

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ DEĞERLENDİRMELERİ

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Mizgin BULŞU

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Değerlendirmeleri

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Mizgin BULŞU

yaz
yayınları

2025

**Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi
Değerlendirmeleri**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Mizgin BULŞU

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-5838-92-6

Ekim 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde Botoksun Yeri: Güncel Klinik Uygulamalar ve Potansiyel Gelişmeler.....	1
<i>Nursena ÜNLÜ KUZU, Esengül ŞEN</i>	
Ortognatik Cerrahi Planlamada Yapay Zeka Kullanımı....	22
<i>Tolgahan KARA</i>	
Derin Öğrenme Çağında Çene Cerrahisi.....	39
<i>Emre YAPICIOĞLU, Mizgin BULŞU</i>	
Temporomandibular Eklem Dislokasyonunda Tedavi Yaklaşımları.....	54
<i>Serra ACAR, Seçil ÇOBANOĞLU</i>	

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

AĞIZ, DIŞ VE ÇENE CERRAHİSİNDE BOTOKSUN YERİ: GÜNCEL KLİNİK UYGULAMALAR VE POTANSİYEL GELİŞMELER

Nursena ÜNLÜ KUZU¹

Esengül ŞEN²

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Botoksun Yolculuğu: Zehirden Tedaviye

Clostridium botulinum isimli, oksijensiz ortamda yaşayan bir bakteri tarafından üretilen botulinum toksini, sinir iletimini engelleme potansiyeli nedeniyle çok güçlü biyolojik ajanlardan biridir. İlk olarak 1895 yılında Emile van Ermengem (van Ermengem, 1979) tarafından tanımlanan bu bakteri, periferik kolinerjik sinir uçlarında asetilkolin salınımını engelleyen bir toksin üretir. Etki mekanizması, presinaptik nöromüsküler kavşakta kalsiyum aracılı vezikül füzyonunu inhibe ederek asetilkolin salınımını bloke etmesine dayanır (Mahajan & Brubaker, 2007). Sonuç olarak bu toksin, sinir-kas kavşağında asetilkolin adlı nörotransmitterin salınımını engelleyerek kasların geçici süreyle gevşemesine yol açar. Bugüne kadar tanımlanan birçok alt tip arasında özellikle tip A ve tip B, yüz gençleştirme ve diş hekimliği uygulamalarında güvenle ve etkin şekilde kullanılan formlar olarak öne çıkmaktadır (Demyati & Nassar, 2023).

¹ Uzman Diş Hekimi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, nursenaunlu@gmail.com, ORCID: 0009-0004-7565-5885.

² Doktor Öğretim Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, esengulbekar@gop.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9273-0235.

Son yıllarda botoks, ölümcül zehirlenmelere yol açan bir ajan olmaktan çıkarak modern tıbbın önemli bir tedavi seçeneğine dönüşmüştür. Dr. Alan Scott, toksinin kas paralizi oluşturma özelliğinden faydalanarak şaşılık tedavisinde kullanımını önermiştir (Scott, 1981). Kısa bir süre sonra, 1987 yılında Carruthers çifti, blefarospazm tedavisinde botoks uygulanan hastalarda alın bölgesindeki glabellar çizgilerin belirgin biçimde azaldığını fark etmiş ve bu sonucun estetik açıdan önemli bir katkı sunduğunu rapor etmiştir (Carruthers & Carruthers, 2009). Bu gelişmeleri takiben 1989'da Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), botoksu şaşılık, blefarospazm ve servikal distoni tedavileri için onaylamıştır. 2002'de kozmetik amaçlı (glabellar çizgiler), 2004'te ise aksiller hiperhidroz tedavisi için kullanım izni verilmiştir (Mahajan & Brubaker, 2007). Günümüzde botoks, FDA onaylı endikasyonların yanı sıra pek çok farklı klinik uygulamada da kullanılmaktadır.

Botoks hakkında diş hekimliği uygulamalarına ilişkin çok sayıda klinik çalışma ve derleme yer almaktadır. Randomize kontrollü araştırmalar özellikle bruksizm ve gummy smile tedavisinde etkinliğini vurgularken, temporomandibular eklem bozuklukları ve trigeminal nevralji alanında da umut verici sonuçlar bildirilmiştir. Bununla birlikte, literatürde uzun dönem etkinlik ve güvenlik verilerinin sınırlı olması dikkat çekmektedir. Bu durum, konunun daha geniş hasta gruplarıyla ve uzun süreli takiplerle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

1.2. Etki Mekanizması

Clostridium botulinum tarafından üretilen sekiz farklı botoks serotipi (A–H) tanımlanmıştır (Barash & Arnon, 2014). Bunlar arasında BTX-A, en güçlü ve en uzun süreli etkiye sahip olan tiptir. Toksin, sinir-kas iletişimini engelleyerek nöromüsküler kavşakta blokaja yol açar. Küçük dozlarda

uygulandığında aşırı aktif kasların aktivitesi azalır. Bu etki, kolinerjik sinir uçlarında asetilkolin (ACH) salınımının inhibisyonu ile gerçekleşir (Saini vd., 2024). BTX-A, ACH veziküllerinin presinaptik membrana bağlanması için gerekli olan SNARE proteinlerini parçalayan endopeptidaz aktivitesi sayesinde bu blokajı sağlar. ACH salınımı inhibe olduğunda sinir iletimi kesilir ve kaslarda zayıflık veya paralizisi gelişir. Klinik etki genellikle 24–48 saat içinde ortaya çıkar ve hedef kas, ortalama üç ila dört aylık bir süre boyunca geçici olarak güçsüzleşir (Nayyar, Kumar, Nayyar, & Singh, 2014).

1.3. Botoks Preparatları, Hazırlanışı ve Dozlama Özellikleri

Botoks farklı ticari preparatlar halinde piyasaya sunulmaktadır. En sık kullanılan ürünler arasında Botox® (BTX-A, Allergan, ABD), Dysport® (BTX-A, Ipsen, İngiltere), Xeomin® (BTX-A, Merz Pharmaceuticals, Almanya), Prosigne® (BTX-A, Lanzhou Biological Products Institute, Çin), Myobloc® (BTX-B, Solstice Neurosciences, ABD) (Fuster Torres, Berini Aytés, ve Gay Escoda 2007) (Alshadwi, Nadershah, & Osborn, 2015). Bu ürünler aynı toksin tipine sahip olsalarda da içerikleri, difüzyon özellikleri ve etkinlik süreleri bakımından farklılık gösterebilmektedir. (Tablo 1). Ürünler arasında ünite eşdeğerliği bulunmamaktadır. Örneğin yaklaşık 20–25 Ünite Botox®, 80 Ünite Dysport®’a karşılık gelmektedir. Bu nedenle her ürünün dozu yalnızca kendi formülasyonu için geçerli olup farklı preparatlar arasında aktarılamaz. Yanlış dozlama, istenmeyen klinik sonuçlara yol açabileceğinden doz ayarlaması dikkatle yapılmalıdır (Srivastava, Kharbanda, Pal, & Shah, 2015).

BTX-A – Botox® (Allergan, ABD), *C. botulinum* fermentasyonundan elde edilen saflaştırılmış, liyofilize bir tozudur. İlk olarak 1968’de şaşılık tedavisinde kullanılan bu

preparat, 1991 yılında Allergan tarafından “Botox” ticari ismiyle piyasaya sunulmuştur (Majid, 2010). Her flakon 100 Ünite toksin içermektedir; bu doz, farelerde %50 öldürücü etkiye sahip ortalama letal doza göre tanımlanmıştır. Flakon ayrıca insan serum albümini (stabilizatör) ve sodyum klorit içerir, koruyucu madde bulunmaz (Alshadwi vd., 2015) (Vartanian & Dayan, 2003).

Tablo 1. Ticari Botoks Preparatları ve Temel Özellikleri

Preparat	Serotip	Üretici /Ülke	Ünite (U)	İçerik Özellikleri	Etki Süresi (Ortalama)
Botox®	BTX-A	Allergan, ABD	100 U/200 U	İnsan albümini, sodyum klorit	3-4 ay
Dysport®	BTX-A	Ipsen, İngiltere	300 U/500 U	Laktoz, insan albümini	3-4 ay
Xeomin®	BTX-A	Merz, Almanya	100 U	Saf BTX-A, kompleks protein yok	3-4 ay
Myobloc®	BTX-B	Solstice, ABD	2500-5000 U	İnsan serum albümini	2-3 ay
Prosigne®	BTX-A	Lanzhou, Çin	100 U	Albümin içermez	3-4 ay

Botoks genellikle tek kullanımlık flakonlarda 100 Ünite veya 500 Ünite olarak sunulur. Uygulama öncesinde koruyucu içermeyen %0,9 sodyum klorür ile sulandırılır ve sulandırma işlemi nazikçe yapılmalıdır; aşırı çalkalama toksinin denatürasyonuna yol açabilir. Preparatlar +2/+4 °C’de saklanmalı, sulandırıldıktan sonra mümkünse 4 saat içinde kullanılmalıdır (Rao, Sangur, & Pradeep, 2011). Uygulama için 1 mL’lik kalibre edilmiş tuberkülin enjektörleri ve 26–30 G arası ince iğneler önerilmektedir (Tan & Jankovic, 1999) (Nayyar vd., 2014).

2. DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANIM ALANLARI

2.1. Estetik Endikasyonlar

2.1.1. Gummy Smile (Dişeti Gülümsemesi)

“Gummy smile” olarak adlandırılan, gülme sırasında üst çenede aşırı dişeti görünümü hem estetik sorunlara yol açmakta hem de ağız hijyeninin sürdürülmesini ve restoratif işlemleri zorlaştırmaktadır. Bu durum sıklıkla üst dudak kaslarının aşırı aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Literatürde, hiperfonksiyonel kasların cerrahi olarak zayıflatılması, vertikal maksiller fazlalıklarda LeFort I osteotomisi ile impaksiyon ve erüpsiyonu gecikmiş dişlerde gingivektomi gibi çeşitli cerrahi tedaviler önerilmektedir (Polo, 2005) (Mostafa, 2018).

Son yıllarda ise botoks enjeksiyonu, gummy smile için **minimal invaziv** bir alternatif olarak öne çıkmıştır. Üst dudak elevasyonundan sorumlu kaslara (levator labii superioris, levator labii superioris alaeque nasi, zygomaticus major, zygomaticus minor, depressor septi nasi) küçük dozlarda BTX-A uygulanması, asetilkolin salınımını bloke ederek bu kaslarda geçici zayıflık oluşturur. Böylece gülme sırasında dudağın yukarı çekilme hareketi azalır ve dişeti görünürlüğü estetik açıdan daha kabul edilebilir seviyelere iner (Jaspers, Pijpe, & Jansma, 2011) (Dinker, Anitha, Sorake, & Kumar, 2014).

2.1.2. Masseter Hipertrofisi ve Fasiyal Kontur Düzenleme

Kronik olarak diş sıkma alışkanlığı bulunan hastalarda sıklıkla masseter hipertrofisi gözlenmektedir (Kim, Yum, Lee, Heo, & Seo, 2003). Bu kasların büyümesi, yüzün dış görünümünde belirgin değişikliklere yol açar; çene bölgesi şişkin ve şekilsiz bir hale gelebilir.

Masseter hipertrofisinde etkili ve minimal invaziv bir alternatif, botoks tip A’nın düşük dozlarda lokal enjeksiyonudur.

Toksin motor son plaklara bağlanarak asetilkolin salınımını kalıcı biçimde engeller, presinaptik nöromüsküler blokaj oluşturur ve böylece kas seçici olarak zayıflatılabilir. Bunu takiben lokal paralizi ve kas atrofisi meydana gelir (Al-Ahmad & Al-Qudah, 2006). Klinik çalışmalarda, masseter kasına her iki tarafa yaklaşık 30 Ünite botoks enjeksiyonu yapılmasının kas aktivitesinde belirgin azalma sağladığı, zamanla kas hacminde ise maksimum %35,4 oranında küçülme elde edildiği bildirilmiştir. Altta yatan patoloji düzeldiğinde, botoks uygulamaları kesilse bile masseter hacmindeki gerilemenin uzun süre korunabildiği gösterilmiştir (Mandel & Tharakan, 1999) (Rijsdijk, van ES, Zonneveld, Steenks, & Koole, 1998).

2.2. Fonksiyonel Endikasyonlar

2.2.1. Bruksizm

Bruksizm, kişilerin istemsiz olarak dişlerini sıkması veya gıcırdatmasıyla ortaya çıkan, parafonksiyonel bir oral alışkanlık olarak tanımlanmaktadır. Bu tür alışkanlıkların oluşturduğu aşırı oklüzal kuvvetler, kronik travmaya neden olarak periodontal hastalıkların ilerlemesine, dişlerde oklüzal yüzey aşınmalarına ve buna eşlik eden temporomandibular eklem disfonksiyonu (TMED), baş ağrısı ve yüz ağrısı gibi semptomların ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Glaros, Tabacchi, & Glass, 1998).

Bruksizm ve TMED olgularında terapötik amaçla masseter ve temporal kaslara iki taraflı botoks tip A (BTX-A) enjeksiyonları uygulanmaktadır. 100 Ü BTX-A, 2 mL %0,9 steril serum ile seyreltilerek hazırlanmaktadır. Bruksizm tedavisinde klinik pratikte, her iki masseter kasına yaklaşık 25–30 ünite ve temporal kaslara 15–20 ünite BTX-A enjeksiyonu yapılmasını önermektedir. . Bu tedavi protokolü, kas aktivitesini azaltmaya yönelik güvenli ve etkili bir aralık olarak kabul edilmektedir. (Fig.1). Uygun dozda yapılan BTX-A enjeksiyonları, çiğneme

kaslarının aşırı kasılma gücünü azaltmakta; aynı zamanda çiğneme fonksiyonunu ve konuşma yeteneğini desteklemektedir. Bu yaklaşım, yalnızca kas aktivitelerini sınırlamakla kalmayıp, yüz ağrısının hafiflemesine ve TMED semptomlarının belirgin şekilde azalmasına da katkıda bulunmaktadır. Böylece BTX-A tedavisi, bruksizmin kontrolünde ve ilişkili klinik bulguların ortadan kaldırılmasında etkili ve güvenilir bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Kwon, Shin, Yeon, & Kwon, 2019) (Bentsianov, Francis, & Blitzer, 2004).

Randomize kontrollü çalışmalarda, BTX-A enjeksiyonlarının bruksizmde semptomatik iyileşme sağladığı, kas aktivitesini ve ağrıyı azalttığı, ayrıca yaşam kalitesini artırdığı gösterilmiştir (Long, Liao, Wang, Liao, & Lai, 2012). Ancak bu etkinin ortalama 3–6 ay sürdüğü, bu nedenle tedavi başarısının devamlılığı için tekrarlayan enjeksiyonların gerekli olduğu vurgulanmaktadır.

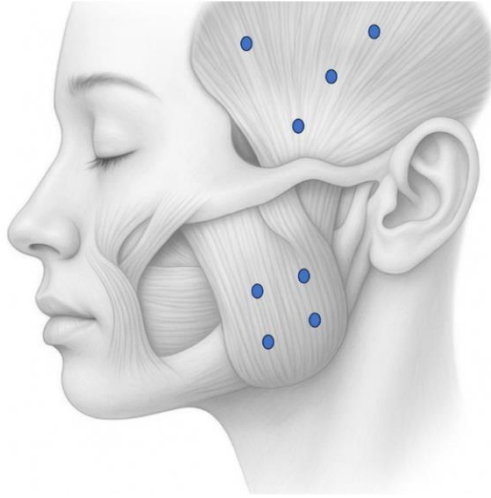


Fig.1. Temporalis ve masseter kaslarındaki enjeksiyon bölgelerini gösteren lateral yüz diyagramı.

Burada sunulan yaklaşım, Bentsianov, Francis ve Blitzer'in 2004 yılında yayımladıkları çalışmadan uyarlanmıştır.

2.2.2. Temporomandibular Eklem (TMED) Bozuklukları

Bell tarafından tanımlanan “temporomandibular eklem bozuklukları (TMED)” yalnızca eklem hastalıklarını değil, çiğneme sistemine ait geniş bir disfonksiyon yelpazesini kapsamaktadır (Bentsianov vd., 2004).

TMED; yüz ağrısı, eklem sesleri, baş-boyun ağrısı ve çene hareketlerinde kısıtlılık ile karakterizedir. Etiyolojide stres, parafonksiyonel alışkanlıklar ve özellikle bruksizm kaynaklı miyojenik faktörler önemli yer tutar (Schwartz & Freund, 2002). Geleneksel tedaviler arasında cerrahi girişimler, oklüzal değişiklikler, dental restorasyonlar ve apareyler bulunmakla birlikte bu yöntemler çoğu zaman invaziv, maliyetli ve geri dönüşsüzdür. Bu nedenle botoks enjeksiyonları, kas gevşetici etkileriyle daha az invaziv bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Masseter, temporal veya lateral pterygoid kaslara uygulandığında aşırı kas aktivitesini azaltır, ağrıyı hafifletir ve fonksiyonu korur (Song, Schwartz, & Blitzer, 2007). Konvansiyonel yöntemlere yanıt vermeyen olgularda BTX, semptom kontrolünde etkili bir yöntemdir. Ayrıca BTX-B'nin nöropeptid üretimini azaltarak nörojenik inflamasyonu ve ağrıyı hafiflettiği de bildirilmektedir (Moore & Wood, 1997).

2.2.3. Oromandibular Distoni

Oromandibular distoni (OMD), alt yüz ve çiğneme kaslarında ortaya çıkan istemsiz kasılmalarla seyreden, konuşma, yutkunma ve beslenmede güçlük oluşturan bir hareket bozukluğudur. Nörolojik kökenli bir hastalık olmasına rağmen masseter ve ilişkili kas gruplarını etkilediği için temporomandibular bozuklukların altında da sınıflandırılmaktadır (Blitzer, Brin, Greene, & Fahn, 1989).

