

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİNDE  
GÜNCEL KONULAR VE  
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Osman YALÇIN



**Ağız, Diş ve Çene Radyolojisinde  
Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

**Editör**

Dr.Öğr.Üyesi Osman YALÇIN

**yaz**  
yayınları

**2026**

**Ağız, Diş ve Çene Radyolojisinde Güncel  
Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Osman YALÇIN

---

**© YAZ Yayınları**

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

---

E\_ISBN 978-625-8926-99-6

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

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

[www.yazyayinlari.com](http://www.yazyayinlari.com)

[yazyayinlari@gmail.com](mailto:yazyayinlari@gmail.com)

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Diş Anomalilerinin Radyolojik Değerlendirilmesi ve Yapay Zekâ Destekli Tanı Yaklaşımları .....</b>                                                                             | <b>1</b>   |
| <i>Gizem EĞİLMEZ ÖZKILIÇ</i>                                                                                                                                                      |            |
| <b>Radiation Protection in Dentistry: From ALARA to ALADA and ALADAIP .....</b>                                                                                                   | <b>21</b>  |
| <i>Safiye Pelin ŞAHİNER</i>                                                                                                                                                       |            |
| <b>Baş-Boyun Bölgesi Yumuşak Doku Kalsifikasyonları: Panoramik Radyografide Ayırıcı Tanı, Klinik Önem ve Güncel Görüntüleme Yaklaşımları.....</b>                                 | <b>39</b>  |
| <i>Nursel ARPAY GÜMÜŞ</i>                                                                                                                                                         |            |
| <b>Diş Hekimliğinde Yapay Zeka .....</b>                                                                                                                                          | <b>62</b>  |
| <i>Mert Can KITOĞLU</i>                                                                                                                                                           |            |
| <b>Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Radyomisinde Yinelenebilirlik, Yeniden Üretilbilirlik ve Standardizasyon: Görüntüleme Parametrelerinden Özellik Harmonizasyonuna .....</b> | <b>79</b>  |
| <i>Alperen TEKİN</i>                                                                                                                                                              |            |
| <b>Oral Kanser ve Oral Potansiyel Malign Bozukluklarda Non-İnvaziv ve Minimal İnvaziv Yardımcı Tanı Yöntemleri: Güncel Kanıtlar ve Klinik Kullanım .....</b>                      | <b>98</b>  |
| <i>Berfin İrem NERGİZ, Ceyda Gizem TOPAL</i>                                                                                                                                      |            |
| <b>Dental KIBT Görüntülerinde Kranioservikal Anatomik Varyasyonlar ve Klinik Önemi .....</b>                                                                                      | <b>143</b> |
| <i>İsmail ÇAPAR</i>                                                                                                                                                               |            |
| <b>Yaşlılarda Ağız Kuruluğu (Kserostomi) .....</b>                                                                                                                                | <b>163</b> |
| <i>Hasibe TAŞKIN</i>                                                                                                                                                              |            |

**Rekürrent Aftöz Stomatitte Tanı ve Klinik Yönetim .....180**

*İbrahim Tefik GÜLŞEN*

**Kronik Böbrek Hastalığında Dental Yaklaşım:**

**Güncel Tanı, Risk Değerlendirmesi ve Tedavi**

**Prensipleri.....200**

*Selma DEMİR YANIK, Fatih YENİGÜN*

**Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Artefaktları**

**ve Tanısal Etkileri .....220**

*Şükran AYRAN*

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

# **DİŞ ANOMALİLERİNİN RADYOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANI YAKLAŞIMLARI**

**Gizem EĞİLMEZ ÖZKILIÇ<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Diş anomalileri, odontogenez sürecinde meydana gelen gelişimsel bozukluklar sonucunda ortaya çıkan ve dişlerin sayı, boyut, şekil, yapı veya sürme düzeninde değişikliklerle karakterize klinik durumlardır. Bu anomaliler, genetik, çevresel veya multifaktöriyel etkenlerin etkisiyle gelişmekte olup bireyler arasında geniş bir klinik çeşitlilik gösterebilmektedir (Hargreaves & Cohen, 2010; Neville, Damm, Allen, & Chi, 2015; Rajendran, 2009). Prevalansları toplumdan topluma değişiklik göstermekle birlikte, diş anomalileri özellikle ortodontik, cerrahi ve restoratif tedavi planlamasında önemli klinik sorunlara yol açabilmektedir (Alhammedi, Asiri, & Almashraqi, 2018; Brook, 1974).

Diş anomalileri çoğu zaman asemptomatik seyretmekle birlikte, estetik problemler, fonksiyonel bozukluklar ve oklüzal dengesizliklere neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra bazı anomaliler, komşu dişlerde yer değişikliğine yol açabilmekte, kist oluşumu, rezorpsiyon veya periodontal problemler gibi komplikasyonlara zemin hazırlayabilmektedir. Dental anomalilerin erken aşamada belirlenmesi ve kapsamlı biçimde değerlendirilmesi, doğru ve etkili bir tedavi yaklaşımının

---

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Diyarbakır, ORCID: 0009-0008-4607-1396.

oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır (Crawford, Aldred, & Bloch-Zupan, 2007).

Ağız, diş ve çene radyolojisi, diş anomalilerinin tanı ve değerlendirilmesinde temel rol oynayan disiplinlerden biridir. Klinik muayene ile her zaman tespit edilemeyen birçok anomalinin belirlenmesi, radyolojik incelemeler sayesinde mümkün olmaktadır. Panoramik ve intraoral radyografiler, dental anomalilerin başlangıç değerlendirmesinde sıklıkla tercih edilen iki boyutlu görüntüleme yöntemleridir. Bununla birlikte konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), anatomik yapıların ve komşuluk ilişkilerinin üç boyutlu olarak daha ayrıntılı incelenmesini sağlayarak özellikle karmaşık olgularda tanısal değerlendirmeye önemli katkı sunmaktadır (Patel et al., 2014; Scarfe & Angelopoulos, 2018; White & Pharoah, 2014).

Radyolojik görüntüleme yalnızca anomalinin varlığını ortaya koymakla kalmayıp, aynı zamanda lezyonun lokalizasyonu, çevre dokularla ilişkisi, komşu dişler üzerindeki etkisi ve olası komplikasyonların değerlendirilmesine de katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle radyolojik inceleme, ortodontik, cerrahi ve protetik tedavi planlamasının vazgeçilmez bir bileşenidir (White & Pharoah, 2014).

Bu bölümde, diş anomalileri sınıflandırılarak ele alınacak, radyolojik özellikleri ve ayırıcı tanı kriterleri tartışılacak ve güncel görüntüleme yöntemleri ile yapay zekâ uygulamalarının tanı sürecindeki rolü ağız, diş ve çene radyolojisi perspektifinden değerlendirilecektir.

## **2. DİŞ GELİŞİMİ**

Diş gelişimi (odontogenez), embriyonik dönemde başlayan ve dişlerin oluşum, mineralizasyon ve sürme süreçlerini kapsayan karmaşık bir biyolojik süreçtir (Tucker & Sharpe,

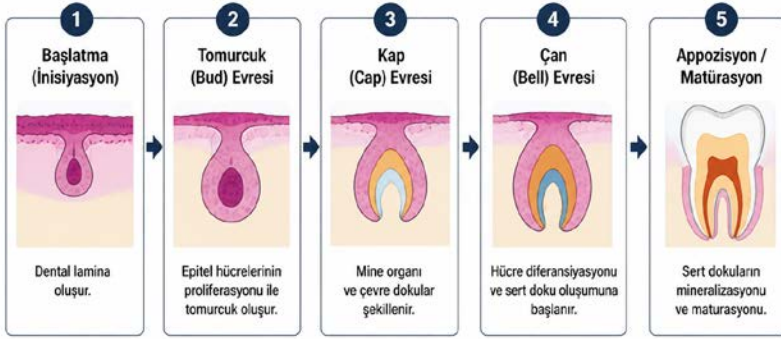
2004). Diş gelişimi, epitel ile ektomezenkimal dokular arasında gerçekleşen çift yönlü etkileşimler sonucunda şekillenmekte; bu süreç genetik yapı ve çevresel etkenlerin birlikte oluşturduğu düzenleyici mekanizmalar tarafından kontrol edilmektedir (Thesleff, 2003). Diş gelişiminde meydana gelen herhangi bir bozulma, sayı, boyut, şekil, yapı veya sürme ile ilişkili anomalilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Nanci, 2007).

Odontogenez temel olarak beş ana evrede incelenmektedir: başlatma (initiation), tomurcuk (bud), kap (cap), çan (bell) ve appozisyon/matürasyon evresi. Başlatma evresinde dental lamina oluşumu gerçekleşirken, tomurcuk evresinde epitel hücre proliferasyonu ile diş taslağı meydana gelir. Kap evresi sırasında mine organı, diş papillası ve diş folikülü gibi diş gelişiminin temel anatomik yapıları belirginleşerek birbirinden ayırt edilebilir hâle gelir. Çan evresinde hücre farklılaşması artar ve ameloblastlar ile odontoblastlar oluşarak mine ve dentin yapım süreci başlar. Son aşamada ise appozisyon ve matürasyon ile diş sert dokularının mineralizasyonu tamamlanır (Pagano et al., 2023).

Diş gelişiminin herhangi bir aşamasında ortaya çıkan gelişimsel aksaklıklar, oluşacak dental anomalinin türünü belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Örneğin başlatma evresindeki aksaklıklar diş sayısında değişikliklere (hipodonti veya süpernümerer dişler) yol açarken, morfodiferansiyasyon dönemindeki bozukluklar şekil anomalilerine neden olmaktadır (Polder, Van't Hof, Van der Linden, & Kuijpers-Jagtman, 2004). Histodiferansiyasyon ve mineralizasyon evrelerindeki bozukluklar ise mine ve dentin yapısında değişikliklerle karakterize yapı anomalilerine neden olabilmektedir (Rajendran, 2009).

Diş sürme süreci de gelişimin önemli bir parçasıdır ve bu süreçte meydana gelen gecikmeler veya sapmalar, gömülü dişler ve ektojik sürme gibi anomalilerle sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle diş gelişiminin normal seyrinin bilinmesi, anomalilerin patogenezinin anlaşılması ve radyolojik olarak doğru yorumlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Neville et al., 2015). Odontogenez temel olarak beş ana evrede incelenmektedir (Şekil 1).

**Şekil 1. Diş gelişiminin (odontogenez) temel evrelerinin şematik gösterimi**



### 3. DİŞ ANOMALİLERİ

Diş anomalileri, odontogenez sürecinde meydana gelen gelişimsel bozukluklar sonucunda ortaya çıkan ve dişlerin sayı, boyut, şekil, yapı veya sürme özelliklerinde değişikliklerle karakterize klinik durumlardır. Bu anomaliler genetik faktörler, çevresel etkiler veya bu iki faktörün etkileşimi sonucunda gelişebilmekte olup bireyler arasında farklı şiddet ve dağılım gösterebilmektedir (Neville et al., 2015; Tucker & Sharpe, 2004).

Dental anomaliler, etkilenen gelişim özelliğine göre temel olarak beş ana başlık altında sınıflandırılmaktadır: sayı anomalileri, boyut anomalileri, şekil anomalileri, yapı anomalileri ve sürme anomalileri. Sayı anomalileri, diş eksikliği (hipodonti,

oligodonti, anodonti) veya fazla diş varlığı (süpernümerer dişler) şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu anomaliler, özellikle ortodontik tedavi planlamasında önemli rol oynamaktadır (Mallineni, 2014; Polder et al., 2004; White & Pharoah, 2014).

Boyut anomalileri mikrodonti ve makrodonti olarak sınıflandırılmakta olup, genellikle estetik ve oklüzal uyumu etkileyen durumlar olarak karşımıza çıkmaktadır (Neville et al., 2015). Şekil anomalileri, dişin normal morfolojik yapısından sapmalarla ortaya çıkmakta ve geminasyon, füzyon, dilaserasyon, taurodontizm, dens invaginatus ile dens evaginatus gibi çeşitli klinik görünümüleri kapsamaktadır. Bu anomaliler, radyolojik değerlendirmede en sık karşılaşılan ve ayırıcı tanı gerektiren grubu oluşturmaktadır (Chetty, Roomaney, & Beighton, 2021; Hülsmann, 1997).

Yapı anomalileri, mine ve dentin gibi diş sert dokularının gelişimindeki bozukluklar sonucunda ortaya çıkmakta; amelogenezis imperfekta, dentinogenezis imperfekta ve dentin displazisi bu grupta yer alan başlıca klinik tabloları oluşturmaktadır. Bu anomaliler genellikle dişlerin radyodensitesinde ve yapısal bütünlüğünde değişikliklerle kendini göstermektedir (Crawford et al., 2007; Witkop Jr, 1988).

Sürme anomalileri ise dişlerin normal sürme yolunun ve zamanlamasının bozulması ile karakterizedir. Gömülü dişler, gecikmiş sürme ve ektopik sürme bu grupta yer almakta olup, özellikle cerrahi ve ortodontik müdahale gerektirebilmektedir (Botticelli, Verna, Cattaneo, Heidmann, & Melsen, 2011; Proffit, Fields Jr, & Sarver, 2006).

Diş anomalilerinin büyük bir kısmı klinik muayene ile fark edilebilse de, kesin tanı ve detaylı değerlendirme çoğu zaman radyolojik inceleme gerektirmektedir (White & Pharoah, 2014). Panoramik radyografi ve CBCT, dental anomalilerin konumunun, morfolojik özelliklerinin ve komşu anatomik yapılarla olan

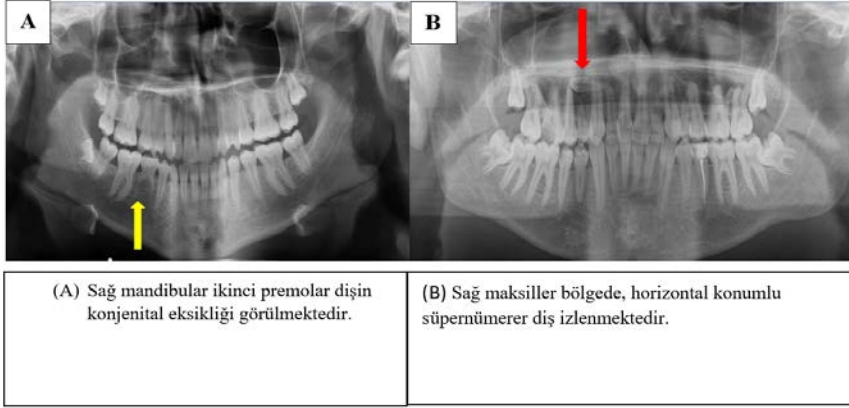
ilişkilerinin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine önemli katkı sağlamaktadır (Scarfe & Angelopoulos, 2018). Diş anomalileri, oluşum mekanizmalarına ve klinik özelliklerine göre farklı gruplarda sınıflandırılmaktadır. Bu anomalilerin temel radyolojik özellikleri ve klinik önemi Tablo 1’de özetlenmiştir.

**Tablo 1. Diş anomalilerinin sınıflandırılması ve temel radyolojik özellikleri**

| Anomali Grubu | Anomali                | Radyolojik Özellik             | Klinik Önemi        |
|---------------|------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Sayı          | Hipodonti              | Diş eksikliği, boşluk          | Ortodontik planlama |
| Sayı          | Süpernümerer diş       | Fazla diş, sıklıkla maksillada | Sürme engellenmesi  |
| Boyut         | Mikrodonti             | Küçük kron                     | Estetik sorun       |
| Şekil         | Taurodontizm           | Uzamış pulpa odası             | Endodontik zorluk   |
| Şekil         | Dens invaginatus       | Mine invajinasyonu             | Enfeksiyon riski    |
| Yapı          | Amelogenezisimperfekta | Düşükmineyoğunluğu             | Kırılgan yapı       |
| Sürme         | Gömülü diş             | Kemik içinde diş               | Cerrahi gereksinim  |

**Not:** Tablo, diş anomalilerinin klinik ve radyolojik açıdan özetini sunmaktadır.

Diş anomalilerinin radyografik görünümüne örnek olarak, bazı olguların panoramik radyografilerdeki bulguları Şekil 2’de belirtilmiştir.



**Şekil 2. Diş anomalilerine ait panoramik radyografik örnekler:**  
**(A) Sağ mandibular ikinci premolar dişin (45) konjenital eksikliği ve buna eşlik eden ikinci süt molar dişin (85) persiste kalması, (B) Sağ maksiller bölgede horizontal konumlu süpernümerer diş.**

#### 4. GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Diş anomalilerinin tanı ve değerlendirilmesinde görüntüleme yöntemleri temel bir rol oynamaktadır (Farman & Scarfe, 2009). Klinik muayene ile her zaman tespit edilemeyen anomalilerin belirlenmesi, morfolojik özelliklerinin ortaya konması ve çevre anatomik yapılarla ilişkilerinin değerlendirilmesi büyük ölçüde radyolojik incelemelere dayanmaktadır. Günümüzde diş anomalilerinin değerlendirilmesinde hem iki boyutlu hem de üç boyutlu görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır (Horner, Islam, Flygare, Tsiklakis, & Whaites, 2009).

İntraoral radyografiler, özellikle periapikal ve bitewing görüntüler, sınırlı alanlarda yüksek çözünürlük sağlamaları nedeniyle lokalize anomalilerin değerlendirilmesinde önemli avantaj sunmaktadır. Kök morfolojisi, dens invaginatus, dilasasyon ve yapı anomalileri gibi durumlarda detaylı inceleme imkânı sağlamaktadır. Ancak görüntüleme alanının

sınırlı olması, geniş kapsamlı değerlendirmelerde kullanımını kısıtlamaktadır (Kau, Richmond, Palomo, & Hans, 2005; Whaites, 2002).

Panoramik radyografi, diş anomalilerinin genel taramasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Tek bir görüntü ile tüm dental arkların ve ilgili anatomik yapıların değerlendirilmesine olanak tanınması, özellikle süpernümerer dişler, hipodonti, gömülü dişler ve sürme anomalilerinin belirlenmesinde önemli avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte, görüntüdeki büyütme, distorsiyon ve süperpozisyon gibi sınırlılıklar, bazı anomalilerin detaylı değerlendirilmesini zorlaştırabilmektedir (Langland, Langlais, & Preece, 2002; Rushton, Horner, & Worthington, 1999).

CBCT, diş anomalilerinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesine imkân tanıyan ileri bir görüntüleme yöntemidir. Özellikle kompleks morfolojiye sahip anomalilerde, gömülü dişlerin konumunun belirlenmesinde, komşu anatomik yapılarla ilişkilerin değerlendirilmesinde ve cerrahi planlamada önemli katkılar sağlamaktadır. Her ne kadar CBCT, iki boyutlu görüntüleme yöntemlerine göre daha ayrıntılı bilgi sağlayarak tanısal doğruluğu artırsa da, daha yüksek radyasyon maruziyeti ve maliyet gibi dezavantajları nedeniyle yalnızca uygun klinik endikasyonlar doğrultusunda tercih edilmelidir (Miracle & Mukherji, 2009a, 2009b).

Bilgisayarlı tomografi (BT), özellikle geniş kemik yapılarının değerlendirilmesinde ve kompleks kraniofasial anomalilerde tercih edilebilen bir yöntem olmakla birlikte, yüksek radyasyon dozu nedeniyle dental uygulamalarda sınırlı kullanım alanına sahiptir. Manyetik rezonans görüntüleme (MR) ise yumuşak doku değerlendirmesinde üstünlük sağlamakta, ancak diş sert dokularının incelenmesinde sınırlı kalmaktadır (Kau et al., 2005; White & Pharoah, 2014).

Sonuç olarak, diş anomalilerinin doğru tanısı için uygun görüntüleme yönteminin seçimi büyük önem taşımaktadır. Klinik bulgular ile birlikte değerlendirilen radyolojik incelemeler, hem tanısal doğruluğu artırmakta hem de tedavi planlamasına önemli katkılar sağlamaktadır (Pauwels, 2015). Farklı görüntüleme yöntemleri, diş anomalilerinin değerlendirilmesinde çeşitli avantaj ve sınırlılıklar sunmakta olup, bu yöntemlerin karşılaştırmaları Tablo 2’de özetlenmiştir.

**Tablo 2. Diş anomalilerinin değerlendirilmesinde kullanılan görüntüleme yöntemlerinin karşılaştırılması**

| <b>Yöntem</b>        | <b>Avantajları</b>                 | <b>Sınırlılıkları</b>      | <b>Klinik Kullanım</b>  |
|----------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| İntraoral radyografi | Yüksek çözünürlük                  | Sınırlı görüntü alanı      | Lokal anomaliler        |
| Panoramik radyografi | Geniş alan, hızlı tarama           | Distorsiyon, süperpozisyon | Genel değerlendirme     |
| CBCT                 | Üç boyutlu analiz, yüksek doğruluk | Daha yüksek doz, maliyet   | Kompleks anomaliler     |
| BT                   | Detaylı kemik yapısı               | Yüksek radyasyon           | Sınırlı dental kullanım |
| MR                   | Yumuşak doku değerlendirme         | Sert dokuda sınırlı        | Spesifik durumlar       |

## **5. YAPAY ZEKÂYA GENEL BAKIŞ**

Yapay zekâ (artificial intelligence, AI), bilgisayar sistemlerinin öğrenme, akıl yürütme, problem çözme ve karar verme gibi insan bilişine özgü süreçleri taklit edebilmesini sağlayan yöntem ve algoritmaların bütünüdür. Tıp ve diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamaları son yıllarda hızlı bir gelişim göstermiş ve özellikle görüntüleme temelli tanısal değerlendirme süreçlerinde önemli bir konuma ulaşmıştır. Yapay zekânın bir alt dalı olan makine öğrenmesi (machine learning, ML) ile onun daha ileri bir alt alanı olan derin öğrenme (deep learning, DL), geniş veri kümeleri üzerinden öğrenerek

görüntü analizi ve sınıflandırma işlemlerinde yüksek doğruluk oranlarına ulaşabilmektedir (Russell, 2010).

Diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamaları ağırlıklı olarak radyolojik görüntülerin analizine dayanmaktadır. Özellikle konvolüsyonel sinir ağları (convolutional neural networks, CNN), özellikle görüntü analizine yönelik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmakta ve dental radyografiler üzerinde otomatik tespit, segmentasyon ve sınıflandırma işlemlerinde etkili sonuçlar vermektedir (Khanagar et al., 2021; Schwendicke, Samek, & Krois, 2020).

## **6. DİŞ ANOMALİLERİNİN YAPAY ZEKÂ İLE TESPİTİ**

Diş anomalilerinin radyolojik olarak değerlendirilmesi, çoğu zaman deneyim gerektiren ve gözlemciye bağlı değişkenlik gösterebilen bir süreçtir. Yapay zekâ tabanlı sistemler, bu süreci standardize ederek daha hızlı ve objektif değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, yapay zekâ algoritmalarının süpernümerer dişlerin, gömülü dişlerin ve çeşitli morfolojik anomalilerin tespitinde yüksek doğruluk oranlarına ulaştığı gösterilmiştir. Özellikle panoramik radyografiler üzerinde geliştirilen modeller, fazla dişlerin otomatik olarak belirlenmesi ve lokalizasyonunun yapılmasında başarılı sonuçlar vermektedir. Benzer şekilde, taurodontizm, dens invaginatus ve dilaserasyon gibi şekil anomalilerinin tespitinde de derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar kullanılmaktadır (Alam et al., 2024; LeCun, Bengio, & Hinton, 2015).

CBCT görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalar, yapay zekânın üç boyutlu veri setleri üzerinden daha detaylı analizler gerçekleştirebildiğini göstermektedir. Bu sayede anomalilerin

hacimsel değerlendirilmesi, kök morfolojisinin analizi ve komşu anatomik yapılarla ilişkilerin belirlenmesi daha hassas bir şekilde yapılabilmektedir (Cui et al., 2022).

## **7. YAPAY ZEKÂ TABANLI GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMLERİ**

Diş anomalilerinin yapay zekâ ile değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yaklaşımlar derin öğrenme temelli algoritmalarlardır. Bu alanda özellikle konvolüsyonel sinir ağları (convolutional neural networks, CNN), görüntü verilerindeki kompleks örüntüleri öğrenebilme kapasitesi sayesinde öne çıkmaktadır. CNN tabanlı modeller, dental radyografiler üzerinde otomatik tespit ve sınıflandırma görevlerinde yüksek doğruluk oranları sunmaktadır (Minaee et al., 2021).

Bununla birlikte görüntü segmentasyonu teknikleri, dişlerin ve ilgili anatomik yapıların sınırlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Segmentasyon algoritmaları sayesinde dişler, kök yapıları ve çevre dokular ayrıştırılarak anomalilerin daha hassas değerlendirilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu yöntemler özellikle üç boyutlu görüntüleme verilerinde detaylı analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır (Cui et al., 2022).

## **8. YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARINDA KULLANILAN GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ**

Yapay zekâ uygulamalarında kullanılan görüntüleme verileri çoğunlukla panoramik radyografiler ve CBCT görüntülerinden oluşmaktadır. Panoramik radyografiler, geniş anatomik alanı tek bir görüntüde sunması nedeniyle tarama ve ön değerlendirme amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir. Yapay zekâ algoritmaları, bu görüntüler üzerinde süpernümerer dişler,

gömülü dişler ve sürme anomalilerini etkili şekilde tespit edebilmektedir (Khanagar et al., 2021).

CBCT görüntüleri ise üç boyutlu veri sağlaması nedeniyle daha detaylı morfolojik değerlendirme imkânı sunmaktadır. Bu sayede kök yapıları, dişlerin konumları ve çevre anatomik ilişkiler daha hassas biçimde analiz edilebilmekte, kompleks anomalilerin değerlendirilmesinde önemli avantaj sağlanmaktadır. Ancak CBCT verilerinin işlenmesi, daha yüksek hesaplama gücü ve daha geniş veri setleri gerektirmektedir (Cui et al., 2022).

## **9. YAPAY ZEKÂNIN SAĞLADIĞI AVANTAJLARI**

Yapay zekâ destekli sistemler, diş anomalilerinin değerlendirilmesinde birçok avantaj sunmaktadır. Öncelikle bu sistemler, geniş hacimli veri kümelerini hızlı ve sistematik biçimde işleyebilmesi, tanısal değerlendirme süresinin kısalmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca değerlendirmelerin standartlaştırılması sayesinde gözlemciye bağlı değişkenlik azaltılmakta ve daha objektif sonuçlar elde edilmektedir.

Yapay zekâ sistemlerinin bir diğer önemli avantajı ise tekrarlanabilirliktir. Aynı veri seti üzerinde yapılan analizlerde tutarlı sonuçlar elde edilebilmesi, özellikle klinik karar destek sistemleri açısından önemli bir özelliktir. Bu durum, yoğun klinik ortamlarda radyologlara yardımcı olarak tanısal sürecin güvenilirliğini artırmaktadır (Schwendicke et al., 2020; Topol, 2019).

## 10. YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ SINIRLILIKLAR

Yapay zekâ uygulamaları çeşitli üstünlükler sağlamakla birlikte, bazı önemli kısıtlılıkları da beraberinde getirmektedir. Bu sistemlerin güvenilir ve başarılı sonuçlar üretebilmesi, kullanılan veri setlerinin niteliği, örneklem büyüklüğü ve çeşitliliğiyle yakından ilişkilidir. Yetersiz veya dengesiz veri setleri, modelin genellenebilirliğini sınırlayarak farklı popülasyonlarda düşük performansa neden olabilmektedir.

Ayrıca veri setlerinde yer alan önyargı (bias), bu sistemlerin hatalı sonuçlar üretmesine yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra veri güvenliği, hasta gizliliği ve etik sorumluluklar gibi konular da yapay zekâ uygulamalarının klinik kullanımında göz önünde bulundurulması gereken temel unsurlar arasında bulunmaktadır (Chartrand et al., 2017; Kelly, Karthikesalingam, Suleyman, Corrado, & King, 2019). Diş anomalilerinin yapay zekâ ile tespitine yönelik çalışmalarda kullanılan görüntüleme yöntemleri ve algoritmalar Tablo 3'te özetlenmiştir.

**Tablo 3. Diş anomalilerinin yapay zekâ ile tespiti ve kullanılan yöntemler**

| Anomali          | Kullanılan Görüntü | Yapay Zekâ Yöntemi | Klinik Katkı                         |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Süpernümerer diş | Panoramik          | CNN                | Otomatik tespit ve lokalizasyon      |
| Gömülü diş       | Panoramik/<br>CBCT | Derin öğrenme      | Sürme yönü analizi                   |
| Taurodontizm     | Panoramik          | CNN                | Morfolojik sınıflandırma             |
| Dens invaginatus | CBCT               | Segmentasyon       | Detaylı anatomik analiz              |
| Dilaserasyon     | CBCT               | Görüntü analizi    | Kök morfolojisinin değerlendirilmesi |

## **11. GELECEK PERSPEKTİFİ**

Yapay zekâ teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, diş anomalilerinin tanı ve değerlendirilmesinde daha gelişmiş sistemlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Gelecekte birden fazla merkezden elde edilen veri setleri ile eğitilen modellerin, klinik pratiğe daha güvenilir şekilde entegre edilmesi beklenmektedir.

Özellikle gerçek zamanlı analiz yapabilen yapay zekâ sistemleri, klinik karar destek mekanizmalarının bir parçası haline gelebilir. Bununla birlikte, yapay zekâ ve uzman klinisyen iş birliğinin güçlendirilmesi, tanısal doğruluğun artırılmasında önemli bir rol oynayacaktır. Bu çerçevede, yapay zekâ temelli sistemlerin diş hekimliği pratiğinde giderek daha yaygın kullanılacağı öngörülmektedir (Schwendicke et al., 2020; Topol, 2019).

## **12. RADYOLOG VE YAPAY ZEKÂ ETKİLEŞİMİ**

Yapay zekâ sistemlerinin gelişmesi, radyologların rolünü ortadan kaldırmak yerine dönüştürmektedir. Günümüzde en etkili yaklaşım, yapay zekâ ile insan uzmanlığının birlikte kullanıldığı hibrit modellerdir. Yapay zekâ sistemleri ön değerlendirme ve tarama süreçlerinde destek sağlarken, nihai karar verme süreci klinisyen tarafından yürütülmektedir. Bu yaklaşım, tanısal doğruluğun artırılmasına katkı sağlarken klinik uygulamaların güvenli biçimde yürütülmesini de desteklemektedir (Schwendicke et al., 2020; Topol, 2019).

## **13. SONUÇ**

Diş anomalileri, odontogenez sürecindeki gelişimsel bozukluklar sonucunda ortaya çıkan ve klinik açıdan önemli sonuçlar doğurabilen durumlardır. Bu anomalilerin doğru ve

erken tanınması, estetik, fonksiyonel ve ortodontik problemlerin önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Klinik değerlendirmenin radyolojik görüntüleme bulgularıyla desteklenmesi, anomalilerin konumunun, morfolojik özelliklerinin ve komşu anatomik yapılarla ilişkilerinin belirlenmesinde temel önem taşımaktadır. Özellikle CBCT, kompleks vakalarda sağladığı üç boyutlu veri ile tanısal doğruluğu önemli ölçüde artırmaktadır (Scarfe & Farman, 2008; White & Pharoah, 2014).

Son yıllarda yapay zekâ uygulamalarının diş hekimliği alanına entegrasyonu, diş anomalilerinin tanı ve değerlendirilmesinde yeni bir dönemin başlangıcını oluşturmuştur. Yapay zekâ destekli sistemler, hızlı, objektif ve tekrarlanabilir analiz imkânı sunarak tanısal süreci desteklemekte ve klinik karar verme aşamasında önemli katkılar sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin etkinliği veri kalitesi, algoritma güvenilirliği ve etik sorumluluklar gibi faktörlere bağlıdır (Schwendicke et al., 2020).

Gelecekte yapay zekâ teknolojilerinin daha gelişmiş veri setleri ve algoritmalar ile desteklenmesi, diş anomalilerinin erken tanısında daha hassas ve daha güvenilir sonuçlara ulaşılmasına katkı sağlayacaktır. Ancak yapay zekâ sistemlerinin, klinik deneyim ve uzman görüşünün yerini alması beklenmemeli; aksine, bu unsurları destekleyen tamamlayıcı bir araç olarak değerlendirilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, hem tanısal doğruluğun artırılmasına hem de hasta güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunacaktır (Topol, 2019).

## KAYNAKÇA

- Alam, M. K., Alftaikhah, S. A. A., Issrani, R., Ronsivalle, V., Giudice, A. L., Cicciù, M., & Minervini, G. (2024). Applications of artificial intelligence in the utilisation of imaging modalities in dentistry: A systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *Heliyon*, 10(3).
- Alhammadi, M.-S., Asiri, H.-A., & Almashraqi, A.-A. (2018). Incidence, severity and orthodontic treatment difficulty index of impacted canines in Saudi population. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 10(4), e327.
- Botticelli, S., Verna, C., Cattaneo, P. M., Heidmann, J., & Melsen, B. (2011). Two-versus three-dimensional imaging in subjects with unerupted maxillary canines. *The European Journal of Orthodontics*, 33(4), 344-349.
- Brook, A. H. (1974). Dental anomalies of number, form and size: their prevalence in British schoolchildren. *J Inst Ass Dent Child*, 5, 37-53.
- Chartrand, G., Cheng, P. M., Vorontsov, E., Drozdal, M., Turcotte, S., Pal, C. J., . . . Tang, A. (2017). Deep learning: a primer for radiologists. *Radiographics*, 37(7), 2113-2131.
- Chetty, M., Roomaney, I. A., & Beighton, P. (2021). Taurodontism in dental genetics. *BDJ open*, 7(1), 25.
- Crawford, P. J., Aldred, M., & Bloch-Zupan, A. (2007). Amelogenesis imperfecta. *Orphanet journal of rare diseases*, 2(1), 17.
- Cui, Z., Fang, Y., Mei, L., Zhang, B., Yu, B., Liu, J., . . . Huang, J. (2022). A fully automatic AI system for tooth and alveolar bone segmentation from cone-beam CT images. *Nature communications*, 13(1), 2096.

- Farman, A. G., & Scarfe, W. C. (2009). *The basics of maxillofacial cone beam computed tomography*. Paper presented at the Seminars in Orthodontics.
- Hargreaves, K. M., & Cohen, S. (2010). *Cohen's pathways of the pulp*: Elsevier.
- Horner, K., Islam, M., Flygare, L., Tsiklakis, K., & Whaites, E. (2009). Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology*, 38(4), 187-195.
- Hülsmann, M. (1997). Dens invaginatus: aetiology, classification, prevalence, diagnosis, and treatment considerations. *International endodontic journal*, 30(2), 79-90.
- Kau, C., Richmond, S., Palomo, J., & Hans, M. (2005). Current Products and Practice. *Journal of Orthodontics*, 32(4).
- Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G., & King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC medicine*, 17(1), 195.
- Khanagar, S. B., Al-Ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., . . . Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry—A systematic review. *Journal of dental sciences*, 16(1), 508-522.
- Langland, O. E., Langlais, R. P., & Preece, J. W. (2002). *Principles of dental imaging*: Lippincott Williams & Wilkins.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.

- Mallineni, S. K. (2014). *Supernumerary teeth: Review of the literature with recent updates*. Paper presented at the Conference Papers in Science.
- Minaee, S., Boykov, Y., Porikli, F., Plaza, A., Kehtarnavaz, N., & Terzopoulos, D. (2021). Image segmentation using deep learning: A survey. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 44(7), 3523-3542.
- Miracle, A., & Mukherji, S. (2009a). Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *American Journal of Neuroradiology*, 30(6), 1088-1095.
- Miracle, A., & Mukherji, S. (2009b). Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *American Journal of Neuroradiology*, 30(7), 1285-1292.
- Nanci, A. (2007). *Ten cate's oral histology-pageburst on vitalsource: development, structure, and function*: Elsevier Health Sciences.
- Neville, B. W., Damm, D. D., Allen, C. M., & Chi, A. C. (2015). *Oral and maxillofacial pathology*: Elsevier Health Sciences.
- Pagano, S., Ricciuti, V., Mancini, F., Barbieri, F. R., Chegai, F., Marini, A., . . . Ricciuti, R. A. (2023). Eagle syndrome: An updated review. *Surg Neurol Int*, 14, 389. doi:10.25259/sni\_666\_2023
- Patel, S., Durack, C., Abella, F., Roig, M., Shemesh, H., Lambrechts, P., & Lemberg, K. (2014). European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *International endodontic journal*, 47(6), 502-504.
- Pauwels, R. (2015). Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiation protection dosimetry*, 165(1-4), 156-161.

- Polder, B. J., Van't Hof, M. A., Van der Linden, F. P., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2004). A meta-analysis of the prevalence of dental agenesis of permanent teeth. *Community dentistry and oral epidemiology*, 32(3), 217-226.
- Proffit, W. R., Fields Jr, H. W., & Sarver, D. M. (2006). *Contemporary orthodontics*: Elsevier Health Sciences.
- Rajendran, R. (2009). *Shafer's textbook of oral pathology*: Elsevier India.
- Rushton, V., Horner, K., & Worthington, H. (1999). The quality of panoramic radiographs in a sample of general dental practices. *British dental journal*, 186(12), 630-633.
- Russell, S. J. (2010). *Artificial intelligence a modern approach*: Pearson Education, Inc.
- Scarfe, W. C., & Angelopoulos, C. (2018). *Maxillofacial cone beam computed tomography: principles, techniques and clinical applications*: Springer.
- Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2008). What is cone-beam CT and how does it work? *Dental Clinics of North America*, 52(4), 707-730.
- Schwendicke, F. a., Samek, W., & Krois, J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *Journal of dental research*, 99(7), 769-774.
- Thesleff, I. (2003). Epithelial-mesenchymal signalling regulating tooth morphogenesis. *Journal of cell science*, 116(9), 1647-1648.
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature medicine*, 25(1), 44-56.

- Tucker, A., & Sharpe, P. (2004). The cutting-edge of mammalian development; how the embryo makes teeth. *Nature Reviews Genetics*, 5(7), 499-508.
- Whaites, E. (2002). *Essentials of dental radiography and radiology*: Churchill Livingstone; Edinburgh.
- White, S. C., & Pharoah, M. J. (2014). *Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation*: Elsevier Health Sciences.
- Witkop Jr, C. (1988). Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 17(9-10), 547-553.

## **RADIATION PROTECTION IN DENTISTRY: FROM ALARA TO ALADA AND ALADAIP**

**Safiye Pelin ŞAHİN<sup>1</sup>**

### **1. INTRODUCTION**

Ionizing radiation is a form of energy carrying sufficient levels to detach electrons from atoms or molecules, thereby altering the chemical structure of matter. In medical imaging applications, the most common form of ionizing radiation consists of X-rays. In dentistry, X-rays are widely utilized through various imaging modalities, including periapical, bitewing, panoramic, and cephalometric radiography, as well as cone-beam computed tomography (CBCT) (Gaêta-Araujo et al., 2020).

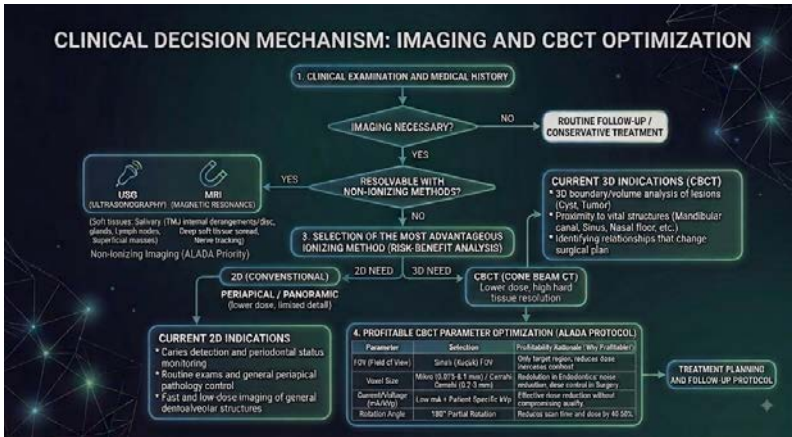
These imaging modalities provide crucial diagnostic information for evaluating a wide spectrum of clinical conditions, such as dental caries, periapical pathologies, impacted teeth, dentoalveolar trauma, implant treatment planning, orthodontic assessment, and maxillofacial pathologies (European Commission, 2012). However, because imaging techniques utilizing ionizing radiation introduce potential biological exposure, it is paramount that radiographic examinations are justified based on clinical necessity and that radiation exposure is appropriately optimized. Although radiation exposure levels in dental radiological imaging are generally lower compared to general medical imaging procedures, low-dose radiation exposure should not be considered entirely risk-free (Hendee & O'Connor,

---

<sup>1</sup> Oral and Maxillofacial Radiology Specialist, Independent Researcher, ORCID: 0009-0002-0955-3472.

2012). Therefore, each radiographic examination must be carefully justified regarding clinical necessity; the most appropriate imaging modality and protocol that fulfill the diagnostic requirements should be selected to keep radiation exposure as low as reasonably achievable (European Commission, 2012; Hendee & O'Connor, 2012). (Figure 1)

**Figure 1. Clinical decision mechanism**



## 2. BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION

The effects of ionizing radiation on living tissues can generally be grouped under two main categories: deterministic effects (tissue reactions) and stochastic effects (ICRP, 2007).

Deterministic effects are tissue reactions that occur above a specific dose threshold, with severity increasing as the dose increases (ICRP, 2007). Examples of these effects include skin erythema, temporary or permanent epilation, cataract formation in lens tissue, tissue necrosis at high dose exposures, and, in severe cases, impairment of organ function (ICRP, 2007). While the probability of occurrence becomes evident once the threshold dose is exceeded, the severity of the reaction increases as the

radiation dose above the threshold increases. Events involving high levels of radiation exposure, such as the nuclear accident, serve as major examples demonstrating the clinical consequences of deterministic effects (Okuno, 2013). Conversely, because doses used in dental radiographic and CBCT examinations are substantially lower than these levels, the occurrence of such acute tissue reactions is not expected (European Commission, 2012; Gaêta-Araujo et al., 2020).

Stochastic effects, on the other hand, are effects whose probability of occurrence increases with increasing radiation dose, but whose severity is independent of the absorbed dose, and which are assumed in conventional radiation protection frameworks to lack a distinct threshold dose (ICRP, 2007). Radiation-induced carcinogenesis represents the primary example of stochastic effects (ICRP, 2007). Therefore, the fundamental principle is to avoid unnecessary radiation exposures and to ensure that the lowest reasonable dose capable of fulfilling diagnostic requirements is utilized in clinically indicated imaging procedures (ICRP, 2007). In dental radiology, this approach necessitates that every examination be justified based on clinical need and optimized through the selection of appropriate imaging protocols (European Commission, 2012; Mendonça et al., 2025).

### **3. HEALTH EFFECTS OF LOW-DOSE RADIATION EXPOSURE**

The health impacts of low-dose radiation exposure for diagnostic purposes represent one of the most debated topics in radiation biology (Vaiserman et al., 2018). The system of radiological protection is grounded on the linear no-threshold (LNT) model, which assumes that stochastic risk increases proportionally with dose even at low levels (ICRP, 2007; Calabrese, 2013).

The LNT model posits that any increment in radiation dose theoretically corresponds to a proportional increase in stochastic risk (Calabrese, 2013). This model holds a crucial position in the radiation protection framework as it provides a cautious, prudent approach to managing risks that are difficult to observe directly in the low-dose range (ICRP, 2007; Hendee & O'Connor, 2012).

Despite ongoing debate, the LNT model remains the internationally endorsed foundation for radiological protection, as reaffirmed by the ICRP in Publication 103 (2007). The LNT model is supported by epidemiological and radiobiological evidence, including data from the Life Span Study of atomic bomb survivors, although substantial uncertainties remain when extrapolating risk estimates to very low doses (Ozasa et al., 2012). The Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR) VII Phase 2 report concluded that uncertainties exist at very low doses (National Research Council, 2006). From a public health perspective, the LNT model provides a pragmatic and precautionary framework for setting dose limits, designing shielding requirements, and comparing relative risks between different imaging modalities (Brenner et al., 2003). Its utility lies not in predicting individual cancer probabilities at dental exposure levels, but in ensuring that cumulative population dose is systematically minimized through regulatory and clinical optimization.

Nevertheless, the LNT model faces criticism regarding its uncertainties in individual risk estimation at very low doses, as it relies on extrapolating high-dose data to low doses rather than direct observational evidence (Calabrese & O'Connor, 2014; Oakley & Harrison, 2020; Oakley et al., 2021). Consequently, the LNT model should be interpreted not as a definitive tool proving individual cancer induction at low doses, but rather as a

conservative risk management tool for radiation safety (Hendee & O'Connor, 2012; Vaiserman et al., 2018).

This distinction is particularly vital in dental practice. Omitting a clinically necessary dental radiographic examination due to theoretical radiation risk alone, while ignoring the diagnostic benefits provided, can lead to adverse patient outcomes (Hendee & O'Connor, 2012). Thus, potential radiation risks must always be weighed alongside the clinical diagnostic benefits.

#### **4. BIOLOGICAL SUSCEPTIBILITY AND INDIVIDUAL CONSIDERATIONS**

The biological effects of radiation vary according to individual patient characteristics, including age, sex, and tissue radiosensitivity (ICRP, 2007; ICRP, 2013). Pediatric patients represent a primary demographic requiring special consideration in radiation protection (ICRP, 2013; White et al., 2014). Due to their longer life expectancy and the developmental properties of certain organs and tissues, a more rigorous approach is warranted regarding the potential long-term effects of ionizing radiation (ICRP, 2013; Kühnisch et al., 2020).

Therefore, robust justification prior to radiographic examination in children is of paramount importance (White et al., 2014; Oenning et al., 2018). Clinicians must evaluate prior imaging records, consider non-ionizing alternative imaging modalities, and verify whether the examination will genuinely alter clinical management (Kühnisch et al., 2020; Yeung et al., 2024).

## **5. FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF RADIATION PROTECTION**

For many years, patient radiation protection in dentistry primarily relied on the routine use of lead aprons and thyroid collars (Mendonça et al., 2025). However, major technological advancements in modern dental radiography systems—specifically digital imaging detectors and strict rectangular beam collimation—have prompted a re-evaluation of the role of personal protective shielding (White et al., 2014; Mendonça et al., 2025).

In contemporary practice, primary priority is given to accurate justification, appropriate imaging selection, strict collimation, quality control of equipment, and the prevention of unnecessary repeat exposures (ICRP, 2023; Mendonça et al., 2025). Regarding patient shielding, decision-making should integrate the specific imaging modality, anatomical site, equipment capabilities, local regulations, and updated professional guidelines (ICRP, 2023).

The transition to digital detectors in intraoral and extraoral radiography has introduced new optimization parameters that extend beyond traditional exposure settings. ICRP Publication 154 (2023) emphasizes that digital imaging systems enable real-time feedback through metrics such as the Exposure Index (EI) and Deviation Index (DI), which quantify the detector dose relative to the manufacturer's target value. Unlike film-based radiography, where underexposure or overexposure was often compensated by processing variations, digital systems require strict monitoring of EI to ensure that dose reduction does not compromise signal-to-noise ratio to diagnostically unacceptable levels. Furthermore, advanced noise-reduction algorithms and edge-enhancement filters, while improving perceived image quality, must be evaluated against the specific diagnostic task to

prevent artificial smoothing of clinically relevant structures (Körner et al., 2007). Consequently, optimization in digital dental radiography necessitates not only hardware calibration but also operator training in interpreting exposure indices and selecting receptor-specific protocols.

## **6. EVOLUTION OF PROTECTION PARADIGMS: FROM ALARA TO ALADAIP**

### **6.1. ALARA**

The International Commission on Radiological Protection (ICRP) has progressively refined protection principles, establishing the "As Low As Reasonably Achievable" (ALARA) principle as a cornerstone of radiation safety (ICRP, 1977; Clarke & Valentin, 2005; Yeung, 2019). ALARA dictates that radiation doses should be kept as low as reasonably achievable, taking into account economic and societal factors (ICRP, 1991).

### **6.2. ALADA**

With the widespread adoption of advanced diagnostic imaging, focusing solely on dose reduction proved insufficient, as reducing image quality below the threshold required to answer clinical questions negates diagnostic value and cannot be deemed true optimization (Jaju & Jaju, 2015). Consequently, the "As Low As Diagnostically Acceptable" (ALADA) concept was introduced, emphasizing that radiation dose must be optimized to maintain diagnostically acceptable image quality (Jaju & Jaju, 2015; Mendonça et al., 2025).

The ALADA paradigm mandates that dental imaging decisions be strictly indication-driven. Selecting a Field of View (FOV) tailored precisely to the target region, utilizing optimized exposure settings, and evaluating image quality against the

specific clinical task form the core of this approach (Jaju & Jaju, 2015; Yeung et al., 2019).

### **6.3. ALADAIP**

Extending ALADA further, the concept of "As Low As Diagnostically Acceptable, being Indication-oriented and Patient-specific" (ALADAIP) was introduced (Oenning et al., 2018; Oenning et al., 2021). Formulated notably within the DIMITRA project for pediatric CBCT imaging, ALADAIP incorporates both clinical indication and patient-specific physical characteristics into optimization (Oenning et al., 2018; Oenning et al., 2021; Mendonça et al., 2025).

ALADAIP asserts that a standardized protocol is inappropriate for all patients, even when imaging the same anatomical region. Patient age, anatomical variation, body size, clinical question, and required diagnostic yield must shape the exposure protocol (Oenning et al., 2021). This personalized approach is particularly critical in pediatric and adolescent dentistry due to heightened lifelong radiosensitivity (Oenning et al., 2018; Yeung et al., 2024).

It is important to acknowledge that the ALADAIP concept was originally formulated within the context of pediatric CBCT imaging, where the ethical and biological imperative for dose personalization is most pronounced (Oenning et al., 2018; Kühnisch et al., 2020). While the extrapolation of ALADAIP principles to adult populations is clinically intuitive—given the heterogeneity in craniofacial anatomy, bone density, and body mass index—direct evidence validating patient-specific protocol modulation in adult dental radiography remains limited (Pauwels et al., 2021). Current literature predominantly supports ALADAIP for children and adolescents, where standard adult protocols would result in disproportionately higher relative doses to radiosensitive tissues (Yeung et al., 2024). In adult dentistry,

the transition from ALADA to ALADAIP therefore represents a conceptual advancement rather than an evidence-based mandate, and its implementation should be tempered by available device-specific dose-reduction technologies and local diagnostic reference levels until further prospective studies establish adult-specific optimization benchmarks.

