

AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

— EKİM 2026 —



— EDITÖR —

Prof. Dr. Nihat LAÇIN

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / Ekim 2026 - Ankara
ISBN / 978-625-321-288-9

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

AĞIZ DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

EKİM 2026

EDİTÖR

Prof. Dr. Nihat LAÇİN

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

SEGMENTAL MANDİBULAR DEFEKTLERİN VASKÜLARİZE SERBEST FİBULA FLEBİ İLE REKONSTRÜKSİYONU: CERRAHİ ANATOMİ VE TEKNİK

Kübra EMİR , Andaç DOĞAN 7

BÖLÜM 2

TRANSNAZAL İMPLANTLAR, BİYOMEKANİK TEMELLER, ANATOMİK PLANLAMA, CERRAHİ TEKNİK VE KLİNİK SONUÇLAR

Hadi NASROLLAHİ 22

BÖLÜM 3

ORTOGNATİK CERRAHİDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR: DİJİTAL PLANLAMADAN HASTA ODAKLI SONUÇLARA

Kübra EMİR , Andaç DOĞAN 34

BÖLÜM 4

OROANTRAL AÇIKLIK VE FİSTÜLLERDE GÜNCEL TANI VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Reyhan SAĞLAM DOĞU 48

BÖLÜM 5

MAKSİLLER TRANSVERS YETERSİZLİK VE CERRAHİ DESTEKLİ HIZLI PALATAL GENİŞLETME: TANIDAN CERRAHİ TEDAVİYE

Emel YARDIMCI 66

BÖLÜM 6

ORAL VE MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE YARA İYİLEŞMESİNİ DESTEKLEYEN AJANLAR: FARMAKOLOJİK, TOPİKAL VE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Birkan Eyüp YILMAZ , Mert KIRDEMİR 86

BÖLÜM 7

KİŞİYE ÖZEL TİTANYUM MESH: ALVEOLER KEMİK AUGMENTASYONU

Şamil Esad GÜVEN, Emre Can ÇIRALIK, Mehmet DENİZ 105

BÖLÜM 8

ÇENE CERRAHİSİNDE YAPAY ZEKANIN GELECEĞİ

Ahmet Ferhat BÜYÜKDENİZ 127

BÖLÜM 9

KEMİK REJENERASYON MATERYALLERİ

Sinan Yasin ERTEM, Fatih DOĞANOĞLU 142

BÖLÜM 10

ORTOGNATİK CERRAHİ ÖNCESİNDE TANISAL DEĞERLENDİRME, TEDAVİ PLANLAMASI VE PREOPERATİF HAZIRLIK

Mustafa UTKUN 162

BÖLÜM 1

SEGMENTAL MANDİBULAR DEFEKTLERİN VASKÜLARİZE SERBEST FİBULA FLEBİ İLE REKONSTRÜKSİYONU: CERRAHİ ANATOMİ VE TEKNİK

Kübra EMİR¹ , Andaç DOĞAN²

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

1. Giriş

Mandibulanın segmental devamlılığının kaybı, alt yüz formu ve mandibular fonksiyon üzerinde belirgin etkiler oluşturabilen önemli bir rekonstrüktif sorundur (Marzi Manfroni et al., 2025; Mosquera & Marwan, 2025). Bu nedenle rekonstrüksiyonun amacı yalnızca kemik devamlılığını yeniden sağlamak değil; mandibular formu, fonksiyonel ilişkileri ve dental rehabilitasyona uygun kemik desteğini mümkün olduğunca yeniden oluşturmaktır (Mosquera & Marwan, 2025). Segmental defektler başta tümör rezeksiyonları olmak üzere travma, enfeksiyon ve diğer ileri mandibular patolojiler sonrasında ortaya çıkabilmekte; geniş kemik ve yumuşak doku kayıplarında vaskülarize doku transferleri rekonstrüksiyonun temel seçenekleri arasında yer almaktadır (Marzi Manfroni et al., 2025).

Fibula serbest flebinin mandibular rekonstrüksiyonda kullanımı, Hidalgo'nun 1989 yılında yayımladığı çalışma ile önemli bir gelişim göstermiş ve yöntem zaman içinde geniş segmental defektlerin rekonstrüksiyonunda başlıca seçeneklerden biri hâline gelmiştir (Hidalgo, 1989; Tang et al., 2019). Fibulanın yeterli uzunlukta kemik sağlaması, güvenilir vasküler yapısı ve osteotomiler yoluyla mandibular kontura uyarlanabilmesi, bu yöntemin önemli avantajları arasındadır (Prucher et al., 2025; Tang et al., 2019). Ayrıca fibular kemiğin dental implantlarla rehabilitasyona elverişli olması, rekonstrüksiyonun yalnızca mandibular devamlılığın sağlanmasına değil, uzun dönem fonksiyonel rehabilitasyona yönelik planlanmasına da olanak vermektedir (Prucher et al., 2025; Wüster et al., 2025).

Bununla birlikte vaskülarize fibula flebi ile başarılı bir mandibular rekonstrüksiyon, donör sahanın ve vasküler anatomisinin doğru değerlendirilmesini, flebin kanlanması korunarak kaldırılmasını ve uygun mikrovasküler rekonstrüksiyonu gerektirir (Abou-Foul et al., 2017). Özellikle alt ekstremitte arteriyel sistemindeki anatomik varyasyonlar fibula flebinin güvenli biçimde kaldırılmasını etkileyebildiğinden, preoperatif vasküler değerlendirme cerrahi planlamanın önemli bir parçasıdır (Abou-Foul et al., 2017). Bu bölümde segmental mandibular defektlerin vaskülarize serbest fibula flebi ile rekonstrüksiyonu; cerrahi anatomi ve preoperatif değerlendirmeden başlayarak flebin kaldırılması, mandibular defekte adaptasyonu ve cerrahi başarıyı etkileyen temel faktörler çerçevesinde ele alınacaktır.

2. Fibula Flebinin Cerrahi Anatomisi ve Preoperatif Planlama

2.1 Cerrahi Anatomi

Fibula, mandibular rekonstrüksiyonda uzun ve kortikal yapısı belirgin bir kemik segmentinin elde edilmesine olanak sağlayan önemli bir donör sahadır (Gurav et al., 2026). Serbest fibula flebinin vasküler pedikülünü fibular (peroneal) arter ve ona eşlik eden venler

oluşturur. Fibular arter genellikle tibioperoneal trunkustan köken alarak bacağın derin posterior kompartımanında seyrederek ve kemik, periost ile çevre yumuşak dokuların kanlanmasına katkıda bulunan dallar verir (Abou-Foul et al., 2017).

Fibula çevresindeki kas ve septal yapılar, vasküler pedikülün ve cilt perforatörlerinin anatomik ilişkilerinin anlaşılması açısından önemlidir. Fibular arter derin posterior kompartımanda tibialis posterior ve flexor hallucis longus kaslarıyla yakın komşuluk gösterirken, fibulanın lateral yüzünde fibularis longus ve fibularis brevis kasları yer alır (Abou-Foul et al., 2017). Osteokutanöz flep planlandığında kemik dolaşımının yanı sıra cilt adasının vaskülarizasyonunu sağlayan perforatörlerin anatomisi de önem kazanır. Bu perforatörler septokutanöz veya muskükutanöz seyir gösterebilir; özellikle distal fibula düzeyindeki septokutanöz perforatörler cilt adasının güvenilir biçimde hazırlanmasına katkı sağlar (Beppu et al., 1992; Jones et al., 1996). Anatomik ve klinik çalışmalar, distal bölgede bulunan septal perforatörlerin posterior intermusküler septumla ilişkisini ve osteokutanöz flebin cilt komponentinin kanlanmasındaki önemini ortaya koymuştur (Beppu et al., 1992; Jones et al., 1996).

Perforatörlerin sayısı, seyir ve konumları kişiler arasında değişkenlik gösterebilir. Yu ve arkadaşlarının 80 hastada intraoperatif olarak değerlendirdiği 202 perforatörde, proksimal perforatörlerin büyük bölümünün muskükutanöz, distal perforatörlerin ise ağırlıklı olarak septokutanöz özellik gösterdiği bildirilmiştir (Yu et al., 2011). Daha güncel anatomik çalışmalar da perforatör dağılımındaki bu değişkenliği desteklemektedir (Poulet et al., 2022). Bu nedenle yumuşak doku komponentinin gerekli olduğu rekonstrüksiyonlarda cilt adasının planlanmasında hastaya özgü perforatör anatomisinin dikkate alınması önemlidir (Poulet et al., 2022; Yu et al., 2011).

Fibulanın proksimal ve distal bölümlerinin korunması, donör saha fonksiyonunun sürdürülmesi açısından önem taşır. Proksimalde fibula başı çevresindeki common peroneal sinirin korunması gerekirken, distal fibulanın yeterli uzunlukta bırakılması ayak bileği stabilitesinin devamına katkı sağlar. Bu nedenle rekonstrüksiyon amacıyla fibulanın orta bölümü kullanılırken proksimal ve distal uçlarda kemik segmentleri korunur. Özellikle distal fibulada 6–8 cm'lik bölümün bırakılması, ayak bileği stabilitesinin korunması açısından önerilmektedir (Holm et al., 2025).

2.2 Preoperatif Planlama

Vaskülarize serbest fibula flebi ile mandibular rekonstrüksiyon öncesinde donör ekstremitenin klinik ve vasküler açıdan değerlendirilmesi gerekir. Alt ekstremitede geçirilmiş

travma veya cerrahi öyküsü, periferik vasküler hastalık açısından risk oluşturabilecek durumlar ve donör sahadaki cilt-yumuşak doku özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Klinik muayenede distal dolaşımın değerlendirilmesi önemli olmakla birlikte, normal periferik nabızların anatomik arter varyasyonlarını tamamen dışlamadığı gösterilmiştir (Abou-Foul et al., 2017; Blackwell, 1998).

Fibular arterin ayak dolaşımındaki rolü kişiler arasında farklılık gösterebilir. Özellikle dominant fibular arter veya peronea arteria magna gibi varyasyonlarda, fibular arterin fleple birlikte kaldırılması distal ekstremitte perfüzyonunu tehlikeye atabilir. Bu nedenle donör bacağın arteriyel anatomisinin ameliyat öncesinde bilinmesi, uygun ekstremitenin seçilmesi ve riskli donör sahaların dışlanması açısından önemlidir (Golas et al., 2016; Jin et al., 2007). Golas ve arkadaşları, fibular arterin ayağın dominant arteriyel kaynağını oluşturduğu hastalarda flep kaldırılmasının kontrendike olduğunu vurgulamaktadır. Jin ve arkadaşlarının 118 hastayı değerlendirdiği çalışmada ise bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA), serbest fibula flebi planlanan hastalarda alt ekstremitte arterlerinin ve donör bacak uygunluğunun preoperatif değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Jin et al., 2007).

Osteokutanöz fibula flebi planlandığında vasküler görüntüleme, ana arterlerin devamlılığının yanı sıra perforatör anatomisi hakkında da bilgi sağlayabilir. Garvey ve arkadaşlarının prospektif çalışmasında preoperatif BTA'nın fibular arter ve perforatörlerin seyir ve lokalizasyonunu öngörmede yararlı olduğu, bu bilgilerin flep tasarımı ve donör saha seçiminde cerrahi planlamaya katkı sağlayabildiği gösterilmiştir (Garvey et al., 2012). Benzer şekilde, perforatörlerin ameliyat öncesinde lokalize edilmesi cilt adasının hastaya özgü vasküler anatomiye göre planlanmasına yardımcı olabilir (Battaglia et al., 2017).

Mandibular rekonstrüksiyonun diğer planlama basamağını alıcı saha oluşturur. Defektin lokalizasyonu ve uzunluğunun yanı sıra mandibular konturun, kalan segmentlerin konumunun ve gerekli fibular osteotomilerin önceden belirlenmesi rekonstrüksiyonun uygulanabilirliği açısından önemlidir. Sanal cerrahi planlama (SCP), mandibular rezeksiyon ile fibular segmentasyonun üç boyutlu olarak simüle edilmesine ve planın hasta-spesifik kesim kılavuzları veya rekonstrüksiyon plakları aracılığıyla cerrahi sahaya aktarılmasına olanak sağlar. Sistemik derleme ve meta-analizlerde SCP kullanımının özellikle operasyon süresinde azalma ile ilişkili olduğu, rekonstrüksiyon doğruluğu açısından ise genel olarak olumlu sonuçlar bildirilmekle birlikte çalışmalar arasında değerlendirme yöntemlerinin heterojen olduğu görülmektedir (Barr et al., 2020; Tang et al., 2019).

Dental rehabilitasyon hedeflenen olgularda fibula segmentlerinin konumu yalnız mandibulanın dış konturuna göre değil, gelecekteki alveoler ve protetik gereksinimler dikkate

alınarak planlanmalıdır. Güncel dijital iş akışlarında mandibular rezeksiyon, fibular osteotomiler, segmentlerin konumlandırılması ve uygun hastalarda dental implantların yerleşimi aynı sanal plan içerisinde değerlendirilebilmektedir (Ureel et al., 2026).

3. Vaskülarize Serbest Fibula Flebinin Kaldırılması ve Mandibular Rekonstrüksiyon Tekniği

3.1. Flebin Kaldırılması ve Pedikül Diseksiyonu

Serbest fibula flebinin kaldırılmasında lateral yaklaşım yaygın olarak kullanılan tekniklerden biridir. Donör bacakta fibula başı ve lateral malleol belirlenerek fibulanın seyri işaretlenir. Osteokutanöz flep planlandığında cilt adası, rekonstrüksiyon için gerekli yumuşak doku miktarı ve perforatörlerin konumu dikkate alınarak tasarlanır. Cilt insizyonu derin fasyaya kadar ilerletilir ve subfasyal diseksiyon sırasında cilt adasının vaskülarizasyonunu sağlayan perforatörler korunur. Cilt adası ile fibula arasındaki vasküler bağlantının sürdürülmesi, osteokutanöz komponentin güvenilir kanlanması açısından önemlidir (Jones et al., 1996; Yu et al., 2011).

Fibulaya ulaşıldıktan sonra fibularis longus ve fibularis brevis kasları kemikten ayrılırken periosteal dolaşımın korunmasına dikkat edilir. Diseksiyon anterior kompartımana doğru ilerletilerek anterior intermusküler septum ve interosseöz membrana ulaşılır. Bu aşamada cilt perforatörleri ile vasküler pedikülün korunmasına dikkat edilir. Güncel operatif teknik tariflerinde de fibularis kaslarının kemikten ayrılması sırasında yaklaşık 1–2 mm'lik kas manşetinin bırakılması ve ardından anterior kompartman diseksiyonuna geçilmesi tarif edilmektedir (Benedict et al., 2023).

Gerekli kemik uzunluğu belirlendikten sonra proksimal ve distal osteotomiler gerçekleştirilir. Fibulanın mobilizasyonunu takiben interosseöz membran kontrollü biçimde ayrılır ve vasküler pedikül ortaya çıkar. Distal damarların kontrol edilmesinin ardından diseksiyon, fibular arter ve eşlik eden venler korunarak proksimale doğru sürdürülür (Aydin et al., 2004; Benedict et al., 2023).

Pedikül yeterli uzunlukta serbestleştirildikten sonra proksimal vasküler bağlantı alıcı saha hazırlanana kadar korunabilir. Bu sırada fibula mandibular defekte göre şekillendirilebilir ve gerekli segmental osteotomiler pedikül ayrılmadan gerçekleştirilebilir. Osteotomiler sırasında periost ve segmental vasküler bağlantıların korunması, oluşturulan kemik segmentlerinin kanlanmasının sürdürülmesi açısından önemlidir (Hanba et al., 2024).

Alıcı saha hazırlandıktan ve fibula segmentlerinin uygunluğu kontrol edildikten sonra vasküler pedikül ayrılarak flep donör sahadan serbestleştirilir ve mandibular defekte aktarılır.

Güncel operatif teknikte fibula segmentlerinin rekonstrüksiyon plağına pedikül ayrılmadan önce fiks edilebildiği, ardından flebin mandibulaya aktarılarak alıcı boyun damarlarına mikrovasküler anastomozun gerçekleştirildiği tarif edilmektedir (Benedict et al., 2023).

3.2 Fibulanın Mandibular Defekte Adaptasyonu ve Mikrovasküler Rekonstrüksiyon

Fibulanın mandibular defekte adaptasyonunda amaç, mandibular devamlılığın sağlanmasının yanı sıra alt yüz konturunun ve ileride yapılacak dental rehabilitasyona uygun kemik konumunun yeniden oluşturulmasıdır. Defektin uzunluğu ve geometrisine göre fibula tek veya birden fazla kemik segmentine ayrılarak mandibular arkın biçimine uyarlanabilir. Geleneksel yöntemde segmentlerin şekillendirilmesi cerrahın deneyimine ve mandibular şablonlara dayanırken, rekonstrüksiyon plağı hem fibular segmentlerin konumlandırılmasında şablon olarak hem de rijit fiksasyonda kullanılabilir (Aydin et al., 2004).

Sanal cerrahi planlama uygulandığında mandibular rezeksiyon sınırları, fibular osteotomilerin yerleri ve kemik segmentlerinin nihai konumları ameliyat öncesinde üç boyutlu olarak belirlenebilir. Planın cerrahi sahaya aktarılmasında mandibula ve fibula için hazırlanan hasta-spesifik kesim kılavuzlarından yararlanılır; fibular segmentlerin konumu ise önceden şekillendirilmiş veya kişiye özgü plaklarla korunabilir. Güncel çalışmalarda kesim kılavuzlarının planlanan osteotomi düzlemlerinin cerrahi sahaya aktarılmasındaki doğruluğu araştırılmakta ve kılavuz tasarımındaki değişikliklerin açısallık ve doğrusallık sapmaları azaltabildiği gösterilmektedir (Coppin et al., 2025). Bu nedenle SCP, özellikle birden fazla fibular segment gerektiren defektlerde planlanan mandibular geometrinin cerrahi sahaya aktarılmasını kolaylaştıran bir yöntemdir.

Fibulanın vertikal yüksekliği doğal mandibulanın alveoler yüksekliğinden daha az olduğundan, kemik segmentinin konumu planlanan dental rehabilitasyona göre belirlenmelidir. Uygun olgularda fibulanın vertikal kemik yüksekliğini artırmak amacıyla çift namlu (double-barrel) düzenlemesi kullanılabilir. Bununla birlikte bu yaklaşım her defekt için gerekli değildir; kullanılabilir fibula uzunluğu, pedikülün seyri ve rekonstrüksiyonun anatomik gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Güncel rekonstrüksiyonlarda tek ve çift namlu segmentlerin aynı flep içerisinde farklı bölgelerde kullanılabildiği hibrit tasarımlar da bildirilmiştir (Pu et al., 2025). Örneğin Brown sınıf III defektlerde tanımlanan tek-çift-tek namlu tasarımında çene bölgesinde vertikal yükseklik ve projeksiyon için çift namlu, mandibular gövdelerde ise kemik ve pedikül uzunluğunu korumak amacıyla tek namlu segmentler kullanılmıştır.

Fibular segmentler uygun konuma getirildikten sonra kalan mandibular segmentlere plak ve vidalarla fiks edilir. Fiksasyon, oluşturulan mandibular konturun ve kemik segmentleri

arasındaki ilişkinin iyileşme sürecinde korunması açısından önemlidir. Fibula flebi ile mandibular rekonstrüksiyonda kemik fiksasyonu için miniplaklar veya rekonstrüksiyon barları kullanılabilir. Sobti ve arkadaşlarının 16 çalışma ve 1513 hastayı içeren sistematik derleme ve meta-analizinde, miniplak kullanılan olgularda rekonstrüksiyon barına göre plakla ilişkili komplikasyonların daha yüksek olduğu; enfeksiyon, malunion/nonunion ve yara ayrışması açısından ise gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadığı bildirilmiştir (Sobti et al., 2022).

Kemik rekonstrüksiyonunun ardından vasküler pedikül boyundaki uygun alıcı damarlara yönlendirilerek mikrovasküler anastomoz gerçekleştirilir. Alıcı damar seçimi, damarların çapı, defekt bölgesine yakınlığı ve vasküler kalitesi gibi özellikler göz önünde bulundurularak yapılır; geçirilmiş boyun diseksiyonu veya radyoterapi ise uygun damar seçeneklerini sınırlayabilir. Fibula flebi ile maksillofasiyal rekonstrüksiyonları değerlendiren çalışmalarda fasiyal, superior tiroid ve lingual arterler ile internal ve eksternal juguler ven sisteminin dalları alıcı damar olarak kullanılmaktadır (Tahmasebi et al., 2025). Anastomozun başarısında özellikle venöz drenaj önem taşımakta olup, vasküler komplikasyonlar arasında venöz trombozun arteriyel tromboza göre daha sık görüldüğü bildirilmiştir (Tahmasebi et al., 2025).

4. Cerrahi Başarıyı Etkileyen Faktörler ve Komplikasyonlar

4.1 Rekonstrüksiyon Başarısı ve Fonksiyonel Sonuçlar

Vaskülarize serbest fibula flebi ile mandibular rekonstrüksiyonda başarı, yalnızca flebin canlılığını sürdürmesiyle değil; mandibular devamlılığın sağlanması, kemik iyileşmesi ve fonksiyonel rehabilitasyon ile birlikte değerlendirilmelidir. Wüster ve arkadaşlarının uzun dönem retrospektif çalışmasında, fibula ile rekonstrükte edilen çenelerde implant destekli rehabilitasyonun uygulanabilir olduğu ve dental implantların uzun dönem sağkalım gösterebildiği bildirilmiştir (Wüster et al., 2025).

Fonksiyonel açıdan mandibular rekonstrüksiyonun temel hedefleri çiğneme, konuşma ve yutma fonksiyonlarının mümkün olduğunca yeniden kazanılması ve alt yüz konturunun korunmasıdır. Fibula flebinin sağladığı kemik desteği, uygun hastalarda osseointegre implantlarla protetik rehabilitasyona da olanak verir. Bu nedenle rekonstrüksiyon planlanırken fibular segmentlerin konumu, gelecekteki oklüzal ve protetik gereksinimler dikkate alınarak belirlenmelidir. Güncel dijital planlama yöntemleri, fibula segmentlerinin konumlandırılması ile eş zamanlı dental implantların yerleşim ve açılarının aynı cerrahi plan içerisinde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Cheung et al., 2025).

Dental implantlar, fibula ile rekonstrükte edilen mandibulada uzun dönem fonksiyonel rehabilitasyonun önemli bir bileşenidir. Uzun dönem klinik çalışmalar ve sistematik derlemelerde fibular kemikte implant destekli rehabilitasyonun uygulanabilir olduğu ve implantların uzun dönem sağkalım gösterebildiği bildirilmiştir (Wüster et al., 2025). Bununla birlikte dental rehabilitasyonun başarısı yalnız implant sağkalımıyla değil, elde edilen fonksiyonel ve protetik sonuçlarla birlikte değerlendirilmelidir.

4.2 Postoperatif Komplikasyonlar ve Donör Saha Morbiditesi

Fibula serbest flebi ile mandibula rekonstrüksiyonu sonrasında alıcı saha, mikrovasküler dolaşım ve donör sahaya ilişkin farklı komplikasyonlar görülebilmektedir. Maglito ve arkadaşlarının, 14 retrospektif çalışmadan toplam 1198 vaskülarize kemik flebini değerlendirdiği sistematik derleme ve meta-analizde, fibula serbest flebi alt grubunda total flep kaybı %6,1, parsiyel flep kaybı %6,6, enfeksiyon %9,0, fistül oluşumu %10,4 ve yara ayrışması %17,1 olarak bildirilmiştir (Maglito et al., 2026). Lampert ve arkadaşlarının, 1373 mikrovasküler serbest flep rekonstrüksiyonunu içeren geniş serisinde ise fibula fleplerinin skapular ve derin sirkumfleks iliak arter fleplerine göre daha düşük alıcı saha komplikasyonlarıyla ilişkili olduğu, buna karşılık fibula fleplerinde donör saha komplikasyonlarının %34,5 oranında görüldüğü bildirilmiştir (Lampert et al., 2026).

Mikrovasküler dolaşımın bozulması, erken dönemde flep canlılığını tehdit eden sorunlardan biridir. Arteriyel veya venöz tromboz gelişmesi flep perfüzyonunu bozabilir ve zamanında müdahale edilememesi flep kaybıyla sonuçlanabilir. Tekrarlayan trombozlarda anastomoza ilişkin veya mekanik nedenlerin yanı sıra sistemik etkenlerin de göz önünde bulundurulması gerekir. Abdel Aziz ve ark., fibula serbest flebi ile mandibula rekonstrüksiyonu yapılan bir hastada perioperatif heparin kullanımını takiben gelişen heparine bağlı trombositopeninin tekrarlayan venöz tromboz ve flep konjesyonuyla seyrettiğini ve sonuçta flebin kaybedildiğini bildirmiştir (Abdel Aziz et al., 2025). Bu olgu, özellikle tekrarlayan venöz tromboza belirgin trombosit düşüşünün eşlik ettiği durumlarda heparine bağlı trombositopeninin ayırıcı tanıda düşünülmesi gerektiğine işaret etmektedir. Geç dönemde karşılaşılabilecek daha seyrek sorunlardan biri ise vasküler pedikül ossifikasyonudur. Al Tabaa ve ark., pedikül ossifikasyonuna bağlı tromboz sonrasında ardışık iki fibula serbest flebinin kaybedildiği bir olgu bildirmiş; önceki çalışmalarda pedikül ossifikasyonunun %4,4–21 arasında değişen oranlarda rapor edildiğini belirtmiştir (Al Tabaa et al., 2026).

Donör saha komplikasyonları erken dönemde çoğunlukla yara iyileşmesi ile ilişkilidir. Fenske ve arkadaşlarının cilt adası içeren fibula flebi uygulanan 211 hastayı kapsayan

retrospektif çalışmalarında, ilk 60 gün içinde hastaların %50,2'sinde en az bir donör saha komplikasyonu saptanmış; yara iyileşme bozukluğu %31,8 ve parsiyel deri nekrozu %23,7 ile en sık bildirilen sorunlar olmuştur. Aynı çalışmada donör saha kapatma yönteminin komplikasyon oranlarını etkilediği, negatif basınçlı yara tedavisi uygulanmadan kısmi kalınlıkta deri grefti kullanılan grupta komplikasyon oranının %91'e ulaştığı bildirilmiştir (Fenske et al., 2025). Bu bulgular, cilt adası içeren fibula fleplerinde donör saha morbiditesinin kullanılan yara kapatma yöntemiyle ilişkili olduğunu göstermektedir.

Donör sahadaki etkiler erken yara sorunlarıyla sınırlı değildir. Uzun dönemde ayak bileği instabilitesi, yürüme değişiklikleri, duyu kaybı, kas güçsüzlüğü ve eklem hareketlerinde azalma bildirilmiştir. Holm ve arkadaşlarının 32 çalışma ve 1163 hastayı kapsayan sistematik derlemesinde fibula flebi sonrasında ayak bileği instabilitesi %3,3, yürüme bozukluğu ise %5,5 oranında bulunmuştur (Holm et al., 2025). Bununla birlikte değerlendirme yöntemlerinin çalışmalar arasında belirgin farklılık göstermesi ve olası eksik bildirim nedeniyle bu oranların dikkatli yorumlanması gerektiği vurgulanmıştır.

5. Sonuç

Vaskülarize serbest fibula flebi, segmental mandibular defektlerin rekonstrüksiyonunda uzun kemik segmenti sağlaması, birden fazla osteotomiye izin vermesi ve gerektiğinde yumuşak doku komponentiyle birlikte kullanılabilmesi nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bununla birlikte başarılı bir rekonstrüksiyon, yalnızca uygun miktarda fibular kemiğin elde edilmesine bağlı değildir. Donör ekstremitenin vasküler anatomisinin ameliyat öncesinde değerlendirilmesi, pedikül ve perforatörlerin korunması, fibular segmentlerin mandibular kontura uygun biçimde şekillendirilmesi ve güvenilir mikrovasküler anastomoz cerrahi sonucun birbirini tamamlayan basamaklarıdır.

Sanal cerrahi planlama, hasta-spesifik kesim kılavuzları ve kişiye özgü fiksasyon sistemlerinin kullanımı, fibular osteotomilerin ve segment konumlarının ameliyat öncesinde belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Dental rehabilitasyonun rekonstrüksiyonun başlangıç aşamasından itibaren dikkate alınması ise yalnız mandibular devamlılığın değil, oklüzal ve protetik gereksinimlerin de cerrahi planlamaya dahil edilmesini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte kullanılan teknolojiye bağımsız olarak vasküler anatominin doğru değerlendirilmesi ve flep kaldırma tekniğinin temel cerrahi prensiplerine uyulması önemini korumaktadır.

Fibula flebiyle mandibular rekonstrüksiyonda flep kaybı, vasküler tromboz, yara iyileşme sorunları ve donör saha morbiditesi gibi komplikasyonlar görülebilmektedir. Bu nedenle uzun

dönem başarı, flebin canlılığının yanı sıra mandibular stabilite, fonksiyonel ve protetik rehabilitasyon ile donör ekstremitenin fonksiyonunun birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Cerrahi anatominin iyi bilinmesi, uygun hasta ve donör saha seçimi ile rekonstrüksiyonun fonksiyonel gereksinimler doğrultusunda planlanması, öngörülebilir sonuçların elde edilmesinde temel unsurlardır.

Kaynakça

- Abdel Aziz, K., Abdon, F., & Salim, M. (2025). Heparin-Induced Thrombocytopenia Causing Early Venous Thrombosis and Free Flap Failure After Mandibular Reconstruction: A Case Report. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.98630>
- Abou-Foul, A. K., Fasanmade, A., Prabhu, S., & Borumandi, F. (2017). Anatomy of the vasculature of the lower leg and harvest of a fibular flap: a systematic review. In *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 55, Number 9, pp. 904–910). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2017.08.363>
- Al Tabaa, K., Morin, L., Roudie, D., & Couineau, F. (2026). Pedicle Ossification-induced Thrombosis and Sequential Fibula Free Flap Failures. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*, 14(1), e7398. <https://doi.org/10.1097/GOX.00000000000007398>
- Aydin, A., Emekli, U., Erer, M., & Hafiz, G. (2004). Fibula free flap for mandible reconstruction. *Kulak Burun Bogaz Ihtisas Dergisi : KBB = Journal of Ear, Nose, and Throat*, 13(3–4), 62–66.
- Barr, M. L., Haveles, C. S., Rezzadeh, K. S., Nolan, I. T., Castro, R., Lee, J. C., Steinbacher, D., & Pfaff, M. J. (2020). Virtual Surgical Planning for Mandibular Reconstruction with the Fibula Free Flap: A Systematic Review and Meta-analysis. In *Annals of Plastic Surgery* (Vol. 84, Number 1, pp. 117–122). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/SAP.00000000000002006>
- Battaglia, S., Maiolo, V., Savastio, G., Zompatori, M., Contedini, F., Antoniazzi, E., Cipriani, R., Marchetti, C., & Tarsitano, A. (2017). Osteomyocutaneous fibular flap harvesting: Computer-assisted planning of perforator vessels using Computed Tomographic Angiography scan and cutting guide. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 45(10), 1681–1686. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.07.017>
- Benedict, K. C., Horriat, N. L., & McIntyre, B. C. (2023). Free Fibula Flap Mandibular Reconstruction: A Video Demonstrating Operative Technique. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open*, 11(11), E5380. <https://doi.org/10.1097/GOX.00000000000005380>
- Beppu, M., Hanel, D. P., Johnston, G. H., Carmo, J. M., & Tsai, T. M. (1992). The osteocutaneous fibula flap: an anatomic study. *Journal of Reconstructive Microsurgery*, 8(3), 215–223. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1006703>

- Blackwell, K. E. (1998). *Donor Site Evaluation for Fibula Free Flap Transfer*.
[https://doi.org/10.1016/S0196-0709\(98\)90101-6](https://doi.org/10.1016/S0196-0709(98)90101-6)
- Cheung, M. Y., Nayak, A., Yu, X.-N., Li, K. Y., Su, Y.-X., & Pu, J. J. (2025). Development of an Automatic Computer Program to Determine the Optimal Dental Implant Size and Position for Fibula Free Flap Surgery. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction*, 18(4), 46. <https://doi.org/10.3390/cmtr18040046>
- Coppen, C., Verhoeven, T., Snoeijink, T. J., Weijs, W. L. J., Verhulst, A., van Rijssel, J. G., Maal, T. J. J., & Dik, E. A. (2025). Fibula free flap reconstruction: improving the accuracy of virtual surgical planning using titanium inserts. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(11), 1037–1042. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2025.04.1141>
- Fenske, J., Kreiker, H., Lampert, P., Steffen, C., Koerdt, S., Nahles, S., Kreutzer, K., Heiland, M., Rendenbach, C., & Neckel, N. (2025). Donor Site Morbidity in Fibula Free Flaps: A Technique-Dependent Comparative Analysis of Donor Site Wound Healing. *Microsurgery*, 45(8). <https://doi.org/10.1002/micr.70139>
- Garvey, P. B., Chang, E. I., Selber, J. C., Skoracki, R. J., Madewell, J. E., Liu, J., Yu, P., & Hanasono, M. M. (2012). A prospective study of preoperative computed tomographic angiographic mapping of free fibula osteocutaneous flaps for head and neck reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 130(4). <https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e318262f115>
- Golas, A. R., Levine, J. P., Ream, J., & Rodriguez, E. D. (2016). Aberrant Lower Extremity Arterial Anatomy in Microvascular Free Fibula Flap Candidates: Management Algorithm and Case Presentations. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 27(8), 2134–2137. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000003220>
- Gurav, S., Singh, G. P., Jain, R., Kumar, S., Bindu, A., & Puranik, A. D. (2026). Anatomical characteristics of the fibula as a guide to dental implant installation. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(4), 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2025.09.002>
- Hanba, C., Lin, T. C., & Wei, F. C. (2024). The fibula osteoseptocutaneous flap: Evolution in concepts, techniques, and technologies during mandibular reconstruction - A review. In *International Journal of Surgery* (Vol. 110, Number 11, pp. 7196–7201). Wolters Kluwer Health Inc. <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001972>
- Hidalgo, D. A. (1989). Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 84(1), 71–79.

- Holm, S., Löfgren, J., Landström, F., Ali, R., Tabrisi, R., Wyckman, A., Bazsefidpay, N., Zdolsek, J., & Berner, J. E. (2025). Ankle instability and gait disturbance after free fibula flap reconstruction in head and neck cancer reconstruction: A systematic review. In *JPRAS Open* (Vol. 46, pp. 33–49). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jptra.2025.08.005>
- Jin, K. N., Lee, W., Yin, Y. H., Choi, S.-I., Jae, H. J., Chung, J. W., & Park, J. H. (2007). Preoperative evaluation of lower extremity arteries for free fibula transfer using MDCT angiography. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 31(5), 820–825. <https://doi.org/10.1097/RCT.0b013e318033defd>
- Jones, N. F., Monstrey, S., & Gambier, B. A. (1996). Reliability of the fibular osteocutaneous flap for mandibular reconstruction: anatomical and surgical confirmation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 97(4), 707–716; discussion 717–8. <https://doi.org/10.1097/00006534-199604000-00003>
- Lampert, P., Fenske, J., Kreiker, H., Steffen, C., Koerdt, S., Kreutzer, K., Rendenbach, C., & Heiland, M. (2026). Maxillofacial surgery compendium: insights from 1373 microvascular free flap reconstructions in the head and neck area. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 64(2), 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2025.11.015>
- Maglitto, F., Troise, S., Calabria, F., Trotta, S., Salzano, G., Vaira, L. A., Abbate, V., Bonavolontà, P., & Dell'Aversana Orabona, G. (2026). Complications of Free Flap Reconstruction in Maxillary and Mandibular Defects: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 15, Number 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcm15020797>
- Marzi Manfroni, A., Sako, M., Mataj, N., Zhupa, D., & Laganà, F. (2025). Case Report: Free fibula flap for post-oncologic mandibular reconstruction, first experience in Tirana. *Frontiers in Oncology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fonc.2025.1678310>
- Mosquera, C., & Marwan, H. (2025). Jaw in a Day: How to Perform Your First Case—Our Workflow. *Cranio-maxillofacial Trauma & Reconstruction*, 18(3), 38. <https://doi.org/10.3390/cmtr18030038>
- Poulet, V., Prevost, A., Cavallier, Z., Alshehri, S., Lauwers, F., & Lopez, R. (2022). Fibula free flap perforasomes: vascular anatomical study and clinical applications. *Surgical and Radiologic Anatomy: SRA*, 44(5), 637–644. <https://doi.org/10.1007/s00276-022-02953-4>

- Prucher, G. M., Gaggio, L., Neri, F., Astarita, F., Sani, L., Desiderio, C., Allegri, D., Pauro, N., Sandi, A., & Baietti, A. M. (2025). Conformational Reconstruction in Head and Neck Bone Cancer: Could Fibula Free Flap Become the Gold Standard Flap? *Journal of Clinical Medicine*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/jcm14228159>
- Pu, J. J., Yu, X., Pow, E. H. N., Lam, W. Y. H., & Su, Y. X. (2025). Single-Double-Single Barrel (1-2-1) Fibula Free Flap Design for Functional and Aesthetic Brown Class III Mandibular Reconstruction. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 156(3), 407e–411e. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000011950>
- Sobti, N., Ahmed, K. S., Polanco, T., Chilov, M., Cohen, M. A., Boyle, J., Shahzad, F., Matros, E., Nelson, J. A., & Allen, R. J. (2022). Mini-plate versus reconstruction bar fixation for oncologic mandibular reconstruction with free fibula flaps: A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery* (Vol. 75, Number 8, pp. 2691–2701). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2022.04.097>
- Tahmasebi, E., Hajisadeghi, S., Shafiei, S., Moslemi, H., Tabrizi, R., & Motamedi, M. H. K. (2025). Factors affecting anastomosis failure in microvascular fibula flap reconstruction of the maxillofacial region: a systematic review and meta-analysis. In *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* (Vol. 51, Number 1, pp. 3–16). Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2025.51.1.3>
- Tang, N. S. J., Ahmadi, I., & Ramakrishnan, A. (2019). Virtual surgical planning in fibula free flap head and neck reconstruction: A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery* (Vol. 72, Number 9, pp. 1465–1477). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2019.06.013>
- Ureel, M., Denoiseux, B., Brijs, K., Boderé, P.-J., Dhooghe, N., & Coopman, R. (2026). From Resection to Rehabilitation in One Day: Digital Workflow for Mandibular Reconstruction with Fibular Free Flap and Immediate Dental Rehabilitation Using CAD/CAM Guides at the Point of Care. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction*, 19(1), 15. <https://doi.org/10.3390/cmtr19010015>
- Wüster, J., Mahlow, L., Neckel, N., Rendenbach, C., Heiland, M., Vach, K., Sachse, C., Nelson, K., Kern, F., & Nahles, S. (2025). Long term dental implant survival and bone level changes with special emphasis on radiation therapy after free fibula flap reconstruction – a retrospective study. *Clinical Oral Investigations*, 29(12). <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06587-9>

- Yu, P., Chang, E. I., & Hanasono, M. M. (2011). Design of a reliable skin paddle for the fibula osteocutaneous flap: perforator anatomy revisited. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 128(2), 440–446.
<https://doi.org/10.1097/PRS.0b013e31821e7058>

BÖLÜM 2

TRANSNAZAL İMPLANTLAR, BİYOMEKANİK TEMELLER, ANATOMİK PLANLAMA, CERRAHİ TEKNİK VE KLİNİK SONUÇLAR

Hadi NASROLLAHİ¹

¹ Araştırma Görevlisi, İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı E-mail: hadi.nasrollahi@inonu.edu.tr

1. GİRİŞ

Greftsiz veya greft gereksinimini azaltan tedavi stratejilerinin gelişmesiyle birlikte rezidüel maksiller kemiğin anatomik olarak daha elverişli bölgelerinden yararlanılması gündeme gelmiştir. Zygomatik, pterigoid, transsinüzal ve nazal/paranasal implantlar bu yaklaşımın farklı örneklerini oluşturmaktadır. Jensen ve ark., ileri derecede rezorbe maksillada özellikle lateral nazal kemik kitlesinin implantların apikal fiksasyonu açısından önemini vurgulamış; piriform açıklığın lateralinde bulunan paranasal kemiğin uygun implant yönlendirmesiyle anterior maksiller destek amacıyla kullanılabileceğini göstermiştir [1].

Transnazal implant kavramı, klasik kısa implant penetrasyonundan veya istem dışı nazal kavite perforasyonundan farklıdır. Bu teknikte uzun implant, rezidüel alveoler kret bölgesinden yönlendirilerek nazal kavitenin lateral duvarı boyunca ilerletilir ve apikal bölümünün inferior konka, lateral nazal duvar ve maksillanın frontal prosesiyle ilişkili yoğun kemik bölgesinden primer stabilite elde etmesi amaçlanır. Güncel Vanderlim tekniği tanımında implantın rezidüel maksiller kretten başlayarak lateral nazal duvara teğetsel biçimde ilerlediği ve apikal ankrajın maksillanın konkal kret bölgesinde sağlandığı belirtilmektedir [2].

Transnazal implantların temel klinik gerekçesi, ileri anterior maksiller atrofi varlığında ikinci anterior zygomatik implantın yerine daha anterior bir ankraj noktası sağlayarak dört zygomatik implant gereksinimini azaltmaktır. Dolayısıyla transnazal implantı, çoğu olguda bağımsız bir tam ark tedavi yöntemi olarak değil, posterior ankraj sağlayan zygomatik ve/veya pterigoid implantlarla oluşturulan biyomekanik sistemin anterior komponenti olarak değerlendirmek daha doğrudur.

Nicoli ve ark.'nın 2019 tarihli pilot çalışması bu konseptin klinik gelişiminde önemli basamaklardan biridir. Çalışmada 33 hastaya toplam 115 uzun implant uygulanmış, implantların yaklaşık %46'sı nazal bölgeyle ilişkili olarak yerleştirilmiş ve 24 hasta hemen yüklenmiştir. Kullanılan implantlar 20–24 mm uzunluğunda ve 24° açılı platform tasarımına sahipti. İzlem süresince bildirilen sonuçlar olumlu olmakla birlikte çalışmanın pilot niteliği ve heterojen implant konfigürasyonları dikkate alınmalıdır [3].

Sonraki yıllarda transnazal implantlar çoğunlukla olgu raporları ve küçük serilerle tanımlanmıştır. Almeida ve ark. 2021'de ekstra uzun transnazal implantı quad-zygoma yaklaşımına alternatif anterior ankraj olarak kullanmış; Nunes ve ark. 2024'te üç hastalık kısa dönemli seride transnazal implantları zygomatik implantlarla kombine etmiştir [4,5]. 2025 yılında Gelpi ve ark.'nın 31 hastada 52 nazal/transnazal implantı değerlendirdiği retrospektif çok merkezli çalışma yayımlanmış ve iyileşme döneminden sonra tüm implantların başarılı olduğu bildirilmiştir [6].

Kanıt tabanındaki en önemli güncel genişleme Camargo ve ark.'nın 2026 yılında yayımlanan çok merkezli serisidir. Beş merkezde 121 hastaya yerleştirilen 226 transnazal implantın 1–8 yıllık klinik verileri incelenmiş; implant uzunlukları 15–25 mm, çapları 3,0–4,5 mm arasında değişmiş ve implantların %94,6'sında 35 Ncm'nin üzerinde yerleştirme torku elde edilmiştir. Çalışmada erken veya geç implant kaybı bildirilmemiştir [2]. Bu sonuç dikkat çekici olmakla birlikte randomize karşılaştırmalı bir çalışma değildir; dolayısıyla transnazal implantların quad-zygoma veya rekonstrüktif yöntemlere üstünlüğünü kanıtlamaz.

Bu veriler ışığında transnazal implantasyon, ileri derecede atrofik maksillada anatomik olarak seçilmiş olgularda uygulanabilecek, umut verici ancak hâlen gelişmekte olan ileri cerrahi bir yöntem olarak değerlendirilmelidir.

2. BİYOMEKANİK PRENSİPLER

Transnazal implantların biyomekanik gerekçesi yalnızca implant uzunluğunun artırılmasına dayanmaz. Asıl amaç, düşük yoğunluklu rezidüel alveoler kemikten geçildikten sonra daha yoğun kortikal kemik bölgelerinin kullanılması, implantların anterior-posterior dağılımının iyileştirilmesi ve tam ark protezinde oluşabilecek anterior veya posterior konsol etkilerinin azaltılmasıdır.

İleri maksiller atrofide rezidüel alveoler kret çoğu zaman implantın tüm uzunluğu boyunca yeterli primer stabilite sağlayamaz. Buna karşılık piriform rim, lateral nazal duvar, maksillanın frontal prosesi ve inferior konka ile ilişkili kemik yapılar kortikal ankraj açısından avantaj sağlayabilir. Jensen ve ark. lateral nazal kemik kitlesini ileri derecede atrofik maksillada apikal implant fiksasyonu için temel anatomik bölgelerden biri olarak tanımlamış ve yeterli anterior-posterior implant dağılımının hemen fonksiyon açısından önemine dikkat çekmiştir [1].

Transnazal implantlarda stabilite bu nedenle multikortikal ankraj kavramıyla açıklanabilir. İmplantın koronal bölümü rezidüel kret/subnazal kemiğe, gövdesi lateral nazal duvar boyunca mevcut kemik temaslarına ve apikal bölümü prelakrimal-konkal kemik kompleksine katkıda bulunabilir. Ancak her olguda aynı sayıda kortikal temasın gerçekleştiği varsayılmamalıdır; gerçek implant-kemik temasının miktarı ve dağılımı hastanın anatomisine ve osteotomi yönüne bağlıdır.

Uzun implantların kullanılmasının diğer önemli sonucu, düşük yoğunluklu alveoler kemikte sınırlı kalan primer stabilitenin daha uzak ve daha yoğun anatomik bölgelerden sağlanabilmesidir. Gelpi ve ark.'nın çalışmasında 31 hastanın 17'sinde 50 Ncm, 14'ünde ise 50 Ncm'nin altında tork elde edilmiş; düşük tork grubunda yükleme ertelenmiştir [6]. Dolayısıyla transnazal implant yerleştirilmesi tek başına hemen yükleme endikasyonu anlamına gelmez.

Camargo ve ark.'nın 2026 serisinde implantların %94,6'sında 35 Ncm'nin üzerinde tork elde edilmiş ve çalışmadaki tüm hastalar hemen yüklenmiştir [2]. Bununla birlikte literatürde kullanılan 35 Ncm ve 50 Ncm eşikleri aynı protokolün parçaları değildir. Bu değerlerin transnazal implantlar için evrensel biyolojik eşikler olarak kabul edilmesi doğru değildir; implant tasarımı, osteotomi protokolü, kemik yoğunluğu, splintleme ve tüm arkin stabilitesi birlikte değerlendirilmelidir.

2.1. Anterior-posterior dağılım

Tam ark restorasyonlarında yalnızca implant sayısı değil, implantların ark üzerindeki dağılımı önemlidir. Quad-zygoma konfigürasyonunda anterior zygomatik implantların protetik çıkış noktaları bazı anatomilerde arzu edilenden posterior konumda kalabilir. Transnazal implantın daha anterior bir protetik çıkış sağlaması, destek poligonunun anterior sınırını öne taşıyabilir ve anterior konsolun azaltılmasına katkıda bulunabilir. Gelpi ve ark.'nın çalışmasının temel biyomekanik gerekçesi de bu anterior kantilever uzantı etkisinin azaltılmasıdır [6].

2.2. Sonlu elemanlar analizi verileri

Transnazal implant biyomekaniğine ilişkin deneysel klinik yük verileri sınırlıdır. Bununla birlikte 2025–2026 döneminde yayımlanan sonlu elemanlar analizi çalışmaları konuya ilişkin mekanistik bilgi sağlamıştır.

Şahin ve ark. quad-zygoma, zygomatik + transnazal ve zygomatik + transnazal + pterigoid implant konfigürasyonlarını karşılaştırmıştır. Quad-zygoma modelinde implant, abutment ve protetik yapı üzerindeki streslerin daha yüksek olduğu; pterigoid implant eklenen modelde ise kemik, implant, abutment ve protezdeki streslerin genel olarak azaldığı bildirilmiştir [7].

Toğaç ve ark. tarafından yapılan diğer sonlu elemanlar analizinde iki transnazal + iki zygomatik implanttan oluşan model, dört zygomatik implant ve transnazal + zygomatik + pterigoid implant

konfigürasyonlarıyla karşılaştırılmıştır. 150 N anterior ve posterior yükleme koşullarında implant üzerindeki en yüksek von Mises streslerinin yalnızca transnazal + zygomatik implant kullanılan modelde, en düşük değerlerin ise pterigoid implantların da eklendiği modelde olduğu bildirilmiştir [8].

Bu iki çalışma birlikte değerlendirildiğinde klinik açıdan önemli bir sonuç ortaya çıkmaktadır: transnazal implantın avantajı tek başına “zygomatik implanttan daha iyi stres dağıtması” şeklinde yorumlanamaz. Sonuçlar kullanılan model ve implant konfigürasyonuna bağlıdır. Buna karşılık posterior destek artırıldığında ve konsol azaltıldığında sistemdeki streslerin azalması iki çalışmada da ortak bulgudur. FEA çalışmalarının klinik sağkalımın doğrudan kanıtı olmadığı da unutulmamalıdır.

3. ANATOMİK DEĞERLENDİRME

Transnazal implant cerrahisinde başarıyı belirleyen temel faktör implant uzunluğundan çok, implantın üç boyutlu olarak doğru anatomik koridorda ilerletilmesidir. Bu nedenle konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT/CBCT) değerlendirmesi tedavi planlamasının zorunlu bileşenidir.

Cerrahi açıdan başlıca değerlendirilmesi gereken yapılar şunlardır:

- rezidüel anterior alveoler kret
- nazal kavite tabanı
- piriform apertura
- lateral nazal duvar
- maksillanın frontal prosesi
- inferior nazal konka ve konkal kret
- prelakrimal kemik
- nazolakrimal kanal
- nazal septum
- komşu maksiller sinüs ve nazal mukozal yapılar

3.1. Rezidüel kret ve subnazal kemik

Koronal stabilitenin sağlanabilmesi ve implantın oral-nazal geçiş bölgesinin kontrol altında tutulabilmesi için subnazal kemik miktarı önemlidir. Bununla birlikte transnazal implantın temel avantajı, primer stabilitenin yalnızca bu rezidüel kemikten beklenmemesidir. İmplantın apikal bölümü daha yoğun lateral nazal/prelakrimal kemik kompleksine yönlendirilir.

3.2. Prelakrimal kemik ve nazolakrimal kanal

Tekniğin en kritik anatomik komşuluğu nazolakrimal kanaldır. İmplantın apikal ankrajının hedeflendiği prelakrimal kemik, nazolakrimal kanalın anteriorunda yer aldığından osteotomi doğrultusunun hatalı belirlenmesi kanalın travmatize edilmesine yol açabilir. Nazolakrimal sistem obstrüksiyonu klinik olarak epifora ile ortaya çıkabilir ve sekonder dakriyosistit gelişebilir. Maksillofasiyal implant veya donanımlara bağlı nazolakrimal obstrüksiyon olguları literatürde bildirilmiştir [9].

Bu nedenle KIBT değerlendirmesinde yalnızca “yeterli kemik var mı?” sorusunun yanıtlanması yeterli değildir. Prelakrimal kemiğin mediolateral kalınlığı, nazolakrimal kanalın seyri ve implant osteotomisiyle ilişkisi üç düzlemde incelenmelidir.

3.3. PLACATE yaklaşımı

Holtzclaw ve ark. 2025 yılında transnazal implant uygunluğunu sistematikleştirmek amacıyla PreLACrimal Assessment of Transnasal Implant Engagement (PLACATE) yaklaşımını tanımlamıştır. 300 KIBT üzerinde yapılan değerlendirmede adaylık için dört anatomik kriter kullanılmıştır: [10]

- Simmen tip 2 veya 3 prelakrimal anatomi
- prelakrimal kemik genişliğinin ≥ 3 mm olması
- subnazal kemik yüksekliğinin ≥ 2 mm olması
- subnazal kemikten hedeflenen prelakrimal ankraj bölgesine olan mesafenin 25 mm'yi aşmaması

Bu kriterler kullanıldığında incelenen KIBT'lerin yalnızca %30,54'ü transnazal implant için uygun bulunmuş; uygunsuzluğun en sık nedeni yetersiz prelakrimal kemik genişliği olmuştur [10]. Bu sonuç klinik açıdan önemlidir: ileri maksiller atrofi varlığı tek başına transnazal implant endikasyonu oluşturmaz. Hastaların önemli bir bölümü gerekli anatomik koridora sahip değildir.

Bununla birlikte PLACATE kriterlerinin günümüzde evrensel veya valide edilmiş bir konsensus protokolü olarak kabul edilmemesi gerekir. Çalışma retrospektif radyolojik bir değerlendirmedir ve eşiklerin bağımsız prospektif klinik çalışmalarla doğrulanması gerekmektedir. Bu nedenle ≥ 3 mm ve ≥ 2 mm değerleri mutlak biyolojik güvenlik sınırları olarak değil, yayımlanmış bir anatomik seçim protokolünün kriterleri olarak değerlendirilmelidir.

3.4. NASA sınıflaması

Transnazal implantların kret üzerindeki giriş bölgelerini sınıflandırmak amacıyla Nasal Anatomic Systematic Approach (NASA) tanımlanmıştır. Nunes ve ark. kullandığı sınıflamaya göre:

- NASA 0: insiziv foramen bölgesinden giriş
- NASA 1: santral kesici bölgesinden giriş
- NASA 2: lateral kesici bölgesinden giriş
- NASA 3: kanin bölgesinden giriş
- NASA 4: kanin bölgesinden giriş ve implant yivlerinin bir bölümünün ekspoze kalması

NASA sınıflaması cerrahi iletişim ve yaklaşımın tanımlanması açısından yararlıdır; ancak implant başarısını öngören valide bir prognostik sınıflama olarak değerlendirilmemelidir.

4. ENDİKASYONLAR VE KONTRENDİKASYONLAR

4.1. Endikasyonlar

Transnazal implantların en rasyonel endikasyonu, ileri derecede atrofik anterior maksillada konvansiyonel implant için yeterli kemik bulunmamasına rağmen uygun prelakrimal/lateral nazal kemik koridorunun mevcut olduğu tam ark rehabilitasyonlarıdır.

- Cawood–Howell sınıf V–VI düzeyinde ileri maksiller atrofi
- anterior maksillada standart implant için yetersiz kemik hacmi
- posterior ankrajın zygomatik ve/veya pterigoid implantlarla sağlanabildiği olgular
- quad-zygoma planında anterior zygomatik implant yerine anatomik olarak uygun transnazal ankrajın kullanılabileceği hastalar
- anterior implant dağılımını iyileştirmenin ve anterior konsolu azaltmanın gerekli olduğu tam ark rehabilitasyonları
- geniş rekonstrüktif greftleme işlemlerinin uygun olmadığı veya hasta tarafından tercih edilmediği seçilmiş olgular

- primer stabilitenin uzak kortikal ankraj bölgelerinden sağlanmasının gerekli olduğu ileri atrofi vakaları

Transnazal implantların “zygomatik implantın daha kolay alternatifi” şeklinde değerlendirilmesi doğru değildir. Endikasyon iki yöntemin teknik zorluğundan ziyade hastanın üç boyutlu anatomisine göre belirlenmelidir.

4.2. Kontrendikasyonlar

Kontrendikasyonlar mutlak ve göreceli olarak değerlendirilmelidir. Anatomik kontrendikasyonlar arasında yeterli prelakrimal kemik bulunmaması, implantın nazolakrimal kanaldan güvenli biçimde uzaklaştırılamaması, uygun apikal ankraj noktasının bulunmaması ve planlanan implant uzunluğu içerisinde hedef kemiğe ulaşılamaması ön plandadır. PLACATE çalışmasında incelenen anatomilerin yaklaşık %69,5’inin belirlenen kriterleri karşılamaması, hasta seçiminin tekniğin en kritik basamağı olduğunu göstermektedir [10].

Aktif sinonazal enfeksiyon, kontrolsüz inflamatuvar sinonazal hastalık, implant koridoruyla ilişkili patoloji veya açıklanamayan tek taraflı nazal semptomlar elektif cerrahi öncesinde değerlendirilmelidir. Gerektiğinde kulak burun boğaz konsültasyonu ve nazal endoskopi istenmelidir.

