

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE CERRAHİSİ ALANINDA ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE YENİLİKÇİ UYGULAMALAR



EDİTÖRLER
DOÇ. DR. MELİKE GÜLEÇ
DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF TUĞBA YOLLAR



DOI: 10.5281/zenodo.18057169

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında Araştırma Yöntemleri ve Yenilikçi Uygulamalar

Editörler

Doç. Dr. Melike Güleç

Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğba Yollar

İmtiyaz Sahibi
Platanus Publishing®

Editör
Doç. Dr. Melike Güleç & Dr. Öğr. Üyesi Elif Tuğba Yollar

Kapak & Mizanpaj & Sosyal Medya
Platanus Yayın Grubu

Birinci Basım
Aralık, 2025

Yayımcı Sertifika No
45813

ISBN
978-625-8513-11-0

©copyright
Bu kitabın yayım hakkı Platanus Publishing'e aittir. Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin alınmadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Adres: Natoyolu Cad. Fahri Korutürk Mah. 157/B, 06480, Mamak,
Ankara, Türkiye.

Telefon: +90 312 390 1 118
web: www.platanuspublishing.com
e-mail: platanuskitap@gmail.com



Platanus Publishing®

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	5
<i>Odontojenik Keratokist</i> Bilal Bahar	
BÖLÜM 2	15
<i>Diş Hekimliğinde Sürdürülebilirlik: Klinik Uygulamalardan Eğitime Kadar Güncel Yaklaşımlar</i> Muhammed Abdullah Çege & Ecem Elif Çege	
BÖLÜM 3	27
Ağız Diş ve Çene Cerrahisinde Kullanılan Trombosit Konsantreleri: Biyolojiden Kliniğe Andaç Doğan & Eren Kütük & Emin Valiyev	
BÖLÜM 4	47
Şiddetli Atrofik Çenelerin Greftsiz Yönetimi İleri Cerrahi İmplant Teknikleri Andaç Doğan & Muhammet Akın & Dilara Sevinç Doğan	
BÖLÜM 5	69
Oral Skuamöz Hücreli Karsinomun Tanısında Yapay Zekânın Rolü: Güncel Durum, Sınırlılıklar ve Gelecek Perspektifleri Mert Şirinler & Zeynep Afra Akbıyık Az & Gülsüm Ak	

BÖLÜM 1

Odontojenik Keratokist

Bilal Bahar¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi , Şeyh Edebali Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-4986-075X

Giriş

Kistler, epitelyal bir astar ile çevrili ve bağ dokusu kapsülü tarafından sınırlandırılmış patolojik kaviter oluşumlardır. Bu oluşumların içeriğinde genellikle sıvı ya da yarı sıvı karakterde materyal bulunur. Dental yapılarla ilişkili olarak gelişen kistler odontojenik kistler olarak tanımlanırken, dental yapılarla herhangi bir bağlantısı bulunmayanlar non-odontojenik kistler şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Vücudun diğer bölgeleriyle karşılaştırıldığında, epitel kalıntılarının en yoğun şekilde çene kemiklerinde bulunması, bu bölgede kistik lezyonların görülme sıklığının artmasına neden olmaktadır. Enflamasyon, yaşlanma, mekanik travma, sistemik hastalıklar ve bölgesel vaskülarizasyon artışı gibi etkenlerin epitel hücre proliferasyonunu uyararak kistik lezyonların patogeneğinde rol oynayabileceği ileri sürülmektedir (Dym, Halpern, & Ogle, 2023; Sivapathasundharam, Biswas, & Preethi, 2019).

Çenelerde en sık karşılaşılan kistik oluşumlar arasında birinci sırada radiküler kistler, ikinci sırada dentigeröz kistler ve üçüncü sırada odontojenik keratokistler yer almakta olup, bu sıralama geniş kapsamlı epidemiyolojik çalışmalarda da doğrulanmıştır (Aquilanti vd., 2021; Jones, Craig, & Franklin, 2006; Rees vd., 2025).

Kist oluşumu ve gelişimiyle ilgili çeşitli teoriler ileri sürülmüş olup, bu süreç temel olarak üç ana mekanizma ile açıklanmaktadır:

- a. Epitel ve bağ dokusu proliferasyonu: Enfeksiyona bağlı irritasyon, Malassez epitel kalıntılarının proliferasyonunu uyararak odontojenik kistlerin gelişimine yol açmaktadır. Ayrıca dental lamina, diş germi ve oral epitelin bazal tabakası da bu süreçte rol oynayabilmektedir.
- b. Hidrostatik basınç etkisi: Kist içi sıvı birikimine bağlı olarak artan hidrostatik basınç, çevre dokular üzerinde genişleyici etki oluşturarak kistin büyümesine katkıda bulunmaktadır.
- c. Kemik rezorpsiyonu: Kistik dokulardan salınan prostaglandin E2 ve E3 gibi mediyatörler, kemik rezorpsiyonunu uyararak kist büyümesini desteklemektedir (Dym vd., 2023; Mosqueda-Taylor, Irigoyen-Camacho, Diaz-Franco, & Torres-Tejero, 2002; Sivapathasundharam vd., 2019).

➤ Odontojenik Keratokist

Keratokist odontojenik tümör, odontojenik epitel kökenli olup, potansiyel olarak agresif davranış sergileyen ve yüksek nüks eğilimi gösteren intraosseöz bir kistik lezyondur. 2017 Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınıflamasında yeniden “kist” kategorisinde değerlendirilmiş olmasına rağmen, klinik ve biyolojik

davranış özellikleri nedeniyle tümöral karaktere sahip bir lezyon olarak kabul edilmektedir. 2017 yılında keratokistik odontojenik tümörün tümör kategorisinden çıkarılarak “odontojenik keratokist” adıyla yeniden kist olarak sınıflandırılmasının nedeni, PTCH gen mutasyonunun dentigeröz kistler gibi neoplastik özellik göstermeyen lezyonlarda da saptanabileceğini ortaya koyan çok sayıda bilimsel kanıtın sunulmuş olmasıdır (MacDonald-Jankowski, 2011; Pavelić vd., 2001; Wright & Vered, 2017).

Keratokist odontojenik tümörün kökeni, diş lamina kalıntıları (Serres artıkları) olarak bilinen odontojenik epitel artıklarına dayanmaktadır. Moleküler düzeyde, bu lezyonlarda sıklıkla PTCH1 gen mutasyonu saptanmakta olup, bu mutasyon Hedgehog sinyal yolunun aktivasyonu ile ilişkilidir. Lezyonlar sporadik olarak ortaya çıkabileceği gibi, Nevroid Bazal Hücreli Karsinom Sendromu (Gorlin-Goltz sendromu) ile de ilişkili olabilmektedir. Yüksek proliferatif kapasitesi nedeniyle invaziv büyüme paterni gösterir ve bu özellik, nüks eğiliminin yüksek olmasına katkıda bulunur (Gomes, Diniz, & Gomez, 2009; Kimonis vd., 1997).

Keratokist odontojenik tümörler genellikle 20–40 yaş aralığındaki bireylerde görülmekte olup, alt çenede (%60–80) belirgin bir predileksiyon göstermektedir. Lezyonun en sık yerleşim bölgeleri mandibular ramus ve üçüncü molar bölgesidir. Genellikle yavaş büyüme eğilimindedir ve başlangıç dönemlerinde asemptomatik seyreder; bu nedenle birçok olgu radyografik incelemelerde tesadüfen tespit edilmektedir.



Şekil 1. Mandibula 3.molar ve ramus bölgesinde gömülü diş ile ilişkili odontojenik keratokistin radyografik görüntüsü (Borghesi vd., 2018)

İleri evrelerde ise klinik bulgular daha belirgin hâle gelir. Bu dönemde çene bölgesinde şişlik, nadiren ağrı, dişlerin yer değiştirmesi veya mobilitesi ve kök rezorpsiyonu görülebilmektedir. Lezyonun enfekte olması durumunda ise fistül oluşumu veya lokal şişlik gelişebilir (Chen, Liu, Wei, & Yu, 2022; MacDonald-Jankowski, 2011).

Radyografik olarak radyolüsent bir lezyon görünümü sergileyen keratokist odontojenik tümörler, genellikle iyi sınırlı, sklerotik hatlı ve uniloküler yapıdadır. Ancak daha geniş lezyonlarda bu görünüm multiloküler hâle gelebilir ve bal peteği (honeycomb) ya da sabun köpüğü (soap-bubble) benzeri bir radyografik görünüm oluşturabilir.



Şekil 2. Multiloküler haldeki bal peteği veya sabun köpüğü benzeri radyografik görünümdeki odontojenik keratokist (Borghesi vd., 2018)

Lezyon, komşu dişlerin yer değiştirmesine (dislokasyonuna) neden olabilir; ancak kök rezorpsiyonu olgular arasında nadiren gözlenmektedir. Ayrıca, retansiyonlu dişlerle, özellikle mandibular üçüncü molarlarla yakın ilişki gösterebilmekte ve bu durumlarda radyografik olarak dentigeröz kist ile karışabilmektedir. (Habibi, Saghravanian, Habibi, Mellati, & Habibi, 2007; MacDonald-Jankowski, 2011; Stoelinga, 2001).



Şekil 3. Mandibulada diş köklerinde rezorpsiyona sebep olan odontojenik keratokistin radyografik görüntüsü (Nel vd., 2021)

Histopatolojik olarak, keratokist odontojenik tümörlerin kist duvarı, genellikle ince ve uniform bir şekilde parakeratinize çok katlı yassı epitel ile döşelidir; bu epitel tabakası ortalama 6–10 hücre kalınlığındadır. Yüzeyde karakteristik olarak dalgalı ya da ondüle bir keratin tabakası gözlenir. Bazal hücre tabakası, tipik biçimde palizat (çit) dizilimi gösteren, hiperkromatik çekirdekli ve bazal membrana dik açıyla yerleşmiş hücrelerden oluşur.

Kist duvarı, ince fibröz bir kapsül ile çevrilidir ve çoğu olguda inflamatuvar hücre infiltrasyonu minimal düzeydedir. Bununla birlikte, kist duvarında veya çevresinde satellite (uydu) kistler bulunabilir. Bu yapılar, lezyonun yüksek nüks eğiliminin başlıca histopatolojik nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (E. A. Al-Moraissi, Kaur, Gomez, & Ellis, 2023; MacDonald-Jankowski, 2011; Stoelinga, 2001).



Şekil 4. Odontojenik keratokistin epitel astarı parakeratinleşmiş katman (kırmızı ok ile işaretli) ile kaplanmıştır; altındaki astar, düz (flat) bir yüzey sunar (mavi ok) ve bazal tabaka hücreleri sütunumsu ya da kübik biçimde olup palizad düzenlidir (sarı ok). (H&E boyama, ×20 büyütme) Bu tipik morfoloji, OKC'nin karakteristik özelliklerinden biridir.

Keratokist odontojenik tümörün ayırıcı tanısında; dentigeröz kist, lateral periodontal kist, ameloblastik fibroma, uniloküler tip ameloblastoma ve paradental kist gibi lezyonlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu lezyonların

benzer radyografik özellikler gösterebilmesi nedeniyle, kesin tanı için klinik bulgular, radyografik görünüm ve histopatolojik değerlendirme bir arada incelenmelidir (Golob Deeb, Deeb, & Schafer, 2022; MacDonald-Jankowski, 2011; Otonari-Yamamoto vd., 2024).

Keratokist odontojenik tümörün tedavi yaklaşımı, lezyonun boyutu, lokalizasyonu ve rekürrens (nüks) öyküsüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Konservatif tedavi yöntemleri arasında en sık tercih edilen uygulama, enükleasyon ve küretaj kombinasyonudur; bu yöntem özellikle küçük ve sınırlı lezyonlarda etkilidir. Enükleasyon sonrası Carnoy solüsyonu uygulanması, rezidüel epitel kalıntılarını ortadan kaldırmak ve nüks riskini azaltmak amacıyla önerilmektedir. Marsupyalizasyon veya dekompresyon teknikleri, büyük boyutlu lezyonlarda kemik kaybını minimize etmek için tercih edilebilir ve bu yöntemlerin ardından sekonder enükleasyon uygulanabilir (Essam Ahmed Al-Moraissi vd., 2017; Blanas, Freund, Schwartz, & Furst, 2000; Habibi vd., 2007; Stoelinga, 2001).

Carnoy solüsyonunun kloroform içeriği nedeniyle karsinojenik risk taşıdığı tespit edilmiş ve bu nedenle FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından yasaklanmıştır. Kloroformun formülasyondan çıkarılmasıyla elde edilen preparat ise “modifiye Carnoy solüsyonu” olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, çeşitli tümörlerin tedavisinde kemoterapötik bir ajan olarak kullanılan 5-fluorourasilin (5-FU), hızlı proliferasyon gösteren hücrelerde apoptozu indükleyen bir antimetabolit olarak odontojenik keratokistlerin tedavisinde de umut verici sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiştir (E. A. Al-Moraissi vd., 2023).

Radikal tedavi yaklaşımları ise genellikle geniş, tekrarlayan veya multifokal lezyonlarda endikedir. Bu kapsamda, rezeksiyon (blok eksizyonu) uygulanabilir. Literatürde bildirilen nüks oranları %10–30 arasında değişmekte olup, bazı takip serilerinde bu oran %60’a kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle, hastaların uzun dönemli takibi (en az 5 yıl) önerilmektedir (Essam Ahmed Al-Moraissi vd., 2017; Blanas vd., 2000; Habibi vd., 2007; Stoelinga, 2001).

Nevoid Bazal Hücreli Karsinom Sendromu (Gorlin-Goltz Sendromu), otozomal dominant geçiş gösteren, multisistemik bir genetik sendromdur. Bu sendromun başlıca klinik özellikleri arasında çoklu odontojenik keratokistler, bazal hücreli karsinomlar, kaburga anomalileri (özellikle bifid veya füzyon göstermiş kaburgalar) ve falx cerebri’de kalsifikasyonlar yer alır. Moleküler düzeyde, sendromun patogeneğinde PTCH1 genindeki mutasyonlar temel rol oynamakta olup, bu mutasyonlar Hedgehog sinyal yolunun anormal aktivasyonu ile ilişkilidir (Evans vd., 1993; Kimonis vd., 1997; Lo Muzio, 2008).

Kaynakça

- Al-Moraissi, E. A., Kaur, A., Gomez, R. S., & Ellis, E. (2023). Effectiveness of different treatments for odontogenic keratocyst: A network meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 52(1), 32-43. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.09.004>
- Al-Moraissi, Essam Ahmed, Dahan, A. A., Alwadeai, M. S., Oginni, F. O., Al-Jamali, J. M., Alkhutari, A. S., ... Al-Sanabani, J. S. (2017). What surgical treatment has the lowest recurrence rate following the management of keratocystic odontogenic tumor?: A large systematic review and meta-analysis. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 45(1), 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.10.013>
- Aquilanti, L., Mascitti, M., Togni, L., Rubini, C., Nori, A., Tesei, A., ... Santarelli, A. (2021). Non-neoplastic jaw cysts: A 30-year epidemiological study of 2150 cases in the Italian population. *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 59(2), 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2020.08.011>
- Blanas, N., Freund, B., Schwartz, M., & Furst, I. M. (2000). Systematic review of the treatment and prognosis of the odontogenic keratocyst. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 90(5), 553-558. <https://doi.org/10.1067/moe.2000.110814>
- Borghesi, A., Nardi, C., Giannitto, C., Tironi, A., Maroldi, R., Di Bartolomeo, F., & Preda, L. (2018). Odontogenic keratocyst: Imaging features of a benign lesion with an aggressive behaviour. *Insights into Imaging*, 9(5), 883-897. <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0644-z>
- Chen, P., Liu, B., Wei, B., & Yu, S. (2022). The clinicopathological features and treatments of odontogenic keratocysts. *American Journal of Cancer Research*, 12(7), 3479-3485.
- Dym, H., Halpern, L., & Ogle. (2023). Klinik hekimler için ağız ve çene cerrahisi, tıp ve patoloji. *John Wiley & Sons*.
- Evans, D. G., Ladusans, E. J., Rimmer, S., Burnell, L. D., Thakker, N., & Farndon, P. A. (1993). Complications of the naevoid basal cell carcinoma syndrome: Results of a population based study. *Journal of Medical Genetics*, 30(6), 460-464. <https://doi.org/10.1136/jmg.30.6.460>
- Golob Deeb, J., Deeb, G. R., & Schafer, D. R. (2022). Odontogenic Keratocyst Is Frequently Misdiagnosed for a Lateral Periodontal Cyst in Premolar and Anterior Tooth-Bearing Areas. *Journal of Endodontics*, 48(3), 337-344. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.11.010>

- Gomes, C. C., Diniz, M. G., & Gomez, R. S. (2009). Review of the molecular pathogenesis of the odontogenic keratocyst. *Oral Oncology*, 45(12), 1011-1014. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2009.08.003>
- Habibi, A., Saghravanian, N., Habibi, M., Mellati, E., & Habibi, M. (2007). Keratocystic odontogenic tumor: A 10-year retrospective study of 83 cases in an Iranian population. *Journal of Oral Science*, 49(3), 229-235. <https://doi.org/10.2334/josnusd.49.229>
- Jones, A. V., Craig, G. T., & Franklin, C. D. (2006). Range and demographics of odontogenic cysts diagnosed in a UK population over a 30-year period. *Journal of Oral Pathology & Medicine: Official Publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology*, 35(8), 500-507. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.2006.00455.x>
- Kimonis, V. E., Goldstein, A. M., Pastakia, B., Yang, M. L., Kase, R., DiGiovanna, J. J., ... Bale, S. J. (1997). Clinical manifestations in 105 persons with nevoid basal cell carcinoma syndrome. *American Journal of Medical Genetics*, 69(3), 299-308.
- Lo Muzio, L. (2008). Nevoid basal cell carcinoma syndrome (Gorlin syndrome). *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 3, 32. <https://doi.org/10.1186/1750-1172-3-32>
- MacDonald-Jankowski, D. S. (2011). Keratocystic odontogenic tumour: Systematic review. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 40(1), 1-23. <https://doi.org/10.1259/dmfr/29949053>
- Mosqueda-Taylor, A., Irigoyen-Camacho, M. E., Diaz-Franco, M. A., & Torres-Tejero, M. A. (2002). Odontogenic cysts. Analysis of 856 cases. *Medicina Oral: Organo Oficial De La Sociedad Espanola De Medicina Oral Y De La Academia Iberoamericana De Patologia Y Medicina Bucal*, 7(2), 89-96.
- Nel, C., Robinson, L., Roza, A. L. O. C., Vargas, P. A., Nortjé, C. J., & van Heerden, W. F. (2021). Calcifying odontogenic cysts: A 20-year retrospective clinical and radiological review. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 50(6), 20200586. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200586>
- Otonari-Yamamoto, M., Nakajima, K., Sato, H., Wada, H., Matsumoto, H., Nishiyama, A., ... Goto, T. K. (2024). Dentigerous cysts suspected the other odontogenic lesions on panoramic radiography and CT. *Oral Radiology*, 40(2), 319-326. <https://doi.org/10.1007/s11282-023-00732-4>
- Pavelić, B., Levanat, S., Crnić, I., Kobler, P., Anić, I., Manojlović, S., & Sutalo, J. (2001). PTCH gene altered in dentigerous cysts. *Journal of Oral Pathology & Medicine: Official Publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology*, 30(9), 569-576. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0714.2001.300911.x>

- Rees, V., Klare, M., Samaniego, V., Leiva, F., Jara, R., Martínez Rondanelli, B., & González Providell, S. (2025). Epidemiological Features of 4777 Cysts and Odontogenic Tumors Based on the 2022 WHO Classification. *Oral Diseases*, 31(2), 532-540. <https://doi.org/10.1111/odi.15146>
- Sivapathasundharam, B., Biswas, P., & Preethi, S. (2019). Dünya Sağlık Örgütü'nün odontojenik ve maksillofasiyal kemik tümörlerinin sınıflandırılması: Bir değerlendirme. *Ağız ve Çene Patolojisi Dergisi*, 23 (2)(23 (2)), 178-186.
- Stoelinga, P. J. (2001). Long-term follow-up on keratocysts treated according to a defined protocol. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 30(1), 14-25. <https://doi.org/10.1054/ijom.2000.0027>
- Wright, J. M., & Vered, M. (2017). Update from the 4th Edition of the World Health Organization Classification of Head and Neck Tumours: Odontogenic and Maxillofacial Bone Tumors. *Head and Neck Pathology*, 11(1), 68-77. <https://doi.org/10.1007/s12105-017-0794-1>

BÖLÜM 2

Diş Hekimliğinde Sürdürülebilirlik: Klinik Uygulamalardan Eğitime Kadar Güncel Yaklaşımlar

Muhammed Abdullah Çege¹ & Ecem Elif Çege²

¹ Dr. Öğr. Üyesi , Karabük Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-3887-1480

² Dr. Öğr. Üyesi, Karabük Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-8314-1364

GİRİŞ

İklim değışikliği, günümüzün en acil halk sağlığı tehditlerinden biri olarak kabul edilmekte ve sağlık sektörünün bu kriz üzerindeki etkisi giderek daha fazla sorgulanmaktadır. Dünya genelinde sağlık sistemlerinin küresel sera gazı emisyonlarının %4'ünden fazlasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Diş hekimliği de, yüksek enerji tüketimi, tek kullanımlık materyal kullanımı, sterilizasyon gereklilikleri ve hasta taşımacılığı gibi nedenlerle çevresel ayak izi yüksek olan bir sağlık disiplini olarak öne çıkmaktadır (Brett Duane & Steinbach, 2024; Health Care Without Harm & Arup, 2024).

Bu bağlamda ortaya çıkan sürdürülebilir diş hekimliği ya da diğer adıyla yeşil diş hekimliği, ekolojik dengeyi gözeten, kaynak kullanımını optimize eden ve uzun vadeli çevre dostu sağlık hizmeti sunumunu hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, yalnızca materyal seçimi ve atık yönetimiyle sınırlı kalmayıp; aynı zamanda dental eğitim, hasta eğitimi ve politika üretimi gibi sistem düzeyinde uygulamaları da içermektedir (FDI World Dental Federation, 2025; Hackley & Luca, 2024).

Son yıllarda Dünya Diş Hekimliği Federasyonu (FDI) ve Avrupa Diş Hekimliği Eğitimi Derneği (ADEE), diş hekimliği müfredatlarında çevresel sürdürülebilirliğe yer verilmesini teşvik eden rehberler yayımlamıştır. Ancak farklı ülkelerde yapılan araştırmalar, bu kavramın eğitim sistemine entegrasyonu konusunda ciddi eksikliklerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Diğer yandan, dental materyallerin yaşam döngüsü analizleri (LCA), alçı geri dönüşüm teknikleri ve tele-dişhekimliği gibi uygulamalar aracılığıyla çevresel etkinin azaltılmasına yönelik somut adımlar atılmaktadır (Association for Dental Education in Europe (ADEE), 2023; Nassar et al., 2024; Siqueira et al., 2021; Smith et al., 2023; Tawade et al., 2024).

Bu derleme, diş hekimliğinde sürdürülebilirliğin temel bileşenlerini sistematik bir şekilde ele alarak, klinik uygulamalar, eğitim ve atık yönetimi başlıklarında güncel bilimsel verileri bir araya getirmeyi ve diş hekimlerine yol göstermeyi amaçlamaktadır.

1. KLİNİK UYGULAMALARDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Diş hekimliği uygulamaları, çevresel etkileri açısından önemli bir sağlık hizmeti alanıdır. Kliniklerde kullanılan malzemeler, enerji tüketimi, su kullanımı ve atık yönetimi gibi faktörler, çevresel sürdürülebilirlik açısından dikkate alınması gereken unsurlardır. Bu bölümde, sürdürülebilir klinik uygulamalara yönelik çeşitli stratejiler ve öneriler sunulmaktadır.

1.1. Amalgam Kullanımı ve Atık Yönetimi

Dental amalgam, içeriğindeki cıva nedeniyle çevresel riskler taşımaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), sağlık tesislerinin atık sularındaki cıva

emisyollarının önemli bir kısmının dental amalgamdan kaynaklandığını belirtmektedir (FDI World Dental Federation, 2025). Bu nedenle, amalgam ayırıcılarının kullanımı ve amalgam atıklarının uygun şekilde yönetilmesi, çevresel etkilerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Kliniklerde amalgam ayırıcılarının düzenli bakımının yapılması ve amalgam atıklarının lisanslı geri dönüşüm tesislerine gönderilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Minamata Sözleşmesi kapsamında, dental amalgam kullanımının azaltılması ve alternatif restoratif materyallerin teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, birçok ülke amalgam kullanımını sınırlayıcı düzenlemeler getirmiştir (Johnston, 2019; Mulligan, Kakonyi, Moharamzadeh, Thornton, & Martin, 2018; United States Environmental Protection Agency (EPA), 2021).