The transition from ALARA to ALADA and ALADAIP represents a conceptual evolution in radiation protection. While ALARA prioritized dose minimization, ALADA elevated diagnostic adequacy, and ALADAIP integrated patient traits and clinical indications into a holistic model. Thus, modern practice aims not for the "lowest dose," but for the "optimal dose delivering adequate diagnostic quality for the right clinical indication in the specific patient."

## **7. MODERN RADIATION PROTECTION FRAMEWORK**

Modern radiological protection structures medical imaging management around two core pillars: Justification and Optimization (ICRP, 2007; ICRP, 2017).

Justification dictates that ionizing radiation exposure is permissible only when diagnostic benefits outweigh potential radiation harms and alter clinical management (ICRP, 2007). Optimization requires selecting acquisition parameters that achieve required diagnostic clarity with minimal exposure once an investigation is justified (ICRP, 2023). Diagnostic Reference Levels (DRLs) serve as key quality assurance benchmarks to identify unusually high doses and drive protocol optimization (ICRP, 2017).

**Table 1. Indications and Technical Notes for Common Imaging Modalities in Dentistry**

| <b>Modality / Technique</b>                       | <b>Primary Indications (Justified Conditions)</b>                                                                                                                                                                                                              | <b>Optimization &amp; DRL / Technical Notes</b>                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Intraoral Radiography (Periapikal / Bitewing)     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Detection and monitoring of interproximal caries</li><li>• Evaluation of periodontal bone loss</li><li>• Initial assessment of periapikal lesions</li><li>• Endodontic working length and obturation control</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Rectangular collimation is mandatory.</li><li>• Digital sensors should be used; positioning devices are required to eliminate retakes.</li></ul> |
| Extraoral Radiography (Panoramic / Cephalometric) | <ul style="list-style-type: none"><li>• General dentomaxillofacial screening and growth assessment</li><li>• Orthodontic treatment planning and cephalometric analysis</li><li>• Broad detection of jaw lesions and fractures</li></ul>                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Superposition and distortion risks must be considered.</li><li>• Accurate patient positioning is critical to avoid exceeding DRLs.</li></ul>     |
| Ultrasonography (USG)                             | <ul style="list-style-type: none"><li>• Superficial soft tissue lesions and mass evaluation</li><li>• Salivary gland pathology (sialolithiasis, lesions)</li><li>• Lymph node and superficial cortical bone assessment</li></ul>                               | <ul style="list-style-type: none"><li>• Does not use ionizing radiation</li><li>• Operator-dependent; provides real-time dynamic imaging benefits.</li></ul>                             |
| Magnetic Resonance Imaging (MRI)                  | <ul style="list-style-type: none"><li>• TMJ disc displacements and internal derangements</li><li>• Soft tissue tumor staging and</li></ul>                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• Does not use ionizing radiation .</li><li>• Superior soft tissue contrast resolution; limited in calcified hard tissue detail.</li></ul>         |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | mapping<br>• Nerve tracking<br>(e.g., IAN injury, trigeminal neuralgia)<br>• Assessment of medullary bone involvement                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Cone Beam CT (CBCT) & Medical CT (MDCT) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CBCT: Impacted teeth &amp; vital structures, localized bone lesions, implant planning, endodontic complexity, maxillofacial trauma, TMJ osseous pathology.</li> <li>• MDCT: Severe complex trauma, malignant tumor invasion, contrast angiography.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CBCT: Smallest indication-specific FOV, low-dose protocols, partial rotation.</li> <li>• (MDCT generally involves higher radiation exposure than CBCT and should be selected when its superior soft-tissue assessment, broader anatomical coverage, or specific diagnostic capabilities are clinically required.</li> </ul> |

## 8. OPTIMIZATION OF CBCT PARAMETERS

Cone-beam computed tomography (CBCT) offers considerable advantages in 3D evaluation for implantology, endodontics, oral surgery, and pathology (European Commission, 2012; Gaêta-Araujo et al., 2020). However, because CBCT delivers higher exposure compared to 2D radiography, optimization according to clinical indication is vital (European Commission, 2012; Jaju & Jaju, 2015).

The optimization of dental CBCT is further guided by indication-specific frameworks developed through the SEDENTEXCT project (Safety and Efficacy of a New and Emerging Dental X-ray Modality) and subsequent European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology (EADMFR) guidelines (Suomalainen, A.2015). The SEDENTEXCT criteria

provide evidence-based recommendations for CBCT referral, emphasizing that CBCT should be reserved for scenarios where diagnostic information from conventional radiography is inadequate and where the findings will directly influence patient management (European Commission, 2012). Similarly, EADMFR position statements categorize CBCT indications into accepted, restricted, and unaccepted domains, thereby reinforcing the principle of justification at the modality-selection level (Horner et al., 2013). These guidelines complement the ALADAIP approach by pre-defining clinical scenarios where the diagnostic yield of CBCT is established, reducing variability in practitioner-dependent justification.

Field of View (FOV) selection is a critical factor in CBCT optimization. Selecting an excessively large FOV irradiates unnecessary tissues, whereas choosing the smallest indication-specific FOV adheres directly to ALADAIP principles (Oenning et al., 2021; Yeung et al., 2019).

Tube current (mA) controls X-ray photon quantity. Increasing mA reduces quantum noise but increases radiation dose (European Commission, 2012; Yeung et al., 2019). Tube voltage (kVp) dictates photon energy and penetration power. Higher kVp enhances penetration in dense tissues but alters image contrast (European Commission, 2012).

Exposure time (s) combined with mA determines total photon output; shorter exposure times minimize patient movement artifacts (European Commission, 2012). Voxel size determines spatial resolution. Small voxel sizes enhance fine detail (e.g., endodontics) but increase image noise unless compensated by exposure adjustments (Yeung et al., 2019; Gaêta-Araujo et al., 2020). Device hardware, detector efficiency, and reconstruction algorithms also significantly influence image

quality and patient dose (European Commission, 2012; ICRP, 2023).

## **9. CONCLUSION**

The integration of diagnostic radiation into modern dentistry demands robust clinical justification and individualized optimization. The evolution from ALARA to ALADA and ALADAIP reflects a shift toward patient-tailored, indication-oriented radiation safety. Balancing diagnostic requirements with minimal necessary exposure ensures both diagnostic accuracy and patient safety.

## REFERENCES

- Brenner, D. J., Doll, R., Goodhead, D. T., Hall, E. J., Land, C. E., Little, J. B., ... & Zaider, M. (2003). Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(24), 13761-13766.
- Calabrese, E. J. (2013). Origin of the linearity no threshold (LNT) dose-response concept. *Archives of Toxicology*, 87(9), 1621–1633. <https://doi.org/10.1007/s00204-013-1104-7>
- Calabrese, E. J., & O'Connor, M. K. (2014). Estimating risk of low radiation doses: A critical review of the BEIR VII report and its use of the linear no-threshold (LNT) hypothesis. *Radiation Research*, 182(5), 463–474. <https://doi.org/10.1667/RR13829.1>
- Clarke, R. H., & Valentin, J. (2005). A history of the International Commission on Radiological Protection. *Health Physics*, 88(5), 407–422. <https://doi.org/10.1097/01.HP.0000154049.41251.1e>
- European Commission. (2012). Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines) (Radiation Protection No. 172). Directorate-General for Energy, Office for Official Publications of the European Communities.
- Gaêta-Araujo, H., Alzoubi, T., Vasconcelos, K. F., Orhan, K., Pauwels, R., Casselman, J. W., & Jacobs, R. (2020). Cone beam computed tomography in dentomaxillofacial radiology: A two-decade overview. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(8), 20200145. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200145>
- Hendee, W. R., & O'Connor, M. K. (2012). Radiation risks of medical imaging: Separating fact from fantasy.

Radiology, 264(2), 312–321.  
<https://doi.org/10.1148/radiol.12112678>

Horner, K., Islam, M., Flygare, L., Tsiklakis, K., & Whaites, E. (2013). Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: Consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(5), 20130291. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20130291>

International Commission on Radiological Protection. (1977). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 26). *Annals of the ICRP*, 1(3).

International Commission on Radiological Protection. (1991). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 60). *Annals of the ICRP*, 21(1–3).

International Commission on Radiological Protection. (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication 103). *Annals of the ICRP*, 37(2–4), 1–332.

International Commission on Radiological Protection. (2013). Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology (ICRP Publication 121). *Annals of the ICRP*, 42(2), 1–63. <https://doi.org/10.1016/j.icrp.2012.10.001>

International Commission on Radiological Protection. (2017). Diagnostic reference levels in medical imaging (ICRP Publication 135). *Annals of the ICRP*, 46(1).

International Commission on Radiological Protection. (2023). Optimisation of radiological protection in digital

- radiology techniques for medical imaging (ICRP Publication 154). Annals of the ICRP, 52(3).
- Jaju, P. P., & Jaju, S. P. (2015). Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Science in Dentistry*, 45(4), 263–265. <https://doi.org/10.5624/isd.2015.45.4.263>
- Kühnisch, J., Anttonen, V., Duggal, M. S., Spyridonos, L. M., Rajasekharan, S., Soboleva, U., ... & European Academy of Paediatric Dentistry. (2020). Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: An EAPD policy document. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(4), 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00493-x>
- Körner, M., Weber, C. H., Wirth, S., Pfeifer, K. J., Reiser, M. F., & Treitl, M. (2007). Advances in digital radiography: Physical principles and system overview. *Radiographics*, 27(3), 675–686. <https://doi.org/10.1148/rg.273065075>
- Mendonça, R. P., Estrela, C., Bueno, M. R., Carvalho, T. C. A. S. G., Estrela, L. R. A., & Chilvarquer, I. (2025). Principles of radiological protection and application of ALARA, ALADA, and ALADAIP: A critical review. *Brazilian Oral Research*, 39, e14. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2025.vol39.014>
- National Research Council. (2006). Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11340>
- Oakley, P. A., & Harrison, D. E. (2020). Death of the ALARA radiation protection principle as used in the medical sector. *Dose-Response*, 18(2), 1559325820921641. <https://doi.org/10.1177/1559325820921641>

- Oakley, P. A., Betz, J. W., Harrison, D. E., Siskin, L. A., & Hirsh, D. W. (2021). Radiophobia overreaction: College of Chiropractors of British Columbia revoke full X-ray rights based on flawed study and radiation fear-mongering. *Dose-Response*, 19(3), 15593258211033142. <https://doi.org/10.1177/15593258211033142>
- Oenning, A. C., Jacobs, R., Pauwels, R., Stratis, A., Hedesiu, M., & Salmon, B. (2018). Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatric Radiology*, 48(3), 308–316. <https://doi.org/10.1007/s00247-017-4012-9>
- Oenning, A. C., Jacobs, R., & Salmon, B. (2021). ALADAIP, beyond ALARA and towards personalized optimization for paediatric cone-beam CT. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 31(5), 676–678. <https://doi.org/10.1111/ipd.12797>
- Okuno, E. (2013). Biological effects of ionizing radiation: Goiania radiological accident. *Estudos Avançados*, 27(77), 185–200. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100014>
- Ozasa, K., Shimizu, Y., Suyama, A., Kasagi, F., Soda, M., Grant, E. J., Sakata, R., Sugiyama, H., & Kodama, K. (2012). Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950–2003: An overview of cancer and noncancer diseases. *Radiation Research*, 177(3), 229–243. <https://doi.org/10.1667/RR2629.1>
- Pauwels, R., Seynaeve, L., Henriques, J. C. G., de Oliveira-Santos, C., & Jacobs, R. (2021). Optimization of dental CBCT exposures through mAs reduction. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(3), 20200196. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200196>

- Suomalainen, A., Pakbaznejad Esmaeili, E., & Robinson, S. (2015). Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights into imaging*, 6(1), 1-16.
- Vaiserman, A., Koliada, A., Zabuga, O., & Socol, Y. (2018). Health impacts of low-dose ionizing radiation: Current scientific debates and regulatory issues. *Dose-Response*, 16(3), 1559325818796331. <https://doi.org/10.1177/1559325818796331>
- White, S. C., Scarfe, W. C., Schulze, R. K. W., Lurie, A. G., Douglass, J. M., Farman, A. G., ... & Law, C. S. (2014). The Image Gently in Dentistry campaign: Promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 118(3), 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2014.06.001>
- Yeung, A. W. K. (2019). The “As Low As Reasonably Achievable” (ALARA) principle: A brief historical overview and a bibliometric analysis of the most cited publications. *Radioprotection*, 54(2), 103–109. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2019016>
- Yeung, A. W. K., Jacobs, R., & Bornstein, M. M. (2019). Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: A review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clinical Oral Investigations*, 23(6), 2573–2581. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02907-y>
- Yeung, A. W. K., Oenning, A. C., Jacobs, R., & DIMITRA Research Group. (2024). Lack of testing and adherence to optimized low-dose CBCT protocols for children. *International Journal of Paediatric Dentistry*. <https://doi.org/10.1111/ipd.13253>

# **BAŞ-BOYUN BÖLGESİ YUMUŞAK DOKU KALSİFİKASYONLARI: PANORAMİK RADYOGRAFİDE AYIRICI TANI, KLİNİK ÖNEM VE GÜNCEL GÖRÜNTÜLEME YAKLAŞIMLARI**

**Nursel ARPAY GÜMÜŞ<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Panoramik Radyografi (PR), dentoalveolar yapıların yanı sıra geniş bir maksillofasiyal alanı göstermesi sayesinde baş-boyun bölgesindeki yumuşak doku kalsifikasyonlarının ve ossifikasyonlarının rastlantısal olarak saptanmasına olanak verir. Bu oluşumların bildirilen prevalansı; örneklemin yaş dağılımına, değerlendirilen oluşum türlerine, tanı ölçütlerine ve sınıflandırma yaklaşımına göre değişmektedir (Maia ve ark., 2022; Acikgoz ve Akkemik, 2023; Celik Ozsoy ve ark., 2025; Ermacora ve ark., 2026; Jha ve ark., 2026).

PR'de yumuşak dokulara süperpoze bir radyopasite görülmesi tek başına kesin tanı koydurmaz. Süperpozisyon, büyütme ve geometrik distorsiyon gibi iki boyutlu görüntülemeye özgü sınırlılıklar nedeniyle oluşum; lokalizasyon, morfoloji, sayı ve dağılım, iç yapı, anatomik ilişkiler ve klinik öykü birlikte değerlendirilerek yorumlanmalıdır. Gerekli durumlarda kalsifiye oluşumların üç boyutlu lokalizasyonuna ve radyolojik özelliklerinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilir (Yalcin ve Ararat, 2020; Yeşilova ve Bayrakdar, 2021).

---

<sup>1</sup> Antalya Bilim Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi, ORCID: 0000-0001-8104-0968.

Bu bulguların klinik önemi kökenlerine ve eşlik eden semptomlara göre farklılık gösterir. Tonsillolitler çoğunlukla rastlantısal olarak saptanırken, laringeal kıkırdak değişiklikleri yaş ve cinsiyetle ilişkili fizyolojik değişkenlik gösterebilir; styloid proses uzaması ise tek başına Eagle sendromu tanısı koydurmaz (MacDonald ve Yu, 2020; Sycińska-Dziarnowska ve ark., 2024; Assiri Ahmed ve ark., 2023; Dudde ve ark., 2024). Buna karşılık karotis arter bölgesi kalsifikasyonu vasküler risk değerlendirmesini, semptomatik siyalolit hedefe yönelik tükürük bezi incelemesini, flebolit ise olası venöz malformasyonun araştırılmasını gerektirebilir (Akkemik ve ark., 2020; Cetinkaya ve ark., 2023; Abrantes ve ark., 2022; Garoff ve ark., 2025; Özçelik ve ark., 2024). Dolayısıyla temel amaç, bütün radyopasiteleri ileri görüntülemeye yönlendirmek değil, klinik sonuç doğurabilecek bulguları zararsız veya tedavi gerektirmeyen oluşumlardan ayırmaktır.

## **2. TERMİNOLOJİ VE SINIFLANDIRMA**

Kalsifikasyon, gerçek kemik oluşumu olmaksızın kalsiyum tuzlarının yumuşak dokuda birikmesini; ossifikasyon ise osteoid matriks ve organize kemik dokusu oluşumunu ifade eder. Her iki süreç radyografide radyopak görünse de biyolojik olarak farklıdır ve “mineralizasyon”, “kalsifikasyon” ve “ossifikasyon” terimleri birbirinin yerine kullanılmamalıdır. Bölüm başlığında yerleşik kullanım doğrultusunda “yumuşak doku kalsifikasyonları” ifadesi korunmuş; stylohyoid kompleks ve laringeal kıkırdaklar gibi kemikleşme gösterebilen yapılarındaki değişiklikler uygun olduğunda ossifikasyon olarak tanımlanmıştır (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Celik Ozsoy ve ark., 2025).

Heterotopik kalsifikasyonlar patogeneze göre distrofik, metastatik ve idiyopatik olarak sınıflandırılır. Distrofik

kalsifikasyon normal serum kalsiyum-fosfor düzeyleri varlığında hasarlı veya dejeneratif dokuda gelişirken, metastatik kalsifikasyon sistemik mineral dengesizliğine bağlı olarak normal dokularda oluşur. Lokal doku hasarı veya sistemik mineral metabolizması bozukluğu gösterilemediğinde ise idiyopatik kalsifikasyondan söz edilir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Celik Ozsoy ve ark., 2025). Bununla birlikte radyolojik raporlamada siyalolit, flebolit ve aterosklerotik plak gibi oluşumların anatomik kökenleri ve özgül tanılarıyla belirtilmesi, yalnızca patogenetik sınıflamaya yerleştirilmelerinden daha işlevseldir (Yalcin ve Ararat, 2020; Acikgoz ve Akkemik, 2023).

Yaşla ilişkili laringeal kıkırdak değişiklikleri bu patogenetik sınıflamadan ayrı değerlendirilmelidir. Tiroid, krikoid ve triticeous kıkırdaklardaki kalsifikasyon ve ossifikasyon paternleri yaş ve cinsiyete göre değişkenlik gösterebilir (Maia ve ark., 2022; Sycińska-Dziarnowska ve ark., 2024). Benzer biçimde styloid proses uzaması ve stylohyoid kompleks ossifikasyonu aynı radyografik spektrumda yer alsa da radyografik uzama tek başına Eagle sendromu tanısı koydurmaz (Chen ve ark., 2022; Assiri Ahmed ve ark., 2023; Dudde ve ark., 2024).

### **3. PANORAMİK RADYOGRAFİDE SİSTEMATİK DEĞERLENDİRME**

PR'de yumuşak doku radyoopasitesi saptandığında öncelikle oluşumun mandibular ramus, angulus mandibula, C3–C4 düzeyi, ağız tabanı, maksiller sinüs veya nazal kaviteyle ilişkili lokalizasyonu belirlenmelidir. Ardından sayı ve dağılımı; şekil, sınır ve iç yapı özellikleri ile tükürük bezi kanalı, vasküler yapılar, tonsiller bölge, laringeal kıkırdaklar veya stylohyoid kompleksle anatomik ilişkisi değerlendirilmelidir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Yeşilova ve Bayrakdar, 2021; Özkan ve ark.,

2023). Radyografik bulgular; yeme-içme sırasında ağrı ve şişlik, halitozis, disfaji, vasküler risk faktörleri, enfeksiyon veya travma öyküsü ve eşlik eden yumuşak doku kitlesi gibi klinik verilerle birlikte yorumlanmalıdır (Akkemik ve ark., 2020; Abrantes ve ark., 2022; Cetinkaya ve ark., 2023; Özçelik ve ark., 2024).

Bu sistematik yaklaşım, bulgunun yalnızca “radyopak oluşum” olarak tanımlanmasını önleyerek ayırıcı tanının ve ileri değerlendirme gerekliliğinin belirlenmesine yardımcı olur. Klinik deneyim saptama başarısını artırsa da genel tanısal performansın sınırlı kalabildiği gösterilmiştir (Schneider ve ark., 2024). Lokalizasyonun belirsiz olduğu erişilebilir yumuşak dokularda ultrasonografi, oluşumun anatomik kökenini ve komşuluklarını belirleyen tamamlayıcı bir yöntemdir. PR ile ultrasonografi arasındaki tanısal uyumsuzluklar, iki boyutlu görüntünün tek başına kesin tanı için yeterli olmadığını desteklemektedir (Özkan ve ark., 2023).

## **4. BAŞLICA KALSİFİKASYON VE OSSİFİKASYONLAR**

### **4.1. Tonsillolitler**

Tonsillolitler, palatin tonsil kriptalarında biriken hücresel artıklar, mikroorganizmalar ve organik materyalin kalsifikasyonu ile oluşan distrofik kalsifikasyonlardır. Çoğunlukla küçük, asemptomatik ve rastlantısal olmakla birlikte büyük veya çoklu tonsillolitler halitozis, yabancı cisim hissi, odinofaji ve disfajiyle ilişkili olabilir. Bildirilen prevalanslar; toplum özellikleri, görüntüleme yöntemi ve tanı eşiğine göre değişmekte; Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) ve Bilgisayarlı Tomografi (BT), özellikle küçük ve derin yerleşimli odakları PR'den daha sık göstermektedir (Aragoneses ve ark., 2020; Challita ve ark., 2020; Ozdede ve ark., 2020).

PR'de tonsillolitler genellikle mandibular ramusun orta bölümü veya posterioruna süperpoze, tek ya da çoklu, küçük ve yuvarlak-oval veya düzensiz radyopasiteler şeklinde izlenir. Tonsiller bölgeyle uyumlu lokalizasyon ve kümelenme tanıyı desteklese de siyalolit, flebolit, kalsifiye lenf nodu ve kemik kaynaklı opasiteler ayırıcı tanıda değerlendirilmelidir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Yeşilova ve Bayrakdar, 2021).

Tipik görünümlü asemptomatik tonsillolitlerde rutin ileri görüntüleme gerekli değildir. Belirgin unilateral semptom, kitle etkisi, atipik lokalizasyon veya tanısal belirsizlik varlığında klinik değerlendirme yapılmalı; KIBT veya BT yalnızca elde edilecek bilginin hasta yönetimini değiştireceği durumlarda kullanılmalıdır (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Ozdede ve ark., 2020).

#### **4.2. Karotis Arter Bölgesi Kalsifikasyonları**

Karotis arter bölgesindeki kalsifikasyonlar aterosklerotik plağın kalsifiye bileşenini temsil edebilir ve PR'de rastlantısal olarak saptandığında klinik önem taşıyabilir. Bununla birlikte PR stenoz derecesini veya plağın nonkalsifiye bileşenlerini göstermez; bu nedenle radyopasitenin varlığı vasküler risk açısından bir uyarı bulgusu olarak değerlendirilmeli, yokluğu ise karotis hastalığını dışlayan bir bulgu olarak yorumlanmamalıdır (Janiszewska-Olszowska ve ark., 2022).

Tipik görünüm, mandibula angulusunun inferoposteriorunda ve C3–C4 düzeyinde yer alan heterojen, nodüler, vertikolineer veya düzensiz radyopasitelerdir. Damar trasesiyle uyumlu düzensiz morfoloji karotis kökenini desteklese de tritiköz kıkırdak, tiroid kıkırdağın superior boynuzu, kalsifiye lenf nodu, siyalolit ve flebolit aynı bölgede görüntü oluşturabilir. Tritiköz kıkırdağın daha düzgün sınırlı ve oval görünümü ayırıcı tanıya katkı sağlar (Ahmad ve ark., 2005; Janiszewska-Olszowska ve ark., 2022).

PR'de karotis arter kalsifikasyonu ile uyumlu bulguların kardiyovasküler ve serebrovasküler hastalıklarla ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Akkemik ve ark., 2020; Kwon ve ark., 2022; Brar ve ark., 2024). Özellikle damar konturunu belirginleştiren morfolojik paternler, daha fazla plak yükü ve vasküler hastalık şiddetiyle ilişkilendirilmiştir (Bladh ve ark., 2024; Garoff ve ark., 2025; Karlsson ve ark., 2026). Ancak bu ilişkiler nedensellik veya stenoz derecesi anlamına gelmez; yaş, hipertansiyon, dislipidemi, sigara kullanımı, diyabet ve bilinen vasküler hastalık gibi risk faktörleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Brar ve ark., 2024; Lipták ve ark., 2026).

Değerlendirilirken “karotis stenozu” tanısı yerine, “C3–C4 düzeyinde karotis arter kalsifikasyonu ile uyumlu olabilecek radyopasiteler” gibi olasılık belirten bir ifade kullanılmalıdır. Hastanın vasküler risk faktörlerinin hekimi tarafından değerlendirilmesi ve klinik olarak gerekli görülürse karotis Doppler ultrasonografi yapılması önerilebilir; panoramik bulgu tek başına rutin BT anjiyografi endikasyonu oluşturmaz (Akkemik ve ark., 2020; Janiszewska-Olszowska ve ark., 2022).

### **4.3. Tritiköz ve Laringeal Kıkırdak Kalsifikasyonları**

Tritiköz kıkırdak, tirohyoid ligaman içinde yer alan küçük bir kıkırdak yapıdır ve kalsifiye olduğunda karotis arter bölgesine yakın bir radyopasite oluşturabilir. PR'de genellikle C3–C4 düzeyinde, düzgün sınırlı, homojen ve oval görünür. Bu özellikler, daha heterojen, düzensiz ve vertikolineer olabilen karotis arter kalsifikasyonundan ayırmasına katkı sağlasa da iki boyutlu süperpozisyon nedeniyle tek başına kesin tanı koydurmaz (Ahmad ve ark., 2005; Janiszewska-Olszowska ve ark., 2022).

Tiroid ve krikoid kıkırdaklarda yaşla ilişkili kalsifikasyon ve endokondral ossifikasyon gelişebilir. Tiroid kıkırdağın superior boynuzu, PR'de hyoid çevresinden karotis bölgesine uzanan lineer veya hafif kavisli bir radyopasite şeklinde

izlenebilir; laringeal kıkırdak değişikliklerinin dağılımı yaş ve cinsiyete göre farklılık gösterebilir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Sycińska-Dziarnowska ve ark., 2024). Tipik, bilateral ve asemptomatik bulgularda rutin ileri görüntüleme gerekmez. Atipik morfoloji, eşlik eden kitle veya karotis kökeni açısından belirsizlik varsa ultrasonografi ya da klinik soruya uygun kesitsel görüntüleme kullanılabilir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Özkan ve ark., 2023).

#### **4.4. Kalsifiye Lenf Nodları**

Kalsifiye lenf nodları PR’de genellikle mandibula angulusunun altında veya posteriorunda yer alan tek ya da çoklu, düzensiz, lobüle ve heterojen radyopasiteler şeklinde izlenir. Pürüzlü ve multilobüler kontur için kullanılan “karnabahar benzeri” görünüm lenf nodu kökenini destekleyebilir ancak etiyojik tanı koydurmaz (Acikgoz ve Akkemik, 2023).

Submandibular yerleşimli kalsifiye lenf nodları siyalolitlerle; posterior servikal yerleşimli olanlar ise karotis arter kalsifikasyonları ve laringeal kıkırdaklarla karışabilir. Kanal trasesine uymayan çoklu ve lobüle dağılım ayırıcı tanıya katkı sağlar. Panoramik görünümünden hareketle tüberküloz veya metastaz gibi özgül bir etiyoloji ileri sürülmemeli; lokalizasyon anamnez, boyun muayenesi ve gerektiğinde ultrasonografiyle doğrulanmalıdır. Büyüyen boyun kitlesi, sistemik semptom, bilinen malignite veya atipik nodal morfoloji varlığında ileri değerlendirme klinik ekip tarafından planlanmalıdır (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Özkan ve ark., 2023). Yapay zekâ destekli sistemlerin kalsifiye lenf nodu saptamasındaki düşük duyarlılığı, bu yöntemlerin klinik değerlendirmenin yerini alamayacağını göstermektedir (Song ve ark., 2022).

#### **4.5. Siyalolitler**

Siyalolit, tükürük bezi parankimi veya kanal sistemi içinde gelişen kalsifiye bir oluşumdur. Asemptomatik ve

rastlantısal olabileceği gibi kanal akımını etkilediğinde yemekle artan ağrı ve şişlik, tekrarlayan siyaladenit ve tükürük akışında azalmaya yol açabilir. Klinik yönetim; semptomların şiddeti, taşın lokalizasyonu, kanal anatomisi ve bez fonksiyonuna göre planlanır (Cetinkaya ve ark., 2023; Özçelik ve ark., 2024).

Submandibular bez ve Wharton kanalı siyalolitleri PR'de ağız tabanında veya mandibula korpusuna süperpoze, kanalın beklenen trasesi boyunca yer alan tek ya da çoklu radyopasiteler şeklinde izlenebilir. Yuvarlak-oval veya uzamış, homojen ya da katmanlı görünüm gösterebilirler. Küçük, düşük mineral içerikli, parankimal veya mandibulaya süperpoze taşlar gözden kaçabileceğinden normal PR klinik olarak kuşkulanan obstrüksiyonu dışlamaz. Ayırıcı tanıda kalsifiye lenf nodu, flebolit, tonsillolit ve kemik kaynaklı opasiteler değerlendirilmelidir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Özçelik ve ark., 2024).

Ultrasonografi, erişilebilir submandibular ve parotis bölgelerinde ilk basamak yöntem olmakla birlikte küçük, derin veya distal kanal taşlarını göstermeyebilir. İnce kesitli BT kalsifiye odakların lokalizasyonunda yararlıdır; ancak dental restorasyonlara bağlı metal artefaktlarından etkilenebilir (Özçelik ve ark., 2024). KIBT, görüntü alanındaki taşların üç boyutlu lokalizasyonunu sağlayabilir ve siyalolit değerlendirmesinde yüksek gözlemci uyumu gösterebilir; ancak tükürük bezi parankiminin karakterizasyonunda sınırlıdır (Beumer ve ark., 2022). Ultrasonografinin yetersiz kaldığı veya kanal stenozu ve dilatasyonu gibi non-tümöral kanal hastalıklarının araştırıldığı seçilmiş olgularda üç boyutlu KIBT siyalografi kullanılabilir; invaziv olması ve kontrast gerektirmesi nedeniyle rutin ilk basamak değildir. Siyalendoskopi ise kanal lümeninin doğrudan değerlendirilmesine ve gerektiğinde aynı seansta tedaviye olanak sağlar (Cetinkaya ve ark., 2023).

#### **4.6. Flebolitler**

Flebolitler, venöz yapılarda gelişen trombüslerin zamanla mineralize olmasıyla oluşan, özellikle yavaş akımlı venöz malformasyonlarla ilişkili kalsifikasyonlardır. Baş-boyun bölgesinde birden fazla flebolitin eşlik eden yumuşak doku lezyonuyla birlikte saptanması venöz malformasyon olasılığını destekler (Abrantes ve ark., 2022).

PR’de farklı büyüklüklerde, düzgün sınırlı, yuvarlak veya oval radyopasiteler şeklinde izlenebilirler. Katmanlı yapı ya da radyolüsent merkezli hedef/ “boğa gözü” görünümü fleboliti düşündürülebilir; ancak her olguda bulunmaz ve tek başına özgül değildir. Farklı boyutlardaki çoklu odakların geniş bir alana dağılması ve tükürük bezi kanal trasesine uymaması, siyalolitten ayırımına katkı sağlar (Abrantes ve ark., 2022; Acikgoz ve Akkemik, 2023). Venöz malformasyon kuşkusunda ultrasonografi oluşumun anatomik kökeninin ve komşuluklarının değerlendirilmesine yardımcı olabilir; KIBT ve BT ise flebolitlerin sayısını ve üç boyutlu lokalizasyonunu gösterebilse de vasküler lezyonun hemodinamik özelliklerini tek başına belirleyemez. Bu nedenle vasküler köken açıklığa kavuşturulmadan invaziv girişim planlanmamalıdır (Abrantes ve ark., 2022; Özkan ve ark., 2023).

#### **4.7. Stylohyoid Kompleks Ossifikasyonu ve Uzamış Styloid Proses**

Stylohyoid kompleks; styloid proses, stylohyoid ligaman ve hyoid kemiğin küçük boynuzundan oluşan anatomik bir zincirdir. PR’de temporal kemikten hyoid kemiğe doğru uzanan lineer, segmental, kesintisiz veya psödoartiküle radyopak bir yapı şeklinde izlenebilir ve sıklıkla bilateral görünüm gösterir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Chen ve ark., 2022; Assiri Ahmed ve ark., 2023). Styloid proses uzunluğunun 30 mm’yi aşması yaygın bir uzama ölçütü olmakla birlikte ölçüm başlangıç noktası

ve projeksiyon geometrisi sonuçları etkileyebilir; ayrıca bu eşik klinik sendromla eş anlamlı değildir (Chen ve ark., 2022; Assiri Ahmed ve ark., 2023; Dudde ve ark., 2024).

Ayırıcı tanıda temporal kemikteki başlangıç noktası ve zincirin hyoid kemiğe doğru devamlılığı izlenerek tonsillolit, vasküler kalsifikasyon ve laringeal kıkırdak değişikliklerinden ayırım yapılmalıdır. Eagle sendromu yalnızca radyografik uzunluğa dayanarak tanımlanmamalı; uyumlu kraniofasiyal veya servikal semptomlar ve klinik muayene bulguları birlikte değerlendirilmelidir. Panoramik ölçümler BT ile yüksek korelasyon gösterebilse de 30 mm eşiğinin tek başına tanısal yeterliliği tartışmalıdır (Dudde ve ark., 2024). Asemptomatik uzama veya ossifikasyonda rutin tedavi ve üç boyutlu görüntüleme gerekmez; semptomatik olgularda cerrahi planlama veya nörovasküler komşulukların değerlendirilmesi amacıyla ince kesitli BT ya da uygun görüntü alanlı KIBT kullanılabilir (Acikgoz ve Akkemik, 2023; Dudde ve ark., 2024).

#### **4.8. Rinolit ve Antrolitler**

Rinolit, nazal kavitede endojen veya ekzojen bir kor çevresinde mineral birikmesiyle oluşan kalsifiye kitledir. PR'de genellikle nazal kavite tabanında yer alan unilateral, iyi sınırlı veya düzensiz bir radyopasite şeklinde izlenir. Uzun süre asemptomatik kalabilmekle birlikte unilateral nazal obstrüksiyon, kötü kokulu akıntı ve epistaksisle ilişkili olabilir. Semptomatik veya atipik olgularda kulak burun boğaz değerlendirmesi yapılmalı; gerçek boyutun, lokalizasyonun ve anatomik komşulukların belirlenmesi için kesitsel görüntüleme kullanılmalıdır (Maheshwari ve ark., 2021).

Antrolit, maksiller sinüs içinde organik veya yabancı bir çekirdek çevresinde gelişen kalsifiye kitledir. PR'de sinüs boşluğunda yer alan tek, yuvarlak-oval veya düzensiz, homojen ya da heterojen bir radyopasite olarak görülebilir ve çoğunlukla

rastlantısal olarak saptanır (Aoun ve Nasseh, 2020). Odontojenik materyaller ve diğer sinüs patolojileriyle karışabileceğinden kesin tanı yalnızca panoramik görüntüye dayandırılmamalıdır. Semptom, eşlik eden mukozal hastalık veya cerrahi planlama varlığında KIBT ya da BT ile lokalizasyon ve sinüs yapıları değerlendirilmelidir.

#### **4.9. Daha Nadir Kalsifikasyon ve Ossifikasyonlar**

Miyozitis ossifikans ve osteoma kutis, PR veya KIBT görüntü alanında nadiren saptanan oluşumlardır (Yalcin ve Ararat, 2020; Acikgoz ve Akkemik, 2023; Celik Ozsoy ve ark., 2025). Miyozitis ossifikansta travma veya cerrahi öyküsü ile kas dokusuna uyan ossifikasyon; osteoma kutiste ise ciltle ilişkili yüzeysel odaklar ayırıcı tanıya katkı sağlar. Bununla birlikte kesin sınıflandırma yalnızca radyografik morfolojiye dayandırılmamalıdır. Atipik, progresif, ağrılı veya klinik kitleyle ilişkili bulgularda hedefe yönelik kesitsel görüntüleme ve ilgili uzmanlık alanının değerlendirmesi gerekir. Yaygın veya alışılmadık dağılım varlığında sistemik mineral metabolizması bozuklukları araştırılmalı; panoramik görüntüden tek başına “metastatik kalsifikasyon” tanısı konulmamalıdır.

### **5. PANORAMİK RADYOGRAFİDE AYIRICI TANI**

Panoramik ayırıcı tanıda ilk adım, radyopasitenin olası anatomik kökeninin belirlenmesidir. C3–C4 düzeyindeki opasitelerde karotis arter kalsifikasyonu, tritiköz kıkırdak ve tiroid kıkırdağın superior boynuzu; mandibular ramusa süperpoze odaklarda tonsillolit, angulus mandibula altındaki lobüle opasitelerde kalsifiye lenf nodu; ağız tabanı ve Wharton kanalı trasesinde siyalolit; farklı büyüklüklerdeki çoklu yuvarlak odaklarda ise flebolit öncelikle değerlendirilmelidir (Ahmad ve ark., 2005; Janiszewska-Olszowska ve ark., 2022; Acikgoz ve

Akkemik, 2023). Lokalizasyon hasta pozisyonu ve projeksiyon geometrisinden etkilenebileceğinden morfoloji, dağılım, anatomik ilişkiler ve klinik bulgular birlikte yorumlanmalıdır (Yeşilova ve Bayrakdar, 2021).

C3–C4 düzeyindeki her radyopasitenin karotis arter kalsifikasyonu, submandibular bölgedeki her kalsifikasyonun ise siyalolit olarak kabul edilmesi önemli yorum hatalarındandır. Raporlamada kesin tanı yerine olası anatomik kökeni ve güven düzeyini belirten bir dil kullanılmalı; klinik korelasyon ve gerekçelendirilmiş tamamlayıcı yöntem önerisi sunulmalıdır. PR ile ultrasonografi arasındaki tanısal uyumsuzluklar bu yaklaşımın gerekliliğini desteklemektedir (Özkan ve ark., 2023).

## **6. GÜNCEL GÖRÜNTÜLEME YAKLAŞIMLARI**

### **6.1. Panoramik Radyografi**

PR, yumuşak doku kalsifikasyonlarının bağımsız taranması amacıyla kullanılmaz; dental endikasyonla elde edilen görüntünün tüm alanlarıyla değerlendirilmesi sırasında fırsatçı saptamaya olanak sağlar (MacDonald ve Yu, 2020; Ghassemzadeh ve ark., 2021). Geniş anatomik kapsamı ve dental iş akışındaki erişilebilirliği temel üstünlükleri olmakla birlikte süperpozisyon, büyütme, geometrik distorsiyon ve görüntü tabakasına bağlı bulanıklık, küçük odakların saptanmasını ve gerçek lokalizasyonun belirlenmesini sınırlar (Yeşilova ve Bayrakdar, 2021; Özkan ve ark., 2023). Bu nedenle raporda yalnızca görüntünün desteklediği bulgular belirtilmeli; yanıtlanamayan klinik sorular için gerekçelendirilmiş bir tamamlayıcı yöntem önerilmelidir.

### **6.2. Ultrasonografi ve Doppler Ultrasonografi**

Ultrasonografi, tükürük bezleri, yüzeysel servikal lenf nodları, erişilebilir vasküler malformasyonlar ve karotis

bölgesinin değerlendirilmesinde kullanılan, radyasyon içermeyen ve gerçek zamanlı bir yöntemdir. Kalsifiye odakların oluşturduğu akustik gölge lokalizasyona yardımcı olurken Doppler inceleme vasküler akım hakkında bilgi sağlar. Derin yerleşim, kemik ve hava komşuluğu, küçük odaklar ve uygulayıcı bağımlılığı yöntemin başlıca sınırlılıklarıdır (Özkan ve ark., 2023; Özçelik ve ark., 2024). Karotis bölgesindeki kuşku radyopasitelerde Doppler ultrasonografi, plak morfolojisi ve damar lümeni hakkında PR'nin sağlayamayacağı bilgiler sunabilir; ancak inceleme kararı hastanın bütüncül vasküler riskine göre verilmelidir (Bladh ve ark., 2024; Karlsson ve ark., 2026).

### **6.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ve Bilgisayarlı Tomografi**

KIBT, yüksek uzaysal çözünürlüğü sayesinde kalsifiye ve ossifiye oluşumların sayısını, üç boyutlu lokalizasyonunu ve komşu kemik yapılarla ilişkisini göstermede yararlıdır; özellikle küçük tonsillolitleri PR'den daha sık saptayabilir (Ozdede ve ark., 2020; Yeşilova ve Bayrakdar, 2021). Ancak düşük kontrast çözünürlüğü, yumuşak doku bileşenlerinin karakterizasyonunu sınırlar. Bu nedenle, sonucu hasta yönetimini değiştirmeyecek rastlantısal bir radyopasiteyi yalnızca doğrulamak amacıyla KIBT istenmemelidir.

Tıbbi BT, daha geniş anatomik kapsamı ve yüksek yumuşak doku kontrastıyla kalsifiye oluşumların boyutunu, lokalizasyonunu ve çevre dokularla ilişkisini ayrıntılı olarak değerlendirebilir (Özçelik ve ark., 2024). Kontrastlı BT kitle, enflamasyon veya komplike enfeksiyon kuşkusunda; BT anjiyografi ise klinik olarak seçilmiş hastalarda damar lümeni ve duvarının değerlendirilmesinde kullanılabilir (Kwon ve ark., 2022). Bununla birlikte bu yöntemler, PR'de saptanan asemptomatik bir opasitenin rutin doğrulama basamağı değildir.

#### **6.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme**

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), kalsifiye odakların saptanmasında BT kadar duyarlı değildir; temel değeri eşlik eden yumuşak doku lezyonunun yayılımını, doku özelliklerini ve komşu nörovasküler yapılarla ilişkisini değerlendirmesidir. Flebolitlerin venöz malformasyonlarla ilişkili olabilmesi nedeniyle bu odaklara eşlik eden yumuşak doku lezyonu ayrıca araştırılmalıdır (Abrantes ve ark., 2022). Bu bağlamda BT ve KIBT kalsifiye odakların, MRG ise yumuşak doku bileşeninin değerlendirilmesinde tamamlayıcı rol oynar.

#### **6.5. Yapay Zekâ Destekli Görüntü Analizi**

Yapay zekâ uygulamaları, PR'de küçük veya anatomik yapılara süperpoze kalsifikasyonların saptanmasını desteklemeyi amaçlamaktadır. Karotis arter kalsifikasyonu, kalsifiye lenf nodu ve siyalolitlerin değerlendirildiği bir çalışmada yapay zekâ desteği genel diş hekimlerinin tanısal doğruluğunu artırmış; ancak siyalolit ve lenf nodu kalsifikasyonlarında duyarlılık düşük kalmıştır (Song ve ark., 2022). Submandibular siyalolitlerin saptanmasında kullanılan transfer öğrenme modelleri ise kurumlar arasında hasta verisi paylaşılmasına alternatif olabilecek sonuçlar göstermiştir (Ishibashi ve ark., 2022).

Karotis arter kalsifikasyonlarının otomatik değerlendirilmesinde nesne tespiti, sınıflandırma ve segmentasyon modelleri geliştirilmiş; yapay zekâ uygulamaları KIBT görüntülerindeki farklı kalsifikasyon ve ossifikasyonların tek veya çok sınıflı olarak saptanmasına da genişletilmiştir (Vinayahalingam ve ark., 2024; Yoo ve ark., 2024; Cin ve ark., 2026). Ancak bildirilen performans değerleri veri setinin yapısı, referans standart, prevalans, cihaz çeşitliliği ve dış doğrulama düzeyiyle birlikte yorumlanmalıdır. Mevcut sistemler otonom tanı aracı değil, olası odaklara dikkat çeken karar destek araçları olarak değerlendirilmelidir.

## **7. KLİNİK RAPORLAMA VE YÖNLENDİRME İLKELERİ**

PR raporunda yumuşak doku radyopasitesinin anatomik bölgesi, tarafı, sayısı, yaklaşık boyutu, morfolojisi ve olası kökeni tanımlanmalı; gerektiğinde başlıca ayırıcı tanı ve klinik yaklaşım belirtilmelidir (Yeşilova ve Bayrakdar, 2021; Acikgoz ve Akkemik, 2023). Tanısal kesinlik yöntemin sağladığı kanıt aşmamalıdır. Örneğin “sol karotis arterde stenoz” yerine “sol C3–C4 düzeyinde karotis arter kalsifikasyonu ile uyumlu olabilecek düzensiz radyopasiteler”; lokalizasyon belirsizse “submandibular bölgede siyalolit ve kalsifiye lenf nodu ayırıcı tanısında değerlendirilebilecek radyopasite” ifadesi kullanılmalıdır.

Tamamlayıcı görüntüleme önerisi, yanıtlanması gereken klinik soruya göre yapılmalıdır. Karotis arter kalsifikasyonu kuşkusunda Doppler ultrasonografi; tükürük bezi obstrüksiyonunda ultrasonografi ve seçilmiş olgularda BT, KIBT veya siyalografi; venöz malformasyon kuşkusunda Doppler ultrasonografi ve MRG; kalsifiye oluşumun üç boyutlu lokalizasyonunda ise gerekçelendirilmiş KIBT veya BT kullanılabilir (Akkemik ve ark., 2020; Yalcin ve Ararat, 2020; Cetinkaya ve ark., 2023; Özkan ve ark., 2023; Özçelik ve ark., 2024). Klinik soruyla ilişkisiz geniş bir yöntem listesi yerine, hasta yönetimine katkı sağlayacak en uygun sonraki basamak belirtilmelidir.

## **8. SONUÇ**

Baş-boyun bölgesindeki yumuşak doku kalsifikasyonları ve ossifikasyonları PR’lerde sıklıkla rastlantısal olarak saptanır; ancak klinik önemleri aynı değildir. Güvenilir yorum, lokalizasyon, sayı ve dağılım, morfoloji, iç yapı, anatomik ilişkiler ve klinik öykünün birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Kalsifikasyon ile ossifikasyonun ayrılması, laringeal

kıkırdaklardaki yaşla ilişkili değişikliklerin tanınması ve stylohyoid kompleks bulgularının tek başına klinik sendrom olarak yorumlanmaması bu sürecin temel noktalarıdır.

PR fırsatçı saptama ve ilk değerlendirme sağlar; kesin karakterizasyon veya stenoz derecelendirmesi amacıyla kullanılmaz. Tamamlayıcı yöntem, yanıtlanacak klinik soruya göre seçilmelidir. Karotis arter bölgesi kalsifikasyonu vasküler risk değerlendirmesini, semptomatik siyalolit hedefe yönelik tükürük bezi incelemesini, flebolit ise olası venöz malformasyon araştırmasını gündeme getirebilir. Buna karşılık tipik ve asemptomatik tonsillolit, laringeal kıkırdak ossifikasyonu veya stylohyoid kompleks değişikliğinde gereksiz ileri görüntülemekten kaçınılmalıdır.