Tedavide en sık kullanılan ajan botoks tip A olup, enjeksiyon genellikle masseter ve/veya submental bölgeye

yapılmaktadır. Bunun yanında temporal ve lateral pterygoid kaslar da tedaviye dahil edilebilir. Başlangıç dozları genellikle masseter için tek taraflı 20 U, temporal kas için 25 U ve lateral pterygoid için 10 U civarında önerilmektedir; ancak klinik durumun şiddetine göre dozlarda artış yapılabilmektedir (Alshadwi vd., 2015).

Literatürde bildirilen çalışmalar, BTX enjeksiyonlarının OMD semptomlarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Tan ve Jankovic'in 162 olguyu kapsayan geniş serisinde, hastaların %67,9'unda çiğneme ve konuşma fonksiyonlarında düzelme sağlanmış ve bu etkinin ortalama 16 hafta devam ettiği bildirilmiştir (Laskawi & Rohrbach, 2001) (Tan & Jankovic, 1999).

2.2.4. Trigeminal Nevralji (TN)

Trigeminal nevralji (TN), orofasiyal bölgede ani ve şiddetli ağrı ataklarıyla seyreden tek taraflı bir nörolojik bozukluktur. Geleneksel tedavilerde antikonvülzanlar ve cerrahi yöntemler kullanılmakla birlikte, etkinliklerinin sınırlı olması ve yan etki riski nedeniyle her hastada başarılı değildir. Bu nedenle BTX-A, alternatif bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Toksin, sinir uçlarında asetilkolin salınımını baskılayarak kas gevşemesi ve nosiseptif yanıtın azalmasını sağlar. Çeşitli çalışmalar, BTX-A enjeksiyonlarının TN'de ağrı şiddetini ve atak sıklığını belirgin biçimde azalttığını, güvenli ve iyi tolere edilen bir yöntem olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, doz protokollerinin tam olarak standardize edilmediği ve geniş ölçekli randomize kontrollü çalışmaların hâlâ sınırlı olduğu vurgulanmaktadır (Zhang vd., 2014).

2.2.5. Sialore (Aşırı Tükürük Salgısı) Tedavisi

Sialore, tükürük akışının artışı ile karakterize olup geleneksel olarak davranışsal yöntemler ve antikolinerjik

ilaçlarla (ör. skopolamin) tedavi edilmektedir. Günümüzde ise parotis veya submandibular bezlere uygulanan botoks enjeksiyonları, kolinerjik parasempatik sekresyon liflerini bloke ederek etkili bir tedavi seçeneği sunmaktadır (Fuster Torres, Berini Aytés, ve Gay Escoda 2007).

Bu mekanizma yalnızca sialorede değil; serebral palsy ile ilişkili aşırı tükürük akışı, akalazyia, aşırı terleme ve Frey sendromu (Laskawi, Drobik, & Schönebeck, 1998) gibi çeşitli otonomik bozuklukların yönetiminde de kullanılmaktadır. Etkinliği genellikle birkaç ay ile sınırlı olmakla birlikte, botoks güvenli, minimal invaziv ve yaşam kalitesini artırıcı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

3. GÜVENLİK, KULLANIM ALANLARI VE KLİNİK YAKLAŞIMLAR

Botoksun estetik amaçlı kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalarda, hem klinik değerlendirmeler hem de hasta geri bildirimleri sonucunda, memnuniyetin arttığı, gençlik algısının desteklendiği ve özgüvende belirgin iyileşmeler olduğu bildirilmektedir (Wang & Rieder, 2019). Kozmetik uygulamalarda en sık tercih edilen endikasyonlar; yüzdeki kırışıklıkların giderilmesi, glabellar ve yatay çizgilerin azaltılması, kaz ayağı görünümünün yumuşatılması ve masseter hipertrofinin tedavisidir (França vd., 2017). Bununla birlikte, estetik kaygılar bireyler arasında değişkenlik gösterdiğinden, işlem öncesinde kapsamlı bir muayene ve ayrıntılı hasta görüşmesi yapılması büyük önem taşımaktadır (Demyati & Nassar, 2023).

Diş hekimliği açısından değerlendirildiğinde, botoksun güvenle uygulanabilmesinde en kritik faktör, hekimin baş ve boyun bölgesi anatomisini iyi bilmesidir. Bunun yanı sıra, enjeksiyon yönteminin minimal invaziv yapısı kullanım

alanlarını daha da çeşitlendirmektedir. Botoks, yalnızca gummy smile, dudak çevresindeki ince kırışıklıklar, nasolabial oluklar veya dişler arasındaki siyah üçgenlerin düzeltilmesi gibi estetik uygulamalarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda bruksizm, aşırı tükürük akışı (sialore), asimetrik gülüş, salivary fistül, oromandibular distoni, hemifasiyal spazm, masseter kas hipertrofisi ve temporomandibular eklem bozuklukları gibi fonksiyonel sorunların tedavisinde de etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Salem, Alshammari, & Alshehri, 2018).

Genel olarak botoks, oldukça geniş bir güvenlik aralığına sahip bir biyolojik ajan olarak kabul edilmektedir (Ting & Freiman, 2004). Estetik amaçlı uygulamalarda en sık bildirilen yan etkiler arasında immünojenik reaksiyonlar, olası alerji riski ve lokal komplikasyonlar bulunmaktadır. BTX-A'ya karşı gelişebilecek nötralizan antikorlar tedaviye yanıtızsızlığa yol açabilir ve bu klinik direnç oranı %7'ye kadar ulaşabilmektedir; bu nedenle BTX-B, alternatif bir seçenek olarak incelenmektedir (Brashear vd., 1999) (Brin vd., 1999). Botoks üretiminde kullanılan insan albüminine karşı teorik bir alerjik yanıt ihtimali öne sürülmüşse de, günümüze kadar böyle bir olgu rapor edilmemiştir (Majid, 2010).

3.1. Yan Etkiler

Botoks uygulamalarında en sık görülen lokal yan etkiler arasında enjeksiyon yapılan bölgede ağrı, şişlik, kızarıklık, morarma ve kısa süreli his azalması yer almaktadır (Niamtu, 2003). Bunun yanı sıra baş ağrısı, göz kapağında düşme (pitoz), dudak çevresi kaslarında zayıflık, yüz asimetrisi, göz kuruluğu, geçici yutma güçlüğü, ağız köşesinde sarkma, çene hareketlerinde kısıtlılık, bulanık görme ve kısa süreli kas güçsüzlüğü de rapor edilmiştir (Said, Meshkinpour, Carruthers, & Carruthers, 2003). Ancak bu etkiler genellikle hafif şiddette olup, kısa süre içinde kendiliğinden düzelmektedir.

Sistemik yan etkiler oldukça nadirdir ve çoğu zaman uygulanan dozla ilişkili değildir. Halsizlik, mide bulantısı, ciltte kaşıntı, grip benzeri yakınmalar veya geçici yaygın kas zayıflığı bildirilmiş olsa da, bu şikâyetlerin büyük bölümü kısa sürede ortadan kalkmaktadır (Bentsianov vd., 2004). Yapılan çalışmalarda, BTX-B uygulamalarında BTX-A'ya kıyasla ağız kuruluğu ve disfaji görülme oranının daha yüksek olduğu da belirtilmektedir (Brashear vd., 1999; Brin vd., 1999; Lew vd., 1997).

3.2. Klinik Uygulamada Dikkat Edilecek Noktalar

Hazırlanan botoks solüsyonu 4 saat içinde kullanılmalıdır. Enjeksiyon bölgesi, işlem öncesinde topikal anestezi krem veya buz uygulaması ile yüzeysel olarak uyuşturulabilir. Uygulamaya düşük dozlarla başlamak güvenlik açısından önemlidir; kasların tamamen felç edilmesinden kaçınılmalı, yalnızca aşırı aktivitenin azaltılması hedeflenmelidir. Erkek hastalarda kas kütlesi daha fazla olduğundan genellikle daha yüksek doz gerekmektedir (Srivastava vd., 2015).

Botoks tedavisinin geçici bir blokaj sağladığı unutulmamalıdır. Ortalama etki süresi 3–4 ay olup, bu dönemin sonunda yeni sinir uçlarının gelişmesiyle nöromüsküler iletim tekrar sağlanır (Poulain, Popoff, & Molgó, 2008). Klinik etkinin başlaması genellikle 3–7 gün içinde görülür, 1–2 haftada en yüksek düzeye ulaşır ve ardından 3–6 ay boyunca kademeli olarak azalır (Majid, 2010). Antikor oluşumunu önlemek için enjeksiyonların 12 haftadan daha kısa aralıklarla tekrarlanmaması önerilir.

4. GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Botoksun diş hekimliği ve yüz estetiğindeki kullanım alanları son yıllarda önemli ölçüde genişlemiştir. Bununla birlikte, mevcut veriler daha çok kısa dönem sonuçlara dayanmaktadır ve uzun dönem güvenlik ile etkinliğe dair veriler halen sınırlıdır. Özellikle randomize kontrollü ve büyük örneklemli çalışmaların eksikliği, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır (Zhang vd., 2014)

Diş hekimliği pratiğinde, botoksun hem estetik (örneğin gummy smile, nasolabial oluklar, perioral çizgiler) hem de fonksiyonel endikasyonlarda (bruksizm, temporomandibular eklem bozuklukları, oromandibular distoni, trigeminal nevralji, sialore) kullanımı umut verici görünmektedir (Salem vd., 2018). (Ancak bu uygulamaların standardize edilmiş doz protokollerine, uzun dönem takip verilerine ve güvenlik kılavuzlarına ihtiyaç vardır.

Gelecekte araştırmaların, toksinin etki süresini uzatmaya yönelik yeni formülasyonlar, farklı serotiplerin (BTX-B gibi) klinik kullanımı ve kombine tedavi stratejilerine odaklanması beklenmektedir (Brashear vd., 1999). (Brin vd., 1999). BTX uygulamalarının gelecekteki kullanım alanlarının daha da çeşitleneceği öngörülmektedir. Özellikle farklı dokular üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi, tedavilerin bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanmasına katkı sağlayacaktır. Uzun süreli klinik çalışmalar, antikor gelişiminin tedavi etkinliği üzerindeki rolünü ortaya koymada büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, yeni geliştirilen formülasyonların güvenliğinin titizlikle değerlendirilmesi ve uygulama tekniklerinin sürekli olarak iyileştirilmesi gereklidir. Nörolojik hastalıkların tedavisinde BTX'un diğer tedavi yöntemleriyle birlikte kullanılması ise, klinik başarının artırılması açısından umut

verici bir yaklaşım olarak görülmektedir (Kehayova, Dragomanova, & Dimitrova, 2025).

Sonuç olarak, botoks diş hekimliğinde hem estetik hem de fonksiyonel açıdan gelecek vadeden bir tedavi seçeneğidir. Bununla birlikte, klinik etkinliğin daha güçlü kanıtlarla desteklenmesi, uzun dönem güvenlik verilerinin oluşturulması ve hasta seçimi ile doz protokollerinin standardize edilmesi, gelecekteki en önemli araştırma öncelikleri arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- Al-Ahmad, H. T. & Al-Qudah, M. A. (2006). The treatment of masseter hypertrophy with botulinum toxin type A. *Saudi Medical Journal*, 27(3), 397-400.
- Alshadwi, A., Nadershah, M. & Osborn, T. (2015). Therapeutic applications of botulinum neurotoxins in head and neck disorders. *The Saudi Dental Journal*, 27(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.10.001>
- Barash, J. R. & Arnon, S. S. (2014). A novel strain of Clostridium botulinum that produces type B and type H botulinum toxins. *The Journal of Infectious Diseases*, 209(2), 183-191. <https://doi.org/10.1093/infdis/jit449>
- Bentsianov, B., Francis, A. & Blitzler, A. (2004). Botulinum toxin treatment of temporomandibular disorders, masseteric hypertrophy, and cosmetic masseter reduction. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 15(2), 110-113. <https://doi.org/10.1016/j.otot.2004.02.002>
- Blitzler, A., Brin, M. F., Greene, P. E. & Fahn, S. (1989). Botulinum toxin injection for the treatment of oromandibular dystonia. *The Annals of Otolaryngology, Rhinology, and Laryngology*, 98(2), 93-97. <https://doi.org/10.1177/000348948909800202>
- Brashear, A., Lew, M. F., Dykstra, D. D., Comella, C. L., Factor, S. A., Rodnitzky, R. L., ... Koller, M. (1999). Safety and efficacy of NeuroBloc (botulinum toxin type B) in type A-responsive cervical dystonia. *Neurology*, 53(7), 1439-1446. <https://doi.org/10.1212/wnl.53.7.1439>
- Brin, M. F., Lew, M. F., Adler, C. H., Comella, C. L., Factor, S. A., Jankovic, J., ... Koller, M. (1999). Safety and efficacy of NeuroBloc (botulinum toxin type B) in type A-resistant cervical dystonia. *Neurology*, 53(7), 1431-1438. <https://doi.org/10.1212/wnl.53.7.1431>

- Carruthers, J. & Carruthers, A. (2009). Botulinum toxin in facial rejuvenation: An update. *Dermatologic Clinics*, 27(4), 417-425, v. <https://doi.org/10.1016/j.det.2009.08.001>
- Demyati, A. K. & Nassar, A. A. (2023). Orofacial Uses of Botox in Dentistry and their Associated Risks: A Population-Based Cross-Sectional Study in Saudi Arabia. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 26(11), 1624-1629. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_217_23
- Dinker, S., Anitha, A., Sorake, A. & Kumar, K. (2014). Management of gummy smile with Botulinum Toxin Type-A: A case report. *Journal of International Oral Health: JIOH*, 6(1), 111-115.
- França, K., Kumar, A., Fioranelli, M., Lotti, T., Tirant, M. & Roccia, M. G. (2017). The history of Botulinum toxin: From poison to beauty. *Wiener Medizinische Wochenschrift* (1946), 167(Suppl 1), 46-48. <https://doi.org/10.1007/s10354-017-0553-7>
- Fuster Torres, M. A., Berini Aytés, L. & Gay Escoda, C. (2007a). Salivary gland application of botulinum toxin for the treatment of sialorrhea. *Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal*, 12(7), E511-517.
- Fuster Torres, M. A., Berini Aytés, L. & Gay Escoda, C. (2007b). Salivary gland application of botulinum toxin for the treatment of sialorrhea. *Medicina Oral, Patologia Oral Y Cirugia Bucal*, 12(7), E511-517.
- Glaros, A. G., Tabacchi, K. N. & Glass, E. G. (1998). Effect of parafunctional clenching on TMD pain. *Journal of Orofacial Pain*, 12(2), 145-152.
- Jaspers, G. W. C., Pijpe, J. & Jansma, J. (2011). The use of botulinum toxin type A in cosmetic facial procedures. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 40(2), 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2010.09.014>

- Kehayova, G., Dragomanova, S. & Dimitrova, S. (2025). Botulinum toxin in modern clinical and aesthetic medicine: History, applications, risks and future perspectives. *Pharmacia*, 72, 1-10. <https://doi.org/10.3897/pharmacia.72.e149331>
- Kim, H. J., Yum, K.-W., Lee, S.-S., Heo, M.-S. & Seo, K. (2003). Effects of botulinum toxin type A on bilateral masseteric hypertrophy evaluated with computed tomographic measurement. *Dermatologic Surgery: Official Publication for American Society for Dermatologic Surgery [et Al.]*, 29(5), 484-489. <https://doi.org/10.1046/j.1524-4725.2003.29117.x>
- Kwon, K.-H., Shin, K. S., Yeon, S. H. & Kwon, D. G. (2019). Application of botulinum toxin in maxillofacial field: Part I. Bruxism and square jaw. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 41(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40902-019-0218-0>
- Laskawi, R., Drobik, C. & Schönebeck, C. (1998). Up-to-date report of botulinum toxin type A treatment in patients with gustatory sweating (Frey's syndrome). *The Laryngoscope*, 108(3), 381-384. <https://doi.org/10.1097/00005537-199803000-00013>
- Laskawi, R. & Rohrbach, S. (2001). [Oromandibular dystonia. Clinical forms, diagnosis and examples of therapy with botulinum toxin]. *Laryngo- Rhino- Otologie*, 80(12), 708-713. <https://doi.org/10.1055/s-2001-19572>
- Lew, M. F., Adornato, B. T., Duane, D. D., Dykstra, D. D., Factor, S. A., Massey, J. M., ... Wallace, J. D. (1997). Botulinum toxin type B: A double-blind, placebo-controlled, safety and efficacy study in cervical dystonia. *Neurology*, 49(3), 701-707. <https://doi.org/10.1212/wnl.49.3.701>

- Long, H., Liao, Z., Wang, Y., Liao, L. & Lai, W. (2012). Efficacy of botulinum toxins on bruxism: An evidence-based review. *International Dental Journal*, 62(1), 1-5. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2011.00085.x>
- Mahajan, S. T. & Brubaker, L. (2007). Botulinum toxin: From life-threatening disease to novel medical therapy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 196(1), 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2006.03.108>
- Majid, O. W. (2010). Clinical use of botulinum toxins in oral and maxillofacial surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 39(3), 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2009.10.022>
- Mandel, L. & Tharakan, M. (1999). Treatment of unilateral masseteric hypertrophy with botulinum toxin: Case report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 57(8), 1017-1019. [https://doi.org/10.1016/s0278-2391\(99\)90029-0](https://doi.org/10.1016/s0278-2391(99)90029-0)
- Moore, A. P. & Wood, G. D. (1997). Medical treatment of recurrent temporomandibular joint dislocation using botulinum toxin A. *British Dental Journal*, 183(11-12), 415-417. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4809523>
- Mostafa, D. (2018). A successful management of sever gummy smile using gingivectomy and botulinum toxin injection: A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*, 42, 169-174. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2017.11.055>
- Nayyar, P., Kumar, P., Nayyar, P. V. & Singh, A. (2014). BOTOX: Broadening the Horizon of Dentistry. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 8(12), ZE25-ZE29. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/11624.5341>