Diğer implant cerrahilerinde olduğu gibi kontrolsüz sistemik hastalık, iyileşmeyi ciddi şekilde bozan durumlar ve cerrahi/protetik takip uyumunun sağlanamayacağı hastalar da dikkatle değerlendirilmelidir.

Nazolakrimal kanalın cerrahi koridorla çakışması özel önem taşır. Bu yapıdan “birkaç milimetre uzak kalmanın yeterli olduğu” şeklinde literatür tarafından doğrulanmış evrensel bir güvenlik mesafesi bulunmamaktadır. Bu nedenle KIBT üzerinde doğrudan üç boyutlu değerlendirme yapılmalı ve varsayımsal güvenlik marjlarından kaçınılmalıdır.

5. CERRAHİ TEKNİKLER

Transnazal implant cerrahisi farklı implant sistemleri ve cerrahi protokollerle uygulanmış olmakla birlikte temel prensipler benzerdir. Cerrahi hedef, rezidüel anterior maksilladan başlayan osteotomiye lateral nazal duvara teğetsel olarak yönlendirerek implantın apikal bölümünü yoğun prelakrimal/konkal kemikte stabilize etmektir.

5.1. Preoperatif dijital planlama

KIBT verileri üç boyutlu implant planlama yazılımına aktarılır. Planlamada protetik çıkış noktası ile apikal ankraj bölgesi birlikte belirlenmelidir. Sadece ideal apikal kemiğe ulaşmak amacıyla protetik açıdan yönetilemeyecek bir implant eksenini oluşturulmamalıdır.

5.2. Cerrahi ekspozur

Cerrahi yaklaşım açık flepli, sınırlı flepli veya uygun dijital sistemlerle rehberli olarak gerçekleştirilebilir. İleri atrofi olgularında anatomik yapıların doğrudan kontrolünün sağlayacağı avantaj nedeniyle flep tasarımı hastaya özgü planlanmalıdır. Nazal taban mukozası ve lateral nazal duvarın yumuşak dokuları dikkatli biçimde ele alınmalıdır.

5.3. Osteotomi

Başlangıç osteotomisi planlanan NASA sınıfına göre anterior alveoler kret üzerinde oluşturulur. Osteotominin yönü klasik aksiyel implantlardan belirgin biçimde farklıdır. Frez, lateral nazal duvar

boyunca hedeflenen apikal prelakrimal/konkal kemik bölgesine yönlendirilir. Sagittal planda doğru görünen bir osteotomi koronal veya aksiyel planda nazolakrimal kanala yaklaşabilir.

5.4. İmplantın yerleştirilmesi

Literatürde kullanılan transnazal implantlar çoğunlukla ekstra uzun implantlardır. Nicoli ve ark. 20–24 mm implantları kullanırken, Nunes ve ark.nın serisinde 22,5 mm implantlar kullanılmış; Camargo ve ark.nın 2026 serisinde implant uzunlukları 15–25 mm, çapları 3,0–4,5 mm arasında değişmiştir [2,3,5]. Bu verilerden hareketle “transnazal implant mutlaka 20–25 mm olmalıdır” sonucu çıkarılmamalıdır. Uzunluk hastanın anatomik mesafesine göre belirlenmelidir.

5.5. Nazal kavitede ekspozite implant yüzeyi

Transnazal tekniğin konvansiyonel implantasyondan önemli farklarından biri, implant gövdesinin bir bölümünün nazal kaviteyle ilişkili olabilmesidir. Bu durumun biyolojik davranışı hakkında uzun dönem histolojik veri sınırlıdır. Konvansiyonel implantların yanlışlıkla nazal kaviteye uzandığı olgularda implant migrasyonu, lokal inflamasyon ve hava akımında değişiklik bildirilmiştir [11]. Dolayısıyla nazal kavitede implant bulunmasının tamamen biyolojik olarak inert olduğu varsayılmamalıdır.

5.6. İmmüdiat yükleme

Transnazal implantlar, ileri derecede atrofik maksillanın tam ark rehabilitasyonunda zygomatik ve pterigoid implantlarla birlikte kullanılabilir. Bu tür implant konfigürasyonlarında anterior-posterior implant dağılımının artırılması ve kantilever gereksiniminin azaltılması amaçlanmaktadır [13]. Ancak hemen yükleme kararı yalnızca transnazal implantın torkuna göre verilmemelidir; tüm implantların primer stabilitesi, posterior destek, implant dağılımı, karşıt dentisyon, parafonksiyon, protezin rijiditesi ve oklüzal tasarım birlikte değerlendirilmelidir.

5.7 Postoperatif takip ve bakım

Transnazal implant cerrahisi sonrasında erken dönemde kanama, nazal sekresyon, epistaksis, epifora, rinore ve nazal obstrüksiyon açısından klinik değerlendirme yapılmalıdır. Yumuşak doku iyileşmesi, implant stabilitesi ve protetik rehabilitasyon düzenli kontrollerle izlenmelidir. Persistan nazal semptomların varlığında KBB konsültasyonu ve gerektiğinde endoskopik değerlendirme düşünülmelidir. Osseointegrasyon ve peri-implant kemik değişikliklerinin değerlendirilmesinde klinik muayene radyolojik takip ile desteklenebilir [14].

6. CERRAHİ PLANLAMA VE KLİNİK İPUÇLARI

Transnazal implantlarda güvenli cerrahi, operasyon sırasında yapılan düzeltmelerden çok operasyon öncesinde doğru hastanın seçilmesine bağlıdır.

İlk olarak, tedavi planı “transnazal implant yerleştirebilir miyim?” sorusuyla değil, “bu maksillada hangi implant dağılımı en uygun biyomekanik destek poligonunu oluşturur?” sorusuyla başlamalıdır. Transnazal implant ancak bu rekonstrüksiyonun anatomik olarak anlamlı bir parçasıysa kullanılmalıdır.

İkinci olarak, KIBT değerlendirmesi multiplanar yapılmalıdır. Üç boyutlu rekonstrüksiyonlar cerrahi iletişim açısından yararlı olmakla birlikte nazolakrimal kanal ve prelakrimal kemik ölçümleri için aksiyel, koronal ve sagittal kesitlerin yerini alamaz.

Üçüncü olarak, implantın protetik çıkış noktası ile apikal hedefi aynı anda planlanmalıdır. İdeal apikal ankraj uğruna aşırı bukkal/palatinal veya restoratif açıdan yönetilemeyecek bir platform pozisyonu kabul edilmemelidir.

Dördüncü olarak, nazolakrimal kanal rutin planlamanın bir parçası olmalıdır. Kanal yalnızca “kaçınılması gereken yapı” olarak değil, prelakrimal kemik hacmini belirleyen anatomik referans olarak değerlendirilmelidir.

Beşinci olarak, bilateral transnazal implant planlanması her iki tarafın anatomik olarak uygun olduğu anlamına gelmez. Sağ ve sol prelakrimal kemik hacmi ve nazolakrimal kanal ilişkisi ayrı ayrı analiz edilmelidir.

Altıncı olarak, anatomik sınırların yetersiz olduğu olgularda tekniği zorlamak yerine tedavi konsepti değiştirilmelidir. PLACATE analizinde hastaların çoğunluğunun belirlenen kriterleri karşılamamış olması bu noktayı desteklemektedir [10].

Yedinci olarak, primer stabilite yeterli değilse hemen yükleme zorunlu değildir. Gelpi ve ark. 50 Ncm’nin altında tork elde edilen hastalarda yüklemeyi ertelemiştir [6].

Sekizinci olarak, posterior desteğin güçlendirilmesi önemlidir. Güncel FEA çalışmalarında pterigoid implantların eklendiği konfigürasyonlarda streslerin azalması, posterior konsol eliminasyonunun biyomekanik önemini desteklemektedir [7,8].

Son olarak, nazal semptomların preoperatif kaydı yararlıdır. Hastanın mevcut nazal obstrüksiyon, tekrarlayan epistaksis, kronik rinore, epifora veya geçirilmiş sinonazal cerrahi öyküsü bilinmeden postoperatif semptomların cerrahiyle ilişkilendirilmesi güçleşebilir.

7. KOMPLİKASYONLAR VE İMPLANT BAŞARISI

Transnazal implantlara özgü komplikasyon profilini kesin oranlarla tanımlamak günümüzde mümkün değildir. Bunun temel nedeni çalışmaların çoğunun retrospektif olması, örneklem büyüklüklerinin sınırlı kalması ve komplikasyon tanımlarının çalışmalar arasında standartlaştırılmamış olmasıdır.

7.1. İntraoperatif komplikasyonlar

- nazal mukozanın kontrolsüz perforasyonu veya yırtılması
- nazolakrimal kanal yaralanması
- planlanan apikal kortikal ankrajın elde edilememesi
- osteotomi yönünün sapması
- ince lateral nazal/prelakrimal kemiğin kırılması
- yetersiz primer stabilite
- komşu anatomik boşluklara istenmeyen penetrasyon
- kanama

Özellikle nazolakrimal kanal hasarı üzerinde durulmalıdır. Nazolakrimal sistemin mekanik olarak daralması veya yaralanması epifora ve dakriyosistit ile sonuçlanabilir. Maksillofasiyal donanımlara bağlı nazolakrimal obstrüksiyonun bildirildiği klinik çalışmalar bu anatomik riskin gerçek olduğunu göstermektedir [9].

7.2. Nazal komplikasyonlar

Konvansiyonel dental implantların nazal kaviteyi istem dışı olarak perfore ettiği olgular transnazal implant cerrahisiyle birebir eşdeğer değildir; ancak nazal kavitede bulunan implant yüzeyinin oluşturabileceği sorunlar açısından uyarıcıdır.

- nazal hava akımında değişiklik
- lokal mukozal inflamasyon
- unilateral nazal sekresyon
- epistaksis
- implant migrasyonu
- enfeksiyöz komplikasyonlar

Bir olgu raporunda anterior maksilladaki implantın nazal tabanı perfore ederek kaviteye protrüze olması hastada uzun süreli anormal nazal hava akımı hissine yol açmış; implantın intranazal bölümünün endonazal olarak rezeksiyonundan sonra semptomların düzeldiği bildirilmiştir [12]. Bu nedenle postoperatif dönemde yeni gelişen unilateral nazal semptomların önemsiz kabul edilmesi doğru değildir.

7.3. İmplant kaybı ve osseointegrasyon

Nicoli ve ark.nın 2019 pilot çalışmasında 33 hastaya toplam 115 implant uygulanmış ve takip döneminde komplikasyon bildirilmemiştir [3]. Ancak bu çalışmadaki implantların tamamı günümüzde kullanılan anlamıyla transnazal implant değildir ve sonuçlar doğrudan modern transnazal protokole genellenmemelidir.

Nunes ve ark.nın 2024 tarihli üç hastalık serisinde takip süresi boyunca implant veya protez kaybı bildirilmemiştir [5]. Küçük örneklem nedeniyle bu çalışma teknik uygulanabilirliği göstermesi açısından değerlidir, ancak sağkalım oranı tahmini için yeterli değildir.

Gelpi ve ark. 2025 yılında Cawood–Howell sınıf V/VI atrofi bulunan 31 hastaya yerleştirilen 52 nazal/transnazal implantın tamamının iyileşme döneminden sonra başarılı olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle %100 gözlenen başarı oranının tek taraflı %97,5 güven aralığı %88,8–100 olarak hesaplanmıştır [6].

Camargo ve ark.nın 2026 çok merkezli çalışması yazarların tarayabildiği yayımlanmış literatür içinde en geniş klinik serilerden birini oluşturmaktadır. Beş merkezde 121 hastaya yerleştirilen 226 transnazal implant 1–8 yıllık klinik süre içerisinde değerlendirilmiş ve erken veya geç implant kaybı bildirilmemiştir. Tüm implantlar çalışmada kullanılan sağkalım kriterlerini karşılamıştır [2].

Bu bulgu klinik açıdan güçlü olmakla birlikte randomize veya kontrollü değildir; hasta seçimi anatomik olarak uygun vakalar üzerinden yapılmıştır ve implant sağkalımı komplikasyonsuz başarıyla eş anlamlı değildir. Gelecekteki çalışmalarda nazal mukoza sağlığı, nazolakrimal fonksiyon, hasta tarafından bildirilen sonuçlar, protez komplikasyonları, marjinal kemik değişiklikleri ve sinonazal yaşam kalitesinin standartlaştırılmış şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle mevcut literatüre dayanarak transnazal implantların “%100 başarılı bir yöntem” olarak tanımlanması bilimsel açıdan doğru değildir. Daha doğru ifade, seçilmiş anatomik olgularda yayımlanan klinik serilerin yüksek kısa-orta dönem ve yeni verilerle 8 yıla kadar uzanan sağkalım bildirdiği, ancak karşılaştırmalı uzun dönem kanıtların hâlen sınırlı olduğudur.

8. SONUÇ

Transnazal implantlar, ileri derecede atrofik maksillanın sabit protetik rehabilitasyonunda, uygun anatomik koşulların varlığında greft gereksinimini azaltabilen alternatif bir ankraj seçeneğidir. Lateral nazal ve prelakrimal kemikten kortikal ankraj sağlanması, implantların anterior-posterior dağılımının iyileştirilmesine ve uygun olgularda anterior zygomatik implant gereksiniminin azaltılmasına olanak sağlayabilir. Bununla birlikte teknik; ayrıntılı KIBT değerlendirmesi, nazolakrimal anatomisinin korunması ve protetik olarak yönlendirilmiş cerrahi planlama gerektiren, hasta-spesifik ileri bir cerrahi yaklaşım olarak değerlendirilmelidir. Mevcut klinik sonuçlar olumlu olmakla birlikte, uzun dönem güvenilirliğinin ve alternatif rekonstrüktif yöntemlere göre etkinliğinin belirlenmesi için daha güçlü prospektif ve kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Jensen OT, Adams MW, Smith E. Paranasal bone: the prime factor affecting the decision to use transsinus vs zygomatic implants for biomechanical support for immediate function in maxillary dental implant reconstruction. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(1):e130-e138. doi:10.11607/jomi.te52.
2. Camargo VB, Meurer E, Andretti F, et al. Transnasal implants as an alternative to quadzygoma in the rehabilitation of extremely atrophic maxillae: long-term results of the Vanderlim Technique cases report. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2026; online ahead of print. doi:10.11607/jomi.11456.
3. Nicoli G, Piva S, Ferraris P, Nicoli F, Jensen OT. Extra-long nasal wall-directed dental implants for maxillary complete arch immediate function: a pilot study. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2019;31(2):349-356. doi:10.1016/j.coms.2019.01.004.
4. Almeida PHT, Cacciaccane SH, Arcadas Junior A. Extra-long transnasal implants as alternative for Quad Zygoma: case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2021;68:102635. doi:10.1016/j.amsu.2021.102635.
5. Nunes M, et al. All-on-4 Hybrid with Extra-Long Transnasal Implants: descriptions of the technique and short-term outcomes in three cases. *J Clin Med*. 2024;13(11):3348. doi:10.3390/jcm13113348.
6. Gelpi F, Alberti C, De Santis D, Bevilacqua M, Mellone F, Tealdo T. A retrospective multicentric study of 52 nasal and transnasal implants in 31 severely atrophic patients to reduce anterior cantilever bending in full-arch implant-supported fixed rehabilitations. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2025;40(1):69-75. doi:10.11607/jomi.10921.
7. Şahin O, Odabaşı O, Rizaj X, Akan E. Three-dimensional finite element analysis of quad zygomatic, transnasal and pterygoid implants for rehabilitation of patients with a severely atrophic maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2025; online ahead of print. doi:10.11607/jomi.11477.
8. Toğaç E, Ayrancı F, Tapçı O. Finite element analysis of transnasal, zygomatic and pterygoid implants in the rehabilitation of the atrophic maxilla. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2026;127(3):102674. doi:10.1016/j.jormas.2025.102674.
9. Kang JM, Kalin-Hajdu E, Idowu OO, Vagefi MR, Kersten RC. Nasolacrimal obstruction following the placement of maxillofacial hardware. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr*. 2020;13(1):32-37. doi:10.1177/1943387520906004.
10. Holtzclaw D, Zelig D, Bulot D, Nelson S, Nguyen A. Feasibility of transnasal dental implant placement determined by PLACATE guidelines. *Dent Res Oral Health*. 2025;8:21-26. doi:10.26502/droh.0087.
11. Yeom HG, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC, Kim JE. Nasal cavity perforation by implant fixtures: case series with emphasis on panoramic imaging of nasal cavity extending posteriorly. *Head Face Med*. 2023;19(1):37. doi:10.1186/s13005-023-00384-z.
12. Wolff J, Karagozoglu KH, Bretschneider J, Forouzanfar T, Schulten EAJM. Altered nasal airflow: an unusual complication following implant surgery in the anterior maxilla. 2016. doi:10.1186/s40729-016-0045-3.
13. Şahin O. Treatment of severely atrophic maxilla by using zygomatic, pterygoid, and transnasal implants. *J Craniofac Surg*. 2024. doi:10.1097/SCS.0000000000009896.

14. Eshoiee N, Aalam AA, Zelig D, Oh S, Kar K, Bakshalian N. Trans-nasal dental implants: indication and the report of 10 cases. Ann Med Surg (Lond). 2025;87(4):1814-1822. doi:10.1097/MS9.0000000000003158.

BÖLÜM 3

ORTOGNATİK CERRAHİDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR: DİJİTAL PLANLAMADAN HASTA ODAKLI SONUÇLARA

Kübra EMİR¹, Andaç DOĞAN²

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

1. GİRİŞ

Dentofasiyal deformiteler, maksilla ve mandibulanın büyüklük, konum veya birbirleriyle olan ilişkisindeki bozukluklarla karakterize olup oklüzyonun yanı sıra yüz simetrisi ve oranlarını da etkileyebilir. Ortodontik tedavinin tek başına yeterli olmadığı olgularda ortognatik cerrahi, çenelerin yeniden konumlandırılarak daha uygun bir iskeletsel ve dental ilişkinin oluşturulmasına olanak sağlar. Tedavi çoğunlukla ortodonti ve ağız, diş ve çene cerrahisinin birlikte yürüttüğü multidisipliner bir süreçtir (Swennen, 2017; Szcześniak et al., 2025).

Ortognatik cerrahinin amacı yalnızca kabul edilebilir bir oklüzyon elde etmek değildir. Yüz oranlarının ve simetrinin iyileştirilmesi, oral fonksiyonun desteklenmesi ve hastanın yaşam kalitesinde olumlu değişim sağlanması da tedavinin önemli bileşenleridir (Swennen, 2017; Szcześniak et al., 2025; Zheng et al., 2025). Deformitenin özelliklerine göre Le Fort I osteotomisi, bilateral sagittal split osteotomi (BSSO), bimaxiller cerrahi, segmental osteotomiler ve genioplasti gibi işlemler tek başına veya birlikte uygulanabilir (Erdem et al., 2025; Swennen, 2017).

Tedavi planlaması geleneksel olarak klinik muayene, fotoğraflar, iki boyutlu sefalometrik analiz, dental modeller ve model cerrahisine dayanmıştır. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), dijital dental kayıtlar ve üç boyutlu sanal cerrahi planlamanın kullanıma girmesiyle dentofasiyal deformitenin farklı düzlemlerde değerlendirilmesi, osteotomilerin sanal ortamda simüle edilmesi ve planlanan iskeletsel hareketlerin ameliyat öncesinde incelenmesi mümkün hâle gelmiştir (Strindlund et al., 2025; Swennen, 2017). Son yıllarda yapay zekâ tabanlı segmentasyon yöntemlerinin bu sürece eklenmesi, özellikle üç boyutlu model oluşturmanın zaman alan basamaklarının otomatikleştirilmesine yönelik yeni bir çalışma alanı oluşturmuştur (Iacob et al., 2026).

Bununla birlikte cerrahi başarının değerlendirilmesi, planlanan kemik hareketinin ameliyatta gerçekleştirilmesiyle sınırlı değildir. İskeletsel ve oklüzal stabilitenin yanında fonksiyon, yüz estetiği, komplikasyonlar ve hastanın tedaviden algıladığı yarar da önem taşımaktadır (Zheng et al., 2025). Bu bölümde ortognatik cerrahinin tanı ve tedavi planlamasından dijital uygulamalara, cerrahi sonuçlardan hasta odaklı değerlendirmelere uzanan güncel yaklaşımlar ele alınmaktadır.

2. TANI, TEDAVİ PLANLAMASI VE CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

2.1. Klinik Değerlendirme ve Tedavi Hedefinin Belirlenmesi

Ortognatik cerrahi planlamasında iskeletsel bozukluk, yüz ve dentisyon birbirinden bağımsız değerlendirilmemelidir. Frontal ve profil incelemede yüz oranları, asimetri, dental ve iskeletsel orta hatlar, maksiller diş görünürlüğü ve dudak ilişkileri göz önünde bulundurulurken; intraoral muayenede oklüzal ilişki, ark uyumu ve dentoalveoler kompensasyonlar belirlenir (Swennen, 2017). Bu değerlendirme, cerrahi hareketin yönü ve miktarı kadar ortodontik hazırlığın kapsamının belirlenmesinde de yol göstericidir.

İki boyutlu sefalometrik analiz temel tanısal değerini korumakla birlikte, özellikle asimetrik ve birden fazla düzlemi ilgilendiren deformitelerde üç boyutlu görüntüleme iskeletsel ilişkinin daha ayrıntılı incelenmesine olanak sağlar (Strindlund et al., 2025; Swennen, 2017). Bununla birlikte dijital kayıt sürecine eklenen her yardımcı uygulamanın rutin olarak gerekli olduğu söylenemez. Queiroz ve arkadaşlarının randomize çift kör çalışmasında, sanal planlama öncesinde kondil pozisyonunun standardizasyonuna yönelik pozisyonlandırma rehberi değerlendirilmiş ve kullanılan protokol kapsamında bu yardımcı aracın zorunlu olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Queiroz et al., 2025).

Cerrahi hedef oluşturulurken kemik segmentlerinin konumlandırılması kadar yumuşak dokuda beklenen değişim de dikkate alınmalıdır. İskeletsel Sınıf III hastalarda bimaxiller cerrahi sonrasında dudak kalınlığı, alar genişlik, nazolabial ve mentolabial açılarda meydana gelen değişikliklerin dental ve iskeletsel hareketlerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Zhang et al., 2025). Bu nedenle cerrahi planlamada iskeletsel hareketlerin yanı sıra hastanın mevcut yumuşak doku özelliklerinin de dikkate alınması önemlidir

2.2. Ortodontik ve Cerrahi Tedavinin Sıralanması

Konvansiyonel yaklaşımda cerrahi öncesi ortodontinin temel amaçlarından biri dentoalveoler kompensasyonların giderilerek çenelerin gerçek iskeletsel ilişkilerinin ortaya çıkarılmasıdır. Surgery-first yaklaşımında ise iskeletsel düzeltme tedavinin erken döneminde gerçekleştirilmekte, ayrıntılı dental düzenleme büyük ölçüde cerrahi sonrasına bırakılmaktadır.

Surgery-first ile orthodontics-first protokollerini karşılaştıran sistematik derlemede, surgery-first yaklaşımının toplam tedavi süresini kısaltabildiği ve hastanın estetik değişimi daha erken deneyimlemesine olanak sağlayabildiği bildirilmiştir. Yaklaşık bir yıllık takipte iskeletsel stabilite açısından iki yaklaşım genel olarak karşılaştırılabilir görünmekle birlikte, mevcut çalışmaların önemli bölümünün gözlemsel olması ve kullanılan protokollerin farklılık göstermesi sonuçların yorumlanmasını sınırlandırmaktadır (Askin & Manav, 2025). Bu nedenle

surgery-first yaklaşımı konvansiyonel tedavinin yerini alan standart bir protokolden çok, uygun hasta seçimi gerektiren alternatif bir tedavi sıralaması olarak değerlendirilmelidir. Üç boyutlu sanal planlamanın surgery-first protokolüyle birlikte kullanımı olgu düzeyinde de bildirilmiştir(Bellamine et al., 2026).

2.3. Cerrahi Yaklaşım ve Fiksasyon

Cerrahi yöntem, deformitenin yönü, şiddeti ve maksilla ile mandibulanın birbirleriyle olan ilişkisine göre belirlenir. Maksiller deformitelerde Le Fort I osteotomisi, mandibular sagittal bozukluklarda BSSO temel cerrahi seçenekler arasında yer alırken; gerekli olgularda her iki çenenin birlikte konumlandırıldığı bimaxiller cerrahi, segmental osteotomiler veya genioplasti tedaviye eklenebilir (Erdem et al., 2025; Swennen, 2017). Geniş hasta serilerinde farklı osteotomi kombinasyonlarının kullanılmış olması da ortognatik cerrahinin tek tip bir operasyondan çok deformitenin özelliklerine göre şekillendirilen bir tedavi olduğunu göstermektedir (Erdem et al., 2025).

BSSO sonrasında proksimal ve distal segmentlerin stabilizasyonu için farklı rijit internal fiksasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Plak ve monokortikal vidalar ile bikortikal vidaların özelliklerini bir araya getiren hibrit fiksasyon bu seçeneklerden biridir. Hibrit fiksasyonun postoperatif stabilitesini inceleyen sistematik derlemede olumlu sonuçlar bulunmakla birlikte, çalışma sayısının sınırlı olması ve yöntemler arasındaki heterojenlik nedeniyle diğer rijit fiksasyon tekniklerine üstünlüğünü ortaya koyan yeterli kanıt bulunmadığı belirtilmiştir (Moreira et al., 2026). Bu nedenle fiksasyon seçimi cerrahi hareketin özellikleri ve klinik gereksinimler doğrultusunda değerlendirilmelidir.

3. ORTOGNATİK CERRAHİDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

3.1. Üç Boyutlu Planlama ve Cerrahi Transfer

CBCT ile elde edilen iskeletsel görüntülerin dijital dental kayıtlarla birleştirilmesi, maksilla, mandibula ve dentisyonun ortak bir sanal model üzerinde incelenmesini sağlar. Bu model üzerinde osteotomi hatları oluşturulabilir, kemik segmentleri farklı yönlerde hareket ettirilebilir ve planlanan çene ilişkisi ameliyat öncesinde değerlendirilebilir (Swennen, 2017). Özellikle asimetri ve kompleks dentofasiyal deformitelerde üç boyutlu planlamadan yararlanılmaktadır (Strindlund et al., 2025). Bununla birlikte üç boyutlu planlamanın klinik katkısı, deformitenin özellikleri ve değerlendirilen sonuca göre farklılık gösterebilir (Strindlund et al., 2025).

Sanal ortamda hazırlanan planın ameliyata aktarılmasında bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) oklüzal splintler, kesim ve pozisyonlandırma rehberleri ile hasta-spesifik osteosentez sistemleri kullanılabilir. Hasta-spesifik sistemlerde osteotomi hattı, vida delikleri ve segmentin hedef konumu aynı dijital plan üzerinden ilişkilendirilebildiğinden planın doğrudan cerrahi sahaya aktarılması amaçlanmaktadır. Hasta-spesifik rehber ve osteosentez sistemlerini CAD/CAM splintlerle karşılaştıran sistematik derleme ve meta-analizde bazı doğruluk ölçütlerinde hasta-spesifik sistemler lehine sonuçlar bildirilmiş; ancak çalışmalar arasındaki yöntemsel farklılıklar nedeniyle bu sonuçların bütün olgulara genellenemeyeceği belirtilmiştir (Guo et al., 2026).

Hasta-spesifik implantların minimal invaziv cerrahiyle birlikte kullanıldığı 20 hastalık retrospektif seride, sanal plan ile postoperatif maksiller konum arasındaki doğrusal sapmalar 0,02–0,31 mm arasında bulunmuş ve yüksek uyum değerleri bildirilmiştir (Almeida et al., 2026). Bununla birlikte çalışmanın küçük örneklemli olması ve doğruluk analizinin maksilla ile sınırlı tutulması, yöntemin diğer transfer tekniklerinden üstün olduğu sonucuna ulaşmayı engellemektedir.

Üç boyutlu yöntemler yalnızca cerrahi öncesi planlama için değil, tedavi sonucunun incelenmesi açısından da yararlıdır. İskeletsel Sınıf III hastalarda bimaxiller cerrahi sonrası perioral yumuşak doku değişikliklerinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesi (Zhang et al., 2025) ve ortognatik cerrahi sonrası kondil-fossa ilişkisindeki değişimlerin CBCT üzerinden incelenmesi (Szcześniak et al., 2025), dijital görüntülemenin tedavi sonrası anatomik değişikliklerin nesnel olarak izlenmesinde de kullanılabileceğini göstermektedir.

3.2. Güncel Cerrahi ve Ortodontik İş Akışları

Dijital planlamanın gelişmesi, ortodontik ve cerrahi tedavinin daha bütünleşik yürütüldüğü protokollerin uygulanmasını kolaylaştırmıştır. Surgery-first olgularında iskeletsel hareketler ile cerrahi oklüzyonun sanal ortamda birlikte değerlendirilmesi, cerrahi öncesi ortodontinin azaltıldığı veya belirli olgularda uygulanmadığı bir tedavi akışını destekleyebilir (Bellamine et al., 2026).

Şeffaf plakların ortognatik tedaviye katılması da dijital iş akışının bir başka örneğidir. Orto-facial-driven protokolde CBCT görüntüleri, dijital dental modeller, yüz hedefleri ve cerrahi sonrası planlanan ortodontik hareketler ortak bir tedavi planında ele alınmıştır (Barbo et al., 2026). Bu yaklaşım, cerrahi ve ortodontik planlamanın birbirinden ayrı aşamalar olarak değil, tedavinin başlangıcından itibaren belirlenen ortak dentofasiyal hedef doğrultusunda yürütülebileceğini göstermektedir.

Dijital planlama ve hasta-spesifik sistemler, daha sınırlı cerrahi erişimle gerçekleştirilen minimal invaziv ortognatik cerrahi uygulamalarında da kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda daha kısa insizyon ve sınırlı yumuşak doku diseksiyonu ile cerrahi travmanın azaltılması amaçlanmaktadır. Bununla birlikte minimal invaziv bimaxiller cerrahinin belirgin bir öğrenme eğrisi bulunmaktadır (Bustos Aguilera et al., 2025). Dolayısıyla bu yöntemlerin değerlendirilmesinde yalnızca cerrahi erişimin küçüklüğü değil, cerrahin deneyimi, güvenli osteotomi ve fiksasyonun sürdürülebilmesi de dikkate alınmalıdır.

Ortognatik cerrahide sonuç değerlendirmesindeki değişim de güncel tedavi anlayışının önemli bir parçasıdır. Surgery-first uygulanan hastaların prospektif olarak izlendiği çalışmada hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütleri ile Quality and Outcomes in Oral and Maxillofacial Surgery (QOMS) değerlendirmeleri birlikte kullanılmış; takipte yaşam kalitesi, yüz estetiği ve oral fonksiyonda iyileşme bildirilmiştir (Carr et al., 2026). Bu yaklaşım, radyolojik ve oklüzal ölçütlerin yanında hastanın tedavi sonrasında yaşadığı değişimin de değerlendirmeye katılmasını sağlamaktadır.

3.3. Yapay Zekâ ve İyileşme Odaklı Yaklaşımlar

Yapay zekânın dentomaksillofasiyal görüntüleme alanlarından biri CBCT görüntülerinin otomatik segmentasyonudur. Iacob ve arkadaşlarının 31 çalışma ve 11.432 CBCT görüntüsünü kapsayan sistematik derlemesinde, yapay zekâ tabanlı modellerde yüksek segmentasyon doğrulukları bildirilmiş ve otomatik yöntemlerin manuel segmentasyona göre işlem süresini azaltabildiği gösterilmiştir (Iacob et al., 2026). Bununla birlikte anatomik varyasyonlar, metalik artefaktlar, görüntüleme protokollerindeki farklılıklar ve yüksek kaliteli işaretlenmiş veri setlerinin sınırlı olması modellerin genellenebilirliğini etkilemektedir. Çalışmaların çoğunun retrospektif ve heterojen yapıda olması da rutin klinik kullanım öncesinde daha geniş prospektif doğrulamaya gereksinim olduğunu göstermektedir (Iacob et al., 2026). Bu nedenle yapay zekânın mevcut rolü, bağımsız cerrahi karar vermekten çok görüntü işleme ve model hazırlama gibi teknik basamakların desteklenmesi şeklinde değerlendirilmelidir.

Cerrahi teknikteki gelişmelere paralel olarak postoperatif iyileşmeyi kolaylaştırmaya yönelik uygulamalar da çeşitlenmiştir. Ortognatik cerrahi sonrası multimodal ağrı yönetimini inceleyen derlemede hiloterapi, düşük düzey lazer/fotobiyomodülasyon, cerrahi sonrası hızlandırılmış iyileşme (Enhanced Recovery After Surgery; ERAS) protokolleri ve hedefe yönelik tekniklerle olumlu sonuçlar bildirilmiştir. Bununla birlikte 13 çalışma ve 430 hastadan

elde edilen verilerin heterojen olması, tek bir yöntemin standart yaklaşım olarak öne çıkarılmasını güçleştirmektedir (Joachim & Miloro, 2025).

Postoperatif ödemin azaltılmasına yönelik manuel lenfatik drenaj da araştırılmıştır. Yirmi altı hastanın değerlendirildiği randomize çalışmada müdahale grubuna altı seans manuel lenfatik drenaj uygulanmış; şişlik ve subjektif yakınmalarda daha hızlı düzelme eğilimi görülmekle birlikte gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Van de Velde et al., 2020). Bu nedenle yöntemin rutin kullanımını destekleyen kanıt sınırlıdır.

İyileşme protokollerindeki değişim hastanede kalış süresine de yansımaktadır. Fraser ve arkadaşlarının retrospektif serisinde gününbirlik protokol dönemindeki 18 hastanın 12'si ameliyat günü taburcu olmuş ve bildirilen komplikasyonların hiçbirisi aynı gün taburculukla ilişkilendirilmemiştir (Fraser et al., 2025). Ancak küçük ve seçilmiş bir hasta grubuna dayanan bu sonuçlar, bütün ortognatik cerrahi hastalarının gününbirlik tedaviye uygun olduğu anlamına gelmemektedir.

Postoperatif dönemde çiğneme fonksiyonunun yeniden kazanılmasına yönelik yapılandırılmış egzersizler de araştırılmaktadır. Çiğneme eğitimi inceleyen sistematik derleme ve meta-analize dokuz çalışma ve 473 katılımcı dâhil edilmiş; çalışma grupları arasında ortognatik cerrahi sonrası hastalar da yer almıştır (Li et al., 2025). Bununla birlikte farklı hasta gruplarının ve egzersiz protokollerinin aynı derlemede değerlendirilmiş olması nedeniyle bu bulgular ortognatik cerrahiye özgü standart bir rehabilitasyon programı olarak yorumlanmamalıdır.

4. CERRAHİ SONUÇLAR, KOMPLİKASYONLAR VE POSTOPERATİF DEĞERLENDİRME

Ortognatik cerrahi sonrasında değerlendirme, elde edilen oklüzyon ve iskeletsel ilişkinin yanında fonksiyon, komplikasyonlar ve hastanın tedaviden algıladığı değişimi de kapsamalıdır. Altmış beş çalışma ve 6482 hastayı içeren güncel bir sistematik derlemede klinik sonuçlar, komplikasyonlar ve yaşam kalitesi birlikte değerlendirilmiştir (Ebenezer et al., 2026). Oral fonksiyonla ilişkili yaşam kalitesini inceleyen çalışmalar da cerrahi sonrası değişimin yalnızca sefalometrik ölçütlerle açıklanamayacağını göstermektedir (Zheng et al., 2025).

Temporomandibular eklem (TME) ile ilgili sonuçlar değişkenlik gösterebilmektedir. Ortognatik cerrahi sonrasında kondil-fossa ilişkisinde radyolojik değişiklikler görülebilir (Szcześniak et al., 2025); ancak görüntüleme bulguları ile klinik temporomandibular bozukluk (TMD) belirtileri aynı kavramlar değildir. Lin ve arkadaşlarının 21 çalışma ve 2070 katılımcıyı kapsayan sistematik derleme ve meta-analizinde, cerrahi sonrasında TMD belirti ve

bulgularında genel olarak azalma gözlenmiştir. Altıncı ayda TME ağrısı için göreceli risk 0,57, klik için 0,31 olarak hesaplanmış; buna karşılık 1–2 yıllık takiplerde bazı belirtilerin altıncı aya göre yeniden artabildiği bildirilmiştir (Lin et al., 2026). Bu nedenle ortognatik cerrahinin temel amacı dentofasiyal deformitenin düzeltilmesidir; eşlik eden TMD semptomlarının cerrahi sonrasındaki seyri bireysel farklılık gösterebilir.

Erken postoperatif dönemde ağrı ve ödemin yanı sıra bulantı ve kusma da hastanın konforunu, oral alımını ve iyileşme deneyimini etkileyebilir. Watanabe ve arkadaşlarının 2014–2024 yılları arasındaki 632 hastaya ait 667 ortognatik cerrahi girişimini değerlendirdiği retrospektif çalışma, postoperatif bulantı ve kusmayı perioperatif değişkenlerle birlikte incelemiştir (Watanabe et al., 2026). Bu sorunların postoperatif bakımın bir parçası olarak değerlendirilmesi, erken dönem yönetimin yalnızca cerrahi saha ve oklüzyon kontrolünden ibaret olmadığını göstermektedir.

Ortognatik cerrahi sonrasında nadir fakat ciddi komplikasyonların fark edilmesi de önem taşır. Avasküler osteonekroza ilişkin sistematik derlemede 17 yayında bildirilen 33 olgu değerlendirilmiş; olguların 28'inde maksilla, 18'inde maksiller alveoler kemik etkilenmiştir (Huang et al., 2026). Erken dönemde bildirilen bulgular arasında gingival veya diğer yumuşak dokularda renk değişikliği bulunurken, ilerleyen olgularda diş kaybı, alveoler kemik kaybı ve oronazal fistül gibi sonuçlar bildirilmiştir. Ancak bu veriler büyük kohortlardan değil olgu bildirimlerinden elde edildiğinden, komplikasyonun insidansını hesaplamak amacıyla kullanılamaz. Klinik açıdan asıl önem taşıyan nokta, olağan dışı mukozal renk değişikliği ve beklenmeyen iyileşme bozukluğu gibi bulguların erken dönemde değerlendirilmesidir.

Uzun dönem takipte iskeletsel ve oklüzal stabilitenin yanı sıra oral fonksiyon, TME yakınmaları, yüz estetiği ve yaşam kalitesinin birlikte değerlendirilmesi, tedavi sonucunun daha bütüncül biçimde ortaya konmasını sağlar (Carr et al., 2026; Ebenezer et al., 2026; Zheng et al., 2025).

5. SONUÇ

Ortognatik cerrahi, üç boyutlu sanal planlamadan hasta-spesifik cerrahi sistemlere ve yapay zekâ destekli görüntü analizine uzanan teknolojik gelişmelerle daha ayrıntılı ve bireyselleştirilmiş bir tedavi sürecine dönüşmektedir. Bununla birlikte başarılı tedavinin temelini doğru endikasyon, uygun cerrahi-ortodontik planlama, güvenli cerrahi uygulama ve multidisipliner yaklaşım oluşturmaya devam etmektedir. Güncel yöntemlerin klinik değeri yalnızca teknik doğruluk üzerinden değil; uzun dönem stabilite, fonksiyon, komplikasyonlar, yaşam kalitesi ve hasta tarafından bildirilen sonuçlara sağladıkları katkıyla birlikte değerlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Almeida, M. S., Lopes, H. J. C., Ramos, L. V. S., Junior, O. C., & Claus, J. D. P. (2026). Patient-specific implants in minimally invasive orthognathic surgery: A case series. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 54(7). <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2026.104575>
- Askin, M. B., & Manav, Ö. C. (2025). Surgery-first Versus Orthodontics-first in Orthognathic Surgery: A Systematic Review of Comparative Outcomes. In *Contemporary Clinical Dentistry* (Vol. 16, Number 4, pp. 229–236). Wolters Kluwer Medknow Publications. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_502_25
- Barbo, B. N., Azeredo, F., Rizzatto, S. M. D., Fritscher, G. G., Andriola, F., & Menezes, L. M. de. (2026). Digital planning of orthognathic surgery with aligners: ortho-facial-driven, a viable protocol for surgery-first treatment. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 30(4), e25spe5. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.30.5.e25spe5>
- Bellamine, M., Diallo, A. O., Lahlou, M., François, T., Chafik, C., & Slimani, F. (2026). Surgery-First Orthognathic Approach With 3D Virtual Planning: A Case Report. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.111015>
- Bustos Aguilera, L. M., Santamaría, A. T., Paggi Claus, J. D., Almeida, M. S., Soto, J., & Muñoz-Carrillo, J. L. (2025). Learning curve in minimally invasive orthognathic surgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 63(10), 754–760. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2025.08.001>
- Carr, E., Benington, P. C. M., & Ayoub, A. F. (2026). Evaluation of the surgery-first approach for orthognathic treatment using patient-reported outcome measures (PROMS) and quality and outcomes in oral and maxillofacial surgery (QOMS). *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 64(8), 677–683. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2026.05.007>

- Ebenezer, V., Ganesh, P., & Vinayagar, M. (2026). Clinical outcomes, complications and impact on quality of life following orthognathic surgery: a systematic review. In *Frontiers in Oral Health* (Vol. 7). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/froh.2026.1790589>
- Erdem, M. E., Çoban, G., Öztürk, T., Yağcı, A., Yavuz, İ., Irgin, C., Gül Amuk, N., Türker, G., Demirbaş, A. E., Soylu, E., Kaba, Y. N., Bilge, S., Asan, C. Y., Topan, C., & Alkan, A. (2025). Skeletal deformities and surgical procedures in orthognathic surgery patients: a 10-Year retrospective analysis of 1095 cases. *BMC Oral Health*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-025-07265-8>
- Fraser, N., Jamshaid, T., Girijan, P., Sah, S., & James Spencer, R. (2025). Is day-case surgery feasible for all orthognathic procedures? *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 63(9), 685–688. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2025.07.004>
- Guo, X., Gong, H., Zhao, F., Song, G., & Jin, X. (2026). Patient-specific guides and osteosynthesis versus CAD/CAM occlusal splints in orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis of accuracy, operative time, and complications. *BMC Oral Health*. <https://doi.org/10.1186/s12903-026-09056-1>
- Huang, C., Zhang, F., Jin, W., Zhou, L., Cheung, G. S. P., & Zhu, W. yong. (2026). Avascular osteonecrosis of the jaw following orthognathic surgery: a systematic review. In *Frontiers in Oral Health* (Vol. 7). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/froh.2026.1826043>
- Iacob, A. M., Verdecchia, A., García-Mesa, Y., Spinas, E., & Cobo, T. (2026). Effectiveness of automated segmentation of maxillofacial structures in cone-beam computed tomography images using artificial intelligence: A systematic review. In

International Orthodontics (Vol. 24, Number 1). Elsevier Masson s.r.l.

<https://doi.org/10.1016/j.ortho.2025.101081>

Joachim, M. V., & Miloro, M. (2025). Multimodal approaches to postoperative pain management in orthognathic surgery: a comprehensive review. In *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 54, Number 10, pp. 914–923). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2025.02.004>

Li, X., Zhang, J., Liu, Y., Yang, C., Tan, L., & Yang, Y. (2025). Impact of masticatory training on masticatory function: A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Prosthetic Dentistry* (Vol. 134, Number 6, pp. 2193.e1-2193.e10). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2025.08.008>

Lin, C., Zhang, J., Zheng, M., Zhu, C., Zhang, C., & Wan, Q. (2026). Association between orthognathic surgery and temporomandibular disorder in dentofacial disharmony patients: a systematic review and meta-analysis. In *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 64, pp. 33–42). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2025.09.316>

Moreira, S. B., Brozoski, M. A., Grillo, R., de Souza, D. F. M., Borba, A. M., & Naclério-Homem, M. da G. (2026). Postoperative stability of the hybrid method of rigid internal fixation in sagittal split osteotomy for orthognathic surgery: A systematic review. In *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 127, Number 1). Elsevier Masson s.r.l. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2025.102577>

Queiroz, A. G. dos S., Jodas, C. R. P., Kaba, S. C. P., & Teixeira, R. G. (2025). Is the positioning guide mandatory for the virtual planning of orthognathic surgery? A randomized double-blind trial. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 126(4). <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2024.102150>

- Strindlund, K., Farzad, P., Rasmusson, L., & Cardemil, C. (2025). Evaluation of 3D planning in orthognathic surgery. *Acta Odontologica Scandinavica*, 84, 549–553. <https://doi.org/10.2340/aos.v84.44805>
- Swennen, G. (Ed.). (2017). *3D Virtual Treatment Planning of Orthognathic Surgery*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47389-4>
- Szcześniak, M., Issa, J., Ciszewska, A., Okła, M., Gałczyńska-Rusin, M., & Dyszkiewicz-Konwińska, M. (2025). Alterations in the Temporomandibular Joint Space Following Orthognathic Surgery Based on Cone Beam Computed Tomography: A Systematic Review. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 14, Number 20). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jcm14207239>
- Van de Velde, F. E. G., Ortega-Castrillon, A., Thierens, L. A. M., Claes, P., & De Pauw, G. A. M. (2020). The effect of manual lymphatic drainage on patient recovery after orthognathic surgery—A qualitative and 3-dimensional facial analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 130(5), 478–485. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.05.017>
- Watanabe, T., Uozumi, R., Kawamura, T., Sasaki, M., Okada, R., Inoue, S., Kashiwagi, M., Fukuhara, S., Yamanaka, S., Mishima, S., Yamaguchi, A., & Hirota, M. (2026). Orthognathic surgery and postoperative nausea and vomiting: An 11-year retrospective observational study. *PLOS ONE*, 21(4 April). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0346972>
- Zhang, C., Si, Y., Li, R. Y., Xu, Y., Li, Y., Qin, J., Wang, H., Ge, H., Wang, D., & Cheng, J. (2025). Comprehensive three-dimensional morphological changes in perioral soft tissue following bimaxillary orthognathic surgery in patients with skeletal

Class III malocclusion. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 53(10), 1675–1682. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2025.07.006>

Zheng, L., Saddki, N., Su, L., & Rahman, N. A. (2025). The impact of orthognathic surgery on oral function-related quality of life: a systematic review. In *Oral and Maxillofacial Surgery* (Vol. 29, Number 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10006-025-01475-8>

BÖLÜM 4

OROANTRAL AÇIKLIK VE FİSTÜLLERDE GÜNCEL TANI VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Reyhan SAĞLAM DOĞU¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. ORCID: 0000-0001-5572-2973

1. Giriş

Maksiller sinüs ile oral kavite arasındaki anatomik komşuluk, özellikle posterior maksillada gerçekleştirilen dentoalveoler girişimlerin sinüsle ilişkili komplikasyonlara yol açabilmesinin temel nedenidir. Maksiller premolar ve molar kökleri ile sinüs tabanı arasındaki mesafe bireyler arasında belirgin farklılık gösterebilir; ileri pnömatizasyon, yaşla ilişkili anatomik değişiklikler, periodontal veya periapikal kemik kaybı ve önceden var olan patolojiler bu ilişkinin daha da yakın hale gelmesine neden olabilir. Bu nedenle posterior maksillada diş çekimi, implant cerrahisi, kist veya tümör enükleasyonu ve çeşitli rekonstrüktif işlemler sırasında oral kavite ile maksiller sinüs arasında istenmeyen bir açıklık oluşabilir. Bu açıklık erken dönemde oroantral açıklık (OAA), kalıcı ve epitelize hale geldiğinde ise oroantral fistül (OAF) olarak tanımlanır (Dergin, Emes, Delilbaşı, & Gürler, 2016; Manuel, 2021; Visscher, van Minnen, & Bos, 2010; Ward, 2022).

OAA ve OAF ağız, diş ve çene cerrahisinin uzun süredir ele alınan konuları arasında yer almakla birlikte günümüzdeki yaklaşım yalnızca defektin yumuşak doku ile kapatılmasından ibaret değildir. Başarılı tedavi; sinüsün sağlık durumunun değerlendirilmesini, varsa enfeksiyonun kontrolünü, defektin boyut ve lokalizasyonunun belirlenmesini, mevcut dokuların niteliğinin incelenmesini ve hastanın ilerideki protetik veya implant rehabilitasyonunun göz önünde bulundurulmasını gerektirir. Klasik bukkal ilerletme ve palatinal rotasyon flepleri halen temel yöntemler olmasına karşın bukkal yağ yastığı, çok katmanlı kapatma teknikleri, rejeneratif materyaller ve platelet-rich fibrin (PRF) gibi biyolojik yaklaşımlar tedavi seçeneklerini genişletmiştir (Dergin et al., 2016; Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Ward, 2022).

Literatürde defekt boyutuna göre farklı tedavi kriterleri önerilmiş olmakla birlikte, günümüzde tedavi seçimi yalnızca defekt çapına göre yapılmamaktadır. Yeni oluşmuş, küçük, enfekte olmayan bir açıklık spontan iyileşme gösterebilirken; küçük görünmesine rağmen enfekte, kronik veya epitelize bir açıklık cerrahi müdahale gerektirebilir. Benzer şekilde geniş bir defektin tedavisinde yalnızca ağız içi kapatma yeterli olmayabilir ve eşlik eden odontojenik sinüzit varlığında endoskopik sinüs cerrahisi planlanabilir (Alomari et al., 2025; Andrić, Saranović, Dražić, Brković, & Todorović, 2010; Craig et al., 2020; Craig, 2022; Parvini et al., 2019). Bu bölümde OAA ve OAF'nin tanımı, etiyolojisi, klinik ve radyolojik tanısı, tedavi planlaması ile klasik ve güncel cerrahi yöntemler güncel literatür ışığında ele alınmaktadır.

2. Tanım ve Terminoloji

2.1. Oroantral açıklık

Oroantral açıklık, oral kavite ile maksiller sinüs arasında oluşan epitelize olmayan patolojik bir bağlantıdır. En sık posterior maksiller dişlerin çekimi sırasında veya sonrasında gelişir. Erken dönemde açıklık henüz epitelize değildir ve çekim soketi ya da cerrahi yara ile ilişkilidir. Bu nedenle erken tanı önem taşır; uygun olgularda minimal müdahale veya primer cerrahi kapatma yeterli olabilirken, tedavinin gecikmesi sinüs kontaminasyonu ve kronik oroantral fistül gelişimi riskini artırabilir (Manuel, 2021; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010).

2.2. Oroantral fistül

Oroantral fistül, oral kavite ile maksiller sinüs arasındaki açıklığın kalıcı hale gelmesi ve epitelizasyon gelişmesiyle oluşur. Fistül gelişimi için gereken süre kesin olarak tanımlanmamış olmakla birlikte, birkaç gün içinde kapanmayan açıklıklarda epitel göçü ve kronik inflamatuvar değişiklikler başlayabilir. Kronik olgularda fistül çevresinde granülasyon dokusu, fibrozis ve kemik defekti görülebilir; buna sinüs mukozasında değişen derecelerde inflamatuvar patoloji eşlik edebilir. Bu nedenle yerleşmiş OAF'nin tedavisi yalnızca sütürasyonla sınırlı değildir; epitelize fistül yolunun uzaklaştırılması, iyi vaskülarize dokularla gerilimsiz kapatma ve gerekli durumlarda eşlik eden sinüs patolojisinin tedavisi birlikte planlanmalıdır (Dergin et al., 2016; Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

Literatürde “oroantral perforasyon”, “oroantral açıklık” ve “oroantral fistül” terimleri zaman zaman birbirinin yerine kullanılabilir. Ancak klinik değerlendirme ve tedavi planlamasında terminolojik netlik sağlamak amacıyla, akut ve epitelize olmayan bağlantının OAA, persistan ve epitelize hale gelen bağlantının ise OAF olarak tanımlanması daha uygundur (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

3. Etiyoloji

3.1. Diş çekimleri

OAA'nin en sık nedeni, maksiller posterior dişlerin çekimidir. Özellikle maksiller premolar ve molar dişlerin kökleri ile maksiller sinüs tabanı arasındaki yakın anatomik ilişki, çekim sırasında oroantral açıklık gelişme riskini artırabilir. İleri sinüs pnömatizasyonu, periapikal lezyonlar, ayırık kök morfolojisi, ankiloze dişler, aşırı cerrahi kuvvet uygulanması ve kemik kaldırılmasını gerektiren işlemler diğer risk faktörleri arasında yer almaktadır (Manuel,

2021; Visscher et al., 2010; Ward, 2022). Killey ve Kay'ın (1967) çalışması, çekim sonrası gelişen oroantral fistüllerin cerrahi tedavisinde bukkal flebin uzun süredir kullanılan bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur. Daha sonraki çalışmalar da diş çekimlerinin OAA ve OAF gelişimindeki başlıca etiyolojik faktörlerden biri olduğunu desteklemiştir (Gheisari, Zadeh, & Tavanafar, 2019).

OAA gelişme riski yalnızca cerrahi çekimlerle sınırlı değildir. Maksiller sinüs tabanının ince olduğu veya kemik devamlılığının azaldığı olgularda, rutin bir diş çekimi sırasında da küçük bir oroantral açıklık oluşabilir. Kök ucunun maksiller sinüs içine deplase olduğu durumlarda ise açıklığın varlığı, sinüs içerisindeki yabancı cisim ve olası sinüs enfeksiyonu birlikte değerlendirilmelidir. Bu tür olgularda, kök parçasını çıkarmaya yönelik kontrolsüz veya kör apikal manipülasyonlardan kaçınılmalıdır (Manuel, 2021; Ward, 2022).

3.2. İmplant cerrahisi

Posterior maksillada implant uygulamaları ve sinüs tabanı yükseltme işlemleri de OAA/OAF oluşumuna yol açabilir. İmplant osteotomisinin planlanan implant boyutlarından daha geniş veya daha derin hazırlanması, implantın maksiller sinüse ilerlemesi, peri-implant enfeksiyonlar, başarısız sinüs augmentasyonu veya greft materyalinin enfekte olması sonucunda oroantral açıklık gelişebilir. İmplantla ilişkili olgularda tedavinin amacı yalnızca yumuşak doku kapanmasını sağlamak değildir. Eşlik eden sinüs patolojisinin ortadan kaldırılması ve mümkün olduğunda ileride planlanacak implant rehabilitasyonu için uygun kemik ve yumuşak doku koşullarının yeniden oluşturulması da tedavinin önemli bir parçasıdır (Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Sabatino et al., 2023).

3.3. Kist ve tümör cerrahileri

Maksiller sinüse komşu odontojenik kistlerin, benign tümörlerin veya daha geniş patolojik lezyonların enükleasyonu sonrasında sinüs tabanında defekt meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda oluşan açıklık çoğu zaman çekim sonrası akut açıklıklardan daha geniştir ve çevre kemik desteği azalmış olabilir. Lezyonun boyutu, histopatolojik özellikleri, rezeksiyonun kapsamı ve rekonstrüksiyon gereksinimi tedavi planının belirlenmesinde önemlidir. Geniş defektlerde lokal mukozal flepler tek başına yeterli olmayabilir; bu durumda bukkal yağ yastığı, kemik greftleri veya çok katmanlı rekonstrüksiyon yöntemleri tercih edilebilir (Dergin et al., 2016; Parvini et al., 2018; Ward, 2022).

3.4. Travma ve diğer nedenler

Maksillofasiyal travmalar, osteomyelit, radyoterapi, endodontik veya periodontal işlemler sırasında oluşan iyatrojenik perforasyonlar ve önceki cerrahi girişimlerin başarısızlığı, OAA ve OAF gelişiminde daha nadir görülen etiyolojik nedenler arasındadır (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010). Daha önce radyoterapi uygulanmış bölgelerde damar yapısının ve doku iyileşme kapasitesinin azalması, lokal fleplerle yapılan cerrahi kapatmanın başarısını olumsuz etkileyebilir. Benzer şekilde, tekrarlayan OAF cerrahileri sonrasında gelişen skar dokusu ve azalmış doku hareketliliği, uygun rekonstrüksiyon yönteminin seçimini güçleştirebilir.

4. Patogenez ve OAA'nın OAF'ye Dönüşümü

Akut bir OAA oluştuğunda ağız florası ile normalde steril kabul edilen sinüs boşluğu arasında doğrudan bir geçiş meydana gelir. Defekt küçük, sinüs sağlıklı ve çevre dokular iyi vaskülarize ise çekim soketinde oluşan pıhtı, granülasyon dokusu ve mukozal iyileşme açıklığının kapanmasına olanak sağlayabilir. Buna karşılık; oluşan pıhtının kaybı, devam eden basınç değişiklikleri, oral kontaminasyon, sigara kullanımı, lokal enfeksiyon veya sinüs drenajının bozulması iyileşmeyi olumsuz etkiler (Kwon et al., 2020; Manuel, 2021; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010).