## KAYNAKÇA

- Abrantes, T. C., Barra, S. G., Silva, L. V. O., Abrahão, A. C., Mesquita, R. A., & Abreu, L. G. (2022). Phleboliths of the head and neck region—A case report. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 12(2), 231-233. [https://doi.org/10.4103/ams.ams\\_125\\_22](https://doi.org/10.4103/ams.ams_125_22)
- Acikgoz, A., & Akkemik, O. (2023). Prevalence and radiographic features of head and neck soft tissue calcifications on digital panoramic radiographs: A retrospective study. *Cureus*, 15(9), e46025. <https://doi.org/10.7759/cureus.46025>
- Ahmad, M., Madden, R., & Perez, L. (2005). Triticeous cartilage: Prevalence on panoramic radiographs and diagnostic criteria. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(2), 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.06.069>
- Akkemik, O., Kazaz, H., Tamsel, S., Dündar, N., Sahinalp, S., & Ellidokuz, H. (2020). A 5 years follow-up for ischemic cardiac outcomes in patients with carotid artery calcification on panoramic radiographs confirmed by Doppler ultrasonography in Turkish population. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(4), 20190440. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190440>
- Aragoneses, J. M., Suárez, A., Aragoneses, J., Brugal, V. A., & Fernández-Domínguez, M. (2020). Prevalence of palatine tonsilloliths in Dominican patients of varying social classes treated in university clinics. *Scientific Reports*, 10(1), 1679. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58675-3>
- Assiri Ahmed, H., Estrugo-Devesa, A., Roselló Llabrés, X., Egido-Moreno, S., & López-López, J. (2023). The prevalence of elongated styloid process in the population

- of Barcelona: A cross-sectional study and review of literature. *BMC Oral Health*, 23(1), 674. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03405-0>
- Aoun, G., & Nasseh, I. (2020). Maxillary antroliths: A digital panoramic-based study. *Cureus*, 12(1), e6686. <https://doi.org/10.7759/cureus.6686>
- Beumer, L. J., van der Meij, E. H., Kamstra, J. I., & de Visscher, J. G. (2022). Interobserver and intraobserver variability in the radiological assessment of sialolithiasis using cone beam computed tomography. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 27(1), e94-e98. <https://doi.org/10.4317/medoral.24980>
- Bladh, M., Gustafsson, N., Engström, G., Kennbäck, C., Klinge, B., Nilsson, P. M., Jönsson, D., & Levring Jäghagen, E. (2024). Defined shapes of carotid artery calcifications on panoramic radiographs correlate with specific signs of cardiovascular disease on ultrasound examination. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 137(4), 408-420. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2023.12.783>
- Brar, A., DeColibus, K., Rasner, D. S., Haynes, A. R., Pancratz, F., Oladiran, O., Gbadamosi, S. O., & Owosho, A. A. (2024). Carotid artery calcification detected on panoramic radiography is significantly related to cerebrovascular accident, coronary artery disease, and poor oral health: A retrospective cross-sectional study. *Dentistry Journal*, 12(4), 99. <https://doi.org/10.3390/dj12040099>
- Celik Ozsoy, S., Zirek, T., Bahrilli, S., Yuksel, I. B., & Altindag, A. (2025). Examination of the frequency of soft tissue ossification and calcifications in panoramic radiographs: A retrospective study. *Diagnostics*, 15(16), 2013. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15162013>

- Cetinkaya, V., Bonnet, R., Le Thuaud, A., Corre, P., Mourrain-Langlois, E., Delemazure-Chesneau, A. S., & Bertin, H. (2023). A comparative study of three-dimensional cone beam computed tomographic sialography and ultrasonography in the detection of non-tumoral salivary duct diseases. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(5), 20220371. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20220371>
- Challita, R., Sokhn, S., Challita, R., Challita, A., & Aoun, G. (2020). Analysis of palatine and adenoid calcification in a sample of the Lebanese population using cone-beam computed tomography technology. *Cureus*, 12(10), e11238. <https://doi.org/10.7759/cureus.11238>
- Chen, G., Yeh, P. C., & Huang, S. L. (2022). An evaluation of the prevalence of elongated styloid process in Taiwanese population using digital panoramic radiographs. *Journal of Dental Sciences*, 17(2), 744-749. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.09.033>
- Cin, L., Duman Tepe, R., Cansız, E., Ozcan, I., Bayrakdar, I. S., & Cakir Karabas, H. (2026). Artificial intelligence-assisted detection of soft tissue calcifications and ossifications in CBCT. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 141(4), 548-557. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2025.12.012>
- Dudde, F., Bergmann, W., Schuck, O., Schunk, J., & Barbarewicz, F. (2024). Accuracy in the diagnostics of styloid process—Panoramic radiograph vs. computed tomography: A comparative study. *In Vivo*, 38(3), 1390-1396. <https://doi.org/10.21873/invivo.13580>
- Ermacora, C. G., de Paula Almeida, G., Cardoso, A. C. C., Dos Santos, T. C., Rubira-Bullen, I. R. F., & Cardoso, C. L. (2026). Prevalence of soft tissue calcifications in 5000 digital panoramic radiographs. *Indian Journal of Dental*

- Research*, 37(1), 71-76.  
[https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr\\_58\\_26](https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_58_26)
- Garoff, M., Ahlqvist, J., Levring Jäghagen, E., Wester, P., & Johansson, E. (2025). Carotid calcifications in panoramic radiographs can predict vascular risk. *Dentomaxillofacial Radiology*, 54(1), 28-34.  
<https://doi.org/10.1093/dmfr/twae057>
- Ghassemzadeh, S., Sbricoli, L., Frigo, A. C., & Bacci, C. (2021). Incidental findings detected with panoramic radiography: Prevalence calculated on a sample of 2017 cases treated at a major Italian trauma and cancer centre. *Oral Radiology*, 37(3), 507-517. <https://doi.org/10.1007/s11282-020-00488-1>
- Ishibashi, K., Ariji, Y., Kuwada, C., Kimura, M., Hashimoto, K., Umemura, M., Nagao, T., & Ariji, E. (2022). Efficacy of a deep leaning model created with the transfer learning method in detecting sialoliths of the submandibular gland on panoramic radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 133(2), 238-244.  
<https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.08.010>
- Janiszewska-Olszowska, J., Jakubowska, A., Gieruszczak, E., Jakubowski, K., Wawrzyniak, P., & Grocholewicz, K. (2022). Carotid artery calcifications on panoramic radiographs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14056.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph192114056>
- Jha, R., Gohil, J., Verma, O., Jani, Y., Thakkar, S., & Gupta, M. (2026). Prevalence of soft tissue calcifications on digital panoramic radiographs: A cross-sectional study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 18(Suppl 1), S140-S142. [https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs\\_1628\\_25](https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1628_25)

- Karlsson, A., Gustafsson, N., Wester, P., Zamure-Damberg, L., & Levring Jäghagen, E. (2026). Carotid artery calcifications on panoramic radiographs are associated with vascular disease severity on carotid ultrasound. *Dentomaxillofacial Radiology*, 55(1), 28-36. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twaf061>
- Kwon, Y. E., An, C. H., Choi, K. S., & An, S. Y. (2022). Comparison of carotid artery calcification between stroke and nonstroke patients using CT angiographic and panoramic images. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(8), 20210500. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210500>
- Lipták, L., Lipták, K., Hermann, P., Rózsa, N. K., Végh, Á., Bányai, D., Kolarovszki, B., Marada, G., Végh, D., & Mühl, A. (2026). Panoramic soft tissue calcifications as vascular risk markers in diabetes: A pilot case-control study in Hungarians. *International Dental Journal*, 76(4), 109584. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2026.109584>
- MacDonald, D., & Yu, W. (2020). Incidental findings in a consecutive series of digital panoramic radiographs. *Imaging Science in Dentistry*, 50(1), 53-64. <https://doi.org/10.5624/isd.2020.50.1.53>
- Maheshwari, N., Etikaala, B., & Syed, A. Z. (2021). Rhinolith: An incidental radiographic finding. *Imaging Science in Dentistry*, 51(3), 333-336. <https://doi.org/10.5624/isd.20200126>
- Maia, P. R. L., Tomaz, A. F. G., Maia, E. F. T., Lima, K. C., & Oliveira, P. T. (2022). Prevalence of soft tissue calcifications in panoramic radiographs of the maxillofacial region of older adults. *Gerodontology*, 39(3), 266-272. <https://doi.org/10.1111/ger.12578>

- Ozdede, M., Akay, G., Karadag, O., & Peker, I. (2020). Comparison of panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the detection of tonsilloliths. *Medical Principles and Practice*, 29(3), 279-284. <https://doi.org/10.1159/000505436>
- Özçelik, N., Vehbi, H., & Alaskarov, E. (2024). Comparison of the inadequacies of ultrasonography and computed tomography in the diagnosis of sialolithiasis. *Ear, Nose & Throat Journal*, 103(3 Suppl), 37S-44S. <https://doi.org/10.1177/01455613241287291>
- Özkan, G., Köse, E., & Yeşiltepe, S. (2023). Ultrasonographic evaluation of soft tissue calcifications in the head and neck region detected on panoramic radiographs. *Journal of Ultrasound in Medicine*, 42(5), 1057-1064. <https://doi.org/10.1002/jum.16117>
- Schneider, B., Grün, P., Degel, U., Ströbele, D., Bandura, P., Pfaffeneder-Mantai, F., von See, C., & Turhani, D. (2024). Influence of clinical experience in detecting calcifications of the head and neck region on panoramic radiographs: An app-based evaluation. *Annals of Medicine & Surgery*, 86(11), 6447-6454. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000002638>
- Song, Y. B., Jeong, H. G., Kim, C., Kim, D., Kim, J., Kim, H. J., & Park, W. (2022). Comparison of detection performance of soft tissue calcifications using artificial intelligence in panoramic radiography. *Scientific Reports*, 12(1), 19115. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22595-1>
- Sycińska-Dziarnowska, M., Lindauer, S. J., Szyszka-Sommerfeld, L., Spagnuolo, G., & Woźniak, K. (2024). Laryngeal cartilage calcifications on lateral cephalometric radiographs. *Scientific Reports*, 14(1), 2388. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52968-7>

- Vinayahalingam, S., van Nistelrooij, N., Xi, T., Heiland, M., Bressemer, K., Rendenbach, C., Flügge, T., & Gaudin, R. (2024). Detection of carotid plaques on panoramic radiographs using deep learning. *Journal of Dentistry*, 151, 105432. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105432>
- Yalcin, E. D., & Ararat, E. (2020). Prevalence of soft tissue calcifications in the head and neck region: A cone-beam computed tomography study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 23(6), 759-763. [https://doi.org/10.4103/njcp.njcp\\_269\\_19](https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_269_19)
- Yeşilova, E., & Bayrakdar, İ. Ş. (2021). Radiological evaluation of maxillofacial soft tissue calcifications with cone beam computed tomography and panoramic radiography. *International Journal of Clinical Practice*, 75(5), e14086. <https://doi.org/10.1111/ijcp.14086>
- Yoo, S. W., Yang, S., Kim, J. E., Huh, K. H., Lee, S. S., Heo, M. S., & Yi, W. J. (2024). CACSNet for automatic robust classification and segmentation of carotid artery calcification on panoramic radiographs using a cascaded deep learning network. *Scientific Reports*, 14(1), 13894. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64265-4>

# **DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA**

**Mert Can KITOĞLU<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

İnsan zihninin algılama, öğrenme ve karmaşık sorunları çözme gibi temel bilişsel yeteneklerini bilgisayar algoritmaları aracılığıyla simüle etmeyi hedefleyen Yapay Zeka, günümüzde teknolojinin ulaştığı en ileri noktalardan birini temsil etmektedir (Pirim, 2006). Bu kapsamlı disiplin, otonom bir robotun veya gelişmiş bir bilgisayar yazılımının, normal şartlarda insan zekası gerektiren işlemleri bağımsız bir biçimde ve yüksek doğrulukla icra edebilme potansiyeli şeklinde de formüle edilebilir. İçinde bulunduğumuz Endüstri 4.0 çağı ve beraberinde getirdiği dijital devrim sayesinde yapay zeka; mühendislik, ekonomi ve özellikle sağlık bilimleri alanlarında veri yığınlarını anlamlandırmada başat bir aktör konumuna yükselmiştir (Ding vd., 2023). Kavramın entelektüel temelleri, bilgisayar bilimlerinin doğuş yıllarına dek uzanmaktadır. İngiliz mantıkçı ve matematikçi Alan Turing'in 1950'li yıllarda literatüre kazandırdığı "Makineler düşünebilir mi?" sorusu, makine zekasına dair modern tartışmaların fitilini ateşlemiştir (Turing, 1950). Terminolojik olarak "Yapay Zeka" ifadesi ise ilk kez 1956 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleştirilen Dartmouth Koleji yaz çalıştayında John McCarthy tarafından kullanılmış; o dönemde bu alan, "akıllı makineler ve bilhassa akıllı bilgisayar yazılımları geliştirme odaklı bir mühendislik dalı" olarak tasvir edilmiştir (Moor, 2006).

---

<sup>1</sup> Arş. Gör., Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, ORCOD: 0009-0006-8383-9179.

Geniş bir çerçeveden bakıldığında AI; dil işleme, karar mekanizmaları oluşturma, karmaşık görüntüleri analiz etme ve sesleri anlamlandırma gibi insan doğasına özgü fonksiyonları bilgisayar tabanlı sistemlere entegre etmeyi amaçlayan çok disiplinli bir çalışma sahasıdır (Arslan, 2020). Gelişmişlik düzeyine ve kullanım amacına göre yapay zeka sistemleri, 'dar' ve 'genel' olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Zayıf veya Dar Yapay Zeka (Narrow AI), önceden belirlenmiş tek bir spesifik göreve odaklanan ve bu görevi genellikle bir insandan çok daha hızlı ve hatasız yerine getirebilen sistemleri ifade eder. Bu sistemler, insan bilişinin yalnızca ufak bir parçasını kopyalar ve eğitildikleri çerçevenin dışına çıkamazlar. Satranç müsabakalarında dünya şampiyonlarını mağlup eden DeepBlue yazılımı veya bilgi yarışmalarında rakiplerini geride bırakan Watson isimli süper bilgisayar, dar yapay zeka örnekleri arasında sayılabilir. Tıp ve diş hekimliğinde radyolojik teşhis amacıyla kullanılan yazılımların tamamı da bu dar yapay zeka mimarisi üzerine inşa edilmiştir (Uzun, 2020).

Diğer taraftan Genel Yapay Zeka, insanın gerçekleştirebildiği herhangi bir zihinsel görevi başarıyla anlayabilen, öğrenebilen, soyut düşünebilen ve yeni durumlara adapte olabilen çok daha gelişmiş ve henüz tam anlamıyla ulaşılammış teorik bir seviyeyi tanımlar. İnsan beyninin kompleks sentez yeteneklerini ve otonom problem çözme kabiliyetlerini barındıran bu sistemler, mevcut teknolojinin nihai hedeflerinden biridir. Bilgisayarların yorulma, dikkat dağınıklığı veya duygusal dalgalanmalar gibi insani zaafılardan muaf bir şekilde devasa pikselleri saniyeler içinde işleyebilmesi, hata toleransının neredeyse sıfır olması beklenen tıp ve diş hekimliği uygulamalarında büyük bir paradigma değişimi yaratmıştır (Ding vd., 2023; Uzun, 2020).

## **2. MAKİNE ÖĞRENMESİ VE DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI**

### **2.1. Makine Öğrenmesi (Machine Learning)**

1959 yılında bilgisayar bilimlerinin öncülerinden Arthur Samuel tarafından literatüre dahil edilen Makine Öğrenimi (Machine Learning - ML) terimi, sistemlerin her adım için açık ve katı kurallarla programlanmaya ihtiyaç duymadan, sağlanan veriler üzerinden istatistiksel modeller çıkararak kendi kendine öğrenme sürecini tanımlamaktadır (Suzuki, 2017). Günümüzün büyük veri dünyasında oldukça kritik bir rol üstlenen ML, temelde biyolojik öğrenme süreçlerinden ilham alır. Algoritma, kendisine sunulan binlerce farklı vakayı inceleyerek gizli örüntüleri keşfeder, analizlerinden ders çıkararak kendini optimize eder, özellikleri sınıflandırır ve daha önce hiç karşılaşmadığı yeni bir hastaya ait veri sunulduğunda bu geçmiş tecrübelerini kullanarak yüksek doğrulukla teşhis koyabilir.

Klinik pratikte bir diş hekimi, mesai saatleri içindeki fiziksel yorgunluk ve stres gibi faktörlerden etkilenebilirken; ML sistemleri aynı anda yüz binlerce hasta kaydını, tomografi kesitini veya klinik parametreyi eşzamanlı olarak tarayabilir. Üstelik bu karmaşık hesaplamalar sadece dakikalar içinde tamamlandığından, bir algoritma uzman bir hekimin tüm meslek hayatı boyunca görebileceği nadir vakaların çok daha fazlasını kısa sürede öğrenip analiz edebilir. Tıbbi teşhisin uzun yıllara dayanan ciddi bir teorik eğitim ve sayısız vaka tecrübesi gerektirdiği göz önüne alındığında, Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme (DL) altyapılarının diagnostik süreçlere entegre edilmesi, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırırken maliyetleri düşürmüş ve teşhis standardizasyonunu erişilebilir kılmıştır (Öztürk & Şahin, 2018; Ding vd., 2023).

Bu sistemlerin ne kadar güvenilir ve başarılı olduğunu ölçmek için 'temel gerçek' adı verilen kesin referans verilerine

ihtiyaç duyulur (Suzuki, 2017). Diş hekimliği radyolojisinde bu kavram, uzman hekimlerin oybirliği ile karar verdiği kesin klinik tanımlar veya histopatolojik laboratuvar sonuçları anlamına gelir. Yapay zeka modelinin ürettiği tahminler, bu kesin tanımlarla karşılaştırılarak algoritmanın başarısı ölçülür. Dolayısıyla, bir makine öğrenmesi modelinin klinik başarısı, ona sunulan bu temel gerçek verisinin doğruluğuna ve kalitesine doğrudan bağlıdır (Öztürk & Şahin, 2018).

## **2.2. Yapay Sinir Ağları ve Biyolojik İşleyişle Olan Bağlantısı**

Makine öğrenmesi disiplininin temel taşı olan Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks - ANN), insan beynindeki biyolojik nöronların birbirleriyle olan karmaşık iletişim ağını matematiksel olarak simüle eden gelişmiş algoritmik modellerdir. Bu yapı, birbirine sayısız matematiksel bağla tutunmuş binlerce veya milyonlarca işlem düğümünden meydana gelen katmanlı bir mimariye sahiptir. Ağ içerisindeki her bir düğüm, bir önceki katmandan gelen sinyalleri toplar, önceden belirlenmiş ağırlık katsayılarıyla çarpar ve ortaya çıkan toplam değeri bir aktivasyon fonksiyonundan geçirerek bir sonraki aşamaya iletir. Ağı eğitimi esnasında, modelin yaptığı hatalara göre bu ağırlık katsayıları geri yayılım algoritmalarıyla sürekli olarak güncellenir ve optimize edilir.

Genel yapısı itibarıyla bir yapay sinir ağı üç ana bileşenden oluşur: Dışarıdan gelen klinik veya radyolojik veriyi alan giriş katmanı, verinin karmaşık matematiksel operasyonlardan geçtiği ve içindeki desenlerin çözümlendiği gizli katmanlar ve sistemin nihai teşhis veya sınıflandırma kararını sunduğu çıktı katmanı. Klasik programlamanın aksine bu ağlar, veriyi "eğer-öyleyse" şeklindeki değişmez kurallarla değil, milyonlarca olasılığı değerlendirerek esnek bir deneyim süreciyle analiz eder (Suzuki, 2017). Biyolojik anatomi ile

bilgisayar mimarisi arasındaki bu eşsiz benzerlik şu şekilde örneklenebilir: Beyindeki 'Nöron' bilgisayardaki 'İşlemciye', 'Dendrit' ağ içerisindeki 'Toplama Fonksiyonuna', 'Hücre Gövdesi' kararı aktaran 'Transfer Fonksiyonuna', 'Aksonlar' ağın 'Çıktı Sinyaline' ve 'Sinapslar' ise verinin etki gücünü ayarlayan 'Ağırlıklara' karşılık gelmektedir (Öztürk & Şahin, 2018).

### **2.3. Derin Öğrenme ve Evrimsel Sinir Ağları (CNN)**

Yapay sinir ağlarının daha da geliştirilmiş bir formu olan Derin Öğrenme (Deep Learning - DL), gizli katman sayısının çok daha fazla olduğu mimarileri kullanarak geleneksel hesaplama sınırlarını aşmayı başarmış ve medikal radyolojide en çok tercih edilen yöntem halini almıştır. Derin öğrenme, dışarıdan insan müdahalesi veya manuel özellik seçimi gerektirmeden, doğrudan ham görüntü pikselleri üzerinden çok katmanlı soyutlamalar yaparak kendi kurallarını kendi oluşturan bir sistematığe dayanır (Suzuki, 2017).

Özellikle tıbbi radyografi ve bilgisayarlı görü alanlarında çığır açan Derin Öğrenme modeli ise Evrimsel Sinir Ağlarıdır (Convolutional Neural Network - CNN). CNN mimarisinde, görüntü üzerindeki pikseller veya üç boyutlu vokseller, evrim çekirdekleri yardımıyla taranır. Bu matematiksel tarama işlemi sonucunda, dokuların, sınırların ve anomalilerin vurgulandığı özellik haritaları ortaya çıkar. İlk katmanlardaki filtreler genellikle radyografideki keskin sınırları, köşeleri veya renk kontrastlarını belirlerken; ağın derinliklerine inildikçe kist yapıları, kemik trabekülasyon desenleri ve mine-dentin sınırları gibi çok daha sofistike anatomik yapılar otomatik olarak algılanır (Ding vd., 2023). CNN yapısı, temelde memelilerin görsel korteksinde yer alan ve görüş alanının sadece belirli bölgelerine duyarlılık gösteren biyolojik hücre diziliminden ilham alınarak tasarlanmıştır.

## **2.4. Model Geliştirmede Temel Sorunlar: Overfitting ve Veri Zenginleştirme**

Diş hekimliği uygulamalarında bu algoritmaların klinikte güvenle kullanılabilmesi için çözülmesi gereken büyük mühendislik problemleri bulunmaktadır. Bunların başında, modelin eğitildiği veriyi fazlasıyla ezberlemesi anlamına gelen 'Aşırı Öğrenme' veya 'Aşırı Uyum' problemi gelir. Overfitting durumunda yapay zeka ağı, hastalıklı dokunun gerçek patolojik özelliklerini öğrenmek yerine; eğitim setindeki radyografilerde tesadüfen bulunan cihaz gürültülerini, görüntü artefaktlarını veya hasta anatomisine has ilgisiz detayları ezberler (Yamashita ve ark. aktaran Suzuki, 2017). Bunun sonucunda model, eğitim sırasında test edildiği verilerde kusursuza yakın sonuçlar verirken; yeni hasta radyografilerinde performans düşüklüğü yaşayarak yanlış teşhis oranını artırır.

Aşırı uyum problemini ortadan kaldırmanın ve ağın genellenebilirliğini artırmanın en güvenilir yolu, modele binlerce farklı demografik yapıdan ve farklı kalitedeki cihazlardan elde edilmiş etiketli veri sunmaktır. Ancak tıbbi verilerin toplanması hem etik kurallar hem de zaman kısıtlılıkları nedeniyle her zaman kolay değildir. Bu engeli aşmak amacıyla "veri artırma" adı verilen bir manipülasyon tekniği geliştirilmiştir. Bu işlem sayesinde, kısıtlı sayıdaki orijinal hasta radyografileri sisteme verilmeden önce bilgisayar tarafından rastgele açılarla döndürülür, yakınlaştırılır, kontrastı değiştirilir veya kasıtlı olarak üzerlerine pikseli gürültüler eklenir. Böylelikle yapay zeka modeli, eğitim döngüleri boyunca sürekli olarak farklı varyasyonlarla karşılaşır ve ezber yapmak yerine asıl hastalığın karakteristiğini öğrenmek zorunda kalır (Ding vd., 2023).

### **3. TIPTA VE RADYOLOJİDE YAPAY ZEKA DEVRİMİ**

Modern tıp ve radyoloji pratiğinde yapay zekanın hızla yükselbilmesinin arkasındaki en büyük itici güç, hastanelerde Dijital Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemlerinin (PACS) entegrasyonu olmuştur. PACS altyapıları, medikal görüntülerin dijital ortamda kayıpsız bir şekilde saklanmasını, hastane birimleri arasında anında iletilmesini ve radyologlar tarafından monitörler üzerinden incelenebilmesini olanaklı kılmıştır. Yıllar içerisinde sunucularda biriken milyonlarca tomografi, MR, panoramik ve periapikal röntgen kaydı, günümüz yapay zeka mühendisleri için paha biçilemez bir veri madenciliği kaynağı haline gelmiştir (Allen vd., 2019). Dev boyutlardaki bu arşivlerin yapay zeka eğitiminde kullanılabilmesi için tek gereksinim, alanında uzman hekimlerin bu görüntüleri doğru hastalık etiketleriyle işaretlemiş olmasıdır.

Bununla birlikte, insidansı çok düşük olan nadir anatomik varyasyonlar ve atipik sendromlar, makine öğrenmesi sistemleri için halen ciddi bir dezavantaj yaratmaktadır. Çünkü algoritmanın bir hastalığı tanıyabilmesi için o hastalığa ait yüzlerce veya binlerce varyasyonu görmesi gerekir; nadir durumlarda yeterli veri toplanamadığı için ağın tespit başarısı düşebilir (Pesapane, Codari & Sardanelli, 2018). Yapay zekanın radyoloji tarihindeki ilk adımları sayılabilecek Bilgisayar Destekli Tanı (CAD) sistemleri, 2000'li yılların başlarında hekimlere yardımcı olması umuduyla piyasaya sürülmüştür. Ne var ki, katı ve kuralcı matematiksel formüllerle çalışan bu eski nesil sistemler, normal doku varyasyonlarını bile hastalık sanarak çok yüksek oranda yanlış-pozitif uyarılar vermişlerdir. Bu durum hekimlerin işini kolaylaştırmak bir yana, gereksiz endişeye, fazladan mesai harcanmasına ve hastaların gereksiz biyopsi prosedürlerine maruz kalmasına sebep olmuştur (Sen vd., 2020).

Günümüzde kullanılan esnek derin öğrenme mimarileri ise bu eski CAD sistemlerinin hantal yapısını tamamen terk etmiştir. AI modelleri, hekimin bile gözle seçemeyeceği piksel seviyesindeki mikroskobik doku farklılıklarını kendi kendine analiz ederek öğrenebilme kapasitesine sahiptir. İnsanların görme merkezinin işleyişine benzeyen bu esnek, kuralsız ve özerk öğrenme altyapısı sayesinde tıbbi diagnostik süreçler bambaşka bir boyuta taşınmıştır (Neri vd., 2019). Tüberküloz hastalığının yaygın olduğu ancak uzman radyolog sayısının yetersiz kaldığı coğrafyalarda, AI algoritmaları %100'e yakın bir özgüllükle akciğer filmlerini saniyeler içinde tarayarak hayat kurtarıcı bir triyaj görevi üstlenmektedir. Aynı zamanda karaciğer kitlelerinin sınıflandırılmasından diyabetik nöropati riskinin önceden saptanmasına kadar birçok alanda koruyucu ve kişiselleştirilmiş tıp uygulamalarının merkezinde yer almaktadır (Uzun, 2020).

#### **4. DİŞ HEKİMLİĞİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI**

Diş hekimliği anabilim dallarının tamamında geleneksel tanı ve tedavi planlama prosedürlerini radikal bir biçimde modernize eden yapay zeka, akademik araştırmaların ve klinik inovasyonların odak noktası olmuştur (Ding vd., 2023). Dental pratikte AI teknolojilerinin kullanıma sunulması; hekimin teşhis süresini kısaltarak verimliliği artırmakta, sağlık kurumu için ekonomik sürdürülebilirlik sağlamakta ve yorgunluğa bağlı gözden kaçırma ihtimallerini büyük ölçüde elimine etmektedir. Özellikle çok katmanlı üç boyutlu radyografik verilerin veya kompleks hasta anamnezlerinin analizinde insan zekasına destek olan bu sistemler, tedavi sonuçlarının simüle edilmesini de mümkün kılmaktadır (Suzuki, 2017). Yapay zeka

entegrasyonunun diş hekimliği alt branşlarındaki spesifik yansımaları şöyledir:

#### **4.1. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında AI Entegrasyonu**

Radyoloji anabilim dalı, görüntü tabanlı çalıştığı için yapay sinir ağlarının ve CNN modellerinin en aktif biçimde kullanıldığı alandır. Panoramik röntgenler, periapikal grafiler, bite-wing filmleri ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) kesitleri üzerinden; diş formüllerinin otomatik çıkarılması, süpernümerer dişlerin algılanması, insan gözünün yakalamakta zorlandığı mikro vertikal kök kırıklarının tespiti ve osteoporoz bulgularının taranması büyük bir güvenilirlikle yapılmaktadır (Ding vd., 2023). Ekert ve meslektaşları tarafından yürütülen çalışmalarda, panoramik görüntüler üzerindeki apikal granülom ve kist benzeri patolojilerin tespitinde derin öğrenme algoritmalarının klinik olarak tutarlı veriler sunduğu ispatlanmıştır. Hekimlerin yüzlerce kesiti tek tek incelemek zorunda kaldığı KIBT görüntülerinde ise yapay zeka tam bir zaman kurtarıcıdır. Orhan ve araştırma ekibi, 3 boyutlu tomografi üzerinde geliştirdikleri model ile periapikal lezyonları %93 gibi oldukça yüksek bir oranda doğru teşhis etmeyi başarmışlardır (Suzuki, 2017).

Ayrıca diş hekimliği radyolojisi, sistemik hastalıkların erken bulgularının da ağız içi yansımalarını incelemektedir. Hiraiwa ve çalışma arkadaşları, tükürük bezi BT görüntülerini derin öğrenme ağıyla analiz ederek otoimmün bir hastalık olan Sjögren sendromunu %96 gibi etkileyici bir hassasiyetle sınıflandırabilen bir diagnostik model tanıtmışlardır. Osteoporoz riski taşıyan postmenopozal hastaların taranmasında ise Lee ve ekibi, yalnızca standart panoramik filmleri kullanarak geliştirdikleri evrimsel sinir ağı ile %98.5 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaşmış; bu sonucun uzman

değerlendirmeleriyle yüksek düzeyde tutarlılık gösterdiğini raporlamışlardır.

#### **4.2. Çene Cerrahisi Planlaması ve Ortodontik Analizlerde AI**

Ağız, diş ve çene cerrahisi alanında karşılaşılan büyük operasyon komplikasyonlarını asgari düzeye indirmek için yapay zeka algoritmaları üç boyutlu sinir ve damar tespitinde yaygın şekilde tercih edilmeye başlanmıştır (Ding vd., 2023). N. alveolaris inferior gibi kritik yapıların segmentasyonunu otonom olarak yapan sistemler sayesinde robotik cerrahi planlamaları çok daha güvenli hale gelmektedir. Zhang ve ekibi, literatüre kazandırdıkları yapay zeka modelinde, hastaların gömülü yirmi yaş dişleri çekildikten sonra klinik olarak ne düzeyde bir post-operatif yüz şişliği yaşayacaklarını radyografik özelliklere dayanarak başarılı bir şekilde önceden tahmin edebilmişlerdir. Ek olarak, gömülü diş çekiminin cerrahi zorluk derecesi, Pederson zorluk ölçeği baz alınarak derin öğrenme ile incelenmiş; dişin mandibular ramusa olan mesafesi, kron açısı ve derinlik skorları CNN yardımıyla sırasıyla %82, %90 ve %78 oranlarında doğru sınıflanmıştır.

Ortodontik vakaların incelenmesinde ise AI; sefalometrik referans noktalarının otomatik çizimi, maloklüzyon teşhisi ve iskeletsel büyüme evrelerinin belirlenmesi gibi rutin ama zahmetli işleri devralmaktadır. Xie ve meslektaşlarının tasarladığı Yapay Sinir Ağı (ANN), 11-15 yaş aralığındaki ortodonti hastalarının klinik verilerini harmanlayarak, hastanın diş çekimi yapılarak mı yoksa çekimsiz mi tedavi edileceğine %80 doğruluk oranıyla karar verebilen güvenilir bir uzman sistem yaratmıştır. Hastanın ideal tedavi zamanlamasını belirlemek adına iskeletsel gelişiminin tayin edilmesi de çok önemlidir; bu bağlamda Flores-Mir ve araştırma ekibi, AI sistemlerinin boyun omurlarının radyolojik formlarını analiz

etmede insan uzmanlara eşdeğer doğruluk sunduğunu vurgulamışlardır.

#### **4.3. Restoratif Yaklaşımlar ve Periodontal Değerlendirmede AI**

Koruyucu hekimlik yaklaşımlarının gelişmesiyle büyük kavitasyonlu çürüklerin sayısı azalmakta; ancak dişlerin ara yüzeylerinde başlayan gizli çürüklerin tespiti klinisyenler için hala diagnostik bir handikap olmaya devam etmektedir. Srivastava ve ekibi, ısırtma filmlerini derin öğrenme modeliyle analiz etmiş; sistemin sunduğu çürük tespit başarısının (F1-skoru: 70), araştırmaya dahil edilen üç tecrübeli diş hekiminin gösterdiği klinik performanstan daha üstün ve tutarlı olduğunu kanıtlamışlardır. Aynı şekilde Lee ve çalışma arkadaşları, sadece periapikal grafipler kullanarak küçük azı ve büyük azı dişlerindeki çürük varlığını %89 oranında doğru tespit eden CNN tabanlı bir model tasarlamışlardır.

Diş destek dokularındaki harabiyeti ifade eden periodontal hastalıkların ilerlemeden saptanması, diş kayıplarının azaltılmasında hayati önem taşır. Rutin çekilen panoramik filmlerdeki milimetrik alveol kemiği erimelerinin ve kemik içi yoğunluk azalmalarının yapay zeka ile erken dönemde tespitine yönelik çalışmalar büyük umut vaat etmektedir. Lee ve grubu, periodontal yıkım miktarına bakarak dişin gelecekteki klinik ömrünü %78.9 oranında doğru bir şekilde öngören başarılı bir algoritma sunmuştur. Dental implantoloji uygulamalarında ise Cha ve meslektaşları, peri-implantitis kaynaklı kemik kayıplarını otonom olarak hesaplayan yapay zeka yazılımlarının hekim teşhisiyle paralel sonuçlar verdiğini rapor etmiştir. İlave olarak, KIBT verileri kullanılarak eksik diş bölgelerinin hacimsel analizi ve implant planlaması süreçlerinde %95'in üzerinde doğruluk sağlayan sistemler klinikteki yerini almıştır.

## **5. GÖRÜNTÜ İŞLEME (IMAGE PROCESSING) VE YENİDEN YAPILANDIRMA**

Tıbbi cihazlardan sensörlere yansıyan radyolojik ham verilerin, hekimin ekranında en net ve incelenebilir forma getirilmesi sürecini kapsayan Görüntü İşleme, yapay zekanın vazgeçilmez olduğu bir diğer kritik aşamadır (Suzuki, 2017). Çene cerrahisi planlamalarında kullanılmak üzere Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT) verilerinden kemik, diş ve yumuşak dokuların üç boyutlu olarak ayırt edilmesi, hekimler için manuel yapıldığında saatler süren yorucu bir işlemdir. Eski nesil matematiksel eşikleme yazılımları, CBCT'deki gri tonlama tutarsızlıkları yüzünden sınırları yanlış çizerken; günümüzdeki derin öğrenme algoritmaları insan anatomisini piksel bazında "öğrenmiş" oldukları için bu hataların düzeltilmesinde yüksek hassasiyet sağlamak ve süreci önemli ölçüde hızlandırmaktadır.

Ayrıca X-ışınının hastanın dokularından geçip dedektörde oluşturduğu elektrik sinyallerinin bilgisayar ekranında diagnostik bir fotoğrafa dönüştürülmesi işlemine Görüntü Rekonstrüksiyonu denir. Yakın geçmişte sıkça kullanılan hızlı fakat hatalı 'Fast Back Projection' (FBP) metodu, özellikle hastanın ağızındaki amalgam dolgu veya implant gibi metallerin yarattığı parlamaları silemiyordu. Ancak modern cihazlara entegre edilen derin öğrenme destekli İteratif Rekonstrüksiyon (IR) algoritmaları sayesinde, hastaya verilen X-ışını dozu çok düşük seviyelere çekilse dahi; ağız görüntü üzerindeki greni ve metal yansımalarını matematiksel olarak temizlemesiyle yüksek çözünürlüklü, pürüzsüz ve artefaktsız dental tomografi kesitleri elde edilebilmektedir.

## **6. GELECEK PERSPEKTİFLERİ VE ETİK İKİLEMLER**

Geniş bir perspektifte değerlendirildiğinde yapay zeka, ulusal sağlık veri sistemlerinden tanısal hızın artırılmasına kadar çok boyutlu avantajlar sağlarken; diğer yandan medikal etik, hasta mahremiyeti ve mediko-legal sorumluluklar alanlarında zorlu tartışmaları da masaya yatırmıştır (Ding vd., 2023). Derin evrimsel sinir ağlarının en büyük felsefi problemlerinden biri "kara kutu" olarak çalışmalarıdır. Yani son teknoloji bir algoritmanın bir kist veya kanser hücrelerini hangi piksel örüntüsüne dayanarak teşhis ettiğini, algoritmayı yazan mühendislerin dahi tam olarak açıklayamaması durumudur. Bu şeffaflık sorununu çözmek adına modern tıp teknolojisi, 'Açıklanabilir Yapay Zeka' konseptine yönelerek, algoritmanın şüphelendiği pikselleri renkli ısı haritalarıyla doktorlara izah etmeye çalışmaktadır.

Klinik faydaları inkar edilemez olsa da, arkasında bir uzman hekim onayı bulunmayan tam otonom bir AI yazılımının hatalı bir çürük teşhisi koyması veya kötü huylu bir tümörü gözden kaçırmaması durumunda yasal tazminat ve mesleki sorumluluğun sınırları henüz evrensel hukukta net çizilememiştir. Veri hırsızlığına karşı hasta mahremiyetinin nasıl korunacağı, modelin eğitildiği sınırlı popülasyondan kaynaklanan ırksal veya demografik algoritmik önyargıların nasıl engelleneceği de diğer majör tartışma konularıdır. Bu nedenlerden dolayı yapay zeka asistanları, yakın gelecekte hekimi işinden edecek bağımsız robotlar olarak değil; hekimin teşhis yeteneğini keskinleştiren, hata oranını minimize eden ve ona güvenilir bir 'ikinci uzman görüşü' sunan süper-donanımlı karar destek mekanizmaları olarak kliniklerdeki yerini sağlamlaştıracaktır.

## 7. SONUÇ

Özetlemek gerekirse yapay zeka; diş hekimliği anabilim dallarının vizyonunu genişleten, özellikle ağız, diş ve çene radyolojisi gibi verinin çok yoğun işlendiği branşlarda teşhis standartlarını yeniden belirleyen tarihi bir teknolojik sıçramayı ifade etmektedir. Tıp dünyasında patolojik ve sistemik analizlerde rüştünü ispatlamış olan derin öğrenme modelleri, dental pratikte de radyografik kist tespiti, mikroskopik doku analizi, ultrasonografik elastografi ölçümleri, kalsifikasyon taramaları ve sefalometrik planlama gibi kompleks süreçleri büyük bir klinik tutarlılıkla otonom olarak devralabilmektedir. Gelecekte bulut tabanlı ve klinik otomasyonlu AI modüllerinin muayenehanelere entegre olmasıyla; diş hekimlerinin omuzlarındaki yorucu diagnostik mesai ciddi anlamda hafifleyecek, verimlilik artacak ve yorgunluk kökenli tıbbi ihmal risklerinin büyük ölçüde azalması öngörülmektedir. Elbette bu teknolojinin kusursuzlaşması için nadir görülen atipik sendromlara ait çok geniş, etiketli medikal veri tabanlarının evrensel bir konsensüsle oluşturulması ve mediko-legal sınırların küresel kanunlarla belirlenmesi şarttır. Karşılaşılan etik ve hukuksal zorluklara rağmen teknolojik ilerlemenin geldiği nokta göstermektedir ki; yapay zeka diş hekiminin yerini alacak bir tehdit değil, aksine modern diş hekimliği pratiğinde karmaşık işlemlerin çözümünü kolaylaştıran önemli bir klinik destek sistemi olmaya devam edecektir.

## KAYNAKÇA

- Ağyar, Z. (2015). Yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve bir uygulama. *Mühendis ve Makine*, 56(662), 22-23.
- Allen Jr, B., Seltzer, S. E., Langlotz, C. P., Dreyer, K. P., Summers, R. M., Petrick, N., ... & Hanisch, R. J. (2019). A road map for translational research on artificial intelligence in medical imaging: from the 2018 National Institutes of Health/RSNA/ACR/The Academy Workshop. *Journal of the American College of Radiology*, 16(9), 1179-1189.
- Arslan, K. (2020). Eğitimde Yapay Zeka ve Uygulamaları. *BAEBD*, 11(1), 71-88.
- Asilkan, Ö., & Irmak, S. (2009). İkinci el otomobillerin gelecekteki fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *SDÜ İİB Dergisi*, 14(2), 375-391.
- Bellman, R. (1978). *An introduction to artificial intelligence: can computers think?* Thomson Course Technology.
- Ding, H., Wu, J., Zhao, W., Matinlinna, J. P., Burrow, M. F., & Tsoi, J. K. H. (2023). Artificial intelligence in dentistry-A review. *Frontiers in Dental Medicine*, 4, 1085251. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2023.1085251>
- Efe, M. Ö., & Kaynak, O. (2004). *Yapay sinir ağları ve uygulamaları*. Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.
- Hwang, J. J., Jung, Y. H., Cho, B. H., & Heo, M. S. (2019). An overview of deep learning in the field of dentistry. *Imaging Science in Dentistry*, 49(1), 1-7.
- Khanagar, S. B., Al-Ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., Sarode, S. C., & Bhandi, S. (2020). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry-A

- systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508-522.
- Moor, J. (2006). The Dartmouth College artificial intelligence conference: The next fifty years. *AI Magazine*, 27(4), 87.
- Neri, E., de Souza, N., Brady, A., Bayarri, A., Becker, C., Coppola, F., & Visser, J. (2019). What the radiologist should know about artificial intelligence-an ESR white paper. *Insights into Imaging*, 10, 1-8.
- Nichols, J. A., Chan, H. W. H., & Baker, M. A. (2019). Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. *Biophysical Reviews*, 11(1), 111-118.
- Öztemel, E. (2003). *Yapay sinir ağları*. Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zeka'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Pesapane, F., Codari, M., & Sardanelli, F. (2018). Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *European Radiology Experimental*, 2(1), 1-10.
- Pirim, H. (2006). Yapay zeka. *Journal of Yaşar University*, 1(1), 81-93.
- Samuel, A. L. (1967). Some studies in machine learning using the game of checkers. II—Recent progress. *IBM Journal of Research and Development*, 11(6), 601-617.
- Sen, D., Chakrabarti, R., Chatterjee, S., Grewal, D., & Manrai, K. (2020). Artificial intelligence and the radiologist: the future in the Armed Forces Medical Services. *BMJ Military Health*, 166(4), 254-256.

- Serhatlıoğlu, S., & Hardalaç, F. (2009). Yapay Zeka Teknikleri ve Radyolojiye Uygulanması. *Fırat Tıp Dergisi*, 14(1), 1-6.
- Suzuki, K. (2017). Overview of deep learning in medical imaging. *Radiological Physics and Technology*, 10(3), 257-273.
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence-AM Turing. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Uzun, T. (2020). Yapay Zeka Ve Sağlık Uygulamaları. *Journal of Business in The Digital Age*, 3(1), 80-92.

# **KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ RADYOMİĞİNDE YİNELENEBİLİRLİK, YENİDEN ÜRETİLEBİLİRLİK VE STANDARDİZASYON: GÖRÜNTÜLEME PARAMETRELERİNDEN ÖZELLİK HARMONİZASYONUNA**

**Alperen TEKİN<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Radyomik, tıbbi görüntülerden çok sayıda nicel özellik çıkararak yoğunluk, şekil ve doku örüntülerini ölçülebilir biyobelirteç adaylarına dönüştürmeyi amaçlar (Lambin et al., 2012; Gillies, Kinahan, & Hricak, 2016). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), yüksek uzaysal çözünürlüğü ve diş hekimliğindeki yaygınlığı nedeniyle dentomaksillofasial radyomik için önemli bir veri kaynağıdır. Ancak KIBT voxel değerleri klasik BT'deki kalibre edilmiş ve görece standart Hounsfield birimi (HU) ölçeğı gibi yorumlanamaz; cihaz ve edinim koşullarına belirgin ölçüde bağımlıdır. Bu nedenle KIBT radyomiğinde model başarısından önce ölçüm zincirinin kararlılığı değerlendirilmelidir.

Radyomikte repeatability aynı veya çok benzer koşullardaki tekrar ölçümlerin kararlılığını, reproducibility ise cihaz, protokol, yazılım, gözlemci veya merkez gibi koşullardan biri değıştiğinde sonucun yeniden üretilebilirliğini ifade eder

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0604-0287.

(Traverso, Wee, Dekker, & Gillies, 2018). Bu bölümde bunlar sırasıyla “yinelenebilirlik” ve “yeniden üretilebilirlik” olarak kullanılmaktadır. “Tekrarlanabilirlik” ise gerektiğinde iki kavramı kapsayan genel bir şemsiye terim olarak ele alınmıştır.

Bu bölüm, Eylül 2026 itibarıyla erişilebilen literatüre dayanan anlatısal bir değerlendirmedir. PubMed/MEDLINE ile dergi/yayınevi platformlarında “CBCT radiomics”, “repeatability”, “reproducibility”, “gray value”, “harmonization”, “ComBat”, “segmentation” ve “radiomics standardization” terimleriyle hedefli taramalar yapılmış; KIBT’ye özgü çalışmalar ile radyomik metodoloji ve raporlama kaynakları önceliklendirilmiştir. Dental ve maksillofasiyal görüntüleme için KIBT, radyoterapi cihazlarının konik ışınli görüntüleri ve özgün veri seti adları için ise kaynakla uyumlu biçimde CBCT kısaltması kullanılmıştır. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi (ADÇR) bağlamında amaç, teknik değişkenlik kaynaklarını ve güvenilir bir analiz zinciri için gerekli kontrolleri sentezlemektir.

## **2. KIBT RADYOMİĞİNDE ÖLÇÜM ZİNCİRİ VE DEĞİŞKENLİK KAYNAKLARI**

### **2.1. KIBT Görüntüsünün Nicel Analiz Açısından Özgünlüğü**

KIBT cihazları tanısal görüntü üretmek üzere optimize edilmiştir; nicel yoğunluk ölçerleri değildir. Voxel değerleri X-ışını spektrumu, saçılma, rekonstrüksiyon, dedektör özellikleri, görüş alanı (field of view, FOV), obje boyutu ve konumundan etkilenir. KIBT’de HU kullanımını irdeleyen klasik çalışma, nicel kemik değerlendirmesinde cihaz/protokol bağımlılığını vurgulamıştır (Pauwels, Jacobs, Singer, & Mupparapu, 2015). Dokuz dental KIBT cihazını karşılaştıran çalışma da gri değer ve gürültü davranışının cihazlar arasında değiştiğini göstermiştir (Oliveira-Santos et al., 2025). Bu nedenle yoğunluk ve gri-seviye

matrisi özellikleri cihazdan bağımsız biyolojik ölçümler olarak varsayılmamalıdır.

Teknik değişkenlik özellikle birinci sıra yoğunluk ve gri-seviye matrisi özelliklerinde karıştırıcı etki yaratabilir. Cihaz veya protokol sınıflarla dengesiz dağılıyorsa model hastalık biyolojisi yerine teknik kaynağı öğrenebilir; bu dağılım analiz ve raporlamanın parçası olmalıdır.

## **2.2. FOV, Voxel Boyutu, kVp, mA ve Konum**

FOV, voxel boyutu, kVp, mA, ekspozur süresi ve rekonstrüksiyon nicel KIBT değerlerini etkileyebilir. Martins ve arkadaşları (2025), üç ex vivo domuz kaburgasını dört edinim protokolü altında tekrarlı tarayarak FOV, kVp, mA ve voxel boyutunun gri değer temelli kemik yoğunluğu ölçümlerine etkisini incelemiş ve FOV etkisini voxel boyutundan daha belirgin bulmuştur. Çalışma doğrudan radyomik özellik çıkarmasa da nicel KIBT analizinde edinim protokolünün bütün olarak ele alınması gerektiğini desteklemektedir.

Voxel boyutu özellikle küçük yapılar ve yüksek frekanslı doku örüntülerini etkiler. İzotropik yeniden örnekleme çalışmalar arası karşılaştırmayı kolaylaştırabilir; ancak yeni bilgi üretmez ve interpolasyonla doku istatistiklerini değiştirebilir. Bu nedenle hedef voxel aralığı ve interpolatör önceden tanımlanmalı ve duyarlılık analiziyle gerekçelendirilmelidir.

FOV içindeki konum da önemlidir. He, Chen, Gao, Wang ve You'nun (2023) altı yoğunluk düzeyli dental KIBT fantom çalışmasında test-tekrar test yinelenabilirliği ve konum kararlılığı değerlendirilmiş; hiçbir özellik iki deneyde birden yeterlilik ölçütünü karşılamamıştır. Özellik kararlılığının materyal yoğunluğu ve FOV içindeki konuma bağlı olması, lezyon konumu sınıflarla dengesizse modelin biyoloji yerine teknik sinyal öğrenebileceğini düşündürür.

### 2.3. Rekonstrüksiyon, Artefakt ve Görüntü İşleme

Rekonstrüksiyon filtresi, metal artefakt azaltma, keskinleştirme ve gürültü azaltma histogram ve doku matrislerini değiştirebilir. Özellikle metalik restorasyonların sık olduğu dentomaksillofasiyal bölgede ışın sertleşmesi ve çizgisel artefaktların sınıflarla dengesiz dağılımı modele yapay sinyal sağlayabilir. Rekonstrüksiyon algoritması ve artefakt azaltma kullanımı raporlanmalı; mümkünse protokol duyarlılık analizi yapılmalıdır.

**Tablo 1. KIBT Radyomiğinde Başlıca Değişkenlik Kaynakları ve Önerilen Kontrol Yaklaşımı**

| Değişkenlik kaynağı                                | Radyomik etki                                             | Önerilen kontrol                                               |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Edinim: FOV, kVp, mA, voxel, ekspozur              | Yoğunluk, gürültü, parsiyel hacim ve tekstür değişebilir. | DICOM parametrelerini kaydet; alt-grup/duyarlılık analizi yap. |
| Konum: hedefin FOV içindeki yeri                   | Saçılma ve gri değer konuma göre değişebilir.             | Konumu kaydet/eşleştir; konum-kararlılığı değerlendir.         |
| Rekonstrüksiyon: filtre, MAR, düzeltme             | Histogram ve tekstür etkilenebilir.                       | Zinciri sabitle; farklılık varsa teknik grup olarak analiz et. |
| Segmentasyon: gözlemci, sınır, parsiyel hacim      | Şekil ve tekstür değişebilir.                             | Standart protokol; Dice + özellik ICC ve %95 GA.               |
| Ön işleme: örnekleme, normalizasyon, ayrıklaştırma | Özellik tanımı/ölçeği değişebilir.                        | Parametreleri önceden sabitle; IBSI uyumu/sürümü raporla.      |
| Yazılım: paket, sürüm, uygulama                    | Aynı özellik farklı hesaplanabilir.                       | IBSI tanımı; sürüm/ayar; mümkünse fantom doğrulama.            |
| Merkez/Cihaz: üretici, dedektör, protokol          | Teknik grup etkisi ve yapay ayırım oluşabilir.            | Harici test; harmonizasyonu doğrulama tasarımıyla planla.      |

**Not:** DICOM = Digital Imaging and Communications in Medicine; FOV = field of view (görüş alanı); GA = güven aralığı; ICC = intraclass correlation coefficient (sınıf içi korelasyon katsayısı); IBSI = Image Biomarker Standardization Initiative; MAR = metal artefakt azaltma.

## 3. SEGMENTASYON, ÖN İŞLEME VE ÖZELLİK ÇIKARIMINDA STANDARDİZASYON

### 3.1. Segmentasyonun Radyomik Belirsizliğe Katkısı

Radyomik özellikler ilgi hacminin (volume of interest, VOI) sınırlarına bağlıdır. Küçük bir segmentasyon farkı özelliklerle

küçük lezyonlarda şekil, histogram ve tekstür özelliklerini değiştirebilir. Bu nedenle geometrik uyum için Dice benzerliği yararlı olsa da nihai değerlendirme özelliklerin gözlemci değişimine dayanıklılığını da içermelidir.

Önceden belirlenmiş bir alt kümede intra- ve inter-gözlemci tekrar segmentasyonu yapılabilir. Sınıf içi korelasyon katsayısı (intraclass correlation coefficient, ICC) raporlanırken model, tek/ortalama ölçüm, tutarlılık/mutlak uyum tanımı ve %95 güven aralığı belirtilmelidir (Koo & Li, 2016). Sağlamlık filtresi etiket bilgisinden bağımsız yürütülmeli; sonuçla ilişkili özellik seçimi ve öğrenilebilir ön işleme yalnız eğitim verisi veya ilgili çapraz doğrulama katı içinde uygulanmalıdır.