- Niamtu, J. (2003). Botulinum toxin A: A review of 1,085 oral and maxillofacial patient treatments. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 61(3), 317-324. <https://doi.org/10.1053/joms.2003.50069>
- Polo, M. (2005). Botulinum toxin type A in the treatment of excessive gingival display. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 127(2), 214-218; quiz 261. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.09.013>
- Poulain, B., Popoff, M. R. & Molgó, J. (2008). How do the Botulinum Neurotoxins block neurotransmitter release: From botulism to the molecular mechanism of action. *The Botulinum Journal*, 1(1), 14-87. <https://doi.org/10.1504/TBJ.2008.018951>
- Rao, L. B., Sangur, R. & Pradeep, S. (2011). Application of Botulinum toxin type A: An arsenal in dentistry. *Indian Journal of Dental Research: Official Publication of Indian Society for Dental Research*, 22(3), 440-445. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.87068>
- Rijsdijk, B. A., van ES, R. J., Zonneveld, F. W., Steenks, M. H. & Koole, R. (1998). [Botulinum toxin type A treatment of cosmetically disturbing masseteric hypertrophy]. *Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde*, 142(10), 529-532.
- Said, S., Meshkinpour, A., Carruthers, A. & Carruthers, J. (2003). Botulinum toxin A: Its expanding role in dermatology and esthetics. *American Journal of Clinical Dermatology*, 4(9), 609-616. <https://doi.org/10.2165/00128071-200304090-00003>

- Saini, R. S., Ali Abdullah Almoyad, M., Binduhayyim, R. I. H., Quadri, S. A., Gurumurthy, V., Bavabeedu, S. S., ... Heboyan, A. (2024). The effectiveness of botulinum toxin for temporomandibular disorders: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(3), e0300157. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300157>
- Salem, W. S., Alshammari, A. & Alshehri, F. (2018). The Botox in dentistry, a review study. *Moj immunology*, 6(5), 2013-2015.
- Schwartz, M. & Freund, B. (2002). Treatment of temporomandibular disorders with botulinum toxin. *The Clinical Journal of Pain*, 18(6 Suppl), S198-203. <https://doi.org/10.1097/00002508-200211001-00013>
- Scott, A. B. (1981). Botulinum toxin injection of eye muscles to correct strabismus. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 79, 734-770.
- Song, P., Schwartz, J. & Blitzler, A. (2007). The emerging role of botulinum toxin in the treatment of temporomandibular disorders. *Oral Diseases*, 13(3), 253-260. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2007.01352.x>
- Srivastava, S., Kharbanda, S., Pal, U. S. & Shah, V. (2015). Applications of botulinum toxin in dentistry: A comprehensive review. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 6(2), 152-159. <https://doi.org/10.4103/0975-5950.183860>
- Tan, E. K. & Jankovic, J. (1999). Botulinum toxin A in patients with oromandibular dystonia: Long-term follow-up. *Neurology*, 53(9), 2102-2107. <https://doi.org/10.1212/wnl.53.9.2102>
- Ting, P. T., & Freiman, A. (2004). The story of Clostridium botulinum: From food poisoning to Botox. *Clinical Medicine (London, England)*, 4(3), 258-261. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.4-3-258>

- van Ermengem, E. (1979). Classics in infectious diseases. A new anaerobic bacillus and its relation to botulism. E. van Ermengem. Originally published as “Ueber einen neuen anaëroben Bacillus und seine Beziehungen zum Botulismus” in Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 26: 1-56, 1897. *Reviews of Infectious Diseases*, 1(4), 701-719.
- Vartanian, A. J. & Dayan, S. H. (2003). Complications of botulinum toxin A use in facial rejuvenation. *Facial Plastic Surgery Clinics of North America*, 11(4), 483-492. [https://doi.org/10.1016/S1064-7406\(03\)00070-1](https://doi.org/10.1016/S1064-7406(03)00070-1)
- Wang, J. & Rieder, E. A. (2019). A Systematic Review of Patient-Reported Outcomes for Cosmetic Indications of Botulinum Toxin Treatment. *Dermatologic Surgery*, 45(5), 668-688. <https://doi.org/10.1097/DSS.0000000000001878>
- Zhang, H., Lian, Y., Ma, Y., Chen, Y., He, C., Xie, N. & Wu, C. (2014). Two doses of botulinum toxin type A for the treatment of trigeminal neuralgia: Observation of therapeutic effect from a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *The Journal of Headache and Pain*, 15(1), 65. <https://doi.org/10.1186/1129-2377-15-65>

ORTOGNATİK CERRAHİ PLANLAMADA YAPAY ZEKA KULLANIMI

Tolgahan KARA¹

1. GİRİŞ

Alan Turing'in 1950 yılında ortaya attığı "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu John McCarthy 1956 yılında yapay zekanın ilk tanımını yaparak bir üst seviyeye taşımış ve böylece günümüze kadar süregelen 'düşünebilen zeki makineler' serüveni başlamıştır (Howard, 2019; Kaul, Enslin, & Gross, 2020). Modern anlamıyla yapay zeka, problem çözme ve karar verme gibi insan zihni davranışlarının makineler tarafından taklit edilmesine olanak tanıyan yeni bir uygulamalı bilgisayar bilimi disiplini şeklinde tanımlanabilir (Kaul et al., 2020). Sağlık hizmetleri sektöründe geniş kullanım alanına sahip olan sanal YZ, bilgi odaklı ve veri odaklı olmak üzere iki farklı yazılım tabanlı bir modeldir (Steels & López de Mantaras, 2018). Bilgi odaklı yapay zeka, insan zekasının kavramlar ve uzmanlıklar üzerinden yürüttüğü yukarıdan aşağıya doğru işleyen problem çözme mekanizmasını taklit ederken; veri odaklı yapay zeka ise daha çok istatistiksel araçlar ve mantık modelleri kullanarak aşağıdan yukarıya doğru işleyen bir yaklaşımla çalışır (Mohaideen et al., 2022).

Sağlık verilerinin ulaşılabilirliğinin artması ve büyük veri analizindeki gelişmeler, yapay zekanın bir alt türü olan makine öğrenmesinin diş hekimliği alanındaki popülerliğini de arttırmıştır. Özellikle güçlü yapay zeka algoritmaları

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, dt_tolgahan@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7252-2444

kullanılarak büyük miktarda veri hızlı şekilde taranıp klinik açıdan önemli gizli kalmış bilgiler ortaya çıkarılmakta, bu sayede klinik karar verme sürecine katkı sağlanmaktadır (Shan, Tay, & Gu, 2021). Örnek vermek gerekirse çenelerdeki kistlerin, benign tümörlerin ve oral kanserlerin tespit edilmesinde pek çok yapay zeka algoritması test edilmiştir.

Ortodontik tedavi ve ortognatik cerrahi süreçlerinde dijital görüntüleme tekniklerinin ve ağız içi tarayıcıların kullanıma girmesi ortognatik cerrahi planlamasında yapay zeka algoritmalarının kullanılabilirliği fikrini doğurmuştur. Günümüzde gelişmiş yapay zeka algoritmaları hastaların yumuşak doku profillerinin ve ortognatik cerrahi ihtiyacının değerlendirilmesi, perioperatif kan kaybının ve postoperatif yüz topografisinin tahmini gibi konuların yanı sıra üç boyutlu rekonstrüksiyon ve morfometrik ölçümler, otomatik tedavi planlaması ve hastaya özel cerrahi planlama gibi diğer ihtiyaçları da karşılayabilecek seviyededir (Choi et al., 2019; Stehrer et al., 2019; Tanikawa & Yamashiro, 2021).

2. ORTOGNATİK CERRAHİ PLANLAMADA DİJİTALLEŞME

2.1. Geleneksel Ortonatik Cerrahi Planlamadan Dijitale Geçiş

Geleneksel ortognatik cerrahi planlamada panoramik, lateral sefalometrik ve posterior-anterior röntgenler üzerinde ortodontik analizler yapıldıktan sonra hastaların alçı modelleri elde edilmekte ve bunların özel yöntemlerle artikülatöre alınmasını takiben model cerrahisi yapılmaktaydı. Klinisyenin deneyimine, ölçü ve modellerin doğruluğuna büyük ölçüde bağlı olan bu yöntemler üç boyutlu anatomiye temsil etmede ve özellikle kompleks vakaların planlamasında kısıtlılıklara yol açmaktadır. Son yıllarda konvansiyonel planlama yöntemlerine

alternatif olarak sunulan bilgisayar destekli sanal cerrahi planlama yazılımları, model cerrahisini ortadan kaldırarak planlamayı daha objektif, tekrarlanabilir ve görselleştirilebilir hale getirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca manuel işlem sürecinden kaynaklı hataları ve planlanan ile uygulanan arasındaki sapmaları da minimize etmeye çalışmaktadırlar (Nastri, Liau, Heo, & Schramm, 2025).

Sanal ortognatik cerrahi planlamaya geçişin avatajları şu şekilde sıralanabilir;

- 1- Planlamanın görselliğinin arttırılarak kemik segmentlerinin ve maksillomandibular kompleksin 3 boyulu hareketlerinin simüle edilebilmesi
- 2- Ameliyat sonrası yüz görünümü ve çenelerin konumu gibi simülasyonlara olanak sağlayarak hasta-hekim iletişimini arttırması
- 3- Planlamanın cerrahi sahaya doğru bir şekilde aktarılmasının sağlanması
- 4- Konvansiyonel yöntemlere kıyasla planlama sürecinin daha hızlı tamamlanması
- 5- Hastaya özel osteotomi rehberlerinin üretimine olanak sağlayarak ameliyet sürelerinin kısaltılması (Alkaabi, Maningky, Helder, & Alsabri, 2022; S.-Y. Park, Hwang, Song, & Kim, 2021; Swennen, Mollemans, & Schutyser, 2009).

2.2. Üç Boyutlu Verilerin Elde Edilmesi ve Entegrasyonu

Dijital planlamanın başlıca unsurlarından birisi üç boyutlu görüntüleme teknolojilerinden elde edilen verilerdir. Bu verilerin doğru ve hassas bir şekilde entegrasyonu planlamanın ve cerrahi simülasyonun gücünü belirler.

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), düşük bir radyasyon dozuyla maksillofasiyal bölgenin kemik yapılarının

morfolojisini ve ilişkisini yüksek çözünürlüklü ve volumetrik verilerle net bir şekilde ortaya koyar (Kau, Richmond, Palomo, & Hans, 2005; Tsiklakis et al., 2005). Ancak CBCT ile kemik yapılar net bir şekilde izlenebilirken dişlerin detayları metal artefaktlar nedeniyle bozunabilir. Bu nedenle, CBCT verileri genellikle intraoral tarayıcılarla elde edilen diş yüzeyi verileriyle birleştirilir (Erten & Yılmaz, 2018). İntraoral tarayıcılarla elde edilen STL formatındaki diş yüzey verileri CBCT görüntülerindeki diş morfolojileri ile birleştirilerek daha gerçekçi bir model elde edilmiş olur (Alkhayer, Piffkó, Lippold, & Segatto, 2020). Yüzün yumuşak dokularının geometrisi de 3D yüz tarayıcıları, stereofotoğrafi, yapılandırılmış ışık (structured light) veya lazer tarama gibi farklı teknikler kullanılarak kaydedilir. Bu sayede, cerrahi planlamada yumuşak doku simülasyonu, estetik analiz ve hasta iletişimi için yüz görünümü ile kemik-diş kombinasyonu kullanılabilir (Joda, Braegger, & Gallucci, 2015).

Farklı kaynaklardan elde edilen bu veri setlerini doğru bir biçimde üst üste getirmek (registrasyon), planlamanın doğruluğu için kritik önemdedir. Özellikle CBCT, yüz tarayıcı ve intraoral tarayıcı verilerinin ortak noktaları (landmarklar veya yüzey özellikleri) üzerinden eşleştirilmesi gerekebilir (Jang et al., 2024). Doğru veri entegrasyonu sayesinde, cerrahi planlama hem kemik referans noktasına uygun olacak hem de diş yüzeyiyle paralel kalacak şekilde dengelenmiş olur. Bu, segment hareketlerinin daha hassas simülasyonunu ve transferini mümkün kılar.

3. ORTOGNATİK CERRAHİ PLANLAMADA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

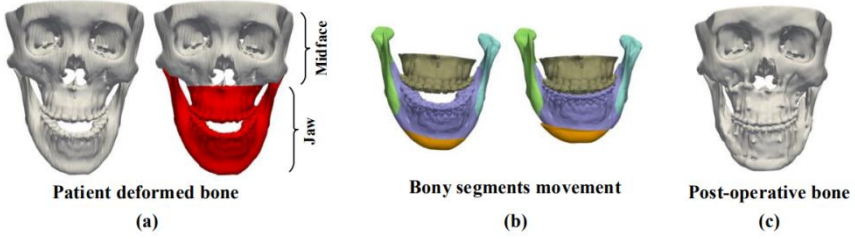
3.1. Yapay Zeka Destekli Teşhis ve Sınıflandırma Sistemleri

Yapay zekâ, tıp ve diş hekimliğinde en yaygın olarak görüntü verileri üzerinden tanı koyma ve sınıflandırma amaçlı kullanılmaktadır. Ortognatik cerrahi alanında ise bu tür uygulamalar çoğunlukla sefalometrik görüntüler aracılığıyla iskeletsel ilişkilerin (sınıf I/II/III) belirlenmesi, maksillomandibular uyumsuzlukların sınıflandırılması ve cerrahi gereksinim kararlarının desteklenmesi üzerine odaklanır. Bir araştırmada, derin konvolüsyonel sinir ağı (DCNN) temelli bir sistem geliştirilmiş; lateral sefalogramları kullanarak A-N-B açısına dayalı sınıflandırma gerçekleştirmiş ve elde edilen bulgular, klasik otomatik izleme yazılımlarına kıyasla daha üstün bir performans sağladığını ortaya koymuştur (Kim, Kim, & Kim, 2022). Bir diğer çalışma da sefalometrik görüntülere dayalı bir derin öğrenme modeli geliştirerek, tedavi kararı konusunda yüksek doğruluk rapor etmiştir (Shin et al., 2021). Özetle, büyük veri setleriyle eğitildiğinde bu tarz yapay zeka sistemleri hızlı bir klinik ön tarama imkanı sağlayarak ortognatik cerrahi gereksinimini belirlemede karar desteği sağlayabilir.

3.2. Sanal Hasta Modelleri ve Otomatik Simülasyon Araçları

Yapay zeka sistemleri sadece sınıflandırma ve teşhis ile sınırlı kalmayıp 3D sanal hasta modelleri ve otomatik cerrahi plan simülasyonlarının oluşturulmasında da kullanılabilmektedir. Bazı çalışmalarda cerrahın manuel düzeltme yükünü azaltmak için deformitenin düzeltilmiş halini yansıtan referans kemik şeklini otomatik olarak tahmin eden

(Şekil 1) derin öğrenme modelleri tanımlanmıştır (Xiao et al., 2021).



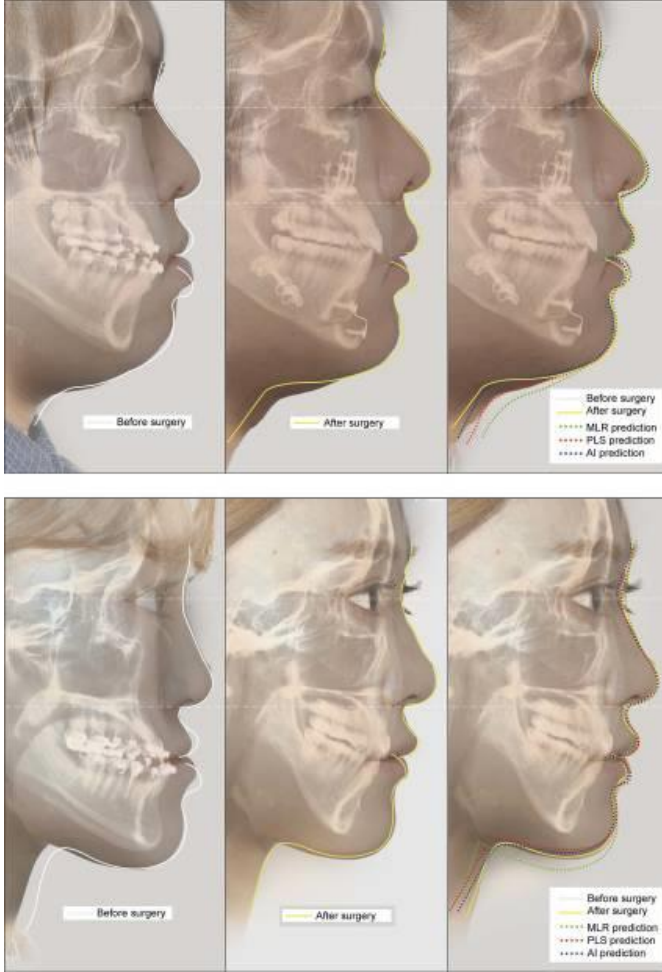
Şekil 1: a) Deforme kemik yapılar, b) Simüle edilmiş osteotomi hatları, c) Postoperatif görünüm (Xiao et al., 2021)

Yumuşak doku görünümünü simüle eden modellerde, kemik hareketlerinden yumuşak doku değişimini “öğrenen” ağ yapıları geliştirilmiş, bu sayede geleneksel yöntemlerle kıyaslanabilir sonuçlara ulaşma süreleri daha verimli hale getirilmiştir (Fang et al., 2022). Ayrıca lateral sefalogram, CBCT verisi ve dijital diş modellerini birleştirerek hem anatomik landmark tespiti hem de tedavi sonucu tahmini yapabilen çok modelli derin öğrenme sistemleri de mevcuttur (Gao & Tang, 2025).