OAA'nın kapanmaması durumunda maksiller sinüs mukozasında ödem gelişebilir, mukosiliyer temizlenme mekanizması bozulabilir ve sekonder enfeksiyon ortaya çıkabilir. Açıklığın kenarlarından başlayan epitel göçü, granülasyon dokusunun olgunlaşması ve kronik inflamasyonun devam etmesi OAF gelişimine zemin hazırlar. Epitelize hale gelen fistülün spontan kapanma olasılığı azalır. Bu nedenle kronik olgularda cerrahi kapatma öncesinde fistül yolunun çıkarılması ve iyi kanlanan sağlıklı yara kenarlarının oluşturulması temel cerrahi prensipler arasında yer alır. (Dergin et al., 2016; Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Ward, 2022).

Defektin büyüklüğü iyileşme sürecini etkileyen faktörlerden biri olmakla birlikte, tedavi kararında tek başına belirleyici değildir. Literatürde spontan kapanma olasılığı için farklı boyut sınırları bildirilmiştir. Bu farklılık; ölçüm yöntemleri, olgu özellikleri ve eşlik eden sinüs enfeksiyonunun çalışmalarda farklılık göstermesiyle açıklanabilir. Bu nedenle klinik değerlendirmede yalnızca defekt çapına odaklanmak yerine, açıklığın akut veya kronik olması, epitelizasyon varlığı, sinüsün durumu ve çevre dokuların özellikleri birlikte dikkate alınmalıdır (Alomari et al., 2025; Oliva, Lorusso, Scarano, D'Amario, & Murmura, 2024; Parvini et al.,

2019; Visscher et al., 2010).

5. Klinik Bulgular

OAA'nın erken dönemdeki klinik bulguları, açıklığın boyutuna göre değişiklik gösterebilir. Küçük defektler asemptomatik seyredebilir ve yalnızca çekim soketinin dikkatli değerlendirilmesi sırasında fark edilebilir. Daha geniş açıklıklarda ise hastalar ağız ile burun arasında hava geçişi, sıvı alımı sırasında sıvının burundan gelmesi, çekim bölgesinde hava kabarcığı oluşması veya konuşma sırasında ses değişikliği tarif edebilir (Dergin et al., 2016; Manuel, 2021; Parvini et al., 2018).

Kronik OAF olgularında semptomlar genellikle daha belirgindir. Tek taraflı burun tıkanıklığı veya akıntısı, kötü tat ve koku, halitozis, postnazal akıntı, sinüs bölgesinde basınç hissi, tekrarlayan maksiller sinüzit atakları ve sıvıların ağız ile burun arasında geçişi görülebilir. İntraoral muayenede epitelize fistül yolu, çevre dokularda inflamasyon veya granülasyon dokusu ve bazı olgularda pürülan drenaj saptanabilir (Craig, 2022; Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

Semptomların şiddeti ile defektin boyutu arasında her zaman doğrudan bir ilişki bulunmayabilir. Küçük ancak uzun süredir mevcut olan bir fistül belirgin sinüzit bulgularına yol açabilirken, daha geniş fakat akut gelişen bir açıklıkta henüz enfeksiyon bulguları görülmeyebilir. Bu nedenle anamnezde lezyonun ne zaman oluştuğu, daha önce uygulanan tedaviler, antibiyotik kullanımı, sigara öyküsü, geçirilmiş veya mevcut sinüzit, ayrıca implant ya da yabancı cisim varlığı ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır.

6. Tanı

6.1. Klinik muayene

Tanı, ayrıntılı anamnez ve klinik muayene ile başlar. Yeni çekim yapılmış bir hastada soketin dikkatli inspeksiyonu, kan veya sekresyonda hava kabarcığı görülmesi ve hastanın tipik semptomları OAA'dan şüphelenilmesine sebep olur. Valsalva manevrası, literatürde OAA'nın değerlendirilmesinde kullanılan geleneksel tanı yöntemlerinden biri olarak tanımlanmıştır. Ancak manevranın tekrarlanması veya yüksek basınçla uygulanması, küçük bir defektin genişlemesine ya da oral içeriğin maksiller sinüse geçişine neden olabileceğinden dikkatli kullanılmalıdır. Bu nedenle tanı amacıyla tekrarlayan ve kuvvetli Valsalva manevralarından kaçınılması önerilir (Kwon et al., 2020; Manuel, 2021; Parvini et al., 2018).

Kronik OAF’de fistül yolunun doğrudan görülmesi tanıyı kolaylaştırabilir. Ancak fistül açıklığı küçük olabilir veya granülasyon dokusu tarafından kısmen örtülebilir. Keskin aletlerle agresif sondalamadan kaçınılmalı; değerlendirme sırasında mevcut anatomik yapıların travmatize edilmemesine özen gösterilmelidir. Aktif pürülan drenaj, çevre dokulardaki inflamasyon ve eşlik eden sinüzit bulguları kaydedilmelidir. Ayrıca komşu dişlerin periodontal ve endodontik durumu, devam eden olası odontojenik enfeksiyon odağının belirlenmesi açısından değerlendirilmelidir (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

6.2. Panoramik ve intraoral radyografi

Periapikal ve panoramik radyografiler ilk değerlendirmede yararlı bilgiler sağlayabilir. Bu görüntülerde maksiller sinüs tabanında bütünlüğün bozulması, kök parçası veya yabancı cisim varlığı, periapikal patoloji, sinüs içinde opasite artışı ya da hava-sıvı seviyesi gibi bulgular saptanabilir. Bununla birlikte iki boyutlu görüntüleme yöntemleri, anatomik yapıların süperpozisyonu nedeniyle defektin gerçek boyutunu ve maksiller sinüsün üç boyutlu durumunu her zaman yeterli doğrulukta ortaya koyamayabilir (Alomari et al., 2025; Manuel, 2021; Parvini et al., 2018).

6.3. Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi ve bilgisayarlı tomografi

Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi, OAA/OAF değerlendirmesinde kemik defektinin boyutunu ve lokalizasyonunu, maksiller sinüs tabanının durumunu, komşu dişlerle ilişkileri, olası yabancı cisimleri ve sinüs mukozasındaki kalınlaşmayı üç boyutlu olarak değerlendirme olanağı sağlar. Bu nedenle özellikle kronik veya tekrarlayan olgularda, implantla ilişkili durumlarda ve daha önce başarısız cerrahi girişim uygulanmış hastalarda tedavi planlamasına önemli katkı sunar (Alomari et al., 2025; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

Yaygın sinonazal hastalık, ostiomeatal kompleks tutulumu veya birden fazla paranazal sinüsün etkilenmesinden şüphelenildiğinde, bilgisayarlı tomografi incelemesi ve kulak burun boğaz değerlendirmesi daha kapsamlı bilgi sağlayabilir. Odontojenik sinüzit tanısı yalnızca dental görüntüleme bulgularına dayandırılmamalı; sinonazal semptomlar, gerektiğinde nazal endoskopi bulguları ve odontojenik enfeksiyon odağı birlikte değerlendirilmelidir (Craig et al., 2020; Craig, 2022).

6.4. Sinüzitin değerlendirilmesi

OAF tedavisinde kritik sorulardan biri maksiller sinüsün enfekte olup olmadığıdır. Tek taraflı pürülan burun akıntısı, kötü koku, yüzde basınç hissi, endoskopide orta meatusa pürülan drenaj ve radyolojik opasifikasyon odontojenik sinüziti düşündürür. Güncel multidisipliner

görüş, odontojenik kaynağın diş hekimi veya ağız, diş ve çene cerrahı tarafından; sinüzitin ise özellikle kompleks olgularda kulak burun boğaz uzmanı tarafından doğrulanmasını önermektedir (Craig et al., 2020; Craig, 2022).

7. Tedavi Planlamasını Belirleyen Faktörler

OAA/OAF tedavisinde temel amaç, oral kavite ile maksiller sinüs arasındaki patolojik bağlantıyı ortadan kaldırmak, sinüsün fizyolojik drenajını ve sağlığını yeniden sağlamak ve uzun dönem fonksiyonel rehabilitasyona uygun, stabil bir doku ortamı oluşturmaktır. Tedavi yaklaşımı mümkün olduğunca basitten daha ileri cerrahi yöntemlere doğru planlanmalıdır. Ancak yetersiz veya başarısız bir ilk girişimin sonraki cerrahi işlemleri zorlaştırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle tedavi planlamasında yalnızca defektin boyutu değil; oluşum süresi, lokalizasyonu, eşlik eden sinüs enfeksiyonu, çevre dokuların kalitesi ve ileride planlanabilecek protetik veya implant rehabilitasyonu da dikkate alınmalıdır (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010; Ward, 2022).

7.1. Defekt boyutu

Küçük ve akut dönemdeki oroantral açıklıklar bazı olgularda kendiliğinden kapanabilir. Ancak defekt boyutu arttıkça pıhtının stabilitesinin korunması güçleşir ve cerrahi kapatma gereksinimi artar. Literatürde spontan kapanma açısından 2 mm, 3 mm ve 5 mm gibi farklı boyut sınırları bildirilmiş olmakla birlikte, bu değerler kesin tedavi kriterleri olarak kabul edilmemelidir (Alomari et al., 2025; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010). Güncel yaklaşımlarda küçük, yeni oluşmuş ve enfeksiyon bulgusu bulunmayan açıklıklarda konservatif izlem tercih edilebilirken, daha geniş veya kendiliğinden kapanmayan defektlerde cerrahi flepler ya da rejeneratif yöntemler değerlendirilmektedir (Alomari et al., 2025; Oliva et al., 2024).

7.2. Süre ve epitelizasyon

Yeni oluşmuş OAA ile haftalardır var olan epitelize OAF aynı şekilde yönetilmemelidir. Kronik fistül olgularında epitelize fistül yolunun çıkarılması ve skar dokusunun iyi kanlanan sağlıklı doku sınırlarına kadar uzaklaştırılması gerekir. Daha önce başarısız kapatma girişimi uygulanmış hastalarda lokal dokuların hareketliliği azalabileceğinden, bukkal yağ yastığı veya çok katmanlı kapatma gibi alternatif yöntemler değerlendirilebilir (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Ward, 2022).

7.3. Sinüs enfeksiyonu

Aktif sinüs enfeksiyonu, OAA/OAF tedavisinin başarısını olumsuz etkileyebilecek önemli faktörlerden biridir. Geçmişte fistül kapatılmadan önce sinüzit bulgularının tamamen gerilemesinin beklenmesi yaygın bir yaklaşımken, günümüzde uygun antibiyotik tedavisi, yeterli drenaj ve gerekli olgularda endoskopik sinüs cerrahisi ile enfeksiyon kontrolü sağlanarak eş zamanlı fistül kapatma da uygulanabilmektedir (Andrić et al., 2010; Craig et al., 2020; Craig, 2022). Bu nedenle tedavi zamanlaması her hasta için ayrı değerlendirilmelidir. Karar verilirken enfeksiyonun şiddeti, sinüs drenajının yeterliliği ve eşlik eden sinonazal patolojiler göz önünde bulundurulmalıdır.

Aktif veya kronik odontojenik sinüzitin eşlik ettiği olgularda yalnızca oroantral defektin kapatılması yeterli olmayabilir. Özellikle ostiomeatal kompleks obstrüksiyonu, yaygın sinonazal inflamasyon veya tekrarlayan sinüzit bulunan hastalarda kulak burun boğaz değerlendirmesi yapılmalı ve gerekli durumlarda endoskopik sinüs cerrahisi ile intraoral kapatma birlikte planlanmalıdır. Tedavide temel amaç hem odontojenik kaynağın ortadan kaldırılması hem de sinüs drenajının yeniden sağlanmasıdır (Andrić et al., 2010; Craig et al., 2020; Craig, 2022).

7.4. Lokal doku özellikleri ve rehabilitasyon planlaması

Uygulanacak flebin seçiminde defekt çevresindeki bukkal ve palatinal mukozanın kalitesi, vestibül derinliği, keratinize doku miktarı, defektin lokalizasyonu ve hastanın gelecekteki protetik veya implant tedavisi gereksinimi dikkate alınmalıdır. Bukkal ilerletme flebi güvenilir ve sık kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, vestibül derinliğinde azalmaya neden olabilir. Palatinal flep vestibül derinliğini koruma avantajına sahipken, damakta ikincil bir yara alanı oluşturması hasta konforunu olumsuz etkileyebilir. Bukkal yağ yastığı ise iyi kanlanması ve posterior maksillaya yakın anatomik konumu nedeniyle özellikle geniş defektlerin kapatılmasında uygun bir seçenek olabilir (Anavi, Gal, Silfen, & Calderon, 2003; Egyedi, 1977; Gheisari et al., 2019; Nezafati, Vafaii, & Ghojzadeh, 2012; Ward, 2022). Gelecekte implant tedavisi planlanan hastalarda yalnızca yumuşak doku kapanmasının sağlanması değil, mümkün olduğunca alveoler kemik hacmi ve konturunun korunması veya gerekli durumlarda yeniden oluşturulması da tedavi planının bir parçası olmalıdır (Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Sabatino et al., 2023).

8. Konservatif Tedavi Yaklaşımları

Konservatif tedavi, esas olarak yeni oluşmuş, küçük, enfekte olmayan OAA'larda ve stabil pıhtı oluşumunun mümkün olduğu durumlarda düşünülür. Konservatif yaklaşımın temelini, oluşan pıhtının korunması, oral kavite ile maksiller sinüs arasında basınç farkı oluşturabilecek hareketlerden kaçınılması ve hastanın yakın klinik takibi oluşturur. Hastaya burun sümkürmekten kaçınması, hapşırırken ağzını açık tutması, pipet kullanmaması ve yara bölgesinde emme ya da vakum oluşturabilecek hareketler yapmaması önerilmelidir. Ayrıca ağır fiziksel efor, uçak yolculuğu ve basınç değişikliğine neden olabilecek aktivitelerden bir süre uzak durması konusunda bilgilendirilmelidir (Dergin et al., 2016; Manuel, 2021; Parvini et al., 2019).

Gerektiğinde çekim soketinin kapatılması için primer sütür, sekiz şeklinde sütür veya kollajen içerikli hemostatik materyaller kullanılabilir. Bu materyaller uygulanırken maksiller sinüs içine kaçmamalarına dikkat edilmelidir. Semptomatik sinüzit, pürülan drenaj veya belirgin enfeksiyon riski bulunan hastalarda antibiyotik ve nazal dekonjestan tedavisi, hastanın sistemik durumu ve güncel tedavi prensipleri göz önünde bulundurularak planlanabilir. Bununla birlikte antibiyotik tedavisi, mevcut oroantral açıklığın mekanik olarak kapatılmasının yerini tutmaz; temel amaç enfeksiyon yükünü azaltmak ve gerekli olgularda cerrahi tedavi için uygun koşulları oluşturmaktır (Craig et al., 2020; Craig, 2022; Parvini et al., 2019).

Konservatif olarak izlenen olgularda kontrol büyük önem taşır. Takip sırasında açıklığın kapanmadığı, semptomların devam ettiği veya sinüzit bulgularının geliştiği saptanırsa cerrahi tedaviye geçilmelidir. Kronikleşmiş ve epitelize hale gelmiş OAF'nin yalnızca konservatif önlemlerle kalıcı olarak kapanması beklenmemelidir (Kwon et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

9. Cerrahi Tedavi Yöntemleri

Cerrahi tedavide ortak prensip, enfekte ve epitelize dokuların uzaklaştırılması, gerekiyorsa sinüsün temizlenmesi, yabancı cisimlerin çıkarılması ve defektin iyi vaskülarize dokuyla gerilimsiz şekilde kapatılmasıdır. Kullanılacak teknik hastaya ve defekte göre seçilmelidir; hiçbir flep tüm OAA/OAF olguları için tek başına ideal değildir (Kwon et al., 2020; Oliva et al., 2024; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Visscher et al., 2010; Ward, 2022).

9.1. Bukkal ilerletme flebi

Bukkal ilerletme flebi, OAF cerrahisinde en eski ve en sık kullanılan lokal flep yöntemlerinden biridir. Killey ve Kay'ın (1967) 250 olguluk serisi, bu tekniğin klinik kullanımındaki temel çalışmalardan biri olarak kabul edilmektedir. Yöntemde genellikle defektin bukkalinden geniş tabanlı, trapezoidal ve tam kalınlıkta bir mukoperiostal flep kaldırılır. Flebin gerilimsiz şekilde palatinala doğru ilerletilebilmesi için gerektiğinde periosta kontrollü gevşetici insizyonlar yapılır. Daha sonra flep, de-epitelize edilmiş karşı yara kenarına gerilimsiz biçimde sütüre edilir (Kwon et al., 2020; Manuel, 2021; Ward, 2022).

Tekniğin başlıca avantajları, uygulanmasının görece kolay olması, ek bir donör saha gerektirmemesi, güvenilir kanlanma sağlaması ve küçük ile orta büyüklükteki defektlerde başarılı sonuçlar vermesidir. Bununla birlikte flebin ilerletilmesi vestibül derinliğinin azalmasına yol açabilir. Bu durum özellikle hareketli protez kullanacak veya ileride implant destekli protetik rehabilitasyon planlanan hastalarda dezavantaj oluşturabilir. Flebin aşırı gerilim altında kapatılması, periostal gevşetmenin yetersiz olması ve aktif sinüs enfeksiyonunun devam etmesi yara ayrılması ve cerrahi başarısızlık riskini artırabilir (Gheisari et al., 2019; Kwon et al., 2020; Ward, 2022).

9.2. Palatinal rotasyon flebi

Palatinal flep, büyük palatin arterden beslenen güçlü vasküler yapısı nedeniyle OAF kapatılmasında güvenilir seçeneklerden biridir. Anavi ve arkadaşlarının (2003) 63 gecikmiş OAF olgusunu değerlendirdiği retrospektif çalışmada, palatinal rotasyon flebinin kronik defektlerin kapatılmasında etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Flep hazırlanırken büyük palatin damar-sinir paketinin korunması, flebin defekte yeterli uzunlukta ulaşması ve pedikülde aşırı dönme veya gerilim oluşmaması önemlidir.

Palatinal flebin başlıca avantajlarından biri bukkal vestibül derinliğini koruması ve kalın, keratinize bir doku sağlamasıdır. Bu özellikle premolar ve molar bölgelerde ileride planlanacak protetik rehabilitasyon açısından avantaj sağlayabilir. Bununla birlikte palatinal donör sahada açık yara alanı oluşması, postoperatif ağrı ve iyileşmenin sekonder epitelizasyonla gerçekleşmesi yöntemin dezavantajları arasındadır. Ayrıca geniş ve posterior yerleşimli defektlerde flebin ulaşabileceği mesafe ve mevcut palatinal doku miktarı sınırlayıcı olabilir (Anavi et al., 2003; Kwon et al., 2020; Ward, 2022).

9.3. Bukkal yağ yastığı flebi

Pediküllü bukkal yağ yastığının oral defektlerin kapatılmasında kullanımı, Egyedi'nin (1977) çalışmasıyla literatürde yer bulmuştur. Posterior maksillaya anatomik olarak yakın olması, iyi kanlanması ve kolay mobilize edilebilmesi nedeniyle OAF kapatılmasında sık kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Cerrahi sırasında bukkal flep altından künt diseksiyonla yağ yastığına ulaşılır. Bu aşamada kapsülün gereksiz yere travmatize edilmemesi ve pedikül üzerinde aşırı gerilim oluşturulmaması önemlidir. Mobilize edilen yağ dokusu defekt üzerine taşınarak çevre dokulara suture edilir; bazı tekniklerde ise kısmen veya tamamen bukkal mukoperiostal flep ile örtülür (Dergin et al., 2016; Parvini et al., 2018; Ward, 2022).

Bukkal yağ yastığı flebi özellikle posterior yerleşimli, orta ve büyük boyutlu veya daha önce cerrahi kapatma girişimi başarısız olmuş fistüllerde avantaj sağlayabilir. Uygulanan doku genellikle birkaç hafta içinde epitelize olur. Nezafati ve arkadaşlarının (2012) karşılaştırmalı çalışması ile Gheisari ve arkadaşlarının (2019) 147 olguluk retrospektif serisi, yöntemin OAF kapatılmasında güvenilir sonuçlar sağlayabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte aşırı gerilim, kısmi nekroz, geçici ağız açma kısıtlılığı veya yeterli doku hacminin sağlanamaması gibi komplikasyonlar görülebilir. Bilateral veya çok geniş defektlerde ise kullanılabilir bukkal yağ yastığı hacmi tedavi planlamasında dikkate alınmalıdır.

9.4. Tekniklerin karşılaştırılması ve kombine kapatma

OAA/OAF tedavisinde kullanılan cerrahi yöntemlerin birbirine üstünlüğünü değerlendiren çalışmaların önemli bir bölümü retrospektif tasarıma, sınırlı örneklem büyüklüğüne veya heterojen hasta gruplarına sahiptir. Bu nedenle uzun yıllar boyunca yöntemler arasında kesin bir üstünlük sıralaması yapmak mümkün olmamıştır. Ancak 2024 yılında yayımlanan sistematik derleme ve meta-analizde, bukkal yağ yastığı ile yapılan kapatmaların bazı karşılaştırmalarda bukkal ve palatinal fleplere göre daha düşük nüks oranı ve daha yüksek kapatma başarısı gösterebildiği bildirilmiştir (Oliva et al., 2024). Bununla birlikte bu sonuç, bukkal yağ yastığının her olguda ilk tercih olması gerektiği anlamına gelmemektedir. Cerrahi yöntemin seçiminde defektin lokalizasyonu ve boyutu, çevre dokuların durumu, eşlik eden sinüs patolojisi ve cerrahın deneyimi birlikte değerlendirilmelidir.

Geniş, kronik veya daha önce cerrahi tedaviye rağmen tekrarlamış defektlerde iki veya üç katmanlı kapatma yöntemleri uygulanabilir. Bukkal yağ yastığının bukkal ilerletme flebi ile örtülmesi veya kemik grefti ve bariyer membranın mukozal fleple birlikte kullanılması bu yaklaşımlara örnek olarak verilebilir. Çok katmanlı kapatmada amaç, defekt bölgesinde daha

kalın ve stabil bir doku örtüsü oluşturmak ve farklı doku katmanlarını mümkün olduğunca yeniden yapılandırmaktır. Bununla birlikte daha kapsamlı rekonstrüksiyon yöntemleri daha fazla cerrahi diseksiyon gerektirdiğinden, her olguda rutin olarak uygulanmaları gerekli değildir (Dergin et al., 2016; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

10. Rejeneratif ve Güncel Yaklaşımlar

10.1. Trombositten zengin fibrin (PRF)

Trombositten zengin fibrin (PRF), hastanın kendi kanından elde edilen; fibrin ağı içerisinde trombositler, lökositler ve çeşitli büyüme faktörleri içeren otolog bir biyomateriyaldir. OAA/OAF tedavisinde PRF kullanımının temel amacı, yara bölgesinde biyolojik bir destek oluşturmak, pıhtının stabilitesini artırmak ve yumuşak doku iyileşmesini desteklemektir. Klasik flep cerrahisine kıyasla vestibül derinliğini koruması ve ek bir donör saha gerektirmemesi önemli avantajları arasında yer almaktadır (Almutiri et al., 2026; Hunger et al., 2023; Salgado-Peralvo et al., 2022; Śmieszek-Wilczewska et al., 2024).

Salgado-Peralvo ve arkadaşlarının (2022) sistematik derlemesinde, PRF'nin tek başına veya diğer cerrahi yöntemlerle birlikte OAA/OAF kapatılmasında olumlu sonuçlar sağlayabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte mevcut çalışmaların yöntem açısından heterojen olduğu ve çoğunun sınırlı sayıda hasta içerdiği vurgulanmıştır. Hunger ve arkadaşlarının (2023) prospektif randomize çalışmasında, 3 mm'den büyük OAA'ların tedavisinde PRF ile bukkal ilerletme flebi karşılaştırılmış ve 21. günde her iki grupta benzer kapanma oranları elde edilmiştir. PRF grubunda mukogingival sınırın korunması ise önemli bir klinik avantaj olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, 2024 yılında yayımlanan randomize klinik bir çalışmada da katı PRF uygulamasının konvansiyonel cerrahi yöntemlere alternatif olabileceği bildirilmiştir (Śmieszek-Wilczewska et al., 2024).

2026 yılında yayımlanan sistematik derleme ve meta-analizde, PRF ile tedavi edilen 19 çalışmadaki toplam 442 hasta değerlendirilmiş; özellikle küçük ve orta büyüklükteki defektlerde yüksek kapanma oranları ve düşük morbidite bildirildiği belirtilmiştir (Almutiri et al., 2026). Bununla birlikte çalışmalar arasındaki metodolojik farklılıklar nedeniyle PRF'nin tüm OAA/OAF olgularında klasik flep yöntemlerinin yerini alabileceğini söylemek için mevcut kanıtlar henüz yeterli değildir. Güncel veriler, PRF'nin seçilmiş akut OAA olgularında tek başına veya daha geniş ve kronik defektlerde çok katmanlı kapatma yöntemlerinin bir parçası olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

10.2. Kemik greftleri ve bariyer membranlar

OAF tedavisinde çoğu olguda yumuşak doku kapanmasının sağlanması yeterli olabilir. Ancak geniş kemik defekti bulunan veya ileride implant tedavisi planlanan hastalarda kemik dokusunun yeniden oluşturulması da önem kazanır. Bu amaçla otolog kemik greftleri, kollajen veya rezorbe olabilen bariyer membranlar ve çeşitli kemik greft materyalleri kullanılabilir (Dergin et al., 2016; Manuel, 2021; Parvini et al., 2018). Bu yaklaşımların temel amacı, oral kavite ile maksiller sinüs arasında daha sağlam bir doku bariyeri oluşturmak ve gelecekte planlanabilecek implant tedavisi için uygun kemik desteğini sağlamaktır.

Kemik grefti veya bariyer membran kullanılan olgularda aktif sinüs enfeksiyonunun kontrol altına alınması büyük önem taşır. Enfekte bir bölgeye greft materyali yerleştirilmesi, materyalin kaybına ve rekonstrüksiyonun başarısız olmasına neden olabilir. Bu nedenle biyomateryal kullanımına karar verilirken defektin süresi ve boyutu, sinüs mukozasının durumu, gelecekteki implant tedavisi gereksinimi ve hastanın genel sağlık durumu birlikte değerlendirilmelidir (Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019; Sabatino et al., 2023).

10.3. Güncel tedavi yaklaşımı

Güncel literatür, OAA/OAF tedavisinin tek bir cerrahi yönetime dayandırılmaması, defektin özellikleri ve hastaya ait faktörler doğrultusunda bireyselleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Küçük ve akut OAA'larda pıhtının korunmasına yönelik konservatif yaklaşımlar veya biyolojik materyallerle desteklenen minimal girişimler tercih edilebilir. Küçük ve orta büyüklükteki kronik defektlerde lokal flepler uygun bir seçenek oluştururken, geniş posterior veya tekrarlayan defektlerde bukkal yağ yastığı ve çok katmanlı kapatma yöntemleri değerlendirilebilir. Belirgin sinüs hastalığının eşlik ettiği olgularda ise dental cerrahi ile endoskopik sinüs cerrahisinin birlikte planlanması gerekebilir (Almutiri et al., 2026; Alomari et al., 2025; Craig et al., 2020; Oliva et al., 2024).

11. Postoperatif Bakım ve Komplikasyonlar

Cerrahi sonrası dönemde tedavi başarısının sürdürülebilmesi için flebin korunması ve maksiller sinüs içi basınç artışının önlenmesi önemlidir. Hastaya burun sümürmemesi, hapşırırken ağızını açık tutması, pipet kullanmaması, yara bölgesini emmemesi veya travmatize etmemesi, ağır fiziksel efordan kaçınması ve mümkünse sigara kullanmaması önerilmelidir. Ağız hijyeni korunmalı, cerrahi saha erken dönemde dikkatli şekilde temiz tutulmalıdır. Kullanılan cerrahi yönetime ve enfeksiyon varlığına göre analjezik, antiseptik gargara, nazal

tedavi ve gerekli durumlarda antibiyotik tedavisi planlanabilir (Dergin et al., 2016; Manuel, 2021; Parvini et al., 2019; Ward, 2022).

Erken postoperatif dönemde yara ayrılması, kanama, flep nekrozu, enfeksiyon, hematoma ve ağrı gibi komplikasyonlar görülebilir. Bukkal ilerletme flebinde vestibül derinliğinin azalması, palatinal flepte donör saha ağrısı ve açık yara yüzeyi, bukkal yağ yastığı kullanımında ise kısmi nekroz, skar oluşumu veya geçici ağız açma kısıtlılığı yönüne özgü sorunlar arasında yer alabilir (Gheisari et al., 2019; Kwon et al., 2020; Nezafati et al., 2012; Oliva et al., 2024; Ward, 2022).

Fistülün tekrarladığı olgularda yalnızca açıklığın yeniden sütüre edilmesi yeterli değildir; öncelikle başarısızlığın nedeni araştırılmalıdır. Devam eden sinüzit, rezidüel yabancı cisim, epitelize fistül yolunun yetersiz uzaklaştırılması, flep üzerinde aşırı gerilim, yetersiz kanlanma, sigara kullanımı ve kontrolsüz sistemik hastalıklar nüks riskini artırabilir. Bu olgularda konik ışınli bilgisayarlı tomografi veya bilgisayarlı tomografi ile yeniden değerlendirme yapılması, gerekli durumlarda kulak burun boğaz konsültasyonu istenmesi ve farklı bir iyi kanlanan doku kaynağı ya da çok katmanlı kapatma yönteminin tercih edilmesi uygun olabilir (Alomari et al., 2025; Craig et al., 2020; Parvini et al., 2018; Parvini et al., 2019).

Uzun dönem takip özellikle implant tedavisi planlanan hastalarda önemlidir. Yumuşak doku kapanmasının stabil olduğu, sinüs semptomlarının ortadan kalktığı ve kemik desteğinin yeterli olduğu doğrulanmadan ileri cerrahi işlemlere veya implant yerleştirilmesine geçilmemelidir. Rejeneratif yöntemlerin kullanıldığı olgularda üç boyutlu görüntüleme, gerekli durumlarda kemik iyileşmesinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilir (Parvini et al., 2019; Sabatino et al., 2023).

12. Sonuç

OAA ve OAF, özellikle posterior maksilladaki dentoalveoler ve implant cerrahileri sonrasında görülebilen ve farklı klinik tablolarla seyredebilen komplikasyonlardır. Başarılı tedavinin temelini erken tanı, maksiller sinüsün durumunun doğru değerlendirilmesi ve defektin özelliklerine uygun tedavi yönteminin seçilmesi oluşturur. Küçük, yeni gelişmiş ve enfeksiyon bulgusu bulunmayan açıklıklar konservatif yaklaşımlarla iyileşebilirken, kalıcı veya epitelize hale gelmiş OAF olgularında cerrahi kapatma gereklidir. Bukkal ilerletme ve palatinal flepler uzun yıllardır güvenilir yöntemler olarak kullanılmakta; bukkal yağ yastığı ise özellikle posterior yerleşimli, geniş veya tekrarlayan defektlerde önemli bir seçenek sunmaktadır (Anavi et al., 2003; Egyedi, 1977; Gheisari et al., 2019; Killey & Kay, 1967; Nezafati et al., 2012;

Oliva et al., 2024; Ward, 2022).

Son yıllarda PRF, bariyer membranlar ve kemik greftleri gibi biyolojik ve rejeneratif yöntemlerin kullanımı tedavi seçeneklerini genişletmiştir. Güncel randomize çalışmalar ve sistematik derlemeler, PRF'nin seçilmiş olgularda düşük morbiditeli bir alternatif veya yardımcı materyal olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, bu yöntemlerin klasik flep cerrahisinin yerini tamamen aldığını söylemek için henüz yeterli değildir (Almutiri et al., 2026; Hunger et al., 2023; Oliva et al., 2024; Salgado-Peralvo et al., 2022; Śmieszek-Wilczewska et al., 2024).

Eşlik eden sinüs enfeksiyonu bulunan olgularda yalnızca oroantral defektin kapatılması yeterli olmayabilir. Sinüs drenajının bozulduğu veya yaygın sinonazal hastalığın bulunduğu hastalarda, gerekli durumlarda kulak burun boğaz uzmanının değerlendirilmesi ve endoskopik tedavi seçenekleri de göz önünde bulundurulmalıdır (Andrić et al., 2010; Craig et al., 2020; Craig, 2022). Sonuç olarak OAA/OAF tedavisi; defektin boyutu ve lokalizasyonu, akut veya kronik oluşu, enfeksiyon varlığı, çevre dokuların durumu ve gelecekteki rehabilitasyon gereksinimleri birlikte değerlendirilerek hasta ve defekte özgü olarak planlanmalıdır.

Kaynakça

- Almutiri, M. K., Almutairi, N. A., Almutairy, A. S., Alwosaibai, A. A., Alruwaili, A., Al-Mutairi, F. S., ... Aljazeeri, I. (2026). Platelet-rich fibrin as a therapeutic modality for oroantral communication closure: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oral Health*, 7, 1759248. doi:10.3389/froh.2026.1759248
- Alomari, F., Kota, M. Z., Khan, A. A. G., Alshowail, L. Y. M., Alamer, S. S., Alshahrani, S. A., ... Alqahtani, A. M. (2025). Clinical decision-making algorithm for the management of oroantral fistula: A comprehensive guide. *The Saudi Dental Journal*, 37(7–9), 59. doi:10.1007/s44445-025-00065-4
- Anavi, Y., Gal, G., Silfen, R., & Calderon, S. (2003). Palatal rotation-advancement flap for delayed repair of oroantral fistula: A retrospective evaluation of 63 cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(5), 527–534. doi:10.1016/S1079-2104(03)00470-0
- Andrić, M., Saranović, V., Dražić, R., Brković, B., & Todorović, L. (2010). Functional endoscopic sinus surgery as an adjunctive treatment for closure of oroantral fistulae: A retrospective analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(4), 510–516. doi:10.1016/j.tripleo.2009.10.028
- Craig, J. R., Tataryn, R. W., Aghaloo, T. L., Pokorny, A. T., Gray, S. T., Mattos, J. L., & Poetker, D. M. (2020). Management of odontogenic sinusitis: Multidisciplinary consensus statement. *International Forum of Allergy & Rhinology*, 10(7), 901–912. doi:10.1002/alr.22598
- Craig, J. R. (2022). Odontogenic sinusitis: A state-of-the-art review. *World Journal of Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery*, 8(1), 8–15. doi:10.1002/wjo2.9
- Dergin, G., Emes, Y., Delilbaşı, Ç., & Gürler, G. (2016). Management of the oroantral fistula. In M. H. K. Motamedi (Ed.), *A textbook of advanced oral and maxillofacial surgery* (Vol. 3, pp. 367–385). Rijeka, Croatia: InTech. doi:10.5772/63403
- Egyedi, P. (1977). Utilization of the buccal fat pad for closure of oro-antral and/or oro-nasal communications. *Journal of Maxillofacial Surgery*, 5(4), 241–244. doi:10.1016/S0301-0503(77)80117-3
- Gheisari, R., Zadeh, H. H., & Tavanafar, S. (2019). Oro-antral fistula repair with different surgical methods: A retrospective analysis of 147 cases. *Journal of Dentistry (Shiraz)*, 20(2), 107–112. doi:10.30476/DENTJODS.2019.44920
- Hunger, S., Krennmair, S., Krennmair, G., Otto, S., Postl, L., & Nadalini, D. M. (2023). Platelet-rich fibrin vs. buccal advancement flap for closure of oroantral communications: A prospective clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 27(6), 2713–2724. doi:10.1007/s00784-022-04846-7
- Killey, H. C., & Kay, L. W. (1967). An analysis of 250 cases of oro-antral fistula treated by the buccal flap operation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 24(6), 726–739. doi:10.1016/0030-4220(67)90506-3
- Kwon, M.-S., Lee, B.-S., Choi, B.-J., Lee, J.-W., Ohe, J.-Y., Jung, J.-H., ... Kwon, Y.-D. (2020). Closure of oroantral fistula: A review of local flap techniques. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 46(1), 58–65. doi:10.5125/jkaoms.2020.46.1.58

- Manuel, S. (2021). Oroantral communications and oroantral fistula. In K. Bonanthaya, E. Panneerselvam, S. Manuel, V. V. Kumar, & A. Rai (Eds.), *Oral and maxillofacial surgery for the clinician* (pp. 491–512). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-15-1346-6_24
- Nezafati, S., Vafaii, A., & Ghojazadeh, M. (2012). Comparison of pedicled buccal fat pad flap with buccal flap for closure of oro-antral communication. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(5), 624–628. doi:10.1016/j.ijom.2011.11.011
- Oliva, S., Lorusso, F., Scarano, A., D'Amario, M., & Murmura, G. (2024). The treatment and management of oroantral communications and fistulas: A systematic review and network metanalysis. *Dentistry Journal*, 12(5), 147. doi:10.3390/dj12050147
- Parvini, P., Obreja, K., Sader, R., Becker, J., Schwarz, F., & Salti, L. (2018). Surgical options in oroantral fistula management: A narrative review. *International Journal of Implant Dentistry*, 4, 40. doi:10.1186/s40729-018-0152-4
- Parvini, P., Obreja, K., Begic, A., Schwarz, F., Becker, J., Sader, R., & Salti, L. (2019). Decision-making in closure of oroantral communication and fistula. *International Journal of Implant Dentistry*, 5, 13. doi:10.1186/s40729-019-0165-7
- Sabatino, L., Lopez, M. A., Di Giovanni, S., Pierri, M., Iafrati, F., De Benedetto, L., ... Casale, M. (2023). Odontogenic sinusitis with oroantral communication and fistula management: Role of regenerative surgery. *Medicina*, 59(5), 937. doi:10.3390/medicina59050937
- Salgado-Peralvo, A. O., Mateos-Moreno, M. V., Uribarri, A., Kewalramani, N., Peña-Cardelles, J. F., & Velasco-Ortega, E. (2022). Treatment of oroantral communication with platelet-rich fibrin: A systematic review. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 123(5), e367–e375. doi:10.1016/j.jormas.2022.03.014
- Śmieszek-Wilczewska, J., Balicz, A., Morawiec, T., Al-Maawi, S., Heselich, A., Sader, R., ... Ghanaati, S. (2024). Effectiveness of oroantral communication closure using solid platelet-rich fibrin compared to a conventional treatment approach: A randomized clinical trial. *Journal of Oral Implantology*, 50(1), 3–8. doi:10.1563/aaid-joi-D-23-00108
- Visscher, S. H., van Minnen, B., & Bos, R. R. M. (2010). Closure of oroantral communications: A review of the literature. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(6), 1384–1391. doi:10.1016/j.joms.2009.07.044
- Ward, B. B. (2022). Closure of oral-antral communications. In C. J. Haggerty & R. M. Laughlin (Eds.), *Atlas of operative oral and maxillofacial surgery* (2nd ed., pp. 831–840). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. doi:10.1002/9781119683957.ch61

BÖLÜM 5

MAKSİLLER TRANSVERS YETERSİZLİK VE CERRAHİ DESTEKLİ HIZLI PALATAL GENİŞLETME: TANIDAN CERRAHİ TEDAVİYE

Emel YARDIMCI¹

¹ Araştırma Görevlisi İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı ORCID ID: 0009-0009-9847-2623

1. Giriş

Maksiller transvers yetersizlik, sıklıkla posterior çapraz kapanışla birlikte görülen ve toplumda yaklaşık %4–23 oranında bildirilen dentofasiyal bir maloklüzyondur [1]. Tedavi yaklaşımı, transvers yetersizliğin dental ve iskeletsel bileşenlerinin yanı sıra hastanın büyüme ve iskeletsel maturasyon düzeyine göre belirlenir. Büyüme dönemindeki bireylerde hızlı maksiller genişletme (Rapid Maxillary Expansion, RME) ile etkili iskeletsel genişleme sağlanabilirken, iskeletsel maturasyon ilerledikçe midpalatal ve circummaxillary yapılarıdaki direncin artması konvansiyonel genişletmenin iskeletsel etkisini sınırlar [2], [3], [4].

İskeletsel olarak matür hastalarda diş destekli ekspansiyon kuvvetlerinin daha büyük bir bölümü dentoalveoler yapılara aktarılabilir; bunun sonucunda posterior dişlerde bukkal devrilme ve periodontal yan etkiler görülebilir [4]. Bu hastalarda cerrahi destekli hızlı palatal genişletme (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion, SARPE), osteotomiler aracılığıyla maksillanın transvers genişlemeye karşı gösterdiği iskeletsel direnci azaltarak kontrollü ekspansiyon sağlamayı amaçlayan kombine cerrahi-ortodontik bir tedavi yöntemidir [3], [4]. Osteotomiler temel olarak piriform açıklık, zigomatikomaksiller payanda, pterygomaksiller bileşke ve median palatal sütür gibi önemli direnç bölgelerine yönelik uygulanmaktadır [5].

SARPE uzun süredir klinik olarak uygulanmasına rağmen, ideal osteotomi kapsamı, pterygomaksiller ayrılmanın gerekliliği, midpalatal osteotominin uygulanması ve ekspansiyon apareyinin seçimi konusunda tam bir görüş birliği bulunmamaktadır [6]. Bu nedenle tedavi planlaması; iskeletsel maturasyon, transvers yetersizliğin özellikleri, dentoalveoler ve periodontal durum ile eşlik eden kraniyofasiyal deformiteler dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir.

2. Maksillanın Transvers Büyümesi ve Anatomisi

2.1 Maksiller Gelişim

Maksilla, embriyolojik olarak intramembranöz kemikleşme yoluyla gelişir; büyümesi başlıca sütural apozisyon, yüzeysel remodeling ve çevre fonksiyonel yumuşak doku matriksinin etkisiyle şekillenir. Postnatal maksiller ve palatal büyüme, suturel büyüme ile yüzeysel kemik apozisyonu ve rezorpsiyonunun birlikte gerçekleştiği kompleks bir süreçtir. Midpalatal ve transvers palatal sütürler, özellikle büyüme döneminde palatal genişlik ve uzunluktaki artışa katkıda bulunur [7].

2.2 Midpalatal sütür anatomisi

Midpalatal sütür, birbirine geçmiş kemik çıkıntıları (interdijitasyonlar) ve aralarında yer alan fibröz baē dokusundan oluşan bir eklem yapısıdır. Yaşla birlikte interdijitasyon derecesi artar ve sütür hattı boyunca ilerleyici bir kemikleşme (füzyon) süreci gözlenir; bu biyolojik olgunlaşma, erişkin bireylerde sütürün yalnızca ortodontik kuvvetlerle açılmasını güçleştiren temel etkidir [8].

2.3 Sirkummaksiller strlar

Maksillanın transvers ekspansiyona karşı gsterdiēi direnç, yalnızca midpalatal strden deēil; maksillayı komşu kraniyofasiyal kemiklere baēlayan zigomatikomaksiller, frontomaksiller, pterigomaksiller ve internazal strlardan oluşan ve bir bütün olarak "sirkummaksiller sütür sistemi" adı verilen yapılardan da kaynaklanır. Bu anatomik direnç bölgelerinin anlaşılması, özellikle SARPE sırasında gerekli osteotomi ve pterigomaksiller ayrılma düzeyinin belirlenmesi açısından önem taşır [9].

2.4 Yaşa baēlı sütür maturasyonu

Midpalatal sütür maturasyonu yaşla genel olarak ilerlemekle birlikte, füzyonun zamanlaması bireyler arasında belirgin deēiřkenlik göstermektedir. Bu nedenle kronolojik yaş tek başına sütürün aıklıēını veya konvansiyonel ekspansiyona vereceēi yanıtı güvenilir biçimde öngöremez. Servikal vertebral maturasyon ile midpalatal sütür maturasyonu arasında güçlü bir ilişki bildirilmiş olmakla birlikte, özellikle geç adölesan ve genç erişkinlerde bireysel sutur morfolojisinin konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile doērudan deēerlendirilmesi tedavi seçimine ek bilgi saēlayabilir [10].

2.5 Kemik biyolojisi

Midpalatal sütürün mekanik olarak ayrılması, sütür dokusunda gerilim oluşturarak hücresel proliferasyon, osteoblastik aktivite ve sütür kenarlarından yeni kemik oluşumunu tetikler. Ekspansiyon sonrasında oluşan sütür aralıēının progresif kemik formasyonu ile yeniden mineralize olması, elde edilen iskeletsel geniřliēin stabilizasyonunda temel rol oynar [11].

3. Maksiller Transvers Darlığın Etiyolojisi

3.1 Genetik faktörler

Kraniyofasiyal ve dentoalveoler morfoloji hem genetik hem de çevresel faktörlerin etkisi altında gelişmektedir. İkiz çalışmalarına dayanan veriler, özellikle maksiller ark genişliği, uzunluğu ve şekli gibi intra-ark özelliklerinde kalıtsal bir bileşen bulunduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte, posterior çapraz kapanış gibi inter-ark ilişkilerinde genetik etkinin daha sınırlı olduğu ve çevresel-fonksiyonel faktörlerin önemli rol oynadığı bildirilmektedir [12].

3.2 Kraniofasiyal anomaliler

Konjenital kraniyofasiyal anomaliler, maksillanın büyüme paternini ve üç boyutlu morfolojisini etkileyerek transvers maksiller yetersizliğe zemin hazırlayabilir. Bu durum özellikle dudak-damak yarıkları ve sendromik kraniyosinostozlar gibi orta yüz gelişiminin doğrudan etkilendiği anomalilerde önem taşır. Dudak-damak yarıklı bireylerde maksiller morfoloji hem primer anomalinin oluşturduğu anatomik farklılıklardan hem de büyüme döneminde gerçekleştirilen cerrahi girişimlerden etkilenmektedir. Özellikle palatal cerrahiler sonrasında gelişen skar kontraksiyonunun maksiller büyümeyi sınırlayabileceği; bunun sagittal, vertikal ve transvers boyutlarda büyüme bozukluklarına katkıda bulunabileceği bildirilmiştir [13], [14]. Bununla birlikte, maksiller hipoplazinin yalnızca cerrahiye bağlanması doğru değildir; yarığın intrinsik anatomik özellikleri, fonksiyonel adaptasyonlar ve uygulanan tedavi protokolü de gelişen deformitenin derecesini etkileyebilir [13], [14].

İskeletsel maturasyonunu tamamlamış dudak-damak yarıklı hastalarda transvers maksiller yetersizliğin tedavisi ayrıca özellik göstermektedir. Yakın tarihli bir sistematik derlemede, daha önce geçirilmiş cerrahilere bağlı skar dokusu, değişmiş maksiller anatomi ve artmış kraniyofasiyal iskeletsel direncin geleneksel ortopedik ekspansiyonun etkinliğini sınırlayabileceği ve bu hastalarda cerrahi destekli transvers ekspansiyon yöntemlerinin bireyselleştirilerek planlanması gerektiği vurgulanmıştır [15].

Apert, Crouzon ve Pfeiffer sendromları gibi sendromik kraniyosinostozlarda ise kraniyal sütürlerin erken füzyonuna eşlik eden orta yüz gelişim bozukluğu nedeniyle maksiller hipoplazi sık görülür. Bu deformite yalnızca sagittal retrüzyondan ibaret olmayıp vertikal ve transvers

bileşenler de içerebilir. Bu nedenle söz konusu hastalarda maksiller transvers yetersizlik izole bir dentoalveoler problem olarak değil, bütüncül kraniyofasiyal deformitenin bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Tedavi planlaması hastanın büyüme durumu, oklüzal ilişkileri, hava yolu, orbital ve kraniyal morfolojisi ile daha önce uygulanmış kraniyofasiyal girişimler dikkate alınarak multidisipliner biçimde yapılmalıdır.

3.3 Fonksiyonel nedenler

Maksillanın transvers gelişimi, kraniyofasiyal büyüme sürecinde solunum paterni ve orofasiyal kas fonksiyonları gibi çevresel ve fonksiyonel faktörlerle ilişkili olabilir. Özellikle çocukluk ve adolesan dönemde görülen ağız solunumu, maksiller dental ark ve palatal morfolojideki farklılıklarla ilişkilendirilmiştir. Ağız solunumu; adenoid veya tonsiller hipertrofi, alerjik rinit ve diğer nazal ya da faringeal obstrüksiyonlara sekonder olarak gelişebileceği gibi fonksiyonel bir alışkanlık şeklinde de devam edebilir [16].

Güncel bir sistematik derleme ve meta-analizde, ağız solunumu yapan çocuk ve adolesanlarda normal nazal solunum gösteren bireylere kıyasla maksiller interkanin ve intermolar genişliklerin anlamlı olarak daha düşük olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada posterior bölgede palatal derinliğin daha fazla olduğu ve posterior çapraz kapanışın ağız solunumu yapan bireylerde daha sık görüldüğü saptanmıştır [16]. Bununla birlikte, palatal genişliğin doğrudan ölçümlerinde gruplar arasında anlamlı farklılık gösterilememiştir. Bu nedenle ağız solunumunun doğrudan “iskeletsel maksiller darlığa neden olduğu” şeklinde yorumlanması yerine, dar maksiller dental ark ve değişmiş palatal morfoloji ile ilişkili bir faktör olarak tanımlanması daha uygundur.

Parmak veya emzik emme gibi besleyici olmayan emme alışkanlıkları da gelişim döneminde orofasiyal kuvvet dengesini değiştirerek dentoalveoler morfolojiyi etkileyebilir. Bu alışkanlıkların özellikle uzun süre devam etmesi posterior çapraz kapanış ve diğer maloklüzyonlarla ilişkilendirilmiştir [17]. Bununla birlikte, fonksiyonel alışkanlıklar ile maksiller transvers yetersizlik arasındaki ilişkinin şiddeti; alışkanlığın tipi, süresi ve sıklığının yanı sıra bireyin büyüme paterni ve eşlik eden solunum yolu problemlerine göre değişebilir. Bu nedenle bu faktörler maksiller transvers darlığın tek başına nedeni olarak değil, büyüme döneminde dentoalveoler ve kraniyofasiyal gelişimi etkileyebilecek katkıda bulunan faktörler olarak değerlendirilmelidir.

3.4. Gelişimsel ve dentoalveoler faktörler

Maksiller transvers yetersizlik; dental, dentoalveoler ve iskeletsel bileşenlerin farklı oranlarda katkıda bulunduğu bir kraniyofasiyal uyumsuzluktur. Posterior çapraz kapanış, dar maksiller ark, dental crowding ve artmış bukkal koridor gibi bulgular maksiller transvers yetersizliğe eşlik edebilmekle birlikte, posterior çapraz kapanış tek başına iskeletsel maksiller darlığın göstergesi olarak kabul edilmemelidir. Bu nedenle transvers uyumsuzluğun değerlendirilmesinde dental kompanzasyonlar ile gerçek iskeletsel yetersizliğin birbirinden ayırt edilmesi önem taşır [4], [18].

Çocukluk döneminde saptanan posterior çapraz kapanışın doğal seyri değişkendir. Geleneksel olarak posterior çapraz kapanışın spontan olarak düzelme olasılığının düşük olduğu kabul edilmiş olmakla birlikte, güncel uzun dönem çalışmalar ve sistematik derlemeler bazı olgularda süt dentisyonundan karma veya daimi dentisyona geçiş sırasında spontan düzelmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte bildirilen spontan düzelme oranları çalışmalar arasında belirgin farklılık gösterdiğinden, posterior çapraz kapanışın tüm hastalarda kendiliğinden düzeleceği veya tüm olgularda kalıcı olacağı şeklinde bir genelleme yapılması uygun değildir [19], [20].

İskeletsel transvers uyumsuzluğun büyüme sonuna kadar devam ettiği hastalarda ise tedavi yaklaşımı daha karmaşık hale gelmektedir. İskeletsel maturasyonla birlikte maksillanın çevre kraniyofasiyal yapılarla olan bağlantılarındaki direnç artmakta ve konvansiyonel diş destekli ekspansiyonla elde edilen değişimin daha büyük bölümü dentoalveoler düzeyde gerçekleşebilmektedir. Bu durum erişkin hastalarda dental tipping, alveoler bending ve periodontal yan etkiler gibi istenmeyen sonuçların ortaya çıkmasına katkıda bulunabilir [2], [4]. Bu nedenle iskeletsel olarak matür hastalarda tedavi yöntemi; transvers yetersizliğin büyüklüğü ve iskeletsel bileşeni, periodontal durum ve eşlik eden sagittal veya vertikal deformiteler dikkate alınarak seçilmeli; uygun olgularda miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE), surgically assisted rapid maxillary expansion (SARPE/SARME) veya segmental Le Fort I osteotomisi gibi iskeletsel ekspansiyonu hedefleyen yöntemler değerlendirilmelidir [2], [4].

4. Tanı ve Değerlendirme

4.1 Klinik muayene

Maksiller transvers yetersizliğin tanısı, dental ve iskeletsel bileşenlerin birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir klinik muayene ile başlamalıdır. Posterior çapraz kapanışın varlığı, tek veya çift taraflı olması ve kapanış sırasında mandibulada fonksiyonel kayma gelişip gelişmediği değerlendirilmelidir. Özellikle tek taraflı posterior çapraz kapanışta sentrik ilişki ile maksimum interküspidasyon arasındaki mandibular kaymanın belirlenmesi, gerçek unilateral iskeletsel asimetri ile fonksiyonel posterior çapraz kapanışın ayırt edilmesinde önemlidir [21], [22].

Posterior çapraz kapanış tek başına iskeletsel maksiller darlığın göstergesi değildir. Maksiller dişlerin bukkale, mandibular dişlerin ise linguale eğimlenmesi şeklindeki dentoalveoler kompanzasyon, altta yatan iskeletsel uyumsuzluğu maskeleyebilir [22], [23]. Güncel veriler, posterior çapraz kapanış bulunan bazı bireylerde gerçek iskeletsel maksiller transvers yetersizlik bulunmadığını; buna karşılık belirgin dental kompanzasyon nedeniyle çapraz kapanış göstermeyen hastalarda da iskeletsel transvers yetersizliğin mevcut olabileceğini göstermektedir [23].

4.2 Radyolojik değerlendirme

Posteroanterior sefalometri maksillomandibular transvers ilişkinin değerlendirilmesinde kullanılabilmekle birlikte, iki boyutlu görüntülemeye bağlı süperpozisyon ve landmark belirleme güçlükleri önemli sınırlılıklardır [24], [25]. KIBT, bazal kemik ve alveoler genişliklerin yanı sıra posterior diş inklınasyonlarının üç boyutlu değerlendirilmesine olanak sağlayarak iskeletsel ve dentoalveoler bileşenlerin ayrımında avantaj sağlar [26]. Bununla birlikte, maksiller transvers yetersizlik için evrensel olarak kabul edilmiş tek bir KIBT analiz yöntemi veya tanısal eşik bulunmamaktadır. Bu nedenle radyolojik bulgular klinik muayene ve dental ark ölçümleriyle birlikte değerlendirilmelidir [26], [27].

4.3 Transvers analiz yöntemleri

Maksillomandibular transvers ilişkinin değerlendirilmesi için çeşitli iki ve üç boyutlu analiz yöntemleri tanımlanmıştır. Güncel yaklaşımlar, yalnızca dental ark genişliğini ölçmek yerine

maksiller ve mandibular iskeletsel genişlik ile dentoalveoler kompanzasyonun birlikte değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Sonuç olarak maksiller transvers yetersizliğin tanısı, tek bir indeks veya ölçüme dayandırılmamalıdır. Klinik oklüzyon, mandibular fonksiyonel kayma, dentoalveoler kompanzasyon, dental ark morfolojisi ve gerektiğinde üç boyutlu iskeletsel ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi, özellikle iskeletsel olarak matür ve cerrahi veya iskeletsel destekli ekspansiyon düşünülen hastalarda daha güvenilir bir tanısal yaklaşım sağlar [26], [28].

5. Endikasyonlar

SARPE'nin temel endikasyonu, iskeletsel gelişimini tamamlamış bireylerde görülen belirgin maksiller transvers iskeletsel yetersizliktir. İskeletsel maturasyonla birlikte midpalatal ve circummaxillary yapılarındaki direncin artması, konvansiyonel hızlı maksiller ekspansiyonun iskeletsel etkisini sınırlayarak dental tipping ve periodontal yan etkilere neden olabilir [4], [29]. Tek veya çift taraflı iskeletsel posterior çapraz kapanış, belirgin maksillomandibular transvers uyumsuzluk ve ortodontik yöntemlerle yeterli iskeletsel genişlemenin sağlanamayacağı olgular başlıca endikasyonlar arasındadır [4], [29].