### **3.2. Yoğunluk Normalizasyonu, Ayırıklaştırma ve Yeniden Örnekleme**

Doku özellikleri gri seviyelerin ayırıklaştırılmasına (discretization) duyarlıdır. Sabit bin genişliği yoğunluk eksenini eşit aralıklara bölerken sabit bin sayısı her görüntü/VOI için aynı sayıda bin üretir. Dental KIBT’de voxel değerlerinin cihazlar arası mutlak karşılığı zayıf olduğundan tek bir bin genişliğini sorgulamadan uygulamak yanıltıcı olabilir. Yöntem ve parametre raporlanmalı; heterojen cihaz/protokollerde duyarlılık analizi düşünülmelidir.

Trojani, Bassi, Verzellesi ve Bertolini’nin (2024) sistematik derlemesi, yeniden örnekleme, normalizasyon ve ayırıklaştırma kararlarının özellik güvenilirliğini etkilediğini göstermiştir. Ön işleme yalnız en yüksek performansa göre seçilmemeli; teknik gerekçeyle önceden tanımlanmalı ve öğrenilebilir kararlar iç içe doğrulama içinde tutulmalıdır.

### **3.3. IBSI, PyRadiomics ve Yazılım Sürümü**

Image Biomarker Standardization Initiative (IBSI), özellik tanımları ve referans hesaplamaları standardize ederek

yazılımlar arası uyumu artırmayı amaçlar (Zwanenburg et al., 2020). Açık kaynaklı araçlar yararlı olsa da yazılım/sürüm, 2B-3B hesaplama, yeniden örnekleme, interpolatör, ayırıklaştırma ve filtre parametreleri raporlanmalıdır. IBSI uyumu hesaplama tanımlarını standardize eder; KIBT cihazları arasındaki gri değer farklılığını ortadan kaldırmaz.

#### **4. ÖZELLİK SAĞLAMLIĞI, HARMONİZASYON VE ÇOK MERKEZLİ VERİ**

##### **3.2.Önce Sağlam Özellik Seçimi, Sonra Harmonizasyon**

Harmonizasyon, kararsız bir özelliği otomatik olarak güvenilir biyobelirtece dönüştürmez; önce teknik varyasyona duyarlı özellikler belirlenmelidir (Traverso et al., 2018). KIBT'den in vivo kanıt olarak Kuran, Üzel, Baysal, Seki ve Sinanoğlu'nun (2025) aynı KIBT cihazıyla iki kez görüntülenen 33 bireyin C2 (axis) hacimlerinde yaptığı çalışmada 107 özellikten yalnız 25'i ICC >0,90 düzeyinde mükemmel yinelenebilirlik göstermiştir. Şekil özellikleri (9/14) belirgin biçimde daha kararlı iken, birinci sıra özelliklerin (4/18) ve doku özelliklerinin (12/73) yalnız küçük bir bölümü bu eşiği karşılamıştır.

Wang ve arkadaşları (2021), 10 baş-boyun ve 10 pelvis hastasında 18 ortak özelliği iki yazılım paketiyle birinci, ikinci ve beşinci gün CBCT görüntülerinde değerlendirmiştir. Uyum korelasyon katsayısı (concordance correlation coefficient, CCC)  $\geq 0,80$  ölçütüyle birinci-ikinci gün karşılaştırmasında 15/18, birinci-beşinci gün karşılaştırmasında 11/18 özellik yeterli kararlılık göstermiştir. Radyoterapi CBCT'sine dayansa da çalışma, kararlılığın zaman, anatomik bölge, protokol ve yazılımla etkileştiğini göstermektedir.

### **3.3. Görüntü Alanı ve Özellik Alanı Harmonizasyonu**

Harmonizasyon görüntü veya özellik alanında uygulanabilir. Görüntü alanında edinim/rekonstrüksiyon standardizasyonu, yoğunluk normalizasyonu ve yeniden örnekleme; özellik alanında ise çıkarılmış özelliklerdeki teknik grup etkisinin istatistiksel modellenmesi yer alır. Hiçbiri kötü tasarlanmış çok-merkezli veri toplamının yerine geçmez (Mali et al., 2021).

ComBat, merkez/cihaz/protokol kaynaklı teknik grup etkisini azaltmak için kullanılan bir özellik-alanı yöntemidir; modifiye sürümler çok-merkezli radyomik veride yarar gösterebilir (Da-Ano et al., 2020). Ancak teknik grup açık tanımlanmalı, teknik grup ile biyolojik sınıfın karışması gerçek sinyali zayıflatabilir ve harmonizasyon doğrulama ayrımını ihlal etmemelidir. Standart ComBat'ın grup-özü parametreleri görülmemiş bir dış merkeze otomatik olarak aktarılamaz; eğitim ve test verisini birleştirerek harmonizasyon yapmak yerine örneklem-dışı uygulamayı destekleyen yaklaşım veya merkezler arası ayrı doğrulama kullanılmalıdır.

### **3.4. KIBT Yoğunluk Harmonizasyonunda Yeni Yaklaşımlar**

Dental KIBT'de önemli hedeflerden biri cihazlar arası voxel yoğunluğu uyumsuzluğudur. Sathish'in (2026) tek yazarlı çalışmasında 10 ticari sistemden 160 veri seti ve yedi maksillofasiyal doku değerlendirilmiş; Z-skoru sonrası pulpa 0 SU, kortikal kemik 1000 SU olacak biçimde Sivan Unit (SU) dönüşümü uygulanmıştır. Ortalama cihazlar arası varyasyon katsayısı (coefficient of variation, CV) %14,7'den %2,1'e düşmüş ve ICC 0,89–0,97 bildirilmiştir. Ancak iki çapa doku dönüşüm gereği eşitlendiğinden bağımsız kanıt değeri esas olarak çapa olmayan dokulardaki performans ve bağımsız çoğaltımla güçlenecektir.

RadRepro CBCT veri seti, dört radyoterapi CBCT tarayıcısından (iki üretici) elde edilen 120 hacimde mAs, 1–4 mm kesit kalınlığı, rekonstrüksiyon filtreleri, test-tekrar test ve konum değişikliklerini içerir (Hatamikia et al., 2026). Dental cihazlardan elde edilmemiş olsa da harmonizasyon ve özellik sağlamlığı yöntemlerini kontrollü koşullarda karşılaştırmak için yararlı bir kıyaslama setidir.

**Tablo 2. KIBT Radyomik Kararlılığı Açısından Seçilmiş Temel Çalışmalar**

| Çalışma                      | Tasarım ve temel bulgu                                                                                                 | Mesaj                                                   |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Wang et al., 2021            | CBCT; 10 baş-boyun + 10 pelvis; 18 özellik, 2 yazılım. 1.–2. gün: 15/18; 1.–5. gün: 11/18 özellik CCC $\geq 0,80$ .    | Kararlılık zaman, bölge, protokol ve yazılıma bağlıdır. |
| He et al., 2023              | Dental KIBT fantom; 6 yoğunluk; test-tekrar test + konum. Hiçbir özellik iki kararlılık ölçütünü birlikte karşılamadı. | FOV içi konum ve yoğunluk güvenilirliği etkileyebilir.  |
| Martins et al., 2025         | 3 ex vivo domuz kaburgası; 4 protokol; tekrarlı KIBT. FOV etkisi voxel boyutundan daha belirgindi.                     | Tüm edinim protokolü birlikte ele alınmalıdır.          |
| Oliveira-Santos et al., 2025 | 9 dental KIBT cihazı; in vitro. Cihaz/protokol gri değer ve gürültüyü değiştirdi.                                      | Yoğunluk özellikleri cihazdan bağımsız varsayılmalıdır. |
| Hatamikia et al., 2026       | 120 hacim; 4 radyoterapi CBCT; çoklu teknik koşul. Kontrollü açık kıyaslama veri seti.                                 | Yöntem karşılaştırmasına uygundur.                      |
| Sathish, 2026                | 160 veri seti; 10 sistem; 7 doku. SU ile cihazlar arası CV %14,7→%2,1; ICC 0,89–0,97.                                  | Çapa olmayan dokular ve bağımsız çoğaltım kritiktir.    |

**Not.** CBCT = cone-beam computed tomography; CCC = concordance correlation coefficient (uyum korelasyon katsayısı); CV = coefficient of variation (varyasyon katsayısı); FOV = field of view; ICC = intraclass correlation coefficient; KIBT = konik ışınlı bilgisayarlı tomografi; SU = Sivan Unit.

## **5. DENTOMAKSİLLOFASİYAL KIBT RADYOMİĞİNDE GÜNCEL KLİNİK KANIT**

### **5.1. Çene Lezyonlarında Sınıflandırma Çalışmaları**

Dental KIBT radyomiği özellikle ameloblastom ve odontojenik keratokist ayrımında yoğunlaşmıştır. Song ve arkadaşları (2024), 326 hastada 348 radyomik özellik ve altı

algoritmayı değerlendirmiş; XGBoost için alıcı işletim karakteristiği (receiver operating characteristic, ROC) eğrisi altında kalan ortalama alanı (area under the curve, AUC) 0,872 olarak bildirmiştir. Özellik sayısının hasta sayısına yakın olması,  $p \approx n$  bağlamında boyut indirgeme ve doğrulama disiplininin önemini somutlaştırır. Sha ve arkadaşlarının (2024) 100 olguluk konvansiyonel/unikistik ameloblastom çalışmasında lojistik regresyon AUC'si eğitim ve doğrulamada 0,936 ve 0,929'dur; ancak tek merkez ve küçük doğrulama kümeleri genellenebilirliği sınırlar.

Sha ve arkadaşlarının (2025) 300 histopatolojik doğrulanmış lezyonunda %70 eğitim/%30 test ayrımıyla kurulan altı özellikli sınıflandırıcı; ameloblastom, odontojenik keratokist ve odontojenik kist için sırasıyla AUC 0,814, 0,781 ve 0,849 vermiştir. Duyan Yüksel, Büyük ve Evlice (2026) ise 101 nasopalatin kanal kisti ile yaş/cinsiyet eşleştirilmiş 101 normal kanalı karşılaştırmış; 1.037 özellikten seçilen 11 özellikle destek vektör makinesi (support vector machine, SVM) için AUC dahil temel metriklerde 1,00 bildirmiştir. Normal anatomi-kist ayrımı klinikte birbirine benzeyen lezyonların ayırımından daha kolay bir spektrum oluşturabileceğinden bu sonuç bağımsız merkez/cihaz ve daha zor klinik karşılaştırmalarla doğrulanmalıdır.

İçöz, Çetin ve Dinç (2025), 161 histopatolojik doğrulanmış odontojenik kistte sınıflandırmadan önce özellik farklılıklarını incelemiş; olguların %20'sinde ikinci gözlemci değerlendirmesi yaparak yalnız inter-gözlemci uyumu 0,850'nin üzerindeki özellikleri tutmuştur. Bu yaklaşım, model performansından önce özellik güvenilirliğinin filtrelenmesine iyi bir örnektir.

## **5.2. Multimodal ve Patomik GÜDÜMLÜ Yaklaşımlar**

Li, Huang, Yang, Huang ve Li (2026), ameloblastom/odontojenik keratokist ayırımında patomik bilgiyi

KIBT radyomiğiyle birleştiren pilot bir yaklaşım bildirmiştir. Patomik güdümlü özellik seçimi altı modelde ortalama AUC'yi 0,036 artırmış, ancak kazanımlar yalnız bazı modellerde anlamlı bulunmuştur. Multimodal veri biyolojik açıklanabilirliği güçlendirebilse de küçük örneklem, aşırı uyum ve veri sızıntısı risklerini de artırır.

Dental KIBT çalışmalarında ortak sınırlılık, dış merkez doğrulamasının azlığıdır. Aynı kurumda rastgele ayrılmış test performansı farklı üretici, FOV ve hasta spektrumuna taşınabilirliği kanıtlamaz. Harici doğrulama mümkün olduğunca bağımsız merkez ve cihaz/protokolde yapılmalıdır; Radiomics Quality Score (RQS) 2.0 ve güncel Avrupa önerileri de bunu temel kalite eksenlerinden biri olarak ele alır (Lambin et al., 2025; Santinha et al., 2025).

## **6. İSTATİSTİKSEL TASARIM VE MODEL GELİŞTİRMEDE KRİTİK NOKTALAR**

### **6.1. Hasta Düzeyinde Ayrım ve Veri Sızıntısının Önlenmesi**

Veri sızıntısı; aynı hastaya ait görüntülerin eğitim ve teste dağılması, tüm veri üzerinde özellik seçimi yapılması veya hiperparametrelerin test sonucuna göre ayarlanmasıyla performansı yapay olarak yükseltebilir. García-Hidalgo ve arkadaşlarının (2026) simülasyonunda  $n=50$ ,  $p=1.000$  saf gürültü koşulunda tamamen sızıntılı iş akışı ortalama AUC 1,000, uygun iç içe doğrulama ise 0,493 üretmiş; enflasyonun %60–92'si özellik seçimi sızıntısıyla açıklanmıştır. Bu nedenle hasta ayrımı en başta yapılmalı; özellik seçimi, hiperparametre ayarı, model seçimi ve veriden öğrenen harmonizasyon adımları yalnız eğitim/doğrulama döngüsü içinde öğrenilmelidir.

## **6.2. Boyut İndirgeme, Özellik Sayısı ve Örneklem Büyüklüğü**

Radyomik veri çoğu zaman p>>n yapısındadır. Sağlamlık filtresi, yüksek korelasyonlu özelliklerin azaltılması, penalize regresyon (LASSO/Elastic Net) veya gömülü seçim yöntemleri yalnız eğitim verisi içinde uygulanmalıdır. Seçim sıklığı ve özelliklerin çapraz doğrulama katları arasındaki kararlılığının raporlanması, modelin tek bir bölünmeye bağımlılığını ortaya koyar.

Sınıf dengesizliğinde genel doğruluk tek başına yeterli değildir. İkili modellerde duyarlılık, özgüllük, AUC ve gerektiğinde kesinlik-duyarlılık eğrisi altında kalan alan (precision–recall area under the curve, PR-AUC); çok sınıflı modellerde sınıf-bazlı metrikler, makro-F1 ve dengeli doğruluk raporlanmalıdır. Olasılık üreten modellerde kalibrasyon ve Brier skoru da değerlendirilmelidir. RQS 2.0 sağlamlık, harmonizasyon, doğrulama, kalibrasyon ve klinik yararı birlikte ele alır (Lambin et al., 2025).

## **6.3. ICC Eşiği Tek Başına Yeterli Değildir**

“ICC  $\geq 0,75$ ” gibi tek bir eşik yeterli değildir. ICC örneklem büyüklüğüne ve seçilen modele duyarlıdır; intra/inter-gözlemci ve test-tekrar test ICC’leri farklı belirsizlik kaynaklarını ölçer. Bu nedenle sağlamlık boyutu, ICC modeli ve mümkünse güven aralıkları belirtilmeli; farklı eşiklerde duyarlılık analizi modelin filtre seçimine bağımlılığını göstermelidir (Koo & Li, 2016; Xue et al., 2021).

## **7. KIBT RADYOMİĞİ İÇİN ÖNERİLEN STANDARDİZASYON VE RAPORLAMA ÇERÇEVESİ**

### **7.1. Çalışma Başlamadan Önce Planlanması Gerekenler**

KIBT radyomik çalışma klinik soru, referans standart, hedef popülasyon ve kullanım senaryosunun önceden tanımlanmasıyla başlamalıdır. Retrospektif veride yıllar, cihazlar, protokoller ve analiz birimi önceden belirtilmeli; cihaz/protokol dağılımı sınıflara göre kontrol edilmelidir. Bir sınıfın belirli cihazda yoğunlaşması, modelin hastalık yerine cihazı öğrenmesine yol açabilir.

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) üst verilerinden üretici/model, FOV, voxel boyutu, kVp, mA, ekspozur süresi, rekonstrüksiyon ve varsa artefakt azaltma bilgileri çıkarılmalıdır. Tek cihazda bile protokol alt grupları; çok cihazlı çalışmada cihaz/protokol kombinasyonları teknik grup olarak raporlanmalıdır.

### **7.2. Önerilen Adım Adım Radyomik İş Akışı**

Aşağıdaki akış, dental KIBT için evrensel bir kılavuz değil; IBSI, RQS 2.0, European Society of Radiology (ESR) önerileri, ESR ve European Society of Medical Imaging Informatics (EuSoMII) destekli CLEAR raporlama kontrol listesi, EuSoMII destekli METRICS metodolojik kalite skoru ve KIBT'ye özgü kararlılık kanıtlarının pratik sentezidir (Kocak et al., 2023; Kocak et al., 2024). CLEAR raporlama eksiksizliğini, METRICS metodolojik kaliteyi yapılandırır; hiçbirisi dış doğrulamanın yerine geçmez.

**Tablo 3. Dental KIBT Radyomik Çalışmaları İçin Önerilen Minimum İş Akışı**

| Adım                  | Uygulama                                           | Asgari raporlama / kalite kontrol                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Klinik soru        | Hedef ve referans standart önceden belirlenir.     | Popülasyon, sonlanım, referans, kullanım senaryosu.      |
| 2. Veri ayrımı        | Hasta düzeyinde eğitim/test ayrımı başta yapılır.  | Tohum, oran, tekrar görüntülerin aynı kümede tutulması.  |
| 3. DICOM denetimi     | Cihaz/protokol dağılımı çıkarılır.                 | Üretici, FOV, voxel, kVp, mA, süre, rekonstrüksiyon/MAR. |
| 4. Segmentasyon       | Standart protokol + bağımsız tekrar alt kümesi.    | Yazılım, deneyim, Dice, ICC modeli ve %95 GA.            |
| 5. Ön işleme          | Örnekleme/normalizasyon/aynılaşdırma sabitlenir.   | Voxel, interpolatör, bin ayarı, yoğunluk işlemleri.      |
| 6. Özellik çıkarımı   | IBSI uyumlu/doğrulanmış uygulama kullanılır.       | Yazılım/sürüm, sınıflar, filtreler, parametre dosyası.   |
| 7. Sağlamlık filtresi | Kararsız özellikler yalnız eğitim içinde dışlanır. | Ölçüt, eşik ve duyarlılık analizi.                       |
| 8. Harmonizasyon      | Gerekirse teknik grup etkisi modellenir.           | Grup tanımı, ortak değişken, yöntem ve dış-veri planı.   |
| 9. Modelleme          | Seçim/ayar iç içe doğrulama içinde yapılır.        | Seçim zinciri, hiperparametreler, sınıf dengesi.         |
| 10. Doğrulama         | Bağımsız cihaz/merkez tercih edilir.               | AUC, kalibrasyon, sınıf-bazlı metrikler, GA.             |
| 11. Açık bilim        | Kod/parametre/protokol paylaşılır.                 | YAML/JSON, sürümler, mümkünse veri/özellik matrisi.      |

**Not.** AUC = area under the curve; DICOM = Digital Imaging and Communications in Medicine; FOV = field of view; GA = güven aralığı; ICC = intraclass correlation coefficient; IBSI = Image Biomarker Standardization Initiative; MAR = metal artefakt azaltma.

### 7.3. Çok Merkezli Çalışmaya Geçiş

Tek merkezli model için sonraki aşama mümkünse zamansal, ardından bağımsız merkez doğrulamasıdır. Çok merkezli tasarımda amaç tüm protokolleri zorla eşitlemek değil, klinik olarak makul varyasyonu yönetip model davranışını ölçmektir. Heterojen arşivlerde harmonizasyon veya cihaz-tabakalı analiz düşünülebilir; ancak yöntem bağımsız veride performansı korumasıyla değerlendirilmelidir.

RadRepro CBCT ve biyolojik referanslı yoğunluk harmonizasyonu standardizasyon araştırmalarının hızlandığını göstermektedir; buna karşın dental KIBT için üreticiler arası kabul edilmiş tek yoğunluk standardı veya tüm özelliklere uygulanabilen evrensel harmonizasyon reçetesi henüz yoktur.

## 8. SONUÇ

KIBT radyomiğinde yinelenebilirlik, yeniden üretilebilirlik ve standardizasyon, görüntü ediniminden klinik doğrulamaya uzanan analiz zincirinin temelidir. FOV, voxel boyutu, kVp/mA, rekonstrüksiyon, hedef konumu, voxel yoğunluk ölçeği, segmentasyon, yeniden örnekleme, ayırıklaştırma ve yazılım radyomik özellikleri etkileyebilir. Dental KIBT fantom ve gri değer çalışmaları bu etkilerin cihaz, protokol ve konumla anlamlı biçimde değişebildiğini göstermektedir (He et al., 2023; Oliveira-Santos et al., 2025; Martins et al., 2025).

Güncel çene lezyonu çalışmaları umut verici performanslar bildirse de klinik çeviri için yüksek AUC yeterli değildir. Sağlam özellik seçimi, uygun ICC tasarımı, hasta düzeyinde ayırım, sızıntısız model geliştirme, IBSI uyumlu özellik çıkarımı, kalibrasyon ve gerçek harici doğrulama daha belirleyicidir. ComBat ve yoğunluk harmonizasyonu yararlı araçlardır, ancak teknik varyasyonu tamamen ortadan kaldırmaz. RQS 2.0 ile uyumlu güçlü bir KIBT radyomik çalışma; klinik amacı tanımlı, teknik olarak sağlam, şeffaf ve bağımsız veride taşınabilir biyobelirteç geliştirme sürecidir (Lambin et al., 2025).

## KAYNAKÇA

- Da-Ano, R., Masson, I., Lucia, F., Doré, M., Robin, P., Alfieri, J., ... Hatt, M. (2020). Performance comparison of modified ComBat for harmonization of radiomic features for multicenter studies. *Scientific Reports*, 10, 10248. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66110-w>
- Duyan Yüksel, H., Büyük, B., & Evlice, B. (2026). Diagnosis of nasopalatine duct and nasopalatine duct cyst in CBCT images: A radiomics-based machine learning approach. *Dentomaxillofacial Radiology*, 55(2), 184–193. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twaf076>
- García-Hidalgo, C., Consentino Hernández, J. A., Cayuela Espí, J. V., Pagán Vicente, G., Mula Ponce, J. F., Vázquez Olmos, A., & Plasencia Martínez, J. M. (2026). Decomposing performance inflation in radiomics: Factorial quantification of analytical leakage. *European Journal of Radiology*, 201, 112890. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2026.112890>
- Gillies, R. J., Kinahan, P. E., & Hricak, H. (2016). Radiomics: Images are more than pictures, they are data. *Radiology*, 278(2), 563–577. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015151169>
- Hatamikia, S., Steiner, E., Muniya, E. J., Elmirad, S., Borji, A., Kronreif, G., ... Buschmann, M. (2026). RadRepro CBCT: An open-access CBCT phantom dataset for improved standardization and reproducibility of radiomics research. *Scientific Data*, 13, 454. <https://doi.org/10.1038/s41597-026-06781-8>
- He, X., Chen, Z., Gao, Y., Wang, W., & You, M. (2023). Reproducibility and location-stability of radiomic features derived from cone-beam computed tomography: A

- phantom study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 52(8), 20230180. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20230180>
- İçöz, D., Çetin, B., & Dinç, K. (2025). Application of radiomics features in differential diagnosis of odontogenic cysts. *Dentomaxillofacial Radiology*, 54(3), 180–187. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twae064>
- Kocak, B., Akinci D'Antonoli, T., Mercaldo, N., Alberich-Bayarri, A., Baessler, B., Ambrosini, I., ... Cuocolo, R. (2024). METHodological RadiomICs Score (METRICS): A quality scoring tool for radiomics research endorsed by EuSoMII. *Insights into Imaging*, 15, 8. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01572-w>
- Kocak, B., Baessler, B., Bakas, S., Cuocolo, R., Fedorov, A., Maier-Hein, L., ... Zwanenburg, A. (2023). CheckList for EvaluAtion of Radiomics research (CLEAR): A step-by-step reporting guideline for authors and reviewers endorsed by ESR and EuSoMII. *Insights into Imaging*, 14, 75. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01415-8>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Kuran, A., Üzel, A., Baysal, O., Seki, U., & Sinanoğlu, E. A. (2025). Repeatability of radiomics parameters in cone beam computed tomography volumes. *Chinese Journal of Academic Radiology*, 8(3), 214–224. <https://doi.org/10.1007/s42058-025-00196-x>
- Lambin, P., Rios-Velazquez, E., Leijenaar, R., Carvalho, S., van Stiphout, R. G. P. M., Granton, P., ... Aerts, H. J. W. L. (2012). Radiomics: Extracting more information from medical images using advanced feature analysis.

- European Journal of Cancer*, 48(4), 441–446.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejca.2011.11.036>
- Lambin, P., Woodruff, H. C., Mali, S. A., Zhong, X., Kuang, S., Lavrova, E., ... Salahuddin, Z. (2025). Radiomics Quality Score 2.0: Towards radiomics readiness levels and clinical translation for personalized medicine. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 22, 831–846.  
<https://doi.org/10.1038/s41571-025-01067-1>
- Li, L., Huang, S., Yang, K., Huang, Z., & Li, Y. (2026). Enhancing the preoperative differentiation of ameloblastoma and odontogenic keratocyst using pathomics-guided radiomics: A pilot study. *BMC Oral Health*, 26, 1350. <https://doi.org/10.1186/s12903-026-08789-3>
- Mali, S. A., Ibrahim, A., Woodruff, H. C., Andrearczyk, V., Müller, H., Primakov, S., ... Lambin, P. (2021). Making radiomics more reproducible across scanner and imaging protocol variations: A review of harmonization methods. *Journal of Personalized Medicine*, 11(9), 842.  
<https://doi.org/10.3390/jpm11090842>
- Martins, L. A. C., Szalewski, L., Pałka, K., Kalinowski, P., Cavalcanti, M. G. P., & Różyło-Kalinowska, I. (2025). Repeatability of gray value-based bone density measurements in cone beam computed tomography (CBCT) images under different acquisition protocols. *BMC Oral Health*, 25, 1549.  
<https://doi.org/10.1186/s12903-025-06760-2>
- Oliveira-Santos, N., Gaêta-Araujo, H., Spin-Neto, R., Dagassan-Berndt, D., Bornstein, M. M., Oliveira, M. L., ... Schulze, R. (2025). Gray values and noise behavior of cone-beam computed tomography machines—an in vitro study.

*Dentomaxillofacial Radiology*, 54(2), 140–148.  
<https://doi.org/10.1093/dmfr/twae053>

Pauwels, R., Jacobs, R., Singer, S. R., & Mupparapu, M. (2015). CBCT-based bone quality assessment: Are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140238. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140238>

Santinha, J., Pinto dos Santos, D., Laqua, F., Visser, J. J., Groot Lipman, K. B. W., Dietzel, M., ... D'Antonoli, T. A. (2025). ESR Essentials: Radiomics—practice recommendations by the European Society of Medical Imaging Informatics. *European Radiology*, 35(3), 1122–1132. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11093-9>

Sathish, S. (2026). Sivan Unit (SU) for standardization of voxel intensity in CBCT: A multi-vendor, multi-centric validation study. *Physica Medica*, 148, 105868. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2026.105868>

Sha, X., Wang, C., Qi, S., Yuan, X., Zhang, H., & Yang, J. (2024). The efficacy of CBCT-based radiomics techniques in differentiating between conventional and unicystic ameloblastoma. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 138(5), 656–665. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2024.06.010>

Sha, X., Wang, C., Sun, J., Qi, S., Yuan, X., Zhang, H., & Yang, J. (2025). CBCT radiomics features combine machine learning to diagnose cystic lesions in the jaw. *Dentomaxillofacial Radiology*, 54(5), 381–388. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twaf024>

Song, Y., Ma, S., Mao, B., Xu, K., Liu, Y., Ma, J., & Jia, J. (2024). Application of machine learning in the preoperative radiomic diagnosis of ameloblastoma and odontogenic keratocyst based on cone-beam CT. *Dentomaxillofacial*

*Radiology*, 53(5), 316–324.  
<https://doi.org/10.1093/dmfr/twae016>

- Traverso, A., Wee, L., Dekker, A., & Gillies, R. (2018). Repeatability and reproducibility of radiomic features: A systematic review. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, 102(4), 1143–1158. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2018.05.053>
- Trojani, V., Bassi, M. C., Verzellesi, L., & Bertolini, M. (2024). Impact of preprocessing parameters in medical imaging-based radiomic studies: A systematic review. *Cancers*, 16(15), 2668. <https://doi.org/10.3390/cancers16152668>
- Wang, H., Zhou, Y., Wang, X., Zhang, Y., Ma, C., Liu, B., ... Nie, K. (2021). Reproducibility and repeatability of CBCT-derived radiomics features. *Frontiers in Oncology*, 11, 773512. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.773512>
- Xue, C., Yuan, J., Lo, G. G., Chang, A. T. Y., Poon, D. M. C., Wong, O. L., ... Chu, W. C. W. (2021). Radiomics feature reliability assessed by intraclass correlation coefficient: A systematic review. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 11(10), 4431–4460. <https://doi.org/10.21037/qims-21-86>
- Zwanenburg, A., Vallières, M., Abdalah, M. A., Aerts, H. J. W. L., Andrearczyk, V., Apte, A., ... Löck, S. (2020). The Image Biomarker Standardization Initiative: Standardized quantitative radiomics for high-throughput image-based phenotyping. *Radiology*, 295(2), 328–338. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020191145>

# **ORAL KANSER VE ORAL POTANSİYEL MALİGN BOZUKLUKLARDA NON-İNVAZİV VE MİNİMAL İNVAZİV YARDIMCI TANI YÖNTEMLERİ: GÜNCEL KANITLAR VE KLİNİK KULLANIM**

**Berfin İrem NERGİZ<sup>1</sup>**

**Ceyda Gizem TOPAL<sup>2</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Oral skuamöz hücreli karsinom (oral squamous cell carcinoma, OSCC) ağız içinde en sık görülen malignitedir (Chi, Day, & Neville, 2015; Warnakulasuriya & Kerr, 2021). OSCC'nin önemli bir kısmı oral potansiyel malign bozukluklar (oral potentially malignant disorders, OPMD) zemininde gelişir (Warnakulasuriya, Johnson, & van der Waal, 2007). Oral mukoza doğrudan muayeneye açık olmasına karşın hastaların yaklaşık yarısı ileri evrede (evre III–IV) tanı almaktadır (Scilla et al., 2026; Tortolero et al., 2026). Beş yıllık sağkalım genel olarak %50–60 aralığında bildirilmekte; 505 hastalık bir Brezilya kohortunda bu oran evre I–II'de %74,0 iken evre III–IV'te %36,2'ye inmektedir (González-Moles, Aguilar-Ruiz, & Ramos-García, 2022; Kijowska, Grzegorzczak, Gliwa, Jędras, & Sitarz, 2024). Oral kanser çoğu zaman görülebilen bir premalign evreden geçtiği için erken tanı, morbiditeyi ve

---

<sup>1</sup> Arş. Gör. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0008-8856-9301

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-7401-418X

mortaliteyi azaltma fırsatı sunar (Warnakulasuriya et al., 2007; Warnakulasuriya & Kerr, 2021).

Kesin tanıda referans standart, biyopsiyle alınan dokunun histopatolojik incelemesidir (Bhosale, Martins-Pfeifer, et al., 2026). Ancak biyopsinin üç önemli sınırlılığı vardır. Birincisi, invaziv ve ağırlı bir işlemdir ve histolojik tanı zaman alır (Walsh, Macey, et al., 2021). İkincisi, alınan doku lezyonun tamamını temsil etmeyebilir. İnsizyonel biyopsi ile rezeksiyon tanısını karşılaştıran bir çalışmada iki tanı arasındaki uyum %88,9 bulunmuş, uyumsuzlukların %60'ı örnekleme hatasına bağlanmıştır (Chen, Forman, Sadow, & August, 2016). Üçüncüsü, displazi derecelendirmesi patologlar arasında farklılık gösterir (Gopinath, On, Veetil, & Tilakaratne, 2025).

Yardımcı tanı yöntemleri bu sınırlılıkları azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntemler dört klinik soruya yardımcı olmayı hedefler: Hangi lezyon biyopsiye gitmeli (triyaj) (Marczuk et al., 2026)? Biyopsi lezyonun neresinden alınmalı (Marczuk et al., 2026)? Takipteki lezyonda değişim var mı (Marczuk et al., 2026)? Biyopsi yapılamıyorsa ara adım olarak ne yapılabilir (Lingen et al., 2017; Urquhart, Bhosale, et al., 2026)?

Bir yöntemi değerlendirmeden önce hangi klinik senaryoda kullanılacağı netleşmelidir. *Tarama* (screening), yakınması olmayan, seçilmemiş bir popülasyona sistematik olarak test uygulanmasıdır (Warnakulasuriya & Kerr, 2021); bu popülasyonda hastalık prevalansı çok düşüktür. *Olgu bulma* (case finding), anormal bulgu veya yakınmayla başvuran hastada tanıya yönelik test yapılmasıdır (Warnakulasuriya & Kerr, 2021). *Takip* (surveillance) ise tanısı konmuş bir OPMD'nin izlenmesidir; burada aranan lezyonun varlığı değil, değişimidir.

Taramaya ilişkin kanıt da bu ayrımı yansıtır. Cochrane derlemesi genel popülasyon taramasını destekleyen yüksek kesinlikte kanıt bulmamıştır (Walsh, Warnakulasuriya, et al., 2021). Buna karşılık yüksek riskli bireylerde görsel muayeneyle yapılan tarama yarar göstermiştir. Kerala'daki küme randomize çalışmada tüm katılımcılarda oral kanser mortalitesindeki %12'lik azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış, tütün ve/veya alkol kullanıcılarında azalma %24 olarak bildirilmiştir; dört tarama turunun tamamına katılan risk grubunda ise azalma %81'dir ve bu değer katılıma dayalı bir alt grup sonucudur (Sankaranarayanan et al., 2013). Tayvan'daki ulusal programda da yüksek riskli bireylerde ileri evre oral kanser ve mortalite riski azalmıştır (Chuang et al., 2017). Bu yararlar bir yardımcı cihazla değil, yüksek riskli gruplarda görsel muayeneyle elde edilmiştir. Bu nedenle doğru soru "Bu yöntem işe yarıyor mu?" değil, "Hangi hastada, hangi senaryoda ve hangi kararı değiştirmek için?" sorusudur.

## **2. METODOLOJİK ZEMİN: TANISAL DOĞRULUK ÇALIŞMALARI NASIL OKUNMALI?**

### **2.1. Duyarlılık, Özgüllük ve Kestirim Değerleri**

Duyarlılık (sensitivity), hastalığı olanların ne kadarının test-pozitif bulunduğunu; özgüllük (specificity) ise hastalığı olmayanların ne kadarının test-negatif bulunduğunu gösterir (Cohen et al., 2016). Bir makalede bu iki değeri okurken ilk soru "Hangi hastalarda ölçüldü?" olmalıdır. Çünkü bu değerler testin sabit özellikleri değildir. 23 meta-analizi inceleyen bir çalışmada, aynı derleme içinde prevalans değiştikçe duyarlılık veya özgüllükte 0–40 yüzde puanlık değişimler görülmüş; özgüllük yüksek prevalansta daha düşük olma eğiliminde

bulunmuştur (Leefflang, Rutjes, Reitsma, Hooft, & Bossuyt, 2013).

Klinisyeni asıl ilgilendiren soru ise farklıdır: *"Test pozitif çıktı; bu hastada hastalık olasılığı nedir?"* Bu sorunun yanıtını pozitif kestirim değeri (positive predictive value, PPV) verir. Negatif sonucun ne kadar güven verdiğini ise negatif kestirim değeri (negative predictive value, NPV) gösterir.

Duyarlılığı %95, özgüllüğü %80 olan bir testi iki farklı ortamda 10.000'er kişiye uygulayalım. Prevalansın %0,5 olduğu toplum taramasında 50 hastanın 47,5'i yakalanır; ancak 9.950 sağlıklı kişinin 1.990'ı da yanlış pozitif çıkar. PPV yalnızca  $47,5/2.037,5$ , yani yaklaşık %2,3'tür: test-pozitif her 100 kişiden yalnızca 2'si gerçekten hastadır. Prevalansın %30 olduğu referans kliniğinde ise 2.850 hasta yakalanır ve 1.400 kişi yanlış pozitif çıkar. PPV bu kez yaklaşık %67'dir ( $2.850/4.250$ ).

Test aynı testtir; değişen hasta popülasyonudur. Bu örnekten iki pratik sonuç çıkar. Birincisi, düşük prevalansta sınırlı özgüllük pozitif sonuçların çoğunu yanlış alarma dönüştürür; bu da gereksiz sevk ve biyopsi demektir. İkincisi, bir makalede bildirilen PPV ve NPV yalnızca o çalışmanın prevalansında geçerlidir. Bu durum bir yanlışlık değil, olasılık hesabının doğal sonucudur. Ancak PPV'yi yeni prevalansa göre yeniden hesaplamak da farkı yalnızca kısmen düzeltir; çünkü duyarlılık ve özgüllüğün kendisi de ortama göre değişir (Usher-Smith, Sharp, & Griffin, 2016).

## **2.2. Referans Standart, Doğrulama ve Spektrum Etkisi**

Bir tanısal doğruluk çalışmasında her katılımcının sonucu referans standartla karşılaştırılmalıdır. Oral lezyonlarda bu standart histopatolojidir. Oysa birçok çalışmada yalnızca test-pozitif ya da klinik olarak şüpheli lezyonlar biyopsiye gönderilir; test-negatif bireylerin doğrulanması her çalışmada

yapılmamıştır (Walsh, Macey, et al., 2021). Katılımcıların yalnızca bir kısmının doğrulanmasına *kısmi doğrulama* (partial verification), gruplara farklı referans standart uygulanmasına ise *farklı doğrulama* (differential verification) denir (Lijmer et al., 1999; Whiting et al., 2011). QUADAS-2 bu sorunları "akış ve zamanlama" alanında değerlendirir (Whiting et al., 2011). Bu durumda kaçırılan hastalık görünmez kalır.

Referans standardın kendisi de kusursuz değildir. 46 patoloğun değerlendirmelerini birleştiren bir meta-analizde displazi derecelendirmesinde uyum WHO sisteminde  $\kappa = 0,14$ , ikili sistemde  $\kappa = 0,31$  bulunmuştur (Gopinath et al., 2025). Dolayısıyla bir yardımcı test ile histopatoloji arasındaki uyumsuzluk her zaman testin hatası değildir.

*Spektrum etkisi* (spectrum effect; spektrum yanlılığı olarak da anılır), duyarlılık, özgüllük ve olabilirlik oranlarının hasta spektrumuna ve ortama göre değişmesidir. Bir test geliştirildiği ortamdan farklı bir ortama taşındığında duyarlılığı ve özgüllüğü değişebilir; aynı test birinci ve ikinci basamakta farklı performans gösterir (Usher-Smith et al., 2016). Nedeni sezgiseldir: İnvaziv karsinomu normal mukozadan ayırmak kolay, hafif displaziyi friksiyonel keratozdan ayırmak zordur. Olgu–kontrol tasarımı bu etkinin en belirgin biçimidir. Hastane olgularını toplumdan seçilen sağlıklı kontrollerle karşılaştırmak duyarlılığı ve özgüllüğü birlikte şişirir (Lijmer et al., 1999). Okuyucu her çalışmada "Test hangi lezyonları hangi lezyonlardan ayırdı?" diye sormalıdır.

### **2.3. Olabilirlik Oranları: Test Sonucu Hastalık Olasılığını Ne Kadar Değiştirir?**

Duyarlılık ve özgüllük testin kendi özelliklerini anlatır (Deeks & Altman, 2004). Klinisyenin sorusu ise şudur: "*Test sonucu pozitif (ya da negatif) geldi; bu sonuç hastalığı düşünme olasılığımı ne kadar değiştiriyor?*" (Deeks & Altman, 2004).

Olabilirlik oranları (likelihood ratios, LR) bu soruyu yanıtlar (Deeks & Altman, 2004). LR+, pozitif sonucun hastalarda sağlıklı bireylere göre kaç kat daha sık görüldüğünü gösterir:  $LR+ = \text{duyarlılık} / (1 - \text{özellik})$ . LR- ise negatif sonucun hastalarda sağlıklı bireylere göre ne sıklıkta görüldüğünü gösterir:  $LR- = (1 - \text{duyarlılık}) / \text{özellik}$  (Deeks & Altman, 2004; Usher-Smith et al., 2016). LR+ büyüdükçe pozitif sonuç hastalık olasılığını daha çok artırır, LR- sıfıra yaklaştıkça negatif sonuç hastalığı daha güvenle dışlar; 1'e yakın LR ise olasılığı neredeyse hiç değiştirmez.  $LR+ > 10$  ve  $LR- < 0,1$  karar açısından güçlü kabul edilir (Deeks & Altman, 2004).

LR, hastanın test öncesi olasılığına uygulanır. 2.1'deki örnekte LR+ 4,75, LR- yaklaşık 0,06'dır. Test öncesi olasılığı %30 olan hastada pozitif sonuç olasılığı yaklaşık %67'ye çıkarır, negatif sonuç ise %2,6'ya indirir. Test öncesi olasılığı %0,5 olan bireyde ise aynı pozitif sonuç olasılığı ancak %2,3'e taşır. Yani LR aynı kalsa da sonucun klinik anlamı başlangıçtaki olasılığa bağlıdır.

ADA kanıt özetinde ışık temelli yöntemler için bildirilen duyarlılık (0,86–0,91) ilk bakışta yüksektir. Ancak özellik 0,26–0,56 olduğundan hesaplanan LR+ yalnızca yaklaşık 1,2–2,1'dir (Urquhart, Verdugo-Paiva, et al., 2026). Dolayısıyla pozitif bir ışık testi hastalık olasılığını çok az artırır. Yüksek duyarlılık tek başına iyi bir test anlamına gelmez.

#### **2.4. ROC Eğrisi ve AUC: Ayırt Etme Gücü Klinik Yarar Değildir**

ROC (receiver operating characteristic) eğrisi, testin eşliği değiştirildiğinde duyarlılık ile  $(1 - \text{özellik})$  arasındaki ilişkinin nasıl değiştiğini gösterir. Eğri altında kalan alan (area under the curve, AUC), rastgele seçilen bir hastanın, rastgele seçilen hasta olmayan bir bireyden daha yüksek skor alma olasılığıdır (Usher-Smith et al., 2016). AUC genel ayırt etme

gücünü tek sayıda özetler; bu yüzden klinikte kullanılacak eşikteki performansı, PPV'yi ve kalibrasyonu göstermez. Yüksek AUC tek başına klinik yarar anlamına gelmez.

## **2.5. Tarama ile Triyaj Ayrımı ve Raporlama Standartları**

"Bu kişide hastalık var mı?" bir tarama sorusudur. "Bu görünür lezyon biyopsi gerektiriyor mu?" ise bir triyaj sorusudur. ADA kılavuzları bu iki soruya ayrı öneriler vermiştir (Bhosale, Martins-Pfeifer, et al., 2026). Lezyonlu hastalardan elde edilen triyaj verisi tarama sorusuna yanıt vermez. Yardımcı yöntemler iyi yapılmış bir konvansiyonel oral muayeneyle kıyaslanmalıdır; klinik olarak belirgin lezyonlarda bu muayenenin displazi ve/veya malignite için duyarlılığı %71, özgüllüğü %85 bulunmuştur (Essat et al., 2022).

Raporlama kılavuzları okur için pratik bir kontrol listesidir: STARD 2015 tanısal doğruluk çalışmaları için 30 madde tanımlar (Bossuyt et al., 2015); görüntülemeye yapay zekâ için CLAIM 2024'te güncellenmiş (Tejani et al., 2024), STARD-AI ise veri seti ve algoritmik yanlılıkla ilgili 18 yeni ya da değiştirilmiş madde eklemiştir (Sounderajah et al., 2025).

## **3. VİTAL BOYAMA**

### **3.1. Toluidin Mavisi**

Toluidin mavisi nükleik asitlere afinite gösteren metakromatik bir boyadır. Hücre bölünmesi ve nükleik asit içeriği artmış displastik ve malign epitelde daha fazla tutulduğu kabul edilir (Kim, Kim, & Hwang, 2022; Singh et al., 2020). Klinisyen boyama ve yıkama sonrasında koyu mavi kalan alanlara bakar; bu alanlar şüpheli kabul edilir (Gurhan, İlhan, Gurses, Bolukbasi, & Guneri, 2025; Madhura et al., 2020). Ancak boya lezyona özgü değildir; travmatik, inflamatuvar veya

prekanseroz her tür mukozal ülserasyon boyayı bağlayabilir (yanlış pozitif) (Abati, Bramati, Bondi, Lissoni, & Trimarchi, 2020; Kim, Song, Kim, & Hwang, 2021); kalın hiperkeratotik lezyonlar ise boyayı tutmayabilir (yanlış negatif) (Gurhan et al., 2025). Yorum da uygulayıcıya bağlıdır (Abati et al., 2020).

ADA yaşayan sistematik derlemesinde lezyonlu yetişkinlerde 35 çalışma ve 2.770 lezyon havuzlanmıştır. Duyarlılık 0,86, özgüllük 0,69 bulunmuş, ancak kanıt kesinliği çok düşük olarak derecelendirilmiştir. Lezyonu olmayan bireylerdeki tek çalışmada oral kanser insidansına etki çok belirsizdir (Bhosale, Verdugo-Paiva, et al., 2026). Bu bulgular, vital boyama başlığı altında 20 çalışmayı kapsayan önceki Cochrane derlemesinin sonuçlarıyla (duyarlılık 0,86, özgüllük 0,68) tutarlıdır (Walsh, Macey, et al., 2021). Özgüllüğün 0,69 olması, displazi veya karsinom içermeyen her 100 lezyonun yaklaşık 31'inde boyanın yanlış pozitif sonuç vereceği anlamına gelir. ADA paneli bu nedenle vital boyamanın lezyonu olan ve olmayan yetişkinlerde kullanılmamasını önermiştir (koşullu öneri, çok düşük kesinlik) (Martins-Pfeifer et al., 2026). Toluidin mavisinin savunulabilir kullanım alanı, geniş bir lezyonda biyopsi bölgesinin seçilmesidir (Gurhan et al., 2025).

### **3.2. Lugol İyodin**

Lugol solüsyonu normal epitelin glikojeniyle kahverengi renk verir. Glikojeni azalmış displastik epitel ise boyanmaz ve "iyot-negatif" alan olarak görülür (Petruzzi, Lucchese, Baldoni, Grassi, & Serpico, 2010). Toluidin mavisinin tersine burada şüpheli bulgu boyanmayan alandır (Sharma, Konidena, & Sharma, 2021). Bu nedenle Lugol'ün oral mukozadaki değeri daha çok lezyon sınırlarını belirlemektir (Yumnam et al., 2025). Oral lökoplakide metilen mavisini ile Lugol kombinasyonu için tüm doğruluk ölçütlerinde (duyarlılık, özgüllük, PPV, NPV) %100 bildirilmiştir (Sharma et al., 2021). Ancak 50 lezyonun

47'si displastiktir ve özgüllük yalnızca üç lezyona dayanır. Bu kadar yüksek prevalanslı bir örneklemede kusursuz sonuç, spektrum etkisinin öğretici bir örneğidir ve genel pratiğe aktarılamaz.

#### **4. DOKU OTOFLORESANSI**

Otofloresans görüntülemeye oral mukoza mavi-mor ışıkla uyarılır (De Veld, Witjes, Sterenborg, & Roodenburg, 2005; Giovannacci et al., 2019). Sağlıklı mukoza, dokudaki doğal floroforlar nedeniyle yeşil floresans yayar (Giovannacci et al., 2019; Lane et al., 2006; Skala et al., 2007). Klinisyen özel bir filtreyle bakar ve bu yeşil ışımının kaybolduğu koyu alanları arar (Farah, McIntosh, Georgiou, & McCullough, 2012; Tiwari, Kujan, & Farah, 2020). Otofloresans kaybı tek bir olayın sonucu değildir. Stromal kollajen yıkımı, floroforları etkileyen metabolik değişiklikler ve artmış vaskülaritede hemoglobinin ışığı soğurması birlikte rol oynar (Deng, Wang, Shi, & Zhou, 2022; Morikawa, Shibahara, Nomura, Katakura, & Takano, 2020; Pavlova, Williams, El-Naggar, Richards-Kortum, & Gillenwater, 2008). Aynı değişiklikler inflamatuvar ve hiperkeratotik lezyonlarda da görülür (Morikawa et al., 2020; Pavlova et al., 2008). Bu nedenle koyu alan hastalığa özgü bir "imza" değil, yalnızca doku değişikliğinin işaretidir (X. Li, Lee, Kim, & Kim, 2026).

GOCLES ve OralID'yi inceleyen kapsam derlemesinde iki cihazdan hiçbiri yüksek duyarlılık ve özgüllüğe tutarlı biçimde birlikte ulaşamamıştır (Yousaf, Ali, Waris, & Ali, 2026). GOCLES'in duyarlılığı 25 hastada 41 biyopsi üzerinden yapılan retrospektif bir çalışmada %66, özgüllüğü %48 (Lajolo et al., 2022); 32 hastalık kesitsel bir çalışmada ise %33,3 ve %40 bulunmuştur (Martín-Muñoz et al., 2025). İkinci çalışmada lezyonların yaklaşık yarısı likenoid hastalıktı ve yalnızca bir

OSCC vardı. Biyopsi bölgesini aynı klinisyenin seçmesi ise yazarların da belirttiği gibi incorporation bias (dahil etme yanlılığı) riski taşır. ADA derlemesinde de ışık temelli yöntemlerin özgüllüğü düşük bulunmuş; etki çalışması ve lezyonsuz bireylerde çalışma bulunamamıştır (Urquhart, Verdugo-Paiva, et al., 2026). Yani otofloresans kaybı, özellikle inflamatuvar lezyonlarda, sık yanlış alarm üretir.

Otofloresansın daha umut verici rolü tanıdan çok risk sınıflamasıdır. Oral lökoplakili 184 hastanın medyan 89 ay izlendiği prospektif bir kohortta kantitatif otofloresans indeksi medyan değerin üzerinde olanlarda malign transformasyon %24,7, altında olanlarda %7,7 bulunmuş ve indeks bağımsız öngörücü olmuştur (C. Li et al., 2026). Ancak kantitatif otofloresans; yöntembilimsel heterojenlik, standart protokol eksikliği ve yetersiz klinik validasyonla sınırlıdır (X. Li et al., 2026). Otofloresans bugün biyopsi gereksinimini belirleyen bir test değildir; takipte risk sınıflamasına katkısı ise dış validasyon beklemektedir.