3.3. Cerrahi Sonuçların Önceden Tahmini

Bir literatür derlemesinde yapay zekânın ortognatik cerrahi sonrası yüz görünümündeki değişimleri tahminini konu alan çalışmalar incelenmiş ve yapay zeka modellerinin geleneksel modellere kıyasla yüksek tahmin potansiyeline sahip olduğu, ancak dudak ve çene ucu gibi bölgelerde klinik düzeyde kabul edilebilir sonuçlar üretmediği vurgulanmıştır (Almarhoumi, 2024). Benzer şekilde bir başka çalışmada yapay zeka ile geleneksel tahmin yöntemleri karşılaştırılmış (Şekil 2) ve 32 yumuşak doku landmark'ının 16'sında yapay zekanın daha üstün tahmin gücüne sahip olduğu bulunurken, aralarında üst dudağın da olduğu diğer yarısında geleneksel yöntemler daha iyi bulunmuştur (J.-A. Park et al., 2024). Bu nedenle yapay

zekanın klasik yöntemleri her zaman geçemeyeceğini istatistiksel tahmin modelleri ile kombine bir şekilde kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Maksilla ve mandibulanın yeniden konumlanma vektörlerini derin öğrenme tabanlı bir regresyon sinir ağı olan “VSP transformer” modelini kullanarak tahmin edilmesini konu alan bir başka çalışmada klinik kullanım açısından yeterli olduğu bildirilmiştir (Cheng et al., 2023).



Şekil 2. Geleneksel tahmin yöntemleri (MLR, PLS) ile yapay zeka yumuşak doku tahminlerinin karşılaştırılması
(J.-A. Park et al., 2024)

4. GELECEK PERSPEKTİFİ VE ETİK BOYUTLAR

4.1. Kişiselleştirilmiş Cerrahi Planlama

Yapay zeka modellerinin, hastanın anatomik, biyolojik ve demografik özelliklerine göre özelleştirilerek eğitilmesi, geleneksel “ortalama” cerrahi planlardan kişiselleştirilmiş yaklaşımlara geçişi mümkün kılmaktadır. Yeni nesil yöntemlerde planlama, estetik, fonksiyon, stabilite ve işlem süresi gibi çoklu hedefleri aynı anda optimize eden sistemler sayesinde otomatik olarak yönlendirilir. Bu yöntemi inceleyen bir çalışmada, planlama kalitesinin artarken sürenin kısaldığı rapor edilmiştir (Li & Wang, 2025).

Bunların ötesinde, yapay zeka temelli modeller yalnızca geometrik planlamayla sınırlı kalmayıp, kas kuvvetlerinin dağılımı, doku deformasyonları ve yara iyileşmesinin tahmini gibi biyomekanik simülasyonları da bütünleştirebilir. Bu entegrasyon, planlamanın gerçekçilik düzeyini artırarak komplikasyon riskinin azalmasına olanak tanır. Ayrıca, CBCT, sefalometri ve tarayıcı verilerinin ötesinde, genetik profiller, biyokimyasal göstergeler, klinik ölçümler ve hasta beklentileri gibi çok yönlü değişkenleri de bir araya getirerek daha kapsamlı bir planlama yapılabilir. Bu vizyonun hayata geçirilebilmesi için modelin güvenilirliği, genellenebilirliği, etkili kontrol mekanizmaları ve klinik entegrasyon gibi bir dizi zorluğun aşılması gerekir.

4.2. Yapay Zeka-Cerrah Etkileşimi

Yapay zeka sistemlerindeki bu çarpıcı hızlanmayı, tamamen ortadan kaldırmak yerine, “insan + makine” iş birliğini en yüksek verimlilik seviyesine çıkarmayı amaçlamak gerekir.

Günümüzde yapay zekâ destekli sistemler, cerrahlara karar aşamasında önerilerde bulunuyor, farklı senaryoları

değerlendiriyor ve risk analizleri yapıyor; nihai kararı ise yine cerrahın elinde bırakıyor. Cerrahın yaptığı düzeltmeler ve yorumlar da bu sistemlerin yeniden eğitilmesinde kullanılabilir. Yakın gelecekte, yapay zekâyla hazırlanan planlar artırılmış gerçeklik (AR) ya da navigasyon sistemleri aracılığıyla ameliyathanede cerraha eşlik edebilir. Bu durum, anlaşılır, sezgisel ve güven veren arayüz tasarımlarıyla hayata geçirilebilir.

Her şeye rağmen, cerrahın kapsamlı bilgi birikimi ve yıllara dayanan tecrübesi, sistemin sınırlı yönlerini detaylı bir şekilde taramasına, aldığı kararları sorgulamasına ve zorunlu görüldüğünde müdahale ederek gerekli düzeltmeleri yapmasına olanak tanır; bu yetenek, operasyonların başarısı açısından hayati bir önem taşır.

4.3. Veri Güvenliği, Hasta Mahremiyeti ve Etik Sorumluluklar

Ortognatik cerrahi planlamasında yapay zeka tabanlı sistemlerin entegrasyonu, hastalardan büyük ölçekli veri toplama, bu verileri titizlikle işleme ve derinlemesine analiz etme zorunluluğunu doğurur. Bu teknik atılım yalnızca bilimsel bir gelişme olmakla kalmaz; aynı zamanda etik, hukuki ve toplumsal açıdan bir dizi hassas soruyu da beraberinde getirir. Dijital verilerin çoğu kimlik tanımlayıcı nitelik taşıdığından, hasta mahremiyetinin korunması ve veri güvenliğinin temini, tartışmaların en öncelikli odak noktası haline gelir.

Görüntüleme ve klinik veriler, yapay zeka modellerinin eğitilmesinde sıkça kullanılan ve genellikle kişisel sağlık bilgilerini taşıyan kaynaklardır. Bu verilerin hastaların kimliğini ortaya çıkarabilecek unsurlardan temizlenmesi, yani anonimleştirilmesi zorunludur. Ancak anonimleştirme yeterince yapılmazsa, “yeniden tanımlama” riski ortaya çıkabilir. Bu risk, özellikle küçük veri setlerinde ya da nadir vaka örneklerinde

daha belirgin hâle gelir (Hatherley, Sogaard, Ballantyne, & Pauwels, 2025).

Bu sebeple, federated learning adıyla da anılan federal öğrenme yaklaşımları giderek daha kritik bir hâl alıyor. Federal öğrenme, veriyi merkezi bir sunucuya aktarmadan, doğrudan cihazların üzerinde model eğitimi yapılmasını mümkün kılan bir mimaridir. Böyle bir yapı, veri gizliliğini korurken yapay zeka modellerinin dağıtık ve çok merkezli bir biçimde öğrenmesini sağlıyor (Hatherley et al., 2025).

Cerrahi planlama aşamasında yapay zeka sistemlerinin sağladığı faydalar, hasta ile hekim arasındaki iletişimin içinde net ve şeffaf bir dille ortaya konulmalıdır. Hastaların, yapay zeka destekli kararların güvenilirliğine dair bir içgörü geliştirebilmeleri için, bu teknolojinin işlevleri, sınırları ve olası hataları hakkında kapsamlı bir bilgilendirme almaları gerekir. Bu yaklaşım, bilgilendirilmiş onam sürecinin kapsamını genişletirken aynı zamanda dijital etik ilkeleriyle bütünleşmesini de zorunlu kılar (Weiner, Dankwa-Mullan, Nelson, & Hassanpour, 2025). Ayrıca, yapay zeka kararlarının ‘kara kutu’ (black box) niteliğinde olmaması, yani kararların nasıl ve neden verildiğinin açıklanabilir hale getirilmesi büyük önem taşır. Açıklanabilir yapay zeka kavramı, klinisyenlerin sistem önerilerini yorumlayabilmesi ve hastaların karar sürecine duyduğu güveni pekiştirmesi açısından kritik bir gerekliliktir (Weiner et al., 2025).

Yapay zeka tabanlı cerrahi planlama sistemlerinde bir hata meydana geldiğinde sorumluluğun kime ait olacağı (yazılım geliştiriciye, klinisyene veya sağlık kurumuna mı) hâlen tartışmalı bir konudur (Farhud & Zokaei, 2021). Klinik uygulamada hukuki sorumluluk sınırlarının net olarak tanımlanması gerekmektedir.

Ayrıca, YZ destekli kararların mevcut bakım standardı kavramıyla nasıl ilişkilendirileceği tekrar incelenmelidir; YZ önerileri, uluslararası klinik kılavuzlarla uyumlu bir biçimde düzenlenmelidir. Bu doğrultuda, FDA ve Avrupa Tıp Cihazı Regülasyon Kurulu (MDR) gibi kurumların tıbbi yazılımları “tıbbi cihaz” olarak sınıflandırma eğilimleri, önemli bir adım olarak görülebilir (Bouderhem, 2024).

5. SONUÇ

Ortognatik cerrahi planlamasına yapay zeka (YZ) ve dijital teknolojileri dahil etmek, geleneksel yöntemlerin çok ötesinde bir dönüşümün habercisi konumunda. Üç boyutlu görüntüleme, sanal planlama yazılımları ve otomatik analiz sistemleri, tanı ve tedavi planlama aşamalarında nesnel, tekrarlanabilir ve hasta odaklı kararların alınmasını sağlıyor. YZ’nin derin öğrenme tabanlı sınıflandırma, anatomik analiz ve cerrahi sonuç tahmini gibi alanlardaki yüksek doğruluk oranları, klinik karar destek sistemlerinin yakın gelecekte standart uygulamalar arasına gireceğinin güçlü bir göstergesi. Şunu da unutmamak gerekir ki, bu tür teknolojilerin tam anlamıyla işlev görebilmesi, özenle hazırlanmış yüksek kalitede veri setleri, algoritmaların şeffaflığı ve çeşitli disiplinlerden uzmanların katıldığı klinik doğrulama süreçlerine sıkı sıkıya bağlıdır. İleri yıllarda, bireyselleştirilmiş planlama metodları, federated learning üzerine kurulu veri alışverişi ve artırılmış gerçeklik entegrasyonu ile çalışan intraoperatif rehber sistemlerinin, cerrahi sonuçların başarısını ve hastaların memnuniyetini daha da artıracakı düşünülüyor.

Sonuç olarak, yapay zeka temelli ortognatik cerrahi planlaması, günümüz klinik pratiğini kökten değiştirme gücüne sahip dinamik bir yenilik olarak karşımıza çıkıyor. Ancak bu dönüşümün sürdürülebilir ve güvenilir olması, teknolojik

ilerlemelerin etik prensipler, yasal düzenlemeler ve klinik tecrübe ile denge içinde yürütülmesini zorunlu kılıyor. Geleceğin cerrahi sahnesi, insan uzmanlığının yapay zeka ile uyumlu bir iş birliği içinde evrimleşmesiyle şekillenecek; bu sinerji hem hasta güvenliğini güçlendirecek hem de cerrahi başarının yeni bir boyuta ulaşmasını sağlayacak.

KAYNAKLAR

- Alkaabi, S., Maningky, M., Helder, M. N. & Alsabri, G. (2022). Virtual and traditional surgical planning in orthognathic surgery–systematic review and meta-analysis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 60(9), 1184-1191.
- 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.
- Almarhoumi, A. A. (2024). Accuracy of artificial intelligence in predicting facial changes post-orthognathic surgery: a comprehensive scoping review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 16(5), e624.
- Bouderhem, R. (2024). Shaping the future of AI in healthcare through ethics and governance. *Humanities and social sciences communications*, 11(1), 1-12.
- Cheng, M., Zhang, X., Wang, J., Yang, Y., Li, M., Zhao, H., . . . Yu, H. (2023). Prediction of orthognathic surgery plan from 3D cephalometric analysis via deep learning. *BMC Oral Health*, 23(1), 161.
- Choi, H.-I., Jung, S.-K., Baek, S.-H., Lim, W. H., Ahn, S.-J., Yang, I.-H. & Kim, T.-W. (2019). Artificial intelligent model with neural network machine learning for the diagnosis of orthognathic surgery. *Journal of Craniofacial Surgery*, 30(7), 1986-1989.
- Erten, O. & Yılmaz, B. N. (2018). Three-dimensional imaging in orthodontics. *Turkish Journal of Orthodontics*, 31(3), 86.

- Fang, X., Kim, D., Xu, X., Kuang, T., Deng, H. H., Barber, J. C., . . . Xia, J. J. (2022). *Deep learning-based facial appearance simulation driven by surgically planned craniomaxillofacial bony movement*. Paper presented at the International conference on medical image computing and computer-assisted intervention.
- Farhud, D. D., & Zokaei, S. (2021). Ethical issues of artificial intelligence in medicine and healthcare. *Iranian journal of public health*, 50(11), i.
- Gao, F., & Tang, Y. (2025). Multimodal deep learning for cephalometric landmark detection and treatment prediction. *Scientific Reports*, 15(1), 25205.
- Hatherley, J., Sogaard, A., Ballantyne, A., & Pauwels, R. (2025). Federated learning, ethics, and the double black box problem in medical AI. *arXiv preprint arXiv:2504.20656*.
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American journal of industrial medicine*, 62(11), 917-926.
- Jang, T. J., Yun, H. S., Hyun, C. M., Kim, J.-E., Lee, S.-H., & Seo, J. K. (2024). Fully automatic integration of dental CBCT images and full-arch intraoral impressions with stitching error correction via individual tooth segmentation and identification. *Medical Image Analysis*, 93, 103096.
- Joda, T., Braegger, U., & Gallucci, G. (2015). Systematic literature review of digital three-dimensional superimposition techniques to create virtual dental patients. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 30(2).

- Kau, C., Richmond, S., Palomo, J., & Hans, M. (2005). Current products and practice: three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *Journal of Orthodontics*, 32(4), 282-293.
- Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A. (2020). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal endoscopy*, 92(4), 807-812.
- Kim, H.-J., Kim, K. D., & Kim, D.-H. (2022). Deep convolutional neural network-based skeletal classification of cephalometric image compared with automated-tracing software. *Scientific Reports*, 12(1), 11659.
- Li, Z., & Wang, L. (2025). Multi-task reinforcement learning and explainable AI-Driven platform for personalized planning and clinical decision support in orthodontic-orthognathic treatment. *Scientific Reports*, 15(1), 24502.
- Mohaideen, K., Negi, A., Verma, D. K., Kumar, N., Sennimalai, K., & Negi, A. (2022). Applications of artificial intelligence and machine learning in orthognathic surgery: A scoping review. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 123(6), e962-e972.
- Nastri, A. L., Liao, I., Heo, J., & Schramm, A. (2025). Patient-Specific Orthognathic Solutions: Expert Opinion on Guidelines and Workflow. *Craniofacial Trauma & Reconstruction*, 18(1), 12.
- Park, J.-A., Moon, J.-H., Lee, J.-M., Cho, S. J., Seo, B.-M., Donatelli, R. E., & Lee, S.-J. (2024). Does artificial intelligence predict orthognathic surgical outcomes better than conventional linear regression methods? *The Angle Orthodontist*, 94(5), 549-556.

- Park, S.-Y., Hwang, D.-S., Song, J.-M., & Kim, U.-K. (2021). Comparison of time and cost between conventional surgical planning and virtual surgical planning in orthognathic surgery in Korea. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 43(1), 18.
- Shan, T., Tay, F., & Gu, L. (2021). Application of artificial intelligence in dentistry. *Journal of Dental Research*, 100(3), 232-244.
- Shin, W., Yeom, H.-G., Lee, G. H., Yun, J. P., Jeong, S. H., Lee, J. H., . . . Kim, B. C. (2021). Deep learning based prediction of necessity for orthognathic surgery of skeletal malocclusion using cephalogram in Korean individuals. *BMC Oral Health*, 21(1), 130.
- Steels, L., & López de Mantaras, R. (2018). The Barcelona declaration for the proper development and usage of artificial intelligence in Europe. *AI communications*, 31(6), 485-494.
- Stehrer, R., Hingsammer, L., Staudigl, C., Hunger, S., Malek, M., Jacob, M., & Meier, J. (2019). Machine learning based prediction of perioperative blood loss in orthognathic surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 47(11), 1676-1681.
- Swennen, G. R., Mollemans, W., & Schutyser, F. (2009). Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(10), 2080-2092.
- Tanikawa, C., & Yamashiro, T. (2021). Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Scientific Reports*, 11(1), 15853.

- Tsiklakis, K., Donta, C., Gavala, S., Karayianni, K., Kamenopoulou, V., & Hourdakis, C. J. (2005). Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *European journal of radiology*, 56(3), 413-417.
- Weiner, E. B., Dankwa-Mullan, I., Nelson, W. A., & Hassanpour, S. (2025). Ethical challenges and evolving strategies in the integration of artificial intelligence into clinical practice. *PLOS digital health*, 4(4), e0000810.
- Xiao, D., Deng, H. H., Kuang, T., Ma, L., Liu, Q., Chen, X., . . . Gateno, J. (2021). *A self-supervised deep framework for reference bony shape estimation in orthognathic surgical planning*. Paper presented at the International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention.