1.2. Dijital Radyografi ve Kağıtsız Uygulamalar

Dijital radyografi sistemlerine geçiş, geleneksel radyografilere kıyasla çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlamaktadır. Geleneksel radyografi sistemleri, film banyosu için kullanılan kimyasallar ve kurşun içerikli atıklar nedeniyle çevreye zarar verebilmektedir. Dijital radyografi ise bu kimyasallara olan ihtiyacı ortadan kaldırarak çevresel etkiyi azaltır. Ayrıca, dijital sistemler daha az enerji tüketir ve su kullanımını minimize eder, bu da genel kaynak tüketimini azaltır. Kağıtsız uygulamalar, hasta kayıtlarının dijital ortamda tutulması ve dijital iletişim yöntemlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bu uygulamalar, kağıt tüketimini azaltarak orman kaynaklarının korunmasına katkı sağlar ve atık miktarını düşürür (Brett Duane, Lee, White, Stancliffe, & Steinbach, 2017; Siqueira et al., 2021; Vandenberghe, 2018; Wadhawan et al., 2024).

1.3. Tek Kullanımlık Ürünlerin Azaltılması

Kliniklerde yaygın olarak kullanılan tek kullanımlık plastik ürünler, atık miktarını artırmakta ve çevresel yük oluşturmaktadır. Bu ürünlerin yerine, otoklavlanabilir ve yeniden kullanılabilir alternatiflerin tercih edilmesi, atık miktarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Özellikle otoklavlanabilir ekipmanların kullanımı ve dezenfeksiyon protokollerinin optimize edilmesi, tek kullanımlık ürünlerin kullanımını önemli ölçüde azaltır (Hashemizadeh, Lyne, & Liddicott, 2024; Martin, Smith, & Mulligan, 2021).

1.4. Enerji Verimliliği ve Su Tasarrufu

Kliniklerde enerji ve su tüketimi, çevresel ayak izinin önemli bir bileşenidir. Enerji verimli aydınlatma sistemleri, su tasarruflu musluklar ve sterilizasyon ekipmanları gibi teknolojilerin kullanımı, kaynak tüketimini azaltarak sürdürülebilirliği destekler. Ayrıca, kliniklerde yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu, enerji maliyetlerini düşürür ve çevresel etkiyi azaltır. Otomatik sensörlü musluklar ve düşük debili su ekipmanlarının kullanımı, su tüketimini

önemli ölçüde azaltabilir (Brett Duane et al., 2017; B Duane, Stancliffe, Miller, Sherman, & Pasdeki-Clewer, 2020).

1.5. Tele-Dış Hekimliği Uygulamaları

Tele-dış hekimliği, hasta ve hekim arasındaki iletişimi dijital platformlar üzerinden sağlayarak, seyahat ihtiyacını azaltır ve böylece karbon emisyonlarını düşürür. Ayrıca, erişim engellerini ortadan kaldırarak sağlık hizmetlerinin daha geniş kitlelere ulaşmasını sağlar. Uzaktan görüntüleme ve danışmanlık sistemleri sayesinde, hastaların klinik ziyaret sıklığı azalabilmekte ve kliniklerdeki enerji kullanımı düşmektedir (Estai, Bunt, Kanagasingham, Kruger, & Tennant, 2018; Jampani, Nutalapati, Dontula, & Boyapati, 2011).

1.6. Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm

Kliniklerde oluşan atıkların doğru şekilde ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi, çevresel etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynar. Kağıt, plastik ve metal atıkların geri dönüşümü, kaynakların verimli kullanılmasını sağlar. Ayrıca, biyolojik ve tehlikeli atıkların uygun şekilde bertaraf edilmesi, çevre ve insan sağlığı açısından kritiktir. Kliniklerin etkin bir atık yönetim sistemi kurması, atıkların doğru şekilde sınıflandırılarak geri dönüşüm ve bertaraf süreçlerine yönlendirilmesini garanti eder. Özellikle kesici ve delici aletlerin güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi, çalışanların ve çevrenin korunması açısından büyük önem taşır (Khanna, Konyukhov, Maslennikov, Kolesnikov, & Burmistrov, 2023; Tawade et al., 2024).

2. EĞİTİMDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI

Dış hekimliği eğitimi, geleceğin sağlık profesyonellerinin sürdürülebilir uygulamaları benimsemesi açısından kritik bir role sahiptir. Eğitim müfredatına sürdürülebilirlik kavramının dahil edilmesi, öğrencilere çevresel sorumluluk bilinci kazandırmakla kalmayıp, klinik pratiğin geleceğini şekillendirme potansiyeline de sahiptir. Bu bölümde, sürdürülebilirliğin dental müfredattaki yeri ve bu konuda yapılan güncel çalışmalar ele alınmaktadır.

2.1. Dış Hekimliği Eğitiminde Sürdürülebilirliğin Gerekliği

Çevresel sürdürülebilirlik kavramı sağlık eğitimi alanında hızla yaygınlaşmaktadır. Dış hekimliği fakültelerinin mezuniyet yeterliliklerine çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini dahil etmesi gerektiği, Avrupa Dış Hekimliği Eğitimi Birliği (ADEE) tarafından önemle vurgulanmıştır (Association for Dental Education in Europe (ADEE), 2020). Dental eğitimin sürdürülebilir uygulamaları teşvik ederek, çevresel bilinci yüksek mezunlar yetiştirmesi, mesleki etik anlayışın da genişlemesine katkı sağlar (Brett Duane et al., 2021).

2.2. Mevcut Durum ve Öğrenci Perspektifleri

ABD’de yapılan kapsamlı bir çalışmada, diş hekimliği öğrencilerinin büyük bir çoğunluğunun çevresel sürdürülebilirliğin önemini kabul ettiği ancak müfredatta bu konulara yeterli yer verilmediği ortaya konmuştur. Bu çalışmada öğrenciler, sürdürülebilirlik içeriklerinin enfeksiyon kontrolü, klinik yönetim ve toplum ağız sağlığı gibi mevcut derslerle entegre edilebileceğini düşünmektedir (Gershberg, Lee, Murphree, Parchure, & Hackley, 2022).

2.3. Eğitimcilerin Rolü ve Farkındalık Düzeyleri

Birleşik Arap Emirlikleri’nde gerçekleştirilen bir çalışma, dental eğitimcilerin sürdürülebilir diş hekimliği konusunda öğrencilere kıyasla daha bilinçli olduğunu ancak müfredatlarında sürdürülebilirlik kavramlarının net olarak yer almadığını göstermiştir. Eğitimciler, çevresel sürdürülebilirliği müfredata dahil etmek için zaman, bilgi eksikliği ve müfredat yoğunluğu gibi engellerle karşılaştıklarını belirtmişlerdir (Nassar et al., 2024).

2.4. Uluslararası Eğitim Stratejileri

Uluslararası çapta yürütülen çeşitli girişimler, sürdürülebilirliğin dental müfredatlara entegrasyonu için ortak standartlar ve öğrenme çıktıları belirlemeyi amaçlamaktadır. Özellikle Dünya Diş Hekimliği Federasyonu (FDI) ve Avrupa Diş Hekimliği Eğitimi Derneği (ADEE), çevresel sürdürülebilirlik eğitimlerinin müfredata eklenmesini teşvik etmekte ve bu konudaki en iyi uygulamaları paylaşmaktadırlar (FDI World Dental Federation, 2025).

2.5. Önerilen Eğitim İçerikleri ve Uygulama Yöntemleri

Çevresel sürdürülebilirlik konularının dental müfredata entegre edilmesi için önerilen uygulamalar şu şekildedir:

- Klinik prosedürlerde atık yönetimi ve geri dönüşüm eğitimleri.
- Enerji tasarrufu ve su tüketimini azaltan klinik uygulamaların teorik ve pratik eğitimleri.
- Vaka temelli öğrenme modülleri ile çevresel etki değerlendirmelerinin öğrencilere aktarılması.
- Öğrenci projeleri ve topluma hizmet uygulamaları ile pratik deneyimler kazandırılması (Brett Duane et al., 2021; Nassar et al., 2024)

3. GERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI VE MALZEME YÖNETİMİ

Dental kliniklerde oluşan atıkların yönetimi, çevresel sürdürülebilirliğin en önemli boyutlarından biridir. Özellikle diş hekimliğinde kullanılan materyallerin çevresel etkileri, uygun geri dönüşüm yöntemlerinin benimsenmesiyle önemli

ölçüde azaltılabilir. Bu bölümde, dental materyallerin sürdürülebilir yönetimi için geliştirilen çeşitli yöntemler ve uygulamalar incelenmektedir.

3.1. Alçı Ürünlerinin Geri Dönüşümü

Protetik diş hekimliğinde yaygın kullanılan alçı materyalleri, klinik ve laboratuvar ortamlarında ciddi miktarda atık oluşturmaktadır. Geleneksel olarak, bu materyaller genellikle doğrudan çöpe atılmakta ya da katı atık depolama sahalarında bertaraf edilmektedir. Ancak son yıllarda geliştirilen geri dönüşüm yöntemleri sayesinde alçı atıkları, yeniden işlenerek üretim sürecine kazandırılabilir. Tawade ve arkadaşları, alçı geri dönüşümünde uygulanan mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin, çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağlayabileceğini göstermiştir (Tawade et al., 2024).

3.2. Dental Amalgamın Geri Kazanımı

Amalgam atıkları, içerdikleri cıva nedeniyle çevre ve insan sağlığı açısından önemli riskler taşımaktadır. Bu atıkların uygun şekilde ayrıştırılıp geri kazanılması hem çevresel etkileri azaltmakta hem de ekonomik kazanımlar sağlamaktadır. Amalgam ayırıcılar, amalgam partiküllerini kanalizasyona karışmadan önce toplayarak geri kazanım süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Hörsted-Bindslev, 2004).

3.3. Plastik Atıkların Yönetimi

Diş kliniklerinde yaygın kullanılan tek kullanımlık plastik malzemeler, büyük miktarlarda atık oluşumuna neden olmaktadır. Bu plastik atıkların azaltılması ve geri dönüştürülmesi için alternatif stratejiler geliştirilmiştir. Bunlardan biri, biyolojik olarak parçalanabilen plastik malzemelerin kullanımınıdır. Ayrıca, yeniden kullanılabilir ürünlerin tercih edilmesi plastik atık oluşumunu önemli ölçüde azaltmaktadır (Martin et al., 2021)

3.4. Metal Atıkların Geri Kazanımı

Dental uygulamalarda kullanılan çeşitli metal materyaller (örneğin, titanyum implantlar, krom-kobalt protez parçaları ve ortodontik braketler) kullanıldıktan sonra önemli metal atıklar oluşturur. Bu atıkların geri dönüşümü, metal kaynaklarının korunmasına ve çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Kliniklerde metal atıkların ayrı toplanması ve uzman geri dönüşüm firmalarına teslim edilmesi tavsiye edilmektedir (Boukhris, Zidani, Khalifa, Bouslema, & Youssef, 2025).

3.5. Ambalaj Atıklarının Azaltılması ve Yönetimi

Dental ürünlerin ambalajları genellikle plastik, kağıt ve metal kombinasyonlarından oluşmaktadır. Ambalaj atıklarını azaltmak için daha sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, yeniden kullanılabilir veya biyolojik olarak parçalanabilir ambalaj seçenekleri ve ürünlerin büyük ambalajlarla

alınması gibi yöntemler önerilmektedir. Ambalaj atıklarının klinik ortamda ayrıştırılarak toplanması ve geri dönüşüme kazandırılması da önemlidir (Boukhris et al., 2025).

4. ENGELLER VE İTİCİ GÜÇLER

Sürdürülebilir diş hekimliği uygulamalarının benimsenmesi birçok faydayı beraberinde getirir de, bu süreçte karşılaşılan engeller ve destekleyici faktörler bulunmaktadır. Bu bölümde, sürdürülebilir diş hekimliği uygulamalarının benimsenmesindeki temel engeller ve bu uygulamaların yaygınlaşmasını destekleyen itici güçler detaylandırılarak incelenmektedir.

4.1. Engeller

4.1.1. Bilgi ve farkındalık eksikliği

Dental profesyonellerin sürdürülebilir uygulamalar konusundaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin düşük olması, uygulamaların benimsenmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Birçok diş hekimi, sürdürülebilir uygulamaların faydaları ve pratiğe entegrasyonu konusunda yeterli bilgiye sahip değildir. Bu durum, sürdürülebilir uygulamaların kliniklerde hayata geçirilmesini geciktirmekte ve çevresel etkilerin azaltılmasını zorlaştırmaktadır (Gershberg et al., 2022; Nassar et al., 2024).

4.1.2. Ekonomik ve finansal kısıtlar

Sürdürülebilir diş hekimliği uygulamalarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, küçük ve orta ölçekli klinikler açısından önemli bir engeldir. Özellikle enerji verimli ekipmanlar, çevre dostu materyaller ve gelişmiş geri dönüşüm sistemlerinin maliyetleri başlangıçta yüksek olabilir. Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde ve küçük ölçekli kliniklerde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini güçleştirmektedir (FDI World Dental Federation, 2025).

4.1.3. Düzenleyici ve yasal eksiklikler

Çoğu ülkede, sürdürülebilir diş hekimliği uygulamalarını destekleyen veya zorunlu kılan net yasal düzenlemeler bulunmamaktadır. Bu eksiklik, kliniklerin çevresel sürdürülebilirliğe yönelik adımlar atmasını engelleyen önemli bir faktördür. Ayrıca, yasal düzenlemelerin yetersizliği nedeniyle klinikler sürdürülebilir uygulamalara geçiş için gerekli motivasyonu bulmakta zorluk çekmektedir (Brett Duane et al., 2021).

4.1.4. Müfredat yükü ve eğitim sistemi

Dental eğitim müfredatlarının yoğun olması, sürdürülebilirlik konularının eklenmesini zorlaştırmaktadır. Eğitimciler, mevcut ders içeriklerinin kapsamlı olması ve zaman sınırlamaları nedeniyle sürdürülebilirliğe dair yeni içerikler eklemek için yeterli zaman bulamamaktadır. Bu durum, öğrencilerin çevresel

sürdürülebilirlik konusunda yeterli bilgi ve bilince sahip olmadan mezun olmasına neden olmaktadır (Brett Duane et al., 2021; Gershberg et al., 2022).

4.2. İtici Güçler

4.2.1. Küresel politika ve düzenleyici çerçeveler

Paris Anlaşması, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Minamata Sözleşmesi gibi uluslararası anlaşmalar, dış hekimliği sektöründe sürdürülebilirlik uygulamalarının benimsenmesi için güçlü teşvikler sağlamaktadır. Bu politikalar, ülkelerin sürdürülebilir dış hekimliği uygulamalarına yönelik stratejiler geliştirmesini desteklemekte ve kliniklerin çevresel sorumluluk bilincini artırmaktadır (FDI World Dental Federation, 2025).

4.2.2. Toplumsal bilinç ve hasta talepleri

Toplumun bazı kesimlerinde artan çevre bilinci ve sürdürülebilirlik farkındalığı, hastaların çevre dostu klinikleri tercih etme eğilimini artırmaktadır. Hastaların sürdürülebilir uygulamalara yönelik talepleri, kliniklerin bu uygulamaları benimsemesi için önemli bir motivasyon kaynağı olmaktadır. Klinikler, hastaların taleplerine yanıt verebilmek için çevresel sürdürülebilirliğe önem vermektedir (Martin et al., 2021).

4.2.3. Teknolojik gelişmeler ve yenilikler

Son yıllarda sürdürülebilirlik odaklı teknolojik yeniliklerin hızla gelişmesi, kliniklerin çevresel etkilerini azaltma imkanlarını genişletmiştir. Enerji verimli cihazlar, çevre dostu materyaller, dijital teknolojiler ve gelişmiş geri dönüşüm sistemleri gibi yenilikler, sürdürülebilir uygulamalara geçişi kolaylaştırmaktadır. Teknolojideki bu ilerlemeler, kliniklerin çevre dostu çözümleri daha etkin ve ekonomik bir şekilde benimsemesini sağlamaktadır (Martin et al., 2021).

Tele-dış hekimliği uygulamaları da sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sunmaktadır. Uzaktan değerlendirme ve dijital konsültasyonlar, gereksiz klinik ziyaretlerini azaltarak karbon ayak izinin düşmesine, zaman ve kaynak kullanımının optimize edilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca hastaların ağız sağlığı takibinde erişilebilirliği artırarak sürdürülebilir klinik hizmetlerine destek sağlamaktadır.

4.2.4. Eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri

Dental eğitim kurumlarında sürdürülebilirlik konularının müfredata entegre edilmesi ve sürekli mesleki eğitimlerle profesyonellerin bilgilendirilmesi, sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesinde kritik rol oynamaktadır. Öğrencilerin ve dental profesyonellerin sürdürülebilirlik konusunda eğitilmesi, kliniklerde çevre dostu uygulamaların daha hızlı ve etkili bir şekilde hayata geçirilmesini desteklemektedir (Nassar et al., 2024).

5. SONUÇ

Sürdürülebilirlik kavramının diş hekimliği pratiğine entegrasyonu, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmayıp, ekonomik avantajlar ve toplumsal faydalar da sunmaktadır. Kliniklerde dijital radyografi, amalgam ayırıcı kullanımı, enerji verimliliği, su tasarrufu teknolojileri, plastik atıkların azaltılması ve tele-diş hekimliği uygulamaları gibi stratejiler, bu geçiş sürecinde büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, diş hekimliği eğitim kurumlarının müfredatlarında sürdürülebilirlik prensiplerini sistematik olarak entegre etmesi, gelecek nesillerin bu alanda bilinçlenmesini ve aktif rol üstlenmesini sağlayacaktır.

Ancak bu süreç, ekonomik kısıtlılıklar, farkındalık eksikliği, müfredat yoğunluğu ve yasal düzenlemelerdeki yetersizlikler gibi engellerle karşı karşıyadır. Bunların üstesinden gelmek için, ulusal ve uluslararası düzeyde kapsamlı politikalar ve düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Association for Dental Education in Europe (ADEE). (2020). *ADEE website*. Retrieved May 19, 2020, from <https://adee.org/>
- Association for Dental Education in Europe (ADEE). (2023). *Curriculum elements relating to sustainability in oral health professional programmes*. Retrieved from <https://adee.org/short-commentary-sustainability>
- Boukhris, H., Zidani, H., Khalifa, A. B., Bouslema, G., & Youssef, S. B. (2025). Environmental Impact of Dental Waste: A Survey-based Analysis of Waste Segregation and Recycling Practices in Dental Clinics. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 26(3), 250-256.
- Duane, B., Dixon, J., Ambibola, G., Aldana, C., Couglan, J., Henao, D., . . . Darragh, J. H. (2021). Embedding environmental sustainability within the modern dental curriculum—Exploring current practice and developing a shared understanding. *European Journal of Dental Education*, 25(3), 541-549.
- Duane, B., Lee, M. B., White, S., Stancliffe, R., & Steinbach, I. (2017). An estimated carbon footprint of NHS primary dental care within England. How can dentistry be more environmentally sustainable? *British Dental Journal*, 223(8), 589-593.
- Duane, B., Stancliffe, R., Miller, F., Sherman, J., & Pasdeki-Clewer, E. (2020). Sustainability in dentistry: a multifaceted approach needed. *Journal of Dental Research*, 99(9), 998-1003.
- Duane, B., & Steinbach, I. (2024). What is the environmental footprint of a dental practice? A life cycle analysis (Part 1). *British Dental Journal*, 1-6.
- Estai, M., Bunt, S. M., Kanagasingham, Y., Kruger, E., & Tennant, M. (2018). A resource reallocation model for school dental screening: taking advantage of teledentistry in low-risk areas. *International dental journal*, 68(4), 262-268.
- FDI World Dental Federation. (2025). *COP-6 news alert*. https://fdiworlddental.org/sites/default/files/2025-11/COP-6_News-alert_FINAL.pdf
- FDI World Dental Federation. (2025). *Sustainability in dentistry*. Retrieved from <https://www.fdiworlddental.org/sustainability-dentistry>
- Gershberg, N. C., Lee, J., Murphree, J. K., Parchure, A., & Hackley, D. M. (2022). US students' perceptions on environmental sustainability in dental school. *Journal of Dental Education*, 86(4), 482-488.
- Hackley, D. M., & Luca, J. (2024). Sustainability in dentistry: an overview for oral healthcare team members. *Journal of the California Dental Association*, 52(1), 2422150.

- Hashemizadeh, A., Lyne, A., & Liddicott, M. (2024). Reducing single-use plastics in dental practice: a quality improvement project. *British Dental Journal*, 237(6), 483-486.
- Health Care Without Harm, & Arup. (2024). *Climate footprint report: Policy recommendations and final words*. Retrieved from <https://global.noharm.org/resources/climate-footprint-report-policy-recommendations-and-final-words>
- Hørsted-Bindslev, P. (2004). Amalgam toxicity—environmental and occupational hazards. *Journal of dentistry*, 32(5), 359-365.
- Jampani, N., Nutalapati, R., Dontula, B., & Boyapati, R. (2011). Applications of teledentistry: A literature review and update. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 1(2), 37-44.
- Johnston, L. (2019). Amalgam and the environment. *British Dental Journal*, 226, 640. doi:10.1038/s41415-019-0331-6
- Khanna, R., Konyukhov, Y., Maslennikov, N., Kolesnikov, E., & Burmistrov, I. (2023). An overview of dental solid waste management and associated environmental impacts: A materials perspective. *Sustainability*, 15(22), 15953.
- Martin, N., Smith, L., & Mulligan, S. (2021). Sustainable oral healthcare and the environment: mitigation strategies. *Dental Update*, 48(7), 524-531.
- Mulligan, S., Kakonyi, G., Moharamzadeh, K., Thornton, S., & Martin, N. (2018). The environmental impact of dental amalgam and resin-based composite materials. *British Dental Journal*, 224(7), 542-548.
- Nassar, M., Shalan, W., Al-Janaby, U., Elnagar, H., Alawadhi, M., Jaser, S., & Joury, E. (2024). Exploring environmental sustainability in dentistry among students and educators in the United Arab Emirates: a cross-sectional survey. *BMC Medical Education*, 24(1), 489.
- Siqueira, R., Galli, M., Chen, Z., Mendonça, G., Meirelles, L., Wang, H.-L., & Chan, H.-L. (2021). Intraoral scanning reduces procedure time and improves patient comfort in fixed prosthodontics and implant dentistry: a systematic review. *Clinical oral investigations*, 25(12), 6517-6531.
- Smith, L., Ali, M., Agrissais, M., Mulligan, S., Koh, L., & Martin, N. (2023). A comparative life cycle assessment of dental restorative materials. *Dental Materials*, 39(1), 13-24.
- Tawade, S. U., Dhamande, M. M., Dubey, S. A., Sathe, S., Selukar, M. S., & Pathak, A. (2024). Sustainable Dentistry: A Comprehensive Review of the Recycling Techniques for Gypsum Products in Prosthodontics. *Cureus*, 16(3).

- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Dental effluent guidelines*. Retrieved from <https://www.epa.gov/eg/dental-effluent-guidelines>
- Vandenberghe, B. (2018). The digital patient—Imaging science in dentistry. *Journal of dentistry*, 74, S21-S26.
- Wadhawan, R., Mishra, S., Parihar, S., Raj, N., Rajput, B., & Kumar, S. (2024). Eco-friendly dentistry: understanding the environmental impact in dental practice. *J Dent Spec*, 12(2), 67-71.

BÖLÜM 3

Ağız Diş ve Çene Cerrahisinde Kullanılan Trombosit Konsantreleri: Biyolojiden Kliniğe

**Andaç Doğan¹ & Eren Kütük² &
Emin Valiyev³**

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-3517-2051

² Arş.Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0002-1999-0107

³ Arş. Gör Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0002-9237-9777

1. GİRİŞ

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi pratiğinde, sert ve yumuşak doku defektlerinin rekonstrüksiyonu, diş eksikliklerinin implant destekli protezlerle rehabilitasyonu ve periodontal hastalıkların tedavisi, başarılı bir "yara iyileşmesi" sürecine doğrudan bağlıdır. Geleneksel cerrahi yaklaşımlar uzun yıllar boyunca doku onarımına (repair) odaklanmış olsa da son yirmi yılda doku mühendisliğindeki gelişmelerle birlikte hedef, fonksiyonel ve estetik bütünlüğün tam olarak sağlandığı rejenerasyona (regeneration) evrilmiştir.