SARPE ayrıca belirgin transvers yetersizliğin sagittal veya vertikal dentofasiyal deformitelere eşlik ettiği hastalarda ortognatik cerrahi öncesi aşamalı tedavinin bir parçası olarak uygulanabilir [30]. Maksiller darlığa eşlik eden dental crowding bulunan seçilmiş hastalarda ark çevresinin artırılmasına katkı sağlayabilir. SARPE sonrasında nazal hava yolu boyutlarında ve solunum parametrelerinde iyileşme bildirilmiş olmakla birlikte, mevcut kanıtlar obstrüktif uyku apnesinin tek başına rutin bir SARPE endikasyonu olarak kabul edilmesi için yeterli değildir [31].

6. Kontrendikasyonlar

SARPE için kesin olarak tanımlanmış evrensel bir kontrendikasyon listesi bulunmamakla birlikte, kontrolsüz sistemik hastalıklar, aktif oral veya periodontal enfeksiyon, yetersiz periodontal destek ve elektif cerrahi riskini kabul edilemez düzeyde artıran durumlar tedavi öncesinde dikkatle değerlendirilmelidir [4], [29]. Ayrıca aygıt aktivasyonu, retansiyon ve postoperatif kontrollere yeterli uyum gösteremeyecek hastalarda tedavinin başarısı ve öngörülebilirliği azalabilir.

Gerçek iskeletsel transvers yetersizliğin bulunmadığı ve problemin esas olarak dentoalveoler olduğu hastalarda SARPE endike değildir. Benzer şekilde, iskeletsel olarak matür hastalarda dahi uygun olgularda Mini-implant destekli hızlı palatal ekspansiyon (MARPE) gibi daha az invaziv yöntemlerle yeterli genişleme sağlanabileceğinden, cerrahi gereksinim yalnızca kronolojik yaşa göre değil; iskeletsel maturasyon, transvers darlığın şiddeti ve dentoalveoler-periodontal özellikler birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir [4], [29].

7. Tedavi Alternatifleri

7.1 Konvansiyonel Hızlı Lalatal Ekspansiyon

Hızlı palatal ekspansiyon (RPE), büyüme dönemindeki maksiller transvers yetersizliğin tedavisinde temel yaklaşımlardan biridir. Midpalatal ve circummaxillary sütürlerin daha düşük mekanik direnç göstermesi nedeniyle çocuk ve erken adölesanlarda belirgin iskeletsel genişleme elde edilebilir. İskeletsel maturasyon ilerledikçe sütural direnç artar ve konvansiyonel diş destekli RPE'nin iskeletsel etkisi azalırken dentoalveoler yan etkilerin görülme olasılığı artar [10], [32].

7.2 Mini-implant Destekli Hızlı Palatal Ekspansiyon

Mini-implant destekli hızlı palatal ekspansiyon (MARPE), ekspansiyon kuvvetlerinin bir bölümünü veya tamamını palatal mini-implantlar aracılığıyla maksiller kemiğe aktararak dentoalveoler yan etkileri azaltmayı ve iskeletsel genişlemeyi artırmayı amaçlar. Özellikle geç adölesan ve genç erişkinlerde SARPE'ye daha az invaziv bir alternatif oluşturabilir. Bununla birlikte tedavi başarısı; yaş, midpalatal sütür maturasyonu, kraniyofasiyal direnç ve kullanılan apaneyin tasarımı gibi faktörlerden etkilenmektedir [33], [34].

7.3 SARPE

Cerrahi destekli hızlı palatal genişletme (Surgically assisted rapid palatal expansion, SARPE), iskeletsel olarak matür ve belirgin maksiller transvers yetersizliği bulunan hastalarda kullanılan cerrahi destekli ekspansiyon yöntemidir. Osteotomiler aracılığıyla maksillanın transvers genişlemeye karşı gösterdiği iskeletsel direncin azaltılmasını takiben ekspansiyon apaneyiyle kademeli genişleme sağlanır. Özellikle konvansiyonel veya mini-implant destekli ekspansiyonun yetersiz ya da öngörülemez olduğu erişkin hastalarda etkili bir tedavi seçeneğidir [4], [35].

7.4 Segmental Le Fort I Osteotomisi

Maksiller transvers yetersizliğe belirgin sagittal ve/veya vertikal dentofasiyal deformitenin eşlik ettiği hastalarda segmental Le Fort I osteotomisi tercih edilebilir. Bu yöntem, maksillanın transvers genişletilmesi ile sagittal ve vertikal yeniden konumlandırılmasının aynı cerrahi seansta gerçekleştirilmesine olanak sağlar. SARPE ile segmental Le Fort I arasındaki seçim; gerekli genişleme miktarı, eşlik eden deformiteler ve planlanan ortognatik hareketlere göre yapılmalıdır [30].

7.5 Distraksiyon Osteogenezi

Distraksiyon osteogenezi, osteotomize kemik segmentlerinin kontrollü ve kademeli olarak birbirinden uzaklaştırılmasıyla arada yeni kemik oluşumunun sağlandığı biyolojik bir süreçtir ve klasik olarak latent, distraksiyon ve konsolidasyon evrelerinden oluşur [36]. Kraniyofasiyal bölgede maksiller veya orta yüz hipoplazilerinin düzeltilmesinde çeşitli distraksiyon teknikleri kullanılabilir. SARPE sonrasında oluşan kemik iyileşmesi ve kademeli ekspansiyon bu süreçle bazı biyolojik prensipleri paylaşmakla birlikte, SARPE klasik distraksiyon osteogenezi ile eşdeğer bir yöntem olarak değerlendirilmemelidir.

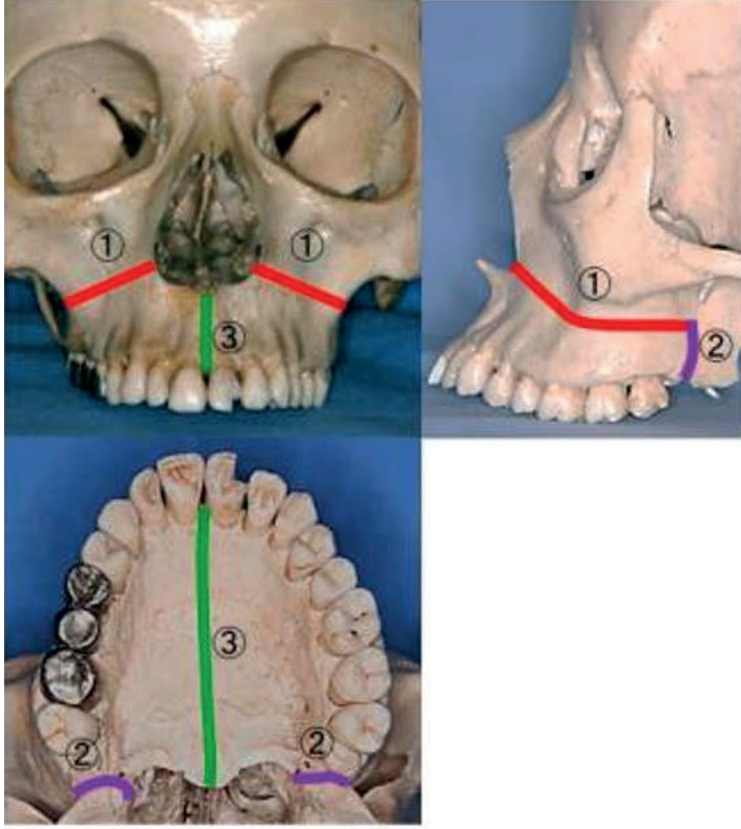
Maksiller transvers yetersizliğin tedavisinde kullanılan başlıca ekspansiyon yöntemleri, uygun hasta grupları, beklenen iskeletsel etkileri ve temel dezavantajları açısından Tablo 1'de karşılaştırılmıştır.

Yöntem	Uygun Hasta Grubu	İskeletsel Etki	Başlıca Dezavantaj
Konvansiyonel RPE	Büyüme dönemindeki hastalar	Yüksek	İskeletsel maturasyonla etkinliğin azalması ve dentoalveoler yan etkiler
MARPE	Geç adölesan ve seçilmiş erişkin hastalar	Orta–Yüksek	İleri sütür maturasyonunda başarısızlık riski; mini-implant ilişkili komplikasyonlar
SARPE	Belirgin iskeletsel transvers yetersizliği olan iskeletsel matür hastalar	Yüksek	Cerrahi morbidite, maliyet ve olası asimetrik ekspansiyon
Segmental Le Fort I	Transvers darlığa sagittal ve/veya vertikal maksiller deformitenin eşlik ettiği hastalar	Yüksek	Daha invaziv cerrahi; segmental komplikasyon ve relaps riski
Distraksiyon osteogenezi	Seçilmiş ciddi kraniofasiyal/maksiller deformiteler	Yüksek	Uzun tedavi süresi, ek distraksiyon aygıtı ve hasta uyumu gereksinimi

Tablo 1. Maksiller transvers yetersizliğin tedavisinde kullanılan başlıca ekspansiyon yöntemlerinin klinik özelliklerinin karşılaştırılması

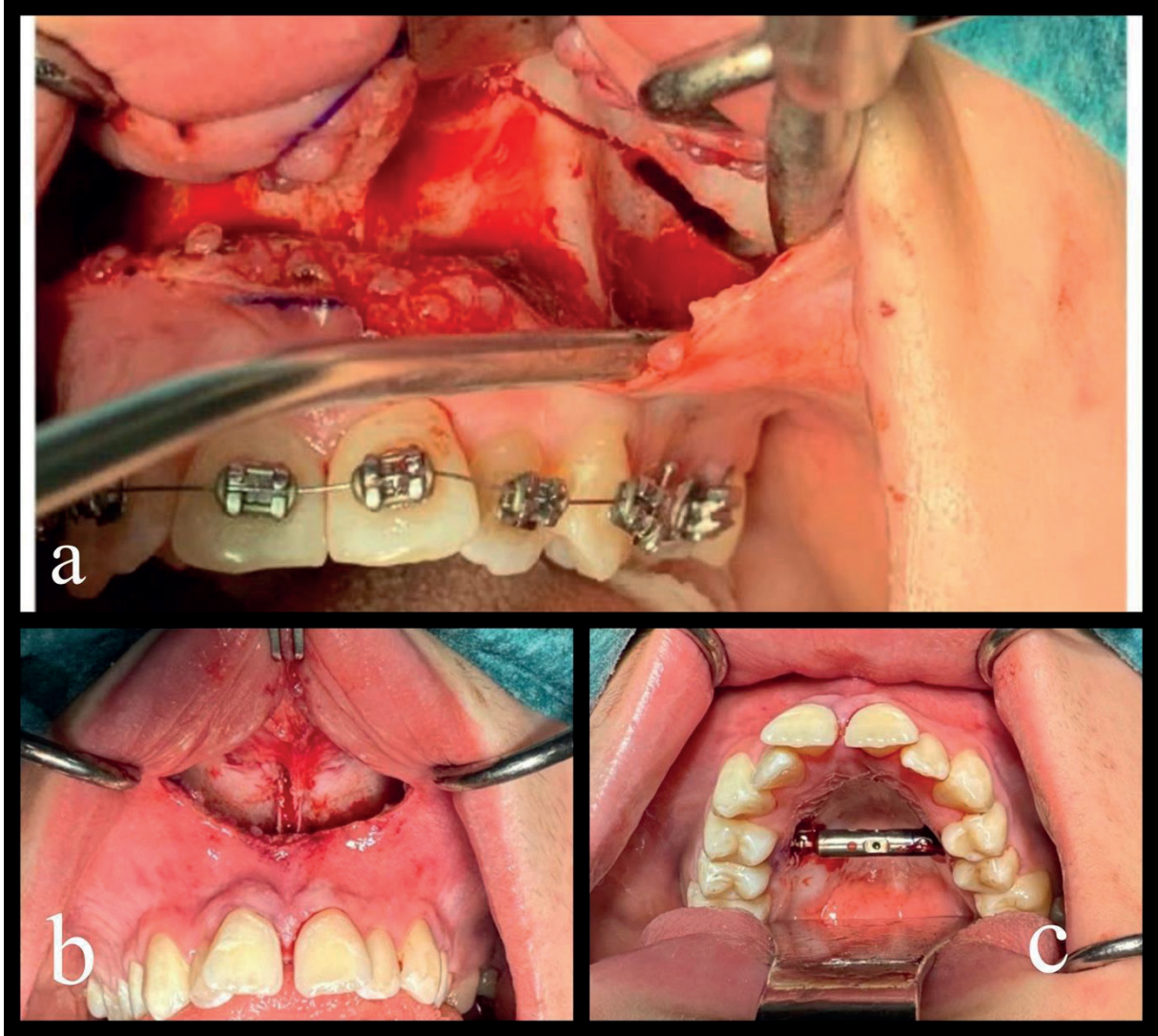
8. Cerrahi Teknik

SARPE genellikle genel anestezi altında gerçekleştirilir. Maksiller vestibüler insizyonu takiben mukoperiostal flep kaldırılarak piriform rim, maksillanın lateral duvarı ve zigomatikomaksiller buttress ekspozé edilir. Osteotomiler, piriform rimden posteriora doğru zigomatikomaksiller buttressi geçecek şekilde uygulanarak maksillanın lateral direnci azaltılır (Şekil 1 ve Şekil 2a) [37].



Şekil 1. SARPE'de temel osteotomi hatlarının şematik gösterimi. 1) Piriform rimden pterigoid plağa uzanan lateral maksiller osteotomi, 2) pterigomaksiller bileşkenin ayrılması ve 3) midpalatal sütün ayrılması. Okuhashi ve ark.'dan [38]'dan alınmıştır.

Ardından sağ ve sol maksiller segmentlerin ayrılmasını kolaylaştırmak amacıyla midpalatal osteotomi gerçekleştirilebilir (Şekil 2b). Cerrahi protokole bağlı olarak posterior direnci azaltmak için pterygomaksiller ayrılma da osteotomiye eklenebilir. Bununla birlikte, pterygomaksiller ayrılmanın uygulanması ve osteotomilerin kapsamı konusunda standart bir yaklaşım bulunmamaktadır [37]. Osteotomiler tamamlandıktan sonra ekspansiyon apareyi intraoperatif olarak aktive edilerek maksiller segmentlerin mobilitesi ve simetrik ayrılma kontrol edilir (Şekil2c). Daha sonra aparey geri alınarak veya sınırlı aktivasyonda bırakılarak cerrahi alan kapatılır. Çalışmalarda genellikle 3–7 günlük latent dönem sonrasında kademeli aktivasyona başlanmış; ancak aktivasyon hızı ve protokolünün kullanılan aparey ve cerrahi tekniğe göre değişebildiği bildirilmiştir [37].



Şekil 2. SARPE'nin temel cerrahi aşamaları. a) Lateral maksiller osteotominin gerçekleştirilmesi, b) midpalatal osteotomi ve maksiller segmentlerin ayrılması, c) ekspansiyon apareyinin intraoperatif aktivasyonu ile segment mobilitesinin ve simetrik ayrılmanın kontrolü. Nowak ve ark.'dan [39] alınmıştır.

8.1 Pterygomaksiller ayrılma gerekli mi?

SARPE, iskeletsel gelişimini tamamlamış bireylerde görülen maksiller transvers yetersizliğin tedavisinde kullanılan kombine cerrahi ve ortodontik bir yöntemdir [40]. Bu teknik, erişkin hastalarda midpalatal ve çevre maksiller sutureların olgunlaşması sonucu artan biyomekanik direncin ortadan kaldırılmasını ve kontrollü iskeletsel ekspansiyon elde edilmesini amaçlar [41].

Klasik SARPE prosedürü genellikle genel anestezi altında uygulanır ve maksillanın tamamen aşağı alınmadığı modifiye bir Le Fort I osteotomisi ile birlikte median palatal osteotomi ve

uygun bir ekspansiyon apareyinin yerleştirilmesini içerir [42]. Cerrahi yaklaşımın kapsamı hastanın anatomik özelliklerine, transvers yetersizliğin derecesine ve cerrahın tercih ettiği tekniğe göre değişiklik gösterebilir.

SARPE sırasında tartışmalı aşamalardan biri pterygomaksiller ayrılmanın (pterygomaxillary disjunction, PMD) uygulanıp uygulanmamasıdır. Bu işlem, maksillanın pterigoid çıkıntılardan kontrollü olarak ayrılmasını amaçlar ve genellikle eğimli bir osteotom veya keski yardımıyla gerçekleştirilir. Pterygomaksiller bölge, inen palatin kanal, sfenopalatin fossa ve maksiller arterin önemli dallarını içermesi nedeniyle anatomik açıdan yüksek dikkat gerektiren bir alandır [29]. Bu nedenle osteotominin kontrollü yapılması, intraoperatif kanamanın önlenmesi, vasküler yapıların korunması ve nadir de olsa gelişebilecek postoperatif hemoraji veya maksiller avasküler nekroz gibi ciddi komplikasyonların önüne geçilmesi açısından büyük önem taşımaktadır [43].

Buna rağmen, pterygomaksiller ayrılmanın rutin olarak uygulanmasının gerekliliği günümüzde hâlâ tartışmalıdır [29]. Bir grup araştırmacı, posterior direnç bölgelerinin serbestleştirilmesiyle daha homojen iskeletsel ekspansiyon elde edilebileceğini savunurken, diğerleri pterigoid venöz plexus ve komşu nörovasküler yapıların yaralanma riskini gerekçe göstererek bu aşamanın seçilmiş olgularda uygulanmasını önermektedir [42]. Güncel sistematik derlemeler ve meta-analizler de PMD'nin iskeletsel genişleme üzerine olumlu etkileri olabileceğini bildirmekle birlikte, mevcut kanıtların metodolojik açıdan sınırlı olduğunu ve rutin kullanımına ilişkin kesin bir öneride bulunabilmek için daha yüksek kalitede klinik çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir [44].

9. Komplikasyonlar

9.1 İntraoperatif

Osteotomiler sırasında özellikle pterygomaksiller bölgede beklenmedik kanama, öngörülemeyen fraktür hatları nedeniyle diş köklerinde hasar, nazal veya palatal mukozada yırtık ve nadiren infraorbital ya da nazopalatin sinirde yaralanma bildirilmiştir [42], [45]. Kanazawa ve arkadaşları, osteotom kullanılmadan yapılan pterygomaksiller ayrılmalarda dahi öngörülemeyen pterigoid çıkıntı fraktürlerinin oluşabildiğini göstererek bu bölgenin dikkatli yönetiminin önemine dikkat çekmiştir [42], [45].

9.2 Erken postoperatif

Ağrı, ödem ve nadiren yara yeri enfeksiyonu, SARPE sonrası erken dönemde görülebilen, genellikle konservatif yöntemlerle yönetilebilen komplikasyonlardır [45].

9.3 Geç komplikasyonlar

Uzun dönemde relaps, gingival resesyon, diş devrilmesi, asimetrik genişleme ve nadiren nazal septum deviasyonu bildirilmiştir. Bu komplikasyonların sıklığı ve şiddeti, seçilen osteotomi kapsamına ve kullanılan aygıt tipine göre değişiklik göstermektedir [4].

10. Stabilite ve Relaps

SARPE sonrası stabilite, dental ve iskeletsel relaps olmak üzere iki bileşende değerlendirilir; dental relaps genellikle dişlerin aksiyel eğiminin geri dönmesiyle, iskeletsel relaps ise genişletilen sütürün kısmi olarak kapanmasıyla ilişkilidir. Anttila ve arkadaşlarının uzun dönem takip çalışması, tek başına lateral osteotomi ile dahi kabul edilebilir stabilite elde edilebileceğini göstermiştir [46]; Strömberg ve Holm'un retrospektif uzun dönem takibi de erişkin hastalarda SARPE sonrası genişlemenin büyük ölçüde korunduğunu bildirmiştir [47].

Risk faktörleri arasında yetersiz retansiyon süresi, seçilen osteotomi kapsamının hastanın direnç yapılarına göre yetersiz kalması ve aygıt seçimi (diş destekli sistemlerde görülen dişsel devrilmeye bağlı psödo-stabilite) sayılabilir. Koudstaal ve arkadaşlarının randomize çalışması, kemik destekli sistemlerin diş destekli sistemlere kıyasla daha az dişsel devrilme ve dolayısıyla daha güvenilir iskeletsel stabilite sağlayabileceğine işaret etmektedir [35]. Bays ve Greco'nun tanımladığı ayaktan tedavi protokolü de uzun dönemde stabilitenin korunduğunu destekleyen bir diğer kaynaktır [20].

11. Gelecek Perspektifleri

Dijital cerrahi planlama araçları, KIBT verileri üzerinden sanal osteotomi simülasyonu yapılmasına ve osteotomi hatlarının hastaya özgü anatomiye göre önceden belirlenmesine olanak tanımaktadır. Yapay zekâ destekli analiz yöntemlerinin, iskeletsel olgunluk değerlendirmesi ve tedavi planlamasında karar destek sistemleri olarak kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. 3D printing teknolojisi, cerrahi kılavuzların ve hastaya özgü (patient-specific) distraktör sistemlerinin üretilmesine imkân sağlayarak cerrahi hassasiyeti artırma potansiyeli taşımaktadır. Navigasyon destekli cerrahi ve robotik cerrahi uygulamaları ise henüz

SARPE için yaygın klinik kullanıma girmemiş olsa da kraniyomaksillofasiyal cerrahinin genel gelişim yönünü yansıtan, izlenmesi gereken alanlar arasındadır.

12. Sonuç

Mevcut kanıtlar, iskeletsel gelişimini tamamlamış ve belirgin iskeletsel transvers yetersizliği bulunan hastalarda SARPE'nin güvenilir ve öngörülebilir bir tedavi seçeneği olduğunu desteklemektedir. Ancak osteotomi kapsamı, pterygomaksiller ayrılmanın rutin uygulanıp uygulanmayacağı ve aygıt seçimi gibi konularda daha yüksek kanıt düzeyine sahip, standardize çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Klinik karar algoritması, hastanın yaşı ve iskeletsel olgunluk düzeyinin, darlığın şiddeti ve simetrisinin, eşlik eden sagittal/vertikal maloklüzyon varlığının ve hastanın cerrahi risk toleransının bütüncül olarak değerlendirilmesine dayanmalıdır. Özetle; doğru hasta seçimi, uygun osteotomi tasarımı, hastaya özgü aygıt seçimi ve yeterli retansiyon süresi, SARPE'nin başarısını belirleyen temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] B. Thilander and B. Lennartsson, "A Study of Children with Unilateral Posterior Crossbite, Treated and Untreated, in the Deciduous Dentition," *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, vol. 63, no. 5, pp. 371–383, Sep. 2002, doi: 10.1007/s00056-002-0210-6.
- [2] L. M. Banning, N. Gerard, B. J. Steinberg, and E. Bogdanoff, "Treatment of transverse maxillary deficiency with emphasis on surgically assisted-rapid maxillary expansion.," *Compend. Contin. Educ. Dent.*, vol. 17, no. 2, pp. 170, 174–8, Feb. 1996.
- [3] B. R. Chrcanovic and A. L. N. Custódio, "Orthodontic or surgically assisted rapid maxillary expansion," *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 13, no. 3, pp. 123–137, Sep. 2009, doi: 10.1007/s10006-009-0161-9.
- [4] L. Suri and P. Taneja, "Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 133, no. 2, pp. 290–302, Feb. 2008, doi: 10.1016/j.ajodo.2007.01.021.
- [5] G. Coloccia *et al.*, "Effectiveness of Dental and Maxillary Transverse Changes in Tooth-Borne, Bone-Borne, and Hybrid Palatal Expansion through Cone-Beam Tomography: A Systematic Review of the Literature," *Medicina (B. Aires).*, vol. 57, no. 3, p. 288, Mar. 2021, doi: 10.3390/medicina57030288.
- [6] A. Sygouros, M. Motro, F. Ugurlu, and A. Acar, "Surgically assisted rapid maxillary expansion: Cone-beam computed tomography evaluation of different surgical techniques and their effects on the maxillary dentoskeletal complex," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 146, no. 6, pp. 748–757, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.ajodo.2014.08.013.
- [7] B. Melsen, "Palatal growth studied on human autopsy material," *Am. J. Orthod.*, vol. 68, no. 1, pp. 42–54, Jul. 1975, doi: 10.1016/0002-9416(75)90158-X.
- [8] R. A. Bell, "A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age," *Am. J. Orthod.*, vol. 81, no. 1, pp. 32–37, Jan. 1982, doi: 10.1016/0002-9416(82)90285-8.
- [9] L. M. Banning, N. Gerard, B. J. Steinberg, and E. Bogdanoff, "Treatment of transverse maxillary deficiency with emphasis on surgically assisted-rapid maxillary expansion.," *Compend. Contin. Educ. Dent.*, vol. 17, no. 2, pp. 170, 174–8, Feb. 1996.
- [10] F. Angelieri, L. H. S. Cevidanes, L. Franchi, J. R. Gonçalves, E. Benavides, and J. A. McNamara Jr, "Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 144, no. 5, pp. 759–769, Nov. 2013, doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.022.
- [11] J. J. Mao, X. Wang, and R. A. Kopher, "Biomechanics of craniofacial sutures: orthopedic implications.," *Angle Orthod.*, vol. 73, no. 2, pp. 128–35, Apr. 2003, doi: 10.1043/0003-3219(2003)73<128:BOCSOI>2.0.CO;2.
- [12] L. G. Santana, C. Flores-Mir, A. Iglesias-Linares, M. M. Pithon, and L. S. Marques, "Influence of heritability on occlusal traits: a systematic review of studies in twins.," *Prog. Orthod.*, vol. 21, no. 1, p. 29, Aug. 2020, doi: 10.1186/s40510-020-00330-8.
- [13] B. Shi and J. E. Losee, "The impact of cleft lip and palate repair on maxillofacial growth," *Int. J. Oral Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 14–17, Mar. 2015, doi: 10.1038/ijos.2014.59.

- [14] H. Friede, "Growth sites and growth mechanisms at risk in cleft lip and palate," *Acta Odontol. Scand.*, vol. 56, no. 6, pp. 346–351, Jan. 1998, doi: 10.1080/000163598428293.
- [15] V. Olichwer *et al.*, "Surgical Management of Transverse Maxillary Deficiency in Patients With Cleft Lip and Palate: A Systematic Review and Current Considerations," *J. Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.*, p. 102947, Aug. 2026, doi: 10.1016/j.jormas.2026.102947.
- [16] K. Lekvijittada, P. Uengkajornkul, and C. Changsiripun, "Dental arch dimension and palatal morphology in children and adolescents with mouth breathing: a systematic review and meta-analysis.," *BMC Oral Health*, vol. 26, no. 1, Apr. 2026, doi: 10.1186/s12903-026-08349-9.
- [17] A. Faryad, S. Muwaquet Rodriguez, and T. Hijazi Alsadi, "The Role of Digit- and Pacifier-Sucking Habits on Malocclusion Development in Children: Anterior Open Bite and Posterior Crossbite-A Systematic Review & Meta-Analysis.," *Dent. J. (Basel).*, vol. 14, no. 1, Jan. 2026, doi: 10.3390/dj14010055.
- [18] N. J. Betts, R. L. Vanarsdall, H. D. Barber, K. Higgins-Barber, and R. J. Fonseca, "Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency.," *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 10, no. 2, pp. 75–96, 1995.
- [19] B. C. do Nascimento, C. C. O. dos Santos, M. C. C. dos Santos, and D. Normando, "Self-correction of posterior crossbite in childhood: a systematic review of long-term follow-up studies," *Eur. J. Orthod.*, vol. 45, no. 6, pp. 739–746, Nov. 2023, doi: 10.1093/ejo/cjad034.
- [20] M. Khda, S. Kiliaridis, and G. S. Antonarakis, "Spontaneous correction and new development of posterior crossbite from the deciduous to the mixed dentition," *Eur. J. Orthod.*, vol. 45, no. 3, pp. 266–270, May 2023, doi: 10.1093/ejo/cjac061.
- [21] R. E. Binder, "Correction of posterior crossbites: diagnosis and treatment.," *Pediatr. Dent.*, vol. 26, no. 3, pp. 266–72, 2004.
- [22] N. J. Betts, R. L. Vanarsdall, H. D. Barber, K. Higgins-Barber, and R. J. Fonseca, "Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency.," *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 10, no. 2, pp. 75–96, 1995.
- [23] J. Shen *et al.*, "Transverse dentoalveolar development in Chinese children and adolescents: A cross-sectional study using revised Andrews' Element III analysis," *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, vol. 167, no. 2, pp. 144–153, Feb. 2025, doi: 10.1016/j.ajodo.2024.08.015.
- [24] G. Cheung, M. S. Goonewardene, S. M. S. Islam, K. Murray, and B. Koong, "The validity of transverse intermaxillary analysis by traditional PA cephalometry compared with cone-beam computed tomography.," *Aust. Orthod. J.*, vol. 29, no. 1, pp. 86–95, May 2013.
- [25] B. Tai, M. S. Goonewardene, K. Murray, B. Koong, and S. M. S. Islam, "The reliability of using postero-anterior cephalometry and cone-beam CT to determine transverse dimensions in clinical practice.," *Aust. Orthod. J.*, vol. 30, no. 2, pp. 132–42, Nov. 2014.
- [26] D. Sawchuk, K. Currie, M. L. Vich, J. M. Palomo, and C. Flores-Mir, "Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review.," *Korean J. Orthod.*, vol. 46, no. 5, pp. 331–42, Sep. 2016, doi: 10.4041/kjod.2016.46.5.331.
- [27] D. Diez-Rodrigálvarez, E. Bonilla-Morente, and A.-J. López-Jiménez, "Transverse Diagnosis and CBCT Technology: A Systematic Review.," *J. Clin. Med.*, vol. 15, no. 2, Jan. 2026, doi: 10.3390/jcm15020868.

- [28] S. Chen *et al.*, “Comparative reliability and agreement of CBCT-based measurement approaches for assessing maxillary transverse deficiency.,” *BMC Oral Health*, vol. 26, no. 1, Mar. 2026, doi: 10.1186/s12903-026-08107-x.
- [29] M. J. Koudstaal, L. J. Poort, K. G. H. van der Wal, E. B. Wolvius, B. Prahl-Andersen, and A. J. M. Schulten, “Surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): a review of the literature,” *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 34, no. 7, pp. 709–714, Oct. 2005, doi: 10.1016/j.ijom.2005.04.025.
- [30] T. Starch-Jensen and T. L. Blæhr, “Transverse Expansion and Stability after Segmental Le Fort I Osteotomy versus Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion: a Systematic Review.,” *J. Oral Maxillofac. Res.*, vol. 7, no. 4, p. e1, 2016, doi: 10.5037/jomr.2016.7401.
- [31] L. T. Oliveira, L. G. Abreu, G. S. Silveira, V. E. de Araújo, and D. D. Oliveira, “Does surgically assisted maxillary expansion improve obstructive sleep apnoea in adults? A systematic review and meta-analysis,” *Evid. Based. Dent.*, Dec. 2022, doi: 10.1038/s41432-022-0829-7.
- [32] M. O. Lagravere, P. W. Major, and C. Flores-Mir, “Long-term skeletal changes with rapid maxillary expansion: a systematic review.,” *Angle Orthod.*, vol. 75, no. 6, pp. 1046–52, Nov. 2005, doi: 10.1043/0003-3219(2005)75[1046:LSCWRM]2.0.CO;2.
- [33] C. B. de Oliveira *et al.*, “Microimplant assisted rapid palatal expansion vs surgically assisted rapid palatal expansion for maxillary transverse discrepancy treatment.,” *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 159, no. 6, pp. 733–742, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ajodo.2020.03.024.
- [34] A. Kapetanović, C. I. Theodorou, S. J. Bergé, J. G. J. H. Schols, and T. Xi, “Efficacy of Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis.,” *Eur. J. Orthod.*, vol. 43, no. 3, pp. 313–323, Jun. 2021, doi: 10.1093/ejo/cjab005.
- [35] M. J. Koudstaal, E. B. Wolvius, A. J. M. Schulten, W. C. J. Hop, and K. G. H. van der Wal, “Stability, tipping and relapse of bone-borne versus tooth-borne surgically assisted rapid maxillary expansion; a prospective randomized patient trial,” *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 38, no. 4, pp. 308–315, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.012.
- [36] G. A. Ilizarov, “The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation.,” *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 238, pp. 249–81, Jan. 1989.
- [37] S. Barone *et al.*, “Can different osteotomies have an influence on surgically assisted rapid maxillary expansion? A systematic review.,” *Head Face Med.*, vol. 20, no. 1, p. 16, Mar. 2024, doi: 10.1186/s13005-024-00415-3.
- [38] S. Okuhashi, M. Kobayashi, and E. Tanaka, “Severe Maxillary Protrusion Treated with Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion.,” *J. Clin. Med.*, vol. 13, no. 14, Jul. 2024, doi: 10.3390/jcm13144149.
- [39] R. Nowak, S. Przywitowski, P. Golusiński, A. Olejnik, and E. Zawiślak, “Complications of Surgically Assisted Rapid Maxillary/Palatal Expansion (SARME/SARPE)-A Retrospective Analysis of 185 Cases Treated at a Single Center.,” *J. Clin. Med.*, vol. 13, no. 7, Apr. 2024, doi: 10.3390/jcm13072053.
- [40] S. M. L. Júnior, M. de Moraes, and L. Asprino, “Photoelastic Analysis of Stress Distribution of Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion With and Without Separation of the Pterygomaxillary Suture,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 69, no. 6, pp. 1771–1775, Jun. 2011, doi: 10.1016/j.joms.2010.07.035.

- [41] K. Laudemann *et al.*, “Assessment of Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion Regarding Pterygomaxillary Disjunction Using Thin Volume-Rendering Technique: In Variance Analysis and in Reliability, Accuracy, and Validity,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 69, no. 10, pp. 2631–2643, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.joms.2010.12.007.
- [42] T. Kanazawa *et al.*, “Factors predictive of pterygoid process fractures after pterygomaxillary separation without using an osteotome in Le Fort I osteotomy,” *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol.*, vol. 115, no. 3, pp. 310–318, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.oooo.2012.04.020.
- [43] R. A. Bays and J. M. Greco, “Surgically assisted rapid palatal expansion: An outpatient technique with long-term stability,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 50, no. 2, pp. 110–113, Feb. 1992, doi: 10.1016/0278-2391(92)90352-Z.
- [44] A. Hamed Sangsari, P. Sadr-Eshkevari, A. Al-Dam, R. E. Friedrich, E. Freymiller, and A. Rashad, “Surgically Assisted Rapid Palatomaxillary Expansion With or Without Pterygomaxillary Disjunction: A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 74, no. 2, pp. 338–348, Feb. 2016, doi: 10.1016/j.joms.2015.06.161.
- [45] D. T. Lanigan and S. M. Mintz, “Complications of surgically assisted rapid palatal expansion: Review of the literature and report of a case,” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 60, no. 1, pp. 104–110, Jan. 2002, doi: 10.1053/joms.2002.29087.
- [46] A. Anttila, “Feasibility and long-term stability of surgically assisted rapid maxillary expansion with lateral osteotomy,” *The European Journal of Orthodontics*, vol. 26, no. 4, pp. 391–395, Aug. 2004, doi: 10.1093/ejo/26.4.391.
- [47] C. Strömberg and J. Holm, “Surgically assisted, rapid maxillary expansion in adults. A retrospective long-term follow-up study,” *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, vol. 23, no. 4, pp. 222–227, Aug. 1995, doi: 10.1016/S1010-5182(05)80211-2.

BÖLÜM 6

ORAL VE MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE YARA İYİLEŞMESİNİ DESTEKLEYEN AJANLAR: FARMAKOLOJİK, TOPİKAL VE BİYOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Birkan Eyüp YILMAZ¹ , Mert KIRDEMİR²

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5327-1953>.

² Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0685-9062>.

1. Giriş

Yara iyileşmesi, oral ve maksillofasiyal cerrahinin hemen her alanında tedavi başarısını belirleyen temel biyolojik süreçlerden biridir (Politis ve ark., 2016; Toma ve ark., 2021). Diş çekimi, gömülü üçüncü molar cerrahisi, implant yerleştirilmesi, periodontal ve mukogingival cerrahiler, kist enükleasyonu, biyopsi, travmatik yumuşak doku yaralanmaları ve rekonstrüktif girişimler sonrasında klinisyenin temel hedefi, yalnızca yaranın kapanmasını sağlamak değil; enfeksiyonu önlemek, inflamatuvar sekelleri azaltmak, fonksiyonu korumak ve hastanın postoperatif konforunu artırmaktır (Manikandan ve ark., 2024; Toma ve ark., 2021). Oral dokuların yara iyileşmesi, vücudun diğer bölgelerinden farklı biyolojik ve çevresel koşullar altında gerçekleşir. Ağız ortamı sürekli nemli, mikrobiyal yükü yüksek, mekanik travmaya açık ve fonksiyonel hareketlerle sürekli uyarılan bir ekosistemdir. Buna karşın oral mukoza çoğu durumda deriye kıyasla daha hızlı ve daha az skarlı iyileşme eğilimi gösterir (Waasdorp ve ark., 2021; Iglesias-Bartolome ve ark., 2018).

Oral yara iyileşmesini destekleyen ajanlara olan ilgi, klinik pratiğin değişen beklentileriyle artmıştır. Günümüzde hastalar cerrahi sonrası yalnızca komplikasyonsuz iyileşme değil, daha az ağrı, daha az ödem, daha hızlı sosyal ve mesleki yaşama dönüş ve daha estetik doku iyileşmesi beklemektedir. Bu beklentiler, antiseptik ajanlar, topikal biyomateryaller, sistemik farmakolojik tedaviler, beslenme destekleri ve otolog biyolojik ürünlerin kullanımını gündeme getirmiştir (Romero-Olid ve ark., 2023; Yılmaz ve ark., 2017; Ye ve ark., 2024). Ancak bu ajanlar tek başına mucizevi iyileştiriciler olarak görülmemelidir. Sağlıklı yara iyileşmesinin temelini hâlâ doğru cerrahi endikasyon, atravmatik cerrahi teknik, etkili hemostaz, uygun flep tasarımı, primer yara adaptasyonu, oral hijyen, sistemik risklerin kontrolü ve hasta uyumu oluşturur (Politis ve ark., 2016; Toma ve ark., 2021).

Bu bölümde oral ve maksillofasiyal cerrahide yara iyileşmesini desteklemek amacıyla kullanılan farmakolojik, topikal ve biyolojik yaklaşımlar güncel literatür temelinde ele alınmaktadır. Bölümün amacı, klinisyene her ajan için dengeli bir bakış sunmaktır: hangi ajanların daha güçlü kanıta sahip olduğu, hangi ajanların daha çok destekleyici veya tamamlayıcı düzeyde değerlendirilebileceği ve hangi durumlarda kullanımın sınırlandırılması gerektiği tartışılacaktır. Böylece yara iyileşmesini destekleyen uygulamalar, “rutin ve genelleştirilmiş reçete” yaklaşımından çıkarılarak hasta, işlem ve risk profiline göre bireyselleştirilmiş klinik karar sürecinin parçası hâline getirilebilir (Politis ve ark., 2016; Toma ve ark., 2021; Manikandan ve ark., 2024).

2. Oral Dokularda Yara İyileşmesinin Temel Biyolojisi

Yara iyileşmesi klasik olarak hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve maturasyon-remodeling fazları ile açıklanır (Politis ve ark., 2016; Manikandan ve ark., 2024). Hemostaz fazında damar bütünlüğünün bozulmasına yanıt olarak vazokonstriksiyon, trombosit aktivasyonu ve fibrin pıhtı oluşumu gerçekleşir. Oral cerrahi sonrasında oluşan pıhtı yalnızca kanamayı durdurmaz; aynı zamanda hücresel migrasyon, sitokin salınımı, büyüme faktörü aktivitesi ve geçici matriks oluşumu açısından biyolojik bir iskele görevi görür. Özellikle çekim soketinde pıhtı stabilitesinin bozulması alveoler osteit gibi komplikasyonların gelişiminde önemli rol oynar (Politis ve ark., 2016; Manikandan ve ark., 2024).

İnflamasyon fazı, yara bölgesindeki nekrotik artıkların ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması için gereklidir. Nötrofiller erken dönemde bakteriyel kontrol ve debris temizliğinde görev alırken, makrofajlar inflamasyonun düzenlenmesi, büyüme faktörü salınımı ve proliferatif faza geçişte merkezi rol oynar (Politis ve ark., 2016; Chuhuaicura ve ark., 2025). Oral mukozada inflamatuvar yanıtın cilde kıyasla daha düzenli, hızlı çözünen ve daha az fibrotik sonuçlanan bir patern gösterebildiği bildirilmektedir. Bu durum, oral yaraların çoğu zaman daha hızlı epitelize olması ve daha az skar oluşturmaya bağlıdır (Waasdorp ve ark., 2021; Chuhuaicura ve ark., 2025).

Proliferasyon fazında keratinosit migrasyonu, fibroblast aktivitesi, kollajen sentezi, anjiyogenez ve granülasyon dokusu oluşumu ön plandadır. Oral mukozada hızlı epitelizasyonu açıklayan güncel çalışmalar, belirli keratinosit alt popülasyonlarının ve STAT3 gibi sinyal yollarının yara iyileşmesine hazırlanmış bir transkripsiyonel imza oluşturduğunu göstermektedir (Chuhuaicura ve ark., 2025; Iglesias-Bartolome ve ark., 2018). Bu moleküler özellikler, oral mukozanın biyolojik olarak hızlı iyileşmeye eğilimli bir doku olduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte hızlı iyileşme potansiyeli, enfeksiyon, sigara, diyabet, kötü oral hijyen veya travmatik cerrahi gibi olumsuz faktörler varlığında belirgin şekilde azalabilir.

Tükürük de oral yara iyileşmesinde yalnızca mekanik lubrikasyon sağlayan pasif bir sıvı değildir. Tükürükte bulunan antimikrobiyal peptitler, büyüme faktörleri ve histatin gibi peptitler epitel hücre migrasyonu, adezyon ve bariyer bütünlüğüne katkıda bulunabilir (van Dijk ve ark., 2018). Bu nedenle oral yaraların nemli ortamda iyileşmesi, bazı yönleriyle avantajlıdır. Ancak aynı ortam, mikrobiyal yük ve gıda artıkları nedeniyle enfeksiyon riski de taşır. Klinik olarak bu ikili yapı, oral cerrahide yara bakımının neden yalnızca antiseptik veya ilaç kullanımıyla sınırlı olmaması gerektiğini açıklar.

Remodeling fazında kollajen lifleri yeniden organize olur, vaskülarite azalır ve doku mekanik direnci artar. Oral mukozada skar oluşumu genellikle deri yaralarına göre daha az belirgindir; ancak geniş yumuşak doku defektleri, sekonder iyileşmeye bırakılan yaralar, enfekte alanlar veya gerilim altında kapatılan fleplerde fibrotik değişiklikler gelişebilir (Toma ve ark., 2021; Waasdorp ve ark., 2021). Bu nedenle yara iyileşmesini destekleyen ajanlar, özellikle inflamasyonun kontrolü, pıhtı stabilizasyonu, mikrobiyal yükün azaltılması ve epitelizasyonun desteklenmesi gibi biyolojik hedeflere yönelmelidir.

3. Yara İyileşmesini Etkileyen Lokal ve Sistemik Faktörler

Oral ve maksillofasiyal cerrahide yara iyileşmesini etkileyen faktörler lokal, sistemik ve işlemle ilişkili değişkenler olarak sınıflandırılabilir. Lokal faktörler arasında enfeksiyon, pıhtı stabilitesi, cerrahi travma, operasyon süresi, yara kenarlarının adaptasyonu, flep tasarımı, sütür materyali, oral hijyen, protez irritasyonu ve yabancı cisim reaksiyonu yer alır (Politis ve ark., 2016; Toma ve ark., 2021). Özellikle mandibular üçüncü molar cerrahisinde operasyonun zorluk derecesi, kemik kaldırma miktarı, dişin pozisyonu ve doku manipülasyonu postoperatif ağrı, ödem, trismus ve alveoler osteit gelişiminde belirleyici olabilir (Tang ve ark., 2022; Akkurt ve Topal, 2023).

Alveoler osteit, çekim sonrası erken dönemde pıhtının bozulması veya kaybıyla ilişkili ağrılı bir komplikasyondur. Yerli literatürde çekim sonrası alveolit olgularını değerlendiren çalışmalar, bu komplikasyonun özellikle mandibular posterior bölgede, cerrahi travmanın fazla olduğu ve hasta faktörlerinin eşlik ettiği durumlarda klinik önem taşıdığını göstermektedir (Akkurt ve Topal, 2023). Oral kontraseptif kullanımı da alveoler osteit için tartışılan risk faktörlerinden biridir. Sistemik derleme ve meta-analizler, hormonal faktörlerin fibrinoliz ve pıhtı stabilitesi üzerinden alveoler osteit riskini artırabileceğini bildirmektedir (Tang ve ark., 2022).

Sigara kullanımı, oral cerrahi sonrası iyileşmeyi olumsuz etkileyen en güçlü hasta faktörlerinden biridir. Nikotin kaynaklı vazokonstriksiyon, doku oksijenlenmesindeki azalma, fibroblast fonksiyonlarında bozulma, inflamatuvar yanıtın değişmesi ve mikrobiyal kolonizasyonun artması iyileşmeyi geciktirebilir. Sigaranın peri-implantitis insidansını artırdığı ve erken implant başarısızlığıyla ilişkili olduğu sistematik derlemelerde gösterilmiştir (dos Reis ve ark., 2023; Fan ve ark., 2024). Türkçe literatürde de sigaranın oral cerrahi işlemler sonrası yara iyileşmesi, periodontal doku yanıtı ve implant tedavisi üzerine olumsuz etkileri ayrıntılı biçimde vurgulanmaktadır (Kolkesen Sahin ve Cina Aksoy, 2015).

Diyabet, özellikle glisemik kontrolün yetersiz olduğu durumlarda yara iyileşmesini çok yönlü olarak etkiler. Hiperglisemi nötrofil fonksiyonlarını, makrofaj aktivitesini, kollajen sentezini, mikrovasküler dolaşımı ve anjiyogenezi bozabilir. Peri-implant biyobelirteçler ve klinik-radyografik sonuçları değerlendiren sistematik derlemeler, diyabet/hipergliseminin peri-implant doku stabilitesi üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini göstermektedir (Lv ve ark., 2022). Benzer biçimde diyabetin implant başarısızlığı üzerindeki etkisini inceleyen meta-analizlerde, özellikle kontrolsüz diyabetin risk oluşturabileceği belirtilmiştir (Moraschini ve ark., 2016).

Lokal ve sistemik faktörlerin birlikte değerlendirilmesi klinik karar sürecinin temelini oluşturur. Örneğin basit bir çekim sonrası sağlıklı ve sigara kullanmayan hastada destekleyici tedavi yalnızca analjezik ve uygun oral hijyen önerileriyle sınırlı kalabilirken; sigara kullanan, kötü oral hijyene sahip, diyabetik veya daha travmatik cerrahi geçiren hastalarda antiseptik destek, daha yakın takip ve hasta eğitimi gerekebilir. Bu nedenle yara iyileşmesini destekleyen ajanlar standart paketler olarak değil, risk temelli yaklaşımla planlanmalıdır (Akkurt ve Topal, 2023; Kolkesen Sahin ve Cina Aksoy, 2015; Lv ve ark., 2022; Moraschini ve ark., 2016).

4. Antiseptik Ajanlar

Oral cerrahi sonrası antiseptik ajanların temel amacı yara iyileşmesini doğrudan hızlandırmak değil, mikrobiyal yükü azaltarak enfeksiyon ve inflamasyon riskini kontrol etmektir. Oral kavitede cerrahi alan tükürük, plak, gıda artıkları ve mikroorganizmalarla sürekli temas hâlinindedir. Bu nedenle özellikle erken postoperatif dönemde mekanik fırçalamanın sınırlı olduğu durumlarda kimyasal plak kontrolü klinik olarak önem kazanır. Antiseptikler arasında en yaygın kullanılan ve en fazla çalışılan ajan klorheksidin glukonattır (Romero-Olid ve ark., 2023; Wang ve ark., 2020; Freudenthal ve ark., 2015; Graziani ve ark., 2024).

Klorheksidin, geniş antimikrobiyal spektrumu ve oral dokulara bağlanarak uzun süreli etki gösterebilmesi nedeniyle postoperatif bakımda önemli bir yere sahiptir. Oral cerrahi sonrası klorheksidin kullanımının yara iyileşmesi üzerindeki etkisini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizler, bu ajanın özellikle mikrobiyal yükü azaltma ve alveoler osteit riskini düşürme açısından faydalı olabileceğini bildirmektedir (Romero-Olid ve ark., 2023). Molar çekimi sonrası klorheksidin gargara ve jel formlarını değerlendiren meta-analizlerde de her iki formun alveoler osteit önlenmesinde etkili olabileceği, ancak jel formun sokette daha

uzun süre kalabilmesi nedeniyle bazı olgularda avantaj sağlayabileceği belirtilmiştir (Wang ve ark., 2020).

Mandibular üçüncü molar çekimi sonrası intra-alveoler klorheksidin jel kullanımını değerlendiren randomize çalışmalar, jel formülasyonların pıhtı stabilitesi ve bakteriyel kontrol açısından klinik yarar sağlayabileceğini göstermiştir (Freudenthal ve ark., 2015). Bununla birlikte klorheksidinin faydası doz, konsantrasyon, formülasyon, kullanım süresi ve hastanın uyumu ile yakından ilişkilidir. Genellikle kısa süreli kullanım güvenli kabul edilse de uzun süreli kullanımda tat değişikliği, diş ve restorasyonlarda renklenme, mukozal irritasyon ve nadiren hipersensitivite reaksiyonları görülebilir. Bu nedenle klorheksidin rutin olarak aylarca kullanılan bir ürün değil, postoperatif dönemde sınırlı süreyle kullanılan destekleyici bir antiseptiktir (Romero-Olid ve ark., 2023; Wang ve ark., 2020).

Klorheksidinin yalnızca çekim soketi değil, periodontal ve peri-implant dokular bağlamında da çalışıldığı görülmektedir. Erken periodontal yara iyileşmesi üzerine yapılan randomize klinik çalışmalarda klorheksidin gargarasının erken dönem plak kontrolüne ve yara alanının stabil kalmasına katkı sağlayabileceği bildirilmiştir (Graziani ve ark., 2024). Peri-implantitis tedavisinde klorheksidin chip uygulamalarını değerlendiren çok merkezli çalışmalarda ise lokal antimikrobiyal kontrollü salım sistemlerinin biyofilm kontrolünde tamamlayıcı rol oynayabileceği gösterilmiştir (Machtei ve ark., 2012). Bu veriler, antiseptiklerin cerrahi yara bakımında tek başına tedavi değil, mekanik debridman ve cerrahi yönetimi destekleyen yardımcı araçlar olduğunu göstermektedir.

Ilık tuzlu su banyoları, daha düşük maliyetli ve pratik bir alternatif olarak sık önerilir. Tuzlu suyun antimikrobiyal etkisi klorheksidin kadar güçlü değildir; ancak gıda artıklarının uzaklaştırılması, lokal irritasyonun azaltılması ve hastanın ağız hijyenine katılımının artırılması açısından yararlıdır. Alveoler osteitin önlenmesine yönelik sistematik derleme ve meta-analizlerde ılık tuzlu su banyosunun destekleyici etkileri tartışılmıştır (Adekunle ve ark., 2021). Bununla birlikte tuzlu su banyoları özellikle ilk 24 saatte şiddetli çalkalama şeklinde yapılmamalı, pıhtı stabilitesi korunmalıdır.

Güncel çalışmalarda klorheksidin, kitosan, allantoin ve dekspantenol gibi bileşenlerle kombine topikal jeller içinde de değerlendirilmektedir. Üçüncü molar cerrahisi sonrası kullanılan kitosan-klorheksidin içerikli jelin ağrı ve inflamasyon kontrolüne katkısını inceleyen randomize plasebo kontrollü çalışma, çok bileşenli topikal ürünlerin postoperatif konforu destekleyebileceğini göstermektedir (Saez-Alcaide ve ark., 2020). Ancak kombine ürünlerde hangi bileşenin ne ölçüde etkili olduğunu ayırmak güçtür. Bu nedenle bu ajanlar

değerlendirilirken klinik sonuçlarımlar, yan etki profili ve maliyet-etkinlik birlikte ele alınmalıdır.

5. Topikal Yara İyileşmesini Destekleyen Ajanlar

Topikal ajanlar, yara alanına doğrudan uygulanmaları ve sistemik yan etki riskinin görece düşük olması nedeniyle oral cerrahi sonrası destekleyici bakımda giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu grupta hyaluronik asit, kollajen bazlı ürünler, ozonlu preparatlar, bitkisel ve doğal ürünler, bal, propolis, aloe vera ve lokal antimikrobiyal ajanlar yer alır (Yılmaz ve ark., 2017; Kilinc ve Ataol, 2023; Maglia ve ark., 2024; Nair ve ark., 2016). Ancak bu ürünlerin kanıt düzeyi eşit değildir. Bazı ajanlar randomize klinik çalışmalarla desteklenirken, bazıları daha çok deneysel veya küçük örneklemlerle çalışmalarla sınırlıdır.

Hyaluronik asit, ekstrasellüler matriksin doğal bir bileşeni olup hücre migrasyonu, inflamasyon modülasyonu, anjiyogenez, doku hidrasyonu ve matriks organizasyonu üzerinde rol oynar. Gömülü üçüncü molar çekim soketlerinde hyaluronik asit kullanımını değerlendiren pilot klinik çalışmada, HA uygulamasının postoperatif ağrı, ödem ve trismus parametreleri üzerine olumlu etkileri olabileceği bildirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2017). Daha güncel randomize klinik çalışmalarda intra-soket HA jelinin yumuşak ve sert doku iyileşmesi üzerine katkıları değerlendirilmiş; erken yumuşak doku kapanması ve radyografik iyileşme açısından umut verici bulgular raporlanmıştır (Elkady ve ark., 2025).

Kollajen bazlı ürünler, pıhtı stabilizasyonu ve geçici matriks oluşturma kapasiteleri nedeniyle oral cerrahide önemli materyallerdir. Kollajen membranlar ve süngerler özellikle çekim soketleri, periodontal defektler, greft alanları ve komşu diş periodontal dokularının korunması gereken cerrahilerde değerlendirilmektedir. Mandibular üçüncü molar cerrahisi sonrasında kollajen membranın komşu ikinci molar çevresindeki kemik seviyesi ve periodontal durum üzerine etkisini inceleyen randomize kontrollü çalışma, seçilmiş olgularda kollajen membranın iyileşme ortamını destekleyebileceğini göstermiştir (Kilinc ve Ataol, 2023). Ancak kollajen materyallerin her çekim soketinde rutin kullanımı gerekli değildir; kullanım kararı defekt morfolojisi, periodontal risk ve rejeneratif hedeflere göre verilmelidir.

Ozon tedavisi, antimikrobiyal ve oksijenlenmeyi destekleyici potansiyel etkileri nedeniyle oral yara iyileşmesinde araştırılmaktadır. Ozon yağ bazlı jel uygulamasının inferior üçüncü molar çekimi sonrası dry socket gelişimini önlemedeki etkisini değerlendiren çift kör split-mouth çalışma, ozonlu topikal ürünlerin komplikasyon riskini azaltabileceğini bildirmiştir (Materni ve ark., 2023). Oral mukoza yara iyileşmesinde ozon tedavisinin etkinliğini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizler de ozonun bazı klinik

parametrelerde olumlu etkiler gösterebileceğini, ancak protokol heterojenliği nedeniyle sonuçların dikkatli yorumlanması gerektiğini vurgulamaktadır (Maglia ve ark., 2024).

Propolis, aloe vera ve bal gibi doğal ürünler antiinflamatuvar, antioksidan, antimikrobiyal ve epitelizasyonu destekleyici özellikleri nedeniyle oral dokularda incelenmektedir. Propolisin özellikle kemoterapiye bağlı oral mukozitteki etkisini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizler, oral mukoza bütünlüğünü destekleyici potansiyelini ortaya koymuştur (Chang ve ark., 2025). Aloe veranın oral mukozal hastalıklardaki klinik etkinliğini inceleyen sistematik derleme ise bu ajanın semptomatik rahatlama ve mukozal iyileşme açısından destekleyici olabileceğini bildirmektedir (Nair ve ark., 2016).

Bal, tıbbi yara bakımında nemli yara ortamı oluşturması, ozmotik etkisi, düşük pH değeri, hidrojen peroksit üretimi ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle uzun süredir araştırılmaktadır. Bal pansumanlarının yara tedavisindeki etkisini değerlendiren sistematik derleme, bazı yara tiplerinde epitelizasyon ve enfeksiyon kontrolü açısından olumlu sonuçlar bildirmiştir (Celik Yilmaz ve Aygin, 2020). Ancak oral cerrahi bağlamında balın kullanımı ürün standardizasyonu, şeker içeriği, alerji riski ve uygulama pratikliği açısından dikkatli ele alınmalıdır.

Yerli literatürde bitkisel topikal ajanlara ilişkin çalışmalar da bulunmaktadır. Epulis fissuratum eksizyonu sonrası sarı kantaron yağı kullanımını değerlendiren prospektif randomize split-mouth çalışma, bitkisel ajanların yara iyileşmesi ve postoperatif komplikasyonlar üzerine etkisini klinik olarak araştırması açısından önemlidir (Alsmadi ve ark., 2024). Bununla birlikte bitkisel ürünlerin içerik standardizasyonu her zaman garanti değildir. Bu nedenle hekim önerisi dışında kullanılan doğal ürünler, özellikle alerji, irritasyon veya ilaç etkileşimi riski taşıyan hastalarda dikkatle sorgulanmalıdır.

Topikal antimikrobiyal ajanlar arasında minosiklin gibi lokal antibiyotik preparatları özellikle peri-implant hastalıkların destekleyici tedavisinde araştırılmıştır. Peri-implant hastalık tedavisinde minosiklin hidroklorürün klinik etkinliğini değerlendiren randomize kontrollü çalışmaların meta-analizi, lokal antimikrobiyal ajanların mekanik debridmanla birlikte bazı klinik parametreleri iyileştirebileceğini göstermektedir (Wu ve ark., 2023). Bu yaklaşım postoperatif yara iyileşmesinden çok biyofilm ve lokal inflamasyon kontrolü bağlamında değerlendirilmelidir.

6. Sistemik Farmakolojik ve Beslenme Destekleri

Sistemik farmakolojik destekler, oral cerrahi sonrası en sık tartışılan klinik konulardan biridir. Bu başlık altında antibiyotikler, analjezikler, nonsteroid antiinflatuvar ilaçlar, kortikosteroidler ve beslenme destekleri yer alır. Temel ilke, sistemik ajanların yara iyileşmesini doğrudan hızlandırmak amacıyla değil; enfeksiyonu önlemek veya tedavi etmek, ağrı ve inflamasyonu kontrol altına almak ve doku onarımı için gerekli fizyolojik koşulları desteklemek amacıyla kullanılmasıdır (Lodi ve ark., 2021; Torof ve ark., 2023; Hou ve ark., 2021; Bechara ve ark., 2022).

Antibiyotikler, doğrudan yara iyileştirici ajanlar değildir. Amaçları, enfeksiyon gelişme riski yüksek olan olgularda bakteriyel komplikasyonları azaltmak veya mevcut enfeksiyonu tedavi etmektir. Diş çekimi sonrası komplikasyonların önlenmesinde antibiyotik kullanımını değerlendiren Cochrane derlemesi, antibiyotiklerin bazı hasta ve işlem gruplarında enfeksiyon ve alveoler osteit riskini azaltabileceğini, ancak yan etki ve antibiyotik direnci nedeniyle rutin kullanımın dikkatle sınırlandırılması gerektiğini göstermektedir (Lodi ve ark., 2021). Üçüncü molar çekimlerinde antibiyotik kullanımını değerlendiren sistematik derleme ve meta-analiz de benzer şekilde seçilmiş olgularda fayda olabileceğini, fakat her hastada rutin profilaksinin uygun olmadığını vurgulamaktadır (Torof ve ark., 2023).

Klinik pratikte antibiyotik kararı işlem zorluğu, cerrahi alanın enfekte olup olmaması, immünsüpresyon, sistemik hastalık, yayılım riski, osteomiyelit olasılığı, endokardit profilaksisi gerekliliği ve hastanın genel sağlık durumu dikkate alınarak verilmelidir. Komplike olmayan basit çekimlerde antibiyotik kullanımı çoğu zaman gereksizdir. Buna karşılık yaygın selülit, ateş, lenfadenopati, trismusla birlikte derin fasiyal alan yayılımı, immün yetmezlik veya yüksek riskli kardiyak durumlar gibi tablolar farklı değerlendirilmelidir (Lodi ve ark., 2021; Torof ve ark., 2023).

Kortikosteroidler, özellikle mandibular üçüncü molar cerrahisi sonrası inflamatuvar sekellerin kontrolünde yaygın olarak araştırılmıştır. Deksmetazonun submukozal, intramusküler ve intravenöz uygulamalarını karşılaştıran sistematik derleme ve meta-analiz, submukozal uygulamanın pratik, hasta açısından konforlu ve klinik sonuçlar açısından etkili bir seçenek olabileceğini bildirmektedir (Hou ve ark., 2021). Randomize klinik çalışmalarda submukozal ve intravenöz deksametazon uygulamalarının postoperatif ağrı, ödem ve trismus parametrelerinde benzer sonuçlar verebildiği gösterilmiştir (Lau ve ark., 2021). Daha güncel çalışmalarda da submukozal infiltrasyonun intravenöz uygulamaya alternatif olabileceği desteklenmektedir (Naik ve ark., 2024).

Kortikosteroidlerin kullanımı seçilmiş olgularda oldukça yararlı olabilir; ancak kontrolsüz diyabet, aktif enfeksiyon, immünsüpresyon, mide-bağırsak ülseri, sistemik steroid kullanımı veya kortikosteroide bağlı yan etki riski bulunan hastalarda dikkatli olunmalıdır. Bu nedenle kortikosteroidler “her gömülü diş cerrahisinde rutin” yaklaşımıyla değil, cerrahi travma düzeyi ve hasta risk profili göz önüne alınarak kullanılmalıdır (Hou ve ark., 2021; Lau ve ark., 2021; Naik ve ark., 2024; Lv ve ark., 2022).

Analjezikler ve nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar yara iyileşmesini doğrudan hızlandırmaz; ancak ağrıyı kontrol ederek hastanın oral hijyenini, beslenmesini, uyku düzenini ve günlük fonksiyonlarını sürdürmesini kolaylaştırır. Üçüncü molar cerrahisi sonrası tek doz ibuprofenin analjezik etkinliğini değerlendiren meta-analizler, ibuprofenin geleneksel non-opioid analjeziklere kıyasla etkili bir seçenek olduğunu göstermektedir (Franco-de la Torre ve ark., 2021). Asetaminofen/kodein kombinasyonu ile ibuprofeni karşılaştıran sistematik derleme ve meta-analizler de üçüncü molar cerrahisi sonrası analjezi planlamasında NSAİİ temelli yaklaşımların güçlü yerini desteklemektedir (Watson ve ark., 2022).

Bununla birlikte NSAİİ kullanımı hastanın sistemik durumuna göre bireyselleştirilmelidir. Gastrik ülser, böbrek yetmezliği, kanama eğilimi, antikoagülan kullanımı, kontrolsüz hipertansiyon veya gebelik gibi durumlarda NSAİİ seçimi dikkat gerektirir. Ayrıca analjezik reçete edilirken gereksiz opioid kullanımından kaçınmak, multimodal analjeziyi düşünmek ve hastaya doz-süre konusunda açık bilgi vermek önemlidir (Franco-de la Torre ve ark., 2021; Watson ve ark., 2022).

Beslenme, yara iyileşmesinin çoğu zaman göz ardı edilen fakat temel bileşenlerinden biridir. Protein eksikliği fibroblast aktivitesi, kollajen sentezi, immün yanıt ve anjiyogenez üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. C vitamini kollajen sentezinde kofaktör olarak görev yapar ve antioksidan savunmada rol alır. Doku iyileşmesinde C vitamininin rolünü inceleyen sistematik derleme, özellikle eksiklik durumunda yara iyileşmesinin bozulabileceğini ve destek gereksiniminin klinik olarak anlamlı olabileceğini göstermektedir (Bechara ve ark., 2022).

Çinko, DNA sentezi, hücre proliferasyonu, immün fonksiyonlar ve matriks metaloproteinaz aktivitesi açısından yara iyileşmesinde rol oynar. Çinkonun yara iyileşmesi üzerine etkisini değerlendiren sistematik derleme ve meta-analiz, belirli yara gruplarında olumlu etkiler olabileceğini bildirmektedir (Arribas Lopez ve ark., 2025). Bununla birlikte çinko desteği her hastaya standart olarak verilmemeli; beslenme yetersizliği, kronik yara, ileri yaş veya eksiklik şüphesi bulunan hastalarda değerlendirilmelidir.

Vitamin D de oral sağlık, kemik metabolizması, immün yanıt ve implant başarısı bağlamında araştırılmıştır. Dental implant başarısızlığının önlenmesinde vitamin D desteğini değerlendiren sistematik derleme, vitamin D eksikliği ile implant iyileşmesi arasındaki ilişkinin klinik olarak dikkate alınması gerektiğini belirtmektedir (Makke, 2022). Vitamin D eksikliği ve oral sağlık ilişkisini değerlendiren güncel sistematik derleme de bu vitaminin oral doku sağlığı ve inflamasyonla ilişkili olabileceğini göstermektedir (Ziada ve ark., 2025). Ancak vitamin ve mineral desteği, laboratuvar bulgusu veya klinik eksiklik olmadan yüksek doz ve kontrolsüz biçimde önerilmemelidir.

7. Rejeneratif ve Biyolojik Yaklaşımlar

Rejeneratif ve biyolojik yaklaşımlar, yara iyileşmesini yalnızca semptom kontrolü düzeyinde değil, doku onarımını biyolojik olarak destekleme düzeyinde ele alır. Bu başlık altında platelet-rich fibrin (PRF), leukocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF), concentrated growth factor (CGF), kollajen membranlar, lazer ve fotobiyomodülasyon uygulamaları öne çıkmaktadır. Bu ajanların çoğu otolog veya biyouyumlu yapıda olduğundan klinik ilgi giderek artmıştır (Toma ve ark., 2021; Ye ve ark., 2024; Ozveri Koyuncu ve ark., 2020; Altundag Kahraman ve ark., 2017).

PRF, hastanın venöz kanından antikoagülan kullanılmadan elde edilen, fibrin matriksi içinde trombositler, lökositler, sitokinler ve büyüme faktörleri içeren otolog bir biyomateryaldir. Üçüncü molar cerrahisi sonrası PRF kullanımının iyileşme üzerine etkisini değerlendiren güncel sistematik derleme ve meta-analiz, PRF'nin ağrı, ödem, trismus ve yumuşak doku iyileşmesi gibi parametrelerde yarar sağlayabileceğini göstermektedir (Ye ve ark., 2024). Ancak PRF çalışmalarında santrifüj protokolleri, tüp tipi, uygulama biçimi ve ölçüm zamanları değişken olduğundan sonuçların heterojenliği göz önünde bulundurulmalıdır.

PRF'nin hyaluronik asit ile kombinasyonu da araştırılmıştır. Gömülü mandibular üçüncü molarların cerrahi çekimi sonrası L-PRF'nin tek başına ve hyaluronik asitle birlikte kullanımını değerlendiren klinik çalışma, erken yumuşak doku iyileşmesinde bu biyolojik yaklaşımın destekleyici olabileceğini bildirmiştir (Afat ve ark., 2019). Bu bulgu, farklı biyomateryallerin sinerjik etkiler gösterebileceğini düşündürse de kombinasyon tedavilerinde hangi bileşenin sonuçlara ne ölçüde katkı verdiğini ayırmak güçtür.

CGF, PRF'ye benzer otolog bir kan konsantresi olmakla birlikte daha yoğun fibrin matriksi ve farklı santrifüj protokolleriyle elde edilir. Kısmen gömülü mandibular üçüncü molar cerrahisi sonrası CGF'nin kısa dönem klinik sonuçlara etkisini değerlendiren split-

mouth randomize çalışma, CGF'nin postoperatif konfor ve iyileşme parametrelerine olumlu katkılar sağlayabileceğini göstermiştir (Ozveri Koyuncu ve ark., 2020). Tamamen gömülü alt üçüncü molarların çekimi sonrası CGF uygulamasını değerlendiren randomize klinik çalışma da postoperatif sekellerin azaltılmasında CGF'nin potansiyel yararını desteklemektedir (Elayah ve ark., 2022).

Daha güncel olarak, gömülü alt üçüncü molarlarda koronektomi sonrası CGF kullanımının postoperatif konfor üzerine etkisini değerlendiren split-mouth çift kör randomize çalışma, bu ajanın ağrı, ödem ve trismus gibi klinik sonuçlarda destekleyici olabileceğini göstermiştir (Dudak ve ark., 2025). Bu çalışmalar, otolog biyolojik ürünlerin özellikle üçüncü molar cerrahisi ve benzeri travmatik işlemler sonrasında hasta konforunu artırma potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir. Bununla birlikte maliyet, ekipman gereksinimi, işlem süresi ve protokol standardizasyonu göz önüne alınmalıdır.

Lazer ve fotobiyomodülasyon uygulamaları da oral yara iyileşmesini desteklemek için kullanılan biyofiziksel yaklaşımlar arasında yer alır. Düşük düzey lazer tedavisinin hücresel metabolizmayı artırabileceği, mitokondriyal aktiviteyi düzenleyebileceği, inflamasyonu modüle edebileceği ve mikrosirkülasyonu destekleyebileceği öne sürülmektedir. Alt üçüncü molar çekimi sonrası transkutanöz ve intraoral düşük düzey lazer tedavisini değerlendiren randomize çalışma, lazer uygulamalarının postoperatif iyileşme parametreleri üzerine olumlu etkileri olabileceğini bildirmiştir (Altundag Kahraman ve ark., 2017).

Düşük düzey lazer tedavisinin yüz şişliği üzerine etkisini üç boyutlu değerlendiren çalışma, postoperatif ödemin objektif yöntemlerle ölçülmesi açısından literatüre katkı sağlamaktadır (Asutay ve ark., 2018). Ayrıca serbest dişeti grefti donör sahalarında düşük düzey lazer tedavisinin yara iyileşmesi ve doku kalınlığının korunmasına etkisini değerlendiren randomize klinik çalışma, fotobiyomodülasyonun yalnızca üçüncü molar cerrahisi değil, mukogingival cerrahi alanlarında da değerlendirilebileceğini göstermiştir (Ustaoglu ve ark., 2017).

Biyolojik ve rejeneratif yaklaşımlar umut verici olmakla birlikte, temel cerrahi prensiplerin yerini alamaz. PRF, CGF veya lazer uygulaması yapılan bir hastada travmatik cerrahi, yetersiz hemostaz, kötü oral hijyen veya sigara kullanımı devam ediyorsa beklenen klinik fayda sınırlı kalabilir. Bu nedenle rejeneratif ajanlar, yara iyileşmesini optimize eden çok bileşenli bir stratejinin parçası olarak değerlendirilmelidir (Politis ve ark., 2016; Ye ve ark., 2024; Ozveri Koyuncu ve ark., 2020; Altundag Kahraman ve ark., 2017).

8. Sonuç

Oral ve maksillofasiyal cerrahide yara iyileşmesi, lokal doku koşulları, mikrobiyal yük, cerrahi travma, inflamatuvar yanıt, sistemik hastalıklar, beslenme durumu ve hasta uyumunun birlikte belirlediği dinamik bir süreçtir (Politis ve ark., 2016; Toma ve ark., 2021; Lv ve ark., 2022; Bechara ve ark., 2022). Yara iyileşmesini destekleyen farmakolojik, topikal ve biyolojik ajanlar bu sürece katkı sağlayabilir; ancak bu ajanların hiçbirisi doğru cerrahi teknik, etkili enfeksiyon kontrolü ve hasta eğitiminin yerine geçmez.

Mevcut kanıtlar değerlendirildiğinde, klorheksidin oral cerrahi sonrası antiseptik destek açısından en güçlü ve en tutarlı kanıt tabanına sahip ajanlardan biridir (Romero-Olid ve ark., 2023; Wang ve ark., 2020). Hyaluronik asit, kollajen bazlı ürünler, ozonlu preparatlar ve bazı doğal topikal ajanlar destekleyici potansiyel taşımaktadır; ancak kullanım protokolleri ve kanıt düzeyleri değişkendir (Yilmaz ve ark., 2017; Kilinc ve Ataol, 2023; Maglia ve ark., 2024; Nair ve ark., 2016). Antibiyotikler yalnızca uygun endikasyonlarda kullanılmalı, analjezik ve antiinflamatuvar ilaçlar hasta konforunu artıracak şekilde bireyselleştirilmelidir (Lodi ve ark., 2021; Torof ve ark., 2023; Franco-de la Torre ve ark., 2021; Watson ve ark., 2022). Kortikosteroidler seçilmiş olgularda inflamatuvar sekelleri azaltabilir (Hou ve ark., 2021; Lau ve ark., 2021). Protein, C vitamini, çinko ve vitamin D gibi beslenme destekleri ise özellikle eksiklik veya risk durumunda anlamlı olabilir (Bechara ve ark., 2022; Arribas Lopez ve ark., 2025; Makke, 2022; Ziada ve ark., 2025).

PRF, CGF ve fotobiyomodülasyon gibi biyolojik yaklaşımlar, üçüncü molar cerrahisi başta olmak üzere oral cerrahi sonrası erken iyileşme ve hasta konforu açısından umut verici sonuçlar sunmaktadır (Ye ve ark., 2024; Ozveri Koyuncu ve ark., 2020; Elayah ve ark., 2022; Altundag Kahraman ve ark., 2017; Asutay ve ark., 2018). Bununla birlikte protokol heterojenliği, maliyet-etkinlik, ekipman gereksinimi ve hasta seçimi gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Klinik uygulamada en rasyonel yaklaşım; cerrahi işlemin özelliklerini, hastanın sistemik ve lokal risk faktörlerini, kanıt düzeyini ve olası yan etkileri birlikte değerlendirerek destekleyici ajanları kişiselleştirilmiş şekilde kullanmaktır.

Kaynakça

- Adekunle, A. A., Egbunah, U. P., Erinoso, O. A., & Adeyemo, W. L. (2021). Effectiveness of warm saline mouth bath in preventing alveolar osteitis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 49(10), 980–988.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2021.09.001>
- Afat, I. M., Akdogan, E. T., & Gonul, O. (2019). Effects of leukocyte- and platelet-rich fibrin alone and combined with hyaluronic acid on early soft tissue healing after surgical extraction of impacted mandibular third molars: A prospective clinical study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 47(2), 280–286.
<https://doi.org/10.1016/j.jcms.2018.11.023>
- Akkurt, O., & Topal, O. (2023). Diş çekiminden sonra gelişen alveolit vakalarının değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 10(4), 245–250.
<https://doi.org/10.15311/selcukdentj.1239605>
- Alsmadı, M., Kaplan, V., & Çigerim, L. (2024). Epulis fissuratum eksizyonu sonrası kullanılan sarı kantaron yağının yara iyileşmesi ve postoperatif komplikasyonlar üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(3), 151–158.
<https://doi.org/10.52976/vansaglik.1528763>
- Altundag Kahraman, S., Cetiner, S., & Strauss, R. A. (2017). The effects of transcutaneous and intraoral low-level laser therapy after extraction of lower third molars: A randomized single blind, placebo controlled dual-center study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 35(8), 401–407. <https://doi.org/10.1089/pho.2016.4252>
- Arribas Lopez, E., Zand, N., Ojo, O., & Kochhar, T. (2025). Systematic review and meta-analysis of the effect of zinc on wound healing. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 8(1), e000952. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2024-000952>
- Asutay, F., Ozcan-Kucuk, A., Alan, H., & Koparal, M. (2018). Three-dimensional evaluation of the effect of low-level laser therapy on facial swelling after lower third molar surgery: A randomized, placebo-controlled study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 21(9), 1107–1113. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_38_18
- Bechara, N., Flood, V. M., & Gunton, J. E. (2022). A systematic review on the role of vitamin C in tissue healing. *Antioxidants*, 11(8), 1605. <https://doi.org/10.3390/antiox11081605>
- Celik Yilmaz, A., & Aygin, D. (2020). Honey dressing in wound treatment: A systematic review. *Complementary Therapies in Medicine*, 51, 102388.
<https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102388>

- Chang, Y. C., Porreca, A., Massafra, R., Lin, G. M., & Vitale, E. (2025). Exploring the effects of propolis on oral mucositis in patients undergoing chemotherapy: A systematic review and meta-analysis. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets*. <https://doi.org/10.2174/0118715303356011250307070928>
- Chuhuaicura, P., Rodríguez-Niklitschek, C., Oporto, G. H., & Salazar, L. A. (2025). Distinct molecular mechanisms in oral mucosal wound healing: Translational insights and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(21), 10660. <https://doi.org/10.3390/ijms262110660>
- dos Reis, I. N. R., do Amaral, G. C. L. S., Hassan, M. A., Villar, C. C., Romito, G. A., Spin-Neto, R., et al. (2023). The influence of smoking on the incidence of peri-implantitis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 34(6), 543–554. <https://doi.org/10.1111/clr.14066>
- Dudak, M. E., Calis, A., & Koca, H. (2025). Effectiveness of concentrated growth factor on improving postoperative comfort in patients undergoing coronectomy for impacted lower third molars. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 83(6), 738–747. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2025.03.005>
- Elayah, S. A., Liang, X., Sakran, K. A., Xie, L., Younis, H., Alajami, A. E., et al. (2022). Effect of concentrated growth factor on postoperative sequel of completely impacted lower third molar extraction: A randomized controlled clinical study. *BMC Oral Health*, 22(1), 368. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02408-7>
- Elkady, O., Sweedan, O., & Amer, T. (2025). Effect of intra-socket application of hyaluronic acid gel on soft and hard tissue healing following impacted mandibular third molars extraction. *BMC Oral Health*, 25(1), 214. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05530-4>
- Fan, Y. Y., Li, S., Cai, Y. J., Wei, T., & Ye, P. (2024). Smoking in relation to early dental implant failure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 151, 105396. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105396>
- Franco-de la Torre, L., Figueroa-Fernandez, N. P., Franco-Gonzalez, D. L., Alonso-Castro, A. J., Rivera-Luna, F., & Isiordia-Espinoza, M. A. (2021). A meta-analysis of the analgesic efficacy of single-doses of ibuprofen compared to traditional non-opioid analgesics following third molar surgery. *Pharmaceuticals*, 14(4), 360. <https://doi.org/10.3390/ph14040360>
- Freudenthal, N., Sternudd, M., Jansson, L., & Wannfors, K. (2015). A double-blind randomized study evaluating the effect of intra-alveolar chlorhexidine gel on alveolar

- osteitis after removal of mandibular third molars. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 73(4), 600–605. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2014.08.035>
- Graziani, F., Izzetti, R., Peric, M., Marhl, U., Nisi, M., & Gennai, S. (2024). Early periodontal wound healing after chlorhexidine rinsing: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 28(6), 354. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05643-0>
- Hou, C., Liu, F., & Liu, C. (2021). Comparison of submucosal with intramuscular or intravenous administration of dexamethasone for third molar surgeries: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Surgery*, 8, 714950. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.714950>
- Iglesias-Bartolome, R., Uchiyama, A., Molinolo, A. A., Abusleme, L., Brooks, S. R., Callejas-Valera, J. L., et al. (2018). Transcriptional signature primes human oral mucosa for rapid wound healing. *Science Translational Medicine*, 10(451), eaap8798. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aap8798>
- Kilinc, A., & Ataol, M. (2023). Effects of collagen membrane on bone level and periodontal status of adjacent tooth after third molar surgery: A randomized controlled trial. *Head & Face Medicine*, 19(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s13005-023-00351-8>
- Kolkesen Sahin, O., & Cina Aksoy, M. (2015). Oral cerrahi işlemler sonrası yara iyileşmesine sigaranın etkileri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(3), 434–441. <https://doi.org/10.17567/dfd.83414>
- Lau, A. A. L., De Silva, R. K., Thomson, M., De Silva, H., & Tong, D. (2021). Third molar surgery outcomes: A randomized clinical trial comparing submucosal and intravenous dexamethasone. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 79(2), 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.09.020>
- Lodi, G., Figini, L., Sardella, A., Carrassi, A., Del Fabbro, M., & Furness, S. (2021). Antibiotics to prevent complications following tooth extractions. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD003811. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003811.pub3>
- Lv, X., Zou, L., Zhang, X., Zhang, X., Lai, H., & Shi, J. (2022). Effects of diabetes/hyperglycemia on peri-implant biomarkers and clinical and radiographic outcomes in patients with dental implant restorations: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 33(12), 1183–1198. <https://doi.org/10.1111/clr.14010>
- Machtei, E. E., Frankenthal, S., Levi, G., Elimelech, R., Shoshani, E., Rosenfeld, O., et al. (2012). Treatment of peri-implantitis using multiple applications of chlorhexidine

- chips: A double-blind, randomized multi-centre clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 39(12), 1198–1205. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12006>
- Maglia, D. R., Souza, B. A. F., & Visioli, F. (2024). Efficacy of ozone therapy for oral mucosa wound healing: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 28(9), 490. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05873-2>
- Makke, A. (2022). Vitamin D supplementation for prevention of dental implant failure: A systematic review. *International Journal of Dentistry*, 2022, 2845902. <https://doi.org/10.1155/2022/2845902>
- Manikandan, R., Anantanarayan, P., Kumar, D. N., & Ponvel, K. (2024). Oral wound healing: A scoping review and proposal of a new index for palatal mucosa. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 23(2), 416–423. <https://doi.org/10.1007/s12663-023-02052-w>
- Materni, A., Pasquale, C., Longo, E., Frosecchi, M., Benedicenti, S., Bozzo, M., et al. (2023). Prevention of dry socket with ozone oil-based gel after inferior third molar extraction. *Gels*, 9(4), 289. <https://doi.org/10.3390/gels9040289>
- Moraschini, V., Barboza, E. S. P., & Peixoto, G. A. (2016). The impact of diabetes on dental implant failure: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 45(10), 1237–1245. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2016.05.019>
- Naik, V. G., Ravi Shankar, M. N., Agarwal, R., Rai, K. K., Karande, A., & Humne, A. (2024). Submucosal infiltration versus intravenous administration of dexamethasone in decreasing post-operative inflammatory sequelae after third molar surgery: A comparative study. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 14(2), 141–146. https://doi.org/10.4103/ams.ams_35_24
- Nair, G. R., Naidu, G. S., Jain, S., Nagi, R., Makkad, R. S., & Jha, A. (2016). Clinical effectiveness of Aloe vera in the management of oral mucosal diseases: A systematic review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(8), ZE01–ZE07. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18142.8222>
- Ozveri Koyuncu, B., Isik, G., Ozden Yuce, M., Gunbay, S., & Gunbay, T. (2020). Effect of concentrated growth factor on short-term clinical outcomes after partially impacted mandibular third molar surgery: A split-mouth randomized clinical study. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 121(2), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2019.07.002>

- Politis, C., Schoenaers, J., Jacobs, R., & Agbaje, J. O. (2016). Wound healing problems in the mouth. *Frontiers in Physiology*, 7, 507. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00507>
- Romero-Olid, M. N., Bucataru, E., Ramos-García, P., & González-Moles, M. A. (2023). Efficacy of chlorhexidine after oral surgery procedures on wound healing: Systematic review and meta-analysis. *Antibiotics*, 12(10), 1552. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12101552>
- Saez-Alcaide, L. M., Molinero-Mourelle, P., González-Serrano, J., Rubio-Alonso, L., Bornstein, M. M., & López-Quiles, J. (2020). Efficacy of a topical gel containing chitosan, chlorhexidine, allantoin and dexpanthenol for pain and inflammation control after third molar surgery: A randomized and placebo-controlled clinical trial. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 25(5), e644–e651. <https://doi.org/10.4317/medoral.23661>
- Tang, M., Gurpegui Abud, D., & Shariff, J. A. (2022). Oral contraceptive use and alveolar osteitis following third molar extraction: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Dentistry*, 2022, 7357845. <https://doi.org/10.1155/2022/7357845>
- Toma, A. I., Fuller, J. M., Willett, N. J., & Goudy, S. L. (2021). Oral wound healing models and emerging regenerative therapies. *Translational Research*, 236, 17–34. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2021.06.003>
- Torof, E., Morrissey, H., & Ball, P. A. (2023). The role of antibiotic use in third molar tooth extractions: A systematic review and meta-analysis. *Medicina*, 59(3), 422. <https://doi.org/10.3390/medicina59030422>
- Ustaoglu, G., Ercan, E., & Tunalı, M. (2017). Low-level laser therapy in enhancing wound healing and preserving tissue thickness at free gingival graft donor sites: A randomized, controlled clinical study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 35(4), 223–230. <https://doi.org/10.1089/pho.2016.4163>
- van Dijk, I., Veerman, E. C. I., Reits, E. A. J., Bolscher, J. G. M., & Stap, J. (2018). Salivary peptide histatin 1 mediated cell adhesion: A possible role in mesenchymal-epithelial transition and in pathologies. *Biological Chemistry*, 399(12), 1409–1419. <https://doi.org/10.1515/hsz-2018-0246>
- Waasdorp, M., Krom, B. P., Bikker, F. J., van Zuijlen, P. P. M., Niessen, F. B., & Gibbs, S. (2021). The bigger picture: Why oral mucosa heals better than skin. *Biomolecules*, 11(8), 1165. <https://doi.org/10.3390/biom11081165>

- Wang, C. H., Yang, S. H., Jen, H. J., Tsai, J. C., Lin, H. K., & Loh, E. W. (2020). Preventing alveolar osteitis after molar extraction using chlorhexidine rinse and gel: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Nursing Research*, 29(1), e137. <https://doi.org/10.1097/jnr.0000000000000401>
- Watson, H., Hildebolt, C., & Rowland, K. (2022). Pain relief with combination acetaminophen/codeine or ibuprofen following third-molar extraction: A systematic review and meta-analysis. *Pain Medicine*, 23(6), 1176–1185. <https://doi.org/10.1093/pm/pnab334>
- Wu, Y., Gu, C., & Tong, X. (2023). Clinical efficacy of minocycline hydrochloride for the treatment of peri-implant disease: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Oral Implantology*, 49(3), 245–252. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-22-00023>
- Ye, L., He, Y., Ma, W., Zhou, F., & Liu, J. (2024). Effect of platelet-rich fibrin on the recovery after third molar surgery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 52(10), 1095–1108. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2024.06.022>
- Yilmaz, N., Demirtas, N., Kazancioglu, H. O., Bayer, S., Acar, A. H., & Mihmanli, A. (2017). The efficacy of hyaluronic acid in postextraction sockets of impacted third molars: A pilot study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 20(12), 1626–1631. <https://doi.org/10.4103/1119-3077.224131>
- Ziada, S., Wishah, A., Mabrouk, N., & Sahtout, S. (2025). Vitamin D deficiency and oral health: A systematic review of literature. *BMC Oral Health*, 25(1), 468. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05883-w>

BÖLÜM 7

KİŞİYE ÖZEL TİTANYUM MESH: ALVEOLER KEMİK AUGMENTASYONU

Şamil Esad GÜVEN¹, Emre Can ÇIRALIK², Mehmet DENİZ³

¹ Uzm. Dt. Arş. Gör. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü, Rize/Türkiye esadguven1@gmail.com ORCID: 0009-0006-5911-9446

² Uzm. Dt. Arş. Gör. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü, Rize/Türkiye emrecan.ciralik@erdogan.edu.tr ORCID: 0009-0007-2651-1000

³ Uzm. Dt. Arş. Gör. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü, Rize/Türkiye mehmet.deniz@erdogan.edu.tr ORCID: 0009-0007-5055-3841

1. GİRİŞ

Başarılı ve öngörülebilir dental implant tedavisi için implant bölgesinde yeterli hacim ve kalitede alveoler kemik bulunması gereklidir. Alveoler kemik; implantın ideal üç boyutlu konumu, primer stabilitesi ve fonksiyonel-estetik başarısı üzerinde önemli rol oynar. Diş kaybı sonrası gelişen fizyolojik rezorpsiyon, alveoler kretin genişlik ve yüksekliğinde azalmaya neden olarak implant yerleşimini ve stabilitesini zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle, uygun olgularda alveoler kemiğin augmentasyonu implant tedavisinin önemli bir parçasıdır (Hansson & Halldin, 2012; Howe et al., 2019; Retzepi & Donos, 2010).

Alveoler kemikte dental implant uygulamasını engelleyen büyük defektlerin rekonstrüksiyonunda Yönlendirilmiş Kemik Rejenerasyonu (YKR), sandviç tekniği, onlay/inlay blok greftleme, ridge splitting/kret genişletme, distraksiyon osteogenezi ve sinüs augmentasyonu gibi çeşitli cerrahi yaklaşımlar kullanılmaktadır. Evrensel olarak geçerli tek bir yöntem bulunmadığından, teknik seçimi defektin morfolojisi, rezorpsiyon miktarı, anatomik lokalizasyonu ve hedeflenen protetik sonuçlara göre yapılmalıdır. Biyolojik ve mekanik açıdan daha zorlayıcı olan vertikal augmentasyonda başarı ve komplikasyon oranları defektin özelliklerine bağlı olarak değişmekte, bu nedenle doğru vaka seçimi büyük önem taşımaktadır (Alotaibi et al., 2023; Kim & Ku, 2020). Bu cerrahi yöntemler arasında öne çıkan YKR, uygulama kolaylığı, görece daha az invaziv olması ve hem horizontal hem de vertikal kemik kazanımına olanak sağlaması nedeniyle alveoler kret augmentasyonlarında yaygın olarak tercih edilmektedir. YKR, defekt bölgesinde yeni kemik oluşumu için uygun bir biyolojik ortam oluşturmayı amaçlayan rejeneratif bir yaklaşımdır. YKR'nin temel mekanizması, kemik grefti ile oluşturulan rejenerasyon alanının bariyer membran aracılığıyla korunarak iyileşme süresince yeni kemik oluşumu için gerekli hacmin sürdürülmesine dayanır. Bu özellik, YKR'nin hem horizontal hem de vertikal kemik yetersizliklerinde kullanılmasını ve implant öncesi alveoler kret rekonstrüksiyonunda önemli bir tedavi seçeneği olmasını sağlamıştır (Elgali et al., 2017; Retzepi & Donos, 2010). Bununla birlikte, YKR'nin klinik başarısı Wang ve Boyapati tarafından tanımlanan ve "PASS" (primer yara kapanışının sağlanması, yeterli anjiyogenezin oluşturulması, rejenerasyon boşluğunun korunması ve greft-membran sisteminin stabilitesinin sağlanması) olarak formüle edilen temel biyolojik prensiplerin eksiksiz yerine getirilmesiyle mümkündür (Elgali et al., 2017; Lee & Kim, 2014; Tolstunov et al., 2019; Wang & Boyapati, 2006).

YKR uygulamalarında kullanılan membranlar, rezorbe olabilen ve rezorbe olmayan sistemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Her iki sistemin temel işlevi, hızlı çoğalan

yumuşak doku hücrelerinin defekt alanına göçünü engelleyerek osteojenik hücrelerin yeni kemik oluşturması için gerekli izole alanı korumaktır. Rezorbe olabilen bariyerlerin en yaygın örneği kollajen membranlar iken, PTFE, ePTFE, titanyum takviyeli PTFE membranlar ve titanyum meshler rezorbe olmayan bariyer seçeneklerini oluşturmaktadır. Kollajen membranlar yüksek biyouyumlulukları ve ikinci bir cerrahi işlem gerektirmemeleri nedeniyle avantajlı olmakla birlikte, zamanla degradasyona uğramaları ve mekanik rijiditelerinin sınırlı olması, özellikle geniş defektlerde oluşturulan hacmi yeterince koruyamamaları açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Bu nedenle, özellikle vertikal kret augmentasyonu gibi uzun süreli ve güçlü mekanik alan koruması gerektiren kompleks olgularda, şekil koruma kapasitesi yüksek rezorbe olmayan bariyer sistemleri önemli bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Cucchi et al., 2019b; Rakhmatia et al., 2013).

Titanyum meshler, standart membranların mekanik olarak yetersiz kaldığı geniş kemik defektlerinde rejenerasyon alanını koruyan rijit bariyer sistemleridir. Titanyumun yüksek mekanik dayanıklılığı ve rijiditesi, greft materyali üzerine çökmeyen ve iyileşme boyunca stabilitesini koruyan bir rejenerasyon hacmi oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, geleneksel meshlerin cerrahi sırasında kesilip bükülerek defekte adapte edilmesi cerrahi süresini uzatabilmekte; keskin kenarlar ve yetersiz adaptasyon ise mukozal irritasyon ile mesh ekspozisyonu riskini artırabilmektedir. Bu sınırlamaların azaltılması amacıyla CBCT verileri ve üç boyutlu dijital modeller kullanılarak defektin sanal olarak modellenmesi ve Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) ile üç boyutlu üretim teknolojileri sayesinde kişiye özel titanyum meshlerin geliştirilmesi mümkün olmuştur. Böylece meshler; defektin anatomisine, planlanan augmentasyon hacmine ve hedeflenen konturlara uygun şekilde önceden tasarlanarak cerrahi sırasında yeniden şekillendirme gereksinimini azaltan kişiye özel bariyer sistemlerine dönüşmüştür (Ciocca et al., 2011; Jung et al., 2014; Rakhmatia et al., 2013).

2. KİŞİYE ÖZEL TİTANYUM MESH

2.1. Titanyumun Biyolojik ve Mekanik Özellikleri

Titanyum; yüksek mekanik dayanıklılığı, rijiditesi, düşük yoğunluğu, korozyon direnci ve biyouyumluluğu nedeniyle kemik rejenerasyonu uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir biyomedikal materyaldir. Fizyolojik koşullarda yüzeyinde oluşan stabil pasif oksit tabakası, titanyumun yüksek korozyon direncine katkı sağlarken, düşük düzeyde metal iyonu ve partikül

salınımı ile belirgin bir sitotoksik etkinin gözlenmemesi biyouyumluluğunu desteklemektedir (Elias et al., 2008).

Titanyum meshlerin, YKR uygulamalarındaki temel mekanik avantajı greft materyali için oluşturulan rejenerasyon alanının iyileşme süresince korunmasını sağlamasıdır. Yüksek mekanik dayanıklılık ve rijidite, rejenerasyon hacminin kollabe olmasını sınırlandırırken uygun düzeyde elastisite yumuşak dokular üzerinde oluşabilecek basıncın azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca titanyumun şekillendirilebilirliği, geleneksel meshlerin farklı defektlere intraoperatif olarak adapte edilmesine olanak sağlayarak horizontal ve vertikal augmentasyonlarda kullanımını mümkün kılmıştır. Bununla birlikte meshlerin mekanik ve biyolojik davranışı yalnızca materyalin özelliklerine değil mesh kalınlığı, porozitesi ve geometrisi gibi tasarım parametrelerine de bağlıdır (Her et al., 2012; Xie et al., 2020).

2.2. Titanyum Meshlerin Kalınlığı ve Por Genişliği

Titanyum mesh kalınlığı, mekanik dayanıklılık ile şekillendirilebilirlik arasındaki dengeyi belirleyen önemli bir tasarım parametresidir. Kişiye özel üç boyutlu titanyum meshlerin kalınlığı yaklaşık 0,1–0,6 mm arasında değişmektedir. Düşük kalınlıktaki meshler, özellikle anterior bölgede tek diş eksikliği ve ince mukozaya sahip olgularda ekspozisyon riskini azaltmak amacıyla tercih edilebilmektedir. Buna karşılık, yüksek kalınlıktaki meshlerin posterior bölgede ve birden fazla diş eksikliğinde mekanik açıdan daha uygun olabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle mesh kalınlığı için tüm klinik durumlara uygulanabilecek tek bir ideal değer bulunmamakta; defektin büyüklüğü, anatomik bölge, planlanan augmentasyon hacmi ve üzerindeki yumuşak dokuların özellikleri birlikte değerlendirilerek vaka bazında belirlenmesi gerekmektedir (Hasegawa et al., 2019; Rakhmatia et al., 2014; Xie et al., 2020).

Por genişliği de meshin biyolojik ve mekanik davranışını etkileyen önemli bir değişkendir. Mesh gözeneklerinin greft bölgesine kanlanmanın ulaşmasına ve metabolik değişimlerin gerçekleşmesine katkıda bulunabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte porozitenin artması, bariyerin tamamen hücre-seçici bir yapı gibi davranmasını güçleştirebilmekte ve mesh altında yumuşak doku gelişimine izin verebilmektedir (Xie et al., 2020). Por çapı ile kemik oluşumu arasındaki ilişki ise halen kesin biçimde ortaya konmuş değildir. Gutta ve ark.'nın çalışması ile Rakhmatia ve ark.'nın deneysel araştırmasına dayanan değerlendirmelerde, farklı por boyutlarının kemik oluşumu ve yumuşak doku gelişimi üzerinde farklı etkiler oluşturabileceği; ancak sonuçların birbirleriyle tam olarak uyumlu olmadığı

bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda yaklaşık 0,6 mm ve 1,2 mm çaplar karşılaştırıldığında daha büyük gözeneklerin bazı koşullarda daha iyi kemik rejenerasyonu ve daha az yumuşak doku gelişimi ile ilişkili bulunduğu, buna karşılık 2 mm'den büyük gözeneklerde daha fazla yumuşak doku oluşumu bildirilen çalışmaların da bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle günümüzde yalnızca por çapına dayanarak tek bir “ideal” değer belirlemek mümkün değildir (Gutta et al., 2009; Rakhmatia et al., 2017; Xie et al., 2020).

Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, por çapı arttıkça meshin mekanik dayanıklılığının genel olarak azalabilmesidir. Dolayısıyla por tasarımında biyolojik gereksinimler ile mekanik stabilite arasında bir denge kurulması gerekir (Bai et al., 2019; Gutta et al., 2009). Bu durum özellikle geniş vertikal augmentasyonlarda daha önemlidir çünkü meshin yalnızca yeterli kanlanmaya izin vermesi değil, aynı zamanda öngörülen rejenerasyon hacmini iyileşme boyunca mekanik olarak koruması beklenmektedir.

2.3. Standart Titanyum Mesh ile Kişiyeye Özel Titanyum Mesh Arasındaki Farklar

Geleneksel titanyum meshlerde defektin anatomisine uyum, genellikle cerrahi sırasında kesme, bükme ve şekillendirme işlemleriyle sağlanmaktadır. Mesh ile alıcı saha arasındaki uyumun operatörün deneyimine bağımlı olması, özellikle geniş defektlerde cerrahi süreyi ve teknik zorluğu artırabilmektedir. Ayrıca intraoperatif şekillendirme sırasında oluşan düzensiz veya keskin kenarlar, mukozal irritasyon ve yara açılması gibi komplikasyonların gelişmesine neden olabilmektedir (Bertran Faus et al., 2022; Ciocca et al., 2011).

Kişiyeye özel titanyum meshlerin geliştirilmesinin temel amacı, bu işlemleri cerrahi öncesinde gerçekleştirmek ve anatomik uyumu artırmaktır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) verilerinden elde edilen üç boyutlu anatomik bilgilerle defekt dijital olarak modellenilebilmekte ve ideal augmentasyon konturu sanal ortamda planlanarak mesh, öngörülen kemik hacmine ve alveoler kontura uygun şekilde CAD/CAM veya üç boyutlu üretim teknolojileriyle hazırlanabilmektedir. Böylece intraoperatif şekillendirme gereksinimi azalmakta ve mesh planlanan bölgeye daha hassas şekilde adapte edilebilmektedir. Ayrıca mesh geometrisinin yalnızca mevcut kemik konturuna değil, planlanan implantın konumuna göre de tasarlanabilmesi, augmentasyon hacminin protetik hedefler doğrultusunda yönlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle kişiyeye özel titanyum meshler, yalnızca defekti örten bir bariyer değil, aynı zamanda planlanan yeni alveoler konturun oluşturulmasına yardımcı olan kişiyeye özel yapılar olarak değerlendirilmektedir (Ciocca et al., 2011; Tallarico et al., 2020).

Sumida ve ark., geleneksel ve kişiye özel titanyum meshlerin klinik sonuçlarını karşılaştırdıkları çalışmada; kişiye özel mesh uygulanan grupta cerrahi sürenin daha kısa olduğunu ve fiksasyon için daha az sayıda titanyum vida kullanıldığını bildirmiştir. Mesh ekspozisyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamasına rağmen, kişiye özel mesh grubunda ekspozisyon oranı geleneksel mesh grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Bu bulgular, kişiye özel titanyum meshlerin anatomik uyum sağlamasının yanı sıra intraoperatif manipülasyonu azaltarak cerrahi sürecin standardizasyonuna katkıda bulunabileceğini göstermektedir (Sumida et al., 2015).

2.4. Yüzey İşlemleri

Titanyum meshlerin yüzey özelliklerinin modifiye edilmesi, özellikle osteoblast proliferasyonu ve farklılaşmasını destekleyerek kemik rejenerasyonunun iyileştirilmesine yönelik potansiyel bir yaklaşım olarak araştırılmaktadır. Bu kapsamda kalsiyum-fosfor ve stronsiyum katkılı kalsiyum-fosfor temelli yüzey kaplamaları incelenmiş; Nguyen ve ark. tarafından yapılan deneysel çalışmalarda, stronsiyum katkılı kaplamaların kemik yoğunluğu ve titanyum-kemik ilişkisi açısından olumlu sonuçlar sağlayabildiği bildirilmiştir. Ancak bu bulguların çoğunun deneysel modellerden elde edilmesi nedeniyle, yüzey kaplamalarının kişiye özel titanyum meshlerde rutin klinik uygulama standardı olarak kabul edilmesi için yeterli kanıt bulunmamaktadır (Nguyen et al., 2016; Nguyen et al., 2019). Bir diğer yüzey modifikasyonu yaklaşımı ultraviyole (UV) fotofonksiyonelleştirmedir. Titanyum yüzeyinde zamanla hidrokarbon birikiminin hidrofiliği azaltılabileceği ve UV uygulamasının bu birikimleri azaltarak osteoblast adezyonu ile biyolojik aktiviteyi destekleyebileceği bildirilmiştir. Ayrıca cerrahi sırasında eldiven temasıyla oluşan yüzey kontaminasyonunun UV uygulamasıyla kısmen giderilebileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, yüzey modifikasyonlarının kişiye özel titanyum meshlerin temel klinik özelliklerinden çok, rejeneratif performansı geliştirmeye yönelik gelişmekte olan biyolojik optimizasyon stratejileri olduğunu göstermektedir (Hirota et al., 2017; Xie et al., 2020).

2.5. Pseudo-Periostun Varlığı

Titanyum mesh ile gerçekleştirilen augmentasyonlar sonrasında, yeni oluşan kemikğin üzerinde “pseudo-periosteum” olarak adlandırılan yaklaşık 1–2 mm kalınlığında ince bir yumuşak doku tabakası gelişebilmektedir. Bu oluşumun, meshin gözenekli yapısı nedeniyle

tamamen hücre-seçici bir bariyer oluşturmamasıyla ilişkili olduğu ve iyileşme sürecinde grefti koruyarak enfeksiyon ile greft rezorpsiyonuna karşı belirli ölçüde koruyucu rol oynayabileceği bildirilmiştir (Cucchi et al., 2019a).

2.6. Membranlı ve Membransız Uygulamaların Karşılaştırılması

Titanyum meshler rijit yapıları sayesinde rejenerasyon hacmini koruduğundan, üzerine ayrıca kollajen membran eklenmesi rutin olarak zorunlu değildir. Ek membran kullanımının temel amacı, mesh gözeneklerinden yumuşak doku geçişini sınırlandırmaktır ancak klinik katkısı kesin değildir. Randomize klinik bir çalışmada, meshin tek başına veya kollajen membranla birlikte kullanılması arasında altı aylık histomorfometrik sonuçlar açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Bu nedenle ek membran kullanımı zorunlu olmayıp mesh tasarımı, defektin morfolojisi ve yumuşak doku koşullarına göre seçilmiş olgularda değerlendirilebilir (Cucchi et al., 2021).

3. ENDİKASYONLAR VE KONTRENDİKASYONLAR

3.1. Endikasyonlar

Kişiyeye özel titanyum meshlerin temel endikasyonu, implantın ideal protetik konumda yerleştirilebilmesi için yetersiz olan alveoler kemik hacminin yeniden oluşturulmasıdır. Başlıca kullanım alanlarını horizontal, vertikal ve kombine horizontal-vertikal kemik defektleri oluştururken ileri derecede atrofik ve düzensiz kretler ile geniş augmentasyon hacmi gerektiren kompleks defektlerde de tercih edilebilmektedir. Terheyden'in sınıflandırmasına göre:

(a) Tip 1/4: Kemik rezorpsiyonunun başlangıç aşamasında bukkal kemik kaybı, planlanan implant uzunluğunun %50'sinden az olup genellikle tek diş kaybı olgularında görülmektedir.

(b) Tip 2/4: Bukkal kemik duvarı rezorbe olarak bıçak şeklinde bir alveoler kret oluşturur; alveoler kret yüksekliği azalmamıştır, ancak bukkal kemik duvarındaki rezorpsiyon beklenen implant uzunluğunun %50'sinden fazladır.

(c) Tip 3/4: Diş kaybından birkaç yıl sonra kemik rezorpsiyonu sonucunda alveoler kret yüksekliğinde kısmi bir azalma meydana gelir ve buna genişlikte de azalma eşlik eder.

doğrudan mutlak kontrendikasyon olarak değerlendirilmemeli, hastanın genel ve lokal klinik koşullarıyla birlikte vaka bazında ele alınmalıdır (Hartmann et al., 2019).

3.3. Vertikal ve Horizontal Kemik Defektlerinde Kemik Kazanımı

Kişiye özel titanyum meshlerin vertikal ve horizontal kemik augmentasyonundaki başarısı; başlangıçtaki defektin büyüklüğü, kullanılan greft materyali, mesh tasarımı ve cerrahi protokole bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle tüm hastalar için geçerli tek bir “beklenen kemik kazanımı” değeri bulunmamaktadır. Chiapasco ve ark. tarafından 41 hastada gerçekleştirilen 53 augmentasyonda, CAD/CAM ile hazırlanan kişiye özel titanyum meshler kullanılmış ve yaklaşık 7 aylık iyileşme sonrasında ortalama horizontal kemik kazanımı $6,35 \pm 2,10$ mm (2,14–11,48 mm) olarak bildirilmiştir; aynı çalışmada ortalama vertikal kazanım $4,78 \pm 1,88$ mm bulunmuştur (Chiapasco et al., 2021) (Şekil 2).

4. DİJİTAL PLANLAMA VE KİŞİYE ÖZEL MESH TASARIMI

Kişiye özel titanyum mesh uygulamalarında dijital planlama, üç boyutlu görüntülerin elde edilmesinden mesh üretimine kadar uzanan temel iş akışını oluşturur. Bu süreç; dijital modelin oluşturulması ve defekt analizini, hedef augmentasyon hacmine göre mesh tasarımını, tasarımın klinisyen tarafından doğrulanmasını ve üretime aktarılmasını kapsar. Özellikle CBCT verilerinin dijital ortama aktarılması, kişiye özgü alveoler kret geometrisinin sanal olarak oluşturulması ve CAD/CAM teknolojileriyle buna uygun meshlerin üretilmesi bu iş akışının temelini oluşturmaktadır (Al-Ardah et al., 2018; Ciocca et al., 2011; Hartmann & Seiler, 2020; Inoue et al., 2018).

Dijital iş akışında süreç; bilgisayarlı tomografi görüntülerinin elde edilmesi → DICOM verilerinden STL dosyalarının oluşturulması → hedef alanın sanal planlamasına göre CAD/CAM yazılımında kişiye özel titanyum meshin tasarlanması → meshin 3B olarak üretilmesi şeklinde gerçekleşmektedir.

4.1. CBCT Verilerinin Elde Edilmesi

Dijital iş akışının ilk aşaması, cerrahi sahanın üç boyutlu anatomisini ortaya koymak amacıyla CBCT veya bilgisayarlı tomografi görüntülerinin elde edilmesidir. Bu görüntülerden elde edilen Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) verileri işlenerek üç

boyutlu modeller ve Standard Triangle Language (STL) dosyaları oluşturulmakta ve kişiye özel titanyum mesh tasarımının temelini oluşturmaktadır. CBCT verileri, yalnızca mevcut kemik hacminin değerlendirilmesini değil aynı zamanda hedeflenen augmentasyon alanının ve ideal mesh konumunun sanal olarak belirlenmesini de sağlamaktadır (Al-Ardah et al., 2018; Ciocca et al., 2011).

4.2. Dijital Modelleme ve Defektin Analizi

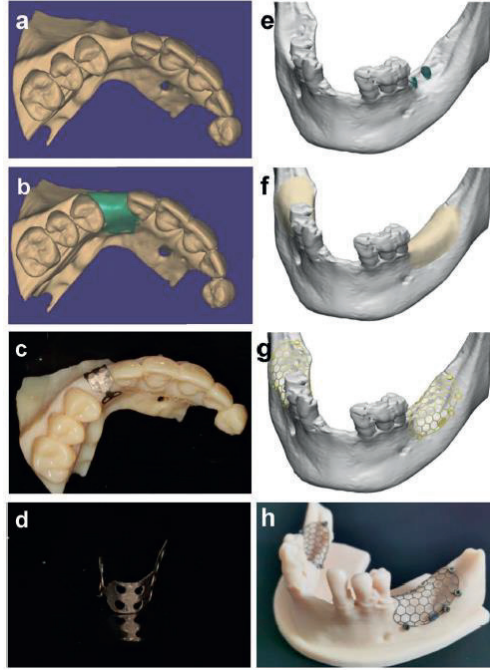
CBCT'den elde edilen DICOM verileri, dijital modelleme aşamasında STL formatında üç boyutlu anatomik modellere dönüştürülerek CAD yazılımlarında işlenmekte ve mevcut alveoler kemik geometrisinin sanal ortamda yeniden oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Bu model üzerinden alveoler kretin üç boyutlu morfolojisi, defektin genişliği ve yüksekliği değerlendirilerek implantın planlanan konumu ve gerekli augmentasyon hacmi doğrultusunda hedeflenen yeni kemik konturu belirlenebilmektedir (Al-Ardah et al., 2018; Ciocca et al., 2011; Inoue et al., 2018).

4.3. Meshin Tasarlanması

Defektin dijital analizinin ardından titanyum mesh, oluşturulması hedeflenen yeni alveoler kemik konturuna göre CAD/CAM ortamında tasarlanmaktadır. Bu süreçte anatomik yapılar dikkate alınarak mesh geometrisi, alveoler kemikle uyumu, fiksasyon yerleri, sınırları ve kenarları belirlenmektedir. Tasarımın temel amacı yalnızca mevcut kemik yüzeyini örtmek değil, greft materyalinin yerleştirileceği ve yeni kemiğin oluşacağı önceden belirlenmiş rejeneratif alanı korumaktır; bu nedenle mevcut defektin yanı sıra hedeflenen augmentasyon hacmi ve planlanan implant pozisyonu da dikkate alınmaktadır (Ciocca et al., 2011; Inoue et al., 2018).

4.4. Üretim ve Cerrahiye Hazırlanma Süreci

Dijital tasarım tamamlandıktan sonra kişiye özel titanyum mesh, belirlenen geometrinin üretim sistemine aktarılmasıyla CAD/CAM ve üç boyutlu baskı teknolojileri kullanılarak üretilmektedir. Kişiye özel mesh üretiminde Direct Metal Laser Sintering (DMLS) ve Selective Laser Melting (SLM) gibi metal eklemeli üretim yöntemleri de kullanılmaktadır (Al-Ardah et al., 2018; Ciocca et al., 2011; Xie et al., 2020).



Şekil 2 (Xie et al., 2020) Titanyum mesh'in ön şekillendirilmesi ve üç boyutlu baskılı titanyum mesh için dijital işlem süreci.

Not. a–d: Titanyum mesh'in ön şekillendirilmesine ilişkin dijital işlem süreci. a: Üç boyutlu sanal alveoler defekt. b: Ark formu ve planlanan implant pozisyonuna göre sanal kemik augmentasyonu sonrası ideal alveoler kret görünümü. c: Titanyum meshin sanal olarak augmentasyonu yapılan maksilla modeli üzerinde önceden şekillendirilmesi. d: Önceden şekillendirilmiş ve trimlenmiş titanyum mesh. e–h: Üç boyutlu baskılı titanyum mesh'in dijital işlem süreci. e: Sanal implantasyon sonrası alveoler defekt bölgesinde implant ekspozisyonu. f: Ark formu ve planlanan implant pozisyonuna göre sanal augmentasyon sonrası ideal alveoler kret görünümü. g: İdeal augmentasyon yapılmış alveoler krete göre titanyum mesh'in üç boyutlu tasarımı. h: İdeal alveoler kret modeli üzerinde üç boyutlu baskı ile üretilmiş titanyum mesh.

5. CERRAHİ TEKNİK

Kişiye özel titanyum mesh ile kemik augmentasyonu; flep tasarımı, kemik hazırlığı, greft yerleştirilmesi, mesh fiksasyonu ve gerilimsiz yumuşak doku kapanışını içeren aşamalı bir cerrahi protokoldür. Temel amaç, augmentasyon hacmini ve greft stabilitesini iyileşme süresince korumaktır (Hartmann et al., 2019; Kleinheinz et al., 2005) (Şekil 3).

5.1. Flebin Tasarlanması ve Cerrahi Saha Hazırlığı

Cerrahi girişimde ilk aşama, augmentasyon alanının yeterli şekilde ortaya konulmasını ve işlem sonunda meshin tam olarak örtülmesini sağlayacak uygun bir flep tasarımının yapılmasıdır. Kişiye özel titanyum mesh uygulamalarında, kemik defektinin tamamen ekspoz edilmesi amacıyla tam kalınlıkta trapezoidal mukoperiostal flepler kullanılabilmektedir. Flep tasarımında yalnızca yeterli kemik erişimi değil, aynı zamanda yeterli yumuşak doku örtüsü ve primer, gerilimsiz kapanış sağlanması da göz önünde bulundurulmalıdır. Geniş defektlerde flep mobilizasyonu yetersiz kaldığında, periostal serbestleştirme insizyonları ile bukkal yağ yastığı pedikülü kullanılarak bölgenin kapatılması düşünülebilir (Cucchi et al., 2021; Hartmann et al., 2019; Kleinheinz et al., 2005).

5.2. Alıcı Sahanın Hazırlanması

Flep kaldırıldıktan sonra augmentasyon alanındaki kemik yüzeyi değerlendirilerek yaklaşık 1 mm çapında çoklu kortikal dekortikasyon uygulanır ve cerrahi saha hazırlanır. Dekortikasyonun kapsamı ve uygulanma şekli çalışmalar arasında farklılık gösterdiğinden, bu işlem kişiye özel mesh cerrahisinin değişmez bir standardı değil, cerrahi protokole bağlı bir uygulama olarak değerlendirilmelidir (Cucchi et al., 2021; Motta et al., 2026).

5.3. Greft Materyalinin Yerleştirilmesi

Kişiye özel titanyum mesh, augmentasyon alanının sınırlarını ve hacmini korurken, bu alanın uygun bir kemik grefti ile doldurulmasını sağlar. Literatürde otolog kemik ile yüksek poroziteli ksenogreftin 1:1 oranında kombinasyonu gibi farklı greft protokolleri kullanılmış olmakla birlikte, kişiye özel mesh uygulamalarında standartlaştırılmış bir greft kombinasyonu bulunmamaktadır. Greft materyali yerleştirilirken meshin dijital olarak planlanan konumuna tam olarak uyum sağlamasına ve augmentasyon hacminin korunmasına dikkat edilmelidir.

Özellikle greftin aşırı doldurulması, mesh ile alıcı kemik arasındaki uyumu bozabilmektedir (Cucchi et al., 2021; Hartmann et al., 2019).

5.4. Titanyum Meshin Yerleştirilmesi

Greft materyalinin hazırlanmasının ardından kişiye özel titanyum mesh defekt üzerine yerleştirilir. Önceden şekillendirilmiş meshlerin temel amacı, standart meshlerde cerrahi sırasında gerçekleştirilen kesme ve bükme işlemlerini azaltarak mesh ile alıcı saha arasındaki uyumu artırmaktır. Bu nedenle mesh, cerrahi alana yerleştirildiğinde önceden planlanan augmentasyon konturuna mümkün olduğunca tam olarak oturmalıdır (Ciocca et al., 2013).

5.5. Meshin Fiksasyonu

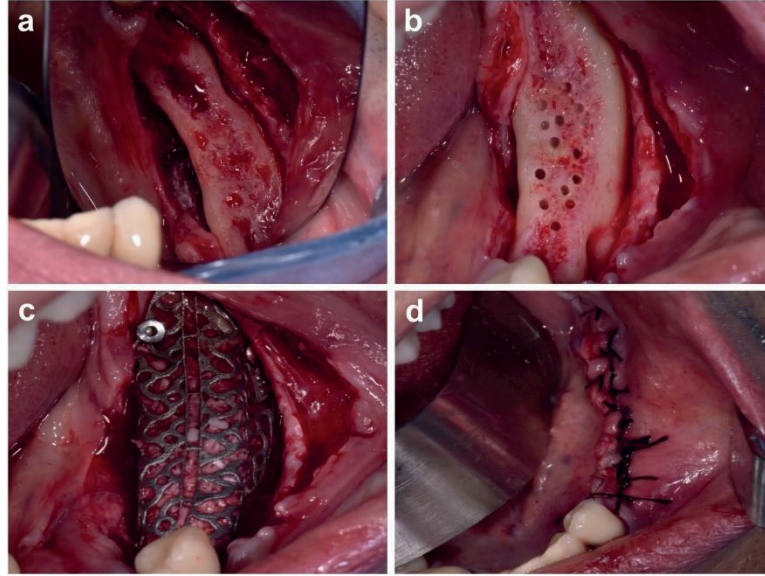
Meshin yerleştirilmesinin ardından augmentasyon alanında yeterli stabilitenin sağlanması için kişiye özel titanyum meshlerin genellikle titanyum osteosentez vidaları ile alıcı kemiğe fikse edilmesi önerilmektedir. Fiksasyon şekli mesh tasarımı ve defektin anatomisine göre değişebilmekte, kişiye özel üretim sayesinde vida yerleşim bölgeleri dijital planlama aşamasında önceden belirlenebilmektedir. Güncel çalışmalarda 1,5 mm çapındaki vidaların kullanılmasının ve vida uzunluğunun defekt anatomisine göre belirlenerek meshin güvenli şekilde fikse edilmesinin uygun bir yaklaşım olduğu bildirilmektedir (Hartmann et al., 2019; Soares et al., 2026).

5.6. Primer Yumuşak Doku Kapanışı

Titanyum mesh ile kemik augmentasyonunda en kritik aşamalardan biri, mesh ve greft materyalinin yumuşak doku ile tamamen ve gerilimsiz şekilde örtülmesidir. Özellikle erken dönemde mesh ekspozisyonu, greftin korunmasını ve rejenerasyon alanının stabilitesini olumsuz etkileyebilen önemli bir komplikasyondur. Bu nedenle yeterli flep mobilizasyonu sağlanmalı ve kapanış sırasında aşırı gerilimden kaçınılmalıdır. Gerektiğinde periostal serbestleştirme insizyonları uygulanarak primer ve gerilimsiz kapanış elde edilebilir (Hartmann et al., 2019; Hartmann & Seiler, 2020).

5.7. İyileşme Süreci

Cerrahi sonrası dönemde augmentasyon alanının mekanik olarak korunması ve yumuşak dokuların sorunsuz iyileşmesi hedeflenmelidir. Bu amaçla hastalara cerrahi bölgeyi travmadan korumaları ve iyileşme süresince özellikle bölgeye basınç uygulayabilecek hareketli protezleri kullanmamaları önerilmektedir. Takiplerde yumuşak doku bütünlüğü, mesh ekspozisyonu ve augmentasyon alanının klinik durumu düzenli olarak değerlendirilmelidir (Hartmann et al., 2019; Hartmann & Seiler, 2020).



Şekil 3 (Motta et al., 2026) Kişiye özel titanyum mesh cerrahisi

Not. a: Tam kalınlık mukoperiostal flep kaldırılarak alıcı sahadaki kemik defektinin açığa çıkarılması. b: Alıcı yatağa uygulanan dekortikasyon işlemi. c: Greftleme işleminin ardından fiksasyon vidalarının uygulanması. d: Mukoperiostal flebin serbestleştirilerek gerilimsiz bir şekilde primer olarak kapatılması ve sütüre edilmesi.

6. KOMPLİKASYONLAR VE YÖNETİMİ

Kişiye özel titanyum meshler kemik rejenerasyonunu desteklese de çeşitli komplikasyonlara yol açabilmektedir. En sık görülenler dehisens ve mesh ekspozisyonu olup, enfeksiyon ve greft kaybı da gelişebilmektedir. Komplikasyon riskinde mesh tasarımının yanı sıra yumuşak doku koşulları, cerrahi yaklaşım, mesh adaptasyonu ve fiksasyon stabilitesi ile sistemik ve lokal faktörler etkili olabilmektedir (Hartmann et al., 2019; Hartmann & Seiler, 2020; Rocuzzo et al., 2007).

6.1. Mesh Ekspozisyonu

Mesh ekspozisyonunda aşırı yumuşak doku gerilimi, yetersiz flep mobilizasyonu, ince veya fragil yumuşak doku, sınırlı vaskülarizasyon ve mesh ile yumuşak doku arasındaki mekanik irritasyon önemli rol oynamaktadır. Ayrıca meshin planlanan konumuna tam adapte olmaması, lokal basınç oluşturmaları ve cerrahi sonrası mekanik travma da ekspozisyon riskini artırabilmektedir. Hartmann ve ark. gerilimsiz primer kapanış için yeterli flep mobilizasyonunun önemini vurgularken, Soares ve ark. ince yumuşak doku, sınırlı keratinize doku ve meshin planlanan konuma tam oturmamasını potansiyel risk faktörleri olarak bildirmiştir (Hartmann et al., 2019; Soares et al., 2026).

Ekspozisyonun klinik önemi; büyüklüğüne, zamanlamasına ve eşlik eden enfeksiyon veya greft kaybına bağlıdır. Augmentasyondan sonraki ilk 4 hafta erken, sonrasında gelişenler ise geç ekspozisyon olarak kabul edilmektedir. Erken ekspozisyon, rejenerasyonun henüz başlangıç aşamasında olması nedeniyle fibröz doku oluşumunu artırarak kemik rejenerasyonunu olumsuz etkileyebileceğinden daha hızlı müdahale gerektirir. Büyük yara açılmalarında meshin çıkarılması gerekebilirken, küçük ve sınırlı yara açılması her zaman augmentasyonun başarısızlığı anlamına gelmeyebilir; nitekim bazı olgularda yeniden epitelizasyon ile greftin korunması mümkün olabilir. Geç ekspozisyonlarda ise enfeksiyon yoksa daha konservatif bir yaklaşım benimsenebilir; enfeksiyon kontrolü sağlanarak keskin mesh kenarları düzeltilip mesh yerinde bırakılabilir. Buna karşılık genişleyen ekspozisyonlar plak ve gıda retansiyonunu artırarak enfeksiyon ve greft kaybı riskini yükseltebilir (Hartmann et al., 2019; Maiorana et al., 2001; Roccuzzo et al., 2007).

6.2. Enfeksiyon

Enfeksiyon, mesh ekspozisyonuna eşlik ederek özellikle greft bütünlüğünü tehdit eden önemli bir komplikasyondur. Ekspoze meshin oral kaviteyle teması bakteriyel kontaminasyonu artırabilirken, özellikle püy varlığı augmentasyon materyali kaybıyla ilişkilendirilmiştir. Tedavide lokal temizlik ve antiseptik uygulamalar temel yaklaşım olup, kontrol edilemeyen enfeksiyonlarda meshin kısmen veya tamamen çıkarılması gerekebilir (Hartmann et al., 2019; Soares et al., 2026).

6.3. Graft Kaybı

Graft materyalinin kısmi veya tam kaybı, özellikle mesh ekspozisyonu ve enfeksiyonla birlikte geliştiğinde augmentasyon sonucunu olumsuz etkileyebilmektedir. Graft kaybı, planlanan augmentasyon hacmi ile iyileşme sonrası elde edilen hacim arasındaki uyumsuzluk ve mesh altında oluşan hacim defekti üzerinden değerlendirilmektedir. Özellikle geniş mukozal açıklıkların daha fazla graft kaybıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Kısmi kayıplarda uygun iyileşme koşulları sağlandığında ek greftleme ile augmentasyon süreci tamamlanabilir, enfeksiyon veya uygun olmayan alıcı saha varlığında yeniden greftleme ertelenmelidir. Graft kaybının önlenmesinde meshin doğru adapte edilmesi ve stabil şekilde fiks edilmesi yanı sıra, greftin aşırı doldurulmasından kaçınılarak mesh ile alıcı kemik arasında pasif ve tam adaptasyonun sağlanması önemlidir (Hartmann et al., 2019; Soares et al., 2026).

6.4. Komplikasyonların Genel Yönetim Yaklaşımı

Kişiyeye özel titanyum meshlerde komplikasyon yönetimi, komplikasyonun tipi ve şiddetine göre kademelendirilmelidir. Küçük ve sınırlı dehissens veya mesh ekspozisyonlarında lokal hijyen, antiseptik uygulamalar, profesyonel temizlik ve yakın klinik takip yeterli olabilirken, geniş ekspozisyonlarda enfeksiyon ve graft kaybı açısından daha sık kontrol gerekmektedir. Tam mesh ekspozisyonu, ilerleyici enfeksiyon veya belirgin augmentasyon materyali kaybı geliştiğinde ise meshin erken ya da kısmi olarak uzaklaştırılması ve yumuşak dokunun iyileşmesine izin verilmesi düşünülebilir. Aktif enfeksiyon bulunmayan ve kısmi graft kaybı gelişen olgularda, iyileşme koşulları uygun ise ek greftleme ile augmentasyonun tamamlanması mümkün olabilir; enfeksiyon varlığında ise öncelik enfeksiyon kontrolü ve yumuşak doku iyileşmesine verilmelidir. Komplikasyon yönetiminin temel amacı, mevcut augmentasyon hacmini mümkün olduğunca koruyarak sonraki implant tedavisine olanak sağlamaktır (Al-Ardah et al., 2017; Hartmann et al., 2019).

Komplikasyonların önlenmesinde ise uygun hasta seçimi, doğru üç boyutlu planlama, mesh-kemik adaptasyonu, yeterli fiksasyon, uygun graft hacmi, etkili flep mobilizasyonu ve gerilimsiz primer yumuşak doku kapanışı temel unsurlardır. Özellikle mesh ekspozisyonunun erken fark edilerek enfeksiyon gelişmeden kontrol altına alınması, graft materyalinin korunması ve tedavi başarısının sürdürülmesi açısından kritik öneme sahiptir (Hartmann et al., 2019; Hartmann & Seiler, 2020; Soares et al., 2026).

7. SONUÇ

Kişiyeye özel titanyum meshler, alveoler kemik defektlerine anatomik olarak uyarlanabilmeleri sayesinde hassas ve kontrollü bir augmentasyon yaklaşımı sunmaktadır. Özellikle geniş ve düzensiz üç boyutlu defektlerde cerrahi şekillendirme ihtiyacını azaltarak uygulamayı kolaylaştırmakta ve yumuşak doku üzerindeki mekanik stresi azaltabilmektedir. Dijital planlama ve CAD/CAM teknolojileri, mesh geometrisi ve fiksasyon bölgelerinin önceden belirlenmesini sağlayarak cerrahiyi daha öngörülebilir hâle getirmektedir. Bununla birlikte başarı; uygun hasta seçimi, doğru defekt analizi, greft ve mesh stabilitesi ile gerilimsiz primer yumuşak doku kapanışına bağlıdır. Mesh ekspozisyonu önemli bir sınırlılık olmakla birlikte, uygun cerrahi planlama ve postoperatif takip ile komplikasyon riski azaltılabilir. Teknolojik gelişmelerin, kişiyeye özel meshlerin daha hassas ve farklı klinik koşullara uyarlanabilir hâle gelmesini ve özellikle ileri implant öncesi kemik augmentasyonlarında kullanımının yaygınlaşmasını desteklemesi beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Al-Ardah, A. J., AlHelal, A., Proussaefs, P., AlBader, B., Al Humaidan, A. A., & Lozada, J. (2017). Managing titanium mesh exposure with partial removal of the exposed site: A case series study. *Journal of Oral Implantology*, 43(6), 482–490. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-17-00169>
- Al-Ardah, A. J., Alqahtani, N., AlHelal, A., Goodacre, B. J., Swamidass, R., Garbacea, A., & Lozada, J. (2018). Using virtual ridge augmentation and 3-dimensional printing to fabricate a titanium mesh positioning device: A novel technique letter. *Journal of Oral Implantology*, 44(4), 293–299. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-17-00160>
- Alotaibi, F. F., Rocchietta, I., Buti, J., & D’Aiuto, F. (2023). Comparative evidence of different surgical techniques for the management of vertical alveolar ridge defects in terms of complications and efficacy: A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(11), 1487–1519. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13850>
- Bai, L., Ji, P., Li, X., Gao, H., Li, L., & Wang, C. (2019). Mechanical characterization of 3D-printed individualized Ti-mesh (membrane) for alveolar bone defects. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019, 4231872. <https://doi.org/10.1155/2019/4231872>
- Bertran Faus, A., Cordero Bayo, J., Velasco-Ortega, E., Torrejon-Moya, A., Fernández-Velilla, F., García, F., & López-López, J. (2022). Customized titanium mesh for guided bone regeneration with autologous bone and xenograft. *Materials*, 15(18), 6271. <https://doi.org/10.3390/ma15186271>
- Chiapasco, M., Casentini, P., Tommasato, G., Dellavia, C., & Del Fabbro, M. (2021). Customized CAD/CAM titanium meshes for the guided bone regeneration of severe alveolar ridge defects: Preliminary results of a retrospective clinical study in humans. *Clinical Oral Implants Research*, 32(4), 498–510. <https://doi.org/10.1111/clr.13720>
- Ciocca, L., Fantini, M., De Crescenzo, F., Corinaldesi, G., & Scotti, R. (2011). Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 49(11), 1347–1352. <https://doi.org/10.1007/s11517-011-0813-4>
- Ciocca, L., Fantini, M., De Crescenzo, F., Corinaldesi, G., & Scotti, R. (2013). CAD-CAM prosthetically guided bone regeneration using preformed titanium mesh for the reconstruction of atrophic maxillary arches. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 16(1), 26–32. <https://doi.org/10.1080/10255842.2011.601279>

- Cordaro, L., & Terheyden, H. (2014). *Ridge augmentation procedures in implant patients: A staged approach* (ITI Treatment Guide, Vol. 7). Quintessence Publishing.
- Cucchi, A., Sartori, M., Aldini, N. N., Vignudelli, E., & Corinaldesi, G. (2019a). A proposal of pseudo-periosteum classification after GBR by means of titanium-reinforced d-PTFE membranes or titanium meshes plus cross-linked collagen membranes. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(4), e157–e165. <https://doi.org/10.11607/prd.3598>
- Cucchi, A., Chierico, A., Fontana, F., Mazzocco, F., Cinquegrana, C., Belleggia, F., Rossetti, P., Soardi, C. M., Todisco, M., Luongo, R., Signorini, L., Ronda, M., & Pistilli, R. (2019b). Statements and recommendations for guided bone regeneration: Consensus report of the Guided Bone Regeneration Symposium held in Bologna, October 15 to 16, 2016. *Implant Dentistry*, 28(4), 388–399. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000909>
- Cucchi, A., Vignudelli, E., Franceschi, D., Randellini, E., Lizio, G., Fiorino, A., & Corinaldesi, G. (2021). Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh with versus without resorbable membranes: A randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 32(12), 1411–1424. <https://doi.org/10.1111/clr.13841>
- Elgali, I., Omar, O., Dahlin, C., & Thomsen, P. (2017). Guided bone regeneration: Materials and biological mechanisms revisited. *European Journal of Oral Sciences*, 125(5), 315–337. <https://doi.org/10.1111/eos.12364>
- Elias, C. N., Lima, J. H. C., Valiev, R., & Meyers, M. A. (2008). Biomedical applications of titanium and its alloys. *JOM*, 60(3), 46–49. <https://doi.org/10.1007/s11837-008-0031-1>
- Gutta, R., Baker, R. A., Bartolucci, A. A., & Louis, P. J. (2009). Barrier membranes used for ridge augmentation: Is there an optimal pore size?. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(6), 1218–1225. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2008.11.022>
- Hansson, S. & Halldin, A. (2012). Alveolar ridge resorption after tooth extraction: A consequence of a fundamental principle of bone physiology. *Journal of Dental Biomechanics*, 3, 1758736012456543. <https://doi.org/10.1177/1758736012456543>
- Hartmann, A., Hildebrandt, H., Schmohl, J. U., & Kämmerer, P. W. (2019). Evaluation of risk parameters in bone regeneration using a customized titanium mesh: Results of a clinical study. *Implant Dentistry*, 28(6), 543–550. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000933>

- Hartmann, A. & Seiler, M. (2020). Minimizing risk of customized titanium mesh exposures: A retrospective analysis. *BMC Oral Health*, 20(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-1023-y>
- Hasegawa, H., Masui, S., Ishihata, H., Kaneko, T., Ishida, D., Endo, M., Kanno, C., Yamazaki, M., Kitabatake, T., Utsunomiya, S., Izumi, K., & Sasaki, K. (2019). Evaluation of a newly designed microperforated pure titanium membrane for guided bone regeneration. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 34(2), 411–422. <https://doi.org/10.11607/jomi.6777>
- Her, S., Kang, T., & Fien, M. J. (2012). Titanium mesh as an alternative to a membrane for ridge augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70(4), 803–810. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.11.017>
- Hirota, M., Ikeda, T., Tabuchi, M., Ozawa, T., Tohnai, I., & Ogawa, T. (2017). Effects of ultraviolet photofunctionalization on bone augmentation and integration capabilities of titanium mesh and implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(1), 52–62. <https://doi.org/10.11607/jomi.4891>
- Howe, M.-S., Keys, W., & Richards, D. (2019). Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 84, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.03.008>
- Inoue, K., Nakajima, Y., Omori, M., Suwa, Y., Kato-Kogoe, N., Yamamoto, K., Kitagaki, H., Mori, S., Nakano, H., & Ueno, T. (2018). Reconstruction of the alveolar bone using bone augmentation with selective laser melting titanium mesh sheet: A report of 2 cases. *Implant Dentistry*, 27(5), 602–607. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000822>
- Jung, G.-U., Jeon, J.-Y., Hwang, K.-G., & Park, C.-J. (2014). Preliminary evaluation of a three-dimensional, customized, and preformed titanium mesh in peri-implant alveolar bone regeneration. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 40(4), 181–187. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.4.181>
- Kim, Y.-K. & Ku, J.-K. (2020). Guided bone regeneration. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 46(5), 361–366. <https://doi.org/10.5125/jkaoms.2020.46.5.361>
- Kleinheinz, J., Büchter, A., Kruse-Lösler, B., Weingart, D., & Joos, U. (2005). Incision design in implant dentistry based on vascularization of the mucosa. *Clinical Oral Implants Research*, 16(5), 518–523. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01158.x>

- Lee, S.-W. & Kim, S.-G. (2014). Membranes for the guided bone regeneration. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 36(6), 239–246.
<https://doi.org/10.14402/jkamprs.2014.36.6.239>
- Maiorana, C., Santoro, F., Rabagliati, M., & Salina, S. (2001). Evaluation of the use of iliac cancellous bone and anorganic bovine bone in the reconstruction of the atrophic maxilla with titanium mesh: A clinical and histologic investigation. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 16(3), 427–432.
- Motta, F., Baldi, F., Fiori, F., Bellia, E., & Baldi, D. (2026). Tridimensional ridge augmentation with digital customized titanium mesh: Radiological and histological evaluation: A case series. *Journal of Dentistry*, 176, 107017.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2026.107017>
- Nguyen, T.-D. T., Moon, S.-H., Oh, T.-J., Seok, J.-J., Lee, M.-H., & Bae, T.-S. (2016). Comparison of guided bone regeneration between surface-modified and pristine titanium membranes in a rat calvarial model. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 31(3), 581–590. <https://doi.org/10.11607/jomi.4317>
- Nguyen, T.-D. T., Jang, Y.-S., Kim, Y.-K., Kim, S.-Y., Lee, M.-H., & Bae, T.-S. (2019). Osteogenesis-related gene expression and guided bone regeneration of a strontium-doped calcium-phosphate-coated titanium mesh. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 5(12), 6715–6724. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.9b01042>
- Rakhmatia, Y. D., Ayukawa, Y., Furuhashi, A., & Koyano, K. (2013). Current barrier membranes: Titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *Journal of Prosthodontic Research*, 57(1), 3–14.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2012.12.001>
- Rakhmatia, Y. D., Ayukawa, Y., Furuhashi, A., & Koyano, K. (2014). Microcomputed tomographic and histomorphometric analyses of novel titanium mesh membranes for guided bone regeneration: A study in rat calvarial defects. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(4), 826–835. <https://doi.org/10.11607/jomi.3219>
- Rakhmatia, Y. D., Ayukawa, Y., Jinno, Y., Furuhashi, A., & Koyano, K. (2017). Micro-computed tomography analysis of early stage bone healing using micro-porous titanium mesh for guided bone regeneration: Preliminary experiment in a canine model. *Odontology*, 105(4), 408–417. <https://doi.org/10.1007/s10266-017-0298-1>
- Retzepi, M. & Donos, N. (2010). Guided bone regeneration: Biological principle and therapeutic applications. *Clinical Oral Implants Research*, 21(6), 567–576.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2010.01922.x>

- Roccuzzo, M., Ramieri, G., Bunino, M., & Berrone, S. (2007). Autogenous bone graft alone or associated with titanium mesh for vertical alveolar ridge augmentation: A controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 18(3), 286–294. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2006.01301.x>
- Soares, K. H., King, C., Palkovics, D., Perez, R., Mbadu, M., Duarte, W. R., & Schey, K. C. (2026). Customized three-dimensional-printed titanium mesh for alveolar bone augmentation: Retrospective consecutive case series. *Clinical Advances in Periodontics*, 16(3), 485–496. <https://doi.org/10.1002/cap.70015>
- Sumida, T., Ottawa, N., Kamata, Y. U., Kamakura, S., Mtsushita, T., Kitagaki, H., Mori, S., Sasaki, K., Fujibayashi, S., Takemoto, M., Yamaguchi, A., Sohmura, T., Nakamura, T., & Mori, Y. (2015). Custom-made titanium devices as membranes for bone augmentation in implant treatment: Clinical application and the comparison with conventional titanium mesh. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 43(10), 2183–2188. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2015.10.020>
- Tallarico, M., Park, C.-J., Lumbau, A. I., Annucci, M., Baldoni, E., Koshovari, A., & Meloni, S. M. (2020). Customized 3D-printed titanium mesh developed to regenerate a complex bone defect in the aesthetic zone: A case report approached with a fully digital workflow. *Materials*, 13(17), 3874. <https://doi.org/10.3390/ma13173874>
- Terheyden, H. (2020). Interpositional bone grafts: Sandwich interposition in the lateral mandible and Le Fort I interposition in the maxilla. In Artzi, Z. (Ed.), *Bone Augmentation by Anatomical Region: Techniques and Decision-Making* (Chapter 22). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119427926.ch22>
- Tolstunov, L., Hamrick, J. F. E., Broumand, V., Shilo, D., & Rachmiel, A. (2019). Bone augmentation techniques for horizontal and vertical alveolar ridge deficiency in oral implantology. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(2), 163–191. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.01.005>
- Wang, H.-L. & Boyapati, L. (2006). “PASS” principles for predictable bone regeneration. *Implant Dentistry*, 15(1), 8–17. <https://doi.org/10.1097/01.id.0000204762.39826.0f>
- Xie, Y., Li, S., Zhang, T., Wang, C., & Cai, X. (2020). Titanium mesh for bone augmentation in oral implantology: Current application and progress. *International Journal of Oral Science*, 12(1), 37. <https://doi.org/10.1038/s41368-020-00107-z>

BÖLÜM 8

ÇENE CERRAHİSİNDE YAPAY ZEKANIN GELECEĞİ

Ahmet Ferhat BÜYÜKDENİZ¹

¹ Dicle university faculty of dentistry, oral surgery department Diyarbakır, Turkey, ferhat16150101@gmail.com, orcid id: 0009-0003-0204-4090

Giriş

Diş hekimliği, son iki asırda deneyime dayalı uygulamalardan veri temelli bir klinik bilim alanına dönüşerek önemli bir değişim geçirmiştir. On dokuzuncu yüzyılın sınırlı bilimsel temele sahip uygulamaları; yirminci yüzyılda radyografik görüntüleme, anestezi ve yapılandırılmış diş hekimliği eğitiminin gelişmesiyle daha sistematik bir yapıya kavuşmuştur. Dental bilişimin ortaya çıkması ise bilgisayar ve bilgi bilimlerinin araştırma, eğitim ve klinik karar verme süreçlerine dâhil edilmesine zemin hazırlamıştır (1). Yapay zekâ; makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme ve bilgisayarlı görü gibi yöntemler aracılığıyla tanı, tedavi planlaması ve klinik iş akışlarında kullanılabilen yeni bir dijital dönüşüm aşamasını temsil etmektedir (1,2).

Yapay zekânın çene cerrahisine entegrasyonu; çene ve yüz ile ilişkili anatomik yapıların karmaşık tanı ve tedavi süreçlerinde yeni kolaylıklar sunmaktadır. Yapay zekâ sistemleri, bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve üç boyutlu modeller gibi büyük verileri analiz ederek pre-op değerlendirmeyi, sanal cerrahi simülasyonları ve hastaya özgü tedavi planlarının hazırlanmasını destekleyebilir (3,4). Literatürde yapay zekânın tanı, sefalometrik değerlendirme ve ortognatik cerrahi planlaması gibi alanlarda kullanılabileceği bildirilmiştir (3,5). Bununla birlikte, bu sistemlerin klinik uygulamaya aktarılabilmesi için güvenilir verilerle doğrulanması ve cerrah denetimi dahilinde kullanılması gerekmektedir (3,4). Bilgisayarlı tomografi (BT) ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), dişler, maksilla, mandibula, temporomandibular eklem ve çevre dokuların üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu yapılara ait görüntülerin elle bölütlenmesi zaman almakta ve gözlemciler arası farklılıklardan etkilenmektedir (6). Derin öğrenme temelli sistemler; dişler, alveoler kemik ve mandibular kanal gibi anatomik yapıların otomatik olarak belirlenmesini sağlayarak üç boyutlu modelleme süreçlerini hızlandırabilir (7,8). Güncel bir meta-analizde yapay zekâ modellerinin mandibula, maksilla ve diş bölütlemesinde yüksek doğruluk gösterdiği, mandibular kanal gibi küçük ve karmaşık yapılarda ise başarı düzeyinin daha değişken olduğu bildirilmiştir (6). Yapay zekâ; oral ve maksillofasiyal hastalıkların erken tanısı, bireye özgü tedavi planlarının oluşturulması ve cerrahi sonuçların tahmin edilmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır (9,10). Bununla birlikte, mevcut çalışmaların önemli bir bölümü küçük veya tek merkezli veri kümelerine dayanmakta; güvenilir doğrulama, tekrarlanabilirlik, algoritma yanlılılığı ve standart performans ölçütleri bakımından eksiklikler göstermektedir (10,11). Bu nedenle yapay zeka cerrahın sorumluluğunda bulunan klinik kararlarına yardımcı bir asistan olarak görülmelidir. Bu bölümde yapay zekânın çene cerrahisindeki tarihsel gelişimi; görüntüleme, tanı, kişiselleştirilmiş planlama, üretken yapay

zekâ, biyobaskı, robotik cerrahi, artırılmış gerçeklik, dijital ikizler ve klinik karar destek sistemleriyle birlikte etik, hukuki ve klinik yönleri ele alınacaktır.

Çene Cerrahisinde Yapay Zekâ: Tarihsel Gelişim ve Dijital Dönüşüm

Yapay zekânın kavramsal temelleri 1943 yılına uzanmakta olup “yapay zekâ” teriminin bilimsel bir alanı tanımlamak üzere kullanılması ise 1956 Dartmouth Konferansında John McCarthy’nin tanımlaması ile ilişkilendirilmektedir (12). Diş hekimliğindeki dijital dönüşüm; 3D görüntüleme, bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemleri, ağız içi tarayıcılar ve 3D baskı teknolojilerinin klinik kullanıma girmesiyle hız kazanmıştır (13). Czako ve arkadaşlarının literatür incelemesine göre yapay zekânın maksillofasiyal cerrahideki ilk doğrudan uygulaması 1992 yılında, BT ve MRG verilerinden stereolitografik bir anatomik model oluşturulmasıyla bildirilmiştir. Bu gelişmeyi bilgisayar destekli cerrahi simülasyonlar, sanal tedavi planlaması ve cerrahi navigasyon uygulamaları izlemiştir (14). Bilgisayarların işlem kapasitesindeki büyüme, büyük dijital veri kümelerinin oluşumu ve tıbbi görüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler, geleneksel bilgisayar destekli yöntemlerden makine ve derin öğrenme temelli sistemlere geçişi hızlandırmıştır. Makine öğrenmesi verilerdeki örüntüleri belirleyerek tahmin üretirken, çok katmanlı yapay sinir ağlarına dayanan derin öğrenme özellikle karmaşık radyolojik görüntülerin analizinde öne çıkmıştır (3,15). Bu teknolojik dönüşüm; çene cerrahisinde görüntü kalitesinin iyileştirilmesi, anatomik yapıların ve sefalometrik noktaların belirlenmesi, kist ve tümörlerin saptanması ile ameliyat öncesi planlamanın desteklenmesine olanak sağlamıştır (3,16). Günümüzde çene cerrahisindeki dijital dönüşüm yalnızca görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılmasıyla sınırlı değildir; tanı, hasta bazında cerrahi planlama, ameliyat esnasında navigasyon ve sonuçların öngörülmesini birbirine bağlayan veri odaklı bir yapıya dönüşmektedir (3,14). Bununla birlikte, mevcut yapay zekâ çalışmalarının büyük bölümü radyolojik değerlendirme, tedavi planlaması ve ameliyat sonrası sonuçların incelenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu sistemlerin klinik uygulamada güvenilir biçimde yaygınlaşması için cerrahin denetiminin korunması gerekmektedir. Aynı zamanda algoritmaların farklı hasta gruplarında doğrulanması ve dijital araçların klinik iş akışına uyumlu şekilde bütünleştirilmesi gerekmektedir (3,14). Bu tarihsel gelişim, çene cerrahisinin bilgisayar destekli uygulamalardan yapay zekâ destekli ve kişiselleştirilmiş cerrahi yaklaşımlara doğru ilerlediğini göstermektedir.

İleri Görüntüleme, Derin Öğrenme ve Üç Boyutlu Anatomik Segmentasyon

Bilgisayarlı tomografi (BT) ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), dişler, çene kemikleri, temporomandibular eklem ve mandibular kanal gibi anatomik yapıların üç boyutlu olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Bu görüntülerden hasta bazlı üç boyutlu modeller oluşturulabilmesi için ilgili anatomik yapıların birbirinden ayrılması, başka bir ifadeyle segmentasyonu gereklidir. Ancak manuel segmentasyon zaman alıcı, uygulayıcıya bağlı ve özellikle karmaşık anatomik bölgelerde değişkenliğe açık bir işlemdir (6). Derin öğrenmeye dayalı otomatik yöntemler, segmentasyon süresini azaltırken dişler, alveoler kemik ve mandibular kanal gibi yapıların tekrarlanabilir biçimde belirlenmesine imkân vermektedir (6,7,17). Anatomik segmentasyonda en sık kullanılan derin öğrenme yöntemleri, görüntülerdeki hiyerarşik özellikleri otomatik olarak öğrenebilen evrişimli sinir ağları ve özellikle U-Net tabanlı mimarilerdir (6,17). Küçük, düşük kontrastlı ve karmaşık seyir gösteren mandibular kanal gibi yapıların segmentasyonunda iki aşamalı modeller kullanılabilmektedir. Bu yaklaşımda ilk aşamada anatomik ilgi alanı belirlenmekte, ikinci aşamada ise yapı daha ayrıntılı olarak bölütlenmektedir. Lin ve arkadaşlarının 220 KIBT görüntüsüyle geliştirdiği iki aşamalı 3D U-Net modeli, test grubunda $0,875 \pm 0,045$ ortalama Dice benzerlik katsayısı (DSC) ve $0,442 \pm 0,379$ mm %95 Hausdorff mesafesi göstermiştir (8). Bununla birlikte, veri kümeleri ve görüntüleme protokolleri arasındaki farklılıklar, başarılı sonuçların farklı klinik merkezlere doğrudan genellenmesini sınırlandırabilmektedir (6). Derin öğrenme destekli segmentasyon, görüntüleme verilerinin hasta bazlı üç boyutlu anatomik modellere dönüştürülmesini hızlandırarak cerrahi planlama, anatomik risk değerlendirmesi ve kişiselleştirilmiş tedavi süreçlerine katkı sağlamaktadır. Çok merkezli verilerle geliştirilen sistemlerin diş ve alveoler kemik segmentasyonunda uzmanlara yakın sonuçlar verebilmesi, bu teknolojilerin klinik iş akışına dâhil edilebileceğini göstermektedir (7). Bununla birlikte model performansı; görüntü kalitesi, metal artefaktları, anatomik farklılıklar, cihaz özellikleri ve eğitim verilerinin çeşitliliğinden etkilenmektedir. Çalışmalar arasındaki yöntemsel farklılıklar ve sınırlı dış doğrulama, elde edilen yüksek başarı değerlerinin tüm hasta gruplarına ve klinik merkezlere doğrudan genellenmesini güçleştirmektedir (6,10). Bu nedenle otomatik segmentasyon sonuçları cerrahın değerlendirmesinin yerine geçmemeli; klinik kullanımdan önce uzman denetiminden geçirilmelidir (10). Güvenilir anatomik segmentasyon, maksillofasiyal patolojilerin yapay zekâ destekli olarak belirlenmesi ve sınıflandırılması için de temel oluşturmaktadır.

Yapay Zekâ Destekli Tanı ve Maksillofasiyal Patolojilerin Erken Tespiti

Oral ve maksillofasiyal patolojiler; odontojenik kistler, benign ve malign tümörler, inflamatuvar hastalıklar ve potansiyel olarak malign oral lezyonlar gibi geniş bir hastalık grubunu kapsamaktadır. Bazı lezyonların erken dönemde belirti vermemesi ve farklı hastalıkların benzer klinik veya radyolojik özellikler gösterebilmesi, tanıda gecikme ya da gözden kaçırılma riskini artırmaktadır. Yapay zekâ sistemleri; radyografik görüntüler, KIBT verileri, klinik fotoğraflar ve histopatolojik görüntülerdeki örüntüleri inceleyerek lezyonların saptanması, sınıflandırılması ve hastalık riskinin öngörülmesinde klinisyenlere destek olabilir (9). Liu ve arkadaşlarının geliştirdiği derin öğrenme modeli, KIBT görüntülerinde ameloblastom, odontojenik keratokist, dentigeröz kist, periapikal kist ve osteomyelit olmak üzere beş farklı çene lezyonunu eş zamanlı olarak sınıflandırmış ve segmente etmiştir (18). Oral malign lezyonlara yönelik çalışmaların meta-analizinde ise derin öğrenme modelleri için birleşik duyarlılık %86, özgüllük %67 olarak bildirilmiş; sonuçlar bu sistemlerin erken taramadaki potansiyelini göstermekle birlikte daha kapsamlı klinik doğrulama gereksinimini de ortaya koymuştur (19). Yapay zekânın tanısallık katkısı yalnızca bir lezyonun varlığını saptamakla sınırlı değildir; benzer radyolojik özelliklere sahip patolojilerin birbirinden ayrılması ve lezyon sınırlarının belirlenmesi de mümkündür. Liu ve arkadaşlarının 368 KIBT görüntüsü üzerinde geliştirdiği model; çene lezyonlarının sınıflandırılmasında 0,871 duyarlılık, 0,974 özgüllük ve 0,891 doğruluk göstermiştir (18). Yapay zekâ desteği, özellikle radyolojik olarak karıştırılabilen ameloblastom ve odontojenik keratokistin değerlendirilmesinde hekimlerin F1 skorunu %6,2–12,7 oranında artırmıştır. Modelin ortalama segmentasyon süresi $40 \pm 9,9$ saniye iken aynı işlem çene cerrahları tarafından $25 \pm 7,2$ dakikada gerçekleştirilmiştir (18). Bu sonuçlar, yapay zekânın uzman tanısının yerine geçen bağımsız bir sistemden çok, ayırıcı tanıyı ve klinik iş akışını destekleyen yardımcı bir araç olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir (10,18). Bununla birlikte, yüksek tanısallık performans değerleri yapay zekâ sistemlerinin tek başına kesin tanı koyabileceği anlamına gelmemektedir. Model başarısı; kullanılan veri kümesinin büyüklüğü ve çeşitliliği, hastalıkların görülme sıklığı, görüntü kalitesi ve referans tanıların doğruluğu gibi etkenlerden etkilenmektedir (9,19). Oral malign lezyonların saptanmasına ilişkin meta-analizde özgüllüğün 0,67 düzeyinde kalması, yanlış pozitif sonuçların ve gereksiz ileri incelemelerin ortaya çıkabileceğini göstermektedir (19). Bu nedenle yapay zekâ çıktıları; hastanın öyküsü, klinik muayenesi, ileri görüntüleme bulguları ve gerektiğinde histopatolojik inceleme ile birlikte değerlendirilmelidir. Gelecekte çok merkezli ve farklı hasta gruplarında doğrulanmış, karar süreci açıklanabilir sistemlerin geliştirilmesi;

yapay zekânın erken tanı, hasta önceliklendirme ve klinik karar desteğinde güvenilir biçimde kullanılabilmesi açısından önem taşımaktadır (9,10,19).

Kişiselleştirilmiş Cerrahi Planlama ve Sanal Cerrahi Simülasyonları

Kişiselleştirilmiş cerrahi planlama, çene ve yüz deformitelerinin tedavisinde hastanın iskeletsel, dental ve yumuşak doku özelliklerinin ameliyat öncesinde üç boyutlu olarak bütüncül biçimde değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler, BT ve KIBT verilerinden elde edilen modelleri kullanarak sanal cerrahi simülasyonların hazırlanmasını ve hastaya özgü tedavi planlarının oluşturulmasını destekleyebilmektedir (3,14). Bu sürecin temel basamaklarından biri sefalometrik analizdir. Üç boyutlu sefalometrik analiz, anatomik işaret noktalarının doğru belirlenmesine dayanmakta ve bu işlem geleneksel olarak deneyimli uygulayıcılar tarafından elle yapılmaktadır (21). Otomatik üç boyutlu işaret noktası belirleme yöntemlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini değerlendiren sistematik derleme, bu alanda bilgi, atlas ve öğrenme tabanlı farklı algoritmaların kullanıldığını göstermiştir (20). Derin öğrenme tabanlı yöntemlerin incelendiği bir meta-analizde ise otomatik üç boyutlu sefalometrik işaret noktası belirlemede yüksek doğruluk elde edildiği ve algoritmaların son yıllarda belirgin biçimde geliştiği bildirilmiştir (22). BT görüntülerinde geliştirilen bir derin öğrenme modeli, açısal ölçümlerde $-0,3 \pm 1,3^\circ$, doğrusal ölçümlerde ise $-0,1 \pm 0,7$ mm ortalama hata ile klinisyenlerin güvenilirlik düzeyine yakın sonuçlar vermiştir. Yazarlar yöntemin yine de geliştirilmeye ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir (21).

Yapay zekânın katkısı yalnızca ölçüm otomasyonu ile sınırlı değildir; planlamanın hedefini belirleme sürecini de desteklemektedir. Ortognatik cerrahi planlamasında sonuçlar uygulayıcının deneyimine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu nedenle hastanın deforme kemik yapısından yola çıkarak hastaya özgü bir referans kemik şekli tahmin eden derin öğrenme modelleri geliştirilmiştir (23). Bu yaklaşım, planlamada deneyime bağlı değişkenliği azaltmayı ve nesnel bir rehber sunmayı hedeflemektedir (5,23).

Sanal planlamanın klinik doğruluğuna ilişkin kanıtlar ise ağırlıklı olarak yapay zekâdan bağımsız, genel sanal cerrahi planlama çalışmalarına dayanmaktadır. Ortognatik cerrahide sanal planlamanın doğruluğunu inceleyen sistematik derleme, yöntemin doğru ve tekrarlanabilir görüldüğünü, ancak doğrulama için daha fazla klinik çalışmaya gereksinim bulunduğunu bildirmiştir (24). Hastaya özgü cerrahi kılavuzlarla birlikte uygulanan sanal planlamanın iki boyutlu geleneksel planlamaya kıyasla cerrahi doğruluğu artırdığı da

gösterilmiştir (25). Bununla birlikte, yapay zekâ modellerinin bu klinik kazanımlara ne ölçüde katkı sağladığı henüz yeterince ortaya konmamıştır. Mevcut çalışmaların önemli bir bölümünün küçük veya tek merkezli veri kümelerine dayanması da sonuçların genellenebilirliğini sınırlamaktadır (10,11). Bu nedenle yapay zekâ destekli planlama çıktıları, nihai karar verici olan cerrahın klinik değerlendirmesiyle birlikte kullanılmalıdır (3,4). Planlama sürecindeki bu gelişmeler, hastaya özgü implant ve biyomateryal tasarımında üretken yapay zekâ ile biyobaskının kullanımına zemin hazırlamaktadır.

Üretken Yapay Zekâ, Üç Boyutlu Biyobaskı ve Hasta Bazlı İmplant Tasarımı

Üretken yapay zekâ modelleri, eğitim verilerindeki örüntüleri öğrenerek yeni veri veya şekil üretebilen sistemlerdir. Bu özellik çene cerrahisinde, özellikle hastaya özgü implant tasarımında kullanılmaya başlanmıştır. Kafatası defektlerinde yapay zekâ destekli tasarım, eksik kemik bölümünün tamamlanması ve tamamlanmış yapıdan defektli yapının çıkarılmasıyla implant modelinin elde edilmesi mantığına dayanmaktadır (27). Bu yaklaşımda elde edilen implant modeli, standart üç boyutlu yazıcı formatında dışa aktararak üretime hazır hâle gelebilmektedir. Aynı mantık mandibular defektlere de uygulanmıştır. Geliştirilmiş 3D U-Net tabanlı bir model, defektli mandibula modellerinden onarılmış mandibulayı üretmiş ve implant modelini bu onarımdan elde etmiştir (29). Çalışmada mandibula onarımında Dice katsayısı 0,9873'e ulaşırken implant bölgesinde 0,8018 düzeyinde kalmıştır. Bu fark, defekt bölgesinin tam geometrisinin tahmininin yapının geneline göre daha güç olduğunu göstermektedir (29). Derin öğrenme yöntemlerinin yeterli veri gerektirmesi ise bu alanın temel sınırlılıklarından biridir. Üretken ağlar bu soruna da çözüm sunmaktadır: kafatası defektli sentetik modeller üreterek implant tasarımı algoritmalarının eğitim verisini çoğaltmak mümkündür (28).

Üç boyutlu biyobaskı ise yalnızca şekil uyumlu implantların değil, biyolojik olarak işlevsel dokuların üretilmesini hedeflemektedir. Biyobaskı; canlı hücrelerin, biyomalzemelerin ve biyoaktif moleküllerin hastaya ve defekte özgü olarak katman katman yerleştirilmesine dayanmaktadır. Çene-yüz bölgesinde kemik ve kıkırdak rejenerasyonu için bu teknolojiyenin yararlanması, otojen greft gibi geleneksel yöntemlerin sınırlılıklarını aşma potansiyeli taşımaktadır (26). Kraniyofasiyal rejenerasyona ilişkin derlemeler, biyomürekkep ve kök hücre kullanımıyla umut verici sonuçlar alındığını, ancak istenen klinik sonuca hâlâ ulaşamadığını bildirmiştir (26). Yapay zekânın bu alandaki rolü, biyomürekkep formülasyonunun ve baskılanabilirlik parametrelerinin makine öğrenmesiyle optimize edilmesi, baskı sırasında

hataların gerçek zamanlı saptanması ve baskı sonrası süreçlerin iyileştirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (30).

Bununla birlikte bu uygulamaların büyük bölümü henüz deneysel veya ön çalışma aşamasındadır. Örneğin implant tasarımına ilişkin çalışmalarda genellikle gerçek hasta defektleri yerine bilgisayar ortamında oluşturulmuş yapay defektler kullanılmakta (28,29), kafatası implantı için geliştirilen çevrim içi sistem ise yalnızca eğitim ve araştırma amaçlı sunulmaktadır (27). Veri kümelerinin sınırlı olması, dış doğrulamanın yetersizliği ve algoritma yanlışlığı gibi sorunlar bu alanda da geçerliliğini korumaktadır (10,11). Dolayısıyla yapay zekâ ile tasarlanan implantların ve biyobaskı ürünlerinin klinik kullanımı; biyomekanik ve biyolojik doğrulamayı, düzenleyici onay süreçlerini ve cerrah denetimini gerektirmektedir (3,4). Hastaya özgü planlama ve üretim süreçlerindeki bu gelişmeler, ameliyat sırasında planın uygulanmasını destekleyen robotik sistemlerin, artırılmış gerçekliğin ve akıllı navigasyonun önemini artırmaktadır.

Robotik Cerrahi, Artırılmış Gerçeklik ve Akıllı Navigasyon Sistemleri

Ameliyat öncesi planın ameliyat sırasında doğru biçimde uygulanması, robotik sistemler, artırılmış gerçeklik (AR) ve navigasyon teknolojileriyle desteklenmektedir. Çene cerrahisinde robotik sistemlerin ilk olarak baş-boyun bölgesindeki tümör ve benign hastalıklarda kullanıldığı, bu sistemlerle kan kaybının, komplikasyonların ve hastanede kalış süresinin azaldığı, kozmetik sonuçların ise iyileştiği bildirilmiştir (31). Dental implant cerrahisinde otonom robotik sistemlerin in vivo doğruluğunu inceleyen meta-analiz, bu sistemlerin statik ve dinamik bilgisayar destekli yöntemlerden daha iyi doğruluk sağladığını göstermiştir. Aynı çalışma, sistemlerin eğitilmiş uygulayıcılara ve teknik destek ekibine ihtiyaç duyduğunu, çalışmalar arasında heterojenlik bulunduğunu ve randomize kontrollü çalışmaların gerektiğini vurgulamıştır (32). Artırılmış gerçeklik ise planlama verilerinin cerrahin görüş alanına yansıtılmasını sağlamaktadır. Oral ve kraniyomaksillofasiyal cerrahide AR uygulamalarını inceleyen sistematik derlemede çalışmaların en büyük bölümünün ortognatik cerrahiye ait olduğu, deneyim kalitesinin başarının temel koşulu olduğu ve cerrahiye özgü baş üstü ekranlara gereksinim bulunduğu belirtilmiştir (33). Güncel bir sistematik derlemede AR navigasyonun teknik performansının ve radyasyon maruziyetini azaltma potansiyelinin umut verici olduğu, ancak kanıtın büyük ölçüde çok düşük güvenilirlikte kaldığı bildirilmiştir (34). Yapay zekâ bu sistemlerde görüntü kaydı, anatomik yapıların gerçek zamanlı izlenmesi ve planlanan cerrahi hatta sapmaların saptanması gibi işlemlere katkı sağlayabilir (14). Ancak klinik üstünlüğünün

gösterilmesi için güçlü çalışmalara ihtiyaç vardır. Cerrahi sürecin ameliyat sonrasına uzanan boyutu ise klinik karar destek ve öngörüsöl analitik sistemleriyle ilişkilidir.

Klinik Karar Destek Sistemleri, Öngörüsöl Analitik ve Dijital İkizler

Klinik karar destek sistemleri; görüntüleme, klinik ve laboratuvar verilerini birleştirerek tanı, tedavi seçimi ve risk değerlendirmesinde klinisyene öneri sunan araçlardır. Maxillofasiyal cerrahide öngörüsöl yapay zekâyı inceleyen sistematik derlemede, ameliyat öncesi görüntülerden ameliyat sonuçlarının tahmininde genellikle yüksek doğruluk elde edildiği, bu yaklaşımların tedavi planlamasında ve gelecekte cerrahi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılabildiği bildirilmiştir (35). Bu sistemler, hasta ile cerrah arasındaki bilgilendirme sürecine de katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, bu modellerin güvenilirliği doğrulama kalitesine bağlıdır. Mevcut çalışmaların küçük veya tek merkezli verilere dayanması ve standart ölçütlerin eksikliği, bu sistemlerin yaygın klinik kullanımını sınırlamaktadır (10,11).

Dijital ikiz kavramı, hastaya ait anatomik ve fizyolojik verilerin sanal bir modelde birleştirilerek simülasyon ve sağlık seyrinin öngörülmesi amacıyla kullanılmasını ifade etmektedir. Sağlık alanında dijital ikiz uygulamalarının henüz erken aşamada olduğu bildirilmektedir (36). Çene cerrahisinde ise BT verilerinden elde edilen üç boyutlu modeller, sanal planlama ve yumuşak doku simülasyonları, bütünleşik bir dijital hasta modelinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır (3,14). Ancak bu bileşenlerin iyileşme sürecini sürekli güncelleyen ve öngörü üreten gerçek bir dijital ikiz hâline gelmesi, uzun dönem verilere ve çok merkezli doğrulamaya bağlıdır. Dolayısıyla bu alan şimdilik yalnızca bir gelecek perspektifi olarak değerlendirilmelidir. Bu teknolojilerin klinik uygulamaya aktarılması etik ve hukuki düzenlemeleri de gündeme getirmektedir.

Etik, Hukuki ve Klinik Zorluklar: Geleceğin Yapay Zekâ Destekli Çene Cerrahisi

Yapay zekâ uygulamalarının çene cerrahisine yerleşmesi, teknik başarının ötesinde etik, hukuki ve klinik sorumlulukları da beraberinde getirmektedir. Oral ve maksillofasiyal kozmetik cerrahide yapay zekâ uygulamalarının etik sorunlarını ele alan derlemeler, bu alanın hasta güvenliği ve sorumluluk açısından dikkatle değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (4). Diş hekimliğinde yapay zekâ çözümlerinin güvenilirliği ve genellenebilirliğinin sağlanması, sürekli insan denetiminin uygulanması ve kanıta dayalı diş hekimliği ilkelerine uygun standartların oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır (37). Veri kümelerinin sınırlılığı

ve algoritma yanlılığı, belirli hasta gruplarında hatalı sonuçlara yol açabileceğinden eşitlik açısından da önem taşır (10,11). Karar sürecinin açıklanabilir olmaması ise cerrahın bir öneriyi değerlendirmesini zorlaştırmaktadır (9,10).

Hukuki açıdan tıbbi cihaz niteliğindeki yapay zekâ sistemleri, Avrupa Birliği Yapay Zekâ Tüzüğü'nde yüksek riskli sistemler arasında yer almakta; sistem sağlayıcıları ve kullanıcılar için insan gözetimi dâhil çeşitli yükümlülükler öngörülmektedir (38). Sağlık verilerinin eğitim ve doğrulama süreçlerinde kullanılması, Türkiye'de 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında özel nitelikli kişisel veri olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle veri güvenliği, anonimleştirme ve hastanın aydınlatılmış onamı kritik önem taşır. Klinik uygulamada ise yapay zekâ destekli sistemlerin sonuçlarından cerrah sorumlu kalmalıdır. Gelecekte çok merkezli doğrulama, açıklanabilir modeller, standart raporlama ve eğitim programlarına yapay zekâ okuryazarlığının eklenmesi, bu teknolojilerin güvenli entegrasyonunu destekleyecektir (9,10,37). Sonuç olarak yapay zekâ, çene cerrahisinde cerrahın yerine geçen bir sistem değil, planlama, uygulama ve takip süreçlerinde karar kalitesini artıran destekleyici bir araç olarak konumlanmalıdır.

SONUÇ

Yapay zekâ, çene cerrahisinde tanı ve tedavi süreçlerini dönüştürme potansiyeline sahip, hızla gelişen bir teknoloji alanıdır. Derin öğrenme temelli görüntü analizi ve üç boyutlu anatomik segmentasyon, maksillofasiyal patolojilerin değerlendirilmesi, kişiselleştirilmiş cerrahi planlama ve sanal simülasyonlar gibi uygulamalar, klinik süreçlerin daha hızlı, tutarlı ve hasta odaklı yürütülmesine katkı sağlayabilir. Üretken yapay zekâ ve üç boyutlu biyobaskı hasta bazlı implant ve doku tasarımına yeni olanaklar sunarken robotik cerrahi, artırılmış gerçeklik ve akıllı navigasyon sistemleri, ameliyat öncesi planların cerrahi uygulamaya aktarılmasını desteklemektedir. Öngörüselsel analitik ve dijital ikiz teknolojileri ise gelecekte cerrahi sonuçların değerlendirilmesi ve hasta takibinin geliştirilmesi açısından önemli fırsatlar barındırmaktadır.

Bununla birlikte, mevcut kanıtlar yapay zekâ uygulamalarının klinik başarısının kullanılan veri kümelerinin niteliğine, algoritmaların doğruluğuna ve farklı hasta gruplarında gösterilen güvenilirliğine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle sınırlı örneklem büyüklükleri, yetersiz dış doğrulama, algoritmik yanlılık ve çalışmalar arasındaki yöntemsel farklılıklar, bu teknolojilerin rutin klinik uygulamalara aktarılmasını güçleştirmektedir. Ayrıca hasta

verilerinin korunması, karar süreçlerinin açıklanabilirliği, etik ilkeler ve hukuki sorumluluk, yapay zekânın güvenli kullanımında göz önünde bulundurulması gereken temel unsurlardır.

Gelecekte çok merkezli ve ileriye dönük klinik çalışmaların artırılması, standart performans ölçütlerinin benimsenmesi, sistemlerin farklı klinik koşullarda doğrulanması ve cerrahların yapay zekâ okuryazarlığının geliştirilmesi önem taşımaktadır. Sonuç olarak yapay zekâ, çene cerrahisinde klinik deneyimin ve uzman değerlendirmesinin yerini alan bir teknoloji olarak değil, cerrahi karar verme süreçlerini güçlendiren ve hasta güvenliğini ön planda tutan tamamlayıcı bir araç olarak ele alınmalıdır. Bu teknolojilerin bilimsel kanıtlar ve insan denetimi doğrultusunda geliştirilmesi, gelecekte daha güvenilir, kişiselleştirilmiş ve etkin cerrahi yaklaşımların uygulanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Dua, B., Kumar Gupta, R., Bhargava, A., Bhardwaj, A., Jain, M., & Tripathi, S. (2025). Redefining oral healthcare through artificial intelligence: a review of current applications and a roadmap for the future of dentistry. *BMC Artificial Intelligence*, 1(1), 13.
- Jayatissa, P., & Hewapathirane, R. (2023). A review of dental informatics: Current trends and future directions. *arXiv preprint arXiv:2307.03686*.
- Miragall, M. F., Knoedler, S., Kauke-Navarro, M., Saadoun, R., Grabenhorst, A., Grill, F. D., ... & Knoedler, L. (2023). Face the future—artificial intelligence in oral and maxillofacial surgery. *Journal of clinical medicine*, 12(21), 6843.
- Rokhshad, R., Keyhan, S. O., & Yousefi, P. (2023). Artificial intelligence applications and ethical challenges in oral and maxillo-facial cosmetic surgery: a narrative review. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 45(1), 14.
- Siddiqui, T. A., Sukhia, R. H., & Ghandhi, D. (2022). Artificial intelligence in dentistry, orthodontics and Orthognathic surgery: A literature review.
- Alahmari, M., Alahmari, M., Almuaddi, A., Abdelmagyd, H., Rao, K., Hamdoon, Z., ... & Shetty, S. (2025). Accuracy of artificial intelligence-based segmentation in maxillofacial structures: a systematic review. *BMC Oral Health*, 25(1), 350.
- Cui, Z., Fang, Y., Mei, L., Zhang, B., Yu, B., Liu, J., ... & Shen, D. (2022). A fully automatic AI system for tooth and alveolar bone segmentation from cone-beam CT images. *Nature communications*, 13(1), 2096.
- Lin, X., Xin, W., Huang, J., Jing, Y., Liu, P., Han, J., & Ji, J. (2023). Accurate mandibular canal segmentation of dental CBCT using a two-stage 3D-UNet based segmentation framework. *BMC Oral Health*, 23(1), 551.
- Abdul, N. S., Shivakumar, G. C., Sangappa, S. B., Di Blasio, M., Crimi, S., Cicciù, M., & Minervini, G. (2024). Applications of artificial intelligence in the field of oral and maxillofacial pathology: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 122.
- Rana, M., Sakkas, A., Zimmermann, M., Kostyuk, M., & Schwarz, G. (2026). Artificial intelligence in oral and maxillofacial surgery: integrating clinical innovation and workflow optimization. *Journal of Clinical Medicine*, 15(2), 427.
- Lakhotia, S., Godrej, H., Kaur, A., Nutakki, C. S., Mun, M., Eber, P., & Anthony Celi, L. (2025). Machine learning in dentistry: a scoping review. *PLOS Digital Health*, 4(7), e0000940.

- Gao, S., Wang, X., Xia, Z., Zhang, H., Yu, J., & Yang, F. (2025). Artificial intelligence in dentistry: a narrative review of diagnostic and therapeutic applications. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 31, e946676.
- Gawali, N., Shah, P. P., Gowdar, I. M., Bhavsar, K. A., Giri, D., & Laddha, R. (2024). The evolution of digital dentistry: a comprehensive review. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 16(Suppl 3), S1920.
- Czako, L., Sufliarsky, B., Simko, K., Sovis, M., Vidova, I., Farska, J., ... & Galis, B. (2024). Exploring the practical applications of artificial intelligence, deep learning, and machine learning in maxillofacial surgery: a comprehensive analysis of published works. *Bioengineering*, 11(7), 679.
- Taye, M. M. (2023). Understanding of machine learning with deep learning: architectures, workflow, applications and future directions. *Computers*, 12(5), 91.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer*, 18(8), 500-510.
- Jaskari, J., Sahlsten, J., Järnstedt, J., Mehtonen, H., Karhu, K., Sundqvist, O., ... & Kaski, K. (2020). Deep learning method for mandibular canal segmentation in dental cone beam computed tomography volumes. *Scientific reports*, 10(1), 5842.
- Liu, W., Li, X., Liu, C., Gao, G., Xiong, Y., Zhu, T., ... & Tang, W. (2024). Automatic classification and segmentation of multiclass jaw lesions in cone-beam CT using deep learning. *Dentomaxillofacial Radiology*, 53(7), 439-446.
- Di Fede, O., La Mantia, G., Parola, M., Maniscalco, L., Matranga, D., Tozzo, P., ... & Cimino, M. G. (2025). Automated Detection of Oral Malignant Lesions Using Deep Learning: Scoping Review and Meta-Analysis. *Oral Diseases*, 31(4), 1054-1064.
- Dot, G., Rafflenbeul, F., Arbotta, M., Gajny, L., Rouch, P., & Schouman, T. (2020). Accuracy and reliability of automatic three-dimensional cephalometric landmarking. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 49(10), 1367-1378.
- Dot, G., Schouman, T., Chang, S., Rafflenbeul, F., Kerbrat, A., Rouch, P., & Gajny, L. (2022). Automatic 3-dimensional cephalometric landmarking via deep learning. *Journal of dental research*, 101(11), 1380-1387.
- Serafin, M., Baldini, B., Cabitza, F., Carrafiello, G., Baselli, G., Del Fabbro, M., ... & Tartaglia, G. M. (2023). Accuracy of automated 3D cephalometric landmarks by deep learning

- algorithms: systematic review and meta-analysis. *La radiologia medica*, 128(5), 544-555.
- Xiao, D., Lian, C., Deng, H., Kuang, T., Liu, Q., Ma, L., ... & Yap, P. T. (2021). Estimating reference bony shape models for orthognathic surgical planning using 3D point-cloud deep learning. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 25(8), 2958-2966.
- Alkhayer, A., Piffkó, J., Lippold, C., & Segatto, E. (2020). Accuracy of virtual planning in orthognathic surgery: a systematic review. *Head & face medicine*, 16(1), 34.
- Lee, Y. J., Oh, J. H., & Kim, S. G. (2024). Virtual surgical plan with custom surgical guide for orthognathic surgery: systematic review and meta-analysis. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 46(1), 39.
- Dwivedi, R., & Mehrotra, D. (2020). 3D bioprinting and craniofacial regeneration. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 10(4), 650-659.
- Li, J., Pepe, A., Gsaxner, C., & Egger, J. (2021, February). An online platform for automatic skull defect restoration and cranial implant design. In *Medical Imaging 2021: Image-Guided Procedures, Robotic Interventions, and Modeling* (Vol. 11598, pp. 472-479). SPIE.
- Kwarciak, K., & Wodziński, M. (2023, October). Deep generative networks for heterogeneous augmentation of cranial defects. In *2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)* (pp. 1058-1066). IEEE.
- Fang, Z., Liu, D., & Wu, Y. (2023). Implant model generation method for mandibular defect based on improved 3D unet. *Applied Sciences*, 13(8), 4741.
- Freeman, S., Calabro, S., Williams, R., Jin, S., & Ye, K. (2022). Bioink formulation and machine learning-empowered bioprinting optimization. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 10, 913579.
- Liu, H. H., Li, L. J., Shi, B., Xu, C. W., & Luo, E. (2017). Robotic surgical systems in maxillofacial surgery: a review. *International journal of oral science*, 9(2), 63-73.
- Pozzi, A., Carosi, P., Lorenzi, C., Chow, J., Wang, H. L., & Gallucci, G. O. (2025). In Vivo Accuracy of Autonomous Dental Implant Robotic Surgery: Systematic Review and Meta-analysis. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 40(6), 683.
- Badiali, G., Cencenelli, L., Battaglia, S., Marcelli, E., Marchetti, C., Ferrari, V., & Cutolo, F. (2020). Review on augmented reality in oral and cranio-maxillofacial surgery: toward “surgery-specific” head-up displays. *IEEE Access*, 8, 59015-59028.
- Nicolai, N., Tabernée-Heijtmeijer, S. J., Benmahdjoub, M., Kraeima, J., Pichardo, S. E., Witjes, M. J., ... & Bergsma, J. E. (2026). Augmented Reality in Navigated Surgery: A

Systematic Review of Clinical Accuracy and System Performance. *Mayo Clinic Proceedings: Digital Health*, 100358.

Geejo, A., & Elledge, R. O. (2026). Predictive artificial intelligence in maxillofacial surgery: a systematic review. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*.

Katsoulakis, E., Wang, Q., Wu, H., Shahriyari, L., Fletcher, R., Liu, J., ... & Deng, J. (2024). Digital twins for health: a scoping review. *NPJ digital medicine*, 7(1), 77.

Schwendicke, F. A., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *Journal of dental research*, 99(7), 769-774.

Lognoul, M. (2025). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act–AI Act). *Revue du Droit des Technologies de l'information*, (3-4), 145-189.

BÖLÜM 9

KEMİK REJENERASYON MATERYALLERİ

Sinan Yasin ERTEM¹, Fatih DOĞANOĞLU²

¹ Prof. Dr. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı 0000-0002-8217-9889

² Arş. Gör. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı 0009-0002-6858-7525

1. GİRİŞ

Ağız, diş ve çene cerrahisinde kemik rejenerasyonu, özellikle dental implant uygulamalarının başarısını doğrudan belirleyen temel faktörlerden biridir. Alveoler kemik rezorpsiyonu, travma, enfeksiyon, kistik ve tümöral lezyonların cerrahi rezeksiyonu gibi nedenlerle oluşan kemik defektleri, fonksiyonel ve estetik rehabilitasyonu zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, yeterli kemik hacmi ve kalitesinin sağlanması, hem primer stabilite hem de uzun dönem osseointegrasyon açısından kritik öneme sahiptir. Kemik rejenerasyonu; osteogenez, osteoindüksiyon ve osteokondüksiyon gibi biyolojik süreçlerin koordineli çalışmasına bağlı olup, bu süreçlerin etkinliği kullanılan materyallerin biyolojik özellikleri ve cerrahi teknik ile yakından ilişkilidir (Giannoudis et al., 2005).

Günümüzde kemik rejenerasyonu amacıyla kullanılan materyaller; otogreftler, allogreftler, ksenogreftler ve alloplastik materyaller olarak sınıflandırılmakta olup, her birinin kendine özgü avantaj ve sınırlamaları bulunmaktadır. Otogreftler osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özellikleri nedeniyle “altın standart” olarak kabul edilse de, donör saha morbiditesi ve sınırlı hacim gibi dezavantajları nedeniyle alternatif materyallere olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Nkenke & Neukam, 2014). Bu bağlamda, biyomateryallerdeki gelişmeler ve yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (GBR) tekniklerinin yaygınlaşması, klinik başarı oranlarını önemli ölçüde artırmıştır (Retzepi & Donos, 2010).

Son yıllarda ise kemik rejenerasyonu yaklaşımı, yalnızca yapısal destek sağlayan greft materyallerinin kullanımından çıkarak, biyolojik süreçlerin aktif olarak modüle edildiği daha kompleks bir tedavi konseptine evrilmiştir. Bu kapsamda, büyüme faktörleri ve biyolojik modülatörler, rejeneratif sürecin hızlandırılması ve kalitesinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle bone kemik morfogenetik protein-2 (BMP-2), osteoindüksiyonu doğrudan uyararak mezenkimal kök hücrelerin osteoblastik diferansiyasyonunu artırmakta; transforme edici büyüme faktörü (TGF- β) ve trombosit kaynaklı büyüme faktörü (PDGF) gibi faktörler ise hücre proliferasyonu, diferansiyasyonu ve ekstraselüler matriks oluşumunu desteklemektedir. Ayrıca vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), anjiyogenezi artırarak rejenerasyon sürecinin vazgeçilmez bir bileşeni olan vaskülerizasyonu güçlendirmektedir (Schliephake, 2015; Carreira et al., 2014).

Tüm bu gelişmeler, kemik rejenerasyonunun yalnızca uygun bir dolgu materyali seçimi ile sınırlı olmadığını, aynı zamanda biyolojik ortamın düzenlenmesini de içeren çok boyutlu bir tedavi yaklaşımı haline geldiğini göstermektedir. Bu nedenle güncel literatürde, materyal bilimi ile biyolojik modülasyonun birlikte ele alındığı kombine yaklaşımlar, rejeneratif cerrahinin geleceğini şekillendirmektedir.

2. Kemiğin Biyolojisi

2.1 Kemiğin Yapısı ve İçeriği

İnsan iskeletinin ana bileşeni olan kemik dokusu, kalsifiye hücre dışı materyal ve hücrelerden oluşan özelleşmiş bir bağ dokusudur. Kemik matriksinin Kemik hücreleri, toplam kemik hacminin yaklaşık yüzde 10'unu oluşturur (Caplan, 2005).

Histolojik olarak kemik iki tipten oluşur: birincil/woven kemik ve ikincil/lameller kemik. Woven kemik embriyonik iskeleti oluşturur ve sonunda rezorbe olur ve değiştirilir. Büyüme plaklarında ve kırık kallus oluşumunun erken evrelerinde oluşan ilk kemik olmasına rağmen yetişkin iskeletinde nadiren kalır (Boskey, 2003). Woven kemik, düzensiz kollajen fibrilleri ve düzensiz mineralizasyon paterni ile karakterizedir, bu da onu esnek ama nispeten zayıf hale getirir (Boskey, 2003).

Lamellar kemik, osteositlerin ve kemik matrisinin düzgün dağılımına sahip tabakalarda sıkıca paketlenmiş kollajen fibrilleri ile karakterize edilen yüksek düzeyde organize edilmiştir. Lamellar kemik, büyüme sırasında ve kırık iyileşmesinin sonraki aşamasında woven kemiğin yerini tamamen alır. Organizasyonu nedeniyle lameller kemik sert ve güçlüdür (Boskey, 2003).

Osteoblastlar, kemik oluşumundan sorumlu primer hücreler olup mezenkimal kök hücrelerden (MSC) köken alırlar. Diferansiyasyon süreçleri; RUNX2 ve Osterix gibi transkripsiyon faktörleri tarafından düzenlenir ve bu süreçte BMP-2 başta olmak üzere çeşitli büyüme faktörleri önemli rol oynar.

Osteoklastlar, kemik rezorpsiyonundan sorumlu, çok çekirdekli ve hematopoietik kökenli hücrelerdir. Monosit-makrofaj serisinden türeyen bu hücreler, kemik yüzeyine bağlanarak asitik ve proteolitik bir mikroçevre oluşturur ve hidroksiapatit kristallerini çözerek mineralize matriksi parçalar. Osteoklast aktivasyonu ve diferansiyasyonu, başlıca RANK/RANKL/OPG sistemi tarafından düzenlenir. (Ben Letaifa et al., 2024; Li et al., 2020)

Osteositler, tüm kemik hücrelerinin yüzde 90'ını oluştururlar (Boskey, 2003). Bunlar, lakun adı verilen vakuoller içinde yaşamak için organik matriks ile çevrelenmiş osteoblastlardır. Matriks ile çevrelendikten sonra, kemiği geçen ve bitişik osteositlerin hücre süreçleri ile temasa geçerek doğrudan iletişime izin veren sitoplastik projeksiyonlar geliştirirler (Hankenson et al., 2011).

2.2 . Kemik Rejenerasyonu İçin Gerekli Biyolojik Koşullar

Başarılı kemik rejenerasyonu için yalnızca hücrel ve moleküler süreçlerin varlığı yeterli olmayıp, uygun bir biyolojik mikroçevrenin sağlanması gereklidir. Bu bağlamda en önemli faktörlerden biri yeterli vaskülarizasyondur. Yeni damar oluşumu, rejenerasyon alanına oksijen, besin maddeleri ve hücrel elemanların taşınmasını sağlayarak kemik oluşumunu destekler (Zhang et al., 2023). Vasküler yetersizlik durumunda osteogenez ciddi şekilde kısıtlanır ve iyileşme gecikir.

Bir diğer önemli unsur mekanik stabilitedir. Stabil bir ortam, intramembranöz ossifikasyonu desteklerken; instabil ortamlarda endokondral ossifikasyon daha belirgin hale gelir. Ayrıca hücrel kaynakların varlığı, özellikle MSC'lerin yeterli sayıda ve uygun diferansiyasyon kapasitesine sahip olması, kemik oluşumunun temelini oluşturur (Wang & Boyapati, 2006). Bununla birlikte, uygun bir scaffold (iskelet yapı), hücre adezyonu, proliferasyonu ve diferansiyasyonu için fiziksel bir ortam sağlayarak rejeneratif süreci destekler.

Kemik rejenerasyonu ayrıca inflamatuvar yanıtın dengeli olması ile yakından ilişkilidir. Aşırı inflamasyon kemik yıkımına neden olabilirken, kontrollü inflamasyon hücre göçü ve büyüme faktörü salınımı açısından gereklidir. Bu nedenle kemik iyileşmesi, hücrel, mekanik ve biyokimyasal faktörlerin dengeli bir etkileşimi ile gerçekleşir (Retzepi & Donos, 2010).

3. İdeal Kemik Rejenerasyon Materyali Özellikleri

İdeal bir kemik greft materyali, kemik rejenerasyonunun kompleks biyolojik ve biyomekanik gereksinimlerini eş zamanlı olarak karşılayabilen, çok bileşenli ve biyofonksiyonel bir sistem olarak tanımlanmalıdır. Bu kapsamda, greft materyalinin başarısı yalnızca defektin pasif olarak doldurulmasına değil; aynı zamanda hücrel migrasyon, proliferasyon ve diferansiyasyonu yönlendiren mikroçevresel sinyallerin optimize edilmesine bağlıdır. Kemik rejenerasyonunun temel biyolojik paradigmaları doğrultusunda, ideal bir materyalin osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özellikleri birlikte sergilemesi beklenir. Osteojenik kapasite, canlı osteoblastların veya osteoprogenitör hücrelerin doğrudan yeni kemik matriksi sentezleyebilmesini ifade ederken; osteoindüksiyon, mezenkimal kök hücrelerin osteoblastik soya yönlendirilmesini sağlayan büyüme faktörleri ve morfogenetik proteinler aracılığıyla gerçekleşir. Osteokondüksiyon ise, hücre adezyonu ve vasküler invazyonu destekleyen üç boyutlu bir ekstraselüler matriks analogu sunarak kemik oluşumuna fiziksel bir rehberlik sağlar (Nicolae et al., 2024; O'Brien, 2011).

Bu bağlamda, modern kemik rejenerasyon stratejileri içerisinde greft materyallerinin büyüme faktörleri ve biyolojik modülatörler ile fonksiyonelleştirilmesi ön plana çıkmaktadır. Özellikle BMP-2, osteoindüktif etkisi ile mezenkimal kök hücrelerin osteoblastik diferansiyasyonunu başlatırken; VEGF, anjiyogenez ve osteogenez arasındaki biyolojik eşleşmeyi (angiogenesis-osteogenesis coupling) düzenleyerek vasküler invazyonu artırır. PDGF ise hücrel proliferasyon ve kemotaksis üzerinde etkili olup erken iyileşme fazında kritik rol oynar (Qi et al., 2024).

Ek olarak, ideal bir greft materyali cerrahi manipülasyon ve klinik uygulanabilirlik açısından da avantajlı olmalıdır. Materyalin şekillendirilebilirliği, defekt morfolojisine adaptasyonu ve hacim stabilitesini koruyabilmesi özellikle vertikal ve horizontal kemik augmentasyonlarında kritik öneme sahiptir. Aynı zamanda, materyalin sterilizasyon süreçlerine uygunluğu, raf ömrü, maliyet etkinliği ve standardizasyonu klinik kullanımda belirleyici faktörler arasında yer alır. Bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda, güncel literatür tek bir materyalin tüm ideal özellikleri karşılamasının güç olduğunu ve bu nedenle kombine yaklaşımların (greft + büyüme faktörü + biyolojik modülatör) gelecekte kemik rejenerasyonunun temelini oluşturacağını göstermektedir (Giannoudis et al., 2005; O'Brien, 2011).

4. Kemik Rejenerasyon Materyallerinin Klasifikasyonu

4.1 . Ototgreftler

Bireyin kendisinden alınıp yine kendi defekt bölgesinde kullanılan greftlere otojen greftler adı verilmektedir. Otojen greftler osteoblastlar, farklılaşmamış mezenşim hücreleri, büyüme faktörleri ve osteoklastlar içerirler. Otojen kemik yaklaşık %30 organik ve %70 inorganik bileşiklerden oluşur. Organik bileşiklerin %90 ila %95'i kolajen (tip I), geri kalanı ise osteokalsin, kalsitonin, osteopontin ve sialoproteinler gibi kolajen olmayan proteinlerdir. İnorganik bileşen, ağırlıklı olarak kristalin hidroksiapatit (HA) formundaki kalsiyum fosfattan oluşur. İçerisinde canlı hücrelerin bulunması sebebiyle osteojenik özelliğe sahip tek greft çeşidi otojen greftlerdir. Otojen greftlerin ayrıca osteoindüktif, osteokondüktif özellikleri de vardır. Otojen greftler kortikal, kortiko-trabeküler veya trabeküler yapıda olabilmektedirler.

Otojen kemik greftleme ile kemik yapımını uyarıcı büyüme faktörleri ve canlı osteojenik hücreler alıcı bölgeye getirilir. Büyüme faktörleri kemik morfogenetik proteinleri (BMP'ler), transforme edici büyüme faktörü, insülin benzeri büyüme faktörleri I ve II, trombosit kaynaklı büyüme faktörü ve fibroblast büyüme faktörleri A ve B'den oluşur. Bunlar esas olarak kemik

matriksinde bulunur ve otogreftlerin rezorpsiyonu sırasında salınırlar. Otogreftin mutlak yüzey alanı ne kadar yüksek olursa, büyüme faktörleri o kadar hızlı serbest kalır. Bu, kansellöz kemik bloklarının kortikal kemik bloklarına göre büyüme faktörlerini daha kolay serbest bıraktığı ve partiküllü otogreftlerin kemik uyarıcı büyüme faktörlerini bloklara göre daha hızlı serbest bıraktığı anlamına gelir (Cutando et al., 2015).

4.2 . Allogreftler

Bu greft materyali, genetik olarak benzer bir donörden alındığı için homolog greft olarak da bilinir. En yaygın allogreft kaynağı kadavra donörleridir. Bu greftler antijenikliği azaltmak için işlenir ve bu işlemle tüm hücrel materyal elimine edilir. Allogreftler genellikle kemik bankalarında saklanır ve taze donmuş kemik (FFB), dondurularak kurutulmuş kemik allogrefti (FDBA) veya demineralize dondurularak kurutulmuş kemik allogrefti (DFDBA) olarak kullanılabilir. FFB, yüksek immünolojik reaksiyon ve hastalık bulaşma riski nedeniyle GBR prosedürlerinde nadiren kullanılırken, FDBA ve DFDBA'nın dondurularak kurutulmasının materyalin immünojenitesini azalttığı ve potansiyel olarak klinik sonucu iyileştirdiği bildirilmektedir. Allogreftler bloklar halinde veya hem kortikal hem de süngerimsi kökenli partikül formlarında mevcuttur. FDBA ve DFDBA'nın biyouyumlu olduğu ve BMP'ler gibi osteoindüktif moleküller içerdiği gösterilmiştir. Allogreftlerin demineralizasyonu, BMP'leri ek olarak açığa çıkararak anında osteoindüktif potansiyellerini artırmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte, demineralizasyon işlemi sırasında FDBA mekanik stabilitesinin bir kısmını kaybeder ve bu nedenle DFDBA, kemik içi olamayan defektlerde kullanılacaksa yer tutucu bir materyalle birlikte kullanılmalıdır. Farklı DFDBA çok farklı konsantrasyonlarda BMP içerdiği gösterilmiştir ve bu nedenle osteoindüktivitenin de buna bağlı olarak değişiklik göstermesi beklenebilir (Kainulainen et al., 2002).

4.3 Heterogreftler

Heterogreftler aynı zamanda ksenogreftler olarak da bilinir, çünkü genetik olarak farklı, insan dışı kaynaklardan elde edilirler. Bu greftler allogreftlerle aynı avantaj ve dezavantajların çoğunu paylaşır. Bir fark, ksenogreftin insan dışı bir kaynaktan gelmesi nedeniyle en yüksek antijenik potansiyele sahip olmasıdır. Bu greftler ayrıca antijenikliği azaltmak için işlenir ve bulaşıcı hastalık bulaşma şansı da azalır. Ksenogreftler için yaygın kaynaklar sığır ve domuz cinsi hayvanlardır. Ksenogreftler osteoindüksiyon ve osteokondüksiyon greft fonksiyonlarını sağlar (Kainulainen et al., 2002).

4.4 Alloplast Materyaller

Günümüzde implant cerrahisinde yaygın olarak kullanılan ve tamamen sentetik ürünlerden elde edilen greft materyalleridir. Alloplastlar osteokondüktif özelliğe sahiptirler. En önemli avantajları hastalık bulaştırma risklerinin olmaması ve istenilen miktarda elde edilebilmeleridir (Schwartz et al., 1996). En önemli dezavantajları ise dayanıksız ve kırılmaya yatkın materyaller olmalarıdır. Trikalsiyum fosfat ve hidroksiapatitler alloplastlara örnek greftlerdir. Genel olarak HA'nın osteokondüktif olduğu ve rezorbe olmadığı kabul edilirken, TCP de osteokondüktif özellikler gösterir ancak hızla rezorbe olur. Kemik içi defektlerde, TCP bazlı kemik greftleri HA bazlı malzemelere göre daha hızlı kemik iyileşmesi gösterir.

5. Bariyer Membranlar

Yönlendirilmiş kemik rejenerasyonunda (GBR) bariyer membranların temel işlevi, kemik defektini çevreleyen yumuşak doku ve özellikle epitel-konnektif doku hücrelerinden izole ederek osteojenik hücrelerin defekt alanını kolonize etmesine olanak sağlamaktır. Bu biyolojik ayırım kritik önemdedir; çünkü epitel hücreleri osteojenik hücrelere kıyasla çok daha hızlı migrasyon gösterir ve uygun bir bariyer bulunmadığında rejeneratif alan kısa sürede fibröz veya yumuşak doku ile doldurulabilir. Bu nedenle membran kullanımı, yalnızca hücreseleksiyon açısından değil, aynı zamanda kemik oluşumu için korunmuş bir rejeneratif kompartıman yaratılması bakımından da GBR'nin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Güncel literatürde bariyer membranların, yeni kemik oluşumu için “cell-occlusive” bir çevre sağlarken aynı zamanda pıhtı stabilizasyonu, boşluk korunumu ve greft materyalinin yerinde tutulmasına katkı sunduğu vurgulanmaktadır (El Helow & El Askary, 2008).

Bir GBR membranının üçüncü temel özelliği biyoyumluluktur. İdeal membran, konak dokuda minimal inflamatuvar yanıt oluşturmali; toksik degradasyon ürünleri, lokal pH değişiklikleri ya da doku iyileşmesini bozabilecek zararlı çevresel etkiler ortaya çıkarmamalıdır. Bunun yanında, doku integrasyonu ile bariyer fonksiyonu arasında dengeli bir profil sergilemesi beklenir.

Rezorbe Olmayan Membranlar

Rezorbe olmayan membranlar; genişletilmiş politetrafloroetilen (e-PTFE), yoğun politetrafloroetilen (d-PTFE), titanyum ile güçlendirilmiş PTFE membranlar ve titanyum mesh sistemlerini içerir. Bu grup, özellikle geniş üç boyutlu defektlerde ve vertikal kemik augmentasyonunda üstün mekanik rijidite ve boşluk koruma kapasitesi nedeniyle önem taşır.

Tarihsel olarak, rezorbe olmayan membranlar GBR'nin klinik gelişiminde ilk yaygın kullanılan sistemler arasında yer almış ve uygun endikasyonlarda yüksek başarı oranları göstermiştir. Bunun başlıca nedeni, bu materyallerin yumuşak doku basıncına karşı daha dirençli olması ve rejeneratif alanın kollabe olmasını engelleyebilmesidir. Ancak bu avantaj, daha yüksek ekspoz riski ve çoğu olguda ikinci bir cerrahi ile membran uzaklaştırma gereksinimi gibi dezavantajlarla birlikte değerlendirilmelidir (Lindfors et al., 2010).

Rezorbe Olabilen Membranlar

Rezorbe olabilen membranlar genel olarak doğal ve sentetik olmak üzere iki ana grupta değerlendirilir; klinik pratikte en yaygın kullanılanlar kollajen bazlı doğal membranlardır. Bu membranlar insan, sığır veya domuz kaynaklı kollajenden elde edilir ve üretim aşamasında kollajen dışı proteinlerden arındırılarak saflaştırılır. Kollajen membranların en önemli avantajları; yüksek biyouyumluluk, kolay klinik manipülasyon, doku ile iyi adaptasyon ve ikinci bir cerrahi girişim gerektirmemeleridir. Ayrıca bazı kollajen membranların yumuşak doku kalınlığını artırmaya katkıda bulunabileceği ve sekonder iyileşme koşullarında dahi kabul edilebilir klinik sonuçlar verebildiği bildirilmiştir (Wessing et al., 2018). Bu özellikleri nedeniyle özellikle küçük ve orta büyüklükteki horizontal defektlerde, eşzamanlı implant yerleştirilen olgularda ve primer kapatmanın daha öngörülebilir olduğu sahalarda sık tercih edilmektedir (Wessing et al., 2018; Chiapasco & Zaniboni, 2009).

6. Biyolojik Modülatörler ve Büyüme Hormonları

Biyolojik modülatörler, hücrelerin proliferasyon, diferansiyasyon ve fonksiyonel aktivitesini lokal veya sistemik düzeyde düzenleyen, çoğunlukla protein yapısında olan sinyal molekülleridir. Bu ajanlar, kemik ve periodontal dokuların rejenerasyonunda kritik rol oynayan hücresel ve moleküler mekanizmaların modülasyonunda temel bir yer tutar. Özellikle büyüme faktörlerinin lokal uygulamaları, rejeneratif tedavilerde hedefe yönelik biyolojik yanıt oluşturma potansiyeli nedeniyle son yıllarda yoğun şekilde araştırılmıştır (O'Brien, 2011).

Periodontal ve alveoler dokuların rejeneratif kapasitesi, büyük ölçüde doku içerisinde (in situ) üretilen büyüme faktörleri ve sitokinlerin koordineli etkisine bağlıdır. Bu biyolojik ajanlar; hücresel kemotaksisi indükleyerek progenitör hücrelerin hasar bölgesine göçünü sağlar, hücre proliferasyonunu artırır ve osteojenik farklılaşmayı tetikler. Aynı zamanda ekstraselüler matriks bileşenlerinin sentezini uyararak yeni doku oluşumu için uygun bir mikroçevre

oluşturur (Bashutski & Wang, 2011). Bu süreçte özellikle osteoblast diferansiyasyonu, anjiyogenez ve matriks mineralizasyonu gibi olaylar, büyüme faktörleri tarafından hassas bir şekilde düzenlenmektedir.

Kemik rejenerasyonunu artırmaya yönelik biyolojik modülatörler arasında en yaygın olarak çalışılan ajanlar; Kemik morfogenetik proteinler (BMP), mine matriks türevleri (EMD), trombosit kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), trombosit zengin plazma (PRP), fibroblast büyüme faktörü (FGF) ve paratiroid hormon (PTH) olarak sıralanabilir. BMP ailesi güçlü osteoindüktif etkileri ile mezenkimal kök hücrelerin osteoblastik diferansiyasyonunu başlatırken, PDGF ve FGF gibi büyüme faktörleri hücrel proliferasyon ve anjiyogenezini destekler. PRP, içerdiği çok sayıda büyüme faktörü ile iyileşme sürecini hızlandırırken, PTH ise kemik remodeling sürecini anabolik yönde modüle ederek kemik oluşumunu artırmaktadır (Bashutski & Wang, 2011).

6.1. Kemik morfogenetik proteinler (BMP)

Kemik morfojenetik proteinler, Transforming Growth Factor- β (TGF- β) süper ailesinin üyeleri olup güçlü osteoindüktif özellikleri ile bilinmektedir (Ha et al., 2022). BMP-2, BMP-4 ve BMP-7 gibi alt tipler özellikle osteoblast diferansiyasyonunu uyararak kemik oluşumunu teşvik eder. Periodontal ligament hücrelerinde osteoblastik aktiviteyi artırmaları sayesinde periodontal rejenerasyonda önemli katkı sağlarlar. Bununla birlikte yüksek doz kullanımlarında ankiloiz ve kök rezorpsiyonu gibi istenmeyen etkiler bildirilmiştir (Iviglia et al., 2019).

6.2. Vasküler Endotelial Büyüme Faktörleri (VEGF)

Epifizyal büyüme plağında hipertrofik kondrositler, kırıldak dokusuna kan damarlarının invazyonunu ve kan akışını teşvik etmek amacıyla vasküler endotelial büyüme faktörlerini (VEGF) salgılar. Bu süreç yeni kemik oluşumunun gelişimine katkıda bulunur. VEGF içeren gruplarda artmış vaskülarizasyon ve iyileşmiş kemik kalitesi gözlenmiş olmakla birlikte, yeni oluşan kemik miktarında belirgin bir farklılık saptanmamıştır.

6.3. Fibroblast Büyüme Faktörleri (FGF)

Fibroblast büyüme faktörü reseptörleri (FGFR'ler), mezenkimal kök hücreler, osteoblastlar ve kondrositler tarafından eksprese edilmekte ve salgılanmaktadır. FGF1, FGF2 ve FGFR1-3'ün kemik rejenerasyonu ile güçlü şekilde ilişkili olduğu gösterilmiş olup, FGFR1 ve FGFR2'nin

osteoprogenitör hücreler ve osteoblastlarda daha yüksek düzeyde eksprese edildiği, buna karşın FGFR3'ün daha çok kondrogenez ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Priya et al., 2022).

FGF-2 ayrıca periodontal ligament hücrelerini uyarak osteopontin, heparan sülfat ve hyaluronan üretimini artırmakta, böylece doku mühendisliği açısından uygun bir lokal mikroçevre oluşumuna katkı sağlamaktadır (Barros et al., 2003).

6.4. Mine matriks türevleri (EMD)

Mine matriks türevleri (EMD), gelişmekte olan diş kök yüzeyinde Hertwig epitel kök kılıfı hücreleri tarafından salgılanan proteinlerden oluşmaktadır. Bu proteinler başlıca amelogenin, enamelin ve ameloblastin gibi bileşenleri içermektedir. EMD'nin periodontal rejenerasyondaki etkisi, kök yüzeyine bağlanarak sementogenez sürecini başlatması ve periodontal ligament ile alveolar kemik oluşumunu desteklemesine dayanmaktadır (Iviglia et al., 2019).

EMD uygulaması, yeni sement, periodontal ligament ve alveolar kemik oluşumunu teşvik ederek periodontal dokuların rejenerasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, EMD'nin hücre proliferasyonu, farklılaşma ve ekstrasellüler matriks üretimini artırdığı gösterilmiştir (Chiapasco & Zaniboni, 2009).

6.5. Trombosit Kaynaklı Büyüme Faktörü (PDGF)

Trombosit Kaynaklı Büyüme Faktörü (PDGF) , yara iyileşmesi ve doku rejenerasyonunda kritik rol oynayan güçlü bir mitojen ve kemotaktik ajandır. PDGF, periodontal ligament hücreleri ve fibroblastlar üzerinde etkili olarak hücre proliferasyonunu artırmakta ve kollajen sentezini uyarmaktadır (Priya et al., 2022).

Farklı PDGF izoformları (PDGF-AA, PDGF-BB vb.), kemik ve periodontal dokuların rejenerasyonunda rol oynayarak hücresel göçü, proliferasyonu ve anjiyogenezi desteklemektedir. PDGF'nin kemik defektlerinde uygulanmasının yeni kemik ve bağ dokusu oluşumunu artırdığı bildirilmiştir (Bashutski & Wang, 2011).

6.6. İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü (IGF)

İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü (IGF), hücre proliferasyonu ve diferansiyasyonunu düzenleyen önemli büyüme faktörlerinden biridir. IGF özellikle fibroblast kemotaksisini

artırarak kollajen sentezini uyarır ve periodontal dokuların rejenerasyonuna katkı sağlar (Wessing et al., 2018).

IGF'nin osteoblast aktivitesini artırdığı ve kemik matriks oluşumunu desteklediği gösterilmiştir. Ayrıca, diğer büyüme faktörleri ile sinerjistik etki göstererek rejeneratif süreci hızlandırmaktadır (Bashutski & Wang, 2011).

6.7. Transforme Edici Büyüme Faktörü (TGF- β)

Transforme Edici Büyüme Faktörü (TGF- β), kemik ve periodontal dokuların iyileşmesinde önemli rol oynayan bir sitokindir. Plateletler, makrofajlar ve fibroblastlar tarafından salgılanan bu faktör, ekstrasellüler matriks sentezini artırmakta ve hücre proliferasyonunu düzenlemektedir (Lindfors et al., 2010).

TGF- β , fibroblast kemotaksisini uyararak yara iyileşmesini destekler ve kollajen yıkımını inhibe ederek doku stabilitesini artırır. Aynı zamanda osteoblast diferansiyasyonunu etkileyerek kemik oluşumunu modüle eder (Wessing et al., 2018).

6.8. Paratiroid Hormon (PTH)

Paratiroid hormon (PTH), kemik metabolizmasının düzenlenmesinde önemli rol oynayan sistemik bir hormondur. PT'nin etkisi uygulama şekline bağlıdır; sürekli yüksek düzeylerde kemik rezorpsiyonunu artırırken, aralıklı düşük doz uygulamalarında osteoblast aktivitesini artırarak kemik oluşumunu teşvik eder (O'Brien, 2011).

Bu özellikleri nedeniyle PTH, kemik rejenerasyonunu artırmak ve periodontal kemik kaybını azaltmak amacıyla potansiyel bir biyolojik ajan olarak değerlendirilmektedir.

6.9. Epidermal Büyüme Faktörü (EGF)

Epidermal büyüme faktörü (EGF), epitel hücrelerinin proliferasyonunu artıran ve yara iyileşmesinde önemli rol oynayan bir büyüme faktörüdür. EGF, keratinosit proliferasyonunu uyarırken kollajen sentezini baskılayabilmektedir (Lindfors et al., 2010).

Bununla birlikte, EGF'nin dental pulp kök hücrelerinin osteoblastlara farklılaşmasını desteklediği ve kemik rejenerasyonuna katkı sağladığı gösterilmiştir (Neves et al., 2016).

7. Doku Mühendisliği

Kişiselleştirilmiş tıp (personalized medicine) yaklaşımı kemik rejenerasyonunda, tedavinin bireysel hastanın özelliklerine göre planlanmasına dayanır. Bu yaklaşımda kullanılan greftler, defekt bölgesinin şekli, yapısı ve boyutları ile tam uyum sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Bunun yanı sıra, hastadan izole edilen hücreler de bu kişiselleştirilmiş implant sistemine entegre edilebilmekte ve böylece immün yanıt ve inflamasyon riskini azaltan otolog bir tedavi stratejisi oluşturulmaktadır (Ha et al., 2022).

Kemik doku mühendisliği (bone tissue engineering, BTE) kapsamında geliştirilen scaffoldların başarısı, temel biyolojik gereksinimleri karşılayabilme kapasitesine doğrudan bağlıdır. Bu bağlamda, ideal bir kemik greft materyali veya scaffold; osteoindüktif, osteokondüktif ve biyouyumlu olmalıdır (Zhang et al., 2019). Osteoindüksiyon, scaffoldın çevre dokulardan mezenkimal kök hücreleri (MSC'ler) çekebilmesi ve bu hücreleri osteoblastik farklılaşmaya yönlendirebilme yeteneğini ifade ederken, osteokondüksiyon hücrelerin scaffold yüzeyi boyunca adezyonunu, proliferasyonunu ve ilerlemesini destekleme kapasitesini tanımlar. Biyouyumluluk ise materyalin implante edildiğinde yabancı cisim reaksiyonunu tetiklememesi ve konak dokularla uyumlu bir şekilde etkileşime girebilmesidir (Su et al., 2021).

Bununla birlikte, yalnızca biyolojik özellikler yeterli olmayıp scaffoldın mimarisi de kemik rejenerasyonunun başarısında kritik rol oynamaktadır. Scaffoldun makro ve mikro yapısal organizasyonu, özellikle anjiyogenez üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Yeterli vaskülarizasyon; hücre migrasyonu, besin ve oksijen taşınımı ile metabolik atıkların uzaklaştırılması açısından zorunludur ve aynı zamanda kemik dokusunun scaffold içerisine doğru büyümesini (bone in-growth) doğrudan etkiler (Su et al., 2021).

Kemik rejenerasyonunu desteklemek amacıyla sinyal molekülleri, büyüme faktörleri ve kök hücrelerin scaffold sistemlerine entegre edilmesi yaygın bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu biyolojik katkıların, hücre kemotaksi, proliferasyon ve diferansiyasyon süreçlerini artırarak rejeneratif yanıtı güçlendirdiği bilinmektedir (Hasegawa et al., 2017). Bununla birlikte, mevcut literatürde kompozit scaffoldların bu rejeneratif mekanizmalar üzerindeki sinerjistik etkileri yeterince detaylı şekilde ele alınmamıştır.

Sonuç olarak, modern kemik doku mühendisliği yaklaşımlarında başarı; biyolojik modifikasyonlar, materyal bilimi ve mühendislik tasarımının entegrasyonuna bağlıdır. Bu doğrultuda, hem biyolojik süreçleri aktive edebilen hem de mekanik stabilite sağlayabilen,

hiyerarşik yapıya sahip çok bileşenli scaffold sistemleri gelecekte kemik rejenerasyonunun temelini oluşturacaktır.

7.1. Kemik Doku Mühendisliği için Biyomalzemeler

Metal, seramik ve polimer materyal sınıfları, kemik iyileşme süreçlerinin başlatılması ve sürdürülmesi için gerekli olan kendine özgü özellikleri ayrı ayrı sunmaktadır (Hasegawa et al., 2017). Bununla birlikte, kemik iyileşme süreçleri; belirli proteinlerin adsorpsiyonunu sağlayabilen, lokal ekstrasellüler matriks (ECM) ile iyon alışverişi yoluyla etkileşime girebilen ve spesifik biyomolekülleri veya büyüme faktörlerini çekebilen materyalleri gerektirir.

Bu etkileşimlerin tipine bağlı olarak, scaffold üretiminde kullanılan materyaller; bioinert, bioaktif ve biomimetik olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir. Bu materyaller arasındaki farklar temel olarak yüzey kimyası, yüzey pürüzlülüğü, çözünürlük ve kristalin yapı gibi özelliklere dayanmaktadır. ECM ile etkileşimler esas olarak protein adsorpsiyonunu takiben gerçekleşir ve materyal yüzeyine adsorbe olan proteinlerin doğası, vücut tarafından başlatılan fizyolojik yanıtı belirler.

İyon salınımı, vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve kemik morfojenetik proteinler (BMP'ler) gibi büyüme faktörlerinin salınımını tetikleyebilir (Anderson & Reynolds, 1973). Buna karşılık, uygun olmayan materyallerde yabancı cisim reaksiyonu gelişir ve bu durumda fibrin implant yüzeyine tercihi olarak adsorbe olur. Bu seçici adsorpsiyon; yüzey yükü, ıslanabilirlik (wettability), kimyasal kompozisyon ve protein yapısı gibi faktörlere bağlı olabilir (Samavedi et al., 2013).

7.2. Mezenkimal Kök Hücre (MSC) Kullanımı

Mezenkimal kök hücreler (MSC'ler), kemik rejenerasyonu alanında hücresel tedavi yaklaşımlarının temelini oluşturan, multipotent farklılaşma kapasitesine sahip progenitör hücrelerdir. Bu hücreler başta kemik iliği olmak üzere adipöz doku, dental pulpa, periodontal ligament ve periost gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilmekte olup, uygun mikroçevre koşullarında osteoblast, kondrosit ve adipositlere farklılaşabilme yeteneğine sahiptir (Samavedi et al., 2013). MSC'lerin kemik rejenerasyonundaki etkisi yalnızca doğrudan osteojenik farklılaşmaları ile sınırlı olmayıp, aynı zamanda parakrin etkiler yoluyla büyüme faktörleri (VEGF, BMP, TGF- β) ve sitokinlerin salınımını artırarak anjiyogenez, hücre migrasyonu ve

ekstrasellüler matriks sentezini modüle etmeleri ile de ilişkilidir (Samavedi et al., 2013; Rahmati et al., 2020).

MSC'lerin biyomateriyal scaffoldlar ile kombinasyonu, kemik doku mühendisliğinde sinerjik bir etki oluşturarak hem hücre tutunmasını hem de diferansiyasyonu desteklemektedir. Özellikle osteoindüktif özellik taşıyan scaffoldlar ile birlikte kullanıldığında MSC'lerin kemik oluşumunu anlamlı düzeyde artırdığı gösterilmiştir (Pittenger et al., 1999). Bununla birlikte, MSC temelli tedavilerde hücre kaynağı, hücre yoğunluğu, taşıyıcı sistem seçimi ve transplantasyon sonrası hücre viabilitesi gibi faktörler klinik başarıyı doğrudan etkilemektedir (Rahmati et al., 2020).

7.3. Bioprinting

Biyobaskı (bioprinting), hasta-spesifik dijital modeller üzerine katman katman baskı yaparak, canlı hücreler içeren biyoyumlu bir materyalin (biyomürekkep, bioink) kullanılmasıyla canlı üç boyutlu yapılar üretmeyi amaçlayan, hızla gelişen multidisipliner bir teknolojidir (Pittenger et al., 1999; Caplan, 2005). Biyobaskı sayesinde, doğal dokuların bazı fonksiyonlarını taklit edebilen küçük doku birimleri ve organoidler üretilebilmiş olup, bu yapılar araştırmalarda in vitro model olarak ve ilaç tarama ya da kişiselleştirilmiş tedavi geliştirme platformları olarak kullanılmaktadır (Kolf et al., 2007; Duffy et al., 2009).

Günümüzde en yaygın kullanılan biyobaskı teknikleri; ekstrüzyon, damlacık (droplet) biyobaskı, lazer destekli biyobaskı (LAB) ve stereolitografi olarak sıralanmaktadır (Duffy et al., 2009; Pedroza-González et al., 2021).

Ekstrüzyon tabanlı biyobaskı, en basit ve en yaygın kullanılan yöntem olup, biyomürekkep; pnömatik, piston, mikroakışkan veya vida tabanlı filament depolama mekanizmaları aracılığıyla dışarı verilir (Pedroza-González et al., 2021). Bu yöntem, hücre yüklü hidrojel gibi geniş bir biyoyumlu materyal yelpazesinin basılmasına olanak tanımaktadır; ancak baskı hassasiyeti genellikle sınırlıdır (Mobaraki et al., 2020).

Damlacık biyobaskı (injected/droplet bioprinting) ise, piezoelektrik veya termal sistemler tarafından kontrol edilen biyomürekkep damlacıklarının bırakılması esasına dayanır (Wang et al., 2025).

Lazer destekli biyobaskı (LAB) yönteminde, hücreler kontrollü hızlarda darbeli lazer ışını kullanılarak alıcı bir substrat üzerine basılır (Mobaraki et al., 2020). Alıcı substrat, üst kısmında

enerji absorbe eden bir tabaka (örneğin titanyum veya altın) ve alt kısmında biyomürekkep tabakası (örneğin hücreler ve hidrojel) bulunan bir şerit (ribbon) yapısına sahiptir.

Stereolitografi ise, ışık kullanarak fotosensitif mürekkeplerin katman katman polimerizasyonunu sağlayan nozzle içermeyen bir sistemdir. Bu yöntem nispeten düşük maliyetli ve kısa sürede baskı yapılmasına olanak tanır ve yüksek çözünürlük sağlar (Singh et al., 2019).

KAYNAKÇA

- Aghaloo, T. L., & Moy, P. K. (2007). Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(Suppl.), 49–70.
- Anderson, H. C., & Reynolds, J. J. (1973). Matrix vesicles in mineralization and bone formation. *Developmental Biology*, 34(2), 211–227.
- Angel-Mosqueda, C. D., Gutiérrez-Puente, Y., López-Lozano, A. P., Romero-Zavaleta, R. E., Mendiola-Jiménez, A., de la Garza, C. M. D. (2015). Epidermal growth factor enhances osteogenic differentiation of dental pulp stem cells in vitro. *Head & Face Medicine*, 11, Article 29.
- Barros, S. P., Silva, M. A., Somerman, M. J., & Nociti, F. H. (2003). Parathyroid hormone protects against periodontitis-associated bone loss. *Journal of Dental Research*, 82(10), 791–795.
- Bashutski, J. D., & Wang, H. L. (2011). Biologic agents to promote periodontal regeneration and bone augmentation. *Clinical Advances in Periodontics*, 1(2), 80–87.
- Ben Letaifa, R., Bouzid, K., & Ghazzi, H. (2024). Osteoimmunology: An overview of the interplay between the immune system and bone fracture healing. *Osteology*, 5(2), Article 33.
- Boskey, A. L. (2003). Bone biology. I: Structure, blood supply, cells, matrix, and mineralization. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 6(Suppl. 1), 3–7.
- Caplan, A. I. (2005). Mesenchymal stem cells: Cell-based reconstructive therapy in orthopedics. *Tissue Engineering*, 11(7–8), 1198–1211.
- Carreira, A. C., Lojudice, F. H., Halcsik, E., Navarro, R. D., Sogayar, M. C., & Granjeiro, J. M. (2014). Bone morphogenetic proteins: Structure, biological function and therapeutic applications. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 561, 64–73.

- Chiapasco, M., & Zaniboni, M. (2009). Clinical outcomes of GBR procedures to correct peri-implant dehiscences and fenestrations: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 20(Suppl. 4), 113–123.
- Clarke, B. (2008). Normal bone anatomy and physiology. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 3(Suppl. 3), S131–S139.
- Cutando, A., López-Valverde, A., Arias-Santiago, S., de Vicente, J., & de Diego, R. G. (2015). Role of melatonin in bone metabolism. *Journal of Pineal Research*, 59(2), 155–167.
- Duffy, G. P., Ahsan, T., O'Brien, T., Barry, F., & Nerem, R. M. (2009). Bone marrow-derived mesenchymal stem cells promote angiogenic processes. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 3(2), 117–124.
- El Helow, K., & El Askary, A. (2008). Regenerative barriers in immediate implant placement. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 23(5), 873–878.
- Giannoudis, P. V., Dinopoulos, H., & Tsiridis, E. (2005). Bone substitutes: An update. *Injury*, 36(Suppl. 3), S20–S27.
- Ha, Y., Ma, X. & Li, S. (2022). Three-dimensional biomimetic scaffolds for bone regeneration and repair. *Advanced Functional Materials*, 32, Article 2200011.
- Hankenson, K. D., Dishowitz, M., Gray, C., & Schenker, M. (2011). Angiogenesis in bone regeneration. *Injury*, 42(6), 556–561.
- Hasegawa, T., Yamamoto, T., & Tsuchiya, E. (2017). Histological and molecular aspects of bone remodeling and regeneration. *Japanese Dental Science Review*, 53(1), 34–40.
- Iviglia, G., Kargozar, S., & Baino, F. (2019). Current strategies and novel nano-technological approaches for periodontal regeneration. *Journal of Functional Biomaterials*, 10(1), Article 3.
- Kainulainen, V., Sandor, G. K., Caminiti, M., Clokie, C., & Oikarinen, K. J. (2002). Extraoral bone harvesting sites for oral and maxillofacial surgery. *Oral Surgery*, 10(1), 10–11.

- Karvinen, J., & Kellomäki, M. (2023). Design aspects and characterization of hydrogel-based bioinks for extrusion-based bioprinting. *Bioprinting*, 32, Article e00274.
- Kolf, C. M., Cho, E., & Tuan, R. S. (2007). Mesenchymal stromal cells: Biology of adult mesenchymal stem cells. *Arthritis Research & Therapy*, 9(1), Article 204.
- Li, Z., Kong, L., & Wang, Y. (2020). Osteoimmunology in bone regeneration. *Frontiers in Immunology*, 11, 1–12.
- Lindfors, L. T., Tervonen, E. A., Sándor, G. K. B., & Ylikontiola, L. P. (2010). Guided bone regeneration using a titanium-reinforced ePTFE membrane and particulate autogenous bone graft: A retrospective clinical study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 68(10), 2324–2331.
- Mobaraki, M., Ghaffari, M., Yazdanpanah, A., Luo, Y., & Mills, D. (2020). Bioinks and bioprinting: A focused review. *Bioprinting*, 18, Article e00080.
- Neves, L. S., Rodrigues, M. T., Reis, R. L., & Gomes, M. E. (2016). Current approaches and future perspectives on strategies for the development of personalized tissue engineering therapies. *Expert Review of Precision Medicine and Drug Development*, 1, 93–108.
- Nicolae, C. L., Grumezescu, A. M., & Andronescu, E., (2024). Advances in bone graft materials and regenerative strategies in oral and maxillofacial surgery. *Materials*, 17(19), Article 4782.
- Nkenke, E., & Neukam, F. W. (2014). Autogenous bone harvesting and grafting in advanced jaw resorption. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(7), 1120–1126.
- O'Brien, F. J. (2011). Biomaterials & scaffolds for tissue engineering. *Materials Today*, 14(3), 88–95.
- Pedroza-González, S. C., Rodriguez-Salvador, M., Pérez-Benítez, B. E., Alvarez, M. M., & Santiago, G. T. D. (2021). Bioinks for 3D bioprinting: A scientometric analysis of two decades of progress. *International Journal of Bioprinting*, 7, 68–91.

- Pittenger, M. F., & Mackay F. (1999). Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells. *Science*, 284(5411), 143–147.
- Priya, N. H., Kumar, P. M., Keerthi, V., Penmetsa, G., Sruthima, N. G., & Ramesh, K. (2022). Role of biologic modifiers in periodontal regeneration: A review. *IP International Journal of Periodontology and Implantology*, 7(4), 145–149.
- Qi, J., Yu, D., & Han. X. (2024). Novel strategies for spatiotemporal and controlled BMP-2 delivery in bone tissue engineering. *Bioactive Materials*, 40, 22–42.
- Rahmati, M., Silva, E. A., Reseland, J. E., Heyward, C. A., & Haugen, H. J. (2020). Biological responses to physicochemical properties of biomaterial surfaces for bone tissue engineering. *Chemical Society Reviews*, 49(15), 5178–5224.
- Retzepi, M., & Donos, N. (2010). Guided bone regeneration: Biological principle and therapeutic applications. *Clinical Oral Implants Research*, 21(6), 567–576.
- Samavedi, S., Whittington, A. R., & Goldstein, A. S. (2013). Calcium phosphate ceramics in bone tissue engineering: A review of properties and applications. *Acta Biomaterialia*, 9(9), 8037–8045.
- Schliephake, H. (2015). Clinical efficacy of growth factors to enhance tissue repair in oral and maxillofacial reconstruction. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 44(5), 573–582.
- Schwartz Z., Mellonig, J. T., Carnes, D. L., de la Fontaine, J., Cochran, D. L., Dean, D. D., & Boyan, B. D. (1996). Ability of commercial demineralized freeze-dried bone allograft to induce new bone formation. *Journal of Periodontology*, 67(9), 918–926.
- Singh, A. V., Ansari, M. H. D., Wang, S., Laux, P., Luch, A., Kumar, A., Patil, R., & Nussberger, S. (2019). The adoption of three-dimensional additive manufacturing from biomedical material design to 3D organ printing. *Applied Sciences*, 9(4), Article 811.
- Su, X., Wang, T., & Guo, S. (2021). Advances in 3D bioprinting technologies for bone tissue engineering. *Regenerative Therapy*, 16, 63–72.