DERİN ÖĞRENME ÇAĞINDA ÇENE CERRAHİSİ

Emre YAPICIOĞLU¹

Mizgin BULŞU²

1. GİRİŞ

Yapay zeka (YZ), bilgisayar biliminin gücünü ve geniş veri kümelerini kullanarak problem çözme yeteneklerini geliştiren, hızla ilerleyen bir disiplindir. İnsan zekasını taklit ederek çalışan YZ sistemleri bireylerin günlük yaşamlarında sayısız fayda sağlamaktadır. İstenmeyen e-postaların (spam) ortadan kaldırılmasından ivmeölçer sensörler aracılığıyla akıllı saatlerin rutin ve aerobik aktiviteleri ayırt etmesine çevrim içi perakendecilerin kişiselleştirilmiş ürün önerileri sunmasına kadar YZ, dünya çapında toplumlara sorunsuz bir şekilde entegre olmuştur. Yapay zeka sağlık alanında önemli dönüşümler yaratarak tıbbi hizmetlerin organizasyonu ve uygulanış biçimini köklü biçimde etkilemiştir. Bu gelişmelerin sonucu olarak modern tıbbın temelini oluşturan 4P modeli öngörücü (predictive), önleyici (preventive), kişiselleştirilmiş (personalized) ve katılımcı (participatory) yaklaşımlar akıllı sağlık teknolojilerinin kullanımına paralel biçimde daha erişilebilir ve uygulanabilir hale gelmektedir.

Son yıllarda diğer sektörlerde olduğu gibi diş hekimliğinde de yapay zeka uygulamaları hızla gelişmektedir.

¹ Arş. Gör., Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, emreyapicioglu@outlook.com, ORCID: 0009-0003-6215-5542.

² Dr. Öğr. Üyesi, Batman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, mizgin.caplik@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3994-4394.

Diş hekimliği açısından değerlendirildiğinde yapay zeka kullanımı temel olarak teşhis, klinik karar verme, tedavi planlaması ve tedavi sonuçlarının öngörülmesi başlıkları altında toplanabilir. Bu uygulama alanları arasında en yaygın olanı teşhistir. Yapay zeka destekli sistemler daha doğru ve tutarlı teşhisler yapılmasına olanak tanıyarak diş hekimlerinin iş yükünü azaltabilir. Bununla birlikte diş hekimleri karar verme süreçlerinde giderek artan biçimde bilgisayar tabanlı sistemlere güvenmektedir.

2. DERİN ÖĞRENME VE GÖRÜNTÜLEME

Son yıllarda derin öğrenme teknolojilerinin gelişmesi ve teletıbbın yaygınlaşmasıyla birlikte Konvansiyonel Sinir Ağları (CNN) tıbbi görüntü segmentasyonu alanında önemli ilerlemeler kaydetmiştir. CNN modelleri tıbbi görüntülerden öznelilikleri otomatik olarak öğrenebilmekte ve farklı doku veya lezyon bölgelerini yüksek doğrulukla ayırabilmektedir. Geleneksel algoritmalarla karşılaştırıldığında derin öğrenme tabanlı tıbbi görüntü segmentasyonu yöntemleri güçlü öznelilik çıkarımı ve genelleme kabiliyetleri sayesinde klinik araştırmalarda ve yardımcı tanı sistemlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Ayrıca derin öğrenme algoritmaları tıbbi görüntü verilerinin barındırdığı zengin bilgileri ve derin özellikleri tam olarak kullanarak erken hastalık teşhisi, hassas lokalizasyon ve tedavi takibi için sağlam teknik destek sağlar. Örneğin; tümör tespiti, anjiyografi ve beyin dokusu analizi gibi uygulamalarda derin öğrenme teknikleri hedef bölgelerin yüksek doğrulukla segmentasyonunu gerçekleştirerek klinisyenlere daha ayrıntılı ve bütüncül hastalık değerlendirmesi ve tedavi planlaması olanağı sunar.

Bununla birlikte derin öğrenmenin tıbbi görüntü segmentasyonundaki büyük potansiyeline rağmen tıbbi

görüntüler doğal (doğal sahne) görüntülerden bazı temel yönleriyle farklılık gösterir. Bu özgün farklılıklar yoğunluk dağılımı, gürültü yapısı, modalite çeşitliliği ve anatomik varyasyonlar derin öğrenme modellerinin tıbbi görüntülere doğrudan uygulanmasını zorlaştırır ve bu alanda özel optimizasyonlar yapılmasını gerekli kılar. Bu farklılıklar arasında yüksek görüntü boyutları, düşük kontrast, yoğun gürültü, modalite farklılıkları (örneğin MR, BT, PET, USG), dengesiz veri dağılımı ve etik veri kısıtlılıkları yer almaktadır. Tüm bu unsurlar derin öğrenme modellerinin doğrudan uygulanabilirliğini sınırlandırmakta ve tıbbi görüntüleme için özel olarak uyarlanmış ağ mimarilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Günümüzde tıbbi görüntü segmentasyonunda kullanılan derin öğrenme yöntemleri arasında en yaygın olanı tam evrişimli ağ (Fully Convolutional Network – FCN) ve bunun çeşitli türevleridir. Bu yöntemlerin temel özelliği giriş görüntüsünün tamamını bir kerede işleyebilmesi ve her pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını tahmin etmesidir. FCN temelli mimariler tıbbi görüntülerdeki karmaşık yapıları tanımada önemli bir dönüm noktası olmuş ancak sınır ayırımında ayrıntı kayıpları yaşanabilmektedir.

Bu sorunların aşılması amacıyla U-Net modeli geliştirilmiş ve kısa sürede tıbbi görüntü segmentasyonunun en yaygın kullanılan mimarisi haline gelmiştir. U-Net'in encoder-decoder yapısı hem düşük seviyeli (kenar, doku) hem de yüksek seviyeli (anatomik bütünlük) bilgileri birleştirerek daha hassas ayırım sağlar. U-Net ve türevleri (Attention-U-Net, 3D-U-Net, Res-U-Net vb.) özellikle organ ve lezyon segmentasyonunda yüksek performans göstermektedir.

Mask R-CNN ve DeepLabV3⁺ gibi ileri seviye modeller segmentasyonu nesne tespiti ile entegre ederek aynı anda hem

konum hem de şekil bilgisi çıkarmayı mümkün kılar. Bu yaklaşımlar özellikle çoklu organ segmentasyonu veya tümör sınırlarının belirlenmesi gibi klinik senaryolarda tercih edilmektedir.

Son yıllarda Transformers tabanlı derin öğrenme mimarileri de tıbbi görüntü analizinde öne çıkmaya başlamıştır. Bu modeller küresel bağlam ilişkilerini öğrenme kabiliyetleri sayesinde evrişim temelli ağların sınırlı görüş alanı sorununu aşar. TransUNet, Swin-UNet ve MedT (Medical Transformer) gibi hibrit yapılar, CNN ve Transformer bileşenlerini bir araya getirerek hem lokal hem de global özniteliklerin birlikte öğrenilmesini sağlar. Bu sayede model ince anatomik detayları korurken aynı zamanda genel yapısal bütünlüğü de yakalayabilir. Bu teknik ilerlemeler tıbbi görüntü analizinde doğruluk, hız ve genellenebilirlik açısından önemli kazanımlar sağlamıştır. Ancak derin öğrenme tabanlı segmentasyonun klinik uygulamalara tam anlamıyla entegre olabilmesi için halen bazı zorluklar mevcuttur. Bunlar arasında; etiketleme maliyetlerinin yüksekliği, veri standardizasyonunun eksikliği, model genelleme kapasitesinin sınırlı olması ve veri gizliliği sorunları öne çıkmaktadır.

Gelecekteki araştırmaların bu sorunların çözümüne yönelik olarak yarı denetimli öğrenme (semi-supervised learning), transfer öğrenme, federated learning ve explainable AI (açıklanabilir yapay zeka) yaklaşımlarına odaklanması beklenmektedir. Böylece derin öğrenme modelleri yalnızca teknik başarı açısından değil aynı zamanda klinik uygulanabilirlik ve güvenilirlik bakımından da daha güçlü hale gelecektir.

3. AĞIZ DIŞ VE ÇENE CERRAHİSİNDE YAPAY ZEKA

Son yıllarda yapay sinir ağı tabanlı derin öğrenme yöntemleri ağız, diş ve çene cerrahisinde giderek daha fazla klinik değer kazanmaktadır. Bu teknolojiler cerrahi planlamadan komplikasyon risk tahminine, postoperatif görünüm değerlendirmesinden lezyon tanısına kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir.

Ortognatik cerrahi sonrasında bireye özgü yüz görünümünün tahmin edilmesi yapay zekanın klinik karar destek sistemleriyle nasıl entegre olabileceğine dair çarpıcı bir örnektir. Chien-Hsun Lu ve arkadaşlarının çalışması derin sinir ağlarının cerrahi sonrası yüz morfolojisini öngörmede kullanılabileceğini göstermiş; bu tür simülasyonların cerrahlar, ortodontistler ve hastalar açısından daha etkili tedavi planlarının oluşturulmasına katkı sağladığını bildirmiştir. Benzer biçimde Patcas ve çalışma arkadaşları ortognatik cerrahinin yüz estetiği ve yaş algısı üzerindeki etkilerini yapay zeka aracılığıyla incelemiş ve CNN tabanlı analizlerin tedavi sonrası estetik iyileşmeyi nicel olarak ortaya koyabildiğini bildirmiştir. Araştırmacılar yarık dudak cerrahisi geçirmiş hastalarda da benzer modellerle estetik çekicilik değerlendirmesi yaparak derin öğrenme tabanlı sistemlerin estetik sonuç analizinde nesnel ölçütler sağlayabileceğini vurgulamışlardır.

Cerrahi risk tahmininde de sinir ağlarının kullanımı giderek artmaktadır. Byung Su Kim ve ekibi alt üçüncü molar çekimi sonrası mandibular sinir parestezisi gelişme riskini öngörmek için CNN tabanlı bir model geliştirmiştir. Model panoramik radyografilerden elde edilen anatomik ilişkileri analiz ederek olası sinir hasarı riskini tahmin etmiş ancak iki boyutlu görüntülerin sınırlı doğası nedeniyle yanlış pozitif ve negatif olasılıklarının varlığını vurgulamıştır. Bu durum daha

yüksek doğruluk için üç boyutlu görüntüleme verileriyle desteklenen modellerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Benzer biçimde Liu ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmada derin öğrenme modelleri odontojenik lezyonların tanısında kullanılmıştır. Araştırmada ameloblastom ve odontojenik keratokist ayrımını yapmak amacıyla transfer öğrenme tabanlı bir CNN modeli geliştirilmiştir. Panoramik radyografiler kullanılarak oluşturulan veri setinde model %90'ın üzerinde doğruluk oranına ulaşmış ve diğer test edilen ağlara kıyasla daha üstün performans göstermiştir. Bulgular derin öğrenme yaklaşımlarının cerrahi öncesi dönemde lezyon sınıflandırmasında diş hekimlerine ve çene cerrahlarına anlamlı karar desteği sunabileceğini göstermektedir.

Genel olarak bu çalışmalar sinir ağlarının ağız, diş ve çene cerrahisinde öngörü, planlama ve değerlendirme basamaklarını dönüştürme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Derin öğrenme sistemleri yalnızca görüntüleri analiz eden araçlar değil aynı zamanda cerrahi karar süreçlerini optimize eden bilişsel ortaklar haline gelmektedir. Bu yönüyle gelecekte yapay zeka destekli cerrahi planlama yazılımlarının hem tanısal doğruluğu hem de hasta memnuniyetini artıracak biçimde klinik uygulamalara entegre edilmesi beklenmektedir.

4. RİSK TAHMİNİ VE KOMPLİKASYON ÖNGÖRÜSÜ

Çene cerrahisinin günlük pratiğinde en kritik sorular genellikle aynıdır: “Bu implant tutar mı?”, “Bu çekim zor mu geçecek?”, “Bu implant çevresinde kemik kaybı başlıyor olabilir mi?”, “Hemen implant yerleştirebilir miyiz?” Derin öğrenme tabanlı öngörü sistemleri bu sorulara görüntüden sayısallaştırılmış yanıtlar üretip klinik sezgiyi ölçülebilir olasılıklarla tamamlayarak daha tutarlı ve kişiselleştirilmiş

kararlar almayı mümkün kılar. Pano ve periapikal filmlerden eğitilen konvolüsyonel sinir ağları, osseointegrasyonun erken dönemdeki gidişatını gri seviye örüntüleri ve kortikal kontur süreksizlikleri gibi mikro işaretlerden okuyarak erken başarısızlık riskine ilişkin uyarılar verebilir. Bu sayede yükleme zamanı, kontrol aralığı ve destekleyici önlemler risk skoru doğrultusunda modüle edilebilir.

Üçüncü molar cerrahisinde pano görüntülerinden otomatik zorluk derecelendirmesi, beklenen cerrahi süre ve olası komplikasyonları öngörerek kaynak planlamasını ve hasta bilgilendirmesini standardize eder. Bu çıktılar CBCT endikasyonunu veya alternatif yaklaşım seçimini nesnel bir zemine taşır. Bununla birlikte iki boyutlu veriye dayalı modellerin düşük insidanslı fakat klinik etkisi yüksek olaylarda (inferior alveoler sinir parestezisi gibi) yanlış pozitif/negatif üretme olasılığı daha yüksektir. Bu nedenle yüksek risk sinyallerinde üç boyutlu veriyle zenginleştirme ve çoklu modalite önerilir. Pano temelli üçüncü molar-mandibular kanal ilişki sınıflandırmaları sinir yaralanması açısından risk tabakalandırmasına katkı sağlar ancak bu modellerin çıktıları cerrahi karar sürecinde tamamlayıcı nitelikte olup klinik değerlendirme, cerrahi deneyim ve hasta öncelikleriyle bütüncül biçimde ele alındığında anlam kazanır.

Peri-implant hastalıkların erken saptanmasında derin öğrenme heterojen klinik parametrelerin (kanama, sondalama derinliği, plak) değişkenliğini azaltan bir ikinci göz işlevi görür. Marjinal krest hattı, trabeküler mimari ve implant çevresindeki gri ton varyasyonlarına duyarlı algoritmalar, erken peri-implant kemik kaybı göstergelerini yüksek doğrulukla yakalayarak izlem protokollerinin sıklaştırılması, hijyen girişimlerinin yoğunlaştırılması ve yük yönetiminin yeniden düzenlenmesi için zamanında uyarı sağlar. Bu alandaki sistematik derlemeler genel doğruluk düzeylerinin umut verici olduğunu ancak veri

standardizasyonu eksiklikleri, dış doğrulama yetersizliği ve çalışma tasarımlarındaki heterojenliğin, modellerin gerçek dünya performansını anlamlı biçimde sınırladığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla klinik uygulamalarda güvenilir ve genellenebilir sonuçlar elde edilebilmesi için çok merkezli, prospektif ve iyi kalibre edilmiş araştırmaların yürütülmesi klinik yaygınlaştırmanın temel ön koşulu olarak değerlendirilmektedir.

Zamanlama kararları açısından çekim sonrası hemen implant yerleştirme olasılığının panoramik radyografi temelli öngörüsü bölge hazırlığından ekip organizasyonuna, hasta bilgilendirmesinden randevu planlamasına kadar tüm süreci sadeleştirir. Yüksek olasılıklı durumlarda tek seanslı cerrahi akış desteklenebilirken düşük olasılıklarda geç implantasyon stratejisi veya ara hazırlıkların önceden planlanması mümkün hale gelir. Ortopantomografilerde implantın otomatik segmentasyonu ile peri-implant patoloji göstergelerinin eşzamanlı tespiti tarama verimliliğini artırır ve ikinci okuma gereksinimini azaltarak izlem ve müdahale kararlarını hızlandırır. Bu durum özellikle yoğun klinik ortamlarda sistemin bir tür erken uyarı mekanizması olarak işlev görmesini sağlayarak klinik süreçlere değer katmaktadır.

Klinik entegrasyon açısından üç temel teknik ilke belirleyici görünmektedir. İlk olarak genellenebilirlik modellerin farklı cihaz, protokol ve popülasyonlarda tutarlı performans gösterebilmesi açısından kritik öneme sahiptir ve bu nedenle dış doğrulama süreci vazgeçilmezdir. İkinci olarak kalibrasyon, üretilen olasılıkların klinik gerçekliği yansıtmasını gerektirir aksi halde doğru sıralama yapan ancak hatalı olasılık tahminleri üreten sistemler karar eşiklerini yanıltabilir ve klinik güvenilirliği zayıflatabilir. Üçüncü olarak açıklanabilirlik ısı haritaları ve bölgesel önem skorları aracılığıyla modelin hangi ipuçlarına dayanarak uyarı verdiğini gösterir ve bu da hem

klinisyenin güvenini artırır hem de model kusurlarının hızlı biçimde giderilmesini sağlar.

Sonuç olarak derin öğrenme modelleri, görüntüye dayalı risk tahminini standardize ve kişiselleştirilebilir bir yapıya dönüştürerek cerrahın sezgisel karar sürecini destekleyen bilişsel bir ortak rolüne doğru evrilmektedir. En yüksek klinik kazanım ise bu teknolojik destek, klinik deneyim ve bağlamsal yorum bir araya getirildiğinde ortaya çıkmaktadır.

5. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ VE KLİNİK ENTEGRASYON

Çene cerrahisinde etkili bir karar destek yaklaşımı panoramik radyografi veya CBCT gibi görüntü verilerini, klinik bulguları ve hastaya özgü öncelikleri aynı bağlamda bütünleştirerek hekime zamanında ve eyleme dönük öneriler sunmayı amaçlar. Güncel literatürdeki derlemeler yapay zeka temelli klinik karar destek sistemlerinin erken uyarı üretimi, kişiselleştirilmiş planlama ve sonuç izlemine standardize etme konularında anlamlı klinik kazanımlar sağladığını ve asıl işlevinin ise hekimin sezgisel yargısını kalibre etmek olduğunu vurgulamaktadır. Yazı tabanlı iş yüklerinde büyük dil modelleri anamnez ve konsültasyon notlarını özetleyip kontrol listelerine dönüştürerek rehber uyumlu öneri taslakları oluşturabilir. Bu sayede yalnızca teknik kararlar değil kararların belgelenmesi ve ekip içi iletişim de eşgüdümlü hale gelir. Klinik pratikte ambient yapay zeka yazılımı uygulamalarının rastgele kontrollü çalışmalarda hekimlerin belge oluşturma süresini azalttığı ve tükenmişlik düzeylerinde anlamlı iyileşme sağladığı gösterilmiştir. Bu bulgular yapay zekanın zaman kazandıran ve bilişsel yükü azaltan yönünü desteklemektedir. Görüntü odaklı entegrasyon alanında peri-implant kemik kaybı ve erken dönem patolojik değişikliklerin radyografiler üzerinden derin öğrenme

yöntemleriyle saptanması, heterojen klinik parametrelere (örneğin kanama ve sondalama derinliği) tamamlayıcı bir ikinci göz desteği sunarak izlem yoğunluğunu ve müdahale zamanlamasını nesnelleştirmektedir. Tüm bu bileşenler sanal cerrahi simülasyon ve görüntüye dayalı risk katmanlamasıyla birleştiğinde çene cerrahisinde karar anlarını daha öngörülebilir, belgelenabilir ve yeniden üretilebilir bir yapıya taşımaktadır. Disiplinin yakın gelecek vizyonu da bu çok katmanlı yapay zeka destekli klinik iş akışını merkezinde konumlandırmaktadır.

6. GELECEK PERSPEKTİFİ VE SONUÇ

Bu bölüm boyunca ele aldığımız üç eksen görüntüleme, risk tahmini ve karar destek çene cerrahisinin sezgi ağırlıklı bir pratikten veriye dayalı ve tekrarlanabilir bir uygulamaya doğru hızla evrildiğini gösteriyor. Bugün artık pano/CBCT/sefalometri gibi modalitelerden otomatik yapı ayrımı yapılabiliyor. Bu çıktılar cerrahi güçlük, sinir hasarı ya da osseointegrasyon gibi klinik açıdan kritik uç noktalar için olasılık tahminlerine dönüşüyor. Karar destek sistemleri ise bu olasılıkları hekimin iş akışına uyumlu, eyleme dönük önerilere çeviriyor. Dönüşümün özü gözle görülenin ötesine geçen mikro işaretleri görünür kılmak ve bunları standartlaştırılmış karar eşiklerine bağlamak.

Yakın gelecekte iki teknik kırılma sahayı belirleyecek: birincisi multimodal ve üç boyutlu temelli modellerin olgunlaşması, ikincisi ise etiket ihtiyacını azaltan özdenetim temelli yaklaşımların yaygınlaşması. Pano, CBCT ve sefalometrinin tekil güçlü yanlarını bir araya getiren mimariler; görüntü, klinik değişkenler ve metin notlarını tek çatı altında işleyerek daha bağlama duyarlı ve hastaya özel tahminler üretecek. Gerçek modeller ise büyük arşivlerden genel temsiller öğrenip küçük kurumsal veri setlerinde hızlı uyarlama imkanı

sağlayacak ve böylece model eğitimi bir proje değil, sürekli iyileştirme döngüsüne dönüşecek.

Model çıktısının klinik değeri yalnız doğrulukla ölçülmez, kalibrasyon ve belirsizlik de en az doğruluk kadar kritiktir. Hekime sunulan risk yüzdesi gerçekten o ihtimali yansıtmalı ve belirsizlik yüksekse sistem bunu açıkça işaretleyebilmelidir. Gelecek perspektifinde karar desteği, uyarının yanında güven derecesi, açıklama haritaları ve alternatif senaryo simülasyonlarıyla gelecektir. Böylece yüksek risk ve yüksek belirsizlik durumlarında ek görüntüleme, ikinci görüş veya izlem yoğunlaştırma gibi uyarlanabilir adımlar otomatik tetiklenebilecektir.

Gerçek dünyadaki çeşitlilik göz önüne alındığında genellenebilirlik ana amaç olmaya devam edecektir. Tek merkezli, tek cihazlı başarıların yerine çok merkezli, prospektif ve iş akışına uygun değerlendirmeler değerli olacaktır. Aynı anatomik yapıyı farklı cihaz ve protokollerde tutarlı bulabilen, farklı hasta profillerinde benzer performans sergileyen modeller sahada gerçek fark yaratacaktır.

Sonuç olarak, derin öğrenme çağında çene cerrahisinin rekabet avantajı tek bir üstün modelde değil; iyi kalibre edilmiş olasılıklar, açıklanabilir görselleştirmeler ve iş akışına uyumlu sunum üçlüsünde yatmaktadır. Bu üçlü yerini bulduğunda görüntüden çıkarılan sinyaller hekimin sezgisiyle çatışmadan ona ölçülebilir, tekrarlanabilir ve kişiselleştirilebilir bir zemin sağlar. Bugünün araçlarıyla somut kazançlar mümkünken, yarın daha bağlam bilinçli ve birlikte öğrenen sistemlerle öngörü, planlama, belgeleme döngüsünün bir üst düzeye taşınacağı öngörülebilir. Bu dönüşüm yalnızca teknolojik bir yenilik değil; hasta güvenliği, hekim refahı ve kurumsal kalite kültürü açısından da yeni bir standardın başlangıcını temsil etmektedir.

KAYNAKLAR

- Limketkai, B. N., Mauldin, K., Manitius, N., Jalilian, L. & Salonen, B. R. (2021). The age of artificial intelligence: Use of digital technology in clinical nutrition. *Current Surgery Reports*, 9(7), 20. doi:10.1007/s40137-021-00297-3
- Clarke, S. L., Parmesar, K., Saleem, M. A. & Ramanan, A. V. (2022). Future of machine learning in paediatrics. *Archives of Disease in Childhood*, 107(3), 223–228. doi:10.1136/archdischild-2020-321023
- Schleyer, T. K., Thyvalikakath, T. P., Spallek, H., Torres-Urquidy, M. H., Hernandez, P. & Yuhaniak, J. (2006). Clinical computing in general dentistry. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(3), 344–352. doi:10.1197/jamia.M1990
- Chae, Y. M., Yoo, K. B., Kim, E. S. & Chae, H. (2011). The adoption of electronic medical records and decision support systems in Korea. *Healthcare Informatics Research*, 17(3), 172–177. doi:10.4258/hir.2011.17.3.172
- Gao, Y., Jiang, Y., Peng, Y., Yuan, F., Zhang, X. & Wang, J. (2025). Medical image segmentation: A comprehensive review of deep learning-based methods. *Tomography*, 11(5), 52. doi:10.3390/tomography11050052
- Lu, C.-H., Ko, E. W.-C. & Liu, L. (2009). Improving the video imaging prediction of postsurgical facial profiles with an artificial neural network. *Journal of Dental Sciences*, 4(3), 118–129.

- Patcas, R., Bernini, D., Volokitin, A., Agustsson, E., Rothe, R. & Timofte, R. (2019). Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(1), 77–83.
- Kim, B. S., Yeom, H. G., Lee, J. H., Shin, W. S., Yun, J. P., Jeong, S. H., Kang, J. H., Kim, S. W. & Kim, B. C. (2021). Deep learning-based prediction of paresthesia after third molar extraction: A preliminary study. *Diagnostics*, 11(9), 1572. doi:10.3390/diagnostics11091572
- Liu, Z., Liu, J., Zhou, Z., Zhang, Q., Wu, H., Zhai, G., & Han, J. (2021). Differential diagnosis of ameloblastoma and odontogenic keratocyst by machine learning of panoramic radiographs. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 16(3), 415–422.
- Zhang, C., Fan, L., Zhang, S., Zhao, J., & Gu, Y. (2023). Deep learning based dental implant failure prediction from periapical and panoramic films. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 13(2), 935–945. doi:10.21037/qims-22-457
- Oh, S., Kim, Y. J., Kim, J., Jung, J. H., Lim, H. J., Kim, B. C., & Kim, K. G. (2023). Deep learning-based prediction of osseointegration for dental implant using plain radiography. *BMC Oral Health*, 23(1), 208. doi:10.1186/s12903-023-02921-3
- Yoo, J. H., Yeom, H. G., Shin, W., Yun, J. P., Lee, J. H., Jeong, S. H., et al. (2021). Deep learning-based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars. *Scientific Reports*, 11, 1954. doi:10.1038/s41598-021-81449-4

- Lee, W. F., Day, M. Y., Fang, C. Y., Nataraj, V., Wen, S. C., Chang, W. J., et al. (2023). Establishing a novel deep learning model for detecting peri-implantitis. *Journal of Dental Sciences*. Advance online publication. doi:10.1016/j.jds.2023.05.013
- Mugri, M. H., Ahmed, M. A., Bahammam, M. A., Gendi, N. S., & Ali, S. (2025). Accuracy of artificial intelligence models in detecting peri-implant bone loss using dento-maxillofacial radiographic images: A systematic review. *Diagnostics*, 15(6), 655. doi:10.3390/diagnostics15060655
- Mun, S. B., et al. (2025). Deep learning-based prediction of possibility for immediate implant placement using panoramic radiography. *Scientific Reports*. Advance online publication.
- Yasin, E. T., et al. (2025). Automatic mandibular third molar and mandibular canal relationship classification with deep learning. *Scientific Reports*. Advance online publication.
- Kıbçak, E., et al. (2025). Deep learning-driven segmentation of dental implants and detection of peri-implantitis in orthopantomographs. *Seminars in Orthodontics*. Advance online publication.
- Romandini, M., et al. (2025). Accuracy of clinical parameters in predicting and diagnosing peri-implantitis: A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*. Advance online publication.
- Karuppan Perumal, M. K., Ilango, R., AlGhamdi, O., Ragasudha, R., & Subramanian, A. (2025). Artificial intelligence-driven clinical decision support systems in dentistry: Opportunities, challenges, and future directions. *Frontiers in Oral Health*, 6, 1592428. doi:10.3389/froh.2025.1592428

- Vrdoljak, J., Boban, Z., Vilović, M., Kumrić, M., & Božić, J. (2025). A review of large language models in medical education, clinical decision support, and healthcare administration. *Healthcare (Basel)*, 13(6), 603. doi:10.3390/healthcare13060603
- Lukac, P. J., Fossa, A., Bost, J., et al. (2025, July 11). A randomized-clinical trial of two ambient artificial intelligence scribes on physician documentation time and burnout. *medRxiv*. Advance online publication. doi:10.1101/2025.07.10.25331333
- Kim, S. G. (2025). The new face of oral and maxillofacial surgery. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 51(4), 197–204. doi:10.5125/jkaoms.2025.51.4.197

TEMPOROMANDİBULAR EKLEM DİSLOKASYONUNDA TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Serra ACAR¹

Seçil ÇOBANOĞLU²

1. GİRİŞ

Temporomandibular eklem (TME) mandibular kondilin temporal kemiğin glenoid fossasıyla eklemleştigi, hem rotasyonel hem de translasyonel hareketlere izin veren karmaşık bir sinovyal yapıdır. Bu eklem çiğneme kasları, kapsüler ve ligamentöz yapılar ile trigeminal sinirin mandibular dalı tarafından sağlanan nöromusküler koordinasyon sayesinde fonksiyon görür. TME'nin fizyolojik bütünlüğü çiğneme, konuşma ve yutma gibi temel oral motor aktivitelerin düzgün biçimde gerçekleşmesi için hayati önem taşır. Normal mandibular açılma ortalama 35–50 mm arasındadır ve eklem istirahat pozisyonunda ağız hafif aralıktır; dudaklar kapalı, dişler ise birbirine temas etmeden konumlanır. Bu yapısal ve işlevsel denge; kaslar, eklemler, kemikler ve dişlerin bir arada çalıştığı stomatognatik sistemin uyumlu etkileşimiyle sürdürülür.(Gezer & Levendoglu, 2016; Gottlieb & Long, 2022; Marqués-Mateo, Puche-Torres, & Iglesias-Gimilio, 2016; Sharma, Singh, Pandey, Verma, & Singh, 2015)

¹ Arş. Gör., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü, serraacar@outlook.com, ORCID: 0009-0009-8508-0874.

² Uzm. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Bölümü, secilcobanoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9233-4862.

Dislokasyon, mandibular kondilin temporal kemiğin glenoid fossasındaki fizyolojik konumundan ayrılarak anormal bir pozisyonda kilitlenmesi sonucunda ortaya çıkar. Bu durum çevre kaslarda refleks spazma yol açar ve mandibulanın kapanmasını engeller. Anterior dislokasyon en sık görülen tip olup lateral, posterior ve superior yönlü dislokasyonlar oldukça nadirdir. Bu nadir tipler genellikle yüksek enerjili travmalar, özellikle de yüz kemiklerinde kırıklarla seyreden yaralanmalarla ilişkilidir.(Chan, Harrigan, Ufberg, & Vilke, 2008; Liddell & Perez, 2015; Sharma ve ark., 2015) Bilateral dislokasyon, unilateral olgulara kıyasla daha sık görülür. Anterior dislokasyon durumunda, mandibular kondil eklem fossasından öne doğru kayarak artiküler eminensin ön kısmında kilitlenir. Bu mekanik bozulma masseter, pterygoid ve temporalis kaslarında refleks kas spazmına yol açarak mandibulanın normal hareketini engeller.(Gottlieb & Long, 2022)

TME dislokasyonlarının etiyolojisi çok faktörlü bir yapıya sahiptir. Nöromusküler kontrol mekanizmalarındaki bozukluklar, eklem kapsülü veya ligamentlerdeki gevşeklik, kondil ve fossada meydana gelen morfolojik değişiklikler ile yaşa bağlı dejeneratif süreçler dislokasyon gelişimine yatkınlık oluşturan temel etmenler arasında yer almaktadır.(Renapurkar & Laskin, 2018) Buna ek olarak esneme, gülme, kusma, entübasyon ya da uzun süreli dental işlemler sırasında ortaya çıkan aşırı ağız açıklığı, akut dislokasyonun en sık rastlanan tetikleyici nedenleri arasındadır. Daha nadir olmakla birlikte Ehlers–Danlos veya Marfan sendromu gibi bağ dokusu hastalıkları, çeşitli nörolojik bozukluklar, distonik reaksiyonlar ve bazı antipsikotik ilaçların kullanımı da dislokasyona yatkınlık oluşturan predispozan faktörler arasında değerlendirilmektedir.(Gottlieb & Long, 2022; Sharma ve ark., 2015)

TME dislokasyonları klinik olarak akut, kronik, tekrarlayan (rekürren) ve uzamış (persistan) tipler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Akut dislokasyonlar genellikle ani travma veya aşırı zorlanma sonucu gelişirken kronik ve rekürren olgular çoğunlukla eklem kapsülündeki gevşeklik ya da nöromusküler kontrol bozuklukları ile ilişkilidir. Persistan dislokasyonlarda ise kondilin uzun süre artiküler eminens önünde blokaj halinde kalması, eklem içi ve çevresinde geri dönüşü olmayan morfolojik değişikliklere yol açabilmektedir. Tanı ve tedavide gecikme, redüksiyonun zorlaşmasına ve dislokasyonun tekrarlama olasılığının artmasına neden olur.(Tocaciu, McCullough, & Dimitroulis, 2019)

Dislokasyonun yönetimi; eklemin anatomik özellikleri, patogeneizde etkili faktörler ve dislokasyonun tipi göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir. Erken tanı ile birlikte uygun tedavi stratejisinin uygulanması, hastanın fonksiyonel iyileşmesinin sağlanması ve yaşam kalitesinin sürdürülebilmesi açısından belirleyici bir öneme sahiptir.(Prechel, Ottl, Ahlers, & Neff, 2018) Bu bölümde; TME dislokasyonlarının klinik özellikleri, tanısı ve tedavi yaklaşımları ele alınacaktır.

2. KLİNİK ÖZELLİKLER VE TANI

TME dislokasyonu, klinik olarak genellikle kolaylıkla fark edilebilen belirgin semptomlarla ortaya çıkan bir patolojidir. En tipik bulgu, hastanın ağzını kapatamaması ve mandibulanın açık pozisyonunda kilitlenmesidir. Bu durum “çene kilitlenmesi” olarak tanımlanır ve genellikle konuşma güçlüğü, salya kontrolünde azalma, dudakların kapanamaması ve çiğneme fonksiyonunun bozulması gibi ek belirtilerle birlikte seyreder. Akut dislokasyon vakalarında preauriküler bölgede ağrı ve palpasyonla hassasiyet belirginken kronik ya da rekürren olgularda bu şikâyetler genellikle minimal düzeydedir veya

tamamen yoktur.(Akinbami, 2011; Shakya, Ongole, Sumanth, & Denny, 2010)

Dislokasyon genellikle bilateral olarak görülmekle birlikte tek taraflı olgularda mandibulanın karşı tarafa deviasyonu karakteristiktir. Preauriküler bölgenin palpasyonunda eklem boşluğunda çöküklük hissedilmesi, kondil başının artiküler eminensin önünde kilitlenmesine işaret eder. Ayrıca koronoid çıkıntı ve ramusun ön kenarının ekstraoral olarak palpe edilebilmesi tanısal açıdan önem taşır; zira bu anatomik yapılar normal koşullarda hissedilemezken dislokasyon geliştiğinde belirgin hale gelir.(Akinbami, 2011; Neff ve ark., 2021; Shakya ve ark., 2010)

Klinik öykü ve fizik muayene tanının temelini oluşturur.(Prechel ve ark., 2018) Tanı çoğu zaman klinik olarak konulabilse de özellikle travmatik olgularda veya kırık şüphesinde görüntüleme yöntemleri önem taşır. Panoramik radyografi başlangıç değerlendirmesi için yararlıdır ancak bilgisayarlı tomografi (BT) kondilin anatomik konumunu ve olası eşlik eden kırıkları en net biçimde gösteren yöntemdir. BT mevcut değilse düz radyografiler kullanılabilir ancak BT'ye göre sınırlı bilgi sağlar. Manyetik rezonans görüntüleme ise eklem diski ve yumuşak doku yapılarını değerlendirmede üstünlük sağlar.(Prechel ve ark., 2018; Schuknecht & Graetz, 2005; Talmaceanu ve ark., 2018)

Akinbami'nin (Akinbami, 2011) klinik-radyolojik sınıflamasına göre TME dislokasyonları üç farklı tipte değerlendirilir. Tip I'de kondil başı, artiküler eminensin ucunun hemen altında konumlanır. Tip II olgularında kondil başı eminensin ucunu aşarak önüne yerleşmiştir. Tip III ise en ileri form olup kondil başının eminensin tabanının önünde, daha yüksek bir pozisyonda bulunduğu durumu tanımlar.

Tanı sürecinde ayırıcı tanı da önemlidir. Özellikle sedasyon altındaki hastalar, travma sonrası olgular, ileri yaşta demanslı bireyler veya uzun süreli dislokasyonu olan hastalarda semptomlar silik seyredebilir ve TME dislokasyonu kolaylıkla gözden kaçabilir. Bu nedenle ağız kapatamama, oklüzyon bozukluğu veya mandibular sapma gibi klinik bulguların varlığında TME dislokasyonu olasılığı her zaman akılda tutulmalıdır.(Prechel ve ark., 2018)

3. TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

TME dislokasyonunun tedavisi dislokasyonun tipi (akut, kronik, kronik tekrarlayan ya da uzun süreli) ve etiyolojik faktörlerin doğru belirlenmesine dayanır. Uygulanacak tedavi planı; klinik tablonun şiddeti, süresi ve hastanın sistemik durumuna göre kademeli olarak konservatif, minimal invaziv ve cerrahi yöntemleri kapsar. Temel amaç kondil ve glenoid fossa arasındaki eklem ilişkisini yeniden kurmak, ağrıyı azaltmak ve tekrarlayan çıkıkları önlemektir.(Renapurkar & Laskin, 2018; Sharma ve ark., 2015; Undt, 2011)

3.1. Akut Dislokasyonların Tedavisi

Akut TME dislokasyonu genellikle travmatik olmayan nedenlerle (aşırı ağız açılması, esneme, dental işlemler, entübasyon veya gülme gibi) ortaya çıkar ve oldukça ağrılı bir klinik tablo oluşturur. Tedavide temel hedef, kondilin artiküler eminens önünden glenoid fossaya geri yönlendirilmesidir. Bu durumda en etkili ve hızlı çözüm manuel redüksiyondur. Ancak işlem öncesinde ağrının azaltılması ve kas spazmının kontrolü tedavinin başarısını doğrudan etkiler. Bu nedenle analjezikler, kas gevşeticiler veya lokal anestezi blokları (örneğin aurikulotemporal sinir bloğu) sıklıkla uygulanır. (Jeyaraj & Chakranarayan, 2016; Sharma ve ark., 2015)

Herhangi bir intraoral redüksiyon tekniği uygulanırken, redüksiyon sonrasında hastanın ağzını ani bir şekilde kapatması durumunda klinisyenin başparmaklarının yaralanma riskine karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Bu amaçla, başparmakların çevresine birkaç kat gazlı bez sarılarak üzerine bant uygulanması veya daha geniş bir eldiven giyilmesi önerilmektedir. Alternatif olarak, redüksiyon sırasında başparmakları korumak amacıyla çekiç parmak atelleri de kullanılabilir.(Mullen & Carley, 2009) Ayrıca bazı olgularda ısırma bloğu kullanımı da tarif edilmiştir .(Chan ve ark., 2008) Tüm redüksiyon yöntemlerinde olduğu gibi, kas spazmının artmasını önlemek için redüksiyon işleminin yavaş, kontrollü ve sürekli bir basınçla gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır .(Gottlieb, 2022a, 2022b)

3.1.1. Hipokrat (Geleneksel İki El) Tekniği

Bu yöntem, M.Ö. 1500'lere kadar uzanan klasik bir redüksiyon yöntemidir ve günümüzde de en sık kullanılan teknik olarak kabul edilir. Hastanın oturur pozisyonda başı sabitlenir, klinisyen hastanın karşısında yer alır. Her iki başparmak, alt molar dişlerin oklüzal yüzeylerine veya dış oblik sırt bölgesine yerleştirilir; diğer parmaklar mandibula alt kenarını kavrar. Önce aşağıya doğru kuvvet uygulanarak kondilin artiküler eminens üzerinden ayrılması sağlanır, ardından geriye ve yukarıya doğru hareketle kondil fossaya yönlendirilir.(M. Ardehali, Tari, Bastaninejad, & Amirizad, 2016; Forshaw, 2015; Oliphant, Key, Dawson, & Chung, 2008; Stolbizer, Saiegh, & Andrada, 2020) Ek olarak mandibulayı öne doğru döndürerek redüksiyonu kolaylaştırmak için üçüncü ve dördüncü parmaklarla mentuma yukarı yönlü ek bir kuvvet uygulanması önerilmektedir. Bu manuel redüksiyon tekniğinin başarı oranının %86,2 ile %86,7 arasında olduğu bildirilmektedir.(M. Ardehali ve ark., 2016; M. M. Ardehali, Kouhi, Meighani, Rad, & Emami, 2009)

3.1.2. Bilek Pivot (Wrist Pivot) Tekniği

Hipokratik yöntemin modifiye bir versiyonudur. Klinisyen oturur pozisyonda, hastaya dönük şekilde konumlanır. Başparmaklar çenenin altına yerleştirilir; işaret ve orta parmaklar ise alt molar dişlerin üzerine konur. Başparmaklarla yukarı, parmaklarla aşağı doğru kuvvet uygulanırken bilekler ulnar yöne doğru döndürülür. Bu hareketle kondil öne yöneltilirken aynı anda geriye dönme sağlanır. Başarı oranı %95'in üzerindedir ve redüksiyon sırasında ortaya çıkan ağrı düzeyi ile işlem süresi açısından değerlendirildiğinde, Hipokrat yöntemine eşdeğer etkinlikte bir alternatif olarak kabul edilmektedir. (M. Ardehali ve ark., 2016; Lowery, Beeson, & Lum, 2004; Prechel ve ark., 2018)

3.1.3. Ekstraoral Redüksiyon Tekniği

Klinisyen; bir elinin parmaklarını mandibular açının posterior kısmına, başparmağını ise hastanın orta yüzünü stabilize etmek amacıyla maksilla üzerine veya zigomanın malar eminensine yerleştirir. Bu el pozisyonu, kontralateral eklem redüksiyonunu kolaylaştırmak amacıyla mandibulayı öne doğru çekmeyi sağlar. Diğer el ile, başparmak yerinden çıkmış koronoid çıkıntıya posterior yönde basınç uygularken, parmaklar mastoid çıkıntı üzerine yerleştirilerek traksiyon kuvvetiyle mandibulanın normal eklem pozisyonuna yönlendirilmesi sağlanır. Genellikle, bir taraftaki çıkık redükte edildiğinde karşı taraf da kendiliğinden redüksiyona uğrar; ancak redüksiyon gerçekleşmezse aynı işlem karşı tarafta da tekrarlanabilir. (M. Ardehali ve ark., 2016; Chen, Chen, Lin, & Chen, 2007)

3.1.4. Ipsilateral Yaklaşım

Ipsilateral yaklaşım, TME dislokasyonlarının redüksiyonunda kullanılabilen üç temel tekniği içerir: ekstraoral, intraoral ve kombine yöntemler. Ekstraoral

yöntemde, klinisyen başparmağını zigomatik arkın hemen altındaki mandibular kondil üzerine yerleştirir ve kondili eklem çukuruna yönlendirmek amacıyla doğrudan aşağıya doğru basınç uygular. Diğer el, işlem sırasında hastanın başının stabilizasyonunu sağlamak için kullanılır. İntraoral yöntemde, daha önce tanımlanmış olan geleneksel bimanuel tekniğin tek taraflı uygulanması söz konusudur. Bu yöntemde redüksiyon yalnızca disloke taraf üzerinde gerçekleştirilir. Ayrıca, birleşik el tekniği olarak adlandırılan bir varyasyonda, aynı taraf üzerinde iki başparmakla işlem yapılması mümkündür. Kombine yöntemde ise, bir başparmak intraoral olarak arka azı dişleri üzerine yerleştirilip aşağı yönlü kuvvet uygulanırken, diğer başparmak ekstraoral olarak kondil üzerine konumlandırılarak yine aşağıya doğru basınç uygulanır. Böylece çift yönlü kuvvetle redüksiyon kolaylaştırılır. Eğer karşı taraf kendiliğinden redükte olmazsa, aynı işlem bu tarafta da tekrarlanabilir. (Cheng, 2010; Shun, Wai, & Chiu, 2006)

3.1.5. Şırınga Yöntemi

Scamahorn tarafından tanımlanmış ve acil servislerde yaygınlaşmış pratik bir yöntemdir. Boş bir 5–10 mL’lik şırınga, hastanın azı dişleri arasına, genellikle premolar ve molar hizasına yerleştirilir. Hastadan, şırıngayı dişleri arasında ileri–geri yuvarlaması istenir. Bu hareket mandibulanın doğal rotasyon ve translasyon hareketlerini tetikler ve kondil kendiliğinden fossaya yerleşir. Bu yöntem, minimal ağrılı olması ve sedasyon gerektirmemesi nedeniyle özellikle travmatik olmayan akut dislokasyonlarda tercih edilir. Literatürde başarı oranı %97’ye kadar bildirilmiştir. (Gorchynski, Karabidian, & Sanchez, 2014; Scamahorn, 1989)

3.1.6. Kaldıraç (Lever) Tekniği

Bu teknikte 2–3 cm kalınlığında bir gazlı bez rulosu, üçüncü molar hizasına yerleştirilir. Klinisyen mandibulayı

mentumdan yukarı doğru iterken, bez rulosu kaldıraç görevi görerek kondilin öne ve aşağıya yönlendirilmesini sağlar. Bu sayede kondil artiküler eminensi geçer ve fossaya döner. Hem güvenli hem de kolay uygulanabilir bir yöntemdir.(Yeşiloğlu ve ark., 2015)

3.1.7. Gag Refleksi ile Redüksiyon

Awang tarafından 1987’de tanımlanmıştır. Yumuşak damak veya farengeal bölge bir spatül veya diş aynasıyla uyarılarak gag refleksi tetiklenir. Bu refleks, masseter ve temporalis kaslarında ani kontraksiyon oluştururken pterygoid kasları inhibe eder ve mandibulayı posteriora doğru çeker. Böylece kondil glenoid fossaya geri döner. Her ne kadar uygulaması kolay olsa da, kusma ve aspirasyon riski nedeniyle bu teknik daha az tercih edilmektedir. (Awang, 1987)

3.1.8. Redüksiyon Sonrası Bakım

Redüksiyon tamamlandıktan sonra eklem stabilitesi mutlaka klinik ve radyografik olarak doğrulanmalıdır. Panoramik radyografi veya BT ile kondil konumu değerlendirilir. Ardından Barton bandajı ile mandibula desteklenir ve birkaç gün süreyle yumuşak diyet önerilir. İlk üç hafta boyunca ağız açıklığının 2 cm’yi geçmemesi, esneme sırasında alt çenenin elle desteklenmesi ve sert gıdalardan kaçınılması, yeniden dislokasyon riskini azaltmada önem taşır. Ağrı ve ödem kontrolü için nonsteroid antiinflatuar ilaçlar kullanılabilir. Ayrıca, redüksiyon sonrası ilk 24 saat içinde temporomandibular bölgeye sıcak kompres uygulanması önerilir. Nüks olasılığını en aza indirmek amacıyla kısa süreli intermaksiller fiksasyon, servikal destek yaka veya baş-çene bandajı uygulanabilir. Hastanın 2–3 gün içinde ağız, diş ve çene cerrahisi kliniğinde kontrol edilmesi ve gerektiğinde kas gevşetici tedaviyle desteklenmesi tedavi sürecinin etkinliğini artırır.(Akinbami, 2011; Liddell & Perez, 2015; Neff ve ark., 2021)

3.2. Kronik ve Tekrarlayan Dislokasyonlarda Konservatif Yaklaşımlar

Kronik tekrarlayan dislokasyonlarda amaç, kondil translasyonunu sınırlamak ve dislokasyonu önlemektir. Bu amaçla kullanılan konservatif yöntemler arasında sklerozan ajan enjeksiyonları, otolog kan enjeksiyonu ve botulinum toksin (BTX-A) uygulamaları öne çıkar.(Renapurkar & Laskin, 2018)

3.2.1. Sklerozan Ajanlar (Kimyasal Kapsülorafı)

Sklerozan ajanlar, eklem kapsülünde fibrozis oluşturarak kondil hareketini sınırlar. Sodyum psilliate, sodyum tetradeçil sülfat ve morruat sodyum gibi ajanlar kullanılmıştır. Günümüzde daha biyolojik ve güvenli alternatif olarak proloterapi (rejeneratif enjeksiyon tedavisi) uygulanmaktadır. %10–50 dekstrozu solüsyonu kullanılarak düşük düzeyli inflamasyon oluşturulur, büyüme faktörü aktivitesi ve doku onarımı uyarılmış olur. (Banks, 1991; H Refai, 2017; Schultz, 1937)

Prospektif randomize çalışmalar, dekstrozu enjeksiyonlarının ağrıyı anlamlı düzeyde azalttığını, ancak eklem hareket açıklığı üzerinde plaseboya kıyasla belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Bazı araştırmacılar, bu etkinin dekstrozdan çok enjeksiyonun oluşturduğu mekanik travmadan kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Semptomatik iyileşmenin sürdürülebilmesi için genellikle tekrarlayan uygulamaların gerekli olduğu vurgulanmıştır.(Kiliç & Güngörmüş, 2016; Hamida Refai, Altahhan, & Elsharkawy, 2011)

3.2.2. Otolog Kan Enjeksiyonu

1964 yılında Brachmann tarafından tanımlanan bu yöntem, kolay uygulanabilir ve maliyet açısından avantajlıdır.(Brachmann, 1964; Daif, 2010) Prensibi, eklem içi hemartrozun fibrotik iyileşme sürecini taklit etmeye dayanır. Üst

eklem boşluğuna 2–4 mL otolog kan ve perikapsüler dokulara 1–1,5 mL enjekte edilir. Bu işlem genellikle haftada iki kez üç hafta boyunca tekrarlanır. Otolog kan enjeksiyonu tek başına uygulanabileceği gibi MMF (maksillomandibular fiksasyon) ile kombine edildiğinde başarı oranı %80'e kadar çıkmaktadır. Uzun dönem çalışmalarda ciddi komplikasyon bildirilmemiştir, ancak aşırı fibrozis gelişimi durumunda ankiloz riski göz önünde bulundurulmalıdır. (Brachmann, 1964; Hegab, 2013; Jacobi-Hermanns & Tetsch, 1981; Machon, Abramowicz, Paska, & Dolwick, 2009; Schulz, 1973; Varedi & Bohluli, 2015)

3.2.3. Botulinum Toksin Tip A (BTX-A)

BTX-A enjeksiyonu, özellikle lateral pterygoid kasının hiperaktivitesine bağlı dislokasyonlarda etkilidir. Kasın sinaptik uçlarında asetilkolin salınımını inhibe ederek geçici kas paralizi oluşturur. Genellikle 25–100 ünite arası dozlar, elektromiyografi veya BT/ultrasonografi rehberliğinde kasa enjekte edilir. Etki süresi 2–4 ay olup gerektiğinde tekrarlanır. Nörojenik dislokasyonlarda ve nöromüsküler hastalıklarda da uygulanabilir. Olası yan etkiler arasında geçici disfaji, nazal regürjitasyon ve hafif çiğneme güçlüğü bulunur. (Bousso ve ark., 2010; Daelen, Thorwirth, & Koch, 1997; Fu, Chen, Sun, Zhang, & Ma, 2010; Majid, 2010; Martínez-Pérez & García Ruiz-Espiga, 2004; Ziegler, Haag, & Mühling, 2003)

3.3. Cerrahi Tedavi Yaklaşımları

Konservatif tedavilerin başarısız olduğu olgularda cerrahi tedavi endikedir. Cerrahi girişimlerin hedefi, ya kondil translasyonunu mekanik olarak sınırlamak (bloke edici prosedürler) ya da redüksiyona engel olan anatomik yapıları düzeltmektir. (Renapurkar & Laskin, 2018)

3.3.1. Kapsülorafi

Kapsülorafi, gevşemiş eklem kapsülünün cerrahi olarak daraltılması veya güçlendirilmesidir. Artroskopik kapsülorafi, minimal invaziv bir yöntem olup düşük morbiditeye sahiptir. Elektrokoter veya Hol:YAG lazer ile gerçekleştirilebilir. Başarı oranı %82–95 arasında bildirilmiştir.(McCain, Hossameldin, & Glickman, 2014; Torres & McCain, 2012; Ybema, De Bont, & Spijkervet, 2013)

3.3.2. Eminektomi

1951’de Myrhaug tarafından tanımlanan bu işlemde, artiküler eminens cerrahi olarak çıkarılarak kondilin serbest translasyonu sağlanır. Preauriküler veya endaural yaklaşımla uygulanır. Başarı oranı %72–100 arasında değişmektedir. Anatomik olarak eminensin kaldırılması yerine, postoperatif fibrozis gelişimiyle etkinlik sağlandığı düşünülmektedir. Eminektomi, özellikle rekürren olgularda tercih edilir.(Myrhaug, 1951; Undt, 2011)

3.3.3. Dautrey / LeClerc Prosedürü (Eminoplasti ve Blokaj Teknikleri)

Eminoplasti, LeClerc ve Girard tarafından glenotemporal osteotomi olarak tanımlanmış (LeClerc, 1943), Gosserez ve Dautrey tarafından subperiostal cebe kemik grefti yerleştirilerek modifiye edilmiştir. Zigomatik ark üzerinden yapılan osteotomiyle kemik segmenti aşağı ve içe yerleştirilir; böylece artiküler eminensin dikey ve yatay boyutu artırılarak kondilin anterior translasyonu mekanik olarak engellenir. Bu işlem sonucunda eminensin yaklaşık 3,5 mm inferiora ve 4,5 mm anteriore yer değiştirdiği bildirilmiştir.(Sahoo & Bhardwaj, 2013) Daha sonraki modifikasyonlarda mini-plak ve temporal fasya flepleri kullanılmış (Ying, Hu, & Zhu, 2013); kalvaryal, çene ucu veya iliak kemik greftleriyle mini-plak fiksasyonu

yapılarak kondil hareketini sınırlayan artiküler eminens blokları oluşturulmuştur.(Guarda-Nardini, Palumbo, Manfredini, & Ferronato, 2008; Güven, 2008; Kahveci ve ark., 2013) Literatürde başarı oranları %67–100 arasında bildirilmiş olup, en sık komplikasyonlar postoperatif ağrı, enfeksiyon ve mini-plak kırığıdır.(Renapurkar & Laskin, 2018)

3.3.4. Lateral Pterygoid Miyotomisi

Bu tekniğin temel amacı, kondilin anterior translasyonundan sorumlu lateral pterygoid kasının devre dışı bırakılmasıyla kondil hareketini sınırlandırmak ve dislokasyon riskini azaltmaktır. Miyotomi hem intraoral hem de ekstraoral yaklaşımlarla uygulanabilir, ancak literatürde uzun dönem takip verileri sınırlıdır.(Miller & Murphy, 1976; Sindet-Pedersen, 1988) Laskin (Miller & Murphy, 1976), uzamış dislokasyon olgularında temporalis kasındaki spastisite veya fibrozisin kondilin fossaya geri dönüşünü engellediğini belirterek, bu hastalarda temporalis miyotomisini uygun bir tedavi seçeneği olarak önermiştir.

3.3.5. Total Eklem Replasmanı

Tüm tedavi yöntemlerinin başarısız olduğu, ileri dejeneratif veya ankilotik eklemlerde total eklem protezi uygulanabilir. Bu yöntem, fonksiyonel oklüzyonun yeniden sağlanması ve yaşam kalitesinin artırılması açısından son basamak seçenektir.(do Egit Vasconcelos & Porto, 2009)

4. SONUÇ

TME dislokasyonu, stomatognatik sistemin işlevsel bütünlüğünü bozan, etyopatogenezi çok faktörlü ve klinik olarak değişken seyirli bir bozukluktur. Dislokasyonların etkin yönetimi, eklem karmaşık anatomisi, dislokasyon tipinin doğru sınıflandırılması ve altta yatan predispozan faktörlerin

titizlikle değerlendirilmesine bağlıdır. Akut olgularda, erken tanı ve manuel redüksiyon tekniklerinin uygun seçimi prognozu belirlerken; kronik veya tekrarlayan dislokasyonlarda konservatif enjeksiyon yöntemleri (sklerozan ajanlar, otolog kan, botulinum toksin) eklem stabilitesini sağlamada etkili seçenekler sunmaktadır. Ancak bu tedavilerin başarısı, dikkatli hasta seçimi ve düzenli takiplerle ilişkilidir. Cerrahi yaklaşımlar ise, konservatif yöntemlere yanıt vermeyen vakalarda endikedir ve eklem hareketini sınırlayarak veya anatomik bariyer oluşturarak rekürrens riskini azaltmayı hedefler. Güncel literatür, artroskopik kapsülorafi ve eminoplasti gibi minimal invaziv cerrahi yöntemlerin düşük morbidite ve yüksek başarı oranlarıyla öne çıktığını göstermektedir. Sonuç olarak, TME dislokasyonlarının yönetiminde amaç yalnızca redüksiyonun sağlanması değil, aynı zamanda eklem fonksiyonunun korunması ve hastada yaşam kalitesinin sürdürülebilir biçimde iyileştirilmesidir. Multidisipliner yaklaşımların ve bireyselleştirilmiş tedavi protokollerinin benimsenmesi, bu hedefe ulaşmada temel rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

- Akinbami, B. O. (2011). Evaluation of the mechanism and principles of management of temporomandibular joint dislocation. Systematic review of literature and a proposed new classification of temporomandibular joint dislocation. *Head & Face Medicine*, 7(1), 10.
- Ardehali, M., Tari, N., Bastaninejad, S. & Amirizad, E. (2016). Comparison of different approaches to the reduction of anterior temporomandibular joint dislocation: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 45(8), 1009-1014.
- Ardehali, M. M., Kouhi, A., Meighani, A., Rad, F. M. & Emami, H. (2009). Temporomandibular joint dislocation reduction technique: a new external method vs. the traditional. *Annals of plastic surgery*, 63(2), 176-178.
- Awang, M. (1987). A new approach to the reduction of acute dislocation of the temporomandibular joint: a report of three cases. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 25(3), 244-249.
- Banks, A. (1991). A rationale for prolotherapy. *J Orthop Med*, 13(3), 54-59.
- Bouso, O. V., González, G. F., Mommsen, J., Grau, V. G., Fernández, J. R. & Micas, M. M. (2010). Neurogenic temporomandibular joint dislocation treated with botulinum toxin: report of 4 cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(3), e33-e37.
- Brachmann, F. (1964). Autologous blood injection for recurrent hypermobility of the temporomandibular joint. *Dtsch Zahnarztl Z*, 15, 97-102.

- Chan, T. C., Harrigan, R. A., Ufberg, J. & Vilke, G. M. (2008). Mandibular reduction. *The Journal of emergency medicine*, 34(4), 435-440.
- Chen, Y. C., Chen, C. T., Lin, C. H. & Chen, Y. R. (2007). A safe and effective way for reduction of temporomandibular joint dislocation. *Ann Plast Surg*, 58(1), 105-108.
doi:10.1097/01.sap.0000232981.40497.32
- Cheng, D. (2010). Unified hands technique for mandibular dislocation. *The Journal of emergency medicine*, 38(3), 366-367.
- Daelen, B., Thorwirth, V. & Koch, A. (1997). Treatment of recurrent dislocation of the temporomandibular joint with type A botulinum toxin. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 26(6), 458-460.
- Daif, E. T. (2010). Autologous blood injection as a new treatment modality for chronic recurrent temporomandibular joint dislocation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109(1), 31-36.
- do Egito Vasconcelos, B. C. & Porto, G. G. (2009). Treatment of chronic mandibular dislocations: a comparison between eminectomy and miniplates. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 67(12), 2599-2604.
- Forshaw, R. (2015). Reduction of temporomandibular joint dislocation: An ancient technique that has stood the test of time. *British dental journal*, 218(12), 691-693.
- Fu, K. Y., Chen, H. M., Sun, Z. P., Zhang, Z. K. & Ma, X. C. (2010). Long-term efficacy of botulinum toxin type A for the treatment of habitual dislocation of the

- temporomandibular joint. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 48(4), 281-284. doi:10.1016/j.bjoms.2009.07.014
- Gezer, İ. A. & Levendoglu, F. (2016). Temporomandibular eklem rahatsızlıklarının sınıflandırılması, tanı ve tedavisi. *Genel Tıp Dergisi*, 26(1), 34-40.
- Gorchynski, J., Karabidian, E. & Sanchez, M. (2014). The “syringe” technique: a hands-free approach for the reduction of acute nontraumatic temporomandibular dislocations in the emergency department. *The Journal of emergency medicine*, 47(6), 676-681.
- Gottlieb, M. (2022a). Managing elbow dislocations. *Annals of Emergency Medicine*, 80(5), 460-464.
- Gottlieb, M. (2022b). Managing posterior hip dislocations. *Annals of Emergency Medicine*, 79(6), 554-559.
- Gottlieb, M. & Long, B. (2022). Managing temporomandibular joint dislocations. *Annals of Emergency Medicine*, 80(6), 539-547.
- Guarda-Nardini, L., Palumbo, B., Manfredini, D. & Ferronato, G. (2008). Surgical treatment of chronic temporomandibular joint dislocation: a case report. *Oral Maxillofac Surg*, 12(1), 43-46.
- Güven, O. (2008). A clinical study on treatment of temporomandibular joint chronic recurrent dislocations by a modified eminoplasty technique. *Journal of Craniofacial Surgery*, 19(5), 1275-1280.
- Hegab, A. F. (2013). Treatment of chronic recurrent dislocation of the temporomandibular joint with injection of autologous blood alone, intermaxillary fixation alone, or both together: a prospective, randomised, controlled clinical trial. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 51(8), 813-817.

- Jacobi-Hermanns, E. & Tetsch, P. (1981). Pericapsular autologous blood injection as therapy for habitual temporomandibular joint luxation. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift*, 36(3), 187-190.
- Jeyaraj, P. & Chakranarayan, A. (2016). A conservative surgical approach in the management of longstanding chronic protracted temporomandibular joint dislocation: a case report and review of literature. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 15(Suppl 2), 361-370.
- Kahveci, R., Simsek, M. E., Akın, S., Özbek, S., Özgenel, G. Y. & Gökmen, Z. G. (2013). Treatment of recurrent temporomandibular joint dislocation. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 12(4), 379-381.
- Kiliç, S. C. & Güngörmüş, M. (2016). Is dextrose prolotherapy superior to placebo for the treatment of temporomandibular joint hypermobility? A randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 45(7), 813-819.
- LeClerc, G. (1943). Un nouveau procede de butee dans le traitement chirurgical de la luxation reidivante de la machoire inferieure. *Mem. Acad. Chir (Paris)*, 69, 457-459.
- Liddell, A. & Perez, D. E. (2015). Temporomandibular joint dislocation. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 27(1), 125-136.
- Lowery, L. E., Beeson, M. S. & Lum, K. K. (2004). The wrist pivot method, a novel technique for temporomandibular joint reduction. *The Journal of emergency medicine*, 27(2), 167-170.
- Machon, V., Abramowicz, S., Paska, J. & Dolwick, M. F. (2009). Autologous blood injection for the treatment of chronic recurrent temporomandibular joint dislocation.

Journal of oral and maxillofacial surgery, 67(1), 114-119.

- Majid, O. W. (2010). Clinical use of botulinum toxins in oral and maxillofacial surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 39(3), 197-207.
- Marqués-Mateo, M., Puche-Torres, M., & Iglesias-Gimilio, M.-E. (2016). Temporomandibular chronic dislocation: The long-standing condition. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 21(6), e776.
- Martínez-Pérez, D. & García Ruiz-Espiga, P. (2004). Recurrent temporomandibular joint dislocation treated with botulinum toxin: report of 3 cases. *J Oral Maxillofac Surg*, 62(2), 244-246. doi:10.1016/j.joms.2003.04.014
- McCain, J. P., Hossameldin, R., & Glickman, A. G. (2014). Preliminary Clinical Experience and Outcome of the TMJ Arthroscopic Chemical Contracture Procedure in TMJ dislocation patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 72, e16-e17. doi:10.1016/j.joms.2014.06.030
- Miller, G. A. & Murphy, E. J. (1976). External pterygoid myotomy for recurrent mandibular dislocation: Review of the literature and report of a case. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 42(6), 705-716.
- Mullen, G. & Carley, S. (2009). Taking the “ouch” out of temporomandibular joint reductions! *Emergency Medicine Journal*, 26(6), 466-466.
- Myrhaug, H. (1951). A new method of operation for habitual dislocation of the mandible; review of former methods of treatment. *Acta Odontol Scand*, 9(3-4), 247-260. doi:10.3109/00016355109012789

- Neff, A., McLeod, N., Spijkervet, F., Riechmann, M., Vieth, U., Kolk, A., . . . Saridin, C. (2021). The ESTMJS (European Society of Temporomandibular Joint Surgeons) consensus and evidence-based recommendations on management of condylar dislocation. *Journal of Clinical Medicine*, 10(21), 5068.
- Oliphant, R., Key, B., Dawson, C. & Chung, D. (2008). Bilateral temporomandibular joint dislocation following pulmonary function testing: a case report and review of closed reduction techniques. *Emergency Medicine Journal*, 25(7), 435-436.
- Prechel, U., Ottl, P., Ahlers, O. M. & Neff, A. (2018). The treatment of temporomandibular joint dislocation: A systematic review. *Deutsches Aerzteblatt International*, 115(5), 59.
- Refai, H. (2017). Long-term therapeutic effects of dextrose prolotherapy in patients with hypermobility of the temporomandibular joint: a single-arm study with 1-4 years' follow up. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(5), 465-470.
- Refai, H., Altahhan, O. & Elsharkawy, R. (2011). The efficacy of dextrose prolotherapy for temporomandibular joint hypermobility: a preliminary prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 69(12), 2962-2970.
- Renapurkar, S. K. & Laskin, D. M. (2018). Injectable agents versus surgery for recurrent temporomandibular joint dislocation. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 30(3), 343-349.
- Sahoo, N. K. & Bhardwaj, P. K. (2013). Radiographic assessment of changes in articular tubercle after

- Dautrey's procedure. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 71(2), 249-254.
- Scamahorn, G. (1989). Treating acute mandibular dislocation. *Postgraduate Medicine*, 86(3), 44-44.
- Schuknecht, B. & Graetz, K. (2005). Radiologic assessment of maxillofacial, mandibular, and skull base trauma. *European radiology*, 15(3), 560-568.
- Schultz, L. W. (1937). A treatment for subluxation of the temporomandibular joint. *Journal of the American Medical Association*, 109(13), 1032-1035.
- Schulz, S. (1973). Evaluation of periarticular autotransfusion for therapy of recurrent dislocations of the temporomandibular joint. *Deutsche Stomatologie*, 23(2), 94-98.
- Shakya, S., Ongole, R., Sumanth, K. & Denny, C. (2010). Chronic bilateral dislocation of temporomandibular joint. *Kathmandu University Medical Journal*, 8(2), 251-256.
- Sharma, N. K., Singh, A. K., Pandey, A., Verma, V. & Singh, S. (2015). Temporomandibular joint dislocation. *Natl J Maxillofac Surg*, 6(1), 16-20.
- Shun, T. A. T., Wai, W. T. & Chiu, L. C. (2006). A case series of closed reduction for acute temporomandibular joint dislocation by a new approach. *European Journal of Emergency Medicine*, 13(2), 72-75.
- Sindet-Pedersen, S. (1988). Intraoral myotomy of the lateral pterygoid muscle for treatment of recurrent dislocation of the mandibular condyle. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 46(6), 445-449.
- Stolbizer, F., Saiegh, J. & Andrada, M. M. (2020). Anterior dislocation of the temporomandibular joint: a simplified

- non-traumatic manual technique. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 28(4), 246-250.
- Talmaceanu, D., Lenghel, L. M., Bolog, N., Hedesiu, M., Buduru, S., Rotar, H., . . . Baciut, G. (2018). Imaging modalities for temporomandibular joint disorders: an update. *Clujul medical*, 91(3), 280.
- Tocaciu, S., McCullough, M. & Dimitroulis, G. (2019). Surgical management of recurrent TMJ dislocation—a systematic review. *Oral Maxillofac Surg*, 23(1), 35-45.
- Torres, D. E. & McCain, J. P. (2012). Arthroscopic electrothermal capsulorrhaphy for the treatment of recurrent temporomandibular joint dislocation. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 41(6), 681-689. doi:10.1016/j.ijom.2012.03.008
- Undt, G. (2011). Temporomandibular joint eminectomy for recurrent dislocation. *Atlas of the oral and maxillofacial surgery clinics of North America*, 19(2), 189-206.
- Varedi, P. & Bohluli, B. (2015). Autologous blood injection for treatment of chronic recurrent TMJ dislocation: is it successful? Is it safe enough? A systematic review. *Oral Maxillofac Surg*, 19(3), 243-252.
- Ybema, A., De Bont, L. G. & Spijkervet, F. K. (2013). Arthroscopic cauterization of retrodiscal tissue as a successful minimal invasive therapy in habitual temporomandibular joint luxation. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 42(3), 376-379. doi:10.1016/j.ijom.2012.09.017
- Yeşiloğlu, N., Sarici, M., Şirinoğlu, H., Temiz, G., Güvercin, E. & Filinte, G. T. (2015). The lever technique for the external reduction of temporomandibular joint dislocation. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 68(1), 123-125.

- Ying, B., Hu, J. & Zhu, S. (2013). Modified Leclerc blocking procedure with miniplates and temporal fascial flap for recurrent temporomandibular joint dislocation. *Journal of Craniofacial Surgery*, 24(3), 740-742.
- Ziegler, C. M., Haag, C. & Mühling, J. (2003). Treatment of recurrent temporomandibular joint dislocation with intramuscular botulinum toxin injection. *Clin Oral Investig*, 7(1), 52-55. doi:10.1007/s00784-002-0187-

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ DEĞERLENDİRMELERİ

yaz
yayınları

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