Bu bağlamda, hastanın kendi kanından (otolog) elde edilen kan ürünlerinin kullanımı, cerrahi sahasındaki iyileşme potansiyelini artırmak amacıyla yaygınlaşmıştır. Trombosit konsantrasyonları (Platelet Concentrates - PC), içerdikleri yüksek orandaki büyüme faktörleri (Growth Factors - GFs) sayesinde, fizyolojik yara iyileşmesi sürecini hızlandıran ve kalitesini artıran biyo-aktif materyaller olarak tanımlanmaktadır [1]. Bu bölüm, trombosit konsantrasyonlarının klinik kullanımının altında yatan biyolojik mekanizmaları, trombositlerin (plateletlerin) yapısını ve bu ürünlerin tarihsel gelişimini detaylı bir şekilde incelemektedir.

1.1. Yara İyileşmesi ve Rejenerasyonun Biyolojisi

Yara iyileşmesi, doku bütünlüğü bozulduğunda organizmanın homeostazi sağlamak için başlattığı, birbiri içine geçmiş karmaşık biyokimyasal ve hücresele olaylar zinciridir. Ağız içi dokularda bu süreç; hemostaz, inflamasyon, proliferasyon ve maturasyon (remodeling) olmak üzere dört ana fazda gerçekleşir. Trombosit konsantrasyonlarının etki mekanizmasını anlamak için bu fazların dinamiklerini kavramak elzemdir.

1. **Hemostaz Fazı:** Doku yaralanmasını takiben saniyeler içinde başlar. Vasküler hasar sonucu açığa çıkan subendotelyal kolajen, dolaşımdaki trombositlerin adezyonunu ve agregasyonunu tetikler. Bu aşamada oluşan fibrin pıhtısı, sadece kanamayı durdurmakla kalmaz, aynı zamanda iyileşme için gerekli hücrelerin göç edeceği geçici bir "matriks" (iskele) görevi görür. Trombositler bu fazda degranüle olarak, iyileşme kaskadını başlatan ilk sinyal moleküllerini salgılar.

2. **İnflamasyon Fazı:** Hemostazın hemen ardından nötrofiller ve monositler kemotaktik sinyallerle (özellikle trombositlerden salınan PDGF ve TGF- β) yara bölgesine göç eder. Nötrofiller bakterileri ve ölü doku artıklarını fagosite ederken, monositler makrofajlara dönüşür. Makrofajlar, yara iyileşmesinin orkestra şefi olarak kabul edilir; pro-inflamatuar (M1 fenotipi) durumdan anti-inflamatuar ve rejeneratif (M2 fenotipi) duruma geçişleri, iyileşmenin kalitesini belirler [2].

3. **Proliferasyon Fazı:** Bu aşamada anjiyogenez (yeni damar oluşumu), fibroplazi ve epitelizasyon ön plandadır. Fibroblastlar bölgeye göç ederek granülasyon dokusunu oluşturur ve tip III kolajen sentezler. Yeni damar oluşumu, dokunun oksijenlenmesi ve beslenmesi için kritiktir ve büyük oranda VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) tarafından yönetilir.

4. **Remodeling (Yeniden Şekillenme) Fazı:** Aylar sürebilen bu son fazda, düzensiz tip III kolajen lifleri yıkılarak, daha organize ve dirençli tip I kolajen liflerine dönüştürülür.

Trombosit konsantrasyonlarının temel mantığı, bu doğal kaskadın en başındaki "sinyal" gücünü artırmaktır. Yara bölgesine suprafizyolojik dozda (kandakinden katbekat fazla) trombosit ve dolayısıyla büyüme faktörü uygulanması, tüm bu hücresele olayların daha hızlı ve güçlü başlamasını sağlar [3].

1.2. Trombositlerin Yapısı ve Büyüme Faktörleri

Trombositler (plateletler), kemik iliğindeki megakaryositlerin sitoplazmik parçalanmasıyla oluşan, çekirdeksiz, diskoid şekilli ve yaklaşık 2-4 µm çapındaki kan elemanlarıdır. Ortalama yaşam süreleri 7-10 gündür ve normal bir erişkinde kanın mikrolitresinde 150.000 - 400.000 arasında bulunurlar. Trombositler, basit birer "tıkaç" hücresi olmanın ötesinde, içerdikleri granüller sayesinde güçlü birer biyolojik rezervuar görevi görürler. Trombositlerin sitoplazmasında üç tür granül bulunur: Alfa (α) granülleri, yoğun (dense) granüller ve lizozomlar. Rejeneratif tıp açısından en kritik öneme sahip olanlar Alfa granülleridir.

Alfa (α) Granülleri ve İçeriği

Aktive olmuş bir trombosit, içeriğindeki alfa granüllerini ekzositoz yoluyla dışarı boşaltır (degranülasyon). Bu granüllerin içinde yara iyileşmesini modüle eden çok sayıda biyo-aktif molekül bulunur. Bunların en önemlileri şunlardır [1, 5]:

- **Platelet-Derived Growth Factor (PDGF - Trombosit Kaynaklı Büyüme Faktörü):** Trombositlerden salınan ilk ve en güçlü faktörlerden biridir. Mezenkimal kök hücreler, osteoblastlar ve fibroblastlar için güçlü bir mitojen (bölünmeyi tetikleyici) ve kemoatraktan (hücre çekici) ajandır. Ayrıca makrofaj aktivasyonunu artırarak anjiyogenezi dolaylı yoldan destekler. İzomerleri (PDGF-AB, PDGF-BB vb.) farklı doku tiplerinde spesifik etkilere sahiptir.

- **Transforming Growth Factor-Beta (TGF-β - Dönüştürücü Büyüme Faktörü):** İki ana izomeri (TGF-β ve TGF-β2) bulunur. Fibroblastların kemotaksisini ve pro-kollajen sentezini uyararak ekstrasellüler matriksin

oluşumunu sağlar. Ayrıca osteoblastların çoğalmasını inhibe ederken farklılaşmasını (diferansiyasyon) tetikleyerek kemik oluşumunu modüle eder.

- **Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF - Vasküler Endotelial Büyüme Faktörü):** Anjiyogenezin en güçlü uyarıcısıdır. Endotel hücrelerinin proliferasyonunu ve migrasyonunu sağlayarak yara bölgesinde yeni kılcal damar ağının oluşumunu başlatır. Oksijenin dokuya ulaşması, kemik rejenerasyonu için hayati öneme sahiptir.

- **Insulin-like Growth Factor (IGF - İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü):** Hücrelerin programlı ölümünü (apoptoz) engelleyerek sağkalımı artırır ve diğer büyüme faktörleri ile sinerjik çalışarak doku oluşumunu destekler.

Bu büyüme faktörlerinin yanı sıra, trombositler Trombospondin-1, Fibronektin ve Vitronektin gibi hücre adezyon moleküllerini; ayrıca PF-4 (Platelet Factor 4) gibi anti-mikrobiyal peptitleri de salgırlar. Bu zengin biyokimyasal kokteyl, trombosit konsantrasyonlarının neden sadece bir "dolgu maddesi" değil, aktif bir "biyolojik ilaç" gibi davrandığını açıklamaktadır [6].

1.3. Trombosit Konsantrasyonlarının Tarihsel Gelişimi ve Sınıflandırma

Rejeneratif tıpta kan ürünlerinin kullanımı yeni bir konsept değildir. 1970'lerde ve 80'lerde "Fibrin Yapıştırıcılar" (Fibrin Glues) cerrahi sahasında hemostazı sağlamak ve doku yapışmasını artırmak için kullanılmıştır. Ancak bu ürünler genellikle donör plazmasından elde edildiği için çapraz enfeksiyon riski taşımaktaydı ve büyüme faktörü içerikleri düşüktü.

Otolog (kişinin kendinden alınan) trombosit konsantrasyonlarının modern anlamda ilk kullanımı, 1998 yılında Marx ve arkadaşlarının [3] çene cerrahisi alanındaki öncü çalışmasıyla başlamıştır. Marx, mandibular rezeksiyon defektlerinde kemik greftine PRP (Platelet-Rich Plasma) eklediğinde, kemikleşme hızının ve yoğunluğunun anlamlı derecede arttığını radyografik ve histolojik olarak kanıtlamıştır. Bu çalışma, dental implantoloji ve oral cerrahide bir "PRP fırtınası" başlatmıştır.

Ancak zamanla piyasaya sürülen farklı santrifüj cihazları ve kitleri, farklı ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu terminolojik kaosu çözmek adına Dohan Ehrenfest ve ark. [1], 2009 yılında günümüzde halen geçerliliğini koruyan ve Lökosit içeriği ile Fibrin yapısına dayalı sınıflandırma sistemini geliştirmiştir. Bu sınıflandırma, ürünleri 4 ana kategoriye ayırır:

1. **P-PRP (Pure Platelet-Rich Plasma):** Lökositten fakir, düşük yoğunluklu fibrin ağına sahip (Örn: Vivostat, Anitua'nın PRGF'si).

2. **L-PRP (Leucocyte- and Platelet-Rich Plasma):** Lökositten zengin, düşük yoğunluklu fibrin ağına sahip (Örn: Klasik PRP sistemleri, SmartPRP).

3. **P-PRF (Pure Platelet-Rich Fibrin):** Lökositten fakir, yüksek yoğunluklu fibrin ağına sahip (Örn: Fibrinet).

4. **L-PRF (Leucocyte- and Platelet-Rich Fibrin):** Lökositten zengin, yüksek yoğunluklu fibrin ağına sahip (Örn: Choukroun'un klasik PRF'si).

Bu sınıflandırma, cerrahın hangi ürünü, hangi biyolojik amaçla (örneğin anti-inflamatuar etki isteniyorsa lökositli, istenmiyorsa lökositiz) kullanacağına karar vermesinde kritik rol oynar.

2. Trombosit Kaynaklı Fibrin ve Plazma Konsantreleri

2.1 Pure Platelet-Rich Plasma (P-PRP)/ Saf Trombositten Zengin Plazma (S-TZP)[1]: P-PRP, santrifüj işlemi sırasında lökositlerin bulunduğu "buffy coat" tabakasının alınmadığı, sadece trombositlerin ve plazmanın toplandığı PRP türevidir. Yüksek konsantrasyonda trombosit içerir. Standart PRP'den en temel farkı, içeriğin büyük oranda lökositlerden (beyaz kan hücrelerinden) arındırılmış olmasıdır. Bu ayrım, özellikle inflamasyonun istenmediği tedavilerde önemlidir. Düşük yoğunluklu bir fibrin ağına sahiptir. Genellikle sıvı formdadır.

Hazırlama Yöntemi [4]:

P-PRP elde etmek için genellikle "yumuşak santrifüj" (low speed) yöntemleri veya özel ticari kitler kullanılır:

1. Kan antikoagülanlı tüpe alınır.
2. Santrifüj sonrası kan üç tabakaya ayrılır: En altta eritrositler, ortada "buffy coat" (lökositler ve trombositler), en üstte plazma.
3. Kritik Adım: Lökositlerin yoğun olduğu "buffy coat" tabakasına dokunulmadan, sadece plazma içindeki trombositler toplanır. Bazı protokollerde bu plazma tekrar santrifüj edilerek (double spin) trombositler dibe çöktürülür ve üstteki fakir plazma atılır.

2.2 Leucocyte- and Platelet-Rich Plasma (L-PRP) / Lökosit ve Trombositten Zengin Plazma (L-TZP)[7]: Hem trombositler hem de lökositler içeren plazma türevidir. Uluslararası literatürde L-PRP (Leukocyte-Rich PRP) olarak bilinir. İçeriğinde yüksek miktarda trombositin yanı sıra, kasıtlı olarak lökositler (beyaz kan hücreleri) de tutulur. P-PRP'den farkı, L-PRP'nin "Buffy Coat" tabakasını içermesi ve dolayısıyla lökosit bakımından zengin olmasıdır.

P-PRP gibi düşük yoğunluklu bir fibrin ağına sahiptir. Pro-inflamatuar ve antiimikrobiyal özelliktedir. L-PRP içindeki lökositler (özellikle nötrofiller), ortama sitokinler ve proteazlar salgılar.

Hazırlama Yöntemi (Buffy Coat Yöntemi)

P-PRP'den farklı olarak, "Buffy Coat" (kan tüpünde eritrositlerin hemen üzerinde oluşan beyaz-krem rengi tabaka) bırakılmaz, hatta toplanır.

1. Kan alınır, antikoagülan (genellikle ACD-A veya Sodyum Sitrat) içeren tüplere alınır ve genellikle yüksek hızda (hard spin) santrifüj edilir (bazı protokollerde çift santrifüj gerekir).

2. Tüpün dibindeki kırmızı hücrelerin hemen üzerindeki beyaz lökosit tabakası (Buffy Coat) ve üzerindeki trombositler enjektör yardımıyla çekilir.

3. Böylece hem trombosit hem de lökosit açısından zengin, kırmızıya çalan bulanık bir plazma elde edilir.

Double-Spin yöntemi

1. **Kan Alımı:** Venöz kan, antikoagülan (genellikle ACD-A veya Sodyum Sitrat) içeren tüplere alınır.

2. **İlk Santrifüj (Soft Spin):** Kan bileşenlerine ayrılır. Eritrositler (kırmızı kan hücreleri) dibe çöker, plazma ve trombositler üstte kalır.

3. **İkinci Santrifüj (Hard Spin):** İlk aşamada ayrılan plazma tekrar santrifüj edilerek trombositlerin çökmesi sağlanır.

4. **Toplama:** Tüpün dibindeki trombosit çökeltisi ve hemen üzerindeki lökosit tabakası (Buffy Coat) az miktarda plazma ile karıştırılarak toplanır.

Lökositlerin rolü ile ilgili tartışmalar:

Destekleyenler Görüş : Lökositler, antimikrobiyal özellikleri sayesinde enfeksiyon riskini azaltır ve makrofajlar aracılığıyla doku temizliğini sağlar.

Eleştirenler Görüş : Lökositler (özellikle nötrofiller), proteazlar ve reaktif oksijen türleri salgılayarak enflamasyonu artırabilir ve iyileşmeyi geciktirebilir. Bu grup genellikle P-PRP (lökositsiz) kullanımını savunur.

2.3. Pure Platelet-Rich Fibrin (P-PRF) / Saf Trombosit Zengin Fibrin (S-TZF): Lökosit içermeyen, sadece trombositlerden zengin fibrin matriktir. Uluslararası literatürde P-PRF (Pure Platelet-Rich Fibrin) olarak tanımlanır. Lökositlerin (özellikle nötrofillerin) dışlandığı, sadece trombositlerin yoğunlaştırıldığı bir fibrin ağıdır. Katı (jel veya Membran) formdadır. Amaç inflamasyonu oluşturmadan doku çatısı elde etmektir.

Klasik L-PRF eldesinde kan tüpte santrifüj edilir ve oluşan pıhtının tamamını kullanırız (bu yüzden lökositler de işin içine girer). Ancak P-PRF elde etmek için lökositleri ayırmanız gerekir. Bu genellikle doğal pıhtılaşma ile zor olduğundan, özel ticari kitler kullanılır (Örn: Fibrinet sistemi).

1. **Ayırma:** Önce kan santrifüj edilerek lökositler atılır ve sıvı plazma (trombositli) alınır.
2. **Pıhtılaştırma:** Bu sıvı plazmaya kalsiyum klorür ($CaCl_2$) veya benzeri bir aktivatör eklenerek yapay bir pıhtı (fibrin) oluşturulur.
3. **Sonuç:** Elinizde beyaz kan hücresi olmayan, "temiz" ama biyolojik aktivitesi L-PRF'ye göre daha düşük bir fibrin yumağı kalır.

Neden Daha Az Tercih Ediliyor? (L-PRF vs P-PRF)

Güncel bilimsel görüş (özellikle Choukroun ve Dohan Ehrenfest ekolü), iyileşme için lökositlerin şart olduğunu savunur.

- **Lökositlerin Avantajı:** Enfeksiyonla mücadele eder, büyüme faktörlerini yavaş salgılar ve "yönetici" hücreler gibi davranır.
- **P-PRF'nin Dezavantajı:** Lökosit olmadığı için enfeksiyonla mücadele edemez ve büyüme faktörü salınımı L-PRF kadar uzun süreli olmayabilir.

P-PRF günümüzde L-PRF'nin gölgesinde kalsa da şu durumlarda tercih edilebilir:

- **Aşırı Hassas Dokular:** İnflamasyonun (şişlik/ödem) kesinlikle istenmediği estetik bölgelerde, hacim yaratmak amacıyla "dolgu maddesi" benzeri bir fibrin yapısı istendiğinde.
- **Sinir Çevresi Uygulamalar:** Sinir dokusuna baskı yapacak veya reaksiyon oluşturacak lökosit aktivitesinden kaçınılmak istendiğinde.

2.4. Leucocyte- and Platelet-Rich Fibrin (L-PRF) / Lökosit ve Trombositten Zengin Fibrin (L-TZF): Hem trombositler hem de lökositler içeren fibrin matrikstir. Trombosit konsantrasyonları ailesinin "İkinci Nesil" olarak kabul edilir. Günümüzde özellikle diş hekimliği ve çene cerrahisinde "Altın Standart" haline gelmiş olan form budur. L-PRF, hiçbir kimyasal veya pıhtılaşma önleyici (antikoagülan) eklenmeden, hastanın kendi kanının santrifüj edilmesiyle elde edilen tamamen doğal bir biyomateryaldir.

Antikoagülan kullanılmadığı için, kan tüpe girer girmez pıhtılaşma kaskadı başlar. Santrifüj sırasında oluşan fibrin, trombositleri ve lökositleri bir ağ gibi içine hapseder. PRP'deki gibi sıvı değildir. Tıpkı bir inşaat iskelesi gibi hücrelerin

tutunup tırmanabileceği 3 boyutlu bir iskele yapısı sunar. PRP'de büyüme faktörleri ilk 1 saatte hızla boşalır ve tükenir. L-PRF'de ise fibrin ağına hapsolan büyüme faktörleri (VEGF, PDGF, TGF-beta) **7 ila 14 gün boyunca** yavaş salınır. Bu, iyileşme süreciyle daha uyumludur.

2.4.1. Hazırlama Yöntemi (Protokol)

Hazırlanışı PRP'den daha basittir ancak zamanlama kritiktir.

1. **Kan Alma:** İçi cam veya silika kaplı plastik tüplere (kırmızı kapaklı tüpler) kan alınır. Antikoagülan konulmaz.
2. **Hızlı Transfer:** Kan pıhtılaşmadan hemen santrifüje konmalıdır (en geç 1-2 dakika içinde).
3. **Santrifüj:** Belirli bir hız ve sürede (Örn: 2700 rpm / 12 dk veya güncel protokollerde daha düşük hızlar) çevrilir.
4. **Sonuç:** Tüpün ortasında sarı jöle kıvamında bir pıhtı oluşur. Bu pıhtı cımbızla çıkarılır, alttaki kırmızı kan hücrelerinden makasla ayrılır.

2.4.2. Klinik Formları ve Kullanımı

L-PRF klinikte farklı şekillerde kullanılabilir:

- **PRF Membranı:** Pıhtı özel bir kutuda (PRF Box) sıkıştırılarak yassı bir zar haline getirilir. Diş eti çekilmelerinde, implant üstünü örtmede veya sinüs yırtıklarını kapatmada kullanılır.
- **PRF Plug (Tıkaç):** Sıkıştırılmadan silindirik şeklinde kullanılır. Diş çekim boşluklarına (soket koruma) yerleştirilir.
- **Sticky Bone (Yapışkan Kemik):** L-PRF pıhtısı makasla küçük küçük kıyılarak kemik tozuyla karıştırılır. Ortaya çıkan yapı oyun hamuru gibi şekillendirilebilir ve dağılmaz. Çene cerrahisinde kemik ogmentasyonu için devrim niteliğinde bir yöntemdir.

3. BİRİNCİ KUŞAK TROMBOSİT KONSANTRASYONLARI

Birinci kuşak ürünler, kanın pıhtılaşmasını önlemek için antikoagülan kullanımını gerektiren ve elde edilen ürünün sıvı formda olduğu teknolojileri kapsar. Bu grupta en bilinenler Trombositten Zengin Plazma (PRP) ve Büyüme Faktöründen Zengin Plazma (PRGF)'dir.

3.1. Platelet Rich Plasma (PRP) / Trombositten Zengin Plazma (TZP)

3.1.1. Tanım ve Biyolojik Özellikler

PRP, tam kanın santrifüj edilmesiyle elde edilen, bazal kan değerinin en az 3-5 katı oranında (genellikle 1.000.000 μ L üzeri) trombosit içeren plazma fraksiyonu olarak tanımlanır [6]. PRP'nin temel felsefesi, trombositleri küçük bir plazma hacminde konsantre ederek, uygulama bölgesine "şok" dozda büyüme faktörü salmaktır.

PRP'de fibrin ağı, yapay olarak (trombin veya kalsiyum eklenerek) oluşturulduğu için biyolojik olarak zayıf bir yapıya sahiptir. Bu yapı "tetramoleküler" olmayan, ince liflerden oluşan bir ağıdır. Bu zayıf matriks, büyüme faktörlerinin tutulumunu sağlayamaz ve "Burst Release" (Ani Salınım) adı verilen fenomen gerçekleşir. PRP uygulandıktan sonraki ilk 10 dakika ile 1 saat içinde, içerdiği büyüme faktörlerinin yaklaşık %95'ini ortamdaki dokuya salıverir [12]. Bu durum, iyileşmenin başlatılması (kick-start) için çok etkilidir ancak uzun vadeli rejeneratif etki açısından sınırlılıklar yaratabilir.

3.1.2. Hazırlama Protokolü

PRP hazırlığı teknik hassasiyet gerektirir ve genellikle "Çift Santrifüj Tekniği" kullanılır. Süreç şu adımları içerir:

1. **Kan Alımı:** Hastadan venöz kan, içinde antikoagülan (genellikle Sitrata Fosfat Dekstroz - ACD-A veya Sodyum Sitrata) bulunan tüplere alınır. Antikoagülan, kanın tüp içinde pıhtılaşmasını engeller.

2. **Birinci Santrifüj (Soft Spin):** Kan, eritrositleri (kırmızı kan hücreleri) plazmadan ayırmak için düşük hızda ve kısa sürede santrifüj edilir. Bu işlem sonucunda tüpün dibinde eritrositler, üstte ise plazma ve trombositler kalır.

3. **Transfer:** Üstteki plazma tabakası (supernatant) ve eritrositlerin hemen üzerindeki "Buffy Coat" (lökosit ve trombositlerin bulunduğu ince beyaz tabaka) steril bir enjektörle çekilerek başka bir tüpe aktarılır.

4. **İkinci Santrifüj (Hard Spin):** Aktarılan plazma, trombositleri tüpün dibine çöktürmek (pellet oluşturmak) için yüksek hızda ve daha uzun süre santrifüj edilir.

5. **Resüspansiyon:** Santrifüj sonrası üstte kalan trombositten fakir plazma (PPP) atılır veya ayrılır. Tüpün dibindeki trombosit yığını (pellet), az miktarda plazma ile karıştırılarak (resüspansiyon) konsantre PRP elde edilir.

3.1.3. Aktivasyon ve Uygulama

Elde edilen PRP hala sıvı formdadır ve antikoagülan içerir. Cerrahi sahada kullanılmadan veya enjekte edilmeden hemen önce pıhtılaşma mekanizmasının tekrar başlatılması gerekir. Buna "Aktivasyon" denir. Aktivasyon için genellikle %10'luk Kalsiyum Klorür veya Sığır Trombini (Bovine Thrombin) kullanılır [3]. Sığır trombini kullanımı, pıhtılaşmayı çok hızlı (5-10 saniye) gerçekleştirir ancak insanlarda sığır faktörlerine karşı antikor gelişimi (Koagülopatiler) riski taşıdığı için günümüzde kullanımı azalmıştır ve tartışmalıdır [6].

2.1.4. Ağız, Diş ve Çene Cerrahisinde Kullanımı ve Sınırlılıkları

PRP, özellikle kemik greft partikülleri ile karıştırılarak (sticky bone benzeri yapı oluşturmasa da grefti bir arada tutmak için) sinüs lifting operasyonlarında, kist boşluklarının doldurulmasında ve periodontal defektlerde kullanılmıştır.

Dezavantajları:

- Hazırlama süresinin uzun olması (20-30 dakika).
- Pahalı kitlere ihtiyaç duyulması.
- Sığır trombini kullanımına bağlı immünolojik riskler.
- Sıvı formda olması nedeniyle mekanik stabilitesinin (yer tutuculuğunun) zayıf olması.