## **5. KEMİLÜMİNESANS**

Kemilüminesans sistemlerinde (örneğin ViziLite) muayene, kimyasal olarak üretilen mavi-beyaz ışık altında yapılır (Liu, Zhao, Zeng, Dan, & Chen, 2016). Değerlendirilen şey floresans değil, doku yansımasıdır (tissue reflectance) (Tatehara & Satomura, 2020). Klinisyen normal mukozadan daha parlak ve beyaz görünen alanları şüpheli kabul eder (Nagi, Reddy-Kantharaj, Rakesh, Janardhan-Reddy, & Sahu, 2016). Güncel bir sistematik derlemede kemilüminesansın duyarlılığı otofloresansla benzer ya da daha düşük, özgüllüğü zayıf bulunmuştur (Paliga et al., 2026). Umbrella derleme kemilüminesansı bir tanı aracı olarak değil, yalnızca muayeneye yardımcı olarak değerlendirmiştir (Lau et al., 2024). ADA

kılavuzu da ışık temelli yöntemlerin kullanılmasına karşı koşullu bir öneri vermiştir (Bhosale, Martins-Pfeifer, et al., 2026). Kemilüminesans bu nedenle görsel muayeneye bir şey katsa bile, bugün biyopsi kararını belirleyecek güçte değildir.

## **6. OPTİK KOHERENS TOMOGRAFİ**

Optik koherens tomografi (optical coherence tomography, OCT), yakın kızılötesi ışığın dokudan geri saçılmasını ölçerek mikrometre çözünürlüğünde, gerçek zamanlı kesitsel görüntüler üretir (Fujimoto, 2003; Olsen, Holmes, & Jemec, 2018; Sattler, Kästle, & Welzel, 2013). Klinisyen bu kesitte epitel kalınlığına, epitel tabakalarının düzenine, bazal membranın bütünlüğüne ve epitel altındaki dokunun yansıtıcılığına bakar (Jerjes, Hamdoon, Rashed, & Hopper, 2026). Bu yapılar önemlidir; çünkü displazi epitel düzenini bozar, invaziv karsinomun tanımı ise bazal membranın aşılmasıdır. OCT'nin temel sorusu bu nedenle "Epitel düzeni korunmuş mu ve bazal membran sağlam mı?" sorusudur.

Prospektif bir çalışmada 68 OSCC lezyonu ve 30 komşu mukoza örneği ameliyat öncesi görüntülenmiş, invaziv OSCC için duyarlılık %98,5, özgüllük %96,7 bulunmuştur. Performans dil ve ağız tabanında en yüksek, posterior ve keratinize bölgelerde daha düşüktür (Jerjes et al., 2026). Karşılaştırma invaziv karsinom ile normal mukoza arasındadır. Klinik olarak asıl zor olan hafif displazi ile reaktif keratoz ayırımıdır ve bu tasarım o soruyu yanıtlamaz. İnflamatuvar hastalıklarda ise yorum güçleşebilir. Örneğin oral liken planuslu sekiz hastada ex vivo OCT ile bazal membranın yorumlanması güçleşmiştir (Gambino et al., 2025). Klinik açıdan OCT bugün tarama aracı değil; uzman merkezde değerlendirme, sınır planlaması (Jerjes, Stevenson, Ramsay, & Hamdoon, 2024) ve takip için umut vadeden bir yöntemdir (Marczuk et al., 2026).

## **7. DİĞER OPTİK YÖNTEMLER**

Dar bant görüntüleme (narrow-band imaging, NBI), hemoglobinin soğurduğu dar mavi-yeşil ışık bantlarını kullanarak yüzeydeki damar ağını, özellikle intraepitelyal papiller kapiller ilmekleri (IPCL) belirginleştirir (Gono et al., 2003; Vu & Farah, 2016). Klinisyen bu ilmeklerin şekline bakar: displazi ve karsinomda ilmekler genişler, kıvrımlaşır ve düzensizleşir (Xu et al., 2025). On çalışma ve 1.374 hastayı içeren meta-analizde yüksek dereceli displazi ve ileri kanser için IPCL derece 3–4 ölçütüyle özgüllük 0,941, SROC AUC 0,905 bulunmuştur (Kim, Kim, Lee, & Hwang, 2021). Yüksek özgüllük, belirgin IPCL değişikliklerinin yüksek dereceli displazi ve ileri kanser dışındaki lezyonlarda nadir görüldüğü anlamına gelir. Başka bir meta-analiz de görüntüleme yöntemlerinin genel olarak OSCC'de displastik OPMD'ye göre daha yüksek doğruluk gösterdiğini düşündürmektedir (Mendonca et al., 2022). Yani NBI en güvenilir bilgiyi zaten ileri olan lezyonlarda verir. Endoskopik ekipman ve deneyim gerektirdiğinden doğal yeri uzman merkezde değerlendirme ve biyopsi bölgesi seçimidir.

Reflektans konfokal mikroskopi (reflectance confocal microscopy, RCM) yüzeyel epitel katmanlarında hücre düzeyinde görüntü sağlar (Zanoni et al., 2024). Klinisyen doğrudan hücre ve çekirdek düzensizliğine bakar (Zanoni et al., 2024). Prospektif, çift kör bir çalışmada 60 hastada görüntülenen her alan aynı yerden alınan punch biyopsiyle doğrulanmış; RCM tümörde %90 duyarlılık, normal dokuda %98,3 özgüllük göstermiştir (Zanoni et al., 2024). Tasarım güçlüdür; ancak görüntüleme derinliği yüzeyeldir ve karşılaştırma karsinom ile normal mukoza arasındadır. Bu nedenle sonuçlar tanı konmamış lezyonların ayırıcı tanısına doğrudan aktarılamaz. Yazarların vurguladığı gerçekçi rol,

ameliyat sırasında mukozal cerrahi sınırın değerlendirilmesidir (Zanoni et al., 2024).

Raman ve FTIR spektroskopisi dokudaki moleküler bağların ışıkla etkileşimini ölçer ve her doku için bir "spektral parmak izi" oluşturur. Oral malign ve potansiyel malign lezyonları kapsayan bir meta-analizde (12 çalışma; 8 Raman, 4 FTIR) bu yöntemler için 0,99 duyarlılık ve 0,94 özgüllük bildirilmiştir. Ancak yazarlar, klinik kanıtların henüz yetersiz olduğunu ama yüksek potansiyel taşıdıklarını belirtmiştir (Shrivastava et al., 2023). Bu değerler iki nedenle olduğundan yüksek görünebilir. Analiz birimi çoğu zaman hasta değil spektrumdur; aynı hastadan alınan çok sayıda ölçüm başarıyla şifirebilir. Karşılaştırma da çoğunlukla karsinom ile normal doku arasındadır. Hiperspektral görüntüleme için bildirilen %100 doğruluk ise klinik lezyonlarda tanıya değil, histopatolojik kesitlerde evrelemeye aittir; bu tür kusursuz sonuçlar aşırı öğrenme (overfitting) açısından uyarı işaretidir (Zhang et al., 2025). Spektroskopik yöntemler bugün için klinik kullanımdan çok araştırma aşamasındadır.

## **8. ULTRASONOGRAFİ**

Optik yöntemler yüzeyi (Jerjes et al., 2026), ultrasonografi (USG) ise derinliği görür. İntraoral yüksek frekanslı USG'nin bu bağlamdaki temel görevi malignite tanısı koymak değildir. Asıl görevi, tanısı konmuş ya da güçlü biçimde şüphelenilen tümörün invazyon derinliğini (depth of invasion, DOI) ölçmektir. DOI, komşu normal mukozanın bazal membran düzeyinden tümörün en derin noktasına kadar olan mesafedir (Lydiatt et al., 2017). Bu ölçüm klinik kararı doğrudan etkiler; çünkü AJCC 8. baskı DOI'yi oral kanserde T kategorisinin belirleyicilerinden biri yapmıştır (Amin et al., 2017). Otuz hastalık prospektif bir çalışmada DOI'nin 10 mm'yi aşması

artmış nodal metastaz riskiyle ilişkili bulunmuştur (Das et al., 2026). Dolayısıyla ameliyat öncesi doğru DOI ölçümü, evreleme ve boyun yönetimi kararına bilgi sağlar.

On iki çalışmalık bir sistematik derlemede, USG'yi değerlendiren üç çalışmada ortalama duyarlılık %91–93 bulunmuş ve küçük lezyonlarda avantajlı olduğu bildirilmiştir (Marcello Scotti, Stuepp, Leonardi Dutra-Horstmann, Modolo, & Cavalcanti, 2022). Kırk dil kanseri hastasında USG'nin histopatolojik DOI'den ortalama farkı –0,5 mm, MRG'ninki ise 3,9 mm'dir (Nilsson, Knutsson, Landström, Magnuson, & von Beckerath, 2022). Bu veriler USG'nin özellikle yüzeysel tümörlerde milimetrik ölçüme uygun olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık retrospektif ve keşifsel bir çalışmada USG'nin yaklaşık 10 mm'yi aşan tümörlerde derinliği düşük tahmin etme eğiliminde olduğu görülmüştür (Hijioka & Tabata, 2026). Klinik mesaj açıktır: USG biyopsinin alternatifi değil, tanı konduktan sonra tedavi planlamasının tamamlayıcısıdır.

## **9. HÜCRESEL VE MOLEKÜLER NON-İNVAZİF YÖNTEMLER**

Bu alanda biyobelirteç keşfi ile klinik olarak doğrulanmış test ayrılmalıdır. Keşif, hastalar ile sağlıklı kontroller arasında fark bulunmasıdır (Srivastava & Wagner, 2020). Doğrulanmış test ise önceden belirlenmiş eşikle (Pepe, Feng, Janes, Bossuyt, & Potter, 2008) klinik olarak benzer lezyonlarda ve bağımsız kohortlarda performansı gösterilmiş testtir (Srivastava & Wagner, 2020).

**Fırça biyopsisi ve sitoloji.** Fırça ile lezyon yüzeyinden hücre toplanır ve hücreler mikroskopta atipi açısından değerlendirilir (Babshet, Nandimath, Pervatkar, & Naikmasur, 2011). Sitolojide doku mimarisi değerlendirilemez; yalnızca

hücresel özellikler görülür. Nitekim yalnızca mimari bozuklukla giden diferansiye displazi olgularında sitoloji normal mukoza olarak raporlanabilmektedir (Becker, Holm, Liese, Engel, & Zimpfer, 2024). ADA yaşayan derlemesinde lezyonlu yetişkinlerde 35 çalışma ve 7.038 lezyonda duyarlılık ve özgüllük 0,89 bulunmuş, ancak kanıt kesinliği yanlışlık riski ve dolaylılık nedeniyle düşük olarak derecelendirilmiştir (Verdugo-Paiva et al., 2026). Bu olumlu değerlere karşın ADA paneli sitolojiye karşı koşullu öneri vermiş ve kullanımını biyopsinin mümkün olmadığı veya endike olmadığı özel durumlara ayırmıştır (Urquhart, Bhosale, et al., 2026).

**DNA-ploidi.** Ploidi analizi hücre çekirdeğindeki DNA miktarını ölçer (Haroske, Giroud, Reith, & Böcking, 1998; Haroske et al., 2001). Anöploidi, yani normal dışı DNA içeriği, genomik instabilitenin bir göstergesidir (Rajagopalan & Lengauer, 2004; Torres-Rendon, Stewart, Craig, Wells, & Speight, 2009). Prospektif bir çalışmada ploidi lokalize lökoplakide displaziye ek öngörü sağlamış, proliferatif verrüköz lökoplakide ise öngörücü olmamıştır (Pentenero et al., 2023). Prognostik öngörü ile mevcut lezyonda tanısal doğruluk birbirinden ayrı sorulardır. Prognostik açıdan anöploidi, lökoplakide malign transformasyonla güçlü biçimde ilişkilidir; bir meta-analizde anöploid lezyonlarda malign dönüşüm için hazard oranı diploid lezyonlara göre 14,10 olarak bildirilmiştir (Thakkar, Mane, & Angadi, 2025). Buna karşılık mevcut lezyonda displazi ya da karsinom tanısı koyma açısından performans düşüktür; tanısal doğruluğu inceleyen bir meta-analizde özgüllük 0,31 ve AUC 0,49 bildirilmiştir (Kar et al., 2025) ve 0,49 rastgele tahmin düzeyine karşılık gelir. Düşük tanısal doğruluk prognostik ilişkiyle çelişmez; ploidi bugün için tanısal bir testten çok risk sınıflamasına adaydır.

**Tükürük likit biyopsisi.** Tükürük hücre dışı RNA, hücre dışı DNA (cell-free DNA, cfDNA), epigenetik işaretler,

proteinler ve metabolitler taşır (Choi et al., 2026). Bu yaklaşımda ölçülen şey lezyonun kendisi değil, lezyondan tükürüğe geçen moleküler izlerdir. Tükürük mikroRNA'sı (miRNA) için %91 duyarlılık ve özgüllük bildirilmiştir (Shaw et al., 2022). Ancak bu çalışmalar çoğunlukla OSCC hastalarını sağlıklı bireylerle karşılaştırır. Dolayısıyla bu değerler kanseri sağlıklı ağızdan ayırma gücünü yansıtır; klinikte asıl zor olan lökoplaki ile reaktif lezyon ayırımını yanıtlamaz. Cochrane derlemesi de biyobelirteç çalışmalarını olgu–kontrol tasarımları nedeniyle dışlamıştır (Walsh, Macey, et al., 2021).

Daha gerçekçi bir kullanım alanı takiptir. Otuz hastalık bir çalışmada rezeksiyon sonrası tükürük cfDNA metilasyonunun kalıcı olması yakın veya pozitif cerrahi sınırla ilişkili bulunmuştur (Saidak et al., 2025). Tükürük biyobelirteçleri bugün doğrulanmış bir tanısal test değil, bir araştırma alanıdır.

**Tablo 1. Oral Mukozal Lezyonlarda Yardımcı Tanı Yöntemlerinin Seçilmiş Tanısal Performans Verileri**

| Yöntem                                        | Çalışma tipi / n                                        | Duyarlılık (%)        | Özgüllük (%)    | Popülasyon, standart ve klinik amaç                                                  | referans                          | Kaynak                                           |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Toluidin mavisi                               | Yaşayan SD/MA; 35 çalışma, 2.770 lezyon                 | 86 (80–90)            | 69 (60–76)      | Lezyonlu histopatoloji; gereksinimi (triya); düşük kesinlik                          | yetişkinler; biyopsi (triya); çok | Bhosale, Verdugo-Paiva, et al. (2026)            |
| Lugol (kemilüminesans ile birlikte)           | Randomize tanısal çalışma; n = 84 (iki kol)             | 91,7                  | 66,7            | Tütünlü ilişkili lezyonlar; histopatoloji; Lugol için ağız boşluğuna özgü bulunamadı | lezyonlar; MA                     | Swathi, Maragathavalli, & Uma Maheswari (2021)   |
| Doku otofloresansı ve doku yansıması          | Yaşayan SD/MA; 36 çalışma                               | 86–91                 | 26–56           | Lezyonlu histopatoloji; düşük kesinlik; lezyonsuz bireylerde veri yok                | yetişkinler; düşük–çok            | Urquhart, Verdugo-Paiva, et al. (2026)           |
| Otofloresans (GOCCLES)                        | Kesitsel, n = 32 / retrospektif, 42 biyopsi (41 analiz) | 33,3 / 66             | 40 / 48         | Klinik şüphesi; histopatoloji                                                        | OPMD/OSCC                         | Martín-Muñoz et al. (2025); Lajolo et al. (2022) |
| Kemilüminesans (toluidin mavisi ile birlikte) | Randomize tanısal çalışma; n = 84 (iki kol)             | 100                   | 60              | Tütünlü ilişkili lezyonlar; histopatoloji; örneklem                                  | lezyonlar; küçük                  | Swathi et al. (2021)                             |
| Dar bant görüntüleme (NBI)                    | SD/MA; 10 çalışma, 1.374 hasta                          | Özette ayrı verilmemi | 94,1 (IPCL 3–4) | Yüksek displazi/ileri merkez; SROC AUC 0,905                                         | dereceli kanser; uzman            | Kim, Kim, et al. (2021)                          |

| Yöntem                                                        | Çalışma tipi / n                  | Duyarlılık (%)      | Özgüllük (%)  | Popülasyon, standart ve klinik amaç                                          | referans                                   | Kaynak |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|
|                                                               |                                   | ş                   |               | (sınıf III), 0,918 (sınıf I)                                                 |                                            |        |
| Optik koherens tomografi                                      | SD, 9 çalışma / 98                | 98,5                | 71–100 / 96,7 | İnvaziv OSCC ile komşu normal histopatoloji                                  | Jerjes et al. (2024); Jerjes et al. (2026) |        |
| Konfokal mikroskopi (RCM)                                     | Prospektif çift kör; n = 60       | 90                  | 98,3          | Tümör ile normal aynı alandan punch cerrahi sınır                            | Zanoni et al. (2024)                       |        |
| Raman / FTIR                                                  | MA; çalışma Raman, FTIR)          | 12 99 (8 4          | 94            | Çoğunlukla karsinom ile normal doku; düzeyinde analiz                        | Shrivastava et al. (2023)                  |        |
| Yüksek frekanslı USG                                          | SD; 3 çalışması                   | USG 91–93           | —             | Tanısı konmuş DOI/tümör histopatolojik DOI                                   | Marcello Scotti et al. (2022)              |        |
| Fırça biyopsisi + sitoloji                                    | Yaşayan SD/MA; çalışma lezyon     | 89 (83–35 92) 7.038 | 89 (84–93)    | Lezyonlu yetişkinler; histopatoloji; düşük kesinlik; biyopsi yapılamadığında | Verdugo-Paiva et al. (2026)                |        |
| Tükürük miRNA (PCR)                                           | 13 çalışmalık MA'daki miRNA grubu | 91                  | 91            | Çoğunlukla OSCC ile sağlıklı kontrol; doğrulanmış test değil                 | Shaw et al. (2022)                         |        |
| Tükürük DNA metilasyonu                                       | SD; 31 çalışma (17'si tükürük)    | 3,4–100             | 21–100        | Heterojen gen panelleri ve eşikler                                           | Rapado-González et al. (2024)              |        |
| Görüntü tabanlı yapay zekâ (fotoğraf, histopatoloji ve diğer) | SD/MA; 18 çalışma (MA)            | 87                  | 81            | Farklı görüntü tipleri; en yüksek performans histopatolojik görüntülerde     | Sahoo et al. (2024)                        |        |

Not. Değerler farklı hasta popülasyonlarında, farklı referans standart uygulamalarıyla ve farklı eşiklerle elde edilmiştir. Doğrudan karşılaştırılmaz ve bir başarı sıralaması olarak okunmamalıdır. Parantez içindeki değerler %95 güven aralığıdır. Bölü işaretleri (/) ile ayrılan değerler aynı satırdaki iki kaynağa karşılık gelir. SD = sistematik derleme; MA = meta-analiz; IPCL = intraepitelyal papiller kapiller ilmek; RCM = reflektans konfokal mikroskopi; FTIR = Fourier dönüşümlü kızılötesi; DOI = invazyon derinliği; — = bildirilmemiş. Swathi ve ark. (2021) çalışmasının her iki kolunda da kemilüminesans kullanılmıştır; bu nedenle değerler boyaların tek başına performansını yansıtmaz. Veriler ilgili makalelerin PubMed özetlerinden alınmıştır.

## 10. YAPAY ZEKÂ

### 10.1. Klinik Fotoğraflar ve Büyük Dil Modelleri

Derin öğrenme, özellikle evrimsel sinir ağları (convolutional neural networks, CNN), çok sayıda örnek görüntüden lezyonları sınıflamayı öğrenir. Otuz altı çalışmalık bir meta-analizde yapay zekânın doğruluğu %74–100, yapay zekâ desteği olmayan klinisyenlerinki %61–98 aralığında bildirilmiştir. Ancak çalışmaların yalnızca %7'si tüm alanlarda

düşük yanlışlık riskine sahiptir ve sağlık yararı belirsizdir (Rokhshad et al., 2024).

Yüksek değerlerin nasıl okunması gerektiğine bir örnek verilebilir. Çin'de 44.409 görüntüyle geliştirilen bir modelin AUC değeri iç validasyonda 0,983'ten dış validasyonda 0,935'e düşmüştür (Fu et al., 2020). Ancak dış validasyon seti dergi fotoğraflarından (n = 402) oluşmaktadır; bu nedenle bildirilen performans, gerçek klinik akıştaki görüntü kalitesini ve hasta karışımını temsil etmeyebilir.

Görüntü ve metni birlikte işleyen büyük dil modelleri (large language models, LLM) de test edilmeye başlanmıştır. Ardışık 70 hastayı içeren prospektif bir çalışmada ilk tahmin doğruluğu yalnızca görüntüyle ChatGPT-4o için %19 iken, klinik bilgi eklendiğinde %69'a yükselmiştir (Glavina, Galešić, Poposki, & Tadin, 2026). Başka bir çalışmada malign lezyonların saptanması yalnızca görüntüyle %26 iken klinik öykü eklendiğinde %73,3'e yükselmiş; yazarlar bu düzeyi klinik tanı için yeterli bulmamıştır (Schmidl et al., 2025). Bu bulgular, görüntüye klinik bilginin eklenmesinin tanısal doğruluğu artırabildiğini göstermektedir. Mevcut yapay zekâ sistemleri, dış validasyonlu çalışmalar yapılabilecek bağımsız tanı aracı değil, destekleyici araç olarak görülmelidir (Andrzejczak et al., 2026).

**Tablo 2. Oral Mukozal Lezyonlarda Yapay Zekâ Çalışmalarının Özeti**

| Çalışma                                 | Veri seti ve n                                       | Görüntü tipi ve model                                              | Dış validasyon                                      | Duyarlılık (%)        | Özgüllük (%)          | AUC                     | Diğer performans ölçütleri                                 |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| Rokhshad et al. (2024)                  | SD/MA; 36 çalışma                                    | Klinik fotoğraf; Çeşitli CNN                                       | Özette bildirilmemiş; %7 düşük yanlışlık riski      | —                     | —                     | —                       | Doğruluk %74–100; DOR 155 (OPMD), 114 (kanser)             |
| Sahoo et al. (2024)                     | SD/MA; 55 çalışma, 18'i MA                           | Fotoğraf, histopatoloji, diğer; Ağırlıklı CNN                      | Özette bildirilmemiş                                | 87                    | 81                    | 0,976 (SROC)            | —                                                          |
| Fu et al. (2020)                        | 44.409 görüntü, 11 hastane; OSCC ile normal kontrol  | Klinik fotoğraf; Kaskad CNN                                        | Var (dergi fotoğrafları, n = 402)                   | 89,6 (dış); 94,9 (iç) | 80,6 (dış); 88,7 (iç) | 0,935 (dış); 0,983 (iç) | —                                                          |
| Schwärzler et al. (2025)                | 4.079 fotoğraf, 11 sınıf; test n = 282               | Klinik fotoğraf; YOLOv8                                            | Yok (iç test); klinisyen karşılaştırması            | Sınıfa göre değişken  | Sınıfa göre değişken  | 0,78–0,96 (sınıf)       | —                                                          |
| Bharti et al. (2026)                    | 583 lezyon + 46 sağlıklı görüntü (artırma ile 3.285) | Klinik fotoğraf; YOLOv8 segmentasyon                               | Özette bildirilmemiş                                | 98,24 (duyarlılık)    | —                     | —                       | mAP@50 %98,83; kesinlik %96,76                             |
| Mitbander et al. (2025)                 | 149 kişi, 332 bölge (313 analiz)                     | Akıllı telefon otofloresans + beyaz ışık; Çok modlu sınıflandırıcı | Yok (ayrılmış iç test); referans: uzman sevk kararı | 93,9                  | 79,3                  | —                       | —                                                          |
| Kumar & Rathod (2025)                   | Özette belirtilmemiş                                 | Floresans spektroskopisi (405 nm); NB, LDA, QDA                    | Özette bildirilmemiş                                | —                     | —                     | —                       | QDA doğruluğu %95,34–100                                   |
| Yang, Pan, Shang, Zhang, & Liang (2023) | Özette belirtilmemiş                                 | OCT; Üç CNN mimarisi                                               | Özette bildirilmemiş                                | —                     | —                     | —                       | Doğruluk ≤%96,76                                           |
| Hosseinzadeh et al. (2026)              | 4.090 RCM görüntüsü (görüntü düzeyi)                 | Reflektans konfokal mikroskopi; AutoML (Vertex AI)                 | Özette bildirilmemiş                                | 98,09                 | 95,00                 | 0,99                    | Doğruluk %96,58                                            |
| Vaira et al. (2025)                     | 110 internet görüntüsü; referans: uzman paneli       | Klinik fotoğraf; ChatGPT-4o (LLM)                                  | Özette bildirilmemiş                                | 91,7                  | 100                   | —                       | Benign–malign doğruluğu %97,0; spesifik tanı doğruluğu %85 |
| Suárez et al. (2025)                    | 30 fotoğraf × 30 yanıt                               | Klinik fotoğraf; ChatGPT-4o (LLM)                                  | Özette bildirilmemiş                                | —                     | —                     | —                       | Tanı doğruluğu %58,2                                       |

| Çalışma               | Veri seti ve n                                  | Görüntü tipi ve model                                  | Dış validasyon          | Duyarlılık (%) | Özgüllük (%) | AUC | Diğer performans ölçütleri                                                                                |
|-----------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|--------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schmidl et al. (2025) | 45 görüntü (15 SCC, 15 lökoplaki, 15 lezyonsuz) | Klinik fotoğraf ± klinik öykü; ChatGPT-4.0 (LLM)       | Özette bildirilmemiştir | —              | —            | —   | Malign lezyon saptama: yalnızca görüntüyle %26, klinik öyküyle %73,3; güvenilir klinik tanı için yetersiz |
| Glavina et al. (2026) | 70 ardışık hasta (prospektif)                   | Standart klinik fotoğraf; ChatGPT-4o / ChatGPT-5 (LLM) | Özette bildirilmemiştir | —              | —            | —   | Top-1 doğruluk — ChatGPT-4o: görüntü %19, klinik bilgiyle %69; ChatGPT-5: %9 ve %51                       |

Not. İç = iç validasyon; dış = dış validasyon; CNN = evrişimli sinir ağı; LLM = büyük dil modeli; DOR = tanısal olasılık oranı; mAP = ortalama kesinlik ortalaması; NB = Naive Bayes; LDA/QDA = doğrusal/kuadratik diskriminant analizi; RCM = reflektans konfokal mikroskopi; — = bildirilmemiş veya hesaplanamaz. Duyarlılık, özgüllük ve AUC dışındaki ölçütler (doğruluk, mAP, DOR) ayrı sütunda verilmiştir ve bu üç ölçütle karşılaştırılmaz. “Özette bildirilmemiş”, dış validasyon durumunun incelenen özetten belirlenemediğini gösterir. Görüntü ya da spektrum düzeyinde hesaplanan değerler hasta düzeyindeki performansı yansıtmayabilir. Veriler ilgili makalelerin PubMed özetlerinden alınmıştır.

## 10.2. Yapay Zekâ Çalışmaları Nasıl Okunmalı?

### Veri seti yanlılığı: Model hangi hastalarla eğitildi?

Çalışmaların önemli bir kısmı küçük ve sıklıkla tek merkezli veri setlerine dayanır (Andrzejczak et al., 2026). Böyle bir model, farklı risk profili ve mukoza pigmentasyonuna sahip bir popülasyonda aynı başarıyı göstermeyebilir.

**Dış validasyon: Model başka bir merkezde test edildi mi?** Geliştirildiği merkezde başarılı olan bir model farklı kamera, ışık ve hasta popülasyonunda daha düşük performans gösterebilir. Biyoteknolojik yapay zekâ çalışmalarının %90,5’inde dış validasyon yoktur (Wang et al., 2025). Yüksek performans bildiren bir YOLOv8 çalışmasına yöneltilen editöre mektup ve yazar yanıtı, bu tartışmanın alandaki güncel bir örneğidir (Bharti & Kamboj, 2026; Qi, Zhi, & Cai, 2026).

**Veri sızıntısı ve hasta düzeyi analiz: Test gerçekten bağımsız mıydı?** Aynı hastanın farklı görüntüleri ya da artırılmış kopyaları hem eğitim hem test kümesine düşerse model hastalığı değil o hastayı “tanımayı” öğrenebilir ve performans şişer. Bu nedenle kümeler görüntü değil hasta

düzeyinde ayrılmalıdır (Kapoor & Narayanan, 2023; Oner, Cheng, Lee, & Sung, 2020).

**Sınıf dengesizliği ve prevalans: Hangi lezyonlar ne oranda temsil edildi?** Bazı lezyon tipleri az temsil edilirse model bu sınıflarda zayıf kalabilir. On bir sınıflı bir modelde AUROC HPV ilişkili lezyonlarda 0,96 iken keratozda 0,78'e düşmüştür; genel doğruluk yüksekken kritik sınıftaki düşük performans gözden kaçabilir (Schwartz et al., 2025). Malign lezyonlar test kümesinde gerçek klinik prevalansın çok üzerinde temsil edildiğinde ise bildirilen PPV birinci basamakta geçerli olmaz (bkz. 2.1).

**Kalibrasyon: Modelin verdiği olasılık gerçeği yansıtıyor mu?** Model "%80 malignite olasılığı" dediğinde, bu tür lezyonların gerçekten yaklaşık %80'i malign olmalıdır (Van Calster, McLernon, van Smeden, Wynants, & Steyerberg, 2019). Bu uyum ve belirsizlik bilgisi çoğu çalışmada yeterince raporlanmamaktadır (Andrzejczak et al., 2026).

**Açıklanabilirlik: Model kararını neye dayandırıyor?** Derin öğrenme modelleri büyük ölçüde bir kara kutu olarak çalışır. Isı haritası gibi açıklanabilirlik yöntemleri modelin baktığı bölgeyi gösterebilir, ancak kararın gerekçesini kanıtlamaz. Belirsizlik ve güven aralığı bilgisinin raporlanmaması bu sorunu derinleştirir (Andrzejczak et al., 2026).

**Klinik kullanım: Model hasta sonucunu değiştiriyor mu?** Yapay zekânın hasta sonuçlarını iyileştirdiği belirsizdir; fotoğraf tabanlı çalışmaların meta-analizinde sağlık yararı belirsizdir (Rokhshad et al., 2024). Genel amaçlı LLM'ler onaylı tıbbi cihaz değildir. Tanısal amaçla geliştirilen yazılımların düzenleyici gereklilikleri, yazılımın kullanım amacına ve ilgili ülkenin mevzuatına göre değerlendirilmelidir; bazı klinik karar destek işlevleri tıbbi cihaz kapsamı dışında kalabilmektedir

(U.S. Food and Drug Administration, 2026). Yapay zekâ önerisiyle biyopsiyi ertelemek ciddi medikolegal risk taşır.

## **11. KANITIN SENTEZİ VE KILAVUZLAR**

ADA'nın 2017 kılavuzu hiçbir yardımcı yöntemi rutin triyaj için yeterli bulmamış ve şüpheli lezyonda hemen biyopsi ya da sevki önermiştir (Lingen et al., 2017). 2026 yaşayan kılavuzu ise GRADE Kanıttan Karara çerçevesine dayanarak mukozal anormalliği olan ve olmayan yetişkinlerde ışık temelli yöntemlerin kullanımına karşı koşullu öneriler vermiş, kanıt kesinliğini çok düşük bulmuş ve biyopsinin referans standart olduğunu yinelemiştir (Bhosale, Martins-Pfeifer, et al., 2026).

"Koşullu olumsuz öneri", yöntemlerin işe yaramadığının kanıtlandığı anlamına gelmez. Öneriler, çok düşük kesinlikteki kanıta ve olası zarar-yarar dengesine dayanır. Dayanak kanıt özetine göre duyarlılık kabul edilebilir olabilir; ancak düşük özgüllük çok sayıda yanlış pozitifte yol açabilir ve bunun getireceği gereksiz kaygı, biyopsi ve maliyet dikkate alınmalıdır (Urquhart, Verdugo-Paiva, et al., 2026). Hiçbir yardımcı yöntem biyopsinin ve histopatolojik incelemenin yerini almaz (Wolk & Kerr, 2025).

### **11.1. Hangi Yöntem, Hangi Senaryoda Fark Yaratıyor?**

**Birinci basamakta asemptomatik birey:** Temel araç iyi aydınlatmada yapılan sistematik oral muayenedir (Bhosale, Martins-Pfeifer, et al., 2026). Bu senaryoda ışık ve boya yöntemlerinin yararı gösterilmemiştir.

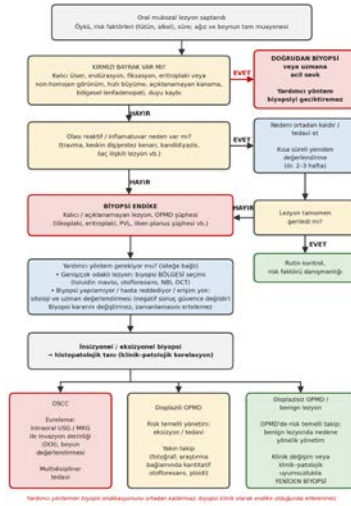
**Beyaz veya kırmızı lezyon:** Açık bir nedene bağlanabilen homojen lezyonda önce neden ortadan kaldırılır. Non-homojen lökoplaki, eritroplaki ve proliferatif verrüköz lökoplaki yüksek riskli kabul edilir (Warnakulasuriya et al.,

2021). Bu lezyonlarda biyopsi endikasyonu klinik görünümle zaten belirlenmiştir ve negatif bir ışık ya da boya testi biyopsiyi ertelemesiz.

**Biyopsi planlaması:** Geniş veya çok odaklı lezyonlarda toluidin mavisi, otofloresans, NBI ve OCT en şüpheli alanın seçilmesine yardımcı olabilir. Buradaki soru biyopsinin yapılp yapılmayacağı değil, nereden yapılacağıdır (Wolk & Kerr, 2025).

## 12. KLİNİK KARAR ALGORİTMASI

Şekil 1, tartışılan kanıtı klinik akışa dönüştüren özgün bir algoritmadır. Temel ilke, yardımcı yöntemlerin biyopsi kararını geciktirmemesidir. Kırmızı bayrak bulgularında yardımcı yöntem basamağı atlanır.



**Şekil 1. Şüpheli oral mukozal lezyonda klinik karar algoritması.**  
OPMD = oral potansiyel malign bozukluk; OSCC = oral skuamöz hücreli karsinom; PVL = proliferatif verrüköz lökoplaki; NBI = dar bant görüntüleme; OCT = optik koherens tomografi; DOI = invazyon derinliği; USG = ultrasonografi; MRG = manyetik rezonans görüntüleme.

### **13. SONUÇ**

Yardımcı tanı yöntemlerinde bildirilen yüksek duyarlılık ve AUC değerlerinin çoğu seçilmiş hastalarda, kusurlu referans standartla ve eksik doğrulamayla elde edilmiştir. Işık temelli yöntemler için hasta açısından önemli sonuçları değerlendiren etki çalışması da yoktur (Urquhart, Verdugo-Paiva, et al., 2026). ADA 2026 kılavuzlarının temkinli yaklaşımı bu tabloyu yansıtır.

Bu tablo alanın önceliklerini de belirlemektedir. Yardımcı yöntemlerin klinik değerinin netleşmesi için çok merkezli ve dış validasyonlu tanısal doğruluk çalışmalarına, test sonucunun biyopsi kararını ve hasta sonucunu gerçekten değiştirip değiştirmediğini ölçen etki çalışmalarına ve STARD 2015 ile STARD-AI'ye uygun raporlamaya gereksinim vardır. Kantitatif otofloresans ve OCT gibi yöntemlerin tanıdan çok risk sınıflaması ve takip ekseninde değerlendirilmesi, önümüzdeki dönemin en umut verici araştırma yönü olarak görünmektedir.

Kırmızı bayrak taşıyan, non-homojen, reaktif neden giderildikten sonra gerilemeyen veya takipte değişen bir lezyonda negatif bir yardımcı test sonucu biyopsiyi tek başına ertelemeyebilir. Yardımcı tanı yöntemlerinin amacı biyopsiyi ortadan kaldırmak değil; uygun hastada, doğru zamanda ve doğru bölgeden biyopsi yapılmasına yardımcı olmaktır.

## KAYNAKÇA

- Abati, S., Bramati, C., Bondi, S., Lissoni, A., & Trimarchi, M. (2020). Oral cancer and precancer: A narrative review on the relevance of early diagnosis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9160. doi:10.3390/ijerph17249160
- Amin, M. B., Edge, S. B., Greene, F. L., Byrd, D. R., Brookland, R. K., Washington, M. K., . . . Meyer, L. R. (Eds.). (2017). *AJCC cancer staging manual* (8th ed.). New York, NY: Springer.
- Andrzejczak, B., Diedul, A., Szczepankiewicz, A., Trojanowski, P., Skrzypczak, A., Bączkiewicz, A., . . . Ślebioda, Z. (2026). Use of artificial intelligence for diagnosing oral mucosa conditions: A review. *Diagnostics*, 16(2), 365. doi:10.3390/diagnostics16020365
- Babshet, M., Nandimath, K., Pervatkar, S., & Naikmasur, V. (2011). Efficacy of oral brush cytology in the evaluation of the oral premalignant and malignant lesions. *Journal of Cytology*, 28(4), 165–172. doi:10.4103/0970-9371.86342
- Becker, A.-S., Holm, M., Liese, J., Engel, N., & Zimpfer, A. (2024). Diagnosis of differentiated dysplasia as a variant of oral epithelial dysplasia. *Oral Diseases*, 30(7), 4185–4194. doi:10.1111/odi.14846
- Bharti, A., & Kamboj, M. (2026). Reply to letter to the editor on “YOLOv8 powered deep learning framework for detection and classification of oral potentially malignant disorders and oral cancer using intraoral images”. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 142(3), 523–524. doi:10.1016/j.oooo.2026.04.028

- Bharti, A., Kashyap, N., Kamboj, M., Joshi, K., Mishra, D., Singh, H., . . . Gupta, A. (2026). YOLOv8 powered deep learning framework for detection and classification of oral potentially malignant disorders and oral cancer using intraoral images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 142(2), 238–259. doi:10.1016/j.oooo.2026.02.006
- Bhosale, A. S., Martins-Pfeifer, C., Verdugo-Paiva, F., Urquhart, O., Carrasco-Labra, A., Pimentel, J., . . . Lingen, M. W. (2026). Living evidence-informed guideline on the early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: Light-based adjuncts to determine the need for biopsy, version 2026 1.0. *Journal of the American Dental Association*, 157(9), 968–979. doi:10.1016/j.adaj.2026.04.010
- Bhosale, A. S., Verdugo-Paiva, F., Urquhart, O., Martins-Pfeifer, C., Weinstein, M. W., Walsh, T., . . . Carrasco-Labra, A. (2026). Vital staining adjuncts to determine the need for biopsy for early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: An evidence summary of a living systematic review, version 2026 1.0. *Journal of the American Dental Association*, 157(6), 588–601. doi:10.1016/j.adaj.2026.01.008
- Bossuyt, P. M., Reitsma, J. B., Bruns, D. E., Gatsonis, C. A., Glasziou, P. P., Irwig, L., . . . Cohen, J. F. (2015). STARD 2015: An updated list of essential items for reporting diagnostic accuracy studies. *BMJ*, 351, h5527. doi:10.1136/bmj.h5527
- Chen, S., Forman, M., Sadow, P. M., & August, M. (2016). The diagnostic accuracy of incisional biopsy in the oral cavity. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 74(5), 959–964. doi:10.1016/j.joms.2015.11.006

- Chi, A. C., Day, T. A., & Neville, B. W. (2015). Oral cavity and oropharyngeal squamous cell carcinoma—An update. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 65(5), 401–421. doi:10.3322/caac.21293
- Choi, I., Zander, A., Chan, B., Syedmoradi, L., Trivedi, D., Kaczor-Urbanowicz, K. E., . . . Wong, D. T. W. (2026). Saliva liquid biopsy for detection of oral and systemic diseases. *Journal of Periodontal Research*. Advance online publication. doi:10.1111/jre.70152
- Chuang, S.-L., Su, W. W.-Y., Chen, S. L.-S., Yen, A. M.-F., Wang, C.-P., Fann, J. C.-Y., . . . Chiou, S.-T. (2017). Population-based screening program for reducing oral cancer mortality in 2,334,299 Taiwanese cigarette smokers and/or betel quid chewers. *Cancer*, 123(9), 1597–1609. doi:10.1002/cncr.30517
- Cohen, J. F., Korevaar, D. A., Altman, D. G., Bruns, D. E., Gatsonis, C. A., Hooft, L., . . . Bossuyt, P. M. M. (2016). STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: Explanation and elaboration. *BMJ Open*, 6(11), e012799. doi:10.1136/bmjopen-2016-012799
- Das, A., Kumar, J., Lohia, S., Prakash, A., Singh, M., & Meher, R. (2026). Evaluating depth of invasion in tongue carcinoma: Correlation of intraoral ultrasound and magnetic resonance imaging and with histopathological findings. *Journal of Clinical Ultrasound*. Advance online publication. doi:10.1002/jcu.70402
- Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2004). Diagnostic tests 4: Likelihood ratios. *BMJ*, 329(7458), 168–169. doi:10.1136/bmj.329.7458.168

- Deng, S., Wang, S., Shi, X., & Zhou, H. (2022). Microenvironment in oral potentially malignant disorders: Multi-dimensional characteristics and mechanisms of carcinogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 8940. doi:10.3390/ijms23168940
- De Veld, D. C., Witjes, M. J., Sterenborg, H. J., & Roodenburg, J. L. (2005). The status of in vivo autofluorescence spectroscopy and imaging for oral oncology. *Oral Oncology*, 41(2), 117–131. doi:10.1016/j.oraloncology.2004.07.007
- Essat, M., Cooper, K., Bessey, A., Clowes, M., Chilcott, J. B., & Hunter, K. D. (2022). Diagnostic accuracy of conventional oral examination for detecting oral cavity cancer and potentially malignant disorders in patients with clinically evident oral lesions: Systematic review and meta-analysis. *Head & Neck*, 44(4), 998–1013. doi:10.1002/hed.26992
- Farah, C. S., McIntosh, L., Georgiou, A., & McCullough, M. J. (2012). Efficacy of tissue autofluorescence imaging (VELScope) in the visualization of oral mucosal lesions. *Head & Neck*, 34(6), 856–862. doi:10.1002/hed.21834
- Fu, Q., Chen, Y., Li, Z., Jing, Q., Hu, C., Liu, H., . . . Xiong, X. (2020). A deep learning algorithm for detection of oral cavity squamous cell carcinoma from photographic images: A retrospective study. *EClinicalMedicine*, 27, 100558. doi:10.1016/j.eclinm.2020.100558
- Fujimoto, J. G. (2003). Optical coherence tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging. *Nature Biotechnology*, 21(11), 1361–1367. doi:10.1038/nbt892

- Gambino, A., Martina, E. G., Spampinato, F., El Haddad, G., Broccoletti, R., Chiusa, L., & Arduino, P. G. (2025). Ex vivo microstructural investigations of oral lichen planus lesions by spectral domain optical coherence tomography. *Lasers in Medical Science*, 40(1), 233. doi:10.1007/s10103-025-04493-w
- Giovannacci, I., Magnoni, C., Vescovi, P., Painelli, A., Tarentini, E., & Meleti, M. (2019). Which are the main fluorophores in skin and oral mucosa? A review with emphasis on clinical applications of tissue autofluorescence. *Archives of Oral Biology*, 105, 89–98. doi:10.1016/j.archoralbio.2019.07.001
- Glavina, A., Galešić, M., Poposki, B., & Tadin, A. (2026). Artificial intelligence for diagnosing normal anatomical variants and pathological oral mucosal lesions: A prospective observational study. *Medicina*, 62(8), 1610. doi:10.3390/medicina62081610
- Gono, K., Yamazaki, K., Doguchi, N., Nonami, T., Obi, T., Yamaguchi, M., . . . Endo, T. (2003). Endoscopic observation of tissue by narrowband illumination. *Optical Review*, 10(4), 211–215. doi:10.1007/s10043-003-0211-8
- González-Moles, M. Á., Aguilar-Ruiz, M., & Ramos-García, P. (2022). Challenges in the early diagnosis of oral cancer, evidence gaps and strategies for improvement: A scoping review of systematic reviews. *Cancers*, 14(19), 4967. doi:10.3390/cancers14194967
- Gopinath, D., On, C. Y., Veettil, S. K., & Tilakaratne, W. M. (2025). Is binary grading better than WHO system for grading epithelial dysplasia? A systematic review and meta-analysis. *Oral Diseases*, 31(1), 59–68. doi:10.1111/odi.15160

- Gurhan, C., Ilhan, B., Gurses, B. O., Bolukbasi, G., & Guneri, P. (2025). The influence of toluidine blue staining on decision-making for the selection of biopsy sites in oral disorders. *European Oral Research*, 59(2), 144–149. doi:10.26650/eor.20241449626
- Haroske, G., Baak, J. P., Danielsen, H., Giroud, F., Gschwendtner, A., Oberholzer, M., . . . Böcking, A. (2001). Fourth updated ESACP consensus report on diagnostic DNA image cytometry. *Analytical Cellular Pathology*, 23(2), 89–95. doi:10.1155/2001/657642
- Haroske, G., Giroud, F., Reith, A., & Böcking, A. (1998). 1997 ESACP consensus report on diagnostic DNA image cytometry. Part I: Basic considerations and recommendations for preparation, measurement and interpretation. *Analytical Cellular Pathology*, 17(4), 189–200. doi:10.1155/1998/390837
- Hijioka, H., & Tabata, H. (2026). Combination of ultrasonography and MRI for preoperative prediction of lymph node metastasis in tongue squamous cell carcinoma: An exploratory study. *PLoS ONE*, 21(1), e0340884. doi:10.1371/journal.pone.0340884
- Hosseinzadeh, F., Zandoni, D., de Souza França, P. D., Valero, C., Peterson, G., Ardigo, M., . . . Patel, S. G. (2026). Artificial intelligence-assisted reflectance confocal microscopy for real-time intraoperative margin assessment in oral squamous cell carcinoma. *Oral Oncology*, 177, 107939. doi:10.1016/j.oraloncology.2026.107939
- Jerjes, W., Hamdoon, Z., Rashed, D., & Hopper, C. (2026). Optical coherence tomography for invasive oral squamous cell carcinoma: Diagnostic accuracy and grade- and subsite-associated imaging features. *Journal*

*of Clinical Medicine*, 15(3), 1102.  
doi:10.3390/jcm15031102

Jerjes, W., Stevenson, H., Ramsay, D., & Hamdoon, Z. (2024). Enhancing oral cancer detection: A systematic review of the diagnostic accuracy and future integration of optical coherence tomography with artificial intelligence. *Journal of Clinical Medicine*, 13(19), 5822. doi:10.3390/jcm13195822

Kapoor, S., & Narayanan, A. (2023). Leakage and the reproducibility crisis in machine-learning-based science. *Patterns*, 4(9), 100804. doi:10.1016/j.patter.2023.100804

Kar, S. R., N C, S., Bhuvaneswari, S., Mishra, S., Bajoria, A. A., & Pathi, J. (2025). Diagnostic accuracy of DNA ploidy for oral potentially malignant disorders: A systematic review and meta analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 26(4), 1155–1164. doi:10.31557/APJCP.2025.26.4.1155

Kijowska, J., Grzegorzczak, J., Gliwa, K., Jędras, A., & Sitarz, M. (2024). Epidemiology, diagnostics, and therapy of oral cancer—Update review. *Cancers*, 16(18), 3156. doi:10.3390/cancers16183156

Kim, D. H., Kim, S. W., & Hwang, S. H. (2022). Efficacy of non-invasive diagnostic methods in the diagnosis and screening of oral cancer and precancer. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 88(6), 937–947. doi:10.1016/j.bjorl.2020.12.019

Kim, D. H., Kim, S. W., Lee, J., & Hwang, S. H. (2021). Narrow-band imaging for screening of oral premalignant or cancerous lesions: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Otolaryngology*, 46(3), 501–507. doi:10.1111/coa.13724

- Kim, D. H., Song, E. A., Kim, S. W., & Hwang, S. H. (2021). Efficacy of toluidine blue in the diagnosis and screening of oral cancer and pre-cancer: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Otolaryngology*, 46(1), 23–30. doi:10.1111/coa.13613
- Kumar, P., & Rathod, S. (2025). Integration of the fluorescence based portable device with the AI tools for the real-time monitoring of oral mucosal lesions. *Scientific Reports*, 15(1), 10222. doi:10.1038/s41598-025-94676-w
- Lajolo, C., Tranfa, M., Patini, R., Fiorino, A., Musarra, T., Boniello, R., & Moro, A. (2022). Clinical evaluation of the optical filter for autofluorescence Glasses for Oral Cancer Curing Light Exposed (GOCCLES) in the management of potentially premalignant disorders: A retrospective study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5579. doi:10.3390/ijerph19095579
- Lane, P. M., Gilhuly, T., Whitehead, P., Zeng, H., Poh, C. F., Ng, S., . . . MacAulay, C. E. (2006). Simple device for the direct visualization of oral-cavity tissue fluorescence. *Journal of Biomedical Optics*, 11(2), 024006. doi:10.1117/1.2193157
- Lau, J., O, G., Warnakulasuriya, S., Balasubramaniam, R., Frydrych, A., & Kujan, O. (2024). Adjunctive aids for the detection of oral squamous cell carcinoma and oral potentially malignant disorders: A systematic review of systematic reviews. *Japanese Dental Science Review*, 60, 53–72. doi:10.1016/j.jdsr.2023.12.004
- Leeflang, M. M. G., Rutjes, A. W. S., Reitsma, J. B., Hooft, L., & Bossuyt, P. M. M. (2013). Variation of a test's sensitivity and specificity with disease prevalence. *CMAJ*, 185(11), E537–E544. doi:10.1503/cmaj.121286

- Li, C., Li, J., Jin, T., Wang, Z., Shen, X., Shi, L., & Tang, G. (2026). Quantitative autofluorescence imaging for predicting malignant transformation of oral leukoplakia: A long-term follow-up study. *Oral Oncology*, 178, 107983. doi:10.1016/j.oraloncology.2026.107983
- Li, X., Lee, E.-S., Kim, B.-I., & Kim, H. J. (2026). Biological mechanisms underlying autofluorescence loss in oral potentially malignant disorders: Implications for clinical interpretation. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 61, 105648. doi:10.1016/j.pdpdt.2026.105648
- Lijmer, J. G., Mol, B. W., Heisterkamp, S., Bossel, G. J., Prins, M. H., van der Meulen, J. H., & Bossuyt, P. M. (1999). Empirical evidence of design-related bias in studies of diagnostic tests. *JAMA*, 282(11), 1061–1066. doi:10.1001/jama.282.11.1061
- Lingen, M. W., Abt, E., Agrawal, N., Chaturvedi, A. K., Cohen, E., D'Souza, G., . . . Carrasco-Labra, A. (2017). Evidence-based clinical practice guideline for the evaluation of potentially malignant disorders in the oral cavity: A report of the American Dental Association. *Journal of the American Dental Association*, 148(10), 712–727.e10. doi:10.1016/j.adaj.2017.07.032
- Liu, D., Zhao, X., Zeng, X., Dan, H., & Chen, Q. (2016). Non-invasive techniques for detection and diagnosis of oral potentially malignant disorders. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 238(2), 165–177. doi:10.1620/tjem.238.165
- Lydiatt, W. M., Patel, S. G., O'Sullivan, B., Brandwein, M. S., Ridge, J. A., Migliacci, J. C., . . . Shah, J. P. (2017). Head and neck cancers—major changes in the American Joint Committee on Cancer eighth edition cancer staging

- manual. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 67(2), 122–137. doi:10.3322/caac.21389
- Madhura, M. G., Rao, R. S., Patil, S., Alhazmi, Y. A., Jafer, M., Habib, S. R., & Awan, K. H. (2020). Minimally invasive procedures for the recognition and diagnosis of oral precancer and cancer. *Disease-a-Month*, 66(12), 101033. doi:10.1016/j.disamonth.2020.101033
- Marcello Scotti, F., Stuepp, R. T., Leonardi Dutra-Horstmann, K., Modolo, F., & Cavalcanti, M. G. P. (2022). Accuracy of MRI, CT, and ultrasound imaging on thickness and depth of oral primary carcinomas invasion: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(5), 20210291. doi:10.1259/dmfr.20210291
- Marczuk, K. M., Mamala, M. B., Opalewski, A., Głównka, I., Gerber, H., & Jaxa-Kwiatkowski, A. (2026). Current trends in diagnosis and early monitoring of oral cavity cancer: Techniques and biomarkers. *Cancers*, 18(13), 2088. doi:10.3390/cancers18132088
- Martín-Muñoz, R. T., Rodríguez-Molinero, J., Migueláñez-Medrán, B. C., Ruiz-Roca, J. A., López-Jornet, P., Ramírez-Puerta, R. M., & López-Sánchez, A. F. (2025). Predictive value of a non-invasive autofluorescence-based device (GOCCLES®) in the early diagnosis of oral potentially malignant disorders and oral cancer: A cross-sectional study. *The Saudi Dental Journal*, 37(10–12), 85. doi:10.1007/s44445-025-00097-w
- Martins-Pfeifer, C., Urquhart, O., Verdugo-Paiva, F., Bhosale, A. S., Carrasco-Labra, A., Pimentel, J., . . . Lingen, M. W. (2026). Living evidence-informed guideline on the early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: Vital staining adjuncts to determine the need for biopsy, version 2026 1.0. *Journal*

*of the American Dental Association*, 157(6), 576–587.  
doi:10.1016/j.adaj.2026.01.014

- Mendonca, P., Sunny, S. P., Mohan, U., Birur N, P., Suresh, A., & Kuriakose, M. A. (2022). Non-invasive imaging of oral potentially malignant and malignant lesions: A systematic review and meta-analysis. *Oral Oncology*, 130, 105877. doi:10.1016/j.oraloncology.2022.105877
- Mitbander, R., Brenes, D., Coole, J. B., Kortum, A., Vohra, I. S., Carns, J., . . . Richards-Kortum, R. (2025). Development and evaluation of an automated multimodal mobile detection of oral cancer imaging system to aid in risk-based management of oral mucosal lesions. *Cancer Prevention Research*, 18(4), 197–207. doi:10.1158/1940-6207.CAPR-24-0253
- Morikawa, T., Shibahara, T., Nomura, T., Katakura, A., & Takano, M. (2020). Non-invasive early detection of oral cancers using fluorescence visualization with optical instruments. *Cancers*, 12(10), 2771. doi:10.3390/cancers12102771
- Nagi, R., Reddy-Kantharaj, Y. B., Rakesh, N., Janardhan-Reddy, S., & Sahu, S. (2016). Efficacy of light based detection systems for early detection of oral cancer and oral potentially malignant disorders: Systematic review. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 21(4), e447–e455. doi:10.4317/medoral.21104
- Nilsson, O., Knutsson, J., Landström, F. J., Magnuson, A., & von Beckerath, M. (2022). Ultrasound accurately assesses depth of invasion in T1-T2 oral tongue cancer. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology*, 7(5), 1448–1455. doi:10.1002/lio2.897

- Olsen, J., Holmes, J., & Jemec, G. B. (2018). Advances in optical coherence tomography in dermatology—A review. *Journal of Biomedical Optics*, 23(4), 040901. doi:10.1117/1.JBO.23.4.040901
- Oner, M. U., Cheng, Y.-C., Lee, H. K., & Sung, W.-K. (2020). *Training machine learning models on patient level data segregation is crucial in practical clinical applications* [Preprint]. medRxiv. doi:10.1101/2020.04.23.20076406
- Paliga, D., Kronenberg, M., Pihut, M., Pietrzko, M., Skaba, D., & Wiench, R. (2026). Clinical applications and diagnostic performance of adjunctive light-based optical technologies in oral potentially malignant disorders and squamous cell carcinoma: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 15(5), 1693. doi:10.3390/jcm15051693
- Pandarathodiyil, A. K., Vijayan, S. P., Milanes, D., Chopra, V., & Anil, S. (2022). Adjunctive techniques and diagnostic aids in the early detection of oral premalignant disorders and cancer: An update for the general dental practitioners. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 14(Suppl. 1), S28–S33. doi:10.4103/jpbs.jpbs\_635\_21
- Pavlova, I., Williams, M., El-Naggar, A., Richards-Kortum, R., & Gillenwater, A. (2008). Understanding the biological basis of autofluorescence imaging for oral cancer detection: High-resolution fluorescence microscopy in viable tissue. *Clinical Cancer Research*, 14(8), 2396–2404. doi:10.1158/1078-0432.CCR-07-1609
- Pentenero, M., Castagnola, P., Castillo, F. V., Isaevska, E., Sutura, S., & Gandolfo, S. (2023). Predictors of malignant transformation in oral leukoplakia and proliferative verrucous leukoplakia: An observational

- prospective study including the DNA ploidy status. *Head & Neck*, 45(10), 2589–2604. doi:10.1002/hed.27483
- Pepe, M. S., Feng, Z., Janes, H., Bossuyt, P. M., & Potter, J. D. (2008). Pivotal evaluation of the accuracy of a biomarker used for classification or prediction: Standards for study design. *Journal of the National Cancer Institute*, 100(20), 1432–1438. doi:10.1093/jnci/djn326
- Petruzzi, M., Lucchese, A., Baldoni, E., Grassi, F. R., & Serpico, R. (2010). Use of Lugol's iodine in oral cancer diagnosis: An overview. *Oral Oncology*, 46(11), 811–813. doi:10.1016/j.oraloncology.2010.07.013
- Qi, R., Zhi, Y., & Cai, M. (2026). Letter to the editor on “YOLOv8 powered deep learning framework for detection and classification of oral potentially malignant disorders and oral cancer using intraoral images”. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 142(3), 521–522. doi:10.1016/j.oooo.2026.04.027
- Rajagopalan, H., & Lengauer, C. (2004). Aneuploidy and cancer. *Nature*, 432(7015), 338–341. doi:10.1038/nature03099
- Rapado-González, Ó., Salta, S., López-López, R., Suárez-Cunqueiro, M. M., Jerónimo, C., & Henrique, R. (2024). DNA methylation markers for oral cancer detection in non- and minimally invasive samples: A systematic review. *Clinical Epigenetics*, 16(1), 105. doi:10.1186/s13148-024-01716-9
- Rokhshad, R., Mohammad-Rahimi, H., Price, J. B., Shoorgashti, R., Abbasiparashkouh, Z., Esmaili, M., . . . Schwendicke, F. (2024). Artificial intelligence for classification and detection of oral mucosa lesions on

- photographs: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 28(1), 88. doi:10.1007/s00784-023-05475-4
- Sahoo, R. K., Sahoo, K. C., Dash, G. C., Kumar, G., Baliarsingh, S. K., Panda, B., & Pati, S. (2024). Diagnostic performance of artificial intelligence in detecting oral potentially malignant disorders and oral cancer using medical diagnostic imaging: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oral Health*, 5, 1494867. doi:10.3389/froh.2024.1494867
- Saidak, Z., Milly, M., Louandre, C., Colin, E., Rusu, P.-M., Paasche, A., . . . Galmiche, A. (2025). Salivary cell-free DNA methylation analysis for oncological monitoring of surgical resection of oral squamous cell carcinoma. *Frontiers in Oral Health*, 6, 1614371. doi:10.3389/froh.2025.1614371
- Sankaranarayanan, R., Ramadas, K., Thara, S., Muwonge, R., Thomas, G., Anju, G., & Mathew, B. (2013). Long term effect of visual screening on oral cancer incidence and mortality in a randomized trial in Kerala, India. *Oral Oncology*, 49(4), 314–321. doi:10.1016/j.oraloncology.2012.11.004
- Sattler, E., Kästle, R., & Welzel, J. (2013). Optical coherence tomography in dermatology. *Journal of Biomedical Optics*, 18(6), 061224. doi:10.1117/1.JBO.18.6.061224
- Schmidl, B., Hütten, T., Pigorsch, S., Stögbauer, F., Hoch, C. C., Hussain, T., . . . Wirth, M. (2025). Artificial intelligence for image recognition in diagnosing oral and oropharyngeal cancer and leukoplakia. *Scientific Reports*, 15(1), 3625. doi:10.1038/s41598-025-85920-4

- Schwärzler, J., Tolstaya, E., Tichy, A., Paris, S., Aarabi, G., Chaurasia, A., . . . Schwendicke, F. (2025). Machine learning versus clinicians for detection and classification of oral mucosal lesions. *Journal of Dentistry*, 161, 105992. doi:10.1016/j.jdent.2025.105992
- Scilla, F., Antonelli, R., Rupe, C., Gioco, G., Patini, R., Ferrero, L., . . . Lajolo, C. (2026). Trends in stage and age at diagnosis of oral squamous cell carcinoma over time: A systematic review and meta-analysis. *Oral Diseases*. Advance online publication. doi:10.1111/odi.70403
- Sharma, D., Konidena, A., & Sharma, A. (2021). Diagnostic efficiency of methylene blue and Lugol's iodine double staining method in oral leukoplakia in detecting dysplasia. *Indian Journal of Dental Research*, 32(3), 310–315. doi:10.4103/ijdr.IJDR\_291\_19
- Shaw, A. K., Garcha, V., Shetty, V., Vinay, V., Bhor, K., Ambildhok, K., & Karande, P. (2022). Diagnostic accuracy of salivary biomarkers in detecting early oral squamous cell carcinoma: A systematic review and meta-analysis. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 23(5), 1483–1495. doi:10.31557/APJCP.2022.23.5.1483
- Shrivastava, P. K., Kumar, A., Aggarwal, Y., Kumar, A., Agrawal, A., & Rai, A. (2023). Diagnostic accuracy of vibrational spectroscopy in the diagnosis of oral potentially malignant and malignant disorders: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 19(2), 151–158. doi:10.4103/jcrt.jcrt\_2275\_21
- Singh, S., Halder, A., Sinha, O., Chakrabarty, N., Chatterjee, T., Adhikari, A., . . . Pal, S. K. (2020). Spectroscopic studies on the biomolecular recognition of toluidine blue: Key information towards development of a non-contact, non-

- invasive device for oral cancer detection. *Frontiers in Oncology*, 10, 529132. doi:10.3389/fonc.2020.529132
- Skala, M. C., Riching, K. M., Gendron-Fitzpatrick, A., Eickhoff, J., Eliceiri, K. W., White, J. G., & Ramanujam, N. (2007). In vivo multiphoton microscopy of NADH and FAD redox states, fluorescence lifetimes, and cellular morphology in precancerous epithelia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(49), 19494–19499. doi:10.1073/pnas.0708425104
- Sunderajah, V., Guni, A., Liu, X., Collins, G. S., Karthikesalingam, A., Markar, S. R., . . . Ashrafian, H. (2025). The STARD-AI reporting guideline for diagnostic accuracy studies using artificial intelligence. *Nature Medicine*, 31(10), 3283–3289. doi:10.1038/s41591-025-03953-8
- Srivastava, S., & Wagner, P. D. (2020). The Early Detection Research Network: A national infrastructure to support the discovery, development, and validation of cancer biomarkers. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 29(12), 2401–2410. doi:10.1158/1055-9965.EPI-20-0237
- Suárez, A., Freire, Y., Suárez, M., Díaz-Flores García, V., Andreu-Vázquez, C., Thuissard Vasallo, I. J., . . . Martín, C. (2025). Diagnostic performance of multimodal large language models in the analysis of oral pathology. *Oral Diseases*, 31(12), 3344–3354. doi:10.1111/odi.70009
- Swathi, K. V., Maragathavalli, G., & Uma Maheswari, T. N. (2021). Comparing the efficacy of chemiluminescence with Lugol's iodine versus toluidine blue in the diagnosis of dysplasia in tobacco associated oral lesions: A

- diagnostic study. *Indian Journal of Dental Research*, 32(4), 459–466. doi:10.4103/ijdr.IJDR\_1004\_20
- Tatehara, S., & Satomura, K. (2020). Non-invasive diagnostic system based on light for detecting early-stage oral cancer and high-risk precancerous lesions—Potential for dentistry. *Cancers*, 12(11), 3185. doi:10.3390/cancers12113185
- Tejani, A. S., Klontzas, M. E., Gatti, A. A., Mongan, J. T., Moy, L., Park, S. H., & Kahn, C. E. (2024). Checklist for Artificial Intelligence in Medical Imaging (CLAIM): 2024 update. *Radiology: Artificial Intelligence*, 6(4), e240300. doi:10.1148/ryai.240300
- Thakkar, N., Mane, D. R., & Angadi, P. V. (2025). DNA ploidy status as a predictor for malignant transformation in oral leukoplakia: A systematic review and meta-analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 139(6), 700–708. doi:10.1016/j.oooo.2024.12.025
- Tiwari, L., Kujan, O., & Farah, C. S. (2020). Optical fluorescence imaging in oral cancer and potentially malignant disorders: A systematic review. *Oral Diseases*, 26(3), 491–510. doi:10.1111/odi.13071
- Torres-Rendon, A., Stewart, R., Craig, G. T., Wells, M., & Speight, P. M. (2009). DNA ploidy analysis by image cytometry helps to identify oral epithelial dysplasias with a high risk of malignant progression. *Oral Oncology*, 45(6), 468–473. doi:10.1016/j.oraloncology.2008.07.006
- Tortolero, G. A., Sturgis, E. M., Sokale, I. O., Oluyomi, A., Dahlstrom, K. R., & Thrift, A. P. (2026). Social determinants as pathways in disparities in oral cavity cancer stage at diagnosis: A registry-based analysis from

2010–2020. *Cancer Causes & Control*, 37(7), 117.  
doi:10.1007/s10552-026-02209-1

U.S. Food and Drug Administration. (2026). Clinical decision support software: Guidance for industry and Food and Drug Administration staff. Silver Spring, MD: Author. Retrieved from <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/clinical-decision-support-software>

Urquhart, O., Bhosale, A. S., Martins-Pfeifer, C., Verdugo-Paiva, F., Carrasco-Labra, A., Pimentel, J., . . . Lingen, M. W. (2026). Living evidence-informed guideline on the early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: Cytology adjuncts to determine the need for biopsy, version 2026 1.0. *Journal of the American Dental Association*, 157(3), 224–234. doi:10.1016/j.adaj.2025.12.017

Urquhart, O., Verdugo-Paiva, F., Martins-Pfeifer, C., Bhosale, A. S., Massignan, C., Meisha, D., . . . Carrasco-Labra, A. (2026). Light-based adjuncts to determine the need for biopsy for early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: An evidence summary of a living systematic review, version 2026 1.0. *Journal of the American Dental Association*, 157(9), 980–992. doi:10.1016/j.adaj.2026.03.028

Usher-Smith, J. A., Sharp, S. J., & Griffin, S. J. (2016). The spectrum effect in tests for risk prediction, screening, and diagnosis. *BMJ*, 353, i3139. doi:10.1136/bmj.i3139

Vaira, L. A., Lechien, J. R., Maniaci, A., De Vito, A., Mayo-Yáñez, M., Troise, S., . . . De Riu, G. (2025). Diagnostic performance of ChatGPT-4o in analyzing oral mucosal lesions: A comparative study with experts. *Medicina*, 61(8), 1379. doi:10.3390/medicina61081379

- Van Calster, B., McLernon, D. J., van Smeden, M., Wynants, L., & Steyerberg, E. W. (2019). Calibration: The Achilles heel of predictive analytics. *BMC Medicine*, 17(1), 230. doi:10.1186/s12916-019-1466-7
- Verdugo-Paiva, F., Martins-Pfeifer, C., Bhosale, A. S., Urquhart, O., Walsh, T., Balagopal, M., . . . Carrasco-Labra, A. (2026). Cytology adjuncts to determine the need for biopsy for early detection of oral squamous cell carcinoma and potentially malignant disorders: An evidence summary of a living systematic review, version 2026 1.0. *Journal of the American Dental Association*, 157(3), 235–246. doi:10.1016/j.adaj.2025.12.008
- Vu, A., & Farah, C. S. (2016). Narrow band imaging: Clinical applications in oral and oropharyngeal cancer. *Oral Diseases*, 22(5), 383–390. doi:10.1111/odi.12430
- Walsh, T., Macey, R., Kerr, A. R., Lingen, M. W., Ogden, G. R., & Warnakulasuriya, S. (2021). Diagnostic tests for oral cancer and potentially malignant disorders in patients presenting with clinically evident lesions. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(7), CD010276. doi:10.1002/14651858.CD010276.pub3
- Walsh, T., Warnakulasuriya, S., Lingen, M. W., Kerr, A. R., Ogden, G. R., Glenny, A.-M., & Macey, R. (2021). Clinical assessment for the detection of oral cavity cancer and potentially malignant disorders in apparently healthy adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(12), CD010173. doi:10.1002/14651858.CD010173.pub3
- Wang, Y., Chen, C., Gao, Y., Hu, Q., Gao, P., Zheng, Q., . . . Chen, X. (2025). Beyond conventional images: AI-driven biotechnologies for oral cancer diagnosis – A

- systematic review. *European Journal of Cancer*, 232, 116118. doi:10.1016/j.ejca.2025.116118
- Warnakulasuriya, S., Johnson, N. W., & van der Waal, I. (2007). Nomenclature and classification of potentially malignant disorders of the oral mucosa. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 36(10), 575–580. doi:10.1111/j.1600-0714.2007.00582.x
- Warnakulasuriya, S., & Kerr, A. R. (2021). Oral cancer screening: Past, present, and future. *Journal of Dental Research*, 100(12), 1313–1320. doi:10.1177/00220345211014795
- Warnakulasuriya, S., Kujan, O., Aguirre-Urizar, J. M., Bagan, J. V., González-Moles, M. Á., Kerr, A. R., . . . Johnson, N. W. (2021). Oral potentially malignant disorders: A consensus report from an international seminar on nomenclature and classification, convened by the WHO Collaborating Centre for Oral Cancer. *Oral Diseases*, 27(8), 1862–1880. doi:10.1111/odi.13704
- Whiting, P. F., Rutjes, A. W. S., Westwood, M. E., Mallett, S., Deeks, J. J., Reitsma, J. B., . . . Bossuyt, P. M. M. (2011). QUADAS-2: A revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Annals of Internal Medicine*, 155(8), 529–536. doi:10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009
- Wolk, R., & Kerr, A. R. (2025). Diagnostic adjuncts and biopsy techniques for oral potentially malignant disorders and oral cavity squamous cell carcinoma. *Dental Clinics of North America*, 69(3), 357–377. doi:10.1016/j.cden.2025.03.003
- Xu, Y., Zhang, T., Liu, D., Qiu, X., Hou, F., Wang, J., . . . Chen, Q. (2025). New IPCL classification using NBI for early

- detection of OPMDs malignant transformation. *Oral Diseases*, 31(4), 1198–1205. doi:10.1111/odi.15200
- Yang, Z., Pan, H., Shang, J., Zhang, J., & Liang, Y. (2023). Deep-learning-based automated identification and visualization of oral cancer in optical coherence tomography images. *Biomedicines*, 11(3), 802. doi:10.3390/biomedicines11030802
- Yousaf, K. M., Ali, J., Waris, A., & Ali, K. (2026). Autofluorescence-based devices for oral cancer screening: A scoping review. *Journal of Dentistry*, 176, 106966. doi:10.1016/j.jdent.2026.106966
- Yumnam, R., Rangaswamy, S., Singh, D. N., Atom, J., Nandita, A., & Chungkham, S. (2025). Lugol's iodine-guided excision margin determination in oral mucosal lesion management. *Bioinformation*, 21(8), 2631–2634. doi:10.6026/973206300212631
- Zanoni, D. K., Demétrio De Souza França, P., Valero, C., Peterson, G., Ardigo, M., Ghosseini, R., . . . Patel, S. G. (2024). A prospective double-blinded comparison of reflectance confocal microscopy with conventional histopathology for in vivo assessment in oral cancer. *Clinical Cancer Research*, 30(11), 2486–2496. doi:10.1158/1078-0432.CCR-23-1361
- Zhang, Y., Liu, Z., Wu, C., Li, G., Liu, M., Han, X., . . . Zhao, J. (2025). Determination of the pathological staging of the oral squamous cell carcinoma based on microscopic hyperspectral imaging. *Oral Oncology*, 170, 107686. doi:10.1016/j.oraloncology.2025.107686

# **DENTAL KIBT GÖRÜNTÜLERİNDE KRANİYOSERVİKAL ANATOMİK VARYASYONLAR VE KLİNİK ÖNEMİ**

**İsmail ÇAPAR<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), yüksek uzaysal çözünürlükle üç boyutlu sert doku görüntülemesi sağlaması nedeniyle dentoalveoler ve maksillofasiyal değerlendirmede yaygınlaşmıştır. İstem çoğunlukla implant planlaması, gömülü dişler, endodontik sorunlar veya ortodontik değerlendirmeyle ilişkili olsa da orta ve geniş görüntüleme alanlarında kafa tabanı, kraniyovertebral bileşke ve servikal vertebraların bir bölümü de hacme girebilir. Bu nedenle KIBT hacmi, kesitlerin tamamı incelenmesi gereken üç boyutlu bir veri seti olarak değerlendirilmelidir (Scarfe vd., 2012; Horner vd., 2015).

Kraniyoservikal bölge; oksipital kemik, foramen magnum, atlas, aksis, atlanto-oksipital ve atlantoaksiyal eklemler ile komşu nörovasküler yapılardan oluşur. Geniş hareket açıklığına izin verirken beyin sapı, üst servikal spinal kord ve vertebral arterleri korur; hareketlilik ile stabilite kemik morfolojisi, eklem yüzleri ve ligamentöz desteklere bağlıdır (Lopez vd., 2015). Embriyolojik gelişimin karmaşıklığı nedeniyle atlas ark defektleri, ponticulus posticus, atlas asimilasyonu ve

---

<sup>1</sup> Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0007-2753-4271.

segmentasyon farklılıkları bu bölgede görülebilir (Pang ve Thompson, 2011).

Bu varyasyonların çoğu asemptomatik ve insidentaldir. Bununla birlikte bazıları travmatik kırık veya dejeneratif değişikliklerle karıştırılabilir; bazıları ise üst servikal cerrahi ya da vertebral arterin seyri açısından önem taşıyabilir. Klinik önem; varyasyonun tam veya kısmi oluşuna, tarafına, komşu yapılarla ilişkisine ve planlanan girişime bağlıdır.

Bu bölümün amacı, dental KIBT hacimlerinde karşılaşılabilen kraniyoservikal varyasyonların gelişimsel temelini ve görüntüleme özelliklerini açıklamak, klinik önemlerini kanıt düzeyine uygun biçimde tartışmak ve raporlama ilkelerini ortaya koymaktır. Bölüm, KIBT'nin bu amaçla rutin kullanılmasını önermemekte; başka bir endikasyonla elde edilmiş hacimdeki alanların sistematik değerlendirilmesine odaklanmaktadır.

## **2. KRANIYOSERVİKAL BÖLGENİN KIBT İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **2.1. Görüntüleme Alanı ve Teknik Sınırlar**

KIBT'de görüntülenen kraniyoservikal yapıların kapsamı cihaz geometrisine, görüntüleme alanının boyutuna, hasta konumlandırmasına ve rekonstrüksiyon sınırlarına göre değişir. Küçük dentoalveoler alanlarda servikal yapılar çoğunlukla hacim dışında kalırken, ortodontik veya ortognatik amaçlı geniş alanlarda foramen magnum, atlas, aksis ve alt servikal vertebralar görüntülenebilir. Hacme kısmen giren bir yapının normal olduğuna karar verilmemeli; incelenen anatomik sınır raporda belirtilmelidir.

KIBT, kortikal kemik ve yüksek kontrastlı osseöz yapıların değerlendirilmesinde yararlıdır. Buna karşılık spinal

kord, bağlar, diskler, kemik iliği ve damar lümeni için manyetik rezonans görüntüleme (MRG) veya medikal bilgisayarlı tomografi (BT) kadar bilgi sağlamaz; gri değerlerin cihaza bağlı değişkenliği de doku karakterizasyonunu sınırlar. Saptanan bir varyasyona nörolojik bası, vasküler daralma veya instabilite eşlik ettiği düşünüldüğünde uygun ileri görüntüleme ve yönlendirme gerekir (Hayashi vd., 2018; Horner vd., 2015).

## **2.2. Sistematik İnceleme**

Kraniyoservikal alan değerlendirilirken aksiyal kesitler kemik halkaların devamlılığı ve simetri için; sagittal kesitler klivus, dens ve ark ilişkileri için; koronal kesitler ise oksipital kondiller, lateral kitleler ve asimilasyon paternleri için birlikte kullanılmalıdır. Üç boyutlu yüzey rekonstrüksiyonları yardımcıdır ancak primer tanı aracı değildir; eşikleme ince korteksi olduğundan farklı gösterebileceğinden tanısal karar çok düzlemli kesitlerde doğrulanmalıdır (Scarfe vd., 2012; Shi vd., 2007).

İnceleme sırasında atlas arklarının kortikal devamlılığı, vertebral arter oluşunun üzerindeki kemik köprüler, atlas-okspit füzyonu, dens morfolojisi ve servikal vertebraların segmentasyonu değerlendirilmelidir. Bir kemik kesintisi görüldüğünde kenarların kortike olup olmadığı, çevrede skleroz veya yumuşak doku şişliği bulunup bulunmadığı ve bulgunun ardışık kesitlerdeki seyri incelenmelidir (Gangopadhyay ve Aslam, 2003; Suphamungmee vd., 2023).

## **2.3. Bulguların Klinik Bağlamda Yorumlanması**

Anatomik varyasyonun görülmesi, hastanın baş-boyun ağrısının veya nörolojik yakınmalarının nedeni olduğunu tek başına göstermez; bildirilen ilişkilerin önemli bölümü kesitsel, retrospektif ya da seçilmiş örneklemelere dayanmaktadır (Ahn vd., 2018; Aranitasi vd., 2017; Patcas vd., 2013). Bu nedenle

raporlama kanıtlanmamış çıkarımlar yerine morfolojik tanımlamaya dayanmalıdır.

### **3. ATLAS VARYASYONLARI**

#### **3.1. Ponticulus Posticus ve Arkuat Foramen**

Ponticulus posticus, atlasın posterior arkında vertebral arter oluşunun üzerinde gelişen kemik köprüdür. Tam köprü oluştuğunda oluk bir arkuat foramene dönüşür; tamamlanmamış köprü parsiyel tip olarak tanımlanır. Literatürde arcuate foramen ve Kimmerle anomalisi gibi adlar da kullanılmış olup güncel derlemeler terminoloji standardizasyonunu vurgulamaktadır (Ahn vd., 2018).

Varyasyon unilateral veya bilateral, tam veya kısmi olabilir. KIBT’de sagittal ve oblik sagittal kesitlerde posterior arkın superiorunda kemik köprü; aksiyal kesitlerde vertebral arter oluşunu çevreleyen kortike yapı izlenir. Tam tipte foramenin tüm çevresi kortike kemikle sınırlıdır; parsiyel tipte karşı uçla birleşmeyen kemik spikülü görülür.

KIBT çalışmalarında bildirilen prevalans değerleri örneklemin yaşı, etnik yapısı, sınıflama ölçütleri ve görüntüleme tekniğine göre geniş aralık göstermektedir. Bayrakdar ve arkadaşları (2014), 730 KIBT incelemesinde prevalansı %17,4; Sekerci ve arkadaşları (2015) 698 olguluk Türk örnekleminde %36,8; Geist ve arkadaşları (2014) çocuk ve adölesanlarda %26,2; Saleh ve arkadaşları (2018) ise 2917 BT incelemesinde %22,5 olarak bildirmiştir. Ordoñez-Cure ve arkadaşlarının (2025) 43 çalışma ve 31.587 hastayı kapsayan BT tabanlı meta-analizinde havuzlanmış prevalans ponticulus posticus için %21, ponticulus lateralis için %5 bulunmuş; parsiyel formun (%18) tam formdan (%14) daha sık olduğu gösterilmiştir. Bu farklılıklar çalışmanın yöntemi ve popülasyonu ile birlikte yorumlanmalıdır.

Ponticulus posticusun oluşumu geleneksel olarak posterior atlanto-oksipital membranın ossifikasyonu ile açıklanmıştır. Ancak farklı yaş gruplarında gösterilen morfolojik paternler, gelişimsel ve yaşla ilişkili süreçlerin katkısının daha karmaşık olabileceğini düşündürmekte; bulgunun yalnızca dejeneratif kalsifikasyon olarak tanımlanmasını doğru kılmamaktadır (Geist vd., 2014; Ahn vd., 2018).

Varyasyonun başlıca klinik önemi, atlasın lateral kitle veya posterior arkına vida yerleştirilen işlemlerde vertebral arterin V3 segmentiyle olan yakın ilişkisidir; kemik köprü kalın bir posterior ark gibi algılanırsa cerrahi trajektuvar arteri tehlikeye atabilir (Ahn vd., 2018). Gul ve Atik (2024), tam ponticulus posticus bulunan seçilmiş olgularda vertebral arter çapının daha düşük olduğunu bildirmiştir; ancak bu bulgu, saptanan her ponticulus posticusun vasküler yetmezlik oluşturduğu biçiminde yorumlanmamalıdır.

Raporlamada taraf, tam veya kısmi oluş ve mümkünse komşu kemik morfolojisi belirtilmelidir. Üst servikal cerrahi öyküsü veya planı, açıklanamayan nörolojik yakınmalar ya da karmaşık kemik morfolojisi varsa ilgili uzman değerlendirmesi önerilebilir.

### **3.2. Atlas Posterior Ark Defektleri**

Atlas posterior ark defektleri, posterior arkın embriyolojik füzyonundaki farklılıklar sonucunda ortaya çıkan düzgün kortike açıklık veya segment eksiklikleridir. Currarino ve arkadaşlarının (1994) sınıflaması beş tip içerir: Tip A, iki hemiarkın posterior orta hatta birleşmemesi; Tip B, tek taraflı defekt; Tip C, bilateral defekt ve posterior arkın dorsal bölümünün korunması; Tip D, posterior arkın yokluğu ile posterior tüberkülün korunması; Tip E ise posterior arkın tamamının ve posterior tüberkülün yokluğudur. Tip A en sık bildirilen formdur. Baena-Caldas ve arkadaşları (2024), KIBT tabanlı bir kohortu sistematik

derlemeyle birlikte değerlendirerek bu tiplerin alt gruplarını da tanımlayan güncellenmiş bir sınıflama önermiştir.

Suphamungmee ve arkadaşlarının (2023) retrospektif değerlendirme, sistematik derleme ve meta-analizi; posterior ark defektlerinin havuzlanmış prevalansını yaklaşık %2 olarak bildirmiş, anterior ve kombine defektlerin çok daha seyrek olduğunu göstermiş ve bu defektlerin morfolojik tanımlanmasındaki terminoloji sorunlarına dikkat çekmiştir. Prevalans verileri, farklı görüntüleme yöntemleri ve seçilmiş klinik örneklemeler nedeniyle değişebilir.

KIBT’de konjenital defektin kenarları genellikle düzgün ve kortikedir; orta hat defekti aksiyal kesitlerde posterior arkın kesintiye uğraması şeklinde izlenir ve kırıkla karışabilir. Düzgün kortikasyon, tipik orta hat yerleşimi ve travmatik bulguların olmaması gelişimsel defekti destekler; düzensiz kesinti, yer değiştirme ve yumuşak doku bulguları travmatik hasar lehinedir (Gangopadhyay ve Aslam, 2003).

Posterior ark defektleri çoğu zaman insidental ve asemptomatiktir. Currarino ve arkadaşlarının (1994) serisinde bazı hastalarda travma sonrası geçici boyun veya nörolojik belirtiler bildirilmiştir. Nadir Tip C ve D paternlerinde korunmuş kemik fragmanın hareketle spinal kanala yaklaşabileceği tartışılmıştır; bu durumda uzman değerlendirmesi uygundur.

### **3.3. Anterior ve Kombine Atlas Ark Defektleri**

Anterior ark defektleri posterior defektlerden daha nadirdir. Orta hat açıklığı tek başına veya posterior ark defektiyle birlikte görülebilir; her ikisinin birlikte etkilenmesi “split atlas” veya bipartit atlas olarak adlandırılır. Gelişimsel açıklıklar düzgün kortike olmakla birlikte travmatik Jefferson kırığı ile karışabilir; çok düzlemli değerlendirmede defekt kenarlarının morfolojisi ve lateral kitlelerin konumu incelenmelidir.

Suwannakhan ve arkadaşları (2024), atlanto-oksipital asimilasyonla birlikte anterior ve posterior ark defekti bulunan nadir bir olguyu BT morfometrisiyle sunmuş; bu tür birlikteliklerde tek bir varyasyonu izole olarak adlandırmanın yetersiz kalabileceğini göstermiştir. Kraniovertebral kanal boyutunu etkileyebilecek bir konfigürasyonda medikal BT ve/veya MRG düşünülmelidir.

## **4. ATLANTO-OKSİPİTAL BÖLGE VARYASYONLARI**

### **4.1. Atlas Asimilasyonu**

Atlas asimilasyonu veya atlas oksipitalizasyonu, atlasın oksipital kemikle kısmi ya da tam füzyonudur ve embriyolojik olarak proatlas ile ilk servikal sklerotom arasındaki segmentasyon farklılığıyla ilişkilidir (Pang ve Thompson, 2011). Füzyon anterior arkta, posterior arkta, lateral kitlelerde veya bunların kombinasyonlarında oluşabilir; tam asimilasyonda eklem aralığı büyük ölçüde kaybolurken kısmi tipte bölgesel kemik köprüler görülebilir.

KIBT’de koronal kesitler oksipital kondil-lateral kitle ilişkisini, sagittal kesitler anterior ve posterior ark füzyonunu, aksiyal kesitler ise atlas halkasının sürekliliğini gösterir. Asimetrik asimilasyon baş pozisyonuna veya rekonstrüksiyon eğimine bağlı yalancı asimetriyle karıştırılmamalıdır. Atlasın tamamı görüntüleme alanında değilse asimilasyonun kapsamı güvenilir biçimde sınıflandırılmaz.

Atlas asimilasyonu radyolojik serilerde düşük sıklıkta bildirilmiş olsa da kullanılan popülasyon ve yöntem oranları etkiler. Khamanarong ve arkadaşları (2013), 633 erişkin Tay kafatasında iki olgu saptamıştır. Yan ve arkadaşlarının (2023) 2500 erişkin BT incelemesi, atlantoaksiyal dislokasyon bulunan

ve bulunmayan olguların morfolojik farklılıklarını göstermiş; asimilasyonun tek tip bir görünüm olmadığını ortaya koymuştur.

Atlas asimilasyonu tamamen asemptomatik olabilir. Bununla birlikte bazı olgularda atlantoaksiyal instabilite, baziler invajinasyon, Chiari malformasyonu ve vertebral arter varyasyonlarıyla birliktelik bildirilmektedir (Joaquim vd., 2021). Spinal kanal boyutlarında azalma, densin olağan dışı kraniyal konumu veya nörolojik yakınma varsa MRG ya da uygun medikal BT ile uzman değerlendirmesi önerilmelidir.

#### **4.2. Parakondiler ve Epitransvers Prosesler**

Parakondiler proses, oksipital kondilin lateralinden inferiora doğru uzanan kemik çıkıntısıdır. Epitransvers proses ise atlasın transvers prosesinden oksipital kemiğe doğru uzanır. Bu iki yapı karşılıklı olarak uzadığında psödoartikülasyon veya aksesuar atlanto-oksipital eklem oluşabilir (Taitz, 2000; Torok-Oance vd., 2021). Küçük kemik çıkıntılar çoğunlukla insidental iken, belirgin neoartikülasyon baş hareketlerini mekanik olarak sınırlayabilir.

Koronal ve sagittal KIBT kesitleri çıkıntıların kökenini ve karşılıklı ilişkisini gösterir; kemik yüzeylerde kortikasyon ve eklem benzeri karşılaşma alanı izlenebilir. Janssen ve arkadaşları (2019) unilateral parakondiler-epitransvers neoartikülasyonu, McCall ve arkadaşları (2010) ise rezeksiyon sonrası ağrısı düzelen semptomatik bir olguyu bildirmiştir. Ancak olgu bildirimleri nedensellik kanıtı oluşturmaz.

### **5. AKSİS VE SERVİKAL VERTEBRA VARYASYONLARI**

#### **5.1. Odontoid Proses ve Aksis Varyasyonları**

Aksisin odontoid prosesi, atlasın anterior arkı ile eklemleşerek başın rotasyonunda merkezi pivot görevi görür.

Densin gelişimi birden fazla ossifikasyon merkezinin birleşmesini içerdiğinden os odontoideum, persistan ossiculum terminale, dens hipoplazisi ve füzyon farklılıkları görülebilir; klinik önemleri atlantoaksiyal stabilite ve spinal kanal ilişkisine göre değişir (Pang ve Thompson, 2011; Smoker ve Khanna, 2008).

Os odontoideum, dens gövdesinden ayrı düzgün kortike ossikül; persistan ossiculum terminale ise dens apeksine komşu küçük kortike bir yapı olarak izlenir. Yaş, gelişim evresi ve travma öyküsü yorumda önemlidir. Dental KIBT ile kesin travma değerlendirmesi yapılmamalı; instabilite dinamik görüntüleme, spinal kord etkilenmesi ise MRG gerektirir.

## **5.2. Servikal Vertebra Ark Defektleri ve Orta Hat Yarıkları**

Atlas dışındaki servikal vertebralarda da posterior elemanların füzyon kusurları ve orta hat yarıkları görülebilir. Popat ve arkadaşları (2008), ortodontik amaçla elde edilmiş KIBT görüntülerinde insidental yarıklar bildirmiş ve geniş alanlı hacimlerin bütünüyle raporlanması gerektiğini vurgulamıştır. Bu bulgular düzgün kortike açıklıklar şeklindedir; travmayla karışmaması için çok düzlemli değerlendirme gerekir.

Bir yarığın yalnızca üç boyutlu yüzey görüntüsünde görülmesi yeterli değildir; ince korteks eşikleme ayarına bağlı olarak yüzey rekonstrüksiyonunda kesintiye uğrayabilir. Klinik olarak asemptomatik, küçük ve tipik gelişimsel yarıklarda ek işlem gerekmez; atipik morfoloji, ağrı, travma veya nörolojik bulgu varsa ileri değerlendirme gerekir.

## **5.3. Blok Vertebra ve Segmentasyon Anomalileri**

Konjenital blok vertebra, komşu segmentlerin gelişimsel ayrışma kusuruna bağlı birleşmesidir; füzyon vertebra gövdelerini, faset eklemleri, nöral arkı veya transvers

prosesleri etkileyebilir. Birden fazla seviyenin etkilendiği ve klinik bulguların eşlik ettiği durumlar Klippel-Feil spektrumu içinde değerlendirilebilir. Dental KIBT'nin kapsadığı alan, bu anomalilerin tüm servikal omurgadaki dağılımını göstermeye yetmeyebilir.

İki boyutlu sefalometrik görüntülerde süperpozisyon ve dejeneratif osteofitler füzyon izlenimi oluşturabilir. Patcas ve arkadaşlarının (2013) kadavra doğrulamalı çalışması, lateral sefalogramlarda füzyon olarak değerlendirilen bazı görünümünün BT ve KIBT'de dejeneratif değişikliklerle ilişkili olabileceğini göstermiştir. Bu nedenle konjenital füzyon kararı yalnızca lateral görüntüye dayandırılmamalıdır.

Aranitasi ve arkadaşları (2017), ortodonti hastalarının ilk beş servikal vertebraşını KIBT ile değerlendirerek bazı anomaliler ile iskeletsel sınıf veya baş postürü arasında istatistiksel ilişkiler bildirmiştir. Bu ilişkiler seçilmiş örnekleme dayandığından bireysel hastada nedensel olarak yorumlanamaz.

## **6. STİLOİD-STİLOHİYOİD KOMPLEKS VARYASYONLARI**

### **6.1. Anatomi ve KIBT Görünümü**

Stiloid proses temporal kemiğin inferior yüzünden anteroinferior yönde uzanan ince kemik çıkıntıdır; stilohiyoid ligament ve hyoid kemiğin küçük boynuzu ile birlikte embriyolojik olarak Reichert kırırdağıyla ilişkilidir. Kompleksin uzunluğu, kalınlığı, angulasyonu ve segmentasyon paterni bireyler arasında değişir. KIBT, yapı görüntüleme alanına bütünüyle girdiğinde iki tarafın üç boyutlu değerlendirilmesine olanak verir.

Stiloid proses uzunluğu için literatürde sıklıkla 30 mm eşiği kullanılmakla birlikte ölçüm başlangıç noktası,

rekonstrüksiyon düzlemi ve segmentlerin hesaba katılması çalışmalara göre farklıdır; bu nedenle “uzamış” tanımı tek başına klinik sendrom anlamına gelmez. Donmez ve arkadaşları (2017), 1000 KIBT incelemesinde Türk örnekleminde %15,1 oran bildirmiş; Chu ve arkadaşları (2022) Tayvanlı örnekleme morfoloji, kalsifikasyon paterni ve angulasyonu incelemiştir. Triantafyllou ve arkadaşlarının (2025) meta-analizinde havuzlanmış ortalama uzunluk 28,91 mm, uzama sıklığı %25,03 olarak hesaplanmış; en yüksek oranlar BT tabanlı çalışmalarda bildirilmiştir. Popülasyonlar arası karşılaştırmada yöntem farklılıkları dikkate alınmalıdır.

## **6.2. Morfolojik ve Kalsifikasyon Paternleri**

Langlais ve arkadaşlarının (1986) önerdiği sınıflamada morfoloji; kesintisiz uzamış Tip I, psödoartikülasyon gösteren Tip II ve segmentli Tip III olarak tanımlanır. Kalsifikasyon paterni ise kısmi, nodüler veya tamamen kalsifiye görünümeler şeklinde sınıflandırılabilir. Bu sınıflamalar iki boyutlu görüntüler için geliştirilmiş olsa da KIBT çalışmalarında kullanılmaktadır (Langlais vd., 1986; Donmez vd., 2017; Chu vd., 2022).

KIBT’de yapı aksiyal, sagittal ve koronal düzlemlerde izlenmeli; segmentli görünümde aradaki radyolüsent alanların düzenliliği ve iki tarafın karşılaştırılması önemlidir. Görüntüleme alanı hyoid kemiğe kadar uzanmıyorsa tüm stilohiyoid zincirin kalsifikasyon derecesi hakkında kesin ifade kullanılmamalıdır.

## **6.3. Klinik Önem**

Uzamış stiloid proses veya stilohiyoid kompleks kalsifikasyonu çoğu hastada asemptomatiktir. Eagle sendromu; klinik belirtiler, fizik muayene ve görüntüleme bulgularının birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Yutmada ağrı, boğazda yabancı cisim hissi veya yüz-boyun ağrısı yalnızca radyolojik uzunluğa dayanarak stiloid prosese atfedilmemelidir; angulasyon ve semptom tarafı birlikte ele alınmalıdır.

Kurbanova ve arkadaşları (2025), Türk popülasyonunda ponticulus posticus, sella turcica ve stilohiyoid kompleks kalsifikasyonlarını aynı KIBT veri setinde incelemiştir. Varyasyonların aynı hacimde birlikte görülmesi gelişimsel veya klinik bir bağ anlamına gelmez. Raporlamada uzunluk veya belirgin kalsifikasyon betimlenmeli; semptomatik olguda ilgili klinik birime yönlendirme önerilmelidir.

## **7. KLİNİK ÖNEM VE AYIRICI DEĞERLENDİRME**

### **7.1. Travma ile İlişkili Değerlendirme**

Atlas ark defektleri ve odontoid varyasyonları travmatik kırıklarla karışabilir. Düzgün kortike kenarlar ve akut reaksiyon bulgusunun olmaması gelişimsel varyasyonu destekler; ancak travma veya nörolojik bulgu varlığında dental KIBT güvenli dışlama sağlamaz, hasta acil tıbbi değerlendirmeye yönlendirilmelidir (Gangopadhyay ve Aslam, 2003).

### **7.2. Cerrahi Planlama**

Ponticulus posticus ve atlas çevresindeki kemik köprülerin en belirgin klinik önemi üst servikal enstrümantasyondur; arter oluğunun foramen hâline gelmesi, kemik yapının güvenli posterior ark sanılmasına yol açabilir. Atlas asimilasyonu ve parakondiler-epitransvers eklemleşme de cerrahi anatomiye değiştirdiğinden, hasta üst servikal cerrahiye aday ise bu bulgular raporda belirtilmelidir (Ahn vd., 2018; Joaquim vd., 2021).

### **7.3. Dentofasiyal Bulgularla İlişkiler**

Ponticulus posticus, servikal füzyonlar ve posterior ark defektleri ile bazı dental anomaliler veya iskeletsel maloklüzyonlar arasında ilişkiler bildirilmiştir. Ancak lateral sefalogramda füzyon değerlendirmesi yanlış pozitif sonuç

verebilmekte (Patcas vd., 2013), KIBT tabanlı istatistiksel ilişkiler ise seçilmiş ortodontik örneklemelere dayanmaktadır (Aranitasi vd., 2017). Bu kanıtlar hipotez üretici nitelikte görülmelidir.

#### **7.4. Semptomlarla İlişkinin Sınırları**

Boyun ağrısı, baş ağrısı ve vertigo çok faktörlüdür; bir varyasyonun bulunması semptomun nedenini tek başına açıklamaz. Semptom tarafı, hareketle ilişki, nörolojik muayene ve diğer olası nedenler birlikte ele alınmalıdır. Olgu bildirimleri nadir mekanik veya vasküler etkileri gösterse de yaygın bir varyasyon için nedensellik kurmaya yeterli değildir (McCall vd., 2010; Ahn vd., 2018).

#### **7.5. Radyolojik Özet**

Bu bölümde ele alınan varyasyonların KIBT'deki temel görünümü, değerlendirmede dikkat edilmesi gereken noktalar ve olası klinik yaklaşım Tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1. Dental KIBT'de karşılaşılabilecek kraniyoservikal varyasyonların görüntüleme özellikleri ve klinik yaklaşım**

| Varyasyon                             | KIBT'de temel görünüm                   | Önemli değerlendirme                         | Olası klinik yaklaşım                                                      |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Ponticulus posticus                   | Arter oluşu üzerinde kısmi/tam köprü    | Taraf ve tip; cerrahi ilişki                 | Raporda betimleme; cerrahi veya klinik şüphede ileri değerlendirme         |
| Atlas posterior ark defekti           | Düzgün kortike tek/çift taraflı açıklık | Currarino tipi; travma bulguları             | Tipik bulguda raporda betimleme; travma veya nörolojik bulguda yönlendirme |
| Atlas asimilasyonu                    | Atlas-okspit arasında kısmi/tam füzyon  | Kapsam; dens ve kanal ilişkisi               | Belirgin morfoloji/semptomda medikal BT ve/veya MRG                        |
| Parakondiler-epitransvers proses      | Oksiput-atlas arasında çıkıntı/eklem    | Taraf ve eklemleşme                          | Raporda betimleme; ağrı/kısıtlılıkta klinik korelasyon                     |
| Servikal blok vertebra                | Komşu segmentlerde kemik birleşme       | Gövde/posterior elemanlar; dejeneratif ayrım | Kapsam sınırlıysa temkinli raporlama; semptomda yönlendirme                |
| Uzamış/kalsifiye stilohipoid kompleks | Uzun, psödoartiküle veya segmentli yapı | Uzunluk, angulasyon, taraf                   | Raporda betimleme; uyumlu klinikte ilgili uzmana yönlendirme               |

## **8. KIBT RAPORLAMASINDA DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR**

KIBT raporu, görüntülenen hacmin tamamının sistematik incelemesine dayanmalıdır; bölgenin yalnızca bir kısmı hacme giriyorsa bu sınır yorumda dikkate alınmalıdır. İnsidental varyasyonun raporlanmasında belirleyici olan, bulgunun klinik yönetimi, cerrahi riski veya ileri inceleme gereksinimini etkileyip etkilemediğidir (Scarfe vd., 2012; Alsufyani, 2017).

Raporlama dili betimleyici olmalıdır; örneğin “sağda tam ponticulus posticus ile uyumlu kemik köprü” ifadesi kanıtlanmamış semptom atıflarından daha uygundur. Atlas asimilasyonunda füzyonun kısmi/tam ve unilateral/bilateral niteliği, blok vertebrada değerlendirilebilen seviyeler, stilohiyoid komplekste ise görüntüleme alanının kapsadığı bölüm belirtilmelidir.

“Klinik önemi yoktur” gibi kesin ifadelerden kaçınılmalıdır; çoğu varyasyon asemptomatik olsa da bağlama göre önem değişebilir. Buna karşılık her varyasyon için rutin ileri görüntüleme önermek gereksiz tetkik ve kaygıya yol açabilir. Aşağıdaki durumlar yönlendirme eşiğini düşürür:

- Akut travma veya travmatik kırıkla ayırım güçlüğü,
- Nörolojik defisit, açıklanamayan şiddetli boyun ağrısı ya da vertebroziler semptom şüphesi,
- Spinal kanal veya foramen magnum alanını etkileyebilecek belirgin kemik morfolojisi,
- Atlas asimilasyonu ile dens konumunda veya atlantoaksiyal ilişkide belirgin anormallik,
- Üst servikal cerrahi ya da enstrümantasyon planı,
- Çoklu servikal segmentasyon anomalisi veya sendromik bulgular,

- KIBT'nin görüntüleme alanı ya da yumuşak doku çözünürlüğü nedeniyle tamamlanamayan değerlendirme.

İleri inceleme yöntemi klinik soruya göre seçilmelidir: kemik morfolojisi için medikal BT, spinal kord ve ligamentöz yapılar için MRG, vertebral arter şüphesi için BT veya MR anjiyografi uygun olabilir. Yalnızca varyasyon araştırmak amacıyla yeni bir KIBT çekimi rutin yaklaşım değildir (Horner vd., 2015; Hayashi vd., 2018).

## 9. SONUÇ

Dental KIBT hacimleri, temel dental endikasyonun ötesinde kraniyoservikal bölgenin önemli bir bölümünü içerebilir. Ponticulus posticus, atlas ark defektleri, atlas asimilasyonu, parakondiler ve epitransvers prosesler, servikal segmentasyon anomalileri ve stilohiyoid kompleks varyasyonları başlıca bulgulardır; çoğu asemptomatik olsa da travmatik lezyonlardan ayrılımları ve cerrahi planlamada tanınmaları nedeniyle önem taşır.

Güvenilir değerlendirme; aksiyal, sagittal ve koronal kesitlerin birlikte incelenmesini, üç boyutlu rekonstrüksiyonların yalnızca tamamlayıcı kullanılmasını ve görüntüleme alanı sınırlarının dikkate alınmasını gerektirir. Klinik anlam yalnızca varyasyonun varlığına değil; semptomlar, travma öyküsü ve planlanan girişimle birlikte yorumlanmalıdır. KIBT'nin sınırlarını aşan sorularda uygun medikal görüntüleme ve uzman konsültasyonu önerilmelidir.

## KAYNAKÇA

- Ahn, J., Duran, M., Syldort, S., Rizvi, A., D'Antoni, A. V., Johal, J., ... Tubbs, R. S. (2018). Arcuate foramen: Anatomy, embryology, nomenclature, pathology, and surgical considerations. *World Neurosurgery*, 118, 197–202.
- Alsufyani, N. A. (2017). Cone beam computed tomography incidental findings of the cervical spine and clivus: Retrospective analysis and review of the literature. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 123(6), e197–e217.
- Aranitasi, L., Tarazona, B., Zamora, N., Gandía, J. L., & Paredes, V. (2017). Influence of skeletal class in the morphology of cervical vertebrae: A study using cone beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*, 87(1), 131–137.
- Baena-Caldas, G. P., Mier-García, J. F., Griswold, D. P., Herrera-Rubio, A. M., & Peckham, X. (2024). Anatomical variations of the atlas arches: Prevalence assessment, systematic review and proposition for an updated classification system. *Frontiers in Neuroscience*, 18, 1348066.
- Bayrakdar, I. S., Miloglu, O., Altun, O., Gumussoy, I., Durna, D., & Yilmaz, A. B. (2014). Cone beam computed tomography imaging of ponticulus posticus: Prevalence, characteristics, and a review of the literature. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 118(6), e210–e219.
- Chu, M. I., Chen, C. H., Lee, C. Y., & Chen, Y. K. (2022). Retrospective study of the styloid process in a Taiwanese population using cone beam computed tomography. *Journal of Dental Sciences*, 17(1), 345–353.

- Currarino, G., Rollins, N., & Diehl, J. T. (1994). Congenital defects of the posterior arch of the atlas: A report of seven cases including an affected mother and son. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, 15(2), 249–254.
- Donmez, M., Okumus, O., & Pekiner, F. N. (2017). Cone beam computed tomographic evaluation of styloid process: A retrospective study of 1000 patients. *European Journal of Dentistry*, 11(2), 210–215.
- Gangopadhyay, S., & Aslam, M. (2003). Posterior arch defects of the atlas: Significance in trauma and literature review. *European Journal of Emergency Medicine*, 10(3), 238–240.
- Geist, J. R., Geist, S. M., & Lin, L. M. (2014). A cone beam CT investigation of ponticulus posticus and lateralis in children and adolescents. *Dentomaxillofacial Radiology*, 43(5), 20130451.
- Gul, E., & Atik, I. (2024). Does ponticulus posticus affect vertebral artery diameter? *Surgical and Radiologic Anatomy*, 46(9), 1517–1524.
- Hayashi, T., Arai, Y., Chikui, T., Hayashi-Sakai, S., Honda, K., Indo, H., ... Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. (2018). Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. *Oral Radiology*, 34(2), 89–104.
- Horner, K., O'Malley, L., Taylor, K., & Glenney, A. M. (2015). Guidelines for clinical use of CBCT: A review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140225.
- Janssen, N., Mebis, W., & Gielen, J. (2019). Unilateral paracondylar-epitransverse neo-articulation with secondary atlas-axis rotation anomaly: Teaching point: Variants of the craniovertebral junction can be depicted

and characterized on CT. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, 103(1), 42.

Joaquim, A. F., Evangelista Santos Barcelos, A. C., & Daniel, J. W. (2021). Role of atlas assimilation in the context of craniocervical junction anomalies. *World Neurosurgery*, 151, 201–208.

Khamanarong, K., Woraputtaporn, W., Ratanasuwan, S., Namking, M., Chaijaroonkhanarak, W., & Sae-Jung, S. (2013). Occipitalization of the atlas: Its incidence and clinical implications. *Acta Medica Academica*, 42(1), 41–45.

Kurbanova, A., Polat Balkan, E., İncebeyaz, B., Aksoy, S., & Orhan, K. (2025). Retrospective evaluation of ponticulus posticus prevalence, sella turcica types, and stylohyoid complex calcifications in a group of Turkish population. *Anatomical Science International*, 100(1), 54–63.

Langlais, R. P., Miles, D. A., & Van Dis, M. L. (1986). Elongated and mineralized stylohyoid ligament complex: A proposed classification and report of a case of Eagle's syndrome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 61(5), 527–532.

Lopez, A. J., Scheer, J. K., Leibl, K. E., Smith, Z. A., Dlouhy, B. J., & Dahdaleh, N. S. (2015). Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurgical Focus*, 38(4), E2.

McCall, T., Coppens, J., Couldwell, W., & Dailey, A. (2010). Symptomatic occipitocervical paracondylar process. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 12(1), 9–12.

Ordoñez-Cure, S., Moreno-Drada, J., Mier-García, J. F., & Baena-Caldas, G. P. (2025). The ponticulus of the atlas vertebra: A systematic review and meta-analysis of its

prevalence with its surgical relevance. *North American Spine Society Journal*. [Cilt ve makale numarası yayıncı sayfasından doğrulanmalıdır.]

- Pang, D., & Thompson, D. N. (2011). Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Child's Nervous System*, 27(4), 523–564.
- Patcas, R., Tausch, D., Pandis, N., Manestar, M., Ullrich, O., Karlo, C. A., ... Kellenberger, C. J. (2013). Illusions of fusions: Assessing cervical vertebral fusion on lateral cephalograms, multidetector computed tomographs, and cone-beam computed tomographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 143(2), 213–220.
- Popat, H., Drage, N., & Durning, P. (2008). Mid-line clefts of the cervical vertebrae: An incidental finding arising from cone beam computed tomography of the dental patient. *British Dental Journal*, 204(6), 303–306.
- Saleh, A., Gruber, J., Bakhsh, W., Rubery, P. T., & Mesfin, A. (2018). How common is the ponticulus posticus? A computed tomography based analysis of 2917 patients. *Spine*, 43(8), E436–E441.
- Scarfe, W. C., Li, Z., Aboelmaaty, W., Scott, S. A., & Farman, A. G. (2012). Maxillofacial cone beam computed tomography: Essence, elements and steps to interpretation. *Australian Dental Journal*, 57(Suppl. 1), 46–60.
- Sekerci, A. E., Soylu, E., Arıkan, M. P., Özcan, G., Amuk, M., & Kocoglu, F. (2015). Prevalence and morphologic characteristics of ponticulus posticus: Analysis using cone-beam computed tomography. *Journal of Chiropractic Medicine*, 14(3), 153–161.

- Shi, H., Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2007). Three-dimensional reconstruction of individual cervical vertebrae from cone-beam computed-tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(3), 426–432.
- Smoker, W. R., & Khanna, G. (2008). Imaging the craniocervical junction. *Child's Nervous System*, 24(10), 1123–1145.
- Suphamungmee, W., Yurasakpong, L., Poonudom, K., Tubbs, R. S., Iwanaga, J., Kruepunga, N., ... Suwannakhan, A. (2023). Radiological study of atlas arch defects with meta-analysis and a proposed new classification. *Asian Spine Journal*, 17(5), 975–984.
- Suwannakhan, A., Trerattanavong, P., Yurasakpong, L., Kirisattayakul, W., Kruepunga, N., Tuntiseranee, K., ... Senarai, T. (2024). Atlantooccipital assimilation associated with combined atlas arch defect: A radiological case report. *Anatomy & Cell Biology*, 57(3), 468–472.
- Taitz, C. (2000). Bony observations of some morphological variations and anomalies of the craniovertebral region. *Clinical Anatomy*, 13(5), 354–360.
- Torok-Oance, R., Popa, S., & Slejiuc, I. (2021). Rare association of anatomical variations of the atlas and the occipital in a case with cranial deformation. *Anatomical Science International*, 96(2), 319–325.
- Triantafyllou, G., Paschopoulos, I., Duparc, F., Tsakotos, G., Papadopoulos-Manolarakis, P., & Piagkou, M. (2025). The anatomy of the stylohyoid chain: A systematic review with meta-analysis. *Diagnostics*, 15(7), 925.
- Yan, J., Qiu, C., Fu, L., Liu, X., & Zheng, Y. (2023). Radiologic features of atlas occipitalization and its clinical implications. *Spine*, 48(13), 962–968.

## YAŞLILARDA AĞIZ KURULUĞU (KSEROSTOMİ)

Hasibe TAŞKIN<sup>1</sup>

### 1. GİRİŞ VE TANIM

Kserostomi, tükürük akışındaki ciddi azalmanın neden olduğu öznel bir ağız kuruluğu hissi olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, özellikle yaşlı popülasyonda yaygın görülen ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyen bir sağlık sorunudur. Kserostomi terimi, Yunanca "xeros" (kuru) ve "stoma" (ağız) kelimelerinden türetilmiştir ve hastanın öznel ağız kuruluğu hissini ifade ederken, hiposalivasyonu (tükürük akışında objektif azalma) tanımlamak için kullanılmamaktadır (Ouanounou, 2016; Turner & Ship, 2007). Kserostomi, mutlaka objektif tükürük salgısı azalması (hiposalivasyon) ile birlikte olmayabilir; bazı hastalar normal tükürük akış hızına sahip olsalar bile ağız kuruluğu hissi yaşayabilirler. Hiposalivasyon ise objektif olarak ölçülen tükürük akış hızının azalması olarak tanımlanır ve genellikle uyarılmamış tükürük akış hızının  $<0.1$  mL/dakika veya uyarılmış tükürük akış hızının  $<0.7$  mL/dakika olması durumudur (Morita et al., 2023; Narhi et al., 1999).

Tükürük, oral ve orofaringeal sağlığın korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Normal fizyolojik koşullarda, yetişkin bir birey günde yaklaşık 0.5-1.5 litre tükürük üretmektedir. Tükürük; çiğneme, yutma, konuşma ve tat alma gibi temel fonksiyonların yanı sıra, oral mukozanın korunması, antimikrobiyal savunma, remineralizasyon ve pH tamponlama

---

<sup>1</sup> Öğr. Gör. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Dişçilik Hizmetleri Bölümü, ORCID: 0000-0001-7344-0988.

gibi önemli görevler üstlenmektedir (Dodds et al., 2015; Ying Joanna & Thomson, 2015).

Kserostomi yaşlanmanın normal bir fenomeni mi; yoksa çoklu ilaç kullanımı, kronik hastalıklar ve diğer risk faktörleri bu popülasyonda kserostomi prevalansını artırmakta mı araştırılmaya devam edilen bir konudur (Barbe, 2018; Villa et al., 2014).

Geriatric popülasyonda ağız kuruluğu prevalansı, çalışmaların metodolojisine bağlı olarak geniş bir varyasyon göstermekle birlikte, 65 yaş ve üzeri bireylerde %30 ile %45 arasında seyretmektedir. Kserostomi prevalansı yaş, cinsiyet, sistemik hastalıklar ve ilaç kullanımı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Kadınlarda erkeklere göre daha yüksek oranda görülmektedir (Mascarenhas et al., 2025; Sutarjo et al., 2024) Tanı kriterlerindeki heterojenite, gerçek prevalansın saptanmasını zorlaştırır da, yaşlanmayla birlikte hem subjektif hissin hem de objektif hipofonksiyon insidansının dramatik şekilde arttığı genel kabul görmektedir (Kamnoedboon et al., 2026).

## **2. ETİYOLOJİ VE RİSK FAKTÖRLERİ**

Yaşlı bireylerde kserostomi gelişiminin etiyojisi multifaktöriyel bir yapı sergilemekte olup, fizyolojik yaşlanma sürecinin tek başına bir neden olmasından ziyade, bu dönemde artış gösteren sistemik hastalıklar ve çoklu ilaç kullanımı (polifarmasi) temel risk faktörlerini oluşturmaktadır (Barbe, 2018; Ying Joanna & Thomson, 2015).

### **2.1. Polifarmasi ve İlaçlar**

Dünya genelinde yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte, kronik hastalıkların yönetimi için çoklu ilaç kullanımı (polifarmasi) giderek yaygınlaşmaktadır. Yaşlı bireylerde kserostomi ve

hiposalivasyonun en yaygın iatrojenik nedeni, kronik sistemik hastalıkların yönetiminde başvurulmuş çoklu ilaç kullanımımıdır (polifarmasi). Polifarmasi klinik olarak bir hastanın eşzamanlı olarak beş veya daha fazla reçeteli ilaç kullanması durumu olarak tanımlanmaktadır. Kapsamlı sistematik derlemeler, hastanın kullandığı ilaç sayısı ile kserostomi şiddeti ve tükürük bezi disfonksiyonu arasında net bir logaritmik doz-yanıt ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır (Ramírez et al., 2024; Tan et al., 2018). Geriatrik popülasyonda tükürük akışını ve viskozitesini baskılayan temel farmakolojik ajanlar; parasempatik sinir sistemindeki asetilkolin aktivitesini inhibe eden antikolinerjikler ile sempatik sistemi etkileyen ilaç gruplarıdır (Barbe, 2018; Wolff et al., 2017). Tan ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği geniş çaplı metaanaliz çalışması, yaşlılarda ağız kuruluşuna en yüksek oranda neden olan ilaçların sırasıyla idrar inkontinansı tedavisinde kullanılan ürolojik ajanlar, antidepresanlar ve psikoleptikler olduğunu doğrulamıştır (Tan et al., 2018). Bu gruplara ek olarak, geriatrik hastaların reçetelerinde sıklıkla yer alan antihipertansifler (özellikle diüretikler), antiparkinson ajanları, antihistaminikler ve kas gevşeticiler de tükürük sekresyon mekanizmalarını hücresel düzeyde sekteye uğratmaktadır (Fornari et al., 2021). İlaçlara bağlı kserostomi gelişiminin patofizyolojik mekanizmaları temel olarak beş farklı yoldan üzerinden işlemektedir. Antikolinerjik ilaçlar, muskarinik reseptörleri bloke edip parasempatik uyarıyı azaltarak tükürük salgısını doğrudan inhibe eder ve hastanın maruz kaldığı toplam "antikolinerjik yük" kserostomi riskiyle doğrudan ilişkilidir. Sempatomitik ilaçlar sempatik sinir sistemini uyarak tükürük bezlerinde vazokonstriksiyona neden olurken, diüretikler vücut sıvı hacmini düşürerek salgıyı dolaylı yoldan azaltmaktadır. Ayrıca, kronik ilaç kullanımı özellikle yaşlanma süreciyle birleştiğinde tükürük bezlerinde atrofi, fibrozis ve yağlı dejenerasyona yol açabilmektedir. Tüm bu mekanizmalar polifarmasi durumunda kümülatif bir etki yaratarak birleşmekte;

hastanın kullandığı ilaç sayısı arttıkça bu etkilerin toplanmasıyla kserostomi riski de önemli ölçüde yükselmektedir (Huang & Wei, 2026; Kulkarni & Yeoh, 2025; Tan et al., 2018; Wolff et al., 2017).

## **2.2. Sistemik Hastalıklar**

Çeşitli sistemik hastalıklar kserostomi gelişimine katkıda bulunmaktadır. Güncel epidemiyolojik çalışmalar, yaşlı bireylerde ağız kuruluğuna en sık yol açan sistemik patolojilerin başında Diabetes Mellitus, kronik böbrek yetmezliği ve primer/sekonder Sjögren Sendromu gibi otoimmün rahatsızlıkların geldiğini göstermektedir. Özellikle kontrol altına alınmamış diyabetik hastalarda tablonun etiyolojisi multifaktöriyeldir; hiperglisemiye bağlı gelişen poliüri ve sistemik dehidratasyonun yanı sıra, tükürük bezlerini innerve eden otonom sinirlerdeki mikrovasküler nöropati tükürük akış hızını dramatik şekilde düşürür (Fornari et al., 2021; Ramírez et al., 2024). Kserostomi hipertansiyonla da ilişkilili olabileceği bildirilmiştir (Lopez-Pintor et al., 2017). Metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalıklar, nörolojik bozukluklar ve gastrointestinal sistem hastalıkları da kserostomi riskini artıran diğer sistemik durumlar arasında yer almaktadır (Campos et al., 2019).

## **2.3. Radyoterapi**

Baş ve boyun bölgesine uygulanan radyoterapi, tükürük bezlerinin kalıcı hasarına ve ciddi kserostomiye neden olabilmektedir. Radyasyon, tükürük bezi parankimasında fibrozis ve atrofiye yol açarak tükürük üretimini önemli ölçüde azaltmaktadır. Radyoterapi ile ilişkili kserostomi genellikle tedavinin erken dönemlerinde başlamakta ve kalıcı olabilmektedir. Bu durum, baş-boyun kanseri tedavisi gören yaşlı hastalarda önemli bir morbidite nedenidir ve yaşam kalitesini

ciddi şekilde etkilemektedir (Dodds et al., 2015; Drożak et al., 2021; Nihtilä et al., 2019).

## **2.4. Otoimmün Durumlar**

Tükürük bezi disfonksiyonuna ve sekonder kserostomiye yol açan sistemik faktörler arasında otoimmün patolojiler, parankimal dokuda yarattıkları kalıcı ve immün aracılı yıkım nedeniyle kritik bir konuma sahiptir. Otoimmün kaynaklı hiposalivasyonun en karakteristik klinik tablosu Sjögren Sendromu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sjögren Sendromu, temel olarak ekzokrin bezleri (özellikle tükürük ve gözyaşı bezleri) hedef alan, lenfositik infiltrasyonla karakterize kronik ve sistemik otoimmün bir hastalıktır (Liu et al., 2025).

## **2.5. Yaşlanma Süreci**

Yaşlanmanın kendisi kserostominin doğrudan bir nedeni olmasa da, yaşla ilişkili bazı değişiklikler tükürük bezi fonksiyonunu etkileyebilir. Yaşlanma sürecinde tükürük bezlerinde morfolojik değişiklikler meydana gelir; glandüler parankimada asiner hücre sayısı azalır ve adipoz doku ile fibröz doku artışı gözlenir. Ancak, sağlıklı yaşlı bireylerde tükürük akış hızının önemli ölçüde azalmadığı gösterilmiştir (Lu et al., 2020; Morita et al., 2023; Xu et al., 2019).

## **2.6. Diğer risk faktörleri**

Yetersiz sıvı alımı (dehidratasyon), tükürük üretimini azaltır. Sigara içme, alkol tüketimi, tütün çiğneme gibi yaşam tarzı faktörleri, ağız solunumu, protez kullanma gibi lokal faktörler kserostomi üzerine etkili olabilir (Dodds et al., 2015; Drożak et al., 2021; Nihtilä et al., 2019).

### **3. KLİNİK BULGULAR VE KOMPLİKASYONLAR**

Geriatrik popülasyonda tükürük bezi disfonksiyonu ve kserostomi, oral kavitenin fizyolojik, mikrobiyal ve mekanik dengesini bozarak yaşam kalitesini ciddi şekilde düşüren geniş bir semptom ve komplikasyon yelpazesine yol açar.

#### **3.1. Subjektif Semptomlar**

En yaygın subjektif semptom, hastanın hissettiği ağız kuruluğu duygusudur. yaşlı bireylerde yemek yerken ağızda kuruluk hissi, genel ağız kuruluğu hissi, kuru yiyecekleri yemekte zorlanma, bazı yiyecekleri yutmada güçlük, dudaklarda kuruluk hissi, tat bozukluğu, yanan ağız sendromu, boğaz kuruluğu gibi semptomlar bildirilmiştir (Drożak et al., 2021; Lu et al., 2020).

#### **3.2. Objektif bulgular**

##### **3.2.1. Diş çürükleri ve Periodontal Bulgular**

Tükürük akışındaki azalma, dental çürük riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Tükürüğün koruyucu fonksiyonlarının kaybı, özellikle remineralizasyon kapasitesinin azalması, pH tamponlama yeteneğinin bozulması ve antimikrobiyal savunmanın zayıflaması, çürük gelişimini hızlandırmaktadır. Bu hastalarda çürük paterni atipik bir seyir izleyerek özellikle dişlerin servikal üçlüsünde, kök yüzeylerinde ve insizal kenarlarda geniş alanlı demineralizasyonlar şeklinde kendini gösterir. Kserostomi bulunan yaşlı bireylerde periodontal hastalık prevalansının arttığı bildirilmiştir (Anil et al., 2016; Barbe, 2018; Drożak et al., 2021; Hosnijeh et al., 2023; Ouanounou, 2016).

##### **3.2.2. Oral Mukoza ve Yumuşak Doku Bulguları**

Oral mukozada kuruluk, çatlamış ve atrofik dudaklar, beyazlaşmış oral mukoza gözlenebilir. Dudak çevresinde yumuşak doku yırtılmaları ve angular cheilitis görülebilir (Drożak et al., 2021; Mistretta et al., 2020).

### **3.2.3. Dil Değişiklikleri**

Dil muayenesinde, düzgün, iltihaplı veya fissürlü dil görünümü, dorsal papilla kaybı ve dil atrofisi saptanabilir (Mistretta et al., 2020).

### **3.2.4. Oral Kandidiyazis**

Tükürüğün antimikrobiyal özelliklerinin kaybı, oral kandidiyazis ve diğer fırsatçı enfeksiyonlara karşı duyarlılığı artırmaktadır. Oral mukozanın yetersiz lubrikasyonu nedeniyle sıklıkla candida süper enfeksiyonlarının gelişir (Müller et al., 2023; Pei et al., 2024).

### **3.2.5. Fonksiyonel Kayıplar:**

Tükürüğün kayganlaştırıcı (lubrikant) etkisinin ortadan kalkması hastaların çiğneme, yutkunma (disfaji) ve konuşma (disfoni) fonksiyonlarını zorlaştırırken, tat alma duyusunda da (disguzi) belirgin bozulmalara neden olur (Hayslett & Marshall, 2025; Müller et al., 2023; Pei et al., 2024).

**3.2.6. Protetik Komplikasyonlar:** Mukozal nemliliğin kaybı hareketli bölümlü ve tam protezlerin retansiyonunu büyük ölçüde bozarken, tükürüğün yastıkçık işlevini yitirmesi şiddetli protez vuruklarına ve kronik travmatik ülserlere yol açar (Lu et al., 2020; Müller et al., 2023; Skośkiewicz-Malinowska et al., 2019)

### **3.2.7. Yaşam Kalitesine Etkisi**

Ağız kuruluğu, bireyin sadece klinik sağlığını değil, psikososyal refahını da ciddi şekilde bozar. Gece boyunca ağız kuruluğu nedeniyle uykunun bölünmesi, konuşma sırasında dilin damağa yapışması, yutkunma zorlukları ve protez tutuculuğunun tamamen kaybolması bireyi sosyal izolasyona iter. Oral sağlıkla ilgili yaşam kalitesi belirgin şekilde azalır (Demarchi et al., 2023).

## **4. TANI YÖNTEMLERİ**

### **4.1. Subjektif değerlendirme**

Detaylı anamnez, kserostomi tanısının ilk adımıdır. Hastanın ağız kuruluğu hissinin sıklığı, süresi ve şiddeti sorgulanmalıdır (Barbe, 2018; Drożak et al., 2021). Kullanılan tüm ilaçların, özellikle antikolinerjik, antihipertansif, antidepresan ve antihistaminik ilaçların detaylı bir listesi çıkarılmalıdır. Polifarmasi varlığı ve antikolinerjik yük değerlendirilmelidir (Barbe, 2018; Hosnijeh et al., 2023; Thomson et al., 2021). Standardize edilmiş kserostomi anketleri, subjektif semptomların sistematik değerlendirilmesinde kullanılabilir (Al-Dwairi & Lynch, 2014; Zainuddin et al., 2026).

### **4.2. Objektif klinik muayene**

Oral mukoza, dil, dudaklar klinik olarak değerlendirilmeli. Challacombe Clinical Oral Dryness Scale (CODS), klinik oral kuruluk bulgularını skorlamak için kullanılan pratik bir araçtır (Skośkiewicz-Malinowska et al., 2019; Zainuddin et al., 2026). Ayna kayma testi, oral mukozanın lubrikasyonunu değerlendirmek için basit ve pratik bir yöntemdir. Bir dental aynanın bukkal mukoza üzerinde kayması gözlenir; yapışma veya zorlanma, mukozal kuruluk göstergesidir (Michalak et al., 2022).

### **4.3. Objektif Testler**

*Tükürük Akış Hızı Ölçümü:* Stimüle edilmemiş tükürük akış hızı, hastanın 5-15 dakika boyunca tükürüğünü bir kaba toplaması ile ölçülür veya stimüle edilmiş tükürük akış hızı, çiğneme veya asidik uyaran sonrası tükürük toplanarak ölçülür ve her ikisi de objektif bir değerlendirme sunar (DORMENVAL et al., 1998; Narhi et al., 1999)

*Tükürük Kompozisyon Analizi:* Tükürüğün pH'ı, viskozitesi, elektrolit içeriği ve antimikrobiyal proteinleri analiz edilebilir (Ramadoss et al., 2023)

**Görüntüleme Yöntemleri:** Tükürük bezi görüntülemesi için sialografi, ultrasonografi, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve sintigrafi kullanılabilir

**Biyopsi:** Sjögren sendromu şüphesinde, minör tükürük bezlerinden labial biyopsi yapılabilir (Ginkel et al., 2020)

## **5. TEDAVİ YAKLAŞIMLARI**

Yaşlı bireylerde kserostominin tedavisi, etiyolojiye yönelik yaklaşımlar, semptomatik tedavi ve komplikasyonların önlenmesini içeren kapsamlı bir strateji gerektirir.

### **5.1. Etiyolojiye Yönelik Tedavi**

Polifarmasi, yaşlı bireylerde kserostominin en önemli nedeni olduğundan, ilaç yönetimi tedavinin temel taşıdır. Antikolinerjik yükün azaltılması, kserostomi semptomlarının iyileştirilmesinde etkili olabilir. İlaç değişiklikleri, hastanın genel tıbbi durumu ve diğer tedavileri göz önünde bulundurularak, hekim ile işbirliği içinde yapılmalıdır (Barbe, 2018; Hayslett & Marshall, 2025). Altta yatan sistemik hastalığın tedavisi kserostomi yönetiminde önemlidir. Yeterli sıvı alımının sağlanması, dehidrasyonun önlenmesi ve tükürük salgısının desteklenmesi için önemlidir (Hayslett & Marshall, 2025)

### **5.2. Tükürük Stimülasyonu**

Şekersiz sakız çiğnemek diğer mekanik uyaranlar tükürük salgısını stimüle edebilir (Drożak et al., 2021). Pilokarpin (muskarinik agonist bir ilaç) ve cevimeline (M3 muskarinik reseptör agonisti) gibi farmakolojik ajanlar ile tükürük salgısı artırılabilir. Yapay tükürük preparatları, tükürüğün lubrikasyon ve koruyucu fonksiyonlarını taklit ederek semptomatik rahatlama sağlar (Gil-Montoya et al., 2016; Wang et al., 2020).

### **5.3. Oral Profilaksi ve Yaşam Tarzı**

Yüksek konsantrasyonlu florür (%1.1 sodyum florür / 5000 ppm) içeren diş macunlarının reçete edilmesi çürükleri önlemede etkilidir. Sık ve yudum yudum su içilmesi önerilir. Şekersiz, ksilitol içeren sakız veya pastillerle mekanik stimülasyon sağlar. Hareketli protezlerin geceleri mutlaka çıkarılması ve temizliğin yapılması candida kontrolü için önemlidir (Sutarjo et al., 2024b)

## **6. SONUÇ**

Yaşlı bireylerde kserostomi, yaygın, multifaktöriyel ve ciddi komplikasyonlara yol açabilen bir durumdur. Erken tanı, uygun ilaç yönetimi, multidisipliner yaklaşım ve kapsamlı tedavi stratejileri, yaşlı bireylerin oral ve genel sağlığını korumada ve yaşam kalitelerini iyileştirmede kritik öneme sahiptir.

## KAYNAKÇA

- Al-Dwairi, Z., & Lynch, E. (2014). Xerostomia in complete denture wearers: prevalence, clinical findings and impact on oral functions. *Gerodontology*, 31(1), 49–55. <https://doi.org/10.1111/ger.12002>
- Anil, S., Vellappally, S., Hashem, M., Preethanath, R. S., Patil, S., & Samaranyake, L. P. (2016). Xerostomia in geriatric patients: a burgeoning global concern. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 7(1), 5–12. <https://doi.org/10.1111/jicd.12120>
- Barbe, A. G. (2018). Medication-Induced Xerostomia and Hyposalivation in the Elderly: Culprits, Complications, and Management. *Drugs & Aging*, 35(10), 877–885. <https://doi.org/10.1007/s40266-018-0588-5>
- Campos, W. G. de, Esteves, C. V., Costa, K., Andrade, A. C. P. de, Domaneschi, C., & Lemos, C. A. (2019). Xerostomia in the older adult population, from diagnosis to treatment. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*. <https://doi.org/10.11606/issn.2357-8041.clrd.2019.157759>
- Demarchi, L. S., Vogel, M. T., Haubert, G., & Rigo, L. (2023). Impact of xerostomia and the use of dental prosthesis on the quality of life of elderly. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 22, e237543. <https://doi.org/10.20396/bjos.v22i00.8667543>
- Dodds, M., Roland, S., Edgar, M., & Thornhill, M. (2015). Saliva A review of its role in maintaining oral health and preventing dental disease. *BDJ Team*, 2(1–8), 15123. <https://doi.org/10.1038/bdjteam.2015.123>
- Dormenval, V., Budtz-Jørgensen, E., Mojon, P., Bruyère, A., & RAPIN, C.-H. (1998). Associations between malnutrition, poor general health and oral dryness in hospitalized elderly

- patients. *Age and Ageing*, 27(2), 123–128.  
<https://doi.org/10.1093/ageing/27.2.123>
- Drożak, M., Drożak, P., Dziekońska, J., Nowińska, M., & Grabowy, P. (2021). Xerostomia among elderly patients – systematic review. *Journal of Education, Health and Sport*, 11(9), 289–297.  
<https://doi.org/10.12775/JEHS.2021.11.09.035>
- Fornari, C. B., Bergonci, D., Stein, C. B., Agostini, B. A., & Rigo, L. (2021). Prevalence of xerostomia and its association with systemic diseases and medications in the elderly: a cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, 139(4), 380–387.  
<https://doi.org/10.1590/1516-3180.2020.0616.r3.1902021>
- Gil-Montoya, J., Silvestre, F., Barrios, R., & Silvestre-Rangil, J. (2016). Treatment of xerostomia and hyposalivation in the elderly: A systematic review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e355–e366.  
<https://doi.org/10.4317/medoral.20969>
- Hayslett, R. L., & Marshall, L. L. (2025). Management of Dry Mouth. *The Senior Care Pharmacist*, 40(2), 55–63.  
<https://doi.org/10.4140/TCP.n.2025.55>
- Hosnijeh, F. S., Heaton, D., & Gomez, J. (2023). 1589 CHARACTERISTICS, TREATMENT AND HEALTHCARE UTILISATION OF PATIENTS WITH XEROSTOMIA IN PRIMARY CARE SETTINGS IN THE UNITED KINGDOM. *Age and Ageing*, 52(Supplement\_2).  
<https://doi.org/10.1093/ageing/afad104.059>
- Huang, T., & Wei, L. (2026). Polypharmacy and Oral Health in Older Adults: Measure Anticholinergic and Sedative

- Burden, Not Pill Count Alone. *Gerodontology*.  
<https://doi.org/10.1111/ger.70118>
- Kamnoedboon, P., Spyraiki, F., Thomson, W. M., & Srinivasan, M. (2026). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Global Prevalence of Dry Mouth in Older Adults. *Gerodontology*, 43(3), 383–402.  
<https://doi.org/10.1111/ger.70076>
- Kulkarni, S., & Yeoh, S.-C. (2025). Polypharmacy and Its Impact on Oral Health. In *Lifestyle in Oral Health and Disease* (pp. 343–356). Springer Nature Switzerland.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-032-05888-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-032-05888-1_23)
- Liu, S.-C., Lu, M.-C., & Koo, M. (2025). Oral Manifestations of Sjögren's Syndrome: Recognition, Management, and Interdisciplinary Care. *Medicina*, 62(1), 5.  
<https://doi.org/10.3390/medicina62010005>
- Lopez-Pintor, R., Lopez-Pintor, L., Casanas, E., de-Arriba, L., & Hernandez, G. (2017). Risk factors associated with xerostomia in haemodialysis patients. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 0–0.  
<https://doi.org/10.4317/medoral.21612>
- Lu, T.-Y., Chen, J.-H., Du, J.-K., Lin, Y.-C., Ho, P.-S., Lee, C.-H., Hu, C.-Y., & Huang, H.-L. (2020). Dysphagia and masticatory performance as a mediator of the xerostomia to quality of life relation in the older population. *BMC Geriatrics*, 20(1), 521. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01901-4>
- Mascarenhas, M. K., Cademartori, M. G., Borges, R. do C., Gonzalez, M. C., Bielemann, R. M., Thomson, W. M., & Demarco, F. F. (2025). Prevalence and Associations of Xerostomia in Older Adults in Southern Brazil.

*Gerodontology*, 42(3), 405–415.  
<https://doi.org/10.1111/ger.12808>

- Michalak, P., Polak-Szlósarczyk, P., Dyduch-Dudek, W., Kęsek, B., Zarzecka-Francica, E., Styrna, M., Czekaj, Ł., & Zarzecka, J. (2022). Oral and Mucosal Complaints among Institutionalized Care Seniors in Malopolska Voivodeship—The Utility of the Mirror Sliding Test in an Assessment of Dry Mouth. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 13776. <https://doi.org/10.3390/ijerph192113776>
- Mistretta, A., Pasquale, V., Pisani, D., Ciriolo, M., Speciale, R., & Chiarella, G. (2020). Secretory process: the role of age, autoimmunity and endocrinopathy. *Journal of Gerontology and Geriatrics*, 68(2), 99–105. <https://doi.org/10.36150/2499-6564-487>
- Morita, I., Morioka, H., Abe, Y., Nomura, T., Nakashima, S., Sugiura, I., Inagawa, Y., Kondo, Y., Kameyama, C., Kondo, K., & Kobayashi, N. (2023). Discordance between hyposalivation and xerostomia among community-dwelling older adults in Japan. *PLOS ONE*, 18(3), e0282740. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282740>
- Müller, F., Chebib, N., Maniewicz, S., & Genton, L. (2023). The Impact of Xerostomia on Food Choices—A Review with Clinical Recommendations. *Journal of Clinical Medicine*, 12(14), 4592. <https://doi.org/10.3390/jcm12144592>
- Narhi, T. O., Meurman, J. H., & Ainamo, A. (1999). Xerostomia and Hyposalivation. *Drugs & Aging*, 15(2), 103–116. <https://doi.org/10.2165/00002512-199915020-00004>
- Nihtilä, A., Tuuliainen, E., Komulainen, K., Nykänen, I., Hartikainen, S., Tiihonen, M., & Suominen, A. L. (2019). The combined effect of individually tailored xerostomia

- and nutritional interventions on dry mouth among nutritionally compromised old home care clients. *Gerodontology*, 36(3), 244–250. <https://doi.org/10.1111/ger.12405>
- Ouanounou, A. (2016). Xerostomia in the Geriatric Patient: Causes, Oral Manifestations, and Treatment. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 37(5), 306–311;quiz312.
- Pei, X.-M., Zhou, L.-X., Tsang, M.-W., Tai, W. C.-S., & Wong, S.-C. C. (2024). The Oral Microbial Ecosystem in Age-Related Xerostomia: A Critical Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(23), 12815. <https://doi.org/10.3390/ijms252312815>
- Ramadoss, R., Krishnan, R., Raman, S., Padmanaban, R., Anbuelangovan, N., & Eswaramoorthy, R. (2023). Salivary stimulatory effect of novel low level transcutaneous electro neurostimulator in geriatric patients with xerostomia. *BMC Oral Health*, 23(1), 334. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03049-0>
- Ramírez, L., Sánchez, I., González-Serrano, J., Muñoz, M., Martínez-Acitores, M. L., Garrido, E., Hernández, G., & López-Pintor, R. M. (2024). Factors influencing xerostomia and oral health-related quality of life in polymedicated patients. *Gerodontology*, 41(3), 424–432. <https://doi.org/10.1111/ger.12724>
- Skośkiewicz-Malinowska, K., Malicka, B., Zietek, M., & Kaczmarek, U. (2019). Does oral dryness influence quality of life? Current perspectives in elderly dental care. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 28(9), 1209–1216. <https://doi.org/10.17219/acem/104601>

- Sutarjo, F. N. A., Rinthani, M. F., Brahmanikanya, G. L., Parmadiati, A. E., Radhitia, D., & Mahdani, F. Y. (2024b). Common Precipitating Factors of Xerostomia in Elderly. *Journal of Health and Allied Sciences NU*, 14(01), 011–016. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1762916>
- Tan, E. C. K., Lexomboon, D., Sandborgh-Englund, G., Haasum, Y., & Johnell, K. (2018). Medications That Cause Dry Mouth As an Adverse Effect in Older People: A Systematic Review and Metaanalysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(1), 76–84. <https://doi.org/10.1111/jgs.15151>
- Thomson, W. M., Smith, M. B., Ferguson, C. A., & Moses, G. (2021). The Challenge of Medication-Induced Dry Mouth in Residential Aged Care. *Pharmacy*, 9(4), 162. <https://doi.org/10.3390/pharmacy9040162>
- Turner, M. D., & Ship, J. A. (2007). Dry Mouth and Its Effects on the Oral Health of Elderly People. *The Journal of the American Dental Association*, 138, S15–S20. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0358>
- Ginkel, M. S., Glaudemans, A. W. J. M., van der Vegt, B., Mossel, E., Kroese, F. G. M., Bootsma, H., & Vissink, A. (2020). Imaging in Primary Sjögren's Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, 9(8), 2492. <https://doi.org/10.3390/jcm9082492>
- Villa, A., Connell, C., & Abati, S. (2014). Diagnosis and management of xerostomia and hyposalivation. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 45. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S76282>
- Wang, M. T. M., Thomson, W. M., & Craig, J. P. (2020). Association between symptoms of xerostomia and dry eye

in older people. *Contact Lens and Anterior Eye*, 43(2), 99–102. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2019.09.002>

Wolff, A., Joshi, R. K., Ekström, J., Aframian, D., Pedersen, A. M. L., Proctor, G., Narayana, N., Villa, A., Sia, Y. W., Aliko, A., McGowan, R., Kerr, A. R., Jensen, S. B., Vissink, A., & Dawes, C. (2017). A Guide to Medications Inducing Salivary Gland Dysfunction, Xerostomia, and Subjective Sialorrhea: A Systematic Review Sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. *Drugs in R&D*, 17(1), 1–28. <https://doi.org/10.1007/s40268-016-0153-9>

Xu, F., Laguna, L., & Sarkar, A. (2019). Aging-related changes in quantity and quality of saliva: Where do we stand in our understanding? *Journal of Texture Studies*, 50(1), 27–35. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12356>

Ying Joanna, N. Di, & Thomson, W. M. (2015). Dry mouth – An overview. *Singapore Dental Journal*, 36, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.sdj.2014.12.001>

Zainuddin, F. Z. A., Guan, G., Ting, G. S., & Thomson, W. M. (2026). Measuring Dry Mouth in Older People in Residential Care. *Gerodontology*, 43(1), 103–109. <https://doi.org/10.1111/ger.70021>

# REKÜRRENT AFTÖZ STOMATİTTE TANI VE KLİNİK YÖNETİM

İbrahim Tevfik GÜLŞEN<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Rekürrent aftöz stomatit (RAS), ağız mukozasında ağrılı ülserlerin ataklar hâlinde ortaya çıktığı, klinik özellikler ve tekrarlama öyküsüyle tanınan bir hastalıktır. Çoğunlukla çocukluk veya ergenlikte başlar; atakların şiddeti değişkendir. Aft benzeri görünüm tek başına tanı koydurmaz; enfeksiyonlar, ilaç reaksiyonları ve sistemik hastalıklarla ilişkili ülserler ayrıca değerlendirilmelidir (Edgar, Saleh, & Miller, 2017; Scully & Porter, 2008).

Bildirilen prevalanslar tanıma, örnekleme ve araştırma yöntemine göre değiştiğinden tek bir değer bütün toplumlara genellenemez (Bhargava et al., 2023). Minör RAS olgularını içeren bir olgu-kontrol çalışmasında yaşam kalitesi aktif ülser döneminde daha düşük bulunmuş; ülser sayısı ve büyüklüğü bu etkilenmeyle ilişkili görülmüştür (Rivera, Muñoz-Pastén, Núñez-Muñoz, & Hernández-Olivos, 2022).

Bu bölüm, RAS tanısı ve yönetimini ağız, diş ve çene radyolojisi pratiği açısından ele almaktadır. Temel yaklaşım; sistematik mukoza muayenesi, atipik ülserlerde ileri inceleme gereksiniminin belirlenmesi ve hastalık şiddetiyle uyumlu tedavidir (Milia et al., 2022; Zeng et al., 2022).

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Gaziantep, Türkiye. ORCID: 0000-0002-1014-4417.

## **2. ETİYOPATOGENEZ VE PREDİSPOZAN FAKTÖRLER**

### **2.1. Genetik ve İmmünolojik Yatkınlık**

RAS gelişiminde genetik yatkınlık, mukozal immün yanıt ve çevresel etkenlerin birlikte rol oynadığı düşünülmektedir (Milia et al., 2022). On altı aileden 91 bireyi içeren genom çalışmasında genom genelinde anlamlı bir varyant saptanmamıştır. Bu bulgu genetik yatkınlığı dışlamaz; araştırmacılar çok sayıda genin ve çevresel etkenin etkileşimini vurgulamaktadır (Bankvall, Östman, Jontell, & Torinsson Nalwai, 2020).

Geniş ölçekli bir genom çalışmasında ağız ülserleriyle ilişkili immün düzenleyici bölgeler ve T hücre yanıtıyla bağlantılı yollar tanımlanmıştır. Bununla birlikte ana fenotip, klinik olarak doğrulanmış RAS tanısı değil, katılımcıların bildirdiği ağız ülserleridir. Bu ilişkilendirme çalışması, tek başına bir genetik testin tanısal geçerliliğini göstermez (Dudding et al., 2019).

### **2.2. Lokal Etkenler ve Psikolojik Stres**

Mukozal ısırma, keskin diş kenarları veya dental işlemlerle oluşan travma duyarlı kişilerde ataklarla ilişkili olabilir. Travmatik ülser ile travmanın tetiklediği aftöz atak klinik olarak ayrılmalıdır. Şüpheli lokal etken giderildikten sonra iyileşme izlenmelidir. Besin alerjisi ise hastaların yalnızca bir bölümünde olası etkindir; RAS tanısı tek başına geniş kapsamlı eliminasyon diyetini gerekçelendirmez (Akintoye & Greenberg, 2014; Scully, Gorsky, & Lozada-Nur, 2003).

İleriye dönük bir çalışmada stresli yaşam olayları yeni aftöz atakların başlamasıyla ilişkili bulunmuştur. Bu gözlemsel ilişki, stresin tek neden olduğunu veya stres azaltmanın atakları kesin önleyeceğini göstermez (Huling, Baccaglini, Choquette, Feinn, & Lalla, 2012).

### **2.3. Beslenme Durumu ve Oral Mikrobiyota**

Hematolojik parametreleri inceleyen bir meta-analizde ortalama vitamin B12 ve hemoglobin düzeyleri RAS grubunda daha düşük bulunmuştur. Ferritin için ortalama düzey farkı anlamlı değilken, eksiklik sıklığı üzerinden hesaplanan ilişki anlamlıdır. Dolayısıyla ortalama konsantrasyon ile eksiklik varlığı ayrı sonuçlardır. Bu ilişkiler her RAS olgusunun beslenme eksikliğinden kaynaklandığını kanıtlamaz (Mousavi, Jalali, & Moosazadeh, 2024).

Bir olgu-kontrol çalışmasında RAS grubunda ferritin ve vitamin D düzeyleri daha düşük bulunmuştur (Koparal, Ege, Dogan, Kurt, & Bayazıt, 2023). Çocuklarda yapılan başka bir araştırma, hematolojik bozukluk ve malnütrisyon varlığında çölyak hastalığının araştırılmasını desteklemektedir (Yılmaz, Tuna Kırsacıoğlu, & Şaylı, 2020). Bulgular, hastanın yaşı ve sistemik durumu dikkate alınarak yorumlanmalıdır.

Aktif ülserlerde, iyileşmiş mukozada ve sağlıklı kontrollerde mikrobiyota farklılıkları bildirilmiştir. Gözlemsel tasarım, değişikliklerin ülserin nedeni mi sonucu mu olduğunu göstermez. Bu verilerden bulaşıcılık veya antibiyotik tedavisinin etkinliği hakkında sonuç çıkarılamaz (Stehlikova et al., 2019).

### **3. KLİNİK ÖZELLİKLER VE SINIFLANDIRMA**

Tipik aft, eritemli bir halo ile çevrili, sarımsı beyaz fibrin tabanlı, yuvarlak veya oval, ağrılı bir ülerdir. Ağrı bazen görünür ülerleşmeden önce yanma veya hassasiyet şeklinde başlayabilir. Lezyonlar özellikle dudak ve yanak mukozası, dilin ventral yüzü ve ağız tabanı gibi hareketli, keratinize olmayan mukozalarda görülür. Klinik değerlendirmede ülserin görünümü kadar yerleşimi, sayısı, iyileşme süresi ve ataklar arasındaki durum

kaydedilmelidir (Akintoye & Greenberg, 2014; Scully & Porter, 2008).

RAS, minör, majör ve herpetiform olmak üzere üç klinik biçimde sınıflandırılır. Minör aftlar daha küçük ve yüzeyseldir; çoğunlukla yaklaşık bir ila iki haftada skar bırakmadan iyileşir. Majör aftlar daha büyük ve derindir; daha uzun sürebilir, yutma ve beslenmeyi belirgin etkileyebilir ve skarla iyileşebilir. Herpetiform biçimde çok sayıda küçük ülser bir arada bulunabilir ve birleşerek düzensiz ülser alanları oluşturabilir. Herpetiform terimi görünümü tanımlar; herpes virüsü etiyolojisini ifade etmez (Akintoye & Greenberg, 2014; Edgar et al., 2017).

Tablo 1 klinik tipleri karşılaştırmaktadır. Özellikle ilk kez görülen, uzun süren veya alışılmadık yerleşimdeki büyük bir ülser, yalnızca çapı nedeniyle majör aft olarak adlandırılmamalıdır (Milia et al., 2022).

**Tablo 1. Rekürrent aftöz stomatitin klinik tiplerinin karşılaştırılması**

| Özellik | Minör                        | Majör                   | Herpetiform                          |
|---------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Boyut   | Genellikle <1 cm             | Genellikle >1 cm        | Yaklaşık 1–3 mm                      |
| Görünüm | Yüzeysel, yuvarlak veya oval | Daha derin, geniş ülser | Çok sayıda küçük ülser; birleşebilir |
| Sayı    | Çoğunlukla az sayıda         | Bir veya birkaç         | Çok sayıda, kümeler hâlinde          |
| Süre    | Çoğunlukla 7–14 gün          | Haftalar sürebilir      | Çoğunlukla bir ay içinde             |
| Skar    | Beklenmez                    | Görülebilir             | Genellikle beklenmez                 |

**Not:** Aralıklar tipik klinik özellikleri gösterir; tek başına tanı koydurmaz. Herpetiform tip herpes virüsü enfeksiyonu değildir. Klinik sınıflandırma kaynakları temel alınarak düzenlenmiştir (Akintoye & Greenberg, 2014; Edgar et al., 2017; Milia et al., 2022).

## **4. TANISAL YAKLAŞIM**

### **4.1. Anamnez ve Klinik Muayene**

Başlangıç yaşı, atak sayısı, tek bir ülserin süresi, eşzamanlı lezyon sayısı ve tedavi yanıtı öğrenilmelidir. “Yara hiç geçmiyor” ifadesinin aynı lezyonun devamını mı, biri iyileşirken diğerinin gelişmesini mi anlattığı açıklanmalıdır. Ataklar arasında mukozanın normale dönüp dönmediği sorgulanmalıdır. Bu ayrım, tekrarlayan hastalık ile kalıcı ülserin değerlendirilmesinde belirleyicidir (Milia et al., 2022; Zeng et al., 2022).

Aile öyküsü, beslenme özellikleri, ilaçlar ve immün durumu etkileyen hastalıklar sorgulanmalıdır. Ateş, genital ülser, gözde ağrı veya kızarıklık, görme değişikliği, deri lezyonları, eklem yakınmaları, uzun süren ishal ve kilo kaybı gibi eşlik eden bulgular kaydedilmelidir. Bu bulguların yokluğu ilk değerlendirmede güven verici olsa da, zaman içinde gelişebilecek sistemik hastalığı kesin olarak dışlamaz (Edgar et al., 2017; Poveda-Gallego et al., 2023).

Muayene yalnızca hastanın gösterdiği ülserle sınırlandırılmamalı; ağız içi ve dışı görsel inceleme ile palpasyon birlikte yapılmalıdır (Lingen et al., 2017). Ülserin yerleşimi, sayısı, çapı, kenarları, tabanı ve çevre dokular değerlendirilir. Özellikle tek bölgede kalıcı, indüre veya kabarık kenarlı ülserlerde RAS dışındaki nedenler araştırılmalıdır (Bhargava et al., 2023; Mortazavi, Safi, Baharvand, & Rahmani, 2016).

### **4.2. Laboratuvar İncelemeleri**

RAS tanısını doğrulayan tek bir laboratuvar testi yoktur. İncelemeler hastalık şiddeti, başlangıç yaşı ve sistemik bulgulara göre seçilir. Sık veya ağır ataklarda, erişkinlikte belirgin kötüleşmede ya da anemi ve malabsorpsiyon kuşkusunda tam kan sayımı, ferritin ve demir değerlendirmesi, vitamin B12 ve folat ölçümü düşünülebilir. Amaç düzeltilebilir eksiklikleri ve ilişkili

hastalıkları belirlemektir (Akintoye & Greenberg, 2014; Bhargava et al., 2023).

Çölyak hastalığı veya inflamatuvar bağırsak hastalığı kuşkusunda ilgili incelemeler klinik ipuçlarına göre planlanır. Periyodik ateş, tekrarlayan enfeksiyon veya nötropeni düşündüren öyküde hematoloji ya da çocuk sağlığı değerlendirmesi gerekir (Edgar et al., 2017; Yılmaz et al., 2020). Tanısı belirsiz, atipik ülserlerde enfeksiyöz ve otoimmün nedenler de ayırıcı tanıya göre araştırılır (Zeng et al., 2022).

#### **4.3. Biyopsi ve İleri Değerlendirme**

Tipik seyirli RAS tanısı kliniklidir; histopatolojik görünüm özgül olmayabilir (Akintoye & Greenberg, 2014). Nedeni açıklanamayan, iki haftayı aşan veya kısa süreli izlem ve tedaviye yanıt vermeyen ülserlerde biyopsi düşünülmelidir. Örnek, değerlendirmeye elverişli ülser kenarını ve yeterli doku derinliğini içermelidir (Zeng et al., 2022). Malignite kuşkusunda süre beklenmeden biyopsi veya ilgili uzmana yönlendirme gerekir (Lingen et al., 2017).

Vezikülobüllöz hastalık kuşkusuna bulunan olgularda rutin histopatolojiye ek olarak direkt immünfloresan inceleme gerekebilir. Bu durumda örnek alınacak bölge ve taşıma koşulları farklı olduğundan, işlem öncesinde patoloji birimiyle iletişim kurulmalıdır. “Nonspesifik ülserasyon” şeklindeki bir patoloji sonucu klinik olarak şüpheli lezyonun takibini sonlandırmaz; klinikopatolojik uyumsuzluk yeniden değerlendirme gerektirir (Zeng et al., 2022).

#### **4.4. Görüntülemenin Yeri**

Tipik RAS tanısı anamnez ve klinik muayeneye dayanır; rutin radyografik inceleme gerektirmez (Scully & Porter, 2008). Görüntüleme, alternatif tanının düşündürdüğü kemik veya derin doku patolojisi için seçilir. Sert dokuya komşu atipik ülserlerde

kemik destrüksiyonunu araştırmak amacıyla maksillofasiyal bilgisayarlı tomografi kullanılması bu yaklaşımın örneklerindendir (Zeng et al., 2022).

## **5. AYIRICI TANI**

### **5.1. Travmatik ve Enfeksiyöz Ülserler**

Travmatik ülserlerde lezyon ile diş kenarı, protez veya alışkanlık arasında anatomik ilişki bulunabilir; etkenin giderilmesinden sonra iyileşme izlenmelidir. Rekürrent intraoral herpes, bağışıklığı normal bireylerde çoğunlukla sert damak gibi keratinize mukozada gelişir. Vezikül öyküsü ve kümelenme ayırıcı tanıya yardımcıdır. Primer herpetik gingivostomatitte yaygın gingivitis ve sistemik belirtiler bulunabilir. Bağışıklık baskılanması, klasik yerleşim ve görünümü değiştirebilir (Mortazavi et al., 2016).

RAS ile herpetik enfeksiyon birbirinden ayrılmalıdır; RAS için antiviral tedavi gerekli değildir (Akintoye & Greenberg, 2014). İmmün baskılanmış bireylerde derin, yaygın veya uzun süren ülserler daha geniş ayırıcı tanı gerektirir. Bu olgularda aft varsayımıyla tekrarlanan ampirik tedaviler yerine enfeksiyon, neoplazi ve sistemik nedenler araştırılmalıdır (Zeng et al., 2022).

### **5.2. Sistemik Hastalıklarla İlişkili Ülserler**

Behçet hastalığı, tekrarlayan oral ülserlerin ayırıcı tanısında önemli bir yere sahiptir. Genital ülser, oküler inflamasyon, deri ve damar bulguları gibi eşlik eden özellikler araştırılmalıdır. Uluslararası bir Delphi çalışmasında RAS ile Behçet ülserlerinin yalnızca klinik fotoğraf görünümü üzerinden ayırt edilemediği bildirilmiştir. Bu nedenle tek bir ağız lezyonunun biçimine dayanarak Behçet tanısı konulamaz veya dışlanamaz. Tanısal değerlendirme tüm klinik örüntüye ve

gerektiğinde ilgili uzmanlıkların incelemesine dayanır (Poveda-Gallego et al., 2023).

Çölyak ve inflamatuvar bağırsak hastalıklarında aft benzeri lezyonlara gastrointestinal yakınmalar, büyüme sorunları veya anemi eşlik edebilir. Çocuklarda hematolojik anormallik ve malnütrisyon çölyak açısından değerlendirmeyi destekler. Oral lezyonlar diğer belirtilerden önce gelişebileceğinden sistemik yakınmalar izlemde tekrar sorgulanmalıdır (Edgar et al., 2017; Yılmaz et al., 2020).

Periyodik ateşle birlikte aftöz stomatit, farenjit ve servikal adenit bulunması PFAPA sendromunu; yaklaşık düzenli aralıklarla tekrarlayan ateş, ülserasyon ve enfeksiyonlar ise sıklıkla nötropeniye düşündürülebilir. Bu tablolar, izole RAS gibi yönetilmemelidir. Klinik kuşku varsa çocuk sağlığı veya hematoloji ile iş birliği yapılmalı ve incelemeler hastalığın dönemsel özellikleri dikkate alınarak planlanmalıdır (Edgar et al., 2017).

### **5.3. İlaç Reaksiyonları ve Diğer Mukozal Hastalıklar**

İlaçların başlanması veya doz değişikliği ile ülserlerin ortaya çıkışı arasındaki zaman ilişkisi sorgulanmalıdır. Bazı immün sistemi etkileyen ilaçlarla aft benzeri stomatit gelişebilir (Akintoye & Greenberg, 2014). Yaygın erozyon, deskuamatif gingivitis, bül öyküsü ve başka mukozalarda tutulum ise pemfigus veya mukoz membran pemfigoidi gibi hastalıkları düşündürmelidir (Edgar et al., 2017). İlaçla ilişki kuşkusunda tedavi, reçeteyi düzenleyen hekimle birlikte değerlendirilir.

Kalıcı, indüre veya ilerleyici ülserlerde neoplastik ve diğer ciddi nedenler dışlanmalıdır. Önceden RAS tanısı bulunması, yeni bir ülserin de aft olduğunu göstermez (Lingen et al., 2017; Mortazavi et al., 2016). Tablo 2 başlıca ayırıcı tanı ipuçlarını özetlemektedir.

**Tablo 2. Aft benzeri ülserlerde başlıca ayırıcı tanı ipuçları**

| <b>Klinik durum</b>        | <b>Yönlendirici bulgu</b>                    | <b>Değerlendirmede odak</b>                               |
|----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Travmatik ülser            | Lokal etkenle anatomik ilişki                | Etkeni giderme ve iyileşmeyi doğrulama                    |
| Rekürrent intraoral herpes | Vezikül öyküsü; sıklıkla keratinize mukoza   | Öykü, dağılım ve gerekirse etken incelemesi               |
| Behçet hastalığı           | Genital, oküler, deri veya vasküler bulgular | Sistemik değerlendirme; görünüm tek başına ayırt ettirmez |
| Gastrointestinal hastalık  | İshal, kilo kaybı, büyüme sorunu veya anemi  | Klinik kuşkuya göre gastroenteroloji değerlendirmesi      |
| PFAPA veya nötropeni       | Periyodik ateş, adenit veya enfeksiyonlar    | Yaşa ve dönemsel örüntüye göre inceleme                   |
| Vezikülobüllöz hastalık    | Bül, erozyon, deskuamatif gingivitis         | Histopatoloji ve gerektiğinde immünfloresan               |
| Şüpheli kalıcı ülser       | İyileşmeme, indürasyon, düzensiz sınır       | Gecikmeden ileri değerlendirme ve biyopsi planı           |

**Not:** Bulgular tek başına tanı koydurmaz. PFAPA: periyodik ateş, aftöz stomatit, farenjit ve servikal adenit. Tablo ayırıcı tanı ve biyopsi önerileri temel alınarak düzenlenmiştir (Edgar et al., 2017; Lingen et al., 2017; Mortazavi et al., 2016; Poveda-Gallego et al., 2023; Zeng et al., 2022).

## **6. TEDAVİ YAKLAŞIMLARI**

### **6.1. Tedavi Hedefleri ve Genel Önlemler**

Tedavinin hedefleri ağrıyı azaltmak, oral fonksiyonları korumak, iyileşmeyi desteklemek ve sık atakların yükünü azaltmaktır. İlaç seçimi; ülser sayısı, büyüklüğü, yerleşimi, atak sıklığı, eşlik eden hastalıklar ve daha önceki yanıtla birlikte yapılır. Bir ülserin daha hızlı iyileşmesi, sonraki atakların kalıcı olarak önlendiği anlamına gelmez. Hastaya bu ayırım açıklanmalı ve tedavi başarısı yalnızca lezyon çapıyla değerlendirilmemelidir (Al-Aizari et al., 2026; Scully et al., 2003).

Lokal travmanın giderilmesi ve ağrıyı artıran sert, asitli veya baharatlı gıdaların atak sırasında azaltılması destekleyici önlemlerdir (Akintoye & Greenberg, 2014; Bhargava et al., 2023). Sodyum lauril sülfat içermeyen diş macunu, randomize çapraz tasarımlı bir çalışmada ağrı ve ülser süresini azaltmış; ülser ve atak sayısında anlamlı azalma sağlamamıştır. Bu nedenle kesin koruyucu etki beklentisi verilmemelidir (Shim, Choi, Ahn, & Kwon, 2012).

## **6.2. Topikal Tedaviler**

Topikal kortikosteroidler semptomatik RAS yönetiminde yerleşik seçeneklerdir (Bhargava et al., 2023; Scully et al., 2003). Triamsinolon içeren adeziv preparatlar, betametazon içeren çalkalama biçimleri ve deksametazon merhemi incelenmiş uygulamalardır. Seçimde ülserlerin dağılımı, mukozayla temas ve uygulama kolaylığı önem taşır (Edgar et al., 2017; Liu et al., 2012).

Minör aftlı 240 hastayı içeren çok merkezli, plasebo kontrollü bir çalışmada deksametazon merhemi ülser alanı, ağrı ve iyileşme oranı açısından yarar sağlamıştır. Değerlendirme kısa sürelidir; bu sonuçlar uzun süreli kullanımın güvenliliğine genellenemez (Liu et al., 2012). Topikal steroidlerin uzun süreli kullanımında oral kandidiyazis riski dikkate alınmalıdır (Edgar et al., 2017).

Lokal anestezikler geçici ağrı kontrolü, bariyer ürünler ise ülserin korunması için kullanılabilir (Edgar et al., 2017). Minör aftlı 104 çocuk ve ergende hiyalüronik asit ile deksametazonu karşılaştıran retrospektif araştırmada, yedinci gün ülser boyutu ve ağrı puanları açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bu sonuç tedavilerin eşdeğerliğini kanıtlamaz; randomize çalışmalarla doğrulanması gerekir (Yang et al., 2020).

Kırk üç randomize çalışmayı içeren ağ meta-analizi, ağrı azalması açısından topikal seçenekler veya plasebo arasında

istatistiksel olarak anlamlı üstünlük göstermemiştir. Buna karşılık iyileşme süresinde topikal doksisisiklin lehine bulgu bildirilmiştir. Ağrıya ilişkin kanıtın niteliği düşük ile orta düzeydedir; olasılık sıralamaları kesin klinik üstünlük olarak yorumlanmamalıdır (Mashrah et al., 2023).

### **6.3. Sistemik Tedaviler**

Sistemik tedavi ağır, sık tekrarlayan veya uygun topikal yaklaşıma dirençli seçilmiş olgularda değerlendirilir (Al-Aizari et al., 2026). Kolşisin ile düşük doz prednizolonu karşılaştıran 34 kişilik randomize çalışmada her iki grupta iyileşme görülmüş; gruplar arasında anlamlı etkinlik farkı saptanmamıştır. Kolşisin grubunda yan etkiler daha sıktır. Küçük örneklem ve plasebo grubunun bulunmaması yorumda dikkate alınmalıdır (Pakfetrat et al., 2010).

Topikal betametazon, sistemik kolşisin ve kombinasyonunu karşılaştıran bir yıllık çalışmada üç grupta da ülser şiddeti azalmıştır. Plasebo grubu bulunmamaktadır; araştırmacı körlüğü ilk üç aydan sonra sürdürülememiştir. Kombinasyon belirgin üstünlük sağlamamış, kolşisin kullanan bazı katılımcılar advers olaylar nedeniyle tedaviyi bırakmıştır. Çalışmada hematinik göstergeler ile böbrek ve karaciğer fonksiyonları düzenli izlenmiştir (Alsahaf, Alkurdi, Challacombe, & Tappuni, 2023).

Dirençli olgularda değerlendirilen diğer immünomodülatörlerin kanıtı ve güvenlik profili değişkendir. Talidomid gibi ciddi riskleri olan seçenekler rutin diş hekimliği tedavisi olarak ele alınmamalıdır. Ayrıca Behçet hastalığının oral ülserleri için apremilastla elde edilen randomize çalışma sonuçları, doğrudan idiopatik RAS için aynı endikasyonu oluşturmaz. Sistemik hastalığa bağlı ülserlerde tedavi, ilgili hastalığın yönetimiyle birlikte planlanmalıdır (Al-Aizari et al., 2026; Hatemi et al., 2019).

#### **6.4. Eksikliklerin Giderilmesi ve Destekleyici Ajanlar**

Gösterilmiş hematinik eksikliklerin giderilmesi ile tüm hastalara rutin takviye verilmesi ayrılmalıdır (Akintoye & Greenberg, 2014). Vitamin B12 kullanılan 58 kişilik plasebo kontrollü çalışmada başlangıç serum B12 düzeyinden bağımsız yarar bildirilmiştir (Volkov et al., 2009). Buna karşılık 160 erişkinin yer aldığı çalışmada günlük referans alım düzeyindeki multivitamin, atak sayısı ve süresini azaltmamıştır (Lalla et al., 2012). Bu farklı preparat ve dozların sonuçları birbirine genellenmemelidir.

Bitkisel ve diğer destekleyici preparatlarda ürün bileşimi, uygulama biçimi ve karşılaştırmalar değişmektedir. Güncel derlemelerde kısa dönem semptom kontrolü açısından olumlu bulgular bulunmasına rağmen çalışmaların heterojenliği ve yanlılık riski yorumda dikkate alınmalıdır. Bir preparatla sağlanan sonuç, benzer ad taşıyan bütün ürünlere genellenemez (Al-Aizari et al., 2026; D'Amario et al., 2025).

#### **6.5. Fotobiyomodülasyon**

Fotobiyomodülasyon, RAS ağrısını ve iyileşme süresini azaltmak amacıyla araştırılan fiziksel bir tedavi yaklaşımıdır. Farklı dalga boylarını karşılaştıran randomize bir çalışma, lazer uygulanan gruplarda kısa dönem klinik iyileşme bildirmiştir. Bununla birlikte bu sonuçlar belirli uygulama koşullarına aittir. Dalga boyu, güç, enerji yoğunluğu ve seans sayısı gibi parametreler değiştiğinde aynı etkinlik varsayılmaz (AlHerafi, Hamadah, & Parker, 2024).

Randomize çalışmaların 2025 tarihli bir sistematik derlemesi, özellikle ağrı kontrolünde yarar bildirmekle birlikte uygulama parametrelerinin standardizasyonuna gereksinim olduğunu vurgulamıştır. 2026 tarihli şemsiye derleme de kısa dönem semptom kontrolünü destekleyen bulguların, nüksün önlenmesine ilişkin kanıttan daha güçlü olduğunu

göstermektedir. Bu nedenle fotobiyomodülasyon, uygun olgularda değerlendirilebilecek bir seçenek olarak sunulmalı; hastalığı kalıcı olarak ortadan kaldıran bir yöntem şeklinde tanımlanmamalıdır (Al-Aizari et al., 2026; Al-Zainal, Farid Ashraf, & Gopinath, 2025).

## **7. İZLEM VE HASTA EĞİTİMİ**

İzlemde ülserlerin iyileşmesi, atak sıklığı, ülserli gün sayısı, ağrı, beslenme ve konuşma üzerindeki etkiler birlikte değerlendirilmelidir. Hastanın basit bir atak günlüğü tutması; başlangıç tarihi, olası tetikleyiciler, kullanılan tedavi ve yanıtın kaydını kolaylaştırabilir. Bir tedavinin başarısı değerlendirilirken hastalığın doğal dalgalanması ve tedavisiz dönemlerdeki seyri de göz önünde bulundurulmalıdır (Alsahaf et al., 2023; Rivera et al., 2022).

Hasta eğitimi; semptom kontrolü hedeflerini, ilaç uygulamasını ve yeniden değerlendirme gerektiren durumları kapsamalıdır. Kullanım biçimi ve planlanan süre açıklanmalı; uzun süreli tedavide yarar, uygulama uyumu ve yan etkiler izlenmelidir. Atak günlüğü ve düzenli kontroller bu değerlendirmeyi destekleyebilir (Alsahaf et al., 2023; Lalla et al., 2012).

Yeni genital ülser, göz yakınması, kalıcı ateş, kilo kaybı veya bağırsak yakınması gelişmesi sistemik hastalık açısından yeniden değerlendirme gerektirir (Bhargava et al., 2023; Edgar et al., 2017). Tek bir ülserin iyileşmemesi ya da ilerlemesi durumunda önceki RAS tanısına dayanarak izlem sürdürülmemeli; biyopsi ve uzman değerlendirmesi düşünülmelidir (Lingen et al., 2017; Zeng et al., 2022).

## **8. SONUÇ**

RAS değerlendirmesinde tipik klinik örüntünün tanınması ve atipik ülserlerin ayırt edilmesi esastır. Görüntüleme, alternatif tanının gerektirdiği durumlarda kullanılır. Klinik yönetimde lokal etkenlerin giderilmesi, hedefe yönelik incelemeler ve topikal tedaviler ön plandadır. Sistemik seçenekler seçilmiş dirençli olgular için değerlendirilmelidir. Kısa dönem ağrı kontrolü, uzun dönem nüksün önlenmesiyle eş tutulmamalıdır. Düzenli izlem ve yeni bulguların yeniden değerlendirilmesi, tanısal doğruluk ve sürdürülebilir semptom kontrolü için gereklidir.

## KAYNAKÇA

- Akintoye, S. O., & Greenberg, M. S. (2014). Recurrent aphthous stomatitis. *Dental Clinics of North America*, 58(2), 281–297. doi:10.1016/j.cden.2013.12.002
- Al-Aizari, N. A., Al-Shamiri, H. M., AlShehri, B. K., Alhomood, K. S., Alzahrani, S. R., Abuhasna, W. R., & Al-Maweri, S. A. (2026). Evidence-based recommendations for the treatment of recurrent aphthous stomatitis: Insights from an umbrella review. *Journal of Dermatological Treatment*, 37(1), 2622245. doi:10.1080/09546634.2026.2622245
- AlHerafi, E., Hamadah, O., & Parker, S. (2024). Photobiomodulation in recurrent aphthous stomatitis management using three different laser wavelengths. A randomized clinical trial. *Lasers in Medical Science*, 39(1), 285. doi:10.1007/s10103-024-04236-3
- Alsahaf, S., Alkurdi, K. A., Challacombe, S. J., & Tappuni, A. R. (2023). Topical betamethasone and systemic colchicine for treatment of recurrent aphthous stomatitis: A randomised clinical trial. *BMC Oral Health*, 23(1), 709. doi:10.1186/s12903-023-03335-x
- Al-Zainal, Z., Farid Ashraf, S., & Gopinath, D. (2025). Clinical efficacy of lasers in the management of recurrent aphthous ulcers of oral cavity: A systematic review of randomized control trials. *Lasers in Medical Science*, 40(1), 49. doi:10.1007/s10103-024-04268-9
- Bankvall, M., Östman, S., Jontell, M., & Torinsson Nalwai, Å. (2020). A family-based genome-wide association study of recurrent aphthous stomatitis. *Oral Diseases*, 26(8), 1696–1705. doi:10.1111/odi.13490

- Bhargava, S., Dubey, S. P., Haldipur, D., Hathiram, B., Jagtap, C., Khattar, V., ... Venkatraman, S. (2023). Management of recurrent aphthous stomatitis: An Indian expert consensus. *Indian Journal of Otolaryngology & Head & Neck Surgery*, 75(3), 2672–2680. doi:10.1007/s12070-023-03708-2
- D'Amario, M., Foffo, G., Grilli, F., Capogreco, M., Pizzolante, T., & Rastelli, S. (2025). Treatments for recurrent aphthous stomatitis: A literature review. *Dentistry Journal*, 13(2), 66. doi:10.3390/dj13020066
- Dudding, T., Haworth, S., Lind, P. A., Sathirapongsasuti, J. F., 23andMe Research Team, Tung, J. Y., ... Timpson, N. J. (2019). Genome wide analysis for mouth ulcers identifies associations at immune regulatory loci. *Nature Communications*, 10(1), 1052. doi:10.1038/s41467-019-08923-6
- Edgar, N. R., Saleh, D., & Miller, R. A. (2017). Recurrent aphthous stomatitis: A review. *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 10(3), 26–36.
- Hatemi, G., Mahr, A., Ishigatsubo, Y., Song, Y. W., Takeno, M., Kim, D., ... Yazici, Y. (2019). Trial of apremilast for oral ulcers in Behçet's syndrome. *The New England Journal of Medicine*, 381(20), 1918–1928. doi:10.1056/nejmoa1816594
- Huling, L. B., Baccaglini, L., Choquette, L., Feinn, R. S., & Lalla, R. V. (2012). Effect of stressful life events on the onset and duration of recurrent aphthous stomatitis. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 41(2), 149–152. doi:10.1111/j.1600-0714.2011.01102.x

- Koparal, M., Ege, B., Dogan, E. I., Kurt, M. Y., & Bayazıt, S. (2023). Evaluation of biochemical variables in patients with recurrent aphthous stomatitis. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 124(1S), 101294. doi:10.1016/j.jormas.2022.09.015
- Lalla, R. V., Choquette, L. E., Feinn, R. S., Zawistowski, H., Latortue, M. C., Kelly, E. T., & Baccaglini, L. (2012). Multivitamin therapy for recurrent aphthous stomatitis: A randomized, double-masked, placebo-controlled trial. *Journal of the American Dental Association*, 143(4), 370–376. doi:10.14219/jada.archive.2012.0179
- Lingen, M. W., Abt, E., Agrawal, N., Chaturvedi, A. K., Cohen, E., D'Souza, G., ... Carrasco-Labra, A. (2017). Evidence-based clinical practice guideline for the evaluation of potentially malignant disorders in the oral cavity: A report of the American Dental Association. *Journal of the American Dental Association*, 148(10), 712–727.e10. doi:10.1016/j.adaj.2017.07.032
- Liu, C., Zhou, Z., Liu, G., Wang, Q., Chen, J., Wang, L., ... Zhou, H. (2012). Efficacy and safety of dexamethasone ointment on recurrent aphthous ulceration. *The American Journal of Medicine*, 125(3), 292–301. doi:10.1016/j.amjmed.2011.09.011
- Mashrah, M. A., Fang, Y., Song, W., Al-Maweri, S. A., Lan, Y., Linhu, G., & Wang, L. (2023). Topical medications for the treatment of recurrent aphthous stomatitis: A network meta-analysis. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, 52(9), 811–825. doi:10.1111/jop.13480

- Milia, E., Sotgiu, M. A., Spano, G., Filigheddu, E., Gallusi, G., & Campanella, V. (2022). Recurrent aphthous stomatitis (RAS): Guideline for differential diagnosis and management. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 23(1), 73–78. doi:10.23804/ejpd.2022.23.01.14
- Mortazavi, H., Safi, Y., Baharvand, M., & Rahmani, S. (2016). Diagnostic features of common oral ulcerative lesions: An updated decision tree. *International Journal of Dentistry*, 2016, 7278925. doi:10.1155/2016/7278925
- Mousavi, T., Jalali, H., & Moosazadeh, M. (2024). Hematological parameters in patients with recurrent aphthous stomatitis: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 339. doi:10.1186/s12903-024-04072-5
- Pakfetrat, A., Mansourian, A., Momen-Heravi, F., Delavarian, Z., Momen-Beitollahi, J., Khalilzadeh, O., & Basir-Shabestari, S. (2010). Comparison of colchicine versus prednisolone in recurrent aphthous stomatitis: A double-blind randomized clinical trial. *Clinical and Investigative Medicine*, 33(3), E189–E195. doi:10.25011/cim.v33i3.13725
- Poveda-Gallego, A., Chapple, I., Iacucci, M., Hamburger, J., Murray, P. I., Rauz, S., ... Behçet's Disease Expert Panel. (2023). How to recognise a Behçet's ulcer from other types of oral ulceration? Defining Behçet's ulceration by an International Delphi Consultation. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 41(10), 2048–2055. doi:10.55563/clinexprheumatol/joeacu
- Rivera, C., Muñoz-Pastén, M., Núñez-Muñoz, E., & Hernández-Olivos, R. (2022). Recurrent aphthous stomatitis affects quality of life. A case-control study. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 14, 217–223. doi:10.2147/ccide.s369481

- Scully, C., Gorsky, M., & Lozada-Nur, F. (2003). The diagnosis and management of recurrent aphthous stomatitis: A consensus approach. *Journal of the American Dental Association*, 134(2), 200–207. doi:10.14219/jada.archive.2003.0134
- Scully, C., & Porter, S. (2008). Oral mucosal disease: Recurrent aphthous stomatitis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 46(3), 198–206. doi:10.1016/j.bjoms.2007.07.201
- Shim, Y. J., Choi, J. H., Ahn, H. J., & Kwon, J. S. (2012). Effect of sodium lauryl sulfate on recurrent aphthous stomatitis: A randomized controlled clinical trial. *Oral Diseases*, 18(7), 655–660. doi:10.1111/j.1601-0825.2012.01920.x
- Stehlikova, Z., Tlaskal, V., Galanova, N., Roubalova, R., Kreisinger, J., Dvorak, J., ... Jiraskova Zakostelska, Z. (2019). Oral microbiota composition and antimicrobial antibody response in patients with recurrent aphthous stomatitis. *Microorganisms*, 7(12), 636. doi:10.3390/microorganisms7120636
- Volkov, I., Rudoy, I., Freud, T., Sardal, G., Naimer, S., Peleg, R., & Press, Y. (2009). Effectiveness of vitamin B12 in treating recurrent aphthous stomatitis: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 22(1), 9–16. doi:10.3122/jabfm.2009.01.080113
- Yang, Z., Li, M., Xiao, L., Yi, Z., Zhao, M., & Ma, S. (2020). Hyaluronic acid versus dexamethasone for the treatment of recurrent aphthous stomatitis in children: Efficacy and safety analysis. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53(8), e9886. doi:10.1590/1414-431x20209886

- Yılmaz, S., Tuna Kırsaçlıoğlu, C., & Şaylı, T. R. (2020). Celiac disease and hematological abnormalities in children with recurrent aphthous stomatitis. *Pediatrics International*, 62(6), 705–710. doi:10.1111/ped.14155
- Zeng, X., Jin, X., Zhong, L., Zhou, G., Zhong, M., Wang, W., ... Chen, Q. (2022). Difficult and complicated oral ulceration: An expert consensus guideline for diagnosis. *International Journal of Oral Science*, 14(1), 28. doi:10.1038/s41368-022-00178-0

# **KRONİK BÖBREK HASTALIĞINDA DENTAL YAKLAŞIM: GÜNCEL TANI, RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE TEDAVİ PRENSİPLERİ**

**Selma DEMİR YANIK<sup>1</sup>**

**Fatih YENİGÜN<sup>2</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Kronik böbrek hastalığı (KBH), ilerleyici böbrek fonksiyon kaybı ve sistemik komplikasyonlarla seyreden önemli bir halk sağlığı sorunudur. Diyabetes mellitus, hipertansiyon, obezite ve yaşlanan nüfus hastalık yükünü artırmaktadır. Erken evrelerin çoğunlukla asemptomatik olması, tanıda laboratuvar değerlendirmesini ve riskli bireylerin izlenmesini önemli kılar. Hastalık, böbrek yetmezliğine ilerlemenin yanı sıra kardiyovasküler morbidite ve mortaliteyle de ilişkilidir (Chen, Knicely ve Grams, 2019; Webster, Nagler, Morton ve Masson, 2017).

Böbrek fonksiyonlarının azalması; ilaç eliminasyonu, kanama kontrolü, enfeksiyonlara yanıt ve kemik metabolizmasını etkileyerek dental tedavinin planlanmasını değiştirebilir. Kserostomi, periodontal hastalıklar, mukozal değişiklikler ve yara iyileşmesinde gecikme bu hasta grubunda karşılaşılabilen sorunlardır. Diyaliz veya transplantasyon öyküsü bulunan hastalarda tedavi zamanlaması ve kullanılan ilaçlar

---

<sup>1</sup> Uzm. Dr., İç Hastalıkları Kliniği, Şanlıurfa Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Şanlıurfa, Türkiye. ORCID: 0009-0008-8047-5677.

<sup>2</sup> Arş. Gör., Harran Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye. ORCID: 0009-0002-1792-2151.

ayrıca değerlendirilmelidir (Costantinides ve ark., 2018; Proctor, Kumar, Stein, Moles ve Porter, 2005).

Bu bölümde KBH'nin tanı ve evreleme ilkeleri, oral bulguları ve dental tedaviye etkileri ele alınmaktadır. Amaç; sistemik risklerin belirlenmesi, ilaçların güvenli kullanımı ve koruyucu, cerrahi ve acil dental girişimlerin hastanın klinik durumuna göre planlanması için bir değerlendirme çerçevesi sunmaktır.

## **2. BÖBREĞİN ANATOMİSİ VE FİZYOLOJİSİ**

### **2.1. Böbreğin Anatomisi**

Böbrekler retroperitoneal alanda bulunan çift organlardır. Temel işlevsel birimleri olan nefronlar, glomerül ve tübüler yapılardan oluşur. Glomerüller filtrasyonu izleyen tübüler geri emilim ve sekresyon süreçleri, idrarın oluşmasını ve organizmanın iç dengesinin sürdürülmesini sağlar (Hall ve Hall, 2021).

### **2.2. Böbreğin Fizyolojisi**

Böbrekler metabolik atıkların uzaklaştırılması, sıvı-elektrolit ve asit-baz dengesinin korunması ile kan basıncının düzenlenmesinde görev alır. Eritropoietin üretimi eritropoezi destekler; D vitamininin aktif forma dönüştürülmesi kalsiyum-fosfor metabolizmasına katkı sağlar. Renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi ise dolaşım hacmi ve kan basıncının kontrolünde rol oynar (Hall ve Hall, 2021).

### **2.3. Diş Hekimliği Açısından Klinik Önemi**

Bu işlevlerin bozulması anemi, sıvı yüklenmesi, elektrolit bozuklukları, hipertansiyon ve mineral-kemik metabolizması değişiklikleriyle sonuçlanabilir. Böbrekten elimine edilen ilaçların etkisi uzayabilir. Dental girişim

öncesinde böbrek fonksiyonları; hematolojik durum, eşlik eden hastalıklar ve planlanan işlemin özellikleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Chen ve ark., 2019; Kidney Disease: Improving Global Outcomes CKD Work Group [KDIGO CKD Work Group], 2024).

### **3. KRONİK BÖBREK HASTALIĞI**

#### **3.1. Tanım ve Tanı Kriterleri**

KBH, sağlık açısından sonuçları bulunan böbrek yapı veya fonksiyon bozukluklarının en az üç ay sürmesi olarak tanımlanır. Tahmini glomerüler filtrasyon hızının (eGFR) 60 mL/dk/1,73 m<sup>2</sup>'nin altında olması veya böbrek hasarı belirteçlerinin bulunması, kroniklik koşulu sağlandığında tanı koydurur. Hasar belirteçleri arasında albuminüri, idrar sedimenti anormallikleri, tübüler bozukluklar, histopatolojik değişiklikler, görüntülemeyle saptanan yapısal bozukluklar ve böbrek transplantasyonu öyküsü yer alır (KDIGO CKD Work Group, 2024).

İdrar albumin/kreatinin oranının (ACR) 30 mg/g veya üzerinde olması böbrek hasarı göstergelerindendir. eGFR'nin normal veya yüksek olması KBH'yi dışlamaz; buna karşılık tek bir düşük eGFR veya yüksek ACR sonucu, süreklilik gösterilmeden tek başına kronik hastalık olarak yorumlanmamalıdır (KDIGO CKD Work Group, 2024).

#### **3.2. Epidemiyoloji**

KBH'nin yükü yaş, diyabetes mellitus ve hipertansiyon gibi risk faktörleriyle artmaktadır. Hastalık kardiyovasküler olaylar, hastaneye yatış ve ölüm riskiyle ilişkilidir. İleri evrelerde diyaliz veya transplantasyon gereksinimi, bireysel yaşam kalitesini ve sağlık hizmetlerinin maliyetini etkiler. Bu

nedenle dental bakım, uzun dönem sistemik izlemin bir parçası olarak ele alınmalıdır (Kovesdy, 2022; Webster ve ark., 2017).

### 3.3. Etiyoloji Ve Risk Faktörleri

Diabetes mellitus ve hipertansiyon başlıca nedenler arasındadır. Glomerüler hastalıklar, kalıtsal böbrek hastalıkları ve diğer yapısal bozukluklar da KBH'ye yol açabilir. İleri yaş, obezite, sigara kullanımı, kardiyovasküler hastalık, geçirilmiş akut böbrek hasarı ve nefrotoksik ilaç maruziyeti risk değerlendirmesinde sorgulanmalıdır. Etiyolojinin bilinmesi, eşlik eden hastalıkların ve dental tedavi sırasında oluşabilecek komplikasyonların değerlendirilmesini kolaylaştırır (Chen ve ark., 2019; KDIGO CKD Work Group, 2024).

### 3.4. Evreleme

KDIGO yaklaşımında sınıflandırma; hastalığın nedeni, glomerüler filtrasyon hızı ve albuminüri kategorilerine dayanır. eGFR ve ACR kategorileri Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu kategoriler prognoz ve izlem açısından önemlidir; ancak tek başlarına dental işlem kararı veya bütün ilaçlar için ortak bir doz şeması oluşturmaz (KDIGO CKD Work Group, 2024).

**Tablo 1. KBH'de eGFR ve albuminüri kategorileri**

| Kategori | Değer  | Açıklama             |
|----------|--------|----------------------|
| G1       | ≥90    | Normal veya yüksek   |
| G2       | 60–89  | Hafif azalma         |
| G3a      | 45–59  | Hafif-orta azalma    |
| G3b      | 30–44  | Orta-ileri azalma    |
| G4       | 15–29  | Şiddetli azalma      |
| G5       | <15    | Böbrek yetmezliği    |
| A1       | <30    | Normal-hafif artmış  |
| A2       | 30–300 | Orta derecede artmış |
| A3       | >300   | Belirgin artmış      |

**Not:** G kategorileri eGFR (mL/dk/1,73 m<sup>2</sup>), A kategorileri idrar ACR (mg/g) değerlerini gösterir. G1 ve G2, başka böbrek hasarı bulgusu yoksa tek başına KBH tanısı koydurmaz. Kaynak: KDIGO CKD Work Group (2024) temel alınarak düzenlenmiştir.

## **4. KRONİK BÖBREK HASTALIĞININ PATO FİZYOLOJİSİ**

### **4.1. Nefron Kaybı, Hiperfiltrasyon Ve Fibrozis**

Nefron kaybı sonrasında kalan nefronlarda gelişen kompansatuvar hiperfiltrasyon, başlangıçta işlevin sürdürülmesini destekler. Uzun dönemde intraglomerüler basınç artışı, podosit hasarı, glomerüloskleroz ve tübülointerstisyel fibrozis fonksiyon kaybının ilerlemesine katkıda bulunur. Renin-anjiyotensin-aldosteron sisteminin düzensiz aktivasyonu hipertansiyon ve fibrozisle ilişkili bu süreci ağırlaştırabilir (Hall ve Hall, 2021; Webster ve ark., 2017).

### **4.2. Kronik İnflamasyon Ve Oksidatif Stres**

Persistan inflamasyon ve oksidatif stres, böbrek hasarı ile kardiyovasküler komplikasyonların gelişiminde rol oynar. Üremik ortam ve eşlik eden metabolik bozukluklar bağışıklık yanıtını ve doku onarımını etkileyebilir. Dental açıdan bu değişiklikler, enfeksiyonların değerlendirilmesini ve invaziv işlemler sonrasında yara iyileşmesinin izlenmesini önemli kılar (Webster ve ark., 2017).

### **4.3. Üremik Toksinler Ve Dental Önemi**

Renal eliminasyonun azalmasıyla biriken üremik solütler, sistemik inflamasyon ve hücresel işlev bozukluğuna katkıda bulunur. Tükürük bileşimindeki değişiklikler, üremik fetor ve tat bozuklukları oral yansımalar arasındadır. İleri evre hastalarda kanama eğilimi, enfeksiyon riski ve iyileşme sorunları birlikte değerlendirilmelidir. Cerrahi planlama, yalnızca eGFR'ye değil hastanın klinik durumuna ve mevcut komplikasyonlarına dayanmalıdır (Chen ve ark., 2019; Proctor ve ark., 2005).

## **5. KRONİK BÖBREK HASTALIĞINDA ORAL BULGULAR**

Oral bulgular hastalığın evresine, diyaliz tedavisine, kullanılan ilaçlara ve eşlik eden hastalıklara göre değişir. Kserostomi; tükürük fonksiyonundaki azalma, sıvı kısıtlaması ve ilaç kullanımıyla ilişkili olabilir. Ağız kuruluğu, çiğneme ve yutma güçlüğüne, protez kullanımında rahatsızlığa ve oral enfeksiyonlara zemin hazırlayabilir. Çürük riski, her hastada beslenme, hijyen ve tükürük özellikleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Proctor ve ark., 2005).

Tükürükteki ürenin bakteriyel üreazla parçalanması amonyak benzeri ağız kokusuna neden olabilir. Metalik tat, mukozal irritasyon ve yanma hissi görülebilir. Anemiye bağlı mukozal solukluk; trombosit işlev bozukluğu veya antitrombotik tedaviyle ilişkili peteşi, ekimoz ve spontan kanama muayenede araştırılmalıdır (Proctor ve ark., 2005; Webster ve ark., 2017).

Periodontal hastalık ile KBH arasında ilişki bildirilmiştir. Diyabetes mellitus, yetersiz ağız hijyeni, sigara ve sistemik inflamasyon bu ilişkiye katkıda bulunabilir. Bununla birlikte gözlemsel ilişkiler nedensellik göstermez; periodontal tedavinin KBH ilerlemesini yavaşlattığı kesinleşmiş değildir (Chambrone ve ark., 2013).

KBH'ye bağlı mineral ve kemik bozukluğu (CKD-MBD), mineral metabolizması, kemik ve damar kalsifikasyonu değişikliklerini kapsayan sistemik bir bozukluktur. Renal osteodistrofi ise bu çerçevedeki kemik morfolojisi ve histolojisi değişikliklerini tanımlar. Çene kemiklerinde saptanan değişiklikler, hastanın metabolik durumu ve laboratuvar bulgularıyla birlikte yorumlanmalıdır (Moe ve ark., 2006).

## **6. DENTAL TEDAVİ PLANLAMASI VE FARMAKOLOJİK YAKLAŞIM**

### **6.1. Tedavi Öncesi Sistemik Değerlendirme**

Anamnezde KBH'nin nedeni ve evresi, son nefroloji değerlendirmesi, diyaliz türü ve programı, transplantasyon öyküsü, yakın zamanda hastaneye yatış ve önceki dental işlemlerde kanama veya iyileşme sorunu sorgulanmalıdır. Diyabetes mellitus, hipertansiyon, koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği gibi komorbiditeler kaydedilmelidir (Chen ve ark., 2019; Little, Miller ve Rhodus, 2018).

İlaç listesi; antihipertansifler, diüretikler, eritropoez uyarıcı ajanlar, fosfat bağlayıcılar, D vitamini preparatları, immünsüpresifler ve antitrombotikleri içerecek biçimde incelenmelidir. Reçetesiz ilaçlar da sorgulanmalı; ilaç etkileşimleri ve nefrotoksisite riski değerlendirilmelidir. Böbrekten atılan ilaçlarda doz veya uygulama aralığı, ilgili ürünün güncel önerilerine göre belirlenmelidir (KDIGO CKD Work Group, 2024; Little ve ark., 2018).

Planlanan işleme ve klinik duruma göre serum kreatinini, eGFR, üre, elektrolitler, hemoglobin, trombosit sayısı ve gerektiğinde koagülasyon testleri gözden geçirilmelidir. Kanama değerlendirmesi yalnızca trombosit sayısına dayandırılmamalıdır; üremik trombosit işlev bozukluğu normal sayımla birlikte bulunabilir. Anemi ise eritropoietin yetersizliğinin yanı sıra demir eksikliği, inflamasyon, kan kaybı ve eritrosit yaşam süresinin kısalmasıyla ilişkilidir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes Anemia Work Group [KDIGO Anemia Work Group], 2026; Little ve ark., 2018).

İleri evre hastalık, diyaliz veya transplantasyon öyküsü, kontrolsüz hipertansiyon, ciddi anemi, elektrolit bozukluğu ya da aktif sistemik enfeksiyon varlığında nefrolojiyle koordinasyon kurulmalıdır. Konsültasyonda planlanan işlemin

kapsamı, beklenen kanama, kullanılacak ilaçlar ve tedavinin aciliyeti açıkça belirtilmelidir (Little ve ark., 2018).

## **6.2. Dental Tedaviye Özgü Risk Değerlendirmesi**

Risk, hastalığın evresiyle birlikte işlemin invazivliği üzerinden değerlendirilmelidir. Muayene ve sınırlı restoratif işlemler ile çoklu çekim, periodontal flep, implant veya kemik greftleme aynı düzeyde değerlendirme gerektirmez. Sistemik olarak stabil hastalarda gereksiz ertelemeden kaçınılmalı; kontrolsüz hastalıkta elektif tedavi, gerekli tıbbi düzenleme sonrasına bırakılmalıdır (Little ve ark., 2018).

Kan basıncı, ağrı ve stres kontrolü tedavi boyunca önem taşır. Cerrahi işlemlerde lokal hemostaz ve takip önceden planlanmalı; antikoagülan veya antiagregan tedaviye ilişkin değişiklikler ilgili hekimle değerlendirilmelidir. Hastaya ilaç kullanımı, ağız bakımı ve başvuru gerektiren komplikasyon belirtileri açıklanmalıdır (Little ve ark., 2018).

## **6.3. Lokal Anestezi Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar**

Lokal anestetik seçimi; böbrek fonksiyonu, kardiyovasküler durum, kullanılan ilaçlar ve işlemin süresine göre yapılmalıdır. En düşük etkili doz kullanılmalı, önerilen maksimum dozlar aşılmamalı ve ileri evre hastalarda gereksiz doz tekrarlarından kaçınılmalıdır. Bazı ajanların metabolitlerinin eliminasyonu uzayabileceğinden toplam doz kaydedilmelidir (Becker ve Reed, 2012; Little ve ark., 2018).

Lidokain, mepivakain ve prilokain gibi amid anestetiklerin metabolizmasında karaciğer önemli rol oynar. Artikainin plazma esterazlarıyla hızlı hidrolizi, tek başına bütün KBH hastalarında üstün veya zorunlu seçenek olduğu anlamına gelmez. Ajanın farmakolojik özellikleri, hastanın klinik durumuyla birlikte değerlendirilmelidir (Becker ve Reed, 2012).

Vazokonstriktörler anestezi süresini uzatıp sistemik emilimi azaltabilir; ancak kontrolsüz hipertansiyon veya ciddi kardiyovasküler hastalıkta kullanım dikkatle planlanmalıdır. Aspirasyon ve yavaş enjeksiyonla intravasküler uygulamadan kaçınılmalı, toplam vazokonstriktör miktarı dikkate alınmalıdır. Yeterli anestezi sağlanması, ağrıya bağlı hemodinamik dalgalanmaların azaltılmasına da katkı sağlar (Becker ve Reed, 2012; Little ve ark., 2018).

#### **6.4. Antibiyotik Kullanımı Ve Doz Ayarlaması**

KBH tek başına antibiyotik tedavisi gerektirmez. Odontojenik enfeksiyonlarda drenaj, endodontik tedavi veya çekimle enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılması esastır. Antibiyotikler sistemik yayılım veya diğer uygun klinik endikasyonlarda eklenmelidir. İmmün sistemi baskılanmış hastalar, immünkompetan yetişkinler için hazırlanmış önerilerden ayrı olarak değerlendirilmelidir (Little ve ark., 2018; Lockhart ve ark., 2019).

Amoksisilin ve amoksisilin-klavulanat gibi renal eliminasyona bağımlı ajanlarda ileri böbrek fonksiyon kaybı, doz azaltılmasını veya aralığın uzatılmasını gerektirebilir. Birçok sefalosporinde de benzer değerlendirme gerekir. Dozlama, antibiyotik grubuna ilişkin genel varsayımla değil ilaca özgü güncel bilgiyle yapılmalıdır (Aronoff ve ark., 2007; KDIGO CKD Work Group, 2024).

Klindamisinde renal doz değişikliği çoğunlukla gerekme de Clostridioides difficile enfeksiyonu riski göz önünde bulundurulmalı; yalnızca böbreklerden az atıldığı için otomatik tercih edilmemelidir. Metronidazolün metabolitleri ileri böbrek yetmezliğinde birikebildiğinden özellikle uzun tedavilerde advers etkiler izlenmelidir. İlaç seçimi alerji öyküsü, enfeksiyonun özellikleri ve eşzamanlı tedavilere göre yapılmalıdır (Aronoff ve ark., 2007; Lockhart ve ark., 2019).

Hemodiyalizde ilacın diyalizle uzaklaştırılma derecesine göre uygulama zamanı veya ek doz gereksinimi değişebilir. Reçeteleme öncesinde güncel böbrek fonksiyonu ve diyaliz programı bilinmeli; karmaşık olgularda nefroloji, enfeksiyon hastalıkları veya klinik eczacılık desteği alınmalıdır (Aronoff ve ark., 2007; KDIGO CKD Work Group, 2024).

### **6.5. Analjezik Kullanımı Ve Ağrı Yönetimi**

Parasetamol, uygun dozlarda hafif ve orta şiddette ağrıda ilk seçeneklerdendir. Günlük toplam doz, eşzamanlı kombinasyon preparatları ve karaciğer hastalığı dikkate alınmalıdır. Nonsteroid antiinflatuvar ilaçlar (NSAİİ), renal kan akımını azaltabilir; sıvı retansiyonu, hipertansiyon, hiperkalemi ve akut böbrek hasarı riskini artırabilir. Özellikle ileri evre KBH'de rutin veya kontrolsüz kullanımlarından kaçınılmalıdır (Davison, 2019; KDIGO CKD Work Group, 2024).

Şiddetli ağrıda opioid gereksinimi doğarsa ilacın ve aktif metabolitlerinin renal eliminasyonu değerlendirilmelidir. Birikim, sedasyon ve solunum depresyonu riskini artırabilir. Kodein ve tramadol gibi ajanlar böbrek hastalarında otomatik olarak güvenli alternatif sayılmamalı; ileri evrede alternatifler ve dozlama ilgili uzmanla değerlendirilmelidir. Atraumatik cerrahi ve etkin lokal anestezi, sistemik analjezik gereksinimini azaltmaya yardımcı olur (Davison, 2019; Little ve ark., 2018).

## **7. ÖZEL HASTA GRUPLARINDA DENTAL YAKLAