilir olduğunu göstermiş (Pellegrino et al., 2019), bir meta-analiz de yöntemi serbest el ve konvansiyonel navigasyondan daha doğru, statik rehberlerle benzer bulmuştur (Mai et al., 2023). Yapay zekânın anatomik yapıların segmentasyonu ve sanal implant planlamasına entegrasyonu giderek artmakla birlikte, bu teknolojilerin klinik etkinliği ve uygulanabilirliğinin daha ileri çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir (Elgarba, Fontenele, Tarce, & Jacobs, 2024).

11. SONUÇ

Dinamik navigasyon, implant osteotomisinin sanal plana göre gerçek zamanlı yönlendirilmesini sağlayan, kanıt temeli giderek güçlenen bir CAIS yöntemidir. Klinik çalışmalar ve meta-analizler yöntemin serbest el yönteminden daha doğru olduğunu tutarlı biçimde göstermektedir; statik rehberlerle farklar ise küçüktür ve yönü çalışmadan çalışmaya değişmektedir (Jorba-García et al., 2021; Khaohoen et al., 2024; Werny et al., 2025; Yu et al., 2023). Doğruluk büyük ölçüde kalibrasyon, kayıt protokolü ve referans stabilitesine bağlıdır. Cerrahi sırasında esneklik ve rehber gerektirmeme başlıca avantajları; maliyet, öğrenme eğrisi ve uzamış cerrahi süre önemli sınırlamalarıdır. Doğrulukta iyileşmenin uzun dönem klinik sonuçlara etkisini ortaya koyacak, standart ölçüm protokolleri kullanan randomize çalışmalara gereksinim vardır (Pimkhaokham et al., 2022).

KAYNAKÇA

- Aydemir, C. A., & Arısan, V. (2020). Accuracy of dental implant placement via dynamic navigation or the freehand method: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 31(3), 255-263.
- Block, M. S., Emery, R. W., Cullum, D. R., & Sheikh, A. (2017). Implant placement is more accurate using dynamic navigation. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 75(7), 1377-1386.
- Elgarba, B. M., Fontenele, R. C., Tarce, M., & Jacobs, R. (2024). Artificial intelligence serving pre-surgical digital implant planning: A scoping review. *Journal of dentistry*, 143, 104862.
- Emery, R. W., Merritt, S. A., Lank, K., & Gibbs, J. D. (2016). Accuracy of dynamic navigation for dental implant placement—model-based evaluation. *Journal of Oral Implantology*, 42(5), 399-405.
- Engkawong, S., Mattheos, N., Pisarnurakit, P. P., Pimkhaokham, A., & Subbalekha, K. (2021). Comparing patient-reported outcomes and experiences among static, dynamic computer-aided, and conventional freehand dental implant placement: A randomized clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 23(5), 660-670.
- Gargallo-Albiol, J., Barootchi, S., Salomó-Coll, O., & Wang, H.-l. (2019). Advantages and disadvantages of implant navigation surgery. A systematic review. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 225, 1-10.
- Golob Deeb, J., Bencharit, S., Carrico, C. K., Lukic, M., Hawkins, D., Renner-Sitar, K., & Deeb, G. R. (2019).

Exploring training dental implant placement using computer-guided implant navigation system for predoctoral students: A pilot study. *European Journal of Dental Education*, 23(4), 415-423.

Gul, M., Tao, B., Zhou, W., Wang, F., & Wu, Y. (2025). Comparison of marker-based and marker-free registration techniques in dynamic navigation-guided implant surgery for fully and partially edentulous patients: A systematic review and meta-analysis. *Evidence-Based Dentistry*, 26(3), 158-158.

Jorba-García, A., González-Barnadas, A., Camps-Font, O., Figueiredo, R., & Valmaseda-Castellón, E. (2021). Accuracy assessment of dynamic computer-aided implant placement: A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral investigations*, 25(5), 2479-2494.

Jorba-García, A., Bara-Casaus, J. J., Camps-Font, O., Sánchez-Garcés, M. Á., Figueiredo, R., & Valmaseda-Castellón, E. (2023). Accuracy of dental implant placement with or without the use of a dynamic navigation assisted system: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 34(5), 438-449.

Kaewsiri, D., Panmekiate, S., Subbalekha, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2019). The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*, 30(6), 505-514.

Khaohoen, A., Powcharoen, W., Sornsuan, T., Chaijareenont, P., Rungsiyakull, C., & Rungsiyakull, P. (2024). Accuracy of implant placement with computer-aided static, dynamic, and robot-assisted surgery: a systematic review and meta-analysis of clinical trials. *BMC oral health*, 24(1), 359.

- Knipper, A., Kuhn, K., Luthardt, R. G., & Schnutenhaus, S. (2024). Accuracy of dental implant placement with dynamic navigation—investigation of the influence of two different optical reference systems: a randomized clinical trial. *Bioengineering*, 11(2), 155.
- Mai, H.-N., Dam, V. V., & Lee, D.-H. (2023). Accuracy of augmented reality–assisted navigation in dental implant surgery: systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e42040.
- Pellegrino, G., Mangano, C., Mangano, R., Ferri, A., Taraschi, V., & Marchetti, C. (2019). Augmented reality for dental implantology: a pilot clinical report of two cases. *BMC oral health*, 19(1), 158.
- Pimkhaokham, A., Jiaranuchart, S., Kaboosaya, B., Arunjaroenusuk, S., Subbalekha, K., & Mattheos, N. (2022). Can computer-assisted implant surgery improve clinical outcomes and reduce the frequency and intensity of complications in implant dentistry? A critical review. *Periodontology 2000*, 90(1), 197-223.
- Shi, J.-Y., Wu, X.-Y., Lv, X.-L., Liu, M., Fu, X.-J., Liu, B.-L., . . . Tonetti, M. (2025). Comparison of implant precision with robots, navigation, or static guides. *Journal of Dental Research*, 104(1), 37-44.
- Tahmaseb, A., Wu, V., Wismeijer, D., Coucke, W., & Evans, C. (2018). The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29, 416-435.
- Tang, W., Chao, X., Ye, Z., Liu, M., & Jiang, H. (2024). The use of dynamic navigation systems as a component of digital dentistry. *Journal of Dental Research*, 103(2), 119-128.

- Wei, S. M., Zhu, Y., Wei, J. X., Zhang, C. N., Shi, J. Y., & Lai, H. C. (2021). Accuracy of dynamic navigation in implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 32(4), 383-393.
- Werny, J. G., Frank, K., Fan, S., Sagheb, K., Al-Nawas, B., Narh, C. T., & Schiegnitz, E. (2025). Freehand vs. computer-aided implant surgery: a systematic review and meta-analysis—part 1: accuracy of planned and placed implant position. *International journal of implant dentistry*, 11(1), 35.
- Wu, D., Zhou, L., Yang, J., Zhang, B., Lin, Y., Chen, J., . . . Chen, Y. (2020). Accuracy of dynamic navigation compared to static surgical guide for dental implant placement. *International journal of implant dentistry*, 6(1), 78.
- Wu, Y., Tao, B., Lan, K., Shen, Y., Huang, W., & Wang, F. (2022). Reliability and accuracy of dynamic navigation for zygomatic implant placement. *Clinical Oral Implants Research*, 33(4), 362-376.
- Xu, Z., Zhou, L., Zheng, M., Lin, Y., Huang, W., Chen, J., . . . Wu, D. (2023). The effect of implant surgery experience on the learning curve of a dynamic navigation system: an in vitro study. *BMC oral health*, 23(1), 89.
- Yimarj, P., Subbalekha, K., Dhaneuan, K., Siriwatana, K., Mattheos, N., & Pimkhaokham, A. (2020). Comparison of the accuracy of implant position for two-implants supported fixed dental prosthesis using static and dynamic computer-assisted implant surgery: A randomized controlled clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 22(6), 672-678.

Yu, X., Tao, B., Wang, F., & Wu, Y. (2023). Accuracy assessment of dynamic navigation during implant placement: A systematic review and meta-analysis of clinical studies in the last 10 years. *Journal of dentistry*, 135, 104567.

PTFE MEMBRANLAR İLE YÖNLENDİRİLMİŞ KEMİK REJENERASYONU: KULLANIM ALANLARI, CERRAHİ UYGULAMA İLKELERİ VE KOMPLİKASYONLAR

Züleyha BAŞAR KARAKUZU¹

1. GİRİŞ

Yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (guided bone regeneration, GBR), alveoler kemik hacminin implantın protetik olarak uygun üç boyutlu konumda yerleştirilmesine izin vermediği durumlarda kullanılan temel rekonstrüktif yaklaşımlardan biridir. Tekniğin biyolojik temeli, hızlı çoğalan epitel ve bağ dokusu hücrelerinin defekte ilerlemesini fiziksel bir bariyerle sınırlandırarak osteojenik hücreler ve stabil kan pıhtısı için korunaklı bir iyileşme alanı oluşturmaktır. Bu ilke, sıçan mandibulasındaki standart defektlerin politetrafloroetilen (Teflon) membranla örtülmesiyle deneysel olarak gösterilmiş; membranla örtülen tarafta 6 haftada tüm hayvanlarda tam kemik iyileşmesi gözlenirken kontrol tarafında 22 hafta sonra bile belirgin iyileşme izlenmemiştir (Dahlin, Linde, Gottlow, & Nyman, 1988). Güncel yaklaşımda membran yalnızca hücrel oklüzyon sağlayan pasif bir örtü olarak değil, rejeneratif hacmi koruyan ve greft partiküllerinin mikromobilitesini azaltan bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Buser, Urban, Monje, Kunrath, & Dahlin, 2023).

GBR'nin öngörülebilirliği yalnızca kullanılan biyomateryale bağlı değildir. Primer yara kapanması, yeterli

¹ Uzm. Dt., Pendik Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi AD, ORCID: 0009-0001-6995-1360

anjyogenez, rejenerasyon için alan oluşturulması ve bu alanın stabil tutulması PASS ilkeleri olarak tanımlanmıştır (Wang & Boyapati, 2006). Bu çerçevede membranın bariyer özelliği, flebin gerilimsiz kapatılması ve greft-membran kompleksinin immobilizasyonu ile birlikte ele alınmalıdır.

Politetrafloroetilen (PTFE), güçlü karbon-flor bağları nedeniyle kimyasal olarak inert, biyouyumlu ve biyolojik degradasyona dirençli bir floropolimerdir. Dental GBR'de kullanılan PTFE membranlar genişletilmiş (expanded, e-PTFE) ve yoğun (dense, d-PTFE) PTFE olarak iki ana gruba ayrılır; her ikisi de titanyumla güçlendirilmiş olarak üretilir (Carbonell et al., 2014; Mizraji et al., 2023). PTFE membranların rezorbe olmaması, bariyer fonksiyonunun istenen süre boyunca korunmasını sağlar ve özellikle kemik duvarlarıyla sınırlı olmayan (non-contained) büyük defektlerde mekanik avantaj sunar. Buna karşılık membranın çıkarılması için ikinci bir cerrahi girişim gerekir; rijit membranların hatalı konturlanması, keskin kenarlar, ince yumuşak doku ve gerilimli flep kapanması ise ekspozisyon riskini artırabilir (Mizraji et al., 2023).

Bu bölümün amacı, e-PTFE, d-PTFE ve titanyumla güçlendirilmiş PTFE membranların yapısal farklılıklarını, klinik endikasyonlarını ve cerrahi kullanım ilkelerini güncel kanıtlar ışığında değerlendirmek ve komplikasyonların önlenmesi ile yönetimi için klinik açıdan uygulanabilir bir çerçeve sunmaktır.

2. PTFE MEMBRANLARIN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

2.1. Genişletilmiş PTFE (e-PTFE)

e-PTFE, PTFE'nin kontrollü genişletilmesiyle oluşan düğüm-fibril mikroyapısına sahiptir. Klasik dental e-PTFE membranlarda farklı porozitede bölgeler bulunur; daha açık

mikroyapı bağ dokusu entegrasyonunu artırırken daha oklüzif bölüm hücresel bariyer işlevini üstlenir (Mizraji et al., 2023). İnsan histolojik çalışmasında membranın fibröz doku tarafından penetre edildiği ve membran-doku ara yüzünde bağ dokusu entegrasyonu olduğu gösterilmiş; aynı çalışmada bir olguda erken ekspozisyon ve enfeksiyon nedeniyle membranın birinci ayda çıkarılması gerekmiştir (Dahlin, Simion, Nanmark, & Sennerby, 1998). Makroporöz e-PTFE membranların primer kapanma gerektirmesi ve oral kaviteye açıldığında bakteri barındırarak enfekte olabilmesi, daha yoğun PTFE yapıların geliştirilmesinin başlıca gerekçeleri arasında gösterilmiştir (Bartee, 1995; Carbonell et al., 2014).

2.2. Yoğun PTFE (d-PTFE)

d-PTFE, e-PTFE'ye göre daha yoğun ve düşük poroziteli bir yapıya sahiptir. Düşük porozite, bakterilerin membran kalınlığı boyunca ilerlemesini sınırlamayı amaçlar ve membranın yumuşak dokuya belirgin biçimde inkorpore olmasını azaltarak çıkarılmasını kolaylaştırır. Bu özellikler d-PTFE'yi, özellikle ekstraksiyon soketlerinde primer kapanmanın amaçlanmadığı açık membran protokolleri için çekici hale getirmiştir (Carbonell et al., 2014). Bununla birlikte “bakteri geçirmez” ifadesi yüzeyde biyofilm oluşmayacağı şeklinde yorumlanmamalıdır. In vitro bir çalışmada farklı açıklıktaki üç e-PTFE membran ile bir d-PTFE membranın tamamı *Streptococcus oralis* geçişine karşı geçirimsiz bulunmuş, ancak 48. saatte d-PTFE yüzeyinde daha olgun ve daha fazla biyofilm biyokütlesi saptanmıştır (Trobos et al., 2018). Klinik olarak da oral kaviteye açık bırakılan d-PTFE yüzeylerinde çok türlü biyofilm geliştiği gösterilmiştir (Franović et al., 2025). Dolayısıyla iki membran tipi arasındaki klinik fark yalnızca bakteri geçirgenliğiyle açıklanamaz.

2.3. Titanyumla Güçlendirilmiş PTFE Membranlar

Titanyumla güçlendirilmiş PTFE membranlarda ince bir titanyum iskelet PTFE tabaka ile bütünleştirilir. Amaç, membranın üç boyutlu şeklinin korunması ve vertikal ya da ileri horizontal defektlerde yumuşak doku basıncına karşı daha yüksek direnç sağlanmasıdır; buna karşılık artan rijitlik, keskin veya aşırı konturlanmış kenarların mukozaya bası yapması halinde ekspozisyon riskini artırabilir (Mizraji et al., 2023; Simion, Fontana, Rasperini, & Maiorana, 2007). Bu bölümde titanyumla güçlendirilmiş e-PTFE ve d-PTFE membranlar sırasıyla Ti-e-PTFE ve Ti-d-PTFE olarak kısaltılmıştır. Bu iki membranı karşılaştıran randomize klinik çalışmada (23 hasta, 26 alan) 6 ay sonunda ortalama vertikal defekt dolumu Ti-d-PTFE grubunda $5,49 \pm 1,58$ mm, Ti-e-PTFE grubunda $4,91 \pm 1,78$ mm bulunmuş ve gruplar arasında anlamlı fark saptanmamış; membranın çıkarılması ise d-PTFE grubunda daha kolay olmuştur (Ronda, Rebaudi, Torelli, & Stacchi, 2014). Son yıllarda kişiye özel tasarlanan güçlendirilmiş PTFE mesh sistemleri de ileri vertikal augmentasyonda randomize çalışmalarla değerlendirilmektedir (Cucchi et al., 2024; Urban et al., 2025). PTFE membran tiplerinin temel özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. PTFE Membran Tiplerinin Temel Yapısal ve Klinik Özellikleri

Membran tipi	Yapı	Başlıca avantaj	Başlıca sınırlılık	Tipik kullanım
e-PTFE	Düğüm-fibril yapısı; görece poröz	Doku entegrasyonu; uzun süreli bariyer	Ekspozisyonda kolonizasyon ve enfeksiyon riski	Primer kapanmanın güvenilir olduğu GBR
d-PTFE	Yoğun, düşük poroziteli	Kolay çıkarılabilme; kontrollü ekspozisyona uygunluk	Yüzey biyofilmi (in vitro PTFE'den fazla olabilir); ikinci cerrahi	Soket (in koruma; uygun defektlerde GBR
Ti-e-PTFE	e-PTFE titanyum iskelet	+ Yüksek alan koruma; kontur stabilitesi	Ekspozisyonda enfeksiyon; rijit kenarlara bağlı yumuşak doku riski	İleri horizontal ve vertikal defektler
Ti-d-PTFE / PTFE mesh	d-PTFE titanyum iskelet	+ Alan koruma; şekillendirilebilirlik	İkinci cerrahi; teknik hassasiyet	Vertikal ve kombine augmentasyon

Not: Ti-e-PTFE = titanyumla güçlendirilmiş e-PTFE; Ti-d-PTFE = titanyumla güçlendirilmiş d-PTFE. Metinde tartışılan kaynaklardan derlenmiştir (Carbonell et al., 2014; Mizraji et al., 2023; Ronda et al., 2014; Trobos et al., 2018).

3. KLİNİK KULLANIM ALANLARI

3.1. Ekstraksiyon Soketi ve Alveoler Kret Koruma

Diş çekimi sonrasında alveoler krette fizyolojik boyutsal değişim meydana gelir; soket korumanın amacı bu değişimi

tamamen ortadan kaldırmak değil, implant planlamasını zorlaştıracak kaybı sınırlamaktır. d-PTFE membranlar bu alanda, mukogingival sınırı korumak amacıyla primer kapanmanın istenmediği açık membran yaklaşımına olanak verir; membran soket girişini örter, kenarları mukoperiostal dokunun altına yerleştirilir ve oral kaviteye açık bırakılır (Carbonell et al., 2014; Sun, Lim, & Lee, 2019).

En az bir duvarında 3 mm veya daha fazla kemik kaybı bulunan soketlerde yapılan randomize kontrollü çalışmada, d-PTFE membran ve allogreft ile yapılan kret koruma spontan iyileşmeye göre kret tepesinin 1 mm altındaki horizontal rezorpsiyonu ve implant yerleştirme sırasında ek augmentasyon gereksinimini anlamlı olarak azaltmış; ancak 3 ve 5 mm seviyelerinde ve vertikal boyutta anlamlı fark bulunmamıştır (Sun et al., 2019). d-PTFE membranın ksenogreftle veya yalnızca kan pıhtısıyla kullanıldığı randomize çalışmada kret, orta üçlü ve alveoler yükseklik bölgelerinde ksenogreft eklenmesi üstün bulunmuştur; membransız bir kontrol grubu bulunmadığından membranın tek başına etkisi hakkında kesin çıkarım yapılamaz (de Carvalho Formiga, Dayube, Chiapetti, de Rossi Figueiredo, & Shibli, 2019). Hasarlı veya sağlıklı soketlerde allogreft ve açık d-PTFE kombinasyonunu değerlendiren retrospektif çalışma yaklaşımın uygulanabilir olabileceğini düşündürse de kontrol grubu içermemektedir (Cheon, Kang, Yoo, Yu, & Lee, 2017); bu olgularda aktif enfeksiyonun kontrolü ve kapsamlı debridman vazgeçilmezdir.

Açık d-PTFE membranlar erken iyileşme döneminde yüzey biyofilmi ile temas eder. Dört hafta sonra çıkarılan iki farklı d-PTFE membranı karşılaştıran randomize çalışmada bakteriyel yük ve çeşitlilik membranlar arasında farklılaşmış, ancak her iki membranda da çok türlü biyofilm oluşmuştur (Franović et al., 2025). Bu nedenle açık membran protokolü, materyalin steril kalacağı varsayımına değil, uygun hasta

hijyenine ve planlı erken membran uzaklaştırılmasına dayanmalıdır.

3.2. Peri-İmplant Dehisens ve Fenestrasyon Defektleri

İmplantın protetik olarak ideal pozisyonda yerleştirilmesinden sonra kalan vestibüler dehisens veya fenestrasyon, eş zamanlı GBR'nin klasik endikasyonlarından biridir. PTFE membranlar bu endikasyonda uzun süreli bariyer fonksiyonu sağlayabilir; ancak küçük (≤ 5 mm) dehisens defektlerinde deproteinize bovin kemik minerali ve rezorbe olan kollajen membranla yapılan GBR'nin spontan iyileşmeye göre daha fazla bukkal kemik kazanımı sağladığı randomize çalışmada gösterilmiştir (Jung et al., 2017). Bu nedenle rezorbe olmayan PTFE kullanımı her peri-implant dehisens için zorunlu değildir ve ikinci cerrahiye gerektiren mekanik avantajın klinik olarak gerekli olduğu olgulara ayrılmalıdır (Mizraji et al., 2023).

3.3. Horizontal Kret Augmentasyonu

Horizontal kret yetersizliğinde bariyer membranın temel görevi, partiküler greftle oluşturulan hedef konturu korumaktır. Kollajen membranlar ve partiküler greftlerle yapılan GBR'nin lateral augmentasyonda etkili olduğu gösterilmiştir (Wessing, Lettner, & Zechner, 2018); ancak vestibüler kemik duvarının belirgin kaybı olan ileri defektlerde titanyumla güçlendirilmiş PTFE membran kollapsa karşı avantaj sağlayabilir (Mizraji et al., 2023). Membran ekspozisyonu meydana geldiğinde kazanımın önemli bir bölümü kaybedilebilir (Garcia et al., 2018).

3.4. Vertikal ve Kombine Kret Augmentasyonu

Vertikal augmentasyon GBR'nin teknik olarak en hassas endikasyonudur; rejeneratif hacim mevcut kemik zarfının koronalinde oluşturulduğu için membranın yumuşak doku basıncına karşı stabil kalması ve flebin uzun süre primer

kapanmayı sürdürmesi gerekir. Yedi hastada 10 alanı kapsayan çalışmada Ti-e-PTFE membran altında otolog kemik ve deproteinize bovin kemik mineralinin 1:1 karışımı ile yeni kemik oluşumu histolojik olarak gösterilmiş, yalnızca bir alanda üçüncü ayda ekspozisyon gelişmiştir (Simion et al., 2007). Ti-d-PTFE membran ve kısmi kalınlıkta (split-thickness) flep tasarımının kullanıldığı prospektif seride (19 hasta, 24 defekt) 9 ay sonunda ortalama klinik vertikal kazanım eş zamanlı implant grubunda $3,2 \pm 1,9$ mm, aşamalı grupta $4,5 \pm 2,2$ mm bulunmuştur (Windisch, Orban, Salvi, Sculean, & Molnar, 2021).

Ti-d-PTFE membranı titanyum mesh ve çapraz bağlı kollajen membran kombinasyonu ile karşılaştıran randomize çalışmada komplikasyon oranları ve vertikal kemik kazanımı benzer bulunmuştur (Cucchi, Vignudelli, Napolitano, Marchetti, & Corinaldesi, 2017). Kişiyeye özel Ti-d-PTFE mesh ile CAD/CAM titanyum mesh'i karşılaştıran non-inferiority randomize çalışmada vertikal kazanım açısından anlamlı fark saptanmamış ($5,79 \pm 1,71$ mm'ye karşı $5,18 \pm 1,61$ mm), rejenerasyon oranı ise PTFE grubunda anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur (%99,5'e karşı %87,0) (Cucchi et al., 2024); aynı çalışmanın ikincil analizinde operasyon süresi, maliyet ve hasta bildirimli sonuçlar benzer bulunmuştur (Cucchi et al., 2025). Vertikal augmentasyon tekniklerini değerlendiren meta-analiz, tüm yaklaşımlarla anlamlı kazanım (ağırlıklı ortalama 4,16 mm) elde edildiğini, ancak komplikasyonların sık olduğunu bildirmiştir (Urban, Montero, Monje, & Sanz - Sánchez, 2019). Dolayısıyla tek bir bariyer sisteminin bütün vertikal defektlerde üstün olduğu söylenemez; defekt anatomisi, cerrahın deneyimi ve yumuşak doku yönetimi belirleyicidir. Kombine defektlerde implantın eş zamanlı yerleştirilmesi ancak primer stabilitenin güvenilir biçimde sağlanabildiği durumlarda

düşünülmeli, ileri rezorpsiyonda aşamalı yaklaşım tercih edilmelidir.

4. CERRAHİ UYGULAMA İLKELERİ

4.1. Vaka Seçimi ve Flep Tasarımı

Preoperatif planlama, klinik muayene ile üç boyutlu radyografik değerlendirmenin birlikte yapılmasını gerektirir. Kontrolsüz sistemik hastalık, aktif periodontal veya peri-implant enfeksiyon, yetersiz ağız hijyeni ve tedaviye uyumsuzluk komplikasyon riskini artırabileceğinden elektif ileri augmentasyondan önce optimize edilmelidir (Buser et al., 2023; Wang & Boyapati, 2006). Sigara kullanımı ve önceki cerrahilere bağlı skar dokusu da risk değerlendirmesine dahil edilmelidir.

Rezorbe olmayan PTFE ile ileri augmentasyonda primer kapanmanın sürdürülmesi temel hedeftir. Flep ilerletme için periostal gevşetme insizyonu yaygın olarak kullanılsa da aşırı inceltme, perforasyon ve vasküler hasardan kaçınılmalıdır (Wang & Boyapati, 2006). Posterior mandibulada titanyum mesh ile yapılan augmentasyonda dört flep ilerletme tekniğini karşılaştıran randomize çalışmada en fazla ilerletme ve en az komplikasyon koronale ilerletilmiş lingual flep ile, en yüksek komplikasyon oranı ise klasik periostal gevşetme insizyonu ile bildirilmiştir (Zazou et al., 2021). Lingual flebin güvenli biçimde serbestleştirilmesine yönelik teknikler (Ronda & Stacchi, 2011) ve vertikal gevşetme insizyonu içermeyen kısmi kalınlıkta flep tasarımları (Windisch et al., 2021) ileri cerrahi deneyim gerektirir ve her olguya genellenmemelidir.

4.2. Membranın Şekillendirilmesi ve Stabilizasyonu

Alıcı sahada granülasyon dokusu tamamen uzaklaştırılmalıdır. Vertikal GBR'de partiküler otogreftin yavaş rezorbe olan ksenogreft ile 1:1 kombinasyonu sık

kullanılmaktadır (Simion et al., 2007; Windisch et al., 2021). Membran hedeflenen kontura göre defekt dışında şekillendirilmeli, keskin köşeleri yuvarlatılmalı ve kenarı insizyon hattının hemen altında sonlanmamalıdır (Mizraji et al., 2023). Titanyumla güçlendirilmiş membran, greft materyalini sıkıştıran bir kapak gibi değil, planlanan kemik zarfını tanımlayan stabil bir iskelet gibi kullanılmalıdır; aşırı greftleme flep gerilimini artırırken yetersiz greftleme membran altında stabil olmayan boşluklar bırakır.

Membran pin, mini vida veya anatomik retansiyonla sabitlenebilir. Tavşan kalvaryasında kollajen membranla yapılan prekliniik çalışmada fiksasyonun yeni kemik oluşumunu artırdığı (An et al., 2022), kollajen membranlarla yapılan kliniik çalışmaların meta-analizinde ise fiksasyonun vertikal kemik kazanımıyla zayıf düzeyde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Wessing et al., 2018). Bu veriler kollajen membranlardan elde edildiğinden PTFE membranlara genellenirken dikkatli olunmalıdır.

4.3. Postoperatif Bakım ve Membranın Çıkarılması

Sütürasyon primer kapanmayı koruyacak ve flep kenarlarını iskemik hale getirmeyecek şekilde yapılmalı; postoperatif dönemde mekanik travma ve hareketli protez basısı önlenmeli, plak kontrolü ve düzenli izlem sağlanmalıdır. Soket korumada açık d-PTFE membranlar genellikle dördüncü haftada çıkarılmıştır (Cheon et al., 2017; Franović et al., 2025). İleri augmentasyonda ise Ti-e-PTFE ile en az 6 aylık iyileşme dönemi bildirilmiş (Simion et al., 2007), Ti-d-PTFE membran ve PTFE mesh çalışmalarında bariyerler 6–9 ay sonra çıkarılmıştır (Cucchi et al., 2025; Urban et al., 2025; Windisch et al., 2021).

5. KOMPLİKASYONLAR

5.1. Membran Ekspozisyonu

Membran ekspozisyonu PTFE ile GBR'nin en önemli komplikasyonudur. Meta-analizde ekspozisyon olmayan sahalarda horizontal kemik kazanımı yaklaşık %74, peri-implant dehisens defektlerindeki azalma ise %27 daha fazla bulunmuştur (Garcia et al., 2018). Etiyoloji çoğunlukla çok faktörlüdür; gerilimli kapanma, ince flep, membranın keskin kenarı veya aşırı konturu, protez basısı, erken mekanik travma, hematoma ve enfeksiyon katkısında bulunabilir (Wang & Boyapati, 2006).

Soket korumada planlı olarak açık bırakılan d-PTFE membran ile vertikal veya geniş horizontal GBR'de insizyon hattının açılması sonucu ortaya çıkan ekspozisyon klinik olarak aynı durum değildir. İlkinde cerrahi protokol oral ortamla kontrollü teması öngörürken, ikincisinde greft hacmi ve yeni oluşan doku oral biyofilme maruz kalır; d-PTFE'nin açık soket protokolündeki başarısı, ileri augmentasyonda erken yara dehisensinin güvenli olduğu sonucunu desteklemez (Carbonell et al., 2014; Garcia et al., 2018). Ekspozisyon saptandığında yönetim membran tipi, ekspozisyonun zamanı ve büyüklüğü, süpürasyon varlığı ve greft stabilitesine göre belirlenir; klinik enfeksiyon, membran mobilitesi veya ilerleyen dehisens varsa membranın erken çıkarılması gerekebilir (Carbonell et al., 2014; Mizraji et al., 2023). Rezorbe olmayan membranlarla yapılan GBR komplikasyonlarının tanımlanmasını ve tedavi seçimini standartlaştırmak için bir klinik sınıflama önerilmiştir (Fontana, Maschera, Rocchietta, & Simion, 2011).

5.2. Enfeksiyon ve Bakteriyel Kolonizasyon

e-PTFE'nin gözenekli yapısının bakterilerin materyal içine ilerlemesine daha fazla izin verdiği, d-PTFE'nin ise penetrasyonu sınırladığı genel olarak kabul edilmektedir (Bartee, 1995; Carbonell et al., 2014); ancak bu varsayımın

vitro verilerle tam olarak desteklenmemektedir (Trobos et al., 2018). Bu nedenle yüzeyde plak varlığı ile derin greft enfeksiyonu birbirinden ayrılmalıdır. Ağrı artışı, şişlik, süpürasyon, fistül, membran mobilitesi ve ilerleyici yara açılması enfeksiyonu düşündürür. Yaygın enfeksiyonda membran ve kontamine greftin kısmen veya tamamen uzaklaştırılması gerekebilir; yalnızca antibiyotikle materyali uzun süre yerinde tutmaya çalışmak süpüratif bir alanda rejenerasyonu garanti etmez (Fontana et al., 2011).

5.3. Yetersiz Kemik Kazanımı ve Yumuşak Doku Komplikasyonları

Yetersiz rejenerasyon; membran kollapsı, greft veya membran mikromobilitesi, erken ekspozisyon, enfeksiyon ya da yetersiz vaskülarizasyonla ilişkili olabilir (An et al., 2022; Wang & Boyapati, 2006). Membran çıkarıldığında yeni kemiğin üzerinde psödoperiost adı verilen bir bağ dokusu tabakası görülebilir. Bu tabaka için sınıflama öneren randomize çalışmada Ti-d-PTFE membranlar, titanyum mesh ve çapraz bağlı kollajen membran kombinasyonuna göre daha yüksek kemik yoğunluğu ve daha ince psödoperiost ile ilişkili bulunmuştur (Cucchi, Sartori, Aldini, Vignudelli, & Corinaldesi, 2019). Bu tabakanın varlığı tek başına başarısızlık anlamına gelmez; belirleyici olan, implantın planlanan pozisyonda yeterli kemik hacmiyle yerleştirilebilmesidir. İleri flep mobilizasyonu, özellikle posterior mandibula ve lingual bölgede flep perforasyonu, hematoma, duyu değişikliği ve yumuşak doku nekrozu riskini beraberinde getirir; titanyumla güçlendirilmiş membranın keskin kenarları ise mukozada kronik basınç ve ülserasyona yol açabilir (Windisch et al., 2021; Zazou et al., 2021).

5.4. Komplikasyon Oranlarının Yorumlanması

Rezorbe olan ve rezorbe olmayan membranları karşılaştıran 25 randomize çalışmayı (684 hasta) içeren meta-analiz, her iki membran tipinin de etkili olduğunu, ancak rezorbe olmayan membranlarda ekspozisyon (%71'e varan oranlarda), yara dehiscensi ve enfeksiyonun daha sık görüldüğünü bildirmiştir (Cousiño et al., 2026). Bildirilen oranlar defekt tipi, cerrahi teknik ve komplikasyon tanımlarına göre geniş bir aralıkta değiştiğinden, PTFE membranlar için tek bir komplikasyon yüzdesi vermek yanıltıcı olabilir; özellikle vertikal augmentasyon serileri ile soket koruma çalışmaları aynı havuzda yorumlanmamalıdır. Başlıca komplikasyonlar ve genel klinik yaklaşım Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Başlıca Komplikasyonlar ve Genel Klinik Yaklaşım

Komplikasyon	Olası nedenler	Klinik önem	Genel yaklaşım
Erken membran ekspozisyonu	Flep gerilimi, keskin kontur, travma, ince doku	Kemik kazanımında azalma; enfeksiyon riski	Membran tipi, enfeksiyon ve greft stabilitesine göre yakın izlem veya erken çıkarma
Yüzey biyofilmi	Oral ekspozisyon	d-PTFE yüzeyinde oluşur	de Plak kontrolü, düzenli klinik izlem ve protokole uygun membran uzaklaştırılması
Enfeksiyon/süper rasyon	Kontaminasyon, ekspozisyon, hematoma, instabilite	Greft ve rejenerasyon kaybı	Drenaj/debridman; gerekirse membran ve kontamine greftin çıkarılması
Membran kollapsı/mobilitesi	Yetersiz rijitlik veya fiksasyon	Hedeflenen hacimde azalma	Uygun güçlendirme ve fiksasyonla önleme
Yumuşak doku nekrozu/dehiscens	Aşırı gerilim, vasküler hasar, protez basısı	Ekspozisyonun başlangıç mekanizması	Flep tasarımı, gerilimsiz kapanma, travmadan korunma
Yetersiz kemik kazanımı	Ekspozisyon, enfeksiyon, kollaps	İmplant planının değişmesi	Ek augmentasyon veya plan revizyonu

Not: Metinde tartışılan kanıtlar temel alınarak hazırlanmıştır (Carbonell et al., 2014; Fontana et al., 2011; Franović et al., 2025; Garcia et al., 2018; Trobos et al., 2018).

6. SONUÇ

PTFE membranların klinik değeri, rezorbe olan membranlara mutlak üstünlüklerinden değil, uzun süreli bariyer fonksiyonu ve yüksek alan koruma kapasitelerinden kaynaklanır. Küçük ve kemik duvarlarıyla sınırlı defektlerde rezorbe olan membranlarla benzer hedeflere ikinci cerrahi olmaksızın ulaşılabilmesi (Jung et al., 2017; Wessing et al., 2018), vertikal augmentasyonda ise Ti-d-PTFE ile kollajen membranlar arasında tutarlı bir istatistiksel üstünlük gösterilememesi (Duchatelle et al., 2026), PTFE kullanımının seçici olmasını gerektirir.

Membran seçiminde üç soru yol gösterici olabilir: (i) Defekt kendi başına alanı koruyabiliyor mu? (ii) Bariyerin kaç ay boyunca mekanik olarak stabil kalması gerekiyor? (iii) Ekspozisyon veya ikinci cerrahi gerçekleştiğinde hasta ve saha bunu tolere edebilir mi? Başarılı sonuç için gerilimsiz primer kapanma, yeterli vaskülarizasyon, stabil rejeneratif alan, membran fiksasyonu ve düzenli postoperatif izlem birlikte sağlanmalıdır (Garcia et al., 2018; Wang & Boyapati, 2006). Güncel kanıtlar, membran tipleri arasında evrensel bir üstünlükten çok defekt ve hasta odaklı bir seçim yaklaşımını desteklemektedir (Cousiño et al., 2026; Duchatelle et al., 2026).

KAYNAKÇA

- An, Y. Z., Strauss, F. J., Park, J. Y., Shen, Y. Q., Thoma, D. S., & Lee, J. S. (2022). Membrane fixation enhances guided bone regeneration in standardized calvarial defects: A pre-clinical study. *Journal of clinical periodontology*, 49(2), 177-187.
- Bartee, B. K. (1995). The use of high-density polytetrafluoroethylene membrane to treat osseous defects: clinical reports. *Implant dentistry*, 4(1), 21-31.
- Buser, D., Urban, I., Monje, A., Kunrath, M. F., & Dahlin, C. (2023). Guided bone regeneration in implant dentistry: Basic principle, progress over 35 years, and recent research activities. *Periodontology 2000*, 93(1), 9-25.
- Carbonell, J., Martín, I. S., Santos, A., Pujol, A., Sanz-Moliner, J., & Nart, J. (2014). High-density polytetrafluoroethylene membranes in guided bone and tissue regeneration procedures: a literature review. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 43(1), 75-84.
- Cheon, G.-B., Kang, K. L., Yoo, M.-K., Yu, J.-A., & Lee, D.-W. (2017). Alveolar ridge preservation using allografts and dense polytetrafluoroethylene membranes with open membrane technique in unhealthy extraction socket. *Journal of Oral Implantology*, 43(4), 267-273.
- Cousiño, D. S., Egido-Moreno, S., Navarro, B. G., Mejía, H. O., Blanco-Carrión, A., & López-López, J. (2026). Failures and complications associated with resorbable and non-resorbable membranes in guided bone regeneration: A systematic review and meta-analysis. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*, 31(4), e511.

- Cucchi, A., Bettini, S., Tedeschi, L., Franceschi, D., Urban, I., Fiorino, A., & Corinaldesi, G. (2025). Operative Times, Costs and Patient-Related Outcome Measures in Vertical Ridge Augmentation With Customised Reinforced PTFE Mesh Versus CAD/CAM Titanium Mesh: Secondary Analysis of a Randomised Clinical Trial. *Journal of clinical periodontology*, 52(7), 971-982.
- Cucchi, A., Bettini, S., Tedeschi, L., Urban, I., Franceschi, D., Fiorino, A., & Corinaldesi, G. (2024). Complication, vertical bone gain, volumetric changes after vertical ridge augmentation using customized reinforced PTFE mesh or Ti-mesh. A non-inferiority randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 35(12), 1616-1639.
- Cucchi, A., Sartori, M., Aldini, N. N., Vignudelli, E., & Corinaldesi, G. (2019). A proposal of pseudo-periosteum classification after GBR by means of titanium-reinforced d-PTFE membranes or titanium meshes plus cross-linked collagen membranes. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 39(4), e157-e165.
- Cucchi, A., Vignudelli, E., Napolitano, A., Marchetti, C., & Corinaldesi, G. (2017). Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes versus titanium meshes and resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 19(5), 821-832.
- Dahlin, C., Linde, A., Gottlow, J., & Nyman, S. (1988). Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plastic & Reconstructive Surgery*, 81(5), 672-676.
- Dahlin, C., Simion, M., Nanmark, U., & Sennerby, L. (1998). Histological morphology of the e-FTFE/tissue interface

in humans subjected to guided bone regeneration in conjunction with oral implant treatment. *Clinical Oral Implants Research*, 9(2), 100-106.

de Carvalho Formiga, M., Dayube, U. R. C., Chiapetti, C. K., de Rossi Figueiredo, D., & Shibli, J. A. (2019). Socket preservation using a (dense) PTFE barrier with or without xenograft material: A randomized clinical trial. *Materials*, 12(18), 2902.

Duchatelle, C., Costa, R., Vinhas, A. S., Salazar, F., Cabral, C., & Reis, C. (2026). Guided Bone Regeneration for Vertical Alveolar Augmentation: Clinical Evaluation of d-PTFE-Ti Membranes and Comparison with Collagen Membranes: A Systematic Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 17(8), 353.

Fontana, F., Maschera, E., Rocchietta, I., & Simion, M. (2011). Clinical classification of complications in guided bone regeneration procedures by means of a nonresorbable membrane. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 31(3), 265.

Franović, B., Čandrlić, M., Blašković, M., Renko, I., Komar Milas, K., Markova-Car, E. P., . . . Vranić, S. M. (2025). The Microbial Diversity and Biofilm Characteristics of d-PTFE Membranes Used for Socket Preservation: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Functional Biomaterials*, 16(2), 40.

Garcia, J., Dodge, A., Luepke, P., Wang, H. L., Kapila, Y., & Lin, G. H. (2018). Effect of membrane exposure on guided bone regeneration: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29(3), 328-338.

- Jung, R. E., Herzog, M., Wolleb, K., Ramel, C. F., Thoma, D. S., & Hämmerle, C. H. (2017). A randomized controlled clinical trial comparing small buccal dehiscence defects around dental implants treated with guided bone regeneration or left for spontaneous healing. *Clinical Oral Implants Research*, 28(3), 348-354.
- Mizraji, G., Davidzohn, A., Gursoy, M., Gursoy, U. K., Shapira, L., & Wilensky, A. (2023). Membrane barriers for guided bone regeneration: An overview of available biomaterials. *Periodontology 2000*, 93(1), 56-76.
- Ronda, M., Rebaudi, A., Torelli, L., & Stacchi, C. (2014). Expanded vs. dense polytetrafluoroethylene membranes in vertical ridge augmentation around dental implants: a prospective randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 25(7), 859-866.
- Ronda, M., & Stacchi, C. (2011). Management of a coronally advanced lingual flap in regenerative osseous surgery: a case series introducing a novel technique. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 31(5), 505.
- Simion, M., Fontana, F., Rasperini, G., & Maiorana, C. (2007). Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinized anorganic bovine bone (Bio Oss). *Clinical Oral Implants Research*, 18(5), 620-629.
- Sun, D. J., Lim, H. C., & Lee, D. W. (2019). Alveolar ridge preservation using an open membrane approach for sockets with bone deficiency: A randomized controlled clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 21(1), 175-182.

- Trobos, M., Juhlin, A., Shah, F. A., Hoffman, M., Sahlin, H., & Dahlin, C. (2018). In vitro evaluation of barrier function against oral bacteria of dense and expanded polytetrafluoroethylene (PTFE) membranes for guided bone regeneration. *Clinical implant dentistry and related research*, 20(5), 738-748.
- Urban, I. A., Montero, E., Monje, A., & Sanz-Sánchez, I. (2019). Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 46, 319-339.
- Urban, I. A., Serroni, M., Dias, D. R., Baráth, Z., Forster, A., Araújo, T. G., . . . Ravidà, A. (2025). Impact of Collagen Membrane in Vertical Ridge Augmentation Using Ti-Reinforced PTFE Mesh: A Randomised Controlled Trial. *Journal of clinical periodontology*, 52(4), 575-588.
- Wang, H.-L., & Boyapati, L. (2006). "PASS" principles for predictable bone regeneration. *Implant dentistry*, 15(1), 8-17.
- Wessing, B., Lettner, S., & Zechner, W. (2018). Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 33(1), 87-100.
- Windisch, P., Orban, K., Salvi, G. E., Sculean, A., & Molnar, B. (2021). Vertical-guided bone regeneration with a titanium-reinforced d-PTFE membrane utilizing a novel split-thickness flap design: a prospective case series. *Clinical oral investigations*, 25(5), 2969-2980.
- Zazou, N., Diab, N., Bahaa, S., El Arab, A. E., Aziz, O. A., & El Nahass, H. (2021). Clinical comparison of different flap advancement techniques to periosteal releasing incision in guided bone regeneration: a randomized controlled

trial. *Clinical implant dentistry and related research*, 23(1), 107-116.

DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN GÜNCEL SERT DOKU GREFT MATERYALLERİ

Ahmet Ferhat BÜYÜKDENİZ¹

1. GİRİŞ

Kemik greftleme, diş hekimliğinde kemik dokusunun hacim ve yapısal açıdan desteklenmesini gerektiren birçok klinik durumda başvurulmuş önemli bir tedavi yöntemidir. Bu uygulamanın yaygın kullanım alanları arasında dental implant yerleştirilmesi öncesinde veya sırasında gerçekleştirilen kemik augmentasyonu, alveoler kretin rekonstrüksiyonu, maksiller sinüs tabanının yükseltilmesi, diş çekimi sonrasında soket hacminin korunması ve periodontal dokuların rejenerasyonunu amaçlayan cerrahi işlemler bulunmaktadır (1,2). Dental implantlar, sabit kron ve köprüler ile hareketli protezlerin desteklenmesini sağlayan ve cerrahi yöntemlerle çene kemiğine yerleştirilen biyouyumlu yapılardır. İmplant tedavisinin öngörülebilir ve uzun dönemli başarısı, implantın yerleştirileceği bölgedeki kemiğin hacmi ve kalitesiyle yakından ilişkilidir. Alveoler kemiğin implantın uygun konumda yerleştirilmesine olanak sağlayacak ölçüde yetersiz olduğu durumlarda, kemik hacmini artırmak ve implantın stabilitesini destekleyecek uygun bir kemik yatağı oluşturmak amacıyla greftleme işlemlerine başvurulabilmektedir (2).

Fizyolojik koşullar altında sınırlı boyuttaki kemik defektleri, vücudun doğal iyileşme mekanizmaları sayesinde kendiliğinden onarılabılır. Ancak geniş kemik kayıpları, patolojik

¹ Dicle University Faculty Of Dentistry, Oral Surgery Department Diyarbakır, Turkey, ORCID: 0009-0003-0204-4090.

kırıklar ve periodontal hastalıklar veya sistemik rahatsızlıklarla ilişkili kemik enfeksiyonları, kemiğin iyileşme kapasitesini ve rejenerasyon sürecini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu gibi durumlarda, kemik bütünlüğünün yeniden sağlanması amacıyla cerrahi tedaviye ihtiyaç duyulabilir. Tedavinin başarısı açısından, defektin özelliklerine ve klinik gereksinimlere uygun kemik grefti ya da kemik ikame materyalinin seçilmesi önemli bir aşamadır (3,4).

Bu kitap bölümünün amacı, diş hekimliğinde kullanılan güncel sert doku greft materyallerini sınıflandırmak; bu materyallerin biyolojik özelliklerini, etki mekanizmalarını, avantaj ve dezavantajlarını ve klinik kullanım alanlarını bilimsel literatür doğrultusunda değerlendirmektir. Ayrıca, geleneksel greft materyalleri ile güncel biyomateryallerin karşılaştırılarak kemik rejenerasyonu ve implant cerrahisindeki klinik önemlerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır.

2. KEMİK GREFTLERİNİN BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Kemik greftleri, kemik defektlerinin desteklenmesi ve yeni kemik oluşumunun teşvik edilmesi yoluyla kaybedilen kemik dokusunun yeniden kazanılmasını amaçlamaktadır (5). Bu materyallerin klinik etkinliği, kemik iyileşmesi ve rejenerasyonunda rol oynayan çeşitli biyolojik mekanizmalarla ilişkilidir. Bu kapsamda osseointegrasyon, osteogenez, osteokondüksiyon ve osteoindüksiyon, kemik greftlerinin işlevlerinin ve rejeneratif potansiyellerinin değerlendirilmesinde dikkate alınan dört temel kavramdır (6,7).

Osteogenez, greft içerisinde bulunan canlı osteoblastların veya osteojenik farklılaşma potansiyeline sahip öncü hücrelerin yeni kemik matriksinin oluşumuna katkıda bulunması sürecidir (8).

Osteokondüksiyon ise greft materyalinin, çevre dokulardan gelen hücrelerin göç etmesine, tutunmasına ve çoğalmasına olanak sağlayan bir yapı iskelesi görevi görerek yeni kemik oluşumunu destekleme özelliğini ifade eder (9).

Osteoindüksiyon, osteojenik öncü hücrelerin osteoblast yönünde farklılaşmasını teşvik eden biyolojik süreçtir. Bu mekanizma sayesinde kemik oluşumunda görev alan hücreler aktive olur ve yeni kemik dokusunun gelişimi desteklenir (10).

3. KEMİK GREFT MATERYALLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Otolog Kemik Greftleri

3.2. Allogreftler

3.3. Ksenogreftler

3.4. Alloplastlar (Sentetik Kemik Greftleri)

4. OTOLOG KEMİK GREFTLERİ

Otogreftler, yüksek biyouyumlulukları ve osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özellikleri bir arada barındırmaları nedeniyle tıp ve diş hekimliğinde kemik rekonstrüksiyonu için altın standart olarak değerlendirilmektedir. Bu biyolojik özellikler, özellikle 5 mm'den büyük kritik boyutlu kemik defektlerinin iyileştirilmesinde etkili kemik rejenerasyonu açısından önem taşımaktadır. Bu tür defektlerde, lezyonun merkezî bölgelerine kan damarlarının ulaşmasının sınırlandırılması, dokuya oksijen ve besin taşınmasını azaltarak kemik iyileşmesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (11,12).

4.1. İntraoral ve Ekstraoral Donör Alanları

Ekstraoral donör bölgeler: Kranium, fibula, iliak krest, radius, kosta ve tibia (13).

İntraoral donör bölgeler: Maksiller sinüsün anterior duvarı, anterior nazal spina, mandibular ramusun yükselen kolu, koronoid proses, insiziv fossa, mandibular simfiz, maksiller tüber, damak, torus ve zigomatik kemik gövdesi (13).

4.2. Otolog Kemik Greftlerinin Avantajları ve Dezavantajları

Otogreftlerin Avantajları

Canlı osteojenik hücreler içerebilmesi sayesinde yeni kemik dokusunun oluşumuna doğrudan katkıda bulunabilir.

Osteogenez, osteoindüksiyon ve osteokondüksiyon mekanizmalarını destekleyerek kemik rejenerasyonuna çok yönlü katkı sağlar.

Vücutla biyolojik uyumu yüksektir ve immünolojik yanıt gelişme olasılığı diğer kaynaklardan elde edilen greftlere kıyasla düşüktür.

Kemik defektlerinin rekonstrüksiyonunda, alveoler kret augmentasyonunda ve dental implant uygulamaları öncesinde kemik hacminin artırılmasında etkili bir seçenek oluşturur (14,15).

Otogreftlerin Dezavantajları

Greft materyalinin elde edilmesi için alıcı bölgeden ayrı bir donör sahada ek cerrahi işlem yapılması gerekir.

Donör bölgede postoperatif ağrı, kanama, enfeksiyon ve sinir hasarına bağlı duyuşsal bozukluklar gibi komplikasyonlar ortaya çıkabilir.

Özellikle ağız içi donör bölgelerinden elde edilebilen kemik miktarı sınırlı olduğundan, geniş hacimli defektlerin rekonstrüksiyonunda yetersiz kalabilir.

İyileşme döneminde greftin rezorpsiyona uğraması, elde edilen kemik hacminde azalmaya neden olabilir.

İkinci bir cerrahi sahanın oluşturulması operasyon süresini uzatabilir, iyileşme sürecini karmaşıktırabilir ve hastaya bağlı morbiditeyi artırabilir (14,15).

5. ALLOGREFTLER

Allogreftler, aynı biyolojik tür içerisinde yer alan ancak genetik olarak farklı bireylerden elde edilen kemik greftleridir. Bu materyaller, donörlerin kapsamlı tıbbi ve serolojik değerlendirmelerden geçirilmesinin ardından seçilmekte; güvenlik ve biyolojik uyumluluk açısından gerekli işlemler uygulanarak kemik bankalarında uygun saklama koşulları altında muhafaza edilmektedir. Allogreft üretiminde canlı donörlerden alınan veya kadavralardan elde edilen kemik dokuları kullanılabilir. Bu dokular, olası immünolojik reaksiyonları azaltmak ve enfeksiyöz ajanların bulaşma riskini en aza indirmek amacıyla çeşitli işlem basamaklarından geçirilmektedir. Kullanım amacına ve yapısal özelliklerine göre kortikal, kansellöz veya kortikokansellöz formda hazırlanabilen allogreftler, farklı boyut ve şekillerde klinik kullanıma sunulmaktadır (13).

5.1. Dondurularak Kurutulmuş Kemik Grefti (FDBA)

Allogreftlerin hazırlanmasında kullanılan liyofilizasyon (dondurarak kurutma) yöntemi, greft yüzeyinde bulunan insan lökosit antijenlerinin (HLA) üç boyutlu konformasyonunu değiştirerek bu yapıların bağışıklık sistemi tarafından tanınmasını etkileyebilmektedir (16). Dondurularak kurutulmuş kemik

allogreftleri (FDBA), yeni kemik oluşumu için hücrel göçü ve gelişimi destekleyen osteokondüktif bir yapı sunmaktadır. Bu materyaller, osteojenik kapasiteyi desteklemek amacıyla otolog kemik greftleriyle kombine edilerek de kullanılabilir (17). Mineral içeriği korunmuş bu greftler, periodontal kemik defektlerinin tedavisinde tercih edilen materyaller arasında yer almaktadır.

5.2. Demineralize Dondurularak Kurutulmuş Kemik Grefti (DFDBA)

Demineralize kemik allogreftleri, klinik gereksinimlere bağlı olarak tek başına uygulanabildiği gibi dondurularak kurutulmuş mineralize kemik allogreftleri (FDBA) veya otolog kemik greftleriyle kombine edilerek de kullanılabilir. Demineralize dondurularak kurutulmuş kemik allogreftleri (DFDBA), mineral içeriğinin uzaklaştırılmış olması nedeniyle görece hızlı bir rezorpsiyon süreci gösterebilmektedir (18). Bunun yanı sıra, greft matriksinde bulunan kemik morfogenetik proteinler (BMP'ler) ve diğer büyüme faktörleri, osteojenik öncü hücrelerin farklılaşmasını teşvik ederek bu materyallerin osteoindüktif potansiyeline katkıda bulunabilmektedir (19).

6. KSENOGREFTLER

Ksenogreftler, insan dışındaki canlı türlerinden, çoğunlukla hayvan kaynaklı kemik dokularından elde edilen greft materyalleridir. Bu materyallerin temel biyolojik işlevi, yeni kemik oluşumunu destekleyen bir yapı iskelesi sunmalarıdır. Genellikle osteokondüktif özellik gösteren ksenogreftler, yapısal özelliklerine ve üretim süreçlerine bağlı olarak düşük rezorpsiyon hızı sergileyebilir ve bu sayede greftlenen bölgede hacim korunmasına katkıda bulunabilir (20).

6.1. Sığır Kaynaklı Kemik Greftleri

Sığır kaynaklı kemik greftleri, dental uygulamalarda en sık kullanılan ksenogreft grubudur. Bu materyaller, yüksek ısı veya kimyasal işlemlerle organik içeriği uzaklaştırılmış (deproteinize) sığır kemiğinden elde edilir ve insan spongiyöz kemiğine benzeyen gözenekli mineral yapıyı korur (13). Bu yapı, hücre göçüne ve yeni kemik oluşumuna olanak tanıyan osteokondüktif bir iskele sağlar. İnsanlarda yapılan histolojik bir çalışmada, periodontal kemik defektlerine uygulanan sığır kaynaklı greft partikülleri çevresinde yeni kemik oluşumu gösterilmiştir (17). Şempanzelerde yapılan sinüs yükseltme çalışmasında ise materyalin 18 aylık takipte yeni kemikle bütünleştiği ve rezorpsiyonunun düşük olduğu bildirilmiştir (20). Düşük rezorpsiyon hızı hacim stabilitesi açısından avantaj sağlarken, partiküllerin uzun süre dokuda kalması ve hayvansal kaynaklı olması bazı hastalarda dezavantaj oluşturabilir (13).

6.2. Domuz Kaynaklı Kemik Greftleri

Domuz kaynaklı greftler, domuz kemiğinden elde edilen ve çoğunlukla kortikokansellöz granül formunda sunulan ksenogreftlerdir. Domuz kemiğinin yapısal ve kimyasal özelliklerinin insan kemiğine benzemesi bu materyallerin kullanımını desteklemektedir (21). Üretim yöntemine bağlı olarak bazı ürünlerde mineral yapının yanı sıra kolajen içeriği de korunabilir; bu durum greftin klinik kullanımını kolaylaştırabilir (13,21). Sığır kaynaklı greftlerde olduğu gibi, domuz kaynaklı materyaller de esas olarak osteokondüktif etki gösterir ve yavaş rezorbe olur. Dinî veya kültürel nedenlerle bazı hastaların bu materyalleri tercih etmeyebileceği, tedavi planlamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

7. ALLOPLASTLAR (SENTETİK KEMİK GREFTLERİ)

Alloplastlar, hayvansal veya insan kaynaklı doku içermeyen, laboratuvar ortamında üretilen sentetik kemik ikame materyalleridir. Hastalık bulaşma riskinin bulunmaması, standart üretimlerinin mümkün olması ve miktar açısından sınırlama olmaması başlıca avantajlarıdır (5-7). Bu materyaller genellikle osteokondüktif özellik gösterir; osteojenik ve osteoindüktif etkileri ise sınırlıdır (6,7).

7.1. Hidroksiapatit

Hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$, kemiğin inorganik fazına kimyasal olarak benzeyen bir kalsiyum fosfat seramiğidir. Biyouyumluluğu ve osteokondüktif özelliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (6,22). Kristal yapısı nedeniyle çok yavaş rezorbe olur; bu durum uzun süreli hacim stabilitesi sağlarken greftin yerini yeni kemiğe bırakmasını sınırlayabilir (6,22).

7.2. Beta-Trikalsiyum Fosfat

Beta-trikalsiyum fosfat $[Ca_3(PO_4)_2]$, hidroksiapatite kıyasla daha hızlı rezorbe olan bir kalsiyum fosfat seramiğidir. Çözünerek kalsiyum ve fosfat iyonları açığa çıkarır ve zamanla yerini yeni oluşan kemiğe bırakır (6,22). Bu özelliği iyileşme sürecine uyumlu bir yer değiştirme sağlamasını mümkün kılar; ancak hızlı rezorpsiyon hacim kaybına yol açabilir ve mekanik dayanımı düşüktür (7,22).

7.3. Bifazik Kalsiyum Fosfat

Bifazik kalsiyum fosfat, hidroksiapatit ve beta-trikalsiyum fosfatın belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Yavaş rezorbe olan hidroksiapatit hacim stabilitesini, daha hızlı çözünen beta-trikalsiyum fosfat ise biyolojik yer değiştirmeyi destekler (6,23). Karışım oranı değiştirilerek rezorpsiyon hızı ayarlanabilmektedir. Mini domuzlarda yapılan uzun dönemli bir

çalışmada, farklı hidroksiapatit/beta-trikalsiyum fosfat oranlarının mandibular kemik defektlerindeki davranışları karşılaştırılmıştır (23).

7.4. Biyoaktif Cam

Biyoaktif camlar; silika, kalsiyum, sodyum ve fosfor içeren sentetik materyallerdir. Vücut sıvılarıyla temas ettiklerinde yüzeylerinde hidroksikarbonat apatit tabakası oluşturur ve bu sayede kemik dokusuyla doğrudan bağ kurabilirler (24). Deneysel bir çalışmada, biyoaktif bir vitroseramiğin otojen kemik greftine benzer biyolojik yanıtlar oluşturduğu bildirilmiştir (11). Kırılgan yapıları nedeniyle yük taşıyan bölgelerde kullanımları sınırlıdır (6).

7.5. Diğer Kalsiyum Fosfat Esaslı Biyomateryaller

Bu grupta kalsiyum sülfat, kalsiyum fosfat simanları ve nano-hidroksiapatit gibi materyaller yer alır. Kalsiyum sülfat hızlı rezorbe olur ve genellikle diğer greft materyalleriyle birlikte ya da küçük defektlerde kullanılır (9,10). Kalsiyum fosfat simanları ise pasta halinde uygulanıp defekt içinde sertleşebildiğinden defekt şekline uyum sağlar (10). Bu materyallerin klinik performansı bileşimlerine ve üretim yöntemlerine göre değişmektedir (6,10).

8. DIŞ KAYNAKLI GREFT MATERYALLERİ

Diş kaynaklı greftler, çekilmiş dişlerin kemik ikame materyali olarak yeniden değerlendirilmesine dayanan güncel bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, hastanın kendi dokusundan elde edilen ve normalde atılacak olan bir materyalin rejeneratif amaçla kullanılmasını sağlar (25).

8.1. Otolog Dentin Greftleri

Otolog dentin grefti, hastanın kendi çekilmiş dişinden hazırlanan bir kemik ikame materyalidir. Dentin yaklaşık %70 oranında inorganik içerikten (çoğunlukla hidroksiapatit), yaklaşık %20 oranında organik içerikten (büyük ölçüde tip I kolajen) ve yaklaşık %10 oranında sudan oluşur; bu bileşimi kemiğe benzerdir (25). Dentin matriksinde kemik morfogenetik proteinler gibi biyolojik moleküllerin bulunması, materyalin rejeneratif potansiyeline katkı sağlayabilir (25).

8.2. Diş Kaynaklı Greftlerin Hazırlanması ve Biyolojik Özellikleri

Greft hazırlığında çekilen diştten çürük doku, restorasyon ve yumuşak doku artıkları uzaklaştırılır. Diş daha sonra öğütölür, partiköl boyutuna göre elenir ve kimyasal solölşyonlarla temizlenerek dezenfekte edilir (25). Bazı protokollerde demineralizasyon aşaması da uygulanır. Partiköl boyutu ve işlem protokolöl materyalin rezorpsiyon hızını etkileyebileceğinden, hazırlama yöntemleri arasında standardizasyon önem taşır.

8.3. Klinik Uygulamalar ve Güncel Kanıtlar

Diş kaynaklı greftler; soket koruma, sinüs yükseltme ve alveoler kret augmentasyonu gibi işlemlerde kullanılmaktadır. Maksiller sinüs yükseltme işlemlerinde otojen diş greftleriyle yapılan klinik çalışmalar, bu materyalin kemik ikamesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir (26). Ek donör saha gerektirmemesi ve bulaş riskinin bulunmaması önemli avantajlardır. Buna karşın kanıt düzeyi henüz sınırlıdır; hazırlama protokollerinin standardize edilmesi ve uzun dönemli randomize kontrollöl çalışmalara ihtiyaç vardır.

9. GÜNCEL BİYOMATERYALLER VE KOMBİNE REJENERATİF YAKLAŞIMLAR

9.1. Kolajen Esaslı Materyaller

Kolajen, kemik organik matriksinin ana bileşeni olup kemik kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynar (4). Bu nedenle kolajen esaslı materyaller, kemiğin doğal yapısını taklit eden biyouyumlu iskeleler olarak kullanılmaktadır (6). Dental uygulamalarda kolajen membranlar, rejenerasyon alanını yumuşak dokudan ayırarak yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunda bariyer görevi görür. Kolajen süngerler ve kolajen içeren greft karışımları ise partiküllerin defekt içinde tutulmasını kolaylaştırır. Kolajen esaslı materyallerin mekanik dayanımı düşüktür; bu nedenle genellikle diğer greft materyalleriyle birlikte kullanılır.

9.2. Trombositten Zengin Fibrin (PRF)

Trombositten zengin fibrin (PRF), hastanın kendi kanından antikoagülan kullanılmadan santrifüj yoluyla elde edilen ikinci kuşak bir trombosit konsantresidir (27). Fibrin ağı içinde trombosit, lökosit ve çeşitli büyüme faktörleri barındırır; bu yapı yara iyileşmesini destekler (27). Diş hekimliğinde PRF, greft materyalleriyle karıştırılarak veya membran olarak soket koruma, sinüs yükseltme ve periodontal defekt tedavilerinde kullanılmaktadır. Hastanın kendi kanından hazırlanması nedeniyle güvenli bir yöntemdir; ancak elde edilen ürünün özellikleri santrifüj protokolüne göre değişebilir.

9.3. Büyüme Faktörleri ve Biyolojik Ajanlar

Büyüme faktörleri ve biyolojik ajanlar, kemik oluşumunu hücressel düzeyde uyarmayı amaçlar. Kemik morfogenetik proteinlerin kemik oluşumunu uyarma yeteneği ilk kez Urist tarafından tanımlanmıştır (28). Rekombinant kemik morfogenetik proteinler ve trombosit kaynaklı büyük faktör gibi

ajanlar, klinik uygulamalarda taşıyıcı bir materyal ile birlikte kullanılır (10). Yüksek maliyet, doz ve taşıyıcı seçimi ile ilgili zorluklar bu ajanların kullanımını sınırlamaktadır (10). Demineralize allogreftlerdeki osteoindüktif kapasitenin ticari ürünler arasında farklılık gösterebildiği de bildirilmiştir (18).

9.4. Üç Boyutlu Baskılı Kemik İskeleleri ve Biyomimetik Materyaller

Üç boyutlu baskı teknolojileri, hastanın tomografi verilerinden yararlanarak defekt şekline uygun, kişiye özel kemik iskeleleri üretilmesine olanak tanır (29). Hidroksiapatit ve trikalsiyum fosfat gibi biyoseramikler bu iskelelerde sık kullanılan materyallerdir; iskelenin gözenek yapısı baskı sırasında kontrol edilebilir (29). Üç boyutlu planlama ve üretim yöntemlerinin kemik rekonstrüksiyonundaki yeri de giderek artmaktadır (2). Biyomimetik yaklaşımlar ise kemiğin doğal yapısını ve biyolojik işlevini taklit eden materyallerin geliştirilmesini hedefler (3). Mekanik dayanım, damarlanma, maliyet ve klinik kanıt düzeyi bu alanın temel sınırlılıklarıdır.

10. GÜNCEL YAKLAŞIMLAR, SINIRLILIKLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Mevcut greft materyalleri arasında tüm klinik durumlar için ideal olan tek bir seçenek bulunmamaktadır. Ototogreftler biyolojik özellikleri açısından üstün olsa da donör saha morbiditesi ve sınırlı miktar nedeniyle her olguda uygun değildir; bu nedenle altın standart kavramı tartışılmaktadır (14). Allogreft, ksenogreft ve alloplastlar ise bu sınırlılıkları azaltmak için tercih edilir ancak biyolojik etkinlikleri farklıdır (13,15). Deneysel çalışmalarda farklı greft materyallerinin iyileşme kapasitelerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür (12). Literatürdeki başlıca sınırlılıklar; çalışma tasarımlarının heterojenliği, kısa takip süreleri ve ürünler arası farklılıklardır. Gelecekte kişiye özel üç

boyutlu iskeleler, büyüme faktörü yüklü biyomateryaller ve diş kaynaklı greftler gibi yaklaşımların daha fazla önem kazanması beklenmektedir (21).

11. SONUÇ

Kemik greftleme, dental implant cerrahisi ve periodontal rejenerasyonda temel bir uygulamadır. Otogreftler biyolojik özellikleri nedeniyle referans materyal olmayı sürdürmekte; allogreft, ksenogreft ve alloplastlar ise farklı klinik ihtiyaçlara yönelik alternatifler sunmaktadır. Diş kaynaklı greftler, PRF, büyüme faktörleri ve üç boyutlu baskılı iskeleler gibi güncel yaklaşımlar rejeneratif tedavilerin kapsamını genişletmektedir. Materyal seçimi; defektin boyutuna ve konumuna, istenen hacim stabilitesine, hastanın sistemik durumuna ve klinisyenin deneyimine göre yapılmalıdır. Uzun dönemli ve iyi tasarlanmış klinik çalışmalar, güncel materyallerin yerini netleştirmek için gereklidir.

KAYNAKÇA

1. Albalooshy, A., Duggal, M., Vinall-Collier, K., Drummond, B., & Day, P. (2023). The outcomes of auto-transplanted premolars in the anterior maxilla following traumatic dental injuries. *Dental Traumatology*. <https://doi.org/10.1111/edt.12829>
2. Hölzle, F., Raith, S., Winnand, P., & Modabber, A. (2023). Microvascular bony reconstruction: New technologies in planning and implementation. *MKG-Chirurgie*, 16, 122–130. <https://doi.org/10.1007/s12285-023-00407-3>
3. Barros, J., Monteiro, F. J., & Ferraz, M. P. (2022). Bioengineering approaches to fight against orthopedic biomaterials related-infections. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19), 11658. <https://doi.org/10.3390/ijms231911658>
4. Saito, M., & Marumo, K. (2010). Collagen cross-links as a determinant of bone quality: A possible explanation for bone fragility in aging, osteoporosis, and diabetes mellitus. *Osteoporosis International*, 21, 195–214. <https://doi.org/10.1007/s00198-009-1066-z>
5. Bhatt, R. A., & Rozental, T. D. (2012). Bone graft substitutes. *Hand Clinics*, 28, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2012.08.001>
6. Wang, W., & Yeung, K. W. K. (2017). Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review. *Bioactive Materials*, 2, 224–247. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2017.05.007>
7. Moore, W. R., Graves, S. E., & Bain, G. I. (2001). Synthetic bone graft substitutes. *ANZ Journal of Surgery*, 71, 354–361. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1622.2001.02128.x>

8. Cypher, T. J., & Grossman, J. P. (1996). Biological principles of bone graft healing. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 35, 413–417. [https://doi.org/10.1016/S1067-2516\(96\)80061-5](https://doi.org/10.1016/S1067-2516(96)80061-5)
9. Kao, S. T., & Scott, D. D. (2007). A review of bone substitutes. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 19, 513–521. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2007.06.002>
10. Giannoudis, P. V., Dinopoulos, H., & Tsiridis, E. (2005). Bone substitutes: An update. *Injury*, 36(Suppl. 3), S20–S27. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2005.07.029>
11. Matsumoto, M. A., Caviquioli, G., Biguetti, C. C., Holgado, L. de A., Saraiva, P. P., Renno, A. C., & Kawakami, R. Y. (2012). A novel bioactive vitroc ceramic presents similar biological responses as autogenous bone grafts. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 23, 1447–1456.
12. Yazdi, F. K., Mostaghni, E., Moghadam, S. A., Faghihi, S., Monabati, A., & Amid, R. (2013). A comparison of the healing capabilities of various grafting materials in critical-size defects in guinea pig calvaria. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 28, 1370–1376.
13. Titsinides, S., Agrogiannis, G., & Karatzas, T. (2019). Bone grafting materials in dentoalveolar reconstruction: A comprehensive review. *Japanese Dental Science Review*, 55(1), 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2018.09.003>
14. Sakkas, A., Wilde, F., Heufelder, M., Winter, K., & Schramm, A. (2017). Autogenous bone grafts in oral implantology: Is it still a “gold standard”? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures.

International Journal of Implant Dentistry, 3, Article 23.
<https://doi.org/10.1186/s40729-017-0084-4>

15. Ferraz, M. P. (2023). Bone grafts in dental medicine: An overview of autografts, allografts and synthetic materials. *Materials*, 16(11), Article 4117. <https://doi.org/10.3390/ma16114117>
16. Quattlebaum, J. B., Mellonig, J. T., & Hensel, N. F. (1988). Antigenicity of freeze-dried cortical bone allograft in human periodontal osseous defects. *Journal of Periodontology*, 59, 394–397.
17. Mellonig, J. T. (2000). Human histologic evaluation of a bovine-derived bone xenograft in the treatment of periodontal osseous defects. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 20, 19–29.
18. Russell, J., Scarborough, N., & Chesmel, K. (1997). Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation. *Journal of Periodontology*, 68, 804–806.
19. Mellonig, J. T., Bowers, G. M., & Bailey, R. C. (1981). Comparison of bone graft materials. Part I. New bone formation with autografts and allografts determined by strontium-85. *Journal of Periodontology*, 52, 291–296.
20. McAllister, B. S., Margolin, M. D., Cogan, A. G., Buck, D., Hollinger, J. O., & Lynch, S. E. (1999). Eighteen-month radiographic and histologic evaluation of sinus grafting with anorganic bovine bone in the chimpanzee. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 14, 361–368.
21. Zhao, R., Yang, R., Cooper, P. R., Khurshid, Z., Shavandi, A., & Ratnayake, J. (2021). Bone grafts and substitutes in dentistry: A review of current trends and developments.

- Molecules*, 26(10), Article 3007.
<https://doi.org/10.3390/molecules26103007>
22. Jarcho, M. (1981). Calcium phosphate ceramics as hard tissue prosthetics. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 157, 259–278.
 23. Jensen, S. S., Bornstein, M. M., Dard, M., Bosshardt, D. D., & Buser, D. (2009). Comparative study of biphasic calcium phosphates with different HA/TCP ratios in mandibular bone defects: A long-term histomorphometric study in minipigs. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 90B(1), 171–181.
 24. Hench, L. L. (2006). The story of Bioglass. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 17(11), 967–978. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0432-z>
 25. Kim, Y.-K., Kim, S.-G., Byeon, J.-H., Lee, H.-J., Um, I.-U., Lim, S.-C., & Kim, S.-Y. (2010). Development of a novel bone grafting material using autogenous teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(4), 496–503.
 26. Jeong, K.-I., Kim, S.-G., Oh, J.-S., Lim, S.-C., Kim, Y.-K., Um, I.-W., Kim, J.-W., Jang, B.-J., & Lee, J.-Y. (2011). Clinical study of graft materials using autogenous teeth in maxillary sinus augmentation. *Implant Dentistry*, 20(6), 471–475.
 27. Dohan, D. M., Choukroun, J., Diss, A., Dohan, S. L., Dohan, A. J. J., Mouhyi, J., & Gogly, B. (2006). Platelet-rich fibrin (PRF): A second-generation platelet concentrate. Part I: Technological concepts and evolution. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101(3), e37–e44. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.07.008>

28. Urist, M. R. (1965). Bone: Formation by autoinduction. *Science*, 150(3698), 893–899. <https://doi.org/10.1126/science.150.3698.893>
29. Bose, S., Vahabzadeh, S., & Bandyopadhyay, A. (2013). Bone tissue engineering using 3D printing. *Materials Today*, 16(12), 496–504. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2013.11.017>

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ
ALANINDA GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com