- Urban, I. A., Monje, A., Lozada, J. L., & Wang, H. L. (2019). Principles for vertical ridge augmentation in the atrophic posterior mandible: A technical review. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 39(2), 219–227.
- Wang, H. L., & Boyapati, L. (2006). PASS principles for predictable bone regeneration. *Implant Dentistry*, 15(1), 8–17.
- Wang, J., Zhou, D., Li, R., Sheng, S., Li, G., & Sun, Y. (2025). Protocol for engineering bone organoids from mesenchymal stem cells. *Bioactive Materials*, 45, 388–400.
- Wessing, B., Lettner, S., & Zechner, W. (2018). Guided bone regeneration with collagen membranes and particulate graft materials: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, 29(Suppl. 16), 40–85.
- Zhang, S., Li, X., & Wang, Y.(2023). Immunoregulation in bone regeneration: Mechanisms linking inflammation and osteogenesis. *Frontiers in Immunology*, 14, Article 1189021.
- Zhang, S., Vijayavenkataraman, S., Lu, W. F., & Fuh, J. Y. H. (2019). A review on the use of biomaterials in 3D bioprinting and bone tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 107(5), 1329–1341.

BÖLÜM 10

ORTOGNATİK CERRAHİ ÖNCESİNDE TANISAL DEĞERLENDİRME, TEDAVİ PLANLAMASI VE PREOPERATİF HAZIRLIK

Mustafa UTKUN¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3735-9714>

1. Giriş

Ortognatik cerrahi, dentofasiyal deformitelerin iskeletsel ve dentoalveoler bileşenlerini ortodontik tedaviyle birlikte ele alarak yüz görünümünü, oklüzal işlevi ve hastanın yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan multidisipliner bir tedavi yaklaşımıdır (Khechoyan, 2013; Wirthlin & Shetye, 2013). Başarılı bir sonuç, osteotominin teknik olarak uygulanmasından önce deformitenin doğru tanımlanmasına, dental kompensasyonların ortaya çıkarılmasına ve ortodontik hazırlığın planlanan çene hareketleriyle uyumlu yürütülmesine bağlıdır (Larson, 2014). Tanısal değerlendirme; hastanın yüz özellikleri, oklüzyonu, yumuşak dokuları, işlevsel yakınmaları ve psikososyal beklentileri arasında tutarlı bir problem listesi oluşturmalıdır (Arnett & Bergman, 1993; Miguel et al., 2014). Klinik muayene, standart fotoğraflar, dental modeller, sefalometri ve üç boyutlu görüntüleme birbirini tamamlayan veri kaynaklarıdır; bunlardan herhangi biri tek başına cerrahi planı belirlemek için yeterli değildir (Arnett & Bergman, 1993; Cevdanes et al., 2010). Uzun dönem değerlendirmede oklüzal ilişkinin korunması iskeletsel stabiliteyle eş anlamlı değildir; dentisyon, zaman içinde iskeletsel değişiklikleri kısmen kompanse edebilir (Proffit et al., 2007).

2. Anamnez hasta beklentileri ve tedavi hedefleri

İlk görüşmede estetik ve işlevsel yakınmalar, deformitenin günlük yaşam ve sosyal ilişkiler üzerindeki etkileri, hastanın değiştirilmesini ve korunmasını istediği yüz özellikleri ile tedaviden beklediği sonuç ayrı ayrı kaydedilmelidir (Manisali & Naini, 2023; Miguel et al., 2014). Ortognatik Yaşam Kalitesi Anketi, dentofasiyal deformiteye özgü yaşam kalitesini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş ve değişime duyarlılığı gösterilmiş bir ölçektir (Cunningham et al., 2002). Anketin 22 maddesi sosyal etkiler, yüz estetiği, oral işlev ve deformite farkındalığı olmak üzere dört alanı kapsar; Türkçe uyarlamasının geçerlilik ve güvenilirliği 69 hastalık örnekleme de desteklenmiştir (Turna et al., 2022). Hastanın öznel hedefleri klinik bulgularla birlikte değerlendirilmelidir; teknik olarak kabul edilebilir bir oklüzyon, hastanın estetik ve psikososyal beklentilerinin karşılandığını tek başına göstermez (Brunault et al., 2016; Miguel et al., 2014).

Bilgilendirilmiş onam, önerilen tedavinin amacı, makul alternatifler, tedavisiz kalmanın olası sonuçları, iyileşme süreci ve hastaya özgü komplikasyonların anlaşılır biçimde açıklanmasını içeren devamlı bir iletişim sürecidir (Boffano et al., 2014). Yüz simülasyonları bu iletişimi destekleyebilir, ancak yumuşak doku yanıtının tam öngörülememesi nedeniyle kesin ameliyat sonucu olarak sunulmamalıdır (Boffano et al., 2014; Nam & Hong, 2015). Yirmi dokuz hastayı inceleyen bir çalışmada öngörülen ve gerçekleşen yumuşak doku konumları

arasında özellikle ağız köşeleri, alt dudak ve yumuşak doku pogonionunda farklılıklar saptanmıştır (Nam & Hong, 2015).

Anamnezde önceki ortodontik tedavi, diş çekimleri, travma, enfeksiyon, temporomandibular eklem hastalığı ve yüz asimetrisinin zaman içindeki seyri sorgulanmalıdır (Agrawal et al., 2015; Thiesen et al., 2015). İlerleyen asimetriye oklüzal değişikliğin eşlik etmesi kondiler hiperplazi veya kondiler rezorpsiyon gibi aktif süreçlerin araştırılmasını gerektirir (Ji et al., 2020; Riechmann et al., 2024). Eski fotoğraflar ve seri radyografiler, değişimin yönünü ve hızını tek bir muayeneden daha güvenilir biçimde ortaya koyabilir (Riechmann et al., 2024). Sınıf III deformiteli genç hastalarda cerrahi zamanlama yalnızca kronolojik yaşa dayandırılmamalı, seri sefalogramlarla mandibular büyümenin çok azalması veya durması gösterilmelidir (Bailey et al., 2008). Bailey ve arkadaşlarının 104 hastalık uzun dönem çalışmasında kadınlarda 18, erkeklerde 20 yaş sınırı araştırma gruplarını tanımlamak için kullanılmıştır; bu değerler bütün hastalara uygulanabilecek mutlak ameliyat yaşı eşikleri değildir (Bailey et al., 2008).

Tıbbi öykü; kullanılan ilaçları, alerjileri, geçirilmiş cerrahi ve anestezi deneyimlerini, kanama eğilimini ve hava yolu yönetimini etkileyebilecek hastalıkları kapsamalıdır (Tapia-Salinas et al., 2025). Sigara kullanımı miktarı ve bırakma durumu kaydedilmelidir; 286 tek çene cerrahisi hastasını değerlendiren retrospektif çalışmada sigara cerrahi alan enfeksiyonu için anlamlı risk etkeni olarak belirlenmiştir (Kuhlefeld et al., 2012). Duygudurum, beden algısı, gerçekçi olmayan beklentiler ve sosyal destek psikososyal değerlendirmenin parçasıdır (Bellucci & Kapp-Simon, 2007). Çok merkezli prospektif bir çalışmada ortognatik cerrahi sonrasında yaşam kalitesi ve depresyon puanları iyileşirken, yüksek başlangıç depresyon puanlarının daha sınırlı iyileşmeyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Brunault et al., 2016).

3. Klinik kayıtların standardizasyonu

Yüz değerlendirmesi hastanın dik konumda, doğal baş pozisyonunda ve karşıya bakarken yapılmalıdır (Jakobsone et al., 2020). Doğal baş pozisyonu tekrarlanabilir olmakla birlikte bütünüyle değişmez değildir; kayıt yöntemi ve başın yeniden yönlendirilme biçimi belirtilmelidir (Jakobsone et al., 2020; Leung et al., 2016). Başın aşağı veya yukarı eğilmesi pitch, bir omuza yatması roll ve sağa veya sola çevrilmesi yaw olarak tanımlanır; bu baş yönelimleri çenelerin aynı adlarla tanımlanan üç boyutlu rotasyonlarından ayrı kaydedilmelidir (Cevitanes et al., 2010; Leung et al., 2016). Roll dental kantın, yaw ise yüz yarılarının görünen genişliğinin değerlendirilmesini etkileyebileceğinden fotoğraf ve tarama öncesinde baş yönelimi kontrol edilmelidir (Cevitanes et al., 2010; Thiesen et al., 2015).

İstirahat, maksimum interküspidasyon ve gülüş kayıtları birbirinden ayrılmalıdır (Arnett & Bergman, 1993; Sarver & Ackerman, 2003a). İstirahat değerlendirmesinde dudakların zorla kapatılması veya dişlerin maksimum interküspidasyona getirilmesi, interlabial açıklık ve kesici görünümü ölçümlerini değiştirir (Arnett & Bergman, 1993; Arnett et al., 1999). Gülüşün yalnızca tek bir fotoğrafla kaydedilmesi en yüksek dudak seviyesini kaçırabileceğinden poz verilmiş ve spontan gülüş mümkünse kısa video kaydıyla karşılaştırılmalıdır (Sarver & Ackerman, 2003a; Sarver & Ackerman, 2003b). Fotoğraf üzerinden milimetrik ölçüm yapılacaksa hastayla aynı düzlemde, uzunluğu bilinen bir ölçek kullanılmalı ve perspektif hatası klinik ölçümle kontrol edilmelidir (Castro et al., 2024; Tatakis et al., 2024).

4. Frontal yüz değerlendirmesi

4.1. Referans noktaları ve yüz oranları

Frontal değerlendirmede trichion saç çizgisinin orta hat başlangıcını, glabella kaşlar arasındaki alın kabarıklığını, subnasale kolumella ile üst dudağın birleşimini ve yumuşak doku mentonu çene ucunun en alt noktasını tanımlar (Arnett et al., 1999; Milutinovic et al., 2014). Trichion–glabella, glabella–subnasale ve subnasale–menton uzaklıkları sırasıyla üst, orta ve alt yüz yüksekliğini oluşturur; klasik karşılaştırma bu üç bölümün yaklaşık 1:1:1 olmasıdır (Milutinovic et al., 2014). Saç çizgisinin bireysel değişkenliği nedeniyle üst bölüm ölçümü sabit bir iskelet normu olarak yorumlanmamalıdır (Milutinovic et al., 2014). Alt yüz kendi içinde subnasale–stomion ve stomion–menton olarak ayrıldığında klasik oran yaklaşık 1:2'dir (Arroyo et al., 2016; Milutinovic et al., 2014). Dudaklar istirahatte temas etmiyorsa stomion tek bir nokta kabul edilmez; üst dudak alt sınırı stomion superius, alt dudak üst sınırı stomion inferius olarak ayrı işaretlenir ve aralarındaki mesafe interlabial açıklığı verir (Arnett et al., 1999).

Transvers değerlendirmede endokantion ve ekzokantionlar kullanılarak iki göz açıklığı, interkantus aralığı ve lateral yüz bölümleri karşılaştırılır; klasik yüz beşlisi bu beş sütunun yaklaşık eşitliğine dayanır (Milutinovic et al., 2014). Lateral yüz sınırı kullanılan yöntemle göre değiştiğinden, farklı antropometrik analizlerin değerleri sınır tanımı belirtilmeden karşılaştırılmamalıdır (Milutinovic et al., 2014). Burun genişliği sağ ve sol alare, ağız genişliği sağ ve sol cheilion arasında ölçülür; bu ölçümler malar, gonial ve çene ucu konturlarıyla birlikte yorumlanır (Manisali & Naini, 2023; Milutinovic et al., 2014). Antropometrik ortalamalar popülasyon ve cinsiyete göre değişebildiğinden tek bir oran bütün hastalar için zorunlu estetik hedef oluşturmaz (Milutinovic et al., 2014; Uysal et al., 2009).

4.2. Orta hat asimetri ve fonksiyonel kayma

Yüz orta hattı glabella ve üst yüz yapıları esas alınarak oluşturulan gerçek vertikal referansla değerlendirilir; burun ucu ve çene ucu deformiteye katılabileceğinden tek başına orta hat referansı olarak kullanılmamalıdır (Thiesen et al., 2015). Üst dental orta hat, alt dental orta hat ve çene ucu merkezinin bu çizgiye yatay uzaklığı, yönüyle birlikte ayrı ayrı kaydedilir (Agrawal et al., 2015). Üst dental orta hattın yüz referansının 2 mm sağında, alt dental orta hattın 4 mm sağında ve çene ucunun 5 mm sağında bulunması, üç yapıya aynı miktarda cerrahi hareket verilmesini gerektirmez; dental yer değiştirme, mandibular konum ve bazal iskelet asimetrisi birbirinden ayrılmalıdır (Agrawal et al., 2015; Cevdanes et al., 2010). Hafif asimetri normal popülasyonda da görülebildiğinden ölçülebilen her fark cerrahi düzeltme endikasyonu değildir (Thiesen et al., 2015).

Alt dental orta hat ağız açıkken, ilk diş temasında ve maksimum interküspidasyonda gözlenmelidir (Agrawal et al., 2015). İlk temastan maksimum interküspidasyona geçerken ortaya çıkan lateral mandibular hareket fonksiyonel kaymayı düşündürür; bu bulgu yapısal asimetriyi dışlamaz ve modellerle görüntüleme bulgularının birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Agrawal et al., 2015). Mandibular alt kenarlar, gonial bölgeler ve çene ucu frontal, üç çeyrek ve alttan görünümde karşılaştırılmalı; görünen kontur farkının yumuşak doku ve kemik bileşenleri palpasyonla ayrılmalıdır (Agrawal et al., 2015; Manisali & Naini, 2023).

4.3. Oklüzal kant

Frontal oklüzal kant, karşılıklı dental noktaları birleştiren çizginin gerçek yataya göre eğimidir (Susarla et al., 2008). Klinik değerlendirmede aynı dişlerin karşılıklı tüberkül veya insizal noktaları seçilmeli, başın roll konumu düzeltilmeli ve hangi tarafın aşağıda olduğu belirtilmelidir (Susarla et al., 2008; Thiesen et al., 2015). Doğrusal kant karşılıklı noktaların vertikal farkı olarak milimetreyle, açısal kant ise bu noktaları birleştiren çizginin yatayla açısı olarak dereceyle kaydedilir (Susarla et al., 2008). Yatay uzaklığı 50 mm olan iki nokta arasındaki 3 mm yükseklik farkı yaklaşık 3,4°'ye karşılık gelir; bu nedenle milimetre ve derece değerleri birbirinin yerine kullanılamaz (Susarla et al., 2008). Padwa ve arkadaşlarının çalışmasında 4° üzerindeki kantlar gözlemciler tarafından daha yüksek oranda fark edilmiştir, ancak bu algı değeri tek başına cerrahi endikasyon eşiği değildir (Padwa et al., 1997). Dental kant, dudak komissürlerinin eğimi ve sağ-sol gingival görünüm farkından ayrı tanımlanmalı; molar kompensasyonlarının bazal iskelet eğimini maskeleyebileceği dikkate alınmalıdır (Thiesen et al., 2015; Tyan et al., 2016).

5. Profil dudaklar ve gülüş

5.1. Profil konveksitesi ve sagittal projeksiyon

Profil değerlendirmesi alın, orbital ve malar bölgeler, burun tabanı, dudaklar, maksilla, mandibula ve çene ucunun birbirleriyle ilişkisini kapsamalıdır (Arnett & Bergman, 1993; Manisali & Naini, 2023). Glabella–subnasale ve subnasale–yumuşak doku pogonionu doğruları arasındaki G'–Sn–Pog' iç açısı profil konveksitesini tanımlar (Arnett et al., 1999). Arnett'in seçilmiş erişkin örnekleminde bu açı kadınlarda $169,3 \pm 3,4^\circ$, erkeklerde $169,4 \pm 3,2^\circ$ bulunmuştur; 180° 'den çıkarılarak ifade edilen yaklaşık 12° 'lik sapma farklı bir gösterimdir ve iki tanım karıştırılmamalıdır (Arnett et al., 1999; Arroyo et al., 2016). Profil konveksitesi maksilla, mandibula ve çene ucunun bileşik etkisini yansıttığından mandibular retrüzyonun tek başına göstergesi değildir (Arnett et al., 1999; Manisali & Naini, 2023).

Doğal baş pozisyonunda oluşturulan gerçek vertikal çizgi, Arnett analizinde genellikle subnasaleden geçirilir (Arnett et al., 1999). Üst dudak, alt dudak ve yumuşak doku pogonionunun bu çizgiye dik uzaklıkları ölçülür; Arnett örnekleminde kadın ve erkek ortalamaları sırasıyla üst dudak için $+3,7 \pm 1,2$ mm ve $+3,3 \pm 1,7$ mm, alt dudak için $+1,9 \pm 1,4$ mm ve $+1,0 \pm 2,2$ mm, pogonion için $-2,6 \pm 1,9$ mm ve $-3,5 \pm 1,8$ mm olarak bildirilmiştir (Arnett et al., 1999). Bu değerler seçilmiş bir örnekleme aittir ve Türk erişkinlerde bazı yumuşak doku ölçümlerinin farklılaşabildiği gösterilmiştir (Uysal et al., 2009). Ricketts'in E çizgisi burun ucundan yumuşak doku pogonionuna çizilir; klasik karşılaştırmada üst dudak çizginin yaklaşık 4 mm, alt dudak yaklaşık 2 mm gerisindedir (Arroyo et al., 2016). Burun ve çene ucu E çizgisinin iki ucunu oluşturduğundan çizgi, dudak konumu değişmeden de değişebilir ve tek başına maksiller konumu tanımlamaz (Arroyo et al., 2016).

5.2. Nazolabial mentolabial ve servikomenta1 değerlendirme

Nazolabial açı, kolumellanın alt yüzüne çizilen teğet ile subnasaleden üst dudak konturuna çizilen teğetin oluşturduğu açıdır (Gołębiowski et al., 2023). Arnett örnekleminde ortalama değer kadınlarda $103,5 \pm 6,8^\circ$, erkeklerde $106,4 \pm 7,7^\circ$ 'dir (Arnett et al., 1999). Açının dar veya geniş olması üst dudak konumu kadar kolumella ve burun tabanı yöneliminden de etkilenir; bu bileşenler ayrı değerlendirilmelidir (Gołębiowski et al., 2023). Mentolabial oluk alt dudak desteği, kesici konumu, mentalis aktivitesi ve çene ucu projeksiyonuyla birlikte incelenmelidir (Manisali & Naini, 2023). Servikomenta1 açı çene altı konturuna ve ön boyun konturuna çizilen teğetler arasında ölçülür; literatürde erkekler için 121° , kadınlar için 126° karşılaştırma değerleri aktarılmıştır (Arroyo et al., 2016). Mentoservikal ve servikomenta1

açıların farklı doğrularla tanımlanabildiği göz önünde bulundurulmalı ve ölçüm çizgileri belirtilmeden yalnızca açı değeri raporlanmamalıdır (Arroyo et al., 2016).

5.3. İstirahat ve gülüş kayıtları

Üst dudak uzunluğu subnasale ile stomion superius, alt dudak-çene uzunluğu stomion inferius ile yumuşak doku mentonu arasında ölçülür (Arnett et al., 1999). Arnett örnekleminde üst dudak uzunluğu kadınlarda $21,0 \pm 1,9$ mm, erkeklerde $24,4 \pm 2,5$ mm; interlabial açıklık kadınlarda $3,3 \pm 1,3$ mm, erkeklerde $2,4 \pm 1,1$ mm olarak bildirilmiştir (Arnett et al., 1999). İstirahatte maksiller kesici görünümü üst dudağın alt sınırından santral kesicinin insizal kenarına kadar ölçülür; aynı örnekleme kadınlarda $4,7 \pm 1,6$ mm, erkeklerde $3,9 \pm 1,2$ mm bulunmuştur (Arnett et al., 1999). Yaşla birlikte üst kesici görünümünün azalması ve alt kesici görünümünün artması, değerlerin yaş ve cinsiyet bağlamında yorumlanmasını gerektirir (Drummond & Capelli, 2016).

Gingival görünüm, tam gülüşte seçilen dişin fasiyal gingival marjininin en apikal noktasından üst dudağın alt sınırına kadar ölçülen görünür diş eti bandıdır (Tatakis et al., 2024). Ölçüm papilla tepesinden başlatılmamalı; diş numarası, gülüş koşulu ve görünümün anterior, posterior veya tek taraflı dağılımı belirtilmelidir (Castro et al., 2024; Tatakis et al., 2024). Gülüş arkı üst kesici kenar eğrisi ile alt dudağın üst konturu arasındaki ilişkiyi, bukkal koridor ise posterior dişlerin dış sınırı ile ağız köşesi-yanak arasındaki karanlık alanı tanımlar (Sarver & Ackerman, 2003b).

Fazla gingival görünüm için tek bir evrensel eşik yoktur; çalışmalarda sağ üst santralde ≥ 4 mm veya >3 mm gibi farklı tanımlar kullanılmıştır (Castro et al., 2024; Tatakis et al., 2024). Üst dudak hareketliliği, dudak alt sınırının istirahatten maksimum gülüşe vertikal yer değiştirmesi veya üst dudak uzunluğundaki değişimle değerlendirilir (Miron et al., 2012; Tatakis et al., 2024). Tatakis ve arkadaşları kendi protokollerinde ≥ 8 mm yer değiştirmeyi hipermobilité, erkeklerde <19 mm ve kadınlarda <17 mm dudak uzunluğunu kısa dudak ölçütü olarak kullanmıştır; bu sınırlar yönteme ve örnekleme bağlıdır (Tatakis et al., 2024). Dudak uzunluğu istirahatte 22 mm, maksimum gülüşte 13 mm ise 9 mm elevasyon ve yaklaşık %40,9 kısalma bulunur; bu hesap aynı anatomik noktalar ve aynı baş konumu kullanılarak yapılmalıdır (Tatakis et al., 2024).

Fazla gingival görünümün başlıca bileşenleri vertikal maksiller fazlalık, kısa veya hipermobil üst dudak, değişmiş pasif erüpsiyon, anterior dentoalveoler ekstrüzyon ve gingival büyümedir; birden fazla etken aynı hastada bulunabilir (Andijani & Tatakis, 2019; Dym & Pierre, 2020). Vertikal maksiller fazlalık değerlendirmesinde istirahat kesici görünümü,

interlabial açıklık, alt yüz yüksekliği, anterior ve posterior maksiller vertikal boyutlar, palatal ve oklüzal düzlemler ile mandibular düzlem birlikte incelenir (Castro et al., 2024; Jeelani et al., 2018). Değişmiş pasif erüpsiyonda gingival marjın anatomik kronun beklenenden daha büyük bölümünü örter; klinik kron insizal kenar–gingival marjın arasında, anatomik kron ise insizal kenar–mine-sement birleşimi arasında tanımlanır (Rakmanee et al., 2024; Tatakis & Silva, 2023). Klinik kron genişlik/yükseklik oranının artması kısa ve geniş diş görünümünü gösterir, ancak insizal aşınma, kırık, restorasyon veya gingival büyüme dışlanmadan değişmiş pasif erüpsiyon tanısı koydurmaz (Castro et al., 2024). Periodontal muayene sondalama derinliği, kanama, gingival marjın–mine-sement birleşimi ilişkisi, keratinize diş eti genişliği ve kemik kretinin konumunu kapsamalıdır (Castro et al., 2024; Rakmanee et al., 2024).

İstirahatte 5 mm interlabial açıklık, gülüşte 6 mm gingival görünüm, istirahatte 5 mm maksiller kesici görünümü, artmış alt yüz yüksekliği ve artmış mandibular düzlem açısı birlikte vertikal iskeletsel katkıyı düşündürebilir (Arnett et al., 1999; Jeelani et al., 2018). Bununla birlikte 5 mm kesici görünümü tek başına patoloji, 6 mm gingival görünüm ise doğrudan 6 mm maksiller impaksiyon anlamına gelmez (Arnett et al., 1999; Dym & Pierre, 2020). Dudak uzunluğu ve hareketliliği, klinik kron boyutu ve periodontal örtülme değerlendirilmeden maksiller impaksiyon miktarı belirlenmemelidir (Andijani & Tatakis, 2019; Rakmanee et al., 2024). Maksillanın superior yeniden konumlandırılması mandibulada yukarı–öne autorotasyona yol açabilir; rotasyon merkezi ve miktarı değişken olduğundan sabit bir impaksiyon–çene ucu ilerlemesi oranı kullanılamaz (Peleg et al., 2019; Wang et al., 2006).

6. Sefalometrik ve üç boyutlu değerlendirme

6.1. SNA SNB ANB ve Wits değerlendirmesi

Sella sella turcica merkezini, nasion frontonazal suturen anterior orta hat noktasını, A noktası anterior maksiller alveoler konturun en derin noktasını ve B noktası anterior mandibular alveoler konturun en derin noktasını temsil eder (Hassan et al., 2024). SNA açısı N–S ve N–A doğruları arasında ölçülür ve A noktasının anterior kraniyal tabana göre sagittal konumunu gösterir; SNB aynı kraniyal referansla B noktasının sagittal konumunu tanımlar (Hassan et al., 2024). ANB açısı N–A ve N–B doğruları arasındaki açıdır ve SNA–SNB işlemiyle de hesaplanabilir; maksilla ile mandibulanın göreceli sagittal ilişkisini gösterir, ancak deformiteye hangi çenenin ne ölçüde katkıda bulunduğunu tek başına belirlemez (Hussels & Nanda, 1987; Paddenberg et al., 2023).

Steiner temelli sık kullanılan karşılaştırma değerleri SNA için $82 \pm 2^\circ$, SNB için $80 \pm 2^\circ$ ve ANB için $2 \pm 2^\circ$ dir (Hassan et al., 2024). ANB'nin yaklaşık $0-4^\circ$ olması iskeletsel Sınıf

I, 4°den büyük olması Sınıf II ve 0°den küçük olması Sınıf III eğilimiyle ilişkilendirilebilir; bu sınırlar cerrahi hareket miktarı değildir (Dinç et al., 2026; Paddenberg et al., 2023). SNA 84°, SNB 76° ve ANB 8° olduğunda maksiller ve mandibular katkının birlikte bulunması olasıdır; SNA 78° ve SNB 76° olan bir hastayla SNA 88° ve SNB 86° olan bir hastada ANB 2° olmasına karşın iki çenenin kraniyal tabana göre konumları farklıdır (Paddenberg et al., 2023). Bu nedenle yalnızca ANB değeri maksiller retrüzyon ile mandibular prognatizmi veya maksiller prognatizm ile mandibular retrüzyonu ayıramaz (Paddenberg et al., 2023).

S–N düzleminin eğimi değiştiğinde çeneler gerçekte yer değiştirmese bile SNA ve SNB değişebilir; Frankfort düzlemiyle ilişkiyi inceleyen çalışmada S–N eğimi arttıkça SNA ve SNB’nin azaldığı gösterilmiştir (Moore, 1976). ANB ayrıca nasionun anterior–posterior konumu, çenelerin rotasyonu, N–B uzaklığı ve A–B arasındaki vertikal ilişkiden etkilenir (Hussels & Nanda, 1987). A noktasının işaretlenmesi sefalometrik ölçümlerde önemli bir hata kaynağı olduğundan dijital veya manuel çizimlerde nokta tanımı kontrol edilmelidir (Grogger et al., 2018). Wits değerlendirmesinde A ve B noktalarından fonksiyonel oklüzal düzleme dik izdüşümler indirilir ve AO–BO mesafesi ölçülür; nasion kullanılmadığı için bazı ANB hatalarını azaltmasına karşın oklüzal düzlemin eğiminden etkilenir (Jacobson, 1976; Paddenberg et al., 2023). Sagittal tanı SNA, SNB, ANB ve Wits ile birlikte doğal baş pozisyonundaki profil, efektif çene uzunlukları, gerçek vertikal referanslar ve hedef oklüzyon kullanılarak kurulmalıdır (Burstone et al., 1978; Paddenberg et al., 2023).

6.2. Vertikal ölçümler ve üç boyutlu planlama

Mandibular düzlem açısı lateral sefalogramda tanımlanmış kemik doğruları arasında ölçülür; fotoğraftan sayısallaştırılmamalıdır (Saadeh, 2025). SN–GoGn için S–N ile gonion–gnathion, FMA için porion–orbitale ile gonion–menton doğruları arasındaki açı kullanılır (Saadeh, 2025). Üç yüz erişkinin değerlendirildiği bir çalışmada SN–GoGn için 28–36°, FMA için 20–28° normodiverjan sınıflama aralıkları kullanılmıştır; yöntemler arasındaki sınırlı uyum nedeniyle raporda ölçüm adı mutlaka belirtilmelidir (Saadeh, 2025). Yüksek mandibular düzlem açısı vertikal maksiller fazlalığı tek başına kanıtlamaz ve alt yüz yüksekliği, kesici görünümü, palatal ve oklüzal düzlemlerle birlikte yorumlanmalıdır (Burstone et al., 1978; Jeelani et al., 2018).

Üç boyutlu değerlendirmede yüz, dental arklar ve kemik modellerinin birleştirilme doğruluğu cerrahi hareket verilmeden önce kontrol edilmelidir (Baan et al., 2021). Translasyonlar yön ve milimetreyle, rotasyonlar pitch, roll ve yaw eksenleri ile derece olarak tanımlanmalıdır (Cevitanes et al., 2010). Farklı rotasyon merkezleri aynı açı için farklı dental

ve iskeletsel hareket üretebildiğinden hareketin referans noktası belirtilmelidir (Cevitanes et al., 2010). Sanal planın splint, kesim kılavuzu veya hastaya özgü osteosentez sistemiyle aktarımındaki geometrik doğruluk klinik yüz hedeflerinin ayrıca değerlendirilmesi gereğini ortadan kaldırmaz (Li et al., 2021; Roy & Steinbacher, 2022).

7. İntraoral değerlendirme ve ortodontik hazırlık

İntraoral değerlendirme üst ve alt dental orta hatları, overjet, overbite, sağ ve sol kanin–molar ilişkileri, transvers uyumu, oklüzal düzlemleri ve ark biçimini kapsamalıdır (Agrawal et al., 2015; Wirthlin & Shetye, 2013). Overjet kapanışta ilgili kesiciler arasında oklüzal düzleme paralel yatay mesafe, overbite ise üst kesicinin alt kesiciyi vertikal örtme miktarıdır; ters ilişki ve açık kapanış yönüyle birlikte kaydedilmelidir (Wirthlin & Shetye, 2013). Maksimum interküspidasyon ile santral ilişki arasındaki fark ve ilk temastan kapanışa oluşan fonksiyonel kayma ayrıca değerlendirilmelidir (Agrawal et al., 2015).

Dental kompensasyonlar iskeletsel uyumsuzluğu maskeleyebilir; cerrahi öncesi dekompensasyon kesicileri bazal kemiklerine uygun konuma getirerek gerçek iskeletsel hareket gereksinimini ortaya çıkarır (Larson, 2014). Dekompensasyon bütün hastalarda ideal ark düzlemesi, tüm boşlukların kapatılması veya başlangıçta tam interdigitasyon anlamına gelmez; hedeflenen postoperatif oklüzyona göre bireyselleştirilir (Larson, 2014). Başlangıçta uyumlu görünen posterior ark ilişkisi çeneler sagittal konuma getirildiğinde bozulabileceğinden modeller hedef ameliyat sonrası ilişkide transvers olarak karşılaştırılmalıdır (Wirthlin & Shetye, 2013). Köklerin alveoler kemik sınırları, dehisens ve fenestrasyonlar ortodontik hareketin güvenli sınırlarını belirler; kronun istenen açığa getirilmesi kökün kemik içinde kaldığını tek başına göstermez (Kurt Demirsoy et al., 2022). Üçüncü molarların konumu, mandibular kanal ilişkisi ve planlanan osteotomi hattı cerrahi zamanlama içinde değerlendirilmelidir (Tsurushima et al., 2026).

8. Temporomandibular eklem hava yolu ve işlev

Temporomandibular eklem değerlendirmesinde ağrının yeri ve hareketle ilişkisi, kilitlenme, eklem sesi ve fonksiyon kaybı sorgulanmalı; muayenede hastanın tanıdığı ağrının yeniden oluşturulup oluşturulmadığı belirlenmelidir (Schiffman et al., 2014). Maksimum ağız açıklığı ölçülürken kesiciler arası mesafe ile vertikal örtüşmenin hesaba katılıp katılmadığı belirtilmelidir (Schiffman et al., 2014). Yeni gelişen açık kapanış, ilerleyen mandibular retrüzyon veya asimetri aktif kondiler süreçlerin araştırılmasını gerektirir (Ji et al., 2020). Ortognatik cerrahinin temporomandibular bozukluk belirtileri üzerindeki etkisi değişken

olduğundan işlem TME yakınmalarını kesin olarak düzeltecek bir tedavi biçiminde sunulmamalıdır (Te Veldhuis et al., 2017).

Horlama, tanıklı apne ve gündüz uyukluluğu sistematik olarak sorgulanmalıdır (Kapur et al., 2017). Uyanırken alınan CBCT’de geniş görünen hava yolu, uykudaki solunum bozukluğunu dışlamaz ve gerekli fizyolojik incelemenin yerine geçmez (Kapur et al., 2017). Özellikle mandibular gerileme planında hareket miktarı, mevcut hava yolu riski ve hastanın klinik özellikleri birlikte değerlendirilmelidir (Honglertnapakul et al., 2024). Konuşma, çiğneme, yutma ve dudak kapanışıyla ilişkili işlevsel yakınmalar başlangıçta kaydedilmeli ve cerrahi hedeflerle ilişkilendirilmelidir (Khechoyan, 2013).

9. Cerrahi planın oluşturulması

Tanısal bulgular planlamaya geçmeden önce sagittal, vertikal ve transvers iskeletsel sorunlar; dental kompensasyonlar; yumuşak doku özellikleri; işlevsel yakınmalar ve hasta hedefleri biçiminde düzenlenmelidir (Khechoyan, 2013; Manisali & Naini, 2023). Maksiller hedef, istirahatte kesici görünümü, gülüşte gingival görünüm, orta hat, kant, nazal taban ve üst dudak desteği birlikte dikkate alınarak belirlenmelidir (Arnett et al., 1999; Manisali & Naini, 2023). Mandibulanın konumu hedef maksiller konum ve nihai oklüzyonla ilişkilendirilmeli; maksiller impaksiyona bağlı mandibular autorotasyon çene ucu projeksiyonu ve alt yüz yüksekliği üzerindeki etkileriyle hesaplanmalıdır (Peleg et al., 2019; Wang et al., 2006). Genioplasti kararı, bütün mandibulanın sagittal konumundan bağımsız olarak çene ucunun yükseklik, genişlik ve projeksiyon gereksinimine göre değerlendirilmelidir (Arroyo et al., 2016; Manisali & Naini, 2023).

Planlanan hareket her segment için referans noktası, yön, milimetre ve rotasyon eksenleriyle yazılmalıdır (Cevitanes et al., 2010). Orta hat veya kant düzeltme miktarı yalnızca yüzey görünümünden türetilmemeli; diş eğimleri, bazal kemik asimetrisi ve hedef oklüzyonla doğrulanmalıdır (Agrawal et al., 2015; Tyan et al., 2016). Yumuşak doku simülasyonu olası değişimi anlatan bir iletişim aracı olarak kullanılmalı ve kemik hareketinin yumuşak dokuda bire bir karşılık oluşturmadığı açıklanmalıdır (Nam & Hong, 2015). Stabilite değerlendirmesi planlama aşamasında yapılmalı; hareket yönü, hareket miktarı, fiksasyon yöntemi ve büyüme veya kondiler hastalık gibi devam eden biyolojik süreçler hesaba katılmalıdır (Proffit et al., 2007; Riechmann et al., 2024).

10. Preoperatif tıbbi değerlendirme ve hazırlık

Preoperatif değerlendirme sistemik hastalıklar, ilaçlar, alerjiler, kanama öyküsü, gebelik olasılığı, sigara ve alkol kullanımı, geçirilmiş anestezi sorunları ve zor hava yolu göstergelerini

kapsamalıdır (Tapia-Salinas et al., 2025). Laboratuvar incelemeleri ve konsültasyonlar rutin bir liste yerine hastanın öyküsü, muayenesi, planlanan operasyonun kapsamı ve anestezi gereksinimine göre belirlenmelidir (Tapia-Salinas et al., 2025). Ameliyat öncesi ortodontik hazırlığın tamamlandığı, arkların hedef oklüzyonda uyumlu olduğu, güncel görüntülerin planla eşleştiği ve splint veya kılavuzların doğrulandığı multidisipliner ekip tarafından teyit edilmelidir (Roy & Steinbacher, 2022; Wirthlin & Shetye, 2013).

Ortognatik cerrahide postoperatif bulantı ve kusma sık görülen bir sorun olduğundan bireysel risk değerlendirmesi ve çok bileşenli profilaksi anestezi planına dâhil edilmelidir (Gao et al., 2024). Ağrı kontrolü, sıvı yönetimi, hava yolu güvenliği, tromboemboli riski ve erken mobilizasyon perioperatif protokolün parçalarıdır (Bär et al., 2024; Tapia-Salinas et al., 2025). Cerrahi sonrası oral alımın azalması ve metabolik gereksinimin artması beslenme kaybına yol açabilir; randomize bir çalışmada beslenme danışmanlığına eklenen oral beslenme desteğinin postoperatif beslenme durumuna etkisi değerlendirilmiştir (Prachasartta et al., 2024). Taburculuk planı oral hijyen, diyet, ilaç kullanımı, kanama ve enfeksiyon belirtileri, acil başvuru ölçütleri ve kontrol tarihlerini içermelidir (Bär et al., 2024).

11. Sonuç

Ortognatik cerrahi planlaması, yüz oranlarını tek bir norma yaklaştırma işlemi değil, deformitenin iskeletsel, dental, yumuşak doku ve işlevsel bileşenlerini hasta hedefleriyle birleştiren tanısal bir süreçtir (Arnett & Bergman, 1993; Manisali & Naini, 2023). Frontal, profil ve gülüş değerlendirmesinde her ölçümün anatomik noktaları ve kayıt koşulları belirtilmeli; sayısal değerler popülasyon ortalamaları ve yöntemin geometrik sınırlılıkları içinde yorumlanmalıdır (Arnett et al., 1999; Milutinovic et al., 2014). SNA, SNB, ANB, Wits ve mandibular düzlem ölçümleri klinik yüz değerlendirmesini tamamlar, ancak cerrahi hareket miktarını tek başına belirlemez (Paddenberg et al., 2023; Saadeh, 2025). Nihai plan; kesici ve gingival görünümü, orta hat ve kanti, hedef oklüzyonu, çene ucu konumunu, eklem ve hava yolu risklerini ve beklenen yumuşak doku yanıtını birbiriyle uyumlu biçimde tanımlamalıdır (Honglertnapakul et al., 2024; Manisali & Naini, 2023).

Kaynakça

- Agrawal, M., Agrawal, J. A., Nanjannawar, L., Fulari, S., & Kagi, V. (2015). Dentofacial Asymmetries: Challenging Diagnosis and Treatment Planning. *Journal of international oral health : JIOH*, 7(7), 128-31.
- Andijani, R. I., & Tatakis, D. N. (2019). Hypermobility upper lip is highly prevalent among patients seeking treatment for gummy smile. *Journal of periodontology*, 90(3), 256-262. <https://doi.org/10.1002/JPER.18-0468>
- Arnett, G. W., & Bergman, R. T. (1993). Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 103(4), 299-312. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(93\)70010-L](https://doi.org/10.1016/0889-5406(93)70010-L)
- Arnett, G. W., Jelic, J. S., Kim, J., Cummings, D. R., Beress, A., Worley, C. M., Chung, B., & Bergman, R. (1999). Soft tissue cephalometric analysis: diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 116(3), 239-53. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(99\)70234-9](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(99)70234-9)
- Arroyo, H. H., Olivetti, I. P., Lima, L. F., & Jurado, J. R. (2016). Clinical evaluation for chin augmentation: literature review and algorithm proposal. *Brazilian journal of otorhinolaryngology*, 82(5), 596-601. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.09.009>
- Baan, F., Bruggink, R., Nijsink, J., Maal, T. J. J., & Ongkosuwito, E. M. (2021). Fusion of intra-oral scans in cone-beam computed tomography scans. *Clinical oral investigations*, 25(1), 77-85. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03336-y>
- Bailey, L. J., Phillips, C., & Proffit, W. R. (2008). Long-term outcome of surgical Class III correction as a function of age at surgery. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 133(3), 365-70. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.04.039>
- Bellucci, C. C., & Kapp-Simon, K. A. (2007). Psychological considerations in orthognathic surgery. *Clinics in plastic surgery*, 34(3), e11-6. <https://doi.org/10.1016/j.cps.2007.04.004>

- Boffano, P., Gallesio, C., Garzaro, M., & Pecorari, G. (2014). Informed consent in orthognathic surgery. *Cranio-maxillofacial trauma & reconstruction*, 7(2), 108-11. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1371447>
- Brunault, P., Battini, J., Potard, C., Jonas, C., Zagala-Bouquillon, B., Chabut, A., Mercier, J. M., Bedhet, N., Réveillère, C., Goga, D., & Courtois, R. (2016). Orthognathic surgery improves quality of life and depression, but not anxiety, and patients with higher preoperative depression scores improve less. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 45(1), 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.07.020>
- Burstone, C. J., James, R. B., Legan, H., Murphy, G. A., & Norton, L. A. (1978). Cephalometrics for orthognathic surgery. *Journal of oral surgery (American Dental Association : 1965)*, 36(4), 269-77.
- Bär, A. K., Werkmeister, R., Dort, J. C., & Al-Nawas, B. (2024). Perioperative care in orthognathic surgery - A systematic review and meta-analysis for enhanced recovery after surgery. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 52(11), 1244-1258. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2024.08.014>
- Castro, L. T., Sementille, M. C. C., Ragghianti Zangrando, M. S., Gregghi, S. L. A., Damante, C. A., Sant'Ana, E., & Sant'Ana, A. C. P. (2024). Facial, dental, periodontal, and tomographic characteristics of the etiology of excessive gingival display: a cross-sectional clinical study. *Journal of periodontal & implant science*, 54(6), 419-431. <https://doi.org/10.5051/jpis.2302300115>
- Cevidanes, L. H., Tucker, S., Styner, M., Kim, H., Chapuis, J., Reyes, M., Proffit, W., Turvey, T., & Jaskolka, M. (2010). Three-dimensional surgical simulation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 138(3), 361-71. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.08.026>
- Cunningham, S. J., Garratt, A. M., & Hunt, N. P. (2002). Development of a condition-specific quality of life measure for patients with dentofacial deformity: II. Validity and responsiveness testing. *Community dentistry and oral epidemiology*, 30(2), 81-90. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0528.2002.300201.x>
- Dinç, G., Büyük, H. M., & Çınarsoy Cığırım, S. (2026). The relationship between maxillary and mandibular third molar germ stages and skeletal orthodontic malocclusions. *European journal of orthodontics*, 48(5), cjag066. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjag066>

- Drummond, S., & Capelli, J. (2016). Incisor display during speech and smile: Age and gender correlations. *The Angle orthodontist*, 86(4), 631-7. <https://doi.org/10.2319/042515-284.1>
- Dym, H., & Pierre, R. (2020). Diagnosis and Treatment Approaches to a "Gummy Smile". *Dental clinics of North America*, 64(2), 341-349. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2019.12.003>
- Gao, P. F., Zhao, L., Li, S. Y., Li, Y., Chen, M. K., Fu, J., & Ji, Y. (2024). Prevention of postoperative nausea and vomiting after orthognathic surgery: a scoping review. *BMC anesthesiology*, 24(1), 121. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02510-z>
- Gołębiowski, M., Świątkowska, A., Pastuszak, P., & Rahnama, M. (2023). Relationship between Selected Cephalometric Parameters, Nasolabial Angle and Its Components in Adolescent Females. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(6), 1199. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061199>
- Grogger, P., Sacher, C., Weber, S., Millesi, G., & Seemann, R. (2018). Identification of 'Point A' as the prevalent source of error in cephalometric analysis of lateral radiographs. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 47(10), 1322-1329. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.03.019>
- Hassan, M. M., Alfaifi, W. H., Qaysi, A. M., Alfaifi, A. A., AlGhafli, Z. M., Mattoo, K. A., Daghriri, S. M., Hawthth, L. M., Daghriri, R. M., Moafa, A. A., & Al Moaleem, M. M. (2024). Comparative Evaluation of Digital Cephalometric Tracing Applications on Mobile Devices and Manual Tracing. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 30, e944628. <https://doi.org/10.12659/MSM.944628>
- Honglertnapakul, Y., Peanchitlertkajorn, S., Likitkulthanaporn, A., Saengfai, N. N., Chawewannakorn, C., & Boonpratham, S. (2024). Impacts of mandibular setback with or without maxillary advancement for class III skeletal correction on sleep-related respiratory parameters: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 27(6), 839-852. <https://doi.org/10.1111/ocr.12798>
- Hussels, W., & Nanda, R. S. (1987). Clinical application of a method to correct angle ANB for geometric effects. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 92(6), 506-10. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(87\)90233-2](https://doi.org/10.1016/0889-5406(87)90233-2)

- Jacobson, A. (1976). Application of the "Wits" appraisal. *American journal of orthodontics*, 70(2), 179-89. [https://doi.org/10.1016/s0002-9416\(76\)90318-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9416(76)90318-3)
- Jakobsone, G., Vuollo, V., & Pirttiniemi, P. (2020). Reproducibility of Natural Head Position assessed with stereophotogrammetry. *Orthodontics & craniofacial research*, 23(1), 66-71. <https://doi.org/10.1111/ocr.12344>
- Jeelani, W., Fida, M., & Shaikh, A. (2018). The maxillary incisor display at rest: analysis of the underlying components. *Dental press journal of orthodontics*, 23(6), 48-55. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.6.048-055.oar>
- Ji, Y. D., Resnick, C. M., & Peacock, Z. S. (2020). Idiopathic condylar resorption: A systematic review of etiology and management. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 130(6), 632-639. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.07.008>
- Kapur, V. K., Auckley, D. H., Chowdhuri, S., Kuhlmann, D. C., Mehra, R., Ramar, K., & Harrod, C. G. (2017). Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine*, 13(3), 479-504. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6506>
- Khechoyan, D. Y. (2013). Orthognathic surgery: general considerations. *Seminars in plastic surgery*, 27(3), 133-6. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1357109>
- Kuhlefeldt, M., Laine, P., Suominen, A. L., Lindqvist, C., & Thorén, H. (2012). Smoking as a significant risk factor for infections after orthognathic surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 70(7), 1643-7. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2011.06.224>
- Kurt Demirsoy, K., Türker, G., Amuk, M., & Kurt, G. (2022). How much should incisors be decompensated? periodontal bone defects during presurgical orthodontic treatment in class III double-jaw orthognathic surgery patients. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 123(4), e133-e139. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2022.03.009>
- Larson, B. E. (2014). Orthodontic preparation for orthognathic surgery. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 26(4), 441-58. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2014.08.002>
- Leung, M. Y., Lo, J., & Leung, Y. Y. (2016). Accuracy of Different Modalities to Record Natural Head Position in 3 Dimensions: A Systematic Review. *Journal of oral and*

- maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 74(11), 2261-2284.
<https://doi.org/10.1016/j.joms.2016.04.022>
- Li, B., Wei, H., Jiang, T., Qian, Y., Zhang, T., Yu, H., Zhang, L., & Wang, X. (2021). Randomized Clinical Trial of the Accuracy of Patient-Specific Implants versus CAD/CAM Splints in Orthognathic Surgery. *Plastic and reconstructive surgery*, 148(5), 1101-1110. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000008427>
- Manisali, M., & Naini, F. B. (2023). Zonal analysis in contemporary aesthetic orthognathic surgical planning. *Maxillofacial plastic and reconstructive surgery*, 45(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s40902-023-00379-5>
- Miguel, J. A., Palomares, N. B., & Feu, D. (2014). Life-quality of orthognathic surgery patients: the search for an integral diagnosis. *Dental press journal of orthodontics*, 19(1), 123-37. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.19.1.123-137.sar>
- Milutinovic, J., Zelic, K., & Nedeljkovic, N. (2014). Evaluation of facial beauty using anthropometric proportions. *TheScientificWorldJournal*, 2014, 428250. <https://doi.org/10.1155/2014/428250>
- Miron, H., Calderon, S., & Allon, D. (2012). Upper lip changes and gingival exposure on smiling: vertical dimension analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 141(1), 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.07.017>
- Moore, J. W. (1976). Variation of the sella-nasion plane and its effect on SNA and SNB. *Journal of oral surgery (American Dental Association : 1965)*, 34(1), 24-6.
- Nam, K. U., & Hong, J. (2015). Is Three-Dimensional Soft Tissue Prediction by Software Accurate?. *The Journal of craniofacial surgery*, 26(8), e729-33. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000002234>
- Paddenberg, E., Proff, P., & Kirschneck, C. (2023). Floating norms for individualising the ANB angle and the WITS appraisal in orthodontic cephalometric analysis based on guiding variables. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopadie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft fur Kieferorthopadie*, 84(1), 10-18. <https://doi.org/10.1007/s00056-021-00322-1>
- Padwa, B. L., Kaiser, M. O., & Kaban, L. B. (1997). Occlusal cant in the frontal plane as a reflection of facial asymmetry. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official*

- journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 55(8), 811-6; discussion 817. [https://doi.org/10.1016/s0278-2391\(97\)90338-4](https://doi.org/10.1016/s0278-2391(97)90338-4)
- Peleg, O., Mijiritsky, E., Manor, Y., Inchingolo, F., Blinder, D., Mortellaro, C., & Hirschhorn, A. (2019). Predictability of Mandibular Autorotation After Le Fort I Maxillary Impaction in Case of Vertical Maxillary Excess. *The Journal of craniofacial surgery*, 30(4), 1102-1104. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005544>
- Prachasartta, N., Siriwatana, K., Trachoo, V., Sapwarobol, S., & Chantarasinlapin, P. (2024). Effects of Oral Nutritional Supplement on Postoperative Orthognathic Surgery Patients' Nutritional Status: A Randomised Clinical Trial. *Journal of multidisciplinary healthcare*, 17, 6059-6070. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S493361>
- Proffit, W. R., Turvey, T. A., & Phillips, C. (2007). The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head & face medicine*, 3, 21. <https://doi.org/10.1186/1746-160X-3-21>
- Rakmanee, T., Phromngam, Y., Thipraksa, R., & Janaphan, K. (2024). Clinical and radiographic assessment of gummy smile patients with altered passive eruption: a cross-sectional study in a Thai population. *Clinical oral investigations*, 28(10), 530. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05919-5>
- Riechmann, M., Gellrich, N. C., Kress, B., Schmidt, C., Schröder, C., & Neff, A. (2024). Clinical Practice Guideline: Condylar Hyperplasia of the Mandible—Diagnosis and Treatment. *Deutsches Arzteblatt international*, 121(24), 816-823. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2024.0210>
- Roy, T., & Steinbacher, D. M. (2022). Virtual Planning and 3D Printing in Contemporary Orthognathic Surgery. *Seminars in plastic surgery*, 36(3), 169-182. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1760209>
- Saadeh, M. E. (2025). Concordance of Cephalometric Classifications of Divergence in Orthodontics. *Cureus*, 17(10), e94243. <https://doi.org/10.7759/cureus.94243>
- Sarver, D. M., & Ackerman, M. B. (2003a). Dynamic smile visualization and quantification: part 1. Evolution of the concept and dynamic records for smile capture. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 124(1), 4-12. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(03\)00306-8](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(03)00306-8)
- Sarver, D. M., & Ackerman, M. B. (2003b). Dynamic smile visualization and quantification: Part 2. Smile analysis and treatment strategies. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of*

- Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 124(2), 116-27. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(03\)00307-x](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(03)00307-x)
- Schiffman, E., Ohrbach, R., Truelove, E., Look, J., Anderson, G., Goulet, J. P., List, T., Svensson, P., Gonzalez, Y., Lobbezoo, F., Michelotti, A., Brooks, S. L., Ceusters, W., Drangsholt, M., Ettlin, D., Gaul, C., Goldberg, L. J., Haythornthwaite, J. A., Hollender, L., ... Orofacial Pain Special Interest Group, International Association for the Study of Pain (2014). Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network* and Orofacial Pain Special Interest Group†. *Journal of oral & facial pain and headache*, 28(1), 6-27. <https://doi.org/10.11607/jop.1151>
- Susarla, S. M., Dodson, T. B., & Kaban, L. B. (2008). Measurement and interpretation of a maxillary occlusal cant in the frontal plane. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 66(12), 2498-502. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2008.06.072>
- Tapia-Salinas, B., Aragón-Niño, I., Del-Castillo-Pardo-de-Vera, J. L., & Cebrián-Carretero, J. L. (2025). Comprehensive anaesthesia management strategies for orthognathic surgical procedure. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 30(1), e56-e64. <https://doi.org/10.4317/medoral.26833>
- Tatakis, D. N., & Silva, C. O. (2023). Contemporary treatment techniques for excessive gingival display caused by altered passive eruption or lip hypermobility. *Journal of dentistry*, 138, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104711>
- Tatakis, D. N., Paramitha, V., Lu, W. E., & Guo, X. (2024). Upper lip characteristics and associated excessive gingival display etiologies in adults: Race and sex differences. *Journal of periodontology*, 95(1), 74-83. <https://doi.org/10.1002/JPER.23-0291>
- Te Veldhuis, E. C., Te Veldhuis, A. H., Bramer, W. M., Wolvius, E. B., & Koudstaal, M. J. (2017). The effect of orthognathic surgery on the temporomandibular joint and oral function: a systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 46(5), 554-563. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.01.004>
- Thiesen, G., Gribel, B. F., & Freitas, M. P. (2015). Facial asymmetry: a current review. *Dental press journal of orthodontics*, 20(6), 110-25. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.20.6.110-125.sar>
- Tsurushima, H., Oda, M., Kometani-Gunjikake, K., Shirakawa, T., Matsumoto-Takeda, S., Wakasugi-Sato, N., Nishimura, S., Haraguchi, K., Nishina, S., Kawamoto, T., Habu,

- M., Yoshioka, I., Arimatsu, T., & Morimoto, Y. (2026). Imaging Evaluation for Jaw Deformities: Diagnostic Workup and Pre-Treatment Imaging Checklist for Orthognathic Surgery. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 16(2), 367.
<https://doi.org/10.3390/diagnostics16020367>
- Turna, D., Benlidayı, M. E., Güney, A. Ü., & Sertdemir, Y. (2022). Validity and reliability of the Turkish version of the orthognathic quality of life questionnaire in patients with dentofacial deformity. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*, 27(4), e351-e356. <https://doi.org/10.4317/medoral.25276>
- Tyan, S., Park, H. S., Janchivdorj, M., Han, S. H., Kim, S. J., & Ahn, H. W. (2016). Three-dimensional analysis of molar compensation in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. *The Angle orthodontist*, 86(3), 421-30.
<https://doi.org/10.2319/030915-142.1>
- Uysal, T., Yagci, A., Basciftci, F. A., & Sisman, Y. (2009). Standards of soft tissue Arnett analysis for surgical planning in Turkish adults. *European journal of orthodontics*, 31(4), 449-56. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjn123>
- Wang, Y. C., Ko, E. W., Huang, C. S., & Chen, Y. R. (2006). The inter-relationship between mandibular autorotation and maxillary LeFort I impaction osteotomies. *The Journal of craniofacial surgery*, 17(5), 898-904.
<https://doi.org/10.1097/01.scs.0000234985.99863.97>
- Wirthlin, J. O., & Shetye, P. R. (2013). Orthodontist's Role in Orthognathic Surgery. *Seminars in plastic surgery*, 27(3), 137-44. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1357110>