3.2. Büyüme Faktöründen Zengin Plazma (PRGF - Plasma Rich in Growth Factors)

PRP teknolojisinin bir varyasyonu olan ancak içerik ve felsefe bakımından ayrılan PRGF (Endoret teknolojisi olarak da bilinir), İspanyol araştırmacı Eduardo Anitua tarafından geliştirilmiştir [4]. Dohan Ehrenfest sınıflandırmasına göre P-PRP (Pure Platelet-Rich Plasma) kategorisinde yer alır.

3.2.1. PRP'den Temel Farkı: Lökosit Eliminasyonu

Klasik PRP sistemleri (örneğin SmartPreP), trombositlerle birlikte lökositleri de konsantre ederken (L-PRP); PRGF protokolü lökositleri plazmadan tamamen uzaklaştırmayı hedefler.

Anitua ve ekibinin hipotezine göre, lökositler (özellikle nötrofiller) içerdikleri proteazlar ve pro-inflamatuar sitokinler (IL-1 β , TNF- α vb.) nedeniyle iyileşme dokusunda enflamasyonu ve post-operatif ağrıyı artırabilir. Bu nedenle PRGF, "saf" bir plazma ve trombosit konsantrasyonu sunarak daha az inflamatuvar, daha "sessiz" bir iyileşme vadeder [5].

3.2.2. Hazırlama Protokolü ve Fraksiyonlar

PRGF hazırlığı, sodyum sitratlı tüplere alınan kanın tek aşamalı ve düşük hızlı (genellikle 460-580 g kuvvetinde, 8 dakika) santrifüj edilmesine dayanır. Santrifüj sonrası plazma dikkatlice fraksiyonlara ayrılır:

- **Fraksiyon 1 (F1):** Üstteki trombosit fakir kısım. Fibrin yapıştırıcı olarak kullanılır.
- **Fraksiyon 2 (F2):** Eritrosit tabakasının hemen üzerindeki 0.5 ml'lik kısım. Trombositlerin en yoğun olduğu bölgedir (bazal değerin 2-3 katı).

PRGF, kalsiyum klorür ile aktive edilir ve vücut sıcaklığında (37°C) inkübe edilirse (bekletilirse) jel formuna (scaffold) dönüşebilir. Ancak oluşan fibrin ağı, PRP gibi zayıftır ve mekanik direnci düşüktür. Çene cerrahisinde genellikle implant yüzeylerinin ıslanması (bio-activation) ve sinüs greftlerinin karıştırılmasında tercih edilir.

4. İKİNCİ KUŞAK TROMBOSİT KONSANTRASYONLARI

Birinci kuşak ürünlerin (PRP/PRGF) hazırlanmasında antikoagülan kullanım zorunluluğu, pıhtılaşmayı tekrar başlatmak için sığır trombini veya kimyasal aktivatörlere ihtiyaç duyulması ve sürecin karmaşıklığı, araştırmacıları daha doğal ve basit bir yöntem aramaya itmiştir. Bu arayış, 2001 yılında Fransa'da Joseph Choukroun ve arkadaşlarının Trombosit Zengin Fibrin (PRF - Platelet Rich Fibrin) sistemini geliştirmesiyle sonuçlanmıştır [8].

4.1. Platelet Rich Fibrin (PRF) / Trombosit Zengin Fibrin (TZF)

4.1.1. Tanım ve "Antikoagülsüz" Devrim

PRF, herhangi bir antikoagülan (sitrata, heparin vb.) veya jelleştirici ajan (sığır trombini) kullanılmadan, sadece hastanın kendi kanının santrifüj edilmesiyle elde edilen %100 otolog bir biyomateriyaldir. Dohan Ehrenfest sınıflandırmasında L-PRF (Leucocyte- and Platelet-Rich Fibrin) grubunda yer alır.

Bu teknolojideki temel mantık şudur: Kan, antikoagülan içermeyen bir tüpe alındığında, doğal pıhtılaşma kaskadı (koagülasyon) temasla hemen başlar. Eğer bu kan hızla santrifüj edilirse, oluşan fibrin ağı, trombositleri ve lökositleri tüpün ortasında hapseder. Sonuçta elde edilen ürün, güçlü bir fibrin matrisi içine gömülü hücrelerden oluşan "biyo-aktif bir tıkaçtır" [9].

4.1.2. Fibrin Mimarisi: Neden Daha Güçlü?

PRP ve PRGF'de fibrin ağı yapay ve ani bir aktivasyonla oluştuğu için lifler arası bağlantılar zayıftır (bilateral junction). Ancak PRF'te fibrin oluşumu fizyolojiktir ve yavaş gerçekleşir. Bu süreçte trombin konsantrasyonu düşüktür,

bu da fibrinojenin fibrine dönüşürken "tetramoleküler" veya "trimoleküler" (üçlü/dörtlü) eklemeler yapmasını sağlar [8].

Bu moleküler fark, PRF'e şu özellikleri kazandırır:

1. **Yüksek Elastikiyet:** PRF membranı cerrahi sırasında gerilebilir, dikilebilir ve yırtılmaya karşı dirençlidir.

2. **Hücre Tuzağı:** Üç boyutlu gözenekli yapı, lökositlerin ve trombositlerin kaçmasını engeller, onları matris içinde tutar.

4.1.3. Büyüme Faktörü Kinetiği: Yavaş Salınım (Sustained Release)

PRP ile PRF arasındaki en kritik biyolojik fark, büyüme faktörlerinin salınım süresidir.

- **PRP:** "Burst Release" yapar. Faktörlerin %95'i ilk saatte tüketir.
- **PRF:** Fibrin ağının güçlü yapısı, içine hapsolan trombositlerin sitokinleri hemen salmasını engeller. Ayrıca fibrin, büyüme faktörlerine (özellikle VEGF ve PDGF) karşı yüksek bir afiniteye sahiptir. Yapılan çalışmalar (Kobayashi ve ark.), PRF'in içerdiği büyüme faktörlerini 7 ila 14 gün boyunca yavaş ve sürekli bir şekilde salgıladığını göstermiştir [12]. Bu süre, yara iyileşmesinin proliferasyon fazını kapsadığı için rejenerasyon açısından daha avantajlı kabul edilir.

4.1.4. Lökositlerin Rolü ve Önemi (L-PRF)

PRP'nin aksine, klasik PRF (L-PRF) protokolü lökositleri (Beyaz Kan Hücreleri-WBC) korumayı ve konsantre etmeyi hedefler. PRF pıhtısının %50'den fazlası lökositlerden oluşur. Lökositlerin (özellikle nötrofil, monosit ve lenfositlerin) varlığı üç temel avantaj sağlar [11]:

1. **İmmün Regülasyon:** Enfeksiyona karşı lokal bir bağışıklık bariyeri oluşturur.
2. **Anti-Enfektif Etki:** İçerdikleri antimikrobiyal peptitler post-operatif enfeksiyon riskini azaltır.
3. **Anjiyogenez Desteği:** Özellikle monosit/makrofajlar, VEGF salgılayarak yeni damar oluşumunu destekler.

4.1.5. Hazırlama Protokolü (Klasik Yöntem)

Choukroun'un orijinal protokolünde süreç son derece basittir:

1. **Kan Alımı:** Antikoagülansız, içi cam veya silika kaplı plastik tüplere (Kırmızı kapak) kan alınır.

2. **Hızlı Transfer:** Kanın pıhtılaşması hemen başladığı için, kan alındıktan sonra en geç 1-2 dakika içinde santrifüje yerleştirilmelidir.

3. **Santrifüj:** Orijinal protokolda yaklaşık 2700-3000 rpm (yaklaşık 400g) hızda 10-12 dakika çevrilir.

4. **Ayrıştırma:** Tüp çıkarıldığında üç katman görülür:

- **En alt:** Eritrositler (Kırmızı).
- **Orta:** PRF Pıhtısı (Sarı, fibrin yumağı).
- **En üst:** Asellüler Plazma (PPP).

5. **Şekillendirme:** Orta kısımdaki pıhtı presel yardımıyla alınır, eritrosit tabakası makasla kesilip atılır. Kalan sarı pıhtı, özel kutularda (PRF Box) sıkıştırılarak "membran" veya "plug" haline getirilir.

4.2. PRF Teknolojisinin Evrimi: Düşük Hız Konsepti (Low Speed Concept)

Klasik L-PRF (Choukroun, 2001) protokolü yıllarca başarıyla uygulanmış olsa da, son yıllarda yapılan histolojik çalışmalar santrifüj kuvvetinin (G-force - RCF) hücre dağılımı üzerindeki etkisini sorgulamaya açmıştır. "Düşük Hız Konsepti" (Low Speed Centrifugation Concept - LSCC), santrifüj hızının düşürülmesiyle elde edilen fibrin matrisinin biyolojik kapasitesinin artırılabilceği hipotezine dayanır [13].

Yüksek devirli santrifüjleme (Klasik L-PRF), kan hücrelerini ağırlıklarına göre tüpün en dibine iter. Bu durum, rejenerasyon için kritik olan lökositlerin ve büyüme faktörlerinin bir kısmının eritrosit (kırmızı hücre) tabakasının içine gömülmesine ve kullanılamamasına neden olabilir. Hızın düşürülmesiyle, lökositlerin fibrin ağı içinde daha homojen dağılması ve matrisin daha gözenekli olması hedeflenmiştir.

4.2.1. Advanced-PRF (A-PRF/A-PRF+) / Geliştirilmiş- Trombositten Zengin Fibrin (G-TZF/G-TZF+)

2014 yılında Ghanaati ve Choukroun tarafından geliştirilen A-PRF (Geliştirilmiş PRF), klasik L-PRF'e göre daha düşük devirde (yaklaşık 1500 rpm) ve daha uzun sürede (14 dakika) elde edilir. Klasik PRF protokolündeki yüksek santrifüj kuvveti (G-force), hücrelerin tüpün en altına (Kırmızı Kan Hücreleri tabakasına) itilmesine neden olurken; A-PRF protokolünde G kuvvetinin düşürülmesiyle lökositlerin (özellikle nötrofillerin) ve trombositlerin fibrin pıhtısı içinde daha homojen dağılımı amaçlanmaktadır. Güncel olarak en yaygın kullanılan protokolda 1300 rpm/8 dakika santrifüjlenir. Burada amaç, daha yumuşak daha gözenekli ve monositlerden daha zengin bir fibrin yapısı elde

etmektedir. İki protokolde de tüp seçimi aynı olup Cam Tüp (veya Silika kaplı vakumlu tüp) kullanılmaktadır. Plastik tüp kullanıldığında pıhtılaşma tetiklenmez ve sıvı kalır.

Biyolojik Farklılıklar:

- **Hücre Dağılımı:** Klasik L-PRF'te lökositler çoğunlukla pıhtının eritrositlerle komşu olan alt sınırında ("Buffy Coat" benzeri bölge) toplanırken; A-PRF'te nötrofilik granülositlerin pıhtının en üst kısımlarına kadar (distal uç) yayıldığı gösterilmiştir [11].

- **Matriks Yapısı:** A-PRF pıhtısı daha yumuşak, gevşek ve gözenekli bir fibrin ağına sahiptir. Bu gözenekli yapı, anjiyogenez (damar oluşumu) sırasında endotel hücrelerinin göçünü kolaylaştırır.

- **Büyüme Faktörü Salınımı:** A-PRF pıhtısının, L-PRF'e kıyasla daha gevşek ve gözenekli bir fibrin ağına sahip olduğu, bu sayede büyüme faktörlerini (VEGF, TGF- β 1, PDGF-AB) daha uzun süre (10 güne kadar) ve daha dengeli saldırdığı gösterilmiştir.

- **M1/M2 Makrofaj Dengesi:** A-PRF'in, makrofajların rejeneratif "M2" fenotipine dönüşümünü daha güçlü uyardığı ve büyüme faktörü salınımının (özellikle VEGF) klasik PRF'ten daha yüksek olduğu rapor edilmiştir [14].

4.2.2. Injectable-PRF (i-PRF) / Enjekte Edilebilir-TZF (E-TZF): Sıvı Fibrin ve "Sticky Bone"

PRF'in en büyük kısıtlılığı katı (jel/pıhtı) formda olması ve enjekte edilememesiydi. PRP gibi sıvı olup, aynı zamanda antikoagülan içermeyen bir ürün elde etmek amacıyla **i-PRF (Enjekte Edilebilir PRF)** geliştirilmiştir.

Elde Edilme Yöntemi:

Kan, antikoagülsüz tüplere alındıktan sonra çok düşük hızda (yaklaşık 700 rpm) ve çok kısa sürede (3-4 dakika) santrifüj edilir. Bu sürede koagülasyon kaskadı henüz tamamlanmadığı için fibrinüs ağ tam oluşmaz. Sonuçta tüpün üst kısmında, lökosit ve trombositten son derece zengin, turuncu renkli sıvı bir plazma elde edilir.

Klinik Kullanım:

i-PRF, enjektörle çekildikten sonra yaklaşık 10-15 dakika daha sıvı formunu korur. Bu süre zarfında en önemli kullanım alanı "Sticky Bone" (Yapışkan Kemik) yapımıdır. Partikül halindeki kemik greftlerinin üzerine i-PRF sıkıldığında, fibrin ağı greft parçacıklarını birbirine bağlayarak oyun hamuru kıvamında, şekillendirilebilir ve dağılmayan bir kütle oluşturur. Bu, cerraha grefti defekt bölgesine tek parça halinde taşıma ve sabitleme kolaylığı sağlar [15].

4.3. Diğer Modifikasyonlar: Titanyum-PRF (T-PRF) /Titanyum-TZF (T-TZF)

PRF protokolü üzerine yapılan önemli katkılardan biri de Tunalı ve ark. tarafından geliştirilen T-PRF sistemidir [16]. Klasik PRF cam tüplerde (silika aktivasyonu ile) elde edilirken, T-PRF saf titanyum tüpler kullanılarak elde edilir.

Titanyum Aktivasyonunun Avantajı:

Titanyum, tıpta biyouyumluluğu en yüksek metallere biridir ve mükemmel bir pıhtı aktivatörüdür. Yapılan çalışmalar, titanyum tüplerde oluşan fibrin ağının, cam tüplere göre daha kalın, daha sıkı ve rezorbsiyona (erimeye) karşı daha dirençli olduğunu göstermiştir.

T-PRF hazırlanma protokolü, standart PRF protokolüyle neredeyse aynıdır. 10 ml antikoagülan içermeyen titanyum tüplerde venoz kan örneği hastadan alınır ve bekletmeden bu tüpler 2800 rpm'de 12 dakika santrifüj işlemine tabii tutulur. Santrifüj sonrası, tüpün orta kısmında lökositler ile hücresiz plazma arasında bir fibrin pıhtısı oluşur.

Bu özellik, özellikle membranın bariyer fonksiyonunun uzun süre korunması gereken (örneğin yönlendirilmiş doku rejenerasyonu - YDR) vakalarda T-PRF'i avantajlı kılmaktadır. Ayrıca silika partiküllerinin pıhtıya karışma riskinin olmaması, T-PRF'in bir diğer biyogüvenlik avantajıdır.

4.4. Concentrated Growth Factor (CGF) / Konsantre Büyüme Faktörü (KBF)

Sacco tarafından 2006 yılında tanımlanan CGF, değişken santrifüj hızları kullanılarak elde edilen bir yöntemdir. Sabit bir hız yerine, hızlanıp yavaşlayan (alternating speed) özel bir santrifüj protokolü (2700 rpm'de 2 dakika, 2400 rpm'de 4 dakika, 2700 rpm'de 4 dakika, 3000 rpm'de 3 dakika) kullanılır. Bu değişken hız, fibrin matriksinin daha yoğun olmasını ve farklı moleküler ağırlıktaki büyüme faktörlerinin daha iyi ayrışmasını sağlar.

CGF'nin hazırlanması sırasında uygulanan santrifüj sürecinde, trombositlerde meydana gelen çarpışmalar ve yapısal hasarlar nedeniyle büyüme faktörlerinin miktarının arttığı düşünülmektedir.[17] PRF'nin 2 haftaya kadar sürekli olarak büyüme faktörlerini saldığı bildirilmiştir. CGF ise büyüme faktörlerini on dört günden daha uzun bir süre boyunca salarak daha dayanıklı bir biyoaktivite sergilemiştir.[18]

Biyolojik Özellikler ve Avantajları:

- **CD34+ Kök Hücreler:** CGF'in en ayırt edici özelliği, içeriğinde CD34+ hematopoietik kök hücrelerin tespit edilmiş olmasıdır. Bu hücreler anjiyogenez ve doku rejenerasyonu için kritik öneme sahiptir.
- **Matriks Yapısı:** Yüksek yoğunluklu ve elastikiyeti yüksek bir fibrin bloğu elde edilir.
- **Kullanım Alanları:** Sinüs lifting, geniş kemik defektleri ve maksillofasiyal cerrahide doku rejenerasyonunu desteklemek için kullanılır. CGF ayrıca "Growth Factor Enriched Bone Graft Matrix" (Büyüme Faktörü ile Zenginleştirilmiş Kemik Greft Matriksi) oluşturmak için de kullanılır.

5. Sonuç

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi pratiğinde son otuz yılda yaşanan en önemli değişimlerinden biri, cerrahi odağın sadece mekanik "reparasyon"dan (tamir), biyolojik temelli "rejenerasyon"a (yeniden oluşum) kaymasıdır. Bu dönüşümün merkezine, hastanın kendi fizyolojik potansiyelini kullanan otolog trombosit konsantrasyonlarını koymak zor olmayacaktır.

Bu bölümde detaylandırıldığı üzere, trombosit konsantrasyonlarının evrimi, teknolojik bir sadeleşme ile biyolojik bir derinleşmeyi beraberinde getirmiştir. Birinci kuşak ürünler (PRP/PRGF) ile başlayan serüven, antikoagülanların elimine edildiği, yapay aktivatörlerin terk edildiği ve doğal fibrin mimarisinin korunduğu ikinci kuşak ürünlerle (PRF, CGF) olgunluğa erişmiştir. Bu süreçte öğrenilen en önemli ders; rejenerasyonun sadece "trombosit sayısı" ile ilgili bir matematik değil, lökositler, fibrin ağı ve büyüme faktörleri arasındaki karmaşık etkileşime dayalı bir fizyoloji olduğudur.

Klinik ve bilimsel veriler ışığında şu temel çıkarımlar yapılabilir:

5.1 Fibrin Mimarisinin Önemi

Büyüme faktörlerinin dokuya ani bir şok (burst release) şeklinde değil, iyileşme sürecine yayılmış şekilde (sustained release) verilmesi, rejenerasyon kalitesini artırmaktadır. Bu bağlamda, fibrin ağının yapısı (sıkı veya gözenekli olması), santrifüj hızları (Low Speed Concept) ile modüle edilebilir hale gelmiştir.

5.2 Lökositlerin Rehabilitasyonu

Geçmişte enflamasyon yarattığı gerekçesiyle dışlanan lökositlerin, günümüzde enfeksiyon kontrolü, immün regülasyon ve anjiyogenezdeki hayati rolleri (özellikle monosit/makrofaj dönüşümü) nedeniyle vazgeçilmez olduğu anlaşılmıştır.

5.3 Klinik Uygulama Kolaylığı

Özellikle i-PRF ve CGF teknolojileri ile geliştirilen "Sticky Bone" (Yapışkan Kemik) konsepti, kemik ogmentasyon prosedürlerinde greft stabilitesini artırarak cerrahi öngörülebilirliği maksimize etmiştir.

5.4 Biyouyumluluk ve Güvenlik

T-PRF gibi modifikasyonlarla silika kontaminasyonu riskinin ortadan kaldırılması ve titanyumun pıhtı aktivasyonundaki etkinliğinin kullanılması, biyomateryal güvenliğini üst seviyeye taşımıştır.

Sonuç olarak; trombosit konsantrasyonları, minimal maliyetle maksimum biyolojik katkı sağlama prensibine dayanan, "doğal" ve "güvenli" biyomateryallerdir. Günümüzde lüks veya deneysel bir uygulama olmaktan çıkıp, implant cerrahisinden yumuşak doku estetiğine, sinüs lifting operasyonlarından çekim soketi korumaya kadar geniş bir yelpazede rutin cerrahi pratiğin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Gelecekteki çalışmaların etkisiyle bu biyolojik güçten daha etkin yararlanılmasını sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. **Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T.** Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol.* 2009;27(3):158-167.
2. **Mosser DM, Edwards JP.** Exploring the full spectrum of macrophage activation. *Nat Rev Immunol.* 2008;8(12):958-969.
3. **Marx RE, Carlson ER, Eichstaedt RM, et al.** Platelet-rich plasma: Growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998;85(6):638-646.
4. **Anitua E.** Plasma rich in growth factors: preliminary results of use in the preparation of future sites for implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999;14(4):529-535.
5. **Giannini S, Cielo A, Bonanome L, et al.** Comparison between PRP, PRGF and PRF: lights and shadows in three similar but different protocols. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015;19:927-930.
6. **Marx RE.** Platelet-rich plasma (PRP): what is PRP and what is not PRP? *Implant Dent.* 2001;10(4):225-228.
7. **Bielecki, T. M.,** Gazdzik, T. S., Arendt, J., Szczepanski, T., Krol, W., & Wielkoszynski, T. (2007). Antibacterial effect of autologous platelet gel enriched with growth factors and other active substances: an in vitro study. *Journal of Bone and Joint Surgery (British Volume)*, 89(3), 417-420.
8. **Choukroun J, Adda F, Schoeffler C, Vervelle A.** Une opportunit  en parodontologie: le PRF. *Implantodontie.* 2001;42:55-62.
9. **Dohan DM, Choukroun J, Diss A, et al.** Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part I: technological concepts and evolution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):e37-44.
10. **Dohan DM, Choukroun J, Diss A, et al.** Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part II: platelet-related biologic features. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):e45-50.
11. **Dohan DM, Choukroun J, Diss A, et al.** Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part III: leucocyte activation: a new feature for platelet concentrates? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):e51-55.
12. **Kobayashi E, Fl ckiger L, Fujioka-Kobayashi M, et al.** Comparative release of growth factors from PRP, PRF, and advanced-PRF. *Clin Oral Investig.* 2016;20(9):2353-2360.

13. **Ghanaati S, Booms P, Orlowska A, et al.** Advanced platelet-rich fibrin: a new concept for cell-based tissue engineering by means of inflammatory cells. *J Oral Implantol.* 2014;40(6):679-689.
14. **Miron RJ, Fujioka-Kobayashi M, Bishara M, et al.** Platelet-Rich Fibrin and Soft Tissue Wound Healing: A Systematic Review. *Tissue Eng Part B Rev.* 2017;23(1):83-99.
15. **Mourão CF, Valense SE, Melo ER, et al.** Extraction of Plasma-Rich Fibrin for Facial Rejuvenation and Sticky Bone: A Technical Note. *Oral Surg.* 2016;9(5):e109-e112.
16. **Tunalı M, Özdemir H, Küçükodacı Z, et al.** A novel platelet concentrate: titanium-prepared platelet-rich fibrin. *BioMed Res Int.* 2013;2013:209548.
17. **Bielecki, T., & Dohan Ehrenfest, D. M.** (2012). Platelet-rich plasma (PRP) and Platelet-rich fibrin (PRF): surgical adjuvants, preparations for in situ regenerative medicine and tools for tissue engineering. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13(7), 1121-1130.
18. **Korkmaz B, Kesim B.** Konsantre büyüme faktörünün hücre ve dokular üzerindeki etkileri ve rejeneratif tedavide uygulama alanları. *7tepe Klinik Dergisi.* 2022, 18:71-80.

BÖLÜM 4

Şiddetli Atrofik Çenelerin Greftsiz Yönetimi İleri Cerrahi İmplant Teknikleri

**Andaç Doğan¹ & Muhammet Akın² &
Dilara Sevinç Doğan³**

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-3517-2051

² Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0005-4225-3414

³ Arş. Gör., Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0003-6508-0312

1. GİRİŞ

Şiddetli maksiller ve mandibular atrofi, implant destekli protetik rehabilitasyonlar söz konusu olduğunda, hem cerrahi hem de protetik açıdan önemli zorluklar oluşturabilmektedir. Geleneksel olarak, bu tür vakaların yönetimi, genellikle implant yerleşimi için yeterli kemik hacmini yeniden oluşturmayı hedefleyen kapsamlı augmentasyon prosedürlerine dayanma eğilimindedir. Otojen blok greftler ve sinüs elevasyonları gibi rekonstrüktif yaklaşımlar literatürde belirli bir başarıya sahip olsa da, artan hasta morbiditesi, uzayan tedavi süreleri, çoklu cerrahi gerekliliği ve potansiyel komplikasyon riskleri gibi çeşitli dezavantajlara sahip olabilmektedir.

Bu doğrultuda, son yıllarda implantolojide, kemik hacmini artırmak yerine mevcut rezidüel kemikten maksimum düzeyde faydalanmayı amaçlayan "greftsiz" protokollere doğru bir eğilim gözlemlenmektedir. Bu felsefe, hastanın mevcut anatomik dayanak noktalarını kullanarak tedavi süresini kısaltma, morbiditeyi azaltma ve sıklıkla immedat fonksiyon sağlama potansiyeli sunmaktadır.

Bu kitap bölümü, şiddetli atrofik çenelerin yönetiminde kullanılan ileri greftsiz cerrahi implant yaklaşımlarını güncel literatür ışığında incelemeyi amaçlamaktadır. Bölümde, bu tekniklerin endikasyonları, cerrahi protokolleri, biyomekanik prensipleri ve uzun dönem klinik sonuçları ele alınacaktır.

2. TANI, HASTA DEĞERLENDİRMESİ VE TEDAVİ PLANLAMASI

Şiddetli atrofik çenelerin greftsiz yönetiminde tedavi planlaması süreci, geleneksel augmentasyon odaklı protokollere kıyasla farklı bir felsefi temel üzerine inşa edilmektedir. Buradaki temel paradigma; kemik hacmini artırmaya çalışmak yerine, mevcut rezidüel kemik yapılarının, yani anatomik "dayanak noktalarının" planlanan protetik hedef doğrultusunda stratejik olarak kullanılmasıdır. Bu yaklaşıma uygun tanı ve planlama süreci adım adım ele alınacaktır.

2.1. Greftsiz Tedavi İçin Hasta Seçimi ve Değerlendirme

Tedavi başarısı, hastanın sistemik ve lokal risk faktörlerinin, tedavi beklentilerinin ve anatomik limitasyonlarının multidisipliner bir yaklaşımla değerlendirilmesiyle başlamaktadır. Greftsiz çözümler, özellikle greftleme prosedürlerinin getirdiği cerrahi morbiditeyi, uzayan tedavi sürelerini veya mali yükü kabul etmeyen ya da immedat (hemen) fonksiyon talep eden hastalar için cazip bir alternatif sunabilmektedir (Alexandre Amir Aalam, Krivitsky ve Kurtzman, 2022; Cooper, Thalji ve Al-Tarawneh, 2020).

Bu aşamada hastanın sistemik durumu (kontrol altındaki diyabet, bifosfonat kullanımı vb.) ve sigara kullanımı gibi alışkanlıklar, geleneksel implantolojide olduğu gibi titizlikle değerlendirilmelidir. Ancak asıl fark, hastanın "greftleme"

seçeneğini neden reddettiğinin veya bu seçenek için neden uygun olmadığını netleştirilmesidir.

2.2. KIBT (CBCT) Analizi ve Anatomik Dayanak Noktaları

Tanı ve planlama sürecinin temel taşı, şüphesiz Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) olmuştur. Geleneksel iki boyutlu radyografların aksine KIBT, maksiller sinüs, nazal kavite, zigomatik kemik gövdesi ve pterigomaksiller bölge gibi kritik anatomik yapıların üç boyutlu (3B) olarak incelenmesine olanak tanımaktadır.

Bu, sadece kalan kemiğin kantitatif (milimetrik) analizini değil, aynı zamanda kalitatif (kemik yoğunluğu) değerlendirmesini de mümkün kılmaktadır. Örneğin, zigomatik implant planlamasında zigoma kemiğinin morfolojisi ve hacmi (örn. ZAGA sınıflandırması) veya pterigoid implantasyon planlaması yapılırken, KIBT verileri, pterigoid plate'in (kanatsız çıkıntının) kemik kalınlığını ve medial plate ile olan açısal ilişkisini (angulasyonunu) titizlikle değerlendirme imkanı sunar. Zira bu greftsiz felsefede KIBT'nin kullanım amacı, 'nerede kemik eksik' sorusuna odaklanmaktan ziyade, 'mevcut anatomik yapıların hangisini güvenli bir dayanak (ankraj) olarak kullanabilirim' sorusuna yanıt aramaktır."

2.3. Protetik Odaklı Dijital Planlama

Güncel literatür, greftsiz yaklaşımlarda "protetik odaklı" planlamanın mutlak gerekliliğini vurgulamaktadır. Tedavi planlaması artık cerrahi ile başlamamakta; bunun yerine, nihai protezin estetik ve fonksiyonel hedefleri (örn. oklüzal düzlem, gülüş hattı, diş arkı formu) dijital ortamda sanal olarak belirlenmektedir.

Hastanın 3B radyografik verileri (DICOM) ile intraoral/ekstraoral tarayıcılardan elde edilen yüzey verilerinin (STL) birleştirilmesi, bu süreci destekleyen temel dijital iş akışını oluşturmaktadır. Bu birleştirilmiş veriler üzerinde, implantlar ideal protetik pozisyonda ve mevcut kemik "dayanak noktalarına" (örn. zigoma, pterigoid) doğru angule edilerek sanal olarak yerleştirilebilmektedir.

2.4. Cerrahi Rehberlerin ve Navigasyonun Rolü

Dijital planlamanın son adımı, bu sanal planın operasyon sahasına yüksek hassasiyetle aktarılmasıdır. Özellikle zigomatik ve pterigoid implantlar gibi teknik açıdan zorlu ve kritik anatomik yapılara yakın çalışmayı gerektiren prosedürlerde, serbest el (free-hand) cerrahi, önemli riskler barındırabilmektedir.

Bu noktada, dijital planlama verileri kullanılarak üretilen "statik cerrahi rehberler", cerraha hem angulasyon hem de derinlik kontrolü konusunda rehberlik eder. Alternatif olarak, "dinamik navigasyon" sistemleri, cerrahi frez ve implantın anlık pozisyonunu sanal plan üzerinde gerçek zamanlı olarak göstererek cerrahi hassasiyeti artırabilmektedir. Bu teknolojiler, cerrahi

öngörülebilirliği artırırken potansiyel komplikasyonları minimize etmeye yardımcı olabilmektedir.

3. ŞİDDETLİ ATROFİK ÇENELERDE İLERİ CERRAHİ YAKLAŞIMLAR

İmplant rehabilitasyonu açısından, atrofik maksillanın posterior bölgeleri, hem kemik kalitesi hem de miktarı bakımından (kalitatif ve kantitatif) ciddi yetersizlikler sunabilmektedir. Alveolar kemik hacmindeki bu üç boyutlu azalma, diş kaybı veya periodontal hastalık sonrası başlayan progresif kret yeniden şekillenmesinin bir sonucu olarak gözlemlenmektedir. Fonksiyonel uyarın yokluğu bu rezorpsiyonu hızlandırırken, posterior maksillada sinüs pnömatizasyonunun da atrofik sürece eşlik etmesi, klinik tabloyu daha da karmaşık hale getiren bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Girgin ve Yılmaz, 2026).

İleri derecede alveolar kemik rezorpsiyonu, dişsiz alt çene kretinde nervus alveolaris inferior'un yüzeyelleşmesine (süperfisyalizasyon) yol açabilmektedir. Bu anatomik durum, çiğneme sırasındaki basıncın sinir kompresyonuna neden olmasıyla, hastalarda fonksiyonel kısıtlılıklara, ağrıya ve hassasiyete sebebiyet verebilmektedir (Scaini ve Testori, 2025). Nervus alveolaris inferior'un kret üzerinde yüzeyleştiği bu tür klinik durumlarda, ekstraforaminal alandaki mevcut kemik hacminden faydalanılarak uygulanan sabit implant destekli protezler, iyi belgelenmiş bir tedavi seçeneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yaklaşımın, kaybedilen alveolar kemiği yeniden oluşturmayı hedefleyen greftleme prosedürlerine kıyasla daha az invaziv olduğu belirtilmektedir (Aghaloo ve Moy, 2007; Chiapasco, Casentini ve Zaniboni, 2009; Nkenke ve Neukam, 2014).

3.1. Zigomatik İmplantlar

İleri derecede maksiller atrofi sergileyen hastaların protetik rehabilitasyonu, konvansiyonel implantoloji paradigmaları açısından karmaşık bir klinik senaryo sunmaktadır. Mevcut rezidüel kemik hacminin yetersizliği, sıklıkla sinüs tabanı elevasyonu veya otojen blok greftleme gibi kapsamlı rekonstrüktif prosedürlerin uygulanmasını zorunlu kılar. Ancak bu augmentasyon teknikleri, hem tedavi sürecinin belirgin biçimde uzaması hem de potansiyel donör saha morbiditesi gibi önemli limitasyonlara sahiptir. Zigomatik implantasyon protokolleri, tam da bu cerrahi kısıtlamaları ve teknik zorlukları bertaraf etmek üzere tasarlanmış, greftleme gereksinimini ortadan kaldıran bir tedavi modalitesi olarak geliştirilmiştir. Bu yaklaşım, aynı zamanda, gecikmiş protetik yükleme ile karakterize edilen iki aşamalı cerrahi süreçlere olan bağımlılığı elimine etmeyi hedeflemektedir (Ramezanzade ve diğerleri, 2021).

Zigomatik implant konseptinin temelleri, Brånemark ve arkadaşları (1984) tarafından yürütülen ve maksiller ile nazal sinüslere implant yerleşimini

kapsayan öncül deneysel klinik çalışmalara dayanmaktadır. Bu erken dönem araştırmalarını takiben (Aparicio, Brånemark, Keller ve Olivé, 1993), konsepti radikal bir biçimde ileri taşıyarak, spesifik olarak zigomatik kemiğe fiksasyon sağlayan uzun ve eğimli implantların kullanımını test etmişlerdir. Bu morfolojik olarak farklı implantların klinik potansiyelinin gösterilmesi, önemli bir kilometre taşı olmuştur. Bu birikimli bilimsel ve klinik gelişmeler silsilesi, nihayet 1998 yılında, ilk ticari zigomatik implant fikstürünün uluslararası pazara sunulmasıyla sonuçlanmış ve bu tedavi modalitesinin klinik rutine entegrasyonunun önünü açmıştır (Branemark, 1998).

Zigomatik implantasyonun arkasındaki temel cerrahi ve biyomekanik prensip, atrofîye uğramış posterior maksillayı 'bypass' ederek, implantlar için güvenilir bir ankraj bölgesi olarak zigomatik kemiğin kullanılmasını içerir. Bu yaklaşım, uzunlukları 30 mm ila 62.5 mm arasında değişen ve posterior maksillanın anatomik konturlarını takip edebilmek için 17 ila 60 derece arasında değişen belirgin açılanmalara sahip özel tasarım implantların yerleştirilmesini gerektirir. Tedavinin başarısındaki kilit faktör, hedef kemiğin histolojik yapısıdır. Zigomatik kemik, rezorpsiyona karşı yüksek direnç gösteren ve büyük ölçüde yoğun periferik kompakt (kortikal) kemikten oluşan stabil bir anatomik yapıdır. Bu yüksek yoğunluklu kortikal yapı, alveoler kretin ileri derecede rezorbe olduğu durumlarda dahi, implantın apikal kısmının güçlü bir primer stabilite ile fiksasyonunu sağlar. Bu sayede, implantın protetik platformu ankraj bölgesinden ne kadar uzakta konumlanırsa konumlansın, istenen yüksek primer stabilite elde edilir ki bu da sıklıkla immedat protetik yüklemeye imkan tanır (Aparicio, 2012; Ramezanzade ve diğerleri, 2021).

Primer endikasyon, konvansiyonel implantlara izin vermeyen Cawood ve Howell Sınıflaması(Cawood ve Howell, 1988) Evre V ve VI düzeyindeki şiddetli maksiller atrofîdir. Bunun yanı sıra, onkolojik rezeksiyonlar, travma sonrası oluşan maksiller defektler veya dudak-damak yarığı hastaları da zigomatik implantlar için adaydır. Mutlak kontrendikasyonların başında ise ilgili bölgedeki aktif veya kronik maksiller sinüzit ve zigomatik kemiğin ankraj için yetersiz kalitede olmasıdır.

Cerrahi yaklaşım, Brånemark'ın orijinal "intra-sinüs" (implantın sinüs içinden geçtiği) tekniğinden, sinüs morbiditesini azaltmayı hedefleyen modern "ekstra-sinüs" (implantın sinüsün lateral duvarı boyunca ilerlediği) tekniklerine doğru evrilmiştir. Hangi cerrahi yolun seçileceği, hastanın sinüs duvarı morfolojisine bağlıdır. Bu seçimi standardize etmek amacıyla, ZAGA (Zygoma Anatomy-Guided Approach) Sınıflaması geliştirilmiş olup, anatomiye göre Tip 0'dan (tamamen ekstra-sinüs) Tip 4'e (kompleks intra-sinüs) kadar cerrahi yaklaşımı tanımlar (Aparicio, 2011). Sadece posterior değil, anterior maksillanın da atrofik olduğu vakalarda, dört adet zigomatik implantın kullanıldığı "Quad Zygoma" tekniği greftsiz bir tam çene rehabilitasyonu sunar (Davó ve David, 2019)

Bu prosedürlerin karmaşıklığı, orbita ve infraorbital sinir gibi kritik anatomik yapılarla olan yakın komşuluk nedeniyle, Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) ile üç boyutlu (3D) planlamayı bir standart haline getirmiştir. CBCT verileri üzerinden yapılan yönlendirilmiş cerrahi, hasta spesifik 3D baskı kılavuzlar kullanarak implantasyonun doğruluğunu ve güvenliğini artırmaktadır (Rinaldi ve Ganz, 2019).

Zigomatik kemiğin sunduğu yüksek kortikal fiksasyon, elde edilen yüksek primer stabilite (genellikle >35 Ncm tork) sayesinde vakaların büyük çoğunluğunda immedat protetik yüklemeye izin verir. Protetik açıdan temel zorluk, implantların kret tepesine göre açılı konumlanmasıdır. Bu durum, protez vidalarının giriş deliklerini uygun bir pozisyona getirmek için açılı multi-unit abutment'ların (örn. 30° , 45°) kullanılmasını zorunlu kılar. Yüklemenin başarısı için, tüm implantların rijit bir protetik üst yapı ile birbirine bağlandığı "çapraz ark stabilizasyonu" kritik öneme sahiptir.

Literatürdeki sistematik derlemeler, zigomatik implantlar için oldukça yüksek sağkalım oranları bildirmektedir. 10-12 yıllık uzun dönemli takiplerde kümülatif implant sağkalım oranı %95 ila %99 arasında rapor edilmiştir (Chrcanovic, Albrektsson ve Wennerberg, 2016) . Bu oranlar, zigomatik implantasyonu greftleme prosedürlerine karşı güçlü ve güvenilir bir alternatif olarak konumlandırmaktadır.

En sık rapor edilen postoperatif komplikasyon, özellikle intra-sinüs teknikleri ile ilişkilendirilen maksiller sinüzittir. Diğer potansiyel komplikasyonlar arasında infraorbital sinir hasarına bağlı parestezi, oro-antral fistül ve implant çevresindeki bukkal yumuşak doku açılması yer alır. Ancak, bu komplikasyonların insidansı, modern ekstra-sinüs teknikleri ve titiz cerrahi planlama ile önemli ölçüde azalmıştır(Chrcanovic ve diğerleri, 2016)

3.2. Subperiosteal İmplantlar

Subperiosteal implantlar, altındaki kemik dokusunun yüzeyine yerleştirilen ve periost ile örtülen, kişiye özel tasarlanmış titanyum altyapılardır. İlk olarak 1940 yılında literatüre giren bu implantlar başlangıçta ileri derecede rezorpsiyona uğramış dişsiz çenelerin (maksilla veya mandibula) tedavisinde bir çözüm olarak sunulmuştur (Kusek, 2009) .

Buna karşın, ilk nesil subperiosteal implant uygulamaları, yüksek başarısızlık oranları ile sonuçlanmıştır. Bu başarısızlıkta; altyapının kemiğe tam olarak adapte olamaması, çiğneme kuvvetlerinin (oklüzal yüklerin) dağılımını yetersiz düzeyde öngören tasarımlar ve birincil stabiliteyi temin edecek rijit bir fiksasyon eksikliği gibi faktörlerin rol oynadığı bildirilmiştir(Vaira, Biglio, Salzano, Lechien ve De Riu, 2024). Yetersiz anatomik uyum, mikromobilitateye ve kronik yumuşak doku tahrişine yol açarak bu implantların uzun vadeli başarısını tehlikeye atmıştır.

Günümüzde subperiosteal implantların temel endikasyonu, geleneksel kemik grefti veya sinüs lifting prosedürlerini reddeden ya da bu işlemler için sistemik veya anatomik nedenlerle uygun olmayan hastaların rehabilitasyonudur. Yetersiz ağız hijyeni, kontrolsüz sistemik hastalıklar (ör. diyabet) ve altta yatan metali örtmek için yetersiz yumuşak doku kalitesi veya kalınlığı, başlıca kontrendikasyonlar arasında sayılmaktadır.

Subperiosteal implantların modern uygulamadaki en belirgin avantajı, invaziv greftleme prosedürlerini ve bunlara bağlı morbiditeyi tamamen ortadan kaldırmasıdır. Bu durum, çoklu cerrahi aşamaları elimine ederek toplam tedavi süresini belirgin şekilde kısaltır. Yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (YKR) gibi yöntemlerin gerektirdiği aylarca süren iyileşme periyotları ve greft başarısızlığı gibi riskler ortadan kalkar.

Mommaerts (2017) de CAD/CAM ve lazer sinterleme gibi ileri üretim teknolojilerindeki gelişmeleri temel alarak, kişiye özel subperiosteal implantların üretimi için yeni bir yöntem önermiştir. Bu implantlar, maksiller sütunlara güçlü bir şekilde tutunacak şekilde tasarlanmış olup, bu sayede diş restorasyonlarında karşılaşılan bilinen zorluklara çözüm getirmektedir.

Bu modern yaklaşımda, hastadan alınan Konik Işınlı Bilgisayar Tomografi (CBCT) verileri, kemik morfolojisinin ve mandibular kanal gibi kritik anatomik yapıların hassas bir 3D modelini oluşturmak için kullanılır. CAD yazılımı aracılığıyla, hastanın anatomik konturlarına mükemmel uyum sağlayan ve oklüzal kuvvetleri optimal şekilde dağıtan bir titanyum altyapı tasarlanır. Bu tasarım, Doğrudan Metal Lazer Sinterleme (DMLS) veya Seçici Lazer Eritme (SLM) gibi eklemeli üretim yöntemleriyle fiziksel olarak üretilir (Dimitroulis, Gupta, Wilson ve Hart, 2023; Mangano ve diğerleri, 2020).

Cerrahi protokol, tam kalınlıklı bir mukoperiosteal flep kaldırılarak alttaki kemiğin ekspoz edilmesini içerir. Üretilen subperiosteal implant altyapısı, kemik yüzeyine yerleştirilerek pasif ve tam bir adaptasyon sağladığı doğrulanır. İlk nesil implantların aksine, bu modern altyapılar, küçük osteosentez vidaları kullanılarak kemiğe rijit bir şekilde fiks edilir; bu adım birincil stabilite için kritiktir. Çerçeve sabitlendikten sonra, protez bağlantıları (abutment'ler) için tasarlanan transmukozal postlar mukoza üzerinde kalacak şekilde flep primer olarak kapatılır. Protetik aşama, bu postlar üzerine sabit veya hareketli restorasyonların yerleştirilmesiyle tamamlanır.

Modern subperiosteal implantlar, tarihsel öncüllerine göre çok daha yüksek başarı oranları sunsa da, komplikasyon riski mevcuttur. En sık bildirilen komplikasyon, alttaki metal altyapının üzerini örten yumuşak dokunun açılması ve metalin açığa çıkmasıdır. Bu durum genellikle yetersiz yumuşak doku kalınlığı, hatalı tasarım veya travmadan kaynaklanır. Diğer potansiyel riskler arasında enfeksiyon (peri-implantitis), fiksasyon vidalarının gevşemesi ve dijital planlamadaki hatalara bağlı sinir hasarı yer alır. Ancak, titiz planlama ve doğru

hasta seçimi ile dijital olarak üretilen subperiosteal implantlar, şiddetli atrofi vakaları için güvenilir ve uzun vadeli bir tedavi alternatifi olarak kabul edilmektedir.

3.3. Trans-Nasal İmplantlar

Atrofik maksillaların rehabilitasyonuna yönelik mevcut tedavi alternatifleri arasında, Transnazal implant tekniği dikkate değer bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Pterigoid veya trans-sinüzal gibi posterior yaklaşımların aksine, transnazal implantlar maksillanın anterior bölgesine stratejik olarak konumlandırılır (Almeida, Cacciacane ve Arcayas Junior, 2021). Bu prosedürde, implantların yerleştirme yolu, apertura piriformisin lateral duvarı boyunca ilerletilir. İmplantların apikal ankrajı ise, genellikle yüksek yoğunluklu kortikal kemik yapısına sahip olan maksillanın frontal süreci veya inferior turbinat (concha nasalis inferior) seviyesinde sağlanır. Bu spesifik anatomik bölgeler, implant için güçlü bir primer stabilite sunarak, immedat yükleme protokollerinin uygulanabilme olasılığını belirgin ölçüde artırır (Camargo VB, Baptista D ve Grossi JRA, 2021).

Transnazal yaklaşım, zigomatik ve pterigoid implantasyon gibi diğer 'greftsiz' protokolleri tamamlayıcı veya bunlara bir alternatif olarak geliştirilmiştir. Primer endikasyon, Cawood ve Howell Sınıflamasına göre Evre V veya VI düzeyinde ileri derecede anterior maksiller atrofi sergileyen vakalardır. Özellikle, 'All-on-4' konsepti için yeterli anterior kemik desteğinin bulunmadığı (örn. "V-şekilli" maksilla) veya anterior maksillanın onkolojik rezeksiyonu sonucu oluşan defektlerde, transnazal implantlar anterior destek (A-P spread) sağlamak için birincil seçenek olarak değerlendirilir.

Bununla birlikte, prosedürün anatomik bölgesi spesifik mutlak kontrendikasyonlar tanımlar ve hedeflenen cerrahi bölgeyi doğrudan etkileyen nazal ve paranasal patolojiler, bu tekniğin uygulanmasını engeller. Aktif veya kronik rinit, maksiller sinüzit, nazal polipozis veya nazal hava yolu geçişini ciddi düzeyde engelleyen şiddetli septum deviasyonu olan hastalar uygun aday değildir. Ayrıca, kontrolsüz diyabet gibi sistemik hastalıklar ve yoğun sigara kullanımı, diğer implant protokollerinde olduğu gibi göreceli kontrendikasyonlar arasında yer alır.

Camargo VB. ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmalara göre, transnazal implantasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için spesifik radyografik kriterlerin karşılanması gerekmektedir. Bu kriterler; alveolar kret tepesi ile nazal kavite tabanı arasında minimum 4 mm'lik bir vertikal kemik yüksekliğini ve apikal ankrajın hedeflendiği frontal süreç ya da inferior turbinat bölgesinde minimum 3 mm'lik bir apikal kemik kalınlığını zorunlu kılar. Bu boyutlar, implantın yeterli mekanik stabilitesini temin etmek ve immedat fonksiyona geçişi mümkün kılmak için kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte, inferior turbinat bölgesindeki kemik hacminin hastalar arasında önemli anatomik

varyasyonlar gösterebileceği ve bu kalınlığa dair standardize edilmiş bir ölçüt bulunmadığı unutulmamalıdır.

Bu nedenle, teknik seçimi ve cerrahi uygulama, mutlaka preoperatif (ameliyat öncesi) dönemde gerçekleştirilen detaylı bir üç boyutlu (3D) planlamaya dayanmalıdır. Bilgisayarlı Tomografi (BT) verileri üzerinden yapılan sanal planlama, bu kompleks anatomik bölgede implant kurulumunun hassasiyetini ve güvenliğini maksimize etmek için esastır. Ayrıca, cerrahi prosedürün doğruluğunu artırmak ve operasyon öncesi taktik bir değerlendirme sağlamak amacıyla biyomodeller (anatomik modeller) üzerinde preoperatif görselleştirme yapılması da şiddetle tavsiye edilmektedir (Camargo ve diğerleri, 2019; Camargo VB ve diğerleri, 2021).

3.4. All-on-four Konsepti

İleri derecede kret atrofisi gözlenen hastalarda, karmaşık greftleme prosedürlerine gerek kalmaksızın sabit protetik rehabilitasyonun sağlanabilmesi amacıyla Maló ve arkadaşları (2003) tarafından 'All-on-Four' tedavi konsepti literatüre kazandırılmıştır. Bu cerrahi protokol, anterior bölgede yer alan iki implantın aksiyal (dikey) doğrultuda, posterior bölgedeki diğer iki implantın ise anatomik sınırlamalardan kaçınmak ve destek yüzeyini artırmak amacıyla distale doğru 45 dereceye varan açılarla yerleştirilmesi esasına dayanır. Özellikle posterior implantların bu şekilde angüle (eğimli) konumlandırılması, protetik açıdan kritik bir öneme sahiptir; zira bu yaklaşım kantilever uzunluğunu minimize ederek oklüzal kuvvetlerin daha dengeli dağılmasını sağlar ve çiğneme etkinliğini artırarak hastanın sabit protez konforuna ulaşmasına olanak tanır (Maló, Rangert ve Nobre, 2005).

All-on-Four konseptinin biyomekanik başarısı, sınırlı kemik hacminde maksimum destek sağlamak üzerine kuruludur. Posterior implantların eğimli yerleştirilmesi, sadece anatomik yapılar olan nervus alveolaris inferior ve sinüs maksillaris ile temastan kaçınmayı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda implantlar arasındaki ön-arka mesafeyi, literatürdeki adıyla "A-P spread"i artırır.

Eğimli implant kullanımı, dikey yerleştirilen implantlara kıyasla daha uzun implantların (örneğin 15-18 mm) kullanılmasına olanak tanır. Bu durum, implant-kemik temas yüzeyini artırarak primer stabiliteyi olumlu yönde etkilemektedir (Krekmanov, Kahn, Rangert ve Lindström, 2000).

Bu cerrahi protokolde, implantların yerleştirilmesini takiben immedat yükleme yapılması standart bir yaklaşım haline gelmiştir. Ancak, immedat yükleme protokolünün başarısı için implantların yerleştirilme esnasında belirli bir primer stabilite değerine ulaşması şarttır. Bu eşik değer, genellikle 35 Ncm tork değerine eşit veya daha yüksek olarak kabul edilmektedir. Malo ve arkadaşları (2011), yeterli tork değerine ulaşamayan durumlarda iyileşme

sürecini riske atmamak adına immedat yüklemekten kaçınılması gerektiğini önemle vurgulamaktadır.

All-on-Four konseptinin uzun dönem başarısı literatürde geniş yer bulmaktadır. Malo ve arkadaşlarının (2011) gerçekleştirdiği ve mandibulada 10 yıllık takip verilerini içeren çalışmada, protez sağkalım oranının %99.2, implant kümülatif sağkalım oranının ise %95 civarında olduğu rapor edilmiştir.

Benzer şekilde, Soto-Peñaloza ve arkadaşlarının (2017) yaptığı sistematik derleme ve meta-analiz çalışması, maksilladaki kemik kalitesinin mandibulaya kıyasla daha düşük olmasına rağmen, All-on-Four tekniğinin her iki çenede de benzer ve yüksek sağkalım oranları (%99.8) sağladığını ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, All-on-Four konsepti, anatomik kısıtlılıkları "baypas" eden biyomekanik tasarımı ve yüksek hasta memnuniyeti sağlayan immedat yükleme avantajıyla, tam dişsizlik rehabilitasyonunda öngörülebilir ve güvenilir bir tedavi seçeneği olarak güncel literatürde yerini almıştır.

3.5. Trans-Sinüs İmplantlar:

Atrofik maksillanın rehabilitasyonunda kullanılan trans-sinüs implantlar, geleneksel zigomatik implant uygulamalarına kıyasla biyomekanik stabiliteyi korurken cerrahi morbiditeyi azaltan, daha az invaziv bir tedavi alternatifi olarak literatürde yerini almıştır (Alexandre A. Aalam ve diğerleri, 2023). Bu yaklaşım, özellikle posterior maksillada ileri derecede kemik rezorpsiyonu görülen vakalarda, anatomik yapıların korunmasını önceliklendirerek etkili bir çözüm sunmaktadır.

Cerrahi prosedürün teknik detayları incelendiğinde, Jensen ve arkadaşları (2012) tarafından tanımlanan protokolün yaygın kabul gördüğü anlaşılmaktadır. Bu teknikte, implantlar maksiller sinüsün ön duvarı kılavuzluğunda, mezial bir angulasyonla ilerletilerek lateral nazal duvara (krista nazolakrimalis veya apertura piriformis kenarı) bikortikal olarak fikse edilmektedir. Bu fiksasyon stratejisi, implantın birincil stabilitesini artırmada kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, trans-sinüs implantların klinik esnekliği, greftli veya greftsiz sinüs elevasyonu prosedürleriyle eş zamanlı uygulanabilmesine olanak tanımakta; bu durum, cerrahi süreci optimize eden önemli bir klinik opsiyon olarak değerlendirilmektedir (Grandi ve diğerleri, 2019).

Literatür verileri incelendiğinde, trans-sinüs tekniğinin komplikasyon insidansının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bildirilen sınırlı sayıdaki komplikasyonlar arasında, düşük oranda gözlemlenen mukozitis ve peri-implantitis vakaları ön plana çıkmaktadır (Maló, Nobre ve Lopes, 2013; Testori ve diğerleri, 2024; Zaninovich, 2022). Klinik başarı açısından değerlendirildiğinde, implantların uzun dönem sağkalım oranlarının %96'nın üzerinde seyretmesi, bu cerrahi yaklaşımın etkinliğini ve terapötik güvenilirliğini destekler niteliktedir. Bununla birlikte, konuya ilişkin mevcut çalışmaların sayıca

kısıtlı olması, elde edilen bu yüksek başarı oranlarının ve pozitif klinik çıktılarının doğrulanabilmesi adına, daha geniş kapsamlı ve uzun vadeli ek araştırmalara gereksinim duyulduğunu işaret etmektedir (Maló ve diğerleri, 2013; Testori ve diğerleri, 2024).

Agliardi ve arkadaşları (2015), Testori ve arkadaşları (2013), Zaninovich, (2022) tarafından sunulan veriler ışığında; trans-sinüs implantların, doğru endikasyon ve hassas cerrahi teknikle uygulandığında, atrofik maksilla rehabilitasyonunda öngörülebilir ve kabul edilebilir klinik sonuçlar sunduğu, dolayısıyla klinik pratikte geçerli ve güvenilir bir alternatif olarak konumlandırılabilceği sonucuna varılmaktadır.

3.6. Pterigoid İmplantlar:

Dental implant uygulamalarının en zorlayıcı olabileceği alanlardan biri kuşkusuz aşırı rezorptif posterior maksilladır (Widmark, Andersson, Carlsson, Lindvall ve Ivanoff, 2001). Bu bölgedeki düşük kemik yoğunluğu ve diş çekimi sonrasında kemik rezorpsiyonuna ek olarak meydana gelen sinüs pnömatisasyonu bu durumun başlıca nedenleridir (Balshi, Wolfinger ve Balshi, 1999).

Aşırı rezorptif bir posterior maksillada yetersiz kemik miktarı ve yoğunluğu problemini çözmek amacıyla pterygomaksiller bölgeye uzanan implantlar kullanılmaya başlanmıştır. Pterigoid implantlar ilk olarak Tulasne tarafından tanıtılmış ve bu implantlarla birlikte greftleme ihtiyacı ortadan kalkmıştır (Salinas-Goodier, Rojo, Murillo-González ve Prados-Frutos, 2019). Greftleme ihtiyacının ortadan kalkmasıyla beraber hastaların tedavi süresi kısalmış ve konforlarında artış meydana gelmiştir (Pommer ve diğerleri, 2014).

Pterigoid implantlar 3 farklı kemikten destek alarak uygulanmakta olup bunlar sırasıyla; maksiller tüberozite, palatinal kemiğin piramidal çıkıntısı ve sfenoid kemiğin pterigoid çıkıntısıdır. Piramidal çıkıntının ve pterigoid çıkıntının kemik yoğunluğu posterior maksillaya göre oldukça yüksek olup pterigoid implant için güçlü bir ankraj ve iyi bir primer stabilite sağlamaktadır. Bu durum pterigoid implantların yüksek başarı oranının temelini oluşturmaktadır (Morris, Ochi, Crum, Orenstein ve Plezia, 2003). Ayrıca, üç kemikten alınan destek sayesinde ciddi şekilde atrofiye uğramış bir posterior maksillada hemen protetik rehabilitasyon uygulanmasına imkan sağlamaktadır (Ramezanzade ve diğerleri, 2021).

Bu avantajlarının yanında pterigoid implant cerrahisi son derece hassastır (Rodríguez, Méndez, Vela ve Segalà, 2012). İmplant uygulama esnasında pterigoid çıkıntıya ulaşmalı fakat greater palatin canal (GPC) ile arasında en az 2 mm mesafe olmalıdır. Pterigoid çıkıntıya ulaşmak için uygulanacak olan pterigoid implantlar 13 ila 20 mm uzunluğunda olmalıdır. Daha uzun boylu pterigoid implantların sağkalım oranlarının daha yüksek olduğu çalışmalarla

kanıtlanmıştır(Curi, Cardoso ve Ribeiro, 2015) .Pterigoid implantların çıkış noktası ortalama olarak 2. molar diş hizasından olmalı ve maksiller sinüste perforasyona neden olmamalıdır.

Pterygomaksiller bölge birçok önemli vasküler yapı içermektedir. Pterigoid venöz pleksus ve palatin arter gibi yapılar implantın uygulanması esnasında hasar görmeleri durumunda aşırı kanamaya neden olabilmektedir. Aynı zamanda pterigoid implantın hatalı bir konumda uygulanması internal maksiller arter kaynaklı yoğun bir kanamaya neden olabileceğinden cerrahi işlem öncesinde her hasta için özel bir planlama yapılmalıdır (Mateos, García-Calderón, González-Martín, Gallego ve Cabezas, 2002). Yaşanabilecek bir diğer sorun işlem sırasında primer stabilitenin sağlanamamasıdır. Bunun en büyük sebebi, açılardırmanın yanlış olması veya implant uzunluğunun yetersiz olması sonucu pterigoid çıkıntıya ulaşamamasıdır . Pterigoid implant cerrahisi rutin bir işlem olmayıp deneyim ve uzmanlık gerektiren bir tedavidir

Pterigoid implantın hangi açıyla yönlendirileceği tartışma konusu olmuş fakat günümüzde bir fikir birliğine varılamamıştır. Graves ve Venturelli, çalışmalarında pterigoid implantın oklüzal düzleme göre 45 derece açıyla uygulanmasının güvenli olacağını belirtmiştir (Luong, Lanh, Thuy ve Loan, 2024) .Rodriguez ve arkadaşları (2012) ise yaptıkları çalışmada 454 pterigoid implantın klinik ve panoramik radyografi verilerini incelemiş ve bunun sonucunda implantların Frankfort horizontal düzlemine göre 70 derecelik bir meziodistal açıyla yerleştirilmesini önermiştir. 70 derecelik bir eğimle yerleştirilen pterigoid implantların aksenel olmayan kuvvetleri daha iyi karşıladığını ve uzun vadede daha iyi bir sağkalım oranı gösterdiğini açıklamışlardır. Sonuç olarak pterigoid implantın açılanması ortalama olarak 45-70 derece arasında değişmektedir.

Balshi ve arkadaşları (1999) tamamen dişsiz üst çeneye sahip 189 hastaya uygulanan 1817 pterigoid implantı değerlendirmiş ve sağkalım oranının %88,2 olduğunu belirtmiştir(Valerón ve Valerón, 2007). 152 pterigoid implant üzerinde yaptıkları çalışmada sağkalım oranını %94,7 olarak bildirdiler. Ayrıca, pterigoid implantların zigomatik ve konvansiyonel implantlara tercih edilebileceğini belirttiler.Bidra ve Huynh-Ba, (2011), gerçekleştirdikleri sistematik bir inceleme sonucunda pterigoid implantların geleneksel dental implantlara oranla daha yüksek sağkalım gösterdiklerini açıklamıştır. Pterigoid implantların uygulanabilir olduğu ve uzun süreli takipte geleneksel dental implantlara benzer sonuçlara sahip olduğu belirtilmiştir.

4. MANDİBULAR SİNİR LATERALİZASYONU / REPOZİYONU

Mandibula posterior bölgesinde ileri derecede rezorpsiyon izlenen dişsiz hastaların dental implantlar kullanılarak tedavisi anatomik açıdan zorluk barındırmaktadır (Lorean ve diğerleri, 2013). Genellikle alveolar kemik o kadar rezorbe olmuştur ki inferior alveolar sinire (IAN) yeterince güvenlik mesafesi

bırakılarak dental implant tedavisi uygulanamaz (Abayev ve Juodzbaly, 2015). Bu gibi durumlar için çeşitli cerrahi teknikler geliştirilmiş olup bunlar greftleme cerrahileri, yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu, kısa implantlar, dental implantların açılı uygulanması ve inferior alveolar sinirin (IAN) lateralizasyonudur (Pimentel ve diğerleri, 2016).

Atrofik posterior mandibulanın tedavisi için inferior alveolar sinirle ilgili iki teknik vardır; inferior alveolar sinir lateralizasyonu (IANL) ve transpozisyonu (IANT). IANL tekniği Alling (1977) tarafından tanımlanmış, daha sonra O. Jensen ve Nock (1987) tarafından IANT tekniği geliştirilmiştir. Inferior alveolar sinir lateralizasyonu mandibular kortikal kemikte mental forameni dahil etmeden posteriorunda açılan bir pencere ile gerçekleştirilir. Transpozisyon tekniğinde ise açılan kemik pencereye mental foramen de dahil edilmektedir (Pimentel ve diğerleri, 2016). IANL'de insiziv sinir korunmaktadır, sinir lateralize edilir ve işlem bitiminde kanalına geri yerleştirilir. IANT'de ise insiziv sinir kesilmektedir çünkü inferior alveolar sinir mental foramenden itibaren lateral olarak transpoze edilir ve bu şekilde yeni bir posterior foramen meydana gelmiş olur (Allavéna, Nicot, Majoufre ve Schlund, 2024).

Smiler (1993), lateralizasyon işlemine mental foramenin dahil edilmesiyle birlikte artan sinir hareketliliğinin, köpek dişleri ve küçük azı bölgesine de implant uygulanmasına imkan sağladığını belirtmiştir. Cerrahi işlem sırasında osteotomi döner aletler, piezoelektrik, ultrasonik gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir (J. Jensen, Reiche-Fischel ve Sindet-Pedersen, 1994).

Inferior alveolar sinirde zedelenmeye neden olmamak amacıyla kısa implant kullanıldığında unikortikal bir uygulama yapılmış olmaktadır. Fakat sinir lateralizasyonu ile birlikte daha uzun bir implant kullanıldığından mandibula bazisteki kortikal kemiğe de ulaşılmakta ve bikortikal destek sayesinde daha iyi bir stabilite sağlanmaktadır. Aynı zamanda kullanılan implantın daha uzun olmasına da bağlı olarak yüksek bir başarı oranı beklenmektedir (Abayev ve Juodzbaly, 2015).

Bütün bu avantajlarının yanında işlem sonrasında nörosensoryel bozukluk ve mandibula kırığı gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir. IANT tedavisinde en zorlayıcı kısım hastaların alt dudak ve çene bölgesinde duyu değişikliği hissetmesidir. Bu değişiklik hipoestezi, parestezi veya hiperestezi şeklinde izlenebilmektedir. Inferior alveolar sinirin zedelenme derecesine bağlı olarak geçici veya kalıcı şekilde gözlenmektedir (Chrcanovic ve diğerleri, 2016). Transpozisyon cerrahisinin en hassas şekilde yapılabilmesi amacıyla, hasta hareketini ortadan kaldıracığından ve cerrahin erişimi kolaylaşacağından genel anestezi altında yapılması önerilmiştir (Morrison, Chiarot ve Kirby, 2002). Ayrıca geçmişte yapılan IANL ve IANT tedavileri sonrasında birkaç mandibular kırık vakası da bildirilmiştir (Karlis, Bae ve Glickman, 2003). Ek olarak Khajehahmadi, Rahpeyma, Bidar ve Jafarzadeh, (2013) gerçekleştirdikleri bir

çalışma sonucunda IANT uygulanan hastalarda işlem sonrasında mental foremenin önündeki tüm dişlerin canlılığını kaybederek devital hale geldiklerini belirtmişlerdir.

IANL ve IANT, 20 yıldan uzun süredir iyi bir sağkalım ve hayatta kalma oranlarıyla tercih edilen tedaviler olmuştur (Barbu, Levin, Bucur, Comaneanu ve Lorean, 2014).Sinir repozisyonu tedavisi dental implant dışında da kullanılmaktadır. Bunlar arasında protezden kaynaklanan baskıyı hafifletmek, posterior mandibular bölgenin benign patolojilerinden kaynaklı rezeksiyon, ramusun medialinde yerleşim gösteren iyi ve kötü huylu tümörlerden kaynaklı rezeksiyon ve ortognatik cerrahiler sayılabilir (Scolozzi, Lombardi ve Jaques, 2004). Ayrıca aynı işlem optik sinir, supraskapular sinir ve fasiyal sinir üzerinde de uygulanmıştır(Oizumi, Suenaga, Funakoshi, Yamaguchi ve Minami, 2012).

5. SENTEZ

Şiddetli maksiller ve mandibular atrofinin rehabilitasyonu, diş hekimliğinde en zorlu tedavi süreçlerinden birini temsil etmektedir. Bu bölümde detaylandırılan ileri cerrahi teknikler ve güncel literatür verileri ışığında görülmektedir ki; implantolojideki paradigma, "eksik kemiği yeniden oluşturma" çabasından, "mevcut anatomik yapıları stratejik ankraj noktası olarak kullanma" felsefesine doğru evrilmiştir. Zigomatik, pterigoid, trans-nazal implantlar ve kişiye özel subperiosteal sistemler, bu evrimin en güçlü klinik yansımalarıdır.

İncelenen tekniklerin ortak paydası; kapsamlı greftleme prosedürlerinin getirdiği yüksek morbidite, uzun iyileşme süreleri ve öngörülemez rezorpsiyon risklerini minimize etmeleridir. Özellikle zigomatik ve pterigoid implantların sunduğu bikortikal tutuculuk, atrofik çenelerde dahi yüksek primer stabilite elde edilmesine ve dolayısıyla hastaların yaşam kalitesini artıran "immediat yükleme" protokollerinin güvenle uygulanmasına olanak tanımaktadır. Öte yandan, dijital teknolojilerin ve lazer sinterleme yöntemlerinin gelişimi ile modernize edilen subperiosteal implantlar, kemik içi implantasyonun imkânsız olduğu ekstrem vakalarda dahi fonksiyonel rehabilitasyonu mümkün kılan, geçerliliği kanıtlanmış bir alternatif olarak yerini sağlamlaştırmıştır.

Ancak vurgulanması gereken en kritik nokta, bu tekniklerin "basit çözümler" olmadığıdır. Söz konusu cerrahi yaklaşımlar, maksillofasiyal anatominin derinlemesine hakimiyetini, ileri düzey cerrahi beceriyi ve hassas bir dijital planlama sürecini zorunlu kılmaktadır. Vital anatomik yapılara (orbita, kafatabanı, majör damar paketleri) komşulukları nedeniyle, bu prosedürlerdeki hata payı minimaldir. Dolayısıyla, başarının anahtarı sadece cerrahi tekniğin doğru uygulanmasında değil; doğru endikasyonun konulması, multidisipliner bir planlama yapılması ve potansiyel komplikasyonların yönetilebilir riskler dahilinde tutulmasında yatmaktadır.

Sonuç olarak, "greftsiz" cerrahi yaklaşımlar, bugün artık sadece geleneksel yöntemlerin başarısız olduğu durumlarda başvurulanan birer "kurtarma tedavisi" değil; uygun endikasyonlarda ilk tercih olarak değerlendirilebilecek, bilimsel temelleri sağlam ve öngörülebilir tedavi modaliteleridir. Gelecekte, yapay zeka destekli planlama algoritmaları ve materyal bilimindeki gelişmelerle birlikte, bu tekniklerin invazivliğinin daha da azalacağı ve atrofik çene rehabilitasyonunda standart bakım protokollerinin ayrılmaz bir parçası olacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aalam, Alexandre A., Krivitsky-Aalam, A., Zelig, D., Oh, S., Holtzclaw, D. ve Kurtzman, G. M. (2023). Trans-sinus dental implants, for immediate placement when insufficient alveolar height is present: an alternative to zygomatic implants – surgical case series. *Annals of Medicine and Surgery*, 85(1), 51-56. doi:10.1097/MS9.0000000000000201
- Aalam, Alexandre Amir, Krivitsky, A. ve Kurtzman, G. M. (2022). "Decision making with zygomatic and pterygoid dental implants in the severely atrophic maxilla: A narrative review". *Dentistry Review*, 2(3). doi:10.1016/j.dentre.2022.100054
- Abayev, B. ve Juodzbalys, G. (2015). Inferior alveolar nerve lateralization and transposition for dental implant placement. Part I: a systematic review of surgical techniques. *Journal of oral & maxillofacial research*, 6(1). doi:10.5037/JOMR.2014.6102
- Aghaloo, T. L. ve Moy, P. K. (2007). Which Hard Tissue Augmentation Techniques Are the Most Successful in Furnishing Bony Support for Implant Placement? *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(7), 49. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:36831511?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:36831511> adresinden erişildi.
- Agliardi, E. L., Romeo, D., Wenger, A., Gastaldi, G. ve Gherlone, E. (2015). Immediate rehabilitation of the posterior maxilla with extensive sinus pneumatization with one axial and one trans-sinus tilted implant: A 3-year clinical report and a classification. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(3), 163-168. doi:10.1016/j.prosdent.2014.07.017
- Allavéna, J., Nicot, R., Majoufre, C. ve Schlund, M. (2024). Inferior alveolar nerve repositioning surgical techniques and outcomes - a systematic review. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 125(1). doi:10.1016/J.JORMAS.2023.101631
- Alling, C. C. (1977). Lateral repositioning of inferior alveolar neurovascular bundle. *Journal of oral surgery (American Dental Association : 1965)*, 35(5), 419.
- Almeida, P. H. T., Cacciacane, S. H. ve Arczas Junior, A. (2021). Extra-long transnasal implants as alternative for Quad Zygoma: Case report. *Annals of Medicine and Surgery*, 68, 102635. doi:10.1016/J.AMSU.2021.102635
- Aparicio, C. (2011). A proposed classification for zygomatic implant patient based on the zygoma anatomy guided approach (ZAGA): a cross-sectional survey. *European journal of oral implantology*, 4, 269-275.
- Aparicio, C. (2012). Zygomatic Implants. *Quintessence*, 113-136.
- Aparicio, C., Brånemark, P.-I., Keller, E. E. ve Olivé, J. (1993). Reconstruction of the Premaxilla With Autogenous Iliac Bone in Combination With

- Osseointegrated Implants. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 8(1), 1.
<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:37793318?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:37793318> adresinden erişildi.
- Balshi, T. J., Wolfinger, G. J. ve Balshi, S. F. (1999). Analysis of 356 pterygomaxillary implants in edentulous arches for fixed prosthesis anchorage. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 14(3), 398-406.
- Barbu, H. M., Levin, L., Bucur, M. B., Comaneanu, R. M. ve Lorean, A. (2014). A modified surgical technique for inferior alveolar nerve repositioning on severely atrophic mandibles: case series of 11 consecutive surgical procedures. *Chirurgia (Bucharest, Romania : 1990)*, 109(1), 111-6.
- Bidra, A. S. ve Huynh-Ba, G. (2011). Implants in the pterygoid region: A systematic review of the literature. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 40(8), 773-781. doi:10.1016/j.ijom.2011.04.007
- Branemark, P. I. (1998). Surgery and fixture installation: zygomaticus fixture clinical procedures. *Place: Nobel Biocare AB*.
- Brånemark, P. I., Adell, R., Albrektsson, T., Lekholm, U., Lindström, J. ve Rockler, B. (1984). An experimental and clinical study of osseointegrated implants penetrating the nasal cavity and maxillary sinus. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(8), 497-505. doi:10.1016/0278-2391(84)90008-9
- Camargo, V. B., Baptista, D. ve Manfro, R. (2019). Implante transnasal (Técnica Vanderlin) como opção ao segundo implante zigomático. In: Coppedê A. Soluções clínicas para reabilitações totais sobre implantes sem enxerto ósseos. *Quintessence: São Paulo*, 198-214.
- Camargo VB, Baptista D ve Grossi JRA. (2021). Implantes transnasais: técnica Vanderlim como alternativa à técnica Zygo Quad em maxilas totais atroficas – série de 12 casos em carga imediata e acompanhamento de 2 a 26 meses. *Implant News*.
- Cawood, J. I. ve Howell, R. A. (1988). A classification of the edentulous jaws. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 17(4), 232-236. doi:10.1016/S0901-5027(88)80047-X
- Chiapasco, M., Casentini, P. ve Zaniboni, M. (2009). Bone Augmentation Procedures in Implant Dentistry. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 24, 237.
<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:45647849?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:45647849> adresinden erişildi.
- Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T. ve Wennerberg, A. (2016). Survival and Complications of Zygomatic Implants: An Updated Systematic Review.

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 74(10), 1949-1964.
doi:10.1016/j.joms.2016.06.166

- Cooper, L. F., Thalji, G. ve Al-Tarawneh, S. (2020). Are Nongrafting Solutions Viable for Dental Implant Treatment in Limited Bone Volume? *Compendium of Continuing Education in Dentistry (15488578)*, 41(7), 368. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:144724357?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:144724357> adresinden erişildi.
- Curi, M. M., Cardoso, C. L. ve Ribeiro, K. de C. B. (2015). Retrospective study of pterygoid implants in the atrophic posterior maxilla: implant and prosthesis survival rates up to 3 years. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 30(2), 378-383. doi:10.11607/JOMI.3665
- Davó, R. ve David, L. (2019). Quad Zygoma: Technique and Realities. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 31(2), 285-297. doi:10.1016/J.COMS.2018.12.006
- Dimitroulis, G., Gupta, B., Wilson, I. ve Hart, C. (2023). The atrophic edentulous alveolus. A preliminary study on a new generation of subperiosteal implants. *Oral and Maxillofacial Surgery*, 27(1), 69-78. doi:10.1007/S10006-022-01044-3
- Girgin, F. ve Yilmaz, O. (2026). Comparative assessment of various implant configurations for atrophic maxilla: A three-dimensional finite element analysis. *Journal of Stomatology Oral and Maxillofacial Surgery*, 127(2), 102608. doi:10.1016/J.JORMAS.2025.102608
- Grandi, T., Faustini, F., Casotto, F., Samarani, R., Svezia, L. ve Radano, P. (2019). Immediate fixed rehabilitation of severe maxillary atrophies using trans-sinus tilted implants with or without sinus bone grafting: One-year results from a randomised controlled trial. *International Journal of Oral Implantology*, 12(2), 141. <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:136490067?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:136490067> adresinden erişildi.
- Jensen, J., Reiche-Fischel, O. ve Sindet-Pedersen, S. (1994). Nerve transposition and implant placement in the atrophic posterior mandibular alveolar ridge. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 52(7), 662-668. doi:10.1016/0278-2391(94)90474-X
- Jensen, O. ve Nock, D. (1987). Inferior alveolar nerve repositioning in conjunction with placement of osseointegrated implants: a case report. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 63(3), 263-268. doi:10.1016/0030-4220(87)90187-3
- Jensen, O. T., Cottam, J., Ringeman, J. ve Adams, M. (2012). Trans-sinus dental implants, bone morphogenetic protein 2, and immediate function for all-on-

- 4 treatment of severe maxillary atrophy. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 70(1), 141-148. doi:10.1016/j.joms.2011.03.045
- Karlis, V., Bae, R. D. ve Glickman, R. S. (2003). Mandibular fracture as a complication of inferior alveolar nerve transposition and placement of endosseous implants: a case report. *Implant dentistry*, 12(3), 211-216. doi:10.1097/01.ID.0000078232.90185.82
- Khajehahmadi, S., Rahpeyma, A., Bidar, M. ve Jafarzadeh, H. (2013). Vitality of intact teeth anterior to the mental foramen after inferior alveolar nerve repositioning: Nerve transpositioning versus nerve lateralization. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(9), 1073-1078. doi:10.1016/j.ijom.2013.04.012
- Krekmanov, L., Kahn, M., Rangert, B. ve Lindström, H. (2000). Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 15(3), 405-14.
- Kusek, E. R. (2009). The use of laser technology (Er;Cr:YSGG) and stereolithography to aid in the placement of a subperiosteal implant: case study. *The Journal of oral implantology*, 35(1), 5-11. doi:10.1563/1548-1336-35.1.5
- Lorean, A., Kablan, F., Mazor, Z., Mijiritsky, E., Russe, P., Barbu, H. ve Levin, L. (2013). Inferior alveolar nerve transposition and reposition for dental implant placement in edentulous or partially edentulous mandibles: A multicenter retrospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(5), 656-659. doi:10.1016/j.ijom.2013.01.020
- Luong, D. C., Lanh, L. D., Thuy, V. L. ve Loan, P. T. H. (2024). Optimizing pterygoid implant placement without sinus intrusion in edentulous vietnamese patients: A comprehensive tomographic analysis and cross-sectional study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 16(11), e1371-e1378. doi:10.4317/JCED.61787
- Malo, P., De Araújo Nobre, M., Lopes, A., Moss, S. M. ve Molina, G. J. (2011). A longitudinal study of the survival of All-on-4 implants in the mandible with up to 10 years of follow-up. *Journal of the American Dental Association*, 142(3), 310-320. doi:10.14219/jada.archive.2011.0170
- Maló, P., Nobre, M. D. ve Lopes, A. (2013). Immediate loading of ‘All-on-4’ maxillary prostheses using trans-sinus tilted implants without sinus bone grafting: a retrospective study reporting the 3-year outcome. *Eur J Oral Implantol*, 6(3), 273-283.
- Maló, P., Rangert, B. ve Nobre, M. (2003). “All-on-Four” immediate-function concept with Brånemark System implants for completely edentulous mandibles: a retrospective clinical study. *Clinical implant dentistry and related research*, 5 Suppl 1(SUPPL. 1), 2-9. doi:10.1111/J.1708-8208.2003.TB00010.X

- Maló, P., Rangert, B. O. ve Nobre, M. (2005). All-on-4 immediate-function concept with Brånemark System® implants for completely edentulous maxillae: a 1-year retrospective clinical study. *Clinical implant dentistry and related research*, 7, s88-s94.
- Mangano, C., Bianchi, A., Mangano, F. G., Dana, J., Colombo, M., Solop, I. ve Admakin, O. (2020). Custom-made 3D printed subperiosteal titanium implants for the prosthetic restoration of the atrophic posterior mandible of elderly patients: A case series. *3D Printing in Medicine*, 6(1). doi:10.1186/S41205-019-0055-X
- Mateos, L., García-Calderón, M., González-Martín, M., Gallego, D. ve Cabezas, J. (2002). Inserción de implantes dentales en la apófisis pterigoides: Una alternativa en el tratamiento rehabilitador del maxilar posterior atrófico. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral*, 14(1), 37-45. doi:10.4321/S1699-65852002000100005
- Mommaerts, M. Y. (2017). Additively manufactured sub-periosteal jaw implants. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(7), 938-940. doi:10.1016/j.ijom.2017.02.002
- Morris, H. E., Ochi, S., Crum, P., Orenstein, I. ve Plezia, R. (2003). Bone density: its influence on implant stability after uncovering. *The Journal of oral implantology*, 29(6), 263-9. doi:10.1563/1548-1336(2003)029<0263:BDIIOI>2.3.CO;2
- Morrison, A., Chiarot, M. ve Kirby, S. (2002). Mental nerve function after inferior alveolar nerve transposition for placement of dental implants. *Journal (Canadian Dental Association)*, 68(1), 46-50.
- Nkenke, E. ve Neukam, F. W. (2014). Autogenous bone harvesting and grafting in advanced jaw resorption: morbidity, resorption and implant survival. *Eur J Oral Implantol*, 7(Suppl 2), S203-S217.
- Oizumi, N., Suenaga, N., Funakoshi, T., Yamaguchi, H. ve Minami, A. (2012). Recovery of sensory disturbance after arthroscopic decompression of the suprascapular nerve. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 21(6), 759-764. doi:10.1016/j.jse.2011.08.063
- Pimentel, A. C., Sanches, M. A., Ramalho, G. C., Roman-Torres, C. V., Manzi, M. R. ve Sendyk, W. R. (2016). Lateralization Technique and Inferior Alveolar Nerve Transposition. *Case reports in dentistry*, 2016. doi:10.1155/2016/4802637
- Pommer, B., Mailath-Pokorny, G., Haas, R., Busenlechner, D., Fürhauser, R. ve Watzek, G. (2014). Patients' preferences towards minimally invasive treatment alternatives for implant rehabilitation of edentulous jaws. *European journal of oral implantology*, 7 Suppl 2, S91-109.

- Ramezanzade, S., Yates, J., Tuminelli, F. J., Keyhan, S. O., Yousefi, P. ve Lopez-Lopez, J. (2021). Zygomatic implants placed in atrophic maxilla: an overview of current systematic reviews and meta-analysis. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 43(1). doi:10.1186/S40902-020-00286-Z
- Rinaldi, M. ve Ganz, S. (2019). Computer-Guided Approach for Placement of Zygomatic Implants: Novel Protocol and Surgical Guide. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 40, e1-e4.
- Rodríguez, X., Méndez, V., Vela, X. ve Segalà, M. (2012). Modified surgical protocol for placing implants in the pterygomaxillary region: clinical and radiologic study of 454 implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 27(6), 1547-53.
- Salinas-Goodier, C., Rojo, R., Murillo-González, J. ve Prados-Frutos, J. C. (2019). Three-dimensional descriptive study of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants: A retrospective study. *Scientific reports*, 9(1). doi:10.1038/S41598-019-52672-X
- Scaini, R. ve Testori, T. (2025). Graftless Management of the Atrophic Mandible: Short Implants. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 33(2), 159-167. doi:10.1016/J.CXOM.2025.04.005
- Scolozzi, P., Lombardi, T. ve Jaques, B. (2004). Successful inferior alveolar nerve decompression for dysesthesia following endodontic treatment: Report of 4 cases treated by mandibular sagittal osteotomy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 97(5), 625-631. doi:10.1016/j.tripleo.2004.01.002
- Soto-Peñaloza, D., Zaragozı-Alonso, R., Peñarrocha-Diago, M. ve Peñarrocha-Diago, M. (2017). The all-on-four treatment concept: Systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(3), e474. doi:10.4317/JCED.53613
- Testori, T., Clauser, T., Rapani, A., Artzi, Z., Avila-Ortiz, G., Barootchi, S., ... Decker, A. (2024). Indications for implant-supported rehabilitation of the posterior atrophic maxilla: A multidisciplinary consensus among experts in the field utilising the modified Delphi method. *International Journal of Oral Implantology*, 17(1).
- Testori, T., Mandelli, F., Mantovani, M., Taschieri, S., Weinstein, R. L. ve Del Fabbro, M. (2013). Tilted trans-sinus implants for the treatment of maxillary atrophy: Case series of 35 consecutive patients. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 71(7), 1187-1194. doi:10.1016/j.joms.2013.02.013
- Vaira, L. A., Biglio, A., Salzano, G., Lechien, J. R. ve De Riu, G. (2024). Additively manufactured custom-made subperiosteal implant rehabilitation for severely atrophic maxillary molar area: A technical note. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 125(5). doi:10.1016/j.jormas.2024.101917

- Valerón, J. F. ve Valerón, P. F. (2007). Long-term results in placement of screw-type implants in the pterygomaxillary-pyramidal region. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 22(2), 195-200.
- Widmark, G., Andersson, B., Carlsson, G., Lindvall, A. ve Ivanoff, C. (2001). Rehabilitation of Patients with Severely Resorbed Maxillae by Means of Implants with or Without Bone Grafts: A 3- to 5-Year Follow-up Clinical Report. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 16, 73-79.
- Zaninovich, M. (2022). Immediate Rehabilitation of the Severely Atrophic Maxilla Using Trans-Sinus Nasal Protocol and Extended Length Subcrestal Angulated Implants. Case Series With 1-Year Follow-Up. *Journal of Oral Implantology*, 48(2), 117-124. doi:10.1563/AAID-JOI-D-19-00307

BÖLÜM 5

Oral Skuamöz Hücreli Karsinomun Tanısında Yapay Zekânın Rolü: Güncel Durum, Sınırlılıklar ve Gelecek Perspektifleri

Mert Şirinler¹ & Zeynep Afra Akbıyık Az² &
Gülsüm Ak³

¹ Dt., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Orcid: 0009-0002-0256-1509

² Dr. Med. Dent., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-3606-0710

³ Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-3339-1568

1. Giriş

Oral kanser, özellikle Oral Skuamöz Hücreli Karsinom (OSHK), hem insidans hem de mortalite açısından küresel ölçekte önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Beş yıllık sağkalım oranlarının hâlâ istenen düzeye ulaşamamış olması, çoğu vakanın ileri evrede tanı alması ve tedaviye rağmen fonksiyonel ve estetik kayıpların sık görülmesi, erken tanının kritik önemini göstermektedir. Baş ve boyun bölgesinin sık rastlanan malignitelerinden biri olan OSHK, sıklıkla uzun süre asemptomatik seyreden veya non-spesifik mukozal değişiklikler şeklinde başlayan lezyonlardan gelişir. Bu nedenle, erken evre lezyonların saptanması büyük ölçüde klinisyenin dikkatine, deneyimine ve rutin muayene pratiğine bağlıdır.

Diş hekimleri, ağız boşluğu mukozasını düzenli olarak değerlendiren birinci basamak profesyoneller olarak, prekanseröz lezyonların ve erken evre oral kanser odaklarının tanınmasında merkezi bir role sahiptir. Bununla birlikte, klinik pratikte hafif renk değişiklikleri, yüzey düzensizlikleri veya non-spesifik ülserasyonlar gibi bulgular kolaylıkla gözden kaçabilmekte, lezyonlar yanlış yorumlanabilmekte veya “reaktif” ya da “inflamatuvar” süreçler olarak değerlendirilebilmektedir. Ayrıca, histopatolojik değerlendirme için biyopsi endikasyonunun konulması ve lezyonların uygun şekilde yönlendirilmesi de klinisyenin öznel kararlarına dayanmaktadır. Bu durum, gözlemciye bağlı değişkenliği artırmakta ve erken tanı fırsatlarının kaçırılması riskini doğurmaktadır.

Son yıllarda dijital görüntüleme yöntemlerinin yaygınlaşması, büyük ölçekli veri setlerinin birikmesi ve hesaplama gücündeki artış, sağlık alanında yapay zekâ (YZ) temelli karar destek sistemlerinin geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Diş hekimliğinde de intraoral fotoğraflar, optik görüntüleme teknikleri, histopatolojik dijital kesitler ve klinik-demografik veriler, YZ modellerinin eğitimi için zengin bir kaynak sağlamaktadır. OSHK ve potansiyel malign bozuklukların taranması, sınıflandırılması ve risk tahmini açısından YZ tabanlı yaklaşımlar, konvansiyonel yöntemlere tamamlayıcı bir araç olarak gündeme gelmiştir.

Bu bölümün amacı, oral kanserin erken tanısında yapay zekâ ve makine öğrenimi uygulamalarını bütüncül bir çerçevede ele almak; klinik görüntü tabanlı tarama sistemleri, lezyon sınıflandırma modelleri, klinik-demografik veriye dayalı risk tahmin algoritmaları ve histopatolojik görüntü analizi gibi temel alanları özetlemektir. Ayrıca, bu teknolojilerin metodolojik sınırlılıkları, etik boyutları ve klinik entegrasyon süreçleri tartışılacak; diş hekimliği pratiğinde güvenli ve etkin kullanım için geleceğe yönelik gereksinimler vurgulanacaktır.

2. Oral Kanserin Epidemiyolojisi ve Klinik Seyri

2.1. Epidemiyoloji

Oral kanser (OK) ve en sık görülen alt tipi olan Oral Skuamöz Hücreli Karsinom (OSHK), dünya genelindeki tüm malignitelerin yaklaşık %2'sini oluşturarak önemli bir halk sağlığı sorunu teşkil etmektedir. Küresel ölçekte en yaygın 11. kanser türü olan oral kanser, her yıl tahmini 330.000'den fazla ölüme neden olmaktadır. Erkeklerde en sık görülen ilk altı, kadınlarda ise ilk sekiz kanser arasında yer almakta olup, deri kanserleri hariç tutulduğunda baş ve boyun bölgesinin en yaygın malignitesi olarak kabul edilmektedir.

2.2. Oral Kanserin Klinik Seyri ve Prognozu

Oral kanser biyolojik olarak agresif seyir gösterir ve mortalitesi yüksektir. Ortalama beş yıllık sağkalım oranı %60'ın altındadır ve prognoz büyük ölçüde hastalığın tanı aldığı evreye bağlıdır. Erken evrelerde (Evre I–II) tanı konulduğunda hastalar daha konservatif tedavilere iyi yanıt verirken, nüks oranları da düşük seyretmektedir. Bu evrelerde beş yıllık sağkalım oranlarının sırasıyla %92,8 ve %79,6 olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık olguların çoğu tanı anında ilerlemiş evrelerde (genellikle Evre III–IV) saptanmaktadır. Bu durum cerrahi, radyoterapi, kemoterapi ve immünoterapi gibi multimodal tedavi gereksinimini artırmakta; ancak geç evre tedavilerinin sağkalıma katkısı oldukça sınırlı kalmaktadır. Evre IV hastalarda beş yıllık sağkalım oranı yalnızca %20 düzeyindedir.

Bu nedenle oral kanserin erken tanısı, tedavi başarısını artırmak ve prognozu iyileştirmek açısından kritik önem taşımaktadır. Diş hekimleri, çalışma alanlarının doğrudan oral boşluğu kapsamı nedeniyle erken tanıda kilit bir role sahiptir. Rutin dental muayenelerde ağız mukozası, dil, diş etleri, damak ve orofarinks girişinin sistematik incelenmesi, premalign lezyonların (örn. lökoplaki, eritroplaki) veya belirti vermeyen erken malign oluşumların tespit edilmesini mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla diş hekimleri, oral kanser taraması, erken tanı ve uygun yönlendirme süreçlerinde multidisipliner onkolojik bakımın temel bileşenlerinden biridir.

3. Erken Klinik Bulgular

Oral kanserin erken evrelerinde semptomlar çoğu zaman belirsiz ya da yoktur, bu da erken tanıyı güçleştiren temel faktörlerden biridir. İleri aşamalarda yutkunma güçlüğü, ağız içi ağrı, kanama, boyunda büyümüş lenf düğümleri, uyuşukluk, çiğneme ve konuşma güçlüğü, çene veya dil hareketlerinde kısıtlılık gibi belirgin klinik bulgular ortaya çıkabilir. Ancak hastalık ilerlemeden önce mukozada renk değişiklikleri, doku bütünlüğünde bozulmalar, düzensizlikler veya 15 gün içinde iyileşmeyen ülserler gibi erken epitelyal değişiklikler görülebilir. Bu tür persistans gösteren lezyonlar premalign veya malign süreçlerin

başlangıcı olabileceğinden mutlaka ayrıntılı klinik değerlendirme ve uygun tanısal inceleme gerektirir.

4. Konvansiyonel Tanı Yaklaşımlarının Sınırlılıkları

Oral kanser tanısında altın standart yöntem doku biyopsisi ve histopatolojik incelemedir. Ancak bu yöntem psikolojik ve prosedürel bazı zorluklar içermektedir. Hastaların 'kansere tanısı alma' kaygısı, biyopsiye yönelik korkuları ve invaziv işlemlerden çekinmeleri tanı sürecinde gecikmelere neden olmakta, bu da prognozu olumsuz etkilemektedir. Ayrıca erken evrelerde semptomların belirsiz olması, hastaların klinik başvurularını geciktirmektedir.

Oral kanser ve premalign lezyonların klinik görünümündeki belirgin heterojenlik, görüntüleme sırasında ortaya çıkabilen artefaktlarla birleştiğinde tanısal zorlukları artırmaktadır. Bu nedenle özellikle uzman olmayan klinisyenlerin malign lezyonları benign mukozal lezyonlardan ayırt etmesi güç olabilmektedir. Tüm bu klinik ve psikososyal faktörler tanı gecikmelerine katkıda bulunmakta ve daha erken saptanabilir lezyonların ileri evrelerde tanı almasına yol açmaktadır. Bu durum, tarama ve erken tanıyı destekleyecek, non-invaziv, hızlı ve güvenilir teknolojik araçlara olan ihtiyacı artırmaktadır.

Oral kanser, yüksek mortalite oranı nedeniyle acil erken teşhis stratejileri gerektiren yaygın bir malignitedir. Hastalığın genel olarak agresif seyri ve tanıdaki gecikmelerin prognozu belirgin biçimde kötüleştirilmesi, erken tanıya yönelik yapay zekâ destekli görüntü analizi gibi yenilikçi tanı araçlarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

5. Yapay Zekâ ve Makine Öğreniminin Temelleri

Tıp ve diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamalarının kullanımı, tanısal doğruluk, tedavi planlaması, prognostik tahmin ve klinik karar destek süreçlerinin iyileştirilmesi açısından giderek artmaktadır. Yapay zekâ, insan bilişsel süreçlerini taklit ederek karmaşık görevleri gerçekleştirmeyi amaçlayan bir bilgisayar bilimi alanıdır. Bu teknolojinin en önemli avantajlarından biri, büyük veri setlerini işleme, örüntü tanıma ve karar verme süreçlerini iyileştirme kapasitesidir.

YZ'nin temel bileşenlerinden biri olan Makine Öğrenimi (ML), sistemlerin geçmiş verilere dayanarak belirli örüntüleri tanımasına ve yeni verilere yönelik tahminlerde bulunmasına olanak sağlayan, istatistik temelli bir yaklaşımı temsil eder. Yapay Sinir Ağları (ANN) ise ML'nin daha gelişmiş bir alt alanı olup, biyolojik sinir sisteminden esinlenen katmanlı mimarileriyle yüksek boyutlu ve karmaşık verilerin işlenmesinde üstün performans sergilemektedir. Girdi katmanında alınan veriler birçok gizli katmandan geçirilerek doğrusal olmayan işlemlerle dönüşüm geçirir ve çıktı katmanında sınıflandırma veya tahmin değerine dönüştürülür.

YZ'nin sağlık alanındaki ilk uygulamalarından olan MYCIN ve INTERNIST-1 gibi uzman sistemlerden günümüze uzanan süreçte, yapay zekâ artık kanser tanısı, görüntü analizi, prognostik modelleme, operasyonel risk tahmini ve yoğun bakım yönetimi gibi pek çok alanda yüksek doğrulukla kullanılmaktadır. Özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN) zofagus karsinomu, dermatolojik maligniteler ve çeşitli solid tümörlerin tespitinde %98'e varan doğruluk oranlarıyla klinik güvenilirliği kanıtlamıştır.

6. Oral Kanserde Yapay Zekâ Uygulama Alanları

Ağız, ene ve yüz cerrahisi alanında YZ uygulamaları, tanısals görüntüleme, risk tahmini ve histopatolojik analiz süreçlerinde hızlı bir gelişim göstermektedir. Güncel alışmalar, özellikle intraoral görüntüler kullanılarak oral potansiyel malign bozuklukların ve oral kanserin erken dönemde tespitinde YZ tabanlı modellerin yüksek doğruluk sunduğunu göstermektedir. Bu sayede klinik muayenede gözden kaçabilecek kk veya erken dönem lezyonlar dahi otomatik olarak saptanabilmekte, özellikle sağlık hizmetlerine erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde tanı sürecine önemli katkılar sağlanmaktadır.

YZ destekli tanısals sistemler, oral kanser taramalarında non-invaziv, hızlı, kullanıcı dostu ve güvenilir bir yaklaşım ortaya koyarak erken tanının yaygınlaştırılmasına olanak sunmaktadır.

6.1. Klinik Görüntü Tabanlı Tanısals Modeller

Yapay zekâ ve makine öğrenimi uygulamaları, oral kanser tanısında  temel alanda yenilikçi çözümler sunmakta olup, bunların başında klinik görüntü analizi ve tarama yer almaktadır. Bu yaklaşım, oral mukozadaki renk değişiklikleri, mukoza devamlılığındaki düzensizlikler ve ülseratif lezyonlar gibi görsel bulguların bilgisayarlı analizine dayanarak erken teşhise katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Literatürde Kouketsu ve ark. nın 2024 yılında yaptıkları çalışmada tek lensli refleks (SLR) kameralar ile elde edilen ağız içi görüntüler üzerinde alışan YZ tabanlı bir model olan Single Shot Multibox Detector (SSD), oral skuamöz hücreli karsinom ve displazik lökoplaki gibi lezyonları tespit etmeye geliştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan Single Shot Multibox Detector tabanlı derin öğrenme modeli, yüksek doğrulukla nesne algılama gerçekleştirebilmek için geniş ölçekli veri setlerinde n eğitim (pre-training) sürecinden geçirilmiştir. Ancak, oral kanser gibi nadir görülen patolojiler için büyük ve dengeli bir veri tabanı oluşturmak g olduğundan araştırmacılar, önceden büyük ve genel bir veri kümesiyle eğitilmiş bir yapay zekâ modelinin, daha kk ve belirli bir görev ya da alan için özelleştirilmiş bir veri kümesi üzerinde yeniden eğitilerek performansının artırılması süreci olan ince ayar (fine-tuning) yaklaşımını benimsemiştir.

Bu doğrultuda model, öncelikle **PASCAL-VOC 2012** veri seti üzerinde n eğitimden geçirilmiştir. Nesne algılama alanında yaygın olarak kullanılan bu veri

seti, 20 farklı nesne sınıfına (örneğin insan, kuş, araç) ait 11.530 görüntü içermekte olup, modelin temel görsel özellikleri genelleme yeteneğini kazanmasına olanak sağlamıştır.

Ön eğitim sürecinin ardından, modelin oral patolojileri tespit etme ve lokalize etme performansını artırmak amacıyla, Tohoku Üniversitesi Hastanesi'nden elde edilen, histopatolojik olarak doğrulanmış klinik intraoral görüntüler kullanılarak yeniden eğitim gerçekleştirilmiştir. Bu klinik veri seti, 424 hastaya ait toplam 1.043 görüntü içermekte ve oral skuamöz hücreli karsinom, lökoplaki ve çeşitli benign oral mukoza hastalıklarını kapsamaktadır.

Klinik görüntüler, uzman konsültasyonu gereksinimine göre iki ana kategoriye ayrılmıştır:

Detaylı inceleme gerektiren hastalıklar: OSHK'ye ait 589 görüntü (yalnızca T1–T2 evreleri) ve displazik lökoplakiye ait 49 görüntü olmak üzere toplam 638 görüntü.

Detaylı inceleme gerektirmeyen hastalıklar (kontrol grubu): Siyah kıllı dil, kandidiyazis (191 görüntü) ve diğer benign lezyonlardan oluşan 405 görüntü.

Model, öncelikli olarak 523 oral kanser görüntüsü kullanılarak eğitilmiş; lezyon bölgeleri bir cerrah tarafından manuel olarak işaretlenmiştir. Modelin genel performansı ise, eğitim verisiyle örtüşmeyen bağımsız bir değerlendirme seti (OSHK: 66, lökoplaki: 49, diğer hastalıklar: 405 görüntü) üzerinden test edilmiştir. Sonuç olarak, çalışma kapsamında oluşturulan veri yapısı, genel görüntü tanıma kapasitesi yüksek bir ön eğitim modeli (PASCAL-VOC 2012) ile klinik olarak doğrulanmış sınırlı sayıdaki oral patoloji görüntülerinin entegrasyonuna dayanmaktadır. Bu yaklaşım, nadir görülen oral hastalıkların tespitinde küçük ölçekli klinik veri setlerinin derin öğrenme modelleriyle etkin biçimde kullanılabilmesi açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

Geliştirilen yapay zekâ modeli, oral skuamöz hücreli karsinom ve oral potansiyel malign bozuklukların, özellikle lökoplaki lezyonlarının tespitinde yüksek tanısal başarı göstermiştir. Model performansı, yalnızca OSHK tespiti ve OSHK ile lökoplaki tespitinin birlikte değerlendirildiği iki senaryo kapsamında incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, modelin yüksek duyarlılık (sensitivity) ve özgüllük (specificity) değerleriyle güçlü bir tanısal performans sergilediğini göstermektedir. Özellikle OSHK için duyarlılık %93,9 ve özgüllük %81,2 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, güncel tarama yöntemlerinden biri olan sıvı bazlı sitoloji ile yapılan fırça sitolojisinin (%60 duyarlılık, %99 özgüllük) performansına kıyasla, özellikle duyarlılık açısından anlamlı bir üstünlük sunmaktadır. Bu durum, YZ modelinin erken tanı ve tedavi gerektiren lezyonların gözden kaçırılma riskini azaltmada potansiyel bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Araştırmacılar, modelin amacının “klinik olarak ayrıntılı muayene gerektiren” oral mukozal bölgeleri tanımlamak olduğunu vurgulamışlardır. Bu bağlamda, yanlış pozitif oranlarının klinik açıdan görece daha az kritik olduğu, ancak yanlış negatiflerin en aza indirilmesi ve pozitif tanı oranının artırılması amacıyla modelin daha geniş kapsamlı veri setleriyle optimize edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, önerilen derin öğrenme tabanlı yaklaşımın, oral kanserin erken tanısında tamamlayıcı bir klinik karar destek aracı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

6.2. Derin Öğrenme ile Lezyon Sınıflandırma: ResNet Örneği

B. Tobias ve ark. nın geliştirdiği ‘Görüntü Sınıflandırma ve Segmentasyon Modeli (ResNet)’ isimli yapay zekâ (YZ) modelinde ise, oral lezyonların bilgisayar destekli analizi üç temel hedef doğrultusunda yapılandırılmıştır. Bunlardan ilki lezyonların piksel düzeyinde hassas segmentasyonu, ikincisi görüntü kırpma parçalarının (image crops) sınıflandırılması ve üçüncüsü lezyon varlığına veya yokluğuna göre tüm görüntülerin kategorize edilmesidir. Çalışmada çeşitli derin sinir ağı mimarileri değerlendirilmiş ve karşılaştırmalı analizler sonucunda, Residual Network (ResNet) mimarisinin lezyon sınıflandırmasında en yüksek tanısalsal performansı sağladığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, nihai sınıflandırma modeli 152 katmanlı ResNet yapısı temelinde geliştirilmiştir. Model, uzmanlar tarafından lezyon bölgeleri manuel olarak işaretlenmiş 1.636 kanserojen veya prekanseröz lezyon görüntüsü (152 hastadan) ile 450 normal oral mukoza görüntüsünden oluşan bir veri seti kullanılarak eğitilmiştir. Lezyonların segmentasyonu, VGG Image Annotator (VIA) yazılımı aracılığıyla gerçeleştirilmiş ve veri seti, skuamöz hücreli karsinom, pleomorfik adenom, lipom, sarkom, rekürrent herpes simpleks, paraboksidioidomikoz, aktinik şeilitis, dermoid kist, oral liken planus ve lökoplaki gibi geniş bir patoloji yelpazesini içermiştir. Modelin genelleme kapasitesini artırmak amacıyla, döndürme (rotation), aynalama (mirroring), Gauss gürültüsü (Gaussian noise) ekleme ve kesme (cut-off) gibi veri artırma (data augmentation) teknikleri uygulanmıştır. Test verileri üzerinde yapılan değerlendirmeler, ResNet tabanlı modelin ortalama F-ölçütü (F-measure) %77–78 ve doğruluk (accuracy) %78–81 aralığında tatmin edici performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, geliştirilen modelin yalnızca lezyon varlığını saptamakla kalmayıp, aynı zamanda farklı oral patolojileri ayırt edebilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, araştırmacılar, modelin performansının daha da iyileştirilebilmesi için segmentasyon ve sınıflandırma ağlarının optimizasyonuna, ayrıca yüksek kaliteli ve manuel olarak işaretlenmiş ek görüntülerin dahil edilmesine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır.

6.3. Klinik ve demografik veriye dayalı risk tahmini

Diğer bir alan olarak geliştirilen risk tahmini ve sınıflandırma modelinde, yapay zekâ ve özellikle yapay sinir ağları gibi makine öğrenimi teknikleri, klinik ve demografik verilerden yararlanarak bireylerin oral kanser geliştirme riskini öngörmek amacıyla kullanılmaktadır.

Alhazmi ve ark. nın 2021 yılında yaptıkları çalışma, görüntü tabanlı yaklaşımlardan farklı olarak, hasta risk faktörleri ve klinik özelliklerine dayalı bir Yapay Sinir Ağı modeli geliştirilerek oral kanser riskini tahmin etmeyi amaçlamıştır. Model, 2017–2020 yılları arasında Prince Mohammed Bin Nasser Hastanesi oral patoloji laboratuvarında kaydedilen vakalardan elde edilen verilerle oluşturulmuştur. Çalışmada, her hastaya ait 29 klinik ve demografik değişken (yaş, ana şikâyet, sistemik hastalık öyküsü, lezyon bölgesi, klinik görünüm ve yaşam tarzı alışkanlıkları (örneğin *shammah*, *khat* ve tütün kullanımı) değerlendirilmiştir. Başlangıçta 138 patolojik rapor incelenmiş olup, uygunluk kriterlerini karşılayan 73 vaka analiz kapsamına alınmıştır; bunların 51’i malign, 22’si benign veya premalign olarak sınıflandırılmıştır. Veriler, modelin genelleme performansını test etmek amacıyla rastgele olarak eğitim (%74, 54 vaka) ve test (%26, 19 vaka) setlerine ayrılmıştır. Bu çalışma, görüntü tabanlı derin öğrenme modellerinin yüksek performans için harici genel (ör. PASCAL-VOC 2012) ve dahili klinik veri setlerini birleştirdiğini, buna karşın risk tahminine yönelik yapay sinir ağı modellerinin kuruma özgü klinik ve demografik değişkenlere dayanarak bireyselleştirilmiş risk öngörüsü sunduğunu göstermektedir. Geliştirilen yapay sinir ağı modelinin teşhis performansı, oral kanser riskinin öngörülmesinde dikkate değer düzeyde güvenilir sonuçlar ortaya koymuştur. Model, %85,71 duyarlılık (sensitivity), %60.00 özgüllük (specificity) ve %78,95 doğruluk (accuracy) değerleri elde etmiştir. Yüksek duyarlılık oranı, modelin oral kanser riski yüksek hastaları doğru pozitif olarak tanımlama yeteneğinin güçlü olduğunu göstermekte ve erken teşhis açısından klinik pratiğinde kritik bir avantaj sunmaktadır. Buna karşın özgüllük oranı nispeten daha düşük olmakla birlikte, modelin benign vakaları doğru negatif olarak tanımlama kabiliyetinin tatmin edici düzeyde olduğunu göstermektedir. Bu performans, yapay sinir ağı modelinin klinik, demografik ve risk faktörü temelli verileri kullanarak malignite olasılığını başarılı biçimde tahmin edebildiğini ortaya koymaktadır. Bulgular, bu yaklaşımın oral kanser taraması ve erken teşhisi süreçlerinde klinisyenlere karar desteği sağlayabilecek tamamlayıcı bir araç olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Model, özellikle hastaların yaşam tarzı alışkanlıkları, sistemik tıbbi durumları ve klinik-patolojik verilerine dayalı risk analizinde faydalı bir öngörü mekanizması sunmaktadır. Bununla birlikte, yazarlar, modelin genellenebilirliğini ve tanısal doğruluğunu artırmak amacıyla daha geniş, dengeli ve çok merkezli hasta kohortlarıyla eğitilmesi, ayrıca elektronik tıbbi kayıtlar gibi ek klinik parametrelerin entegrasyonunun gerekli olduğunu vurgulamıştır.

6.4. Histopatolojik Görüntü Analizi

Son olarak histopatolojik görüntülerde teşhise yardımcı olma alanında yararlanılan yapay zekâ, oral skuamöz hücreli karsinom başta olmak üzere birçok malignitenin tanı, tedavi planlaması ve prognoz tahmini süreçlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Özellikle **Hematoksilen ve Eozin (H&E)** ile boyanmış histopatolojik görüntüler üzerinde yapılan derin öğrenme (deep learning) tabanlı analizler, tümör ve stromal dokuların ayrıştırılması yoluyla tümör/stroma oranının belirlenmesinde umut verici sonuçlar ortaya koymuştur; bu oran, OSHK hastalarının prognozunun öngörülmesinde kritik bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, derin öğrenme algoritmalarıyla desteklenen genç patologların OSHK teşhisini ortalama 6,26 dakika daha kısa sürede tamamlayabildikleri rapor edilmiştir; bu da özellikle yüksek hasta yoğunluğuna sahip kanser merkezlerinde tanısal verimliliğin ve hızın artırılması açısından önemli bir katkı sunmaktadır. Sarode ve ark. nın histopatoloji alanına yönelik metodolojik araştırmaları, yapay zekânın oral kanser tanısındaki potansiyelini destekleyen önemli katkılar arasında yer almaktadır. Bu çalışmalar, özellikle tümör mikromimarisi ve invazyon paternlerinin YZ modelleri tarafından daha etkin biçimde anlaşılabilmesi amacıyla yenilikçi görüntüleme yaklaşımlarının kullanımına odaklanmıştır. Araştırmacılar, floresan mikroskopi tekniklerinden yararlanarak, belirginliği düşük tümör-stroma kavşağının tespiti için yeni bir metodoloji geliştirmiştir. Ayrıca, bazal membran bütünlüğünün değerlendirilmesinde floresan mikroskobinin özgün bir kullanımını rapor ederek, özellikle tanısal belirsizlik taşıyan vakalarda histopatolojik doğruluğun artırılmasına yönelik yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Genel olarak, Sarode ve ark. nın bu çalışmaları, YZ'nin oral kanser histopatolojisine entegrasyonu konusundaki ilerlemeleri desteklemekte; aynı zamanda, veri seti yetersizliği, görüntü standardizasyon eksiklikleri ve metodolojik uyumsuzluklar gibi mevcut sınırlamaları vurgulayarak bu alanda gelecekteki araştırmalar için yönlendirici öneriler sunmaktadır. Bununla birlikte, YZ tabanlı histopatolojik analizlerde, keratoakantom ve nekrotizan siyalometaplazi gibi benzer morfolojik özellikler sergileyen benign lezyonlar ile OSHK'nin yüksek doğrulukla ayrıştırılabilmesi, ayrıca doku işleme ve boyama protokollerindeki standardizasyon eksikliklerinden kaynaklanan artefaktların model performansı üzerindeki olumsuz etkilerinin minimize edilmesi gerekliliği, bu alanda çözülmeyi bekleyen başlıca metodolojik zorluklar arasında yer almakta ve halen önemli bir araştırma odağı olarak önemini korumaktadır.

7. Yapay Zekâ Modellerinin Sınırlılıkları ve Metodolojik Zorluklar

Oral ve maksillofasiyal onkoloji alanında yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi, erken teşhis, risk değerlendirmesi ve prognoz tahmininde devrim niteliğinde ilerlemeler vaat etmektedir. Ancak bu modellerin klinik uygulamalara

tam entegrasyonu, özellikle veri setlerinin niteliği, miktarı ve model mimarisıyla ilişkili çeşitli sınırlılıklar nedeniyle henüz istenen düzeye ulaşamamıştır.

Yapay zekâ algoritmalarının, özellikle derin öğrenme tabanlı yöntemlerin başarısı, geniş, dengeli ve homojen veri setlerinin mevcudiyetine doğrudan bağlı olup, oral kanser alanında bu koşulların sağlanamaması, modellerin klinik geçerliliğini ve genellenebilirliğini önemli ölçüde sınırlamaktadır. Oral kanserin bazı coğrafi bölgelerde, örneğin Japonya’da, nispeten nadir görülen bir malignite olması, YZ modellerinin eğitimi için gerekli örneklem büyüklüğüne sahip görüntü veri setlerinin elde edilmesini güçleştirmektedir. Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı, yalnızca küçük hasta kohortları (örneğin 73 vakalılık prediksyon modeli) veya sınırlı sayıda görüntüyle yürütülmüş olup, bu durum modellerin öğrenme kapasitesini ve klinik ortamlara uyarlanabilirliğini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, oral kanser ve oral potansiyel malign bozuklukların klinik sunumundaki yüksek morfolojik heterojenite ile klinik görüntülerde sıkça karşılaşılan artefaktlar (örneğin ışık yansımaları, bulanıklık ve açı farklılıkları), YZ modellerinin tanısal doğruluğunu düşürmektedir. Makine öğrenimi, anlamlı örüntüler çıkarabilmek için homojen veri yapıları gerektirirken, ağız boşluğundaki lezyonların biçim, renk ve doku açısından sergilediği değişkenlik, dermatolojik lezyonlardaki tutarlılığa kıyasla yüksek doğruluk oranlarına ulaşılmasını güçleştirmektedir. Bununla birlikte, özellikle histopatolojik analizlerde, oral skuamöz hücreli karsinom ile karıştırılma potansiyeli taşıyan benign patolojilere (örneğin keratoakantom, nekrotizan siyalometaplazi, verrüköz hiperplazi, verruka vulgaris) ait açık erişimli ve standardize edilmiş veri setlerinin sınırlı olması, model eğitimi ve validasyon süreçlerinde önemli bir kısıt oluşturmaktadır. Bu durum, farklı popülasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılabilir ve çok merkezli iş birliğiyle geliştirilen genellenebilir modellerin oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. YZ tabanlı sistemlerin klinik güvenilirliği, veri kalitesi, standardizasyon düzeyi ve model mimarisinin genellenebilirliğiyle doğrudan ilişkilidir. Klinik ve histopatolojik görüntülerin kalitesindeki değişkenlik, model performansını sınırlamakta; özellikle ışık koşulları standardize edilmediğinde hatalı negatif sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Histopatolojik analizlerde, standart doku işleme ve H&E boyama protokollerinin eksikliği, veri heterojenitesine yol açarak modellerin translasyonel değerini azaltmaktadır. Klinik düzeyde ise modellerin dar kapsamlı veri setleriyle eğitilmesi, yalnızca belirli anatomik bölgelerde (örneğin dil) geçerli sonuçlar üretmesine neden olmakta, benign lezyonlarla ayırıcı tanıyı güçleştirmektedir. Yüksek duyarlılık oranları rapor edilse de klinik kullanıma uygun, sade ve erişilebilir uygulamaların yokluğu, YZ’nin pratik alana geçişini engellemektedir. Bu nedenle, standardize edilmiş, çok merkezli ve malign, premalign ile benign lezyonları dengeli biçimde içeren geniş veri setlerine dayalı daha genellenebilir modellerin geliştirilmesi gerekmektedir.

8. Etik Boyut ve Klinik Entegrasyon

Oral kanser ve oral mukozal hastalıkların tanı ve takibinde yapay zekâ temelli sistemlerin kullanımı, yalnızca teknik doğruluk ve performans göstergeleriyle sınırlı olmayan, aynı zamanda güçlü bir etik değerlendirme gerektiren bir dönüşüm alanıdır. YZ algoritmalarının klinik kararlarda hekim yerine değil, hekimle birlikte çalışan karar destek araçları olarak konumlandırılması esastır. Özellikle yanlış negatif ve yanlış pozitif sonuçların klinik ve etik etkileri bu bağlamda kritik önem taşır. Yanlış negatif sonuçlar, malign veya potansiyel malign lezyonların gözden kaçmasına ve tedavide gecikmeye yol açarak hasta güvenliğini doğrudan tehdit ederken; yanlış pozitif sonuçlar, gereksiz biyopsiler, invaziv işlemler ve hastada kaygı artışı gibi sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle geliştirilen modellerin tasarımında ve klinik entegrasyonunda, duyarlılık ve özgüllük arasındaki dengenin yalnızca istatistiksel değil, aynı zamanda etik ve klinik bir tercih olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

YZ tabanlı sistemlerin eğitimi ve validasyonu için kullanılan klinik ve görüntü verileri, veri gizliliği ve kişisel sağlık verilerinin korunması açısından da titiz bir yaklaşım gerektirir. Çok merkezli ve geniş ölçekli veri tabanlarının oluşturulması, oral kanser alanında model genellenebilirliğini artırmak için kaçınılmaz görünse de bu süreçte KVKK, GDPR gibi kişisel verilerin korunmasına ilişkin ulusal ve uluslararası mevzuatın gerekliliklerine uyulması zorunludur. Veri anonimleştirme, güvenli saklama, yetkisiz erişimin engellenmesi ve veri paylaşımına ilişkin açık ve şeffaf protokollerin oluşturulması hem hastaların mahremiyetinin korunması hem de YZ modellerine duyulan toplumsal güvenin sürdürülmesi açısından temel öneme sahiptir. Ayrıca, çok merkezli veri paylaşımına dayalı projelerde etik kurul onayları, aydınlatılmış onam süreçleri ve kurumlar arası sorumluluk paylaşımı açık biçimde tanımlanmalıdır.

9. Sonuç ve Gelecek Perspektifleri

Sonuç olarak yapay zekâ, oral kanser ve oral mukozal hastalıkların tarama ve tanısında, gelecekte klinik uygulamaya entegre edilebilecek güçlü bir karar destek aracı olma potansiyelini korumaktadır. Görüntü analizi yoluyla erken evre lezyonları tespit etme ve klinik-demografik risk faktörlerine dayalı olarak malignite olasılığını öngörebilme kapasitesi, erken müdahale oranlarını artırma ve sonuçta sağkalımı iyileştirme potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin güvenli ve adil bir biçimde gerçeğe dönüşebilmesi için, çok merkezli ve dengeli veri setlerine dayanan, prospektif olarak doğrulanmış, etik ve hukuki çerçevesi netleştirilmiş modellere ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Kouketsu, A., Doi, C., Tanaka, H., Araki, T., Nakayama, R., Toyooka, T., Hiyama, S., Iikubo, M., Osaka, K., Sasaki, K., Nagai, H., Sugiura, T., Yamauchi, K., Kuroda, K., Yanagisawa, Y., Miyashita, H., Kajita, T., Iwama, R., Kurobane, T., & Takahashi, T. (2024). Detection of oral cancer and oral potentially malignant disorders using artificial intelligence-based image analysis. *Head & neck, 46*(9), 2253–2260. <https://doi.org/10.1002/hed.27843>
2. Warin, K., & Suebnukarn, S. (2024). Deep learning in oral cancer- a systematic review. *BMC oral health, 24*(1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03993-5>
3. Shortliffe, E. H., Davis, R., Axline, S. G., Buchanan, B. G., Green, C. C., & Cohen, S. N. (1975). Computer-based consultations in clinical therapeutics: explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system. *Computers and biomedical research, an international journal, 8*(4), 303–320. [https://doi.org/10.1016/0010-4809\(75\)90009-9](https://doi.org/10.1016/0010-4809(75)90009-9)
4. Miller, R. A., Pople, H. E., Jr, & Myers, J. D. (1982). Internist-1, an experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. *The New England journal of medicine, 307*(8), 468–476. <https://doi.org/10.1056/NEJM198208193070803>
5. Alhazmi, A., Alhazmi, Y., Makrami, A., Masmali, A., Salawi, N., Masmali, K., & Patil, S. (2021). Application of artificial intelligence and machine learning for prediction of oral cancer risk. *Journal of oral pathology & medicine : official publication of the International Association of Oral Pathologists and the American Academy of Oral Pathology, 50*(5), 444–450. <https://doi.org/10.1111/jop.13157>
6. Tobias, M. A. S., Nogueira, B. P., Santana, M. C. S., Pires, R. G., Papa, J. P., & Santos, P. S. S. (2022). Artificial intelligence for oral cancer diagnosis: What are the possibilities? *Oral oncology, 134*, 106117. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2022.106117>
7. Kolokythas A. (2022). Can Artificial Intelligence (AI) assist in the diagnosis of oral mucosal lesions and/or oral cancer?. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology, 134*(4), 413–414. <https://doi.org/10.1016/j.o000.2022.07.004>
8. Sarode, G. S., Kumari, N., & Sarode, S. C. (2022). Oral cancer histopathology images and artificial intelligence: A pathologist's perspective. *Oral oncology, 132*, 105999. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2022.105999>
9. Zanoni, D. K., Montero, P. H., Migliacci, J. C., Shah, J. P., Wong, R. J., Ganly, I., & Patel, S. G. (2019). Survival outcomes after treatment of cancer

of the oral cavity (1985-2015). *Oral oncology*, 90, 115–121.
<https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2019.02.001>

10. Isler, Sabire & Ak, Gülsüm & Yurtseven Günay, Ayşem. (2023). Derin Öğrenmenin Diş Hekimliğinde Kullanımı. 10.26650/B/ET07.2023.005.23.
11. Akbıyık Az Z. A., Ak G. (2024). Early Detection of Oral Cancers: Artificial Intelligence or Expert Opinion? *Medical Informatics* 4, Istanbul University Press, 343-355. 10.26650/B/T3.2024.40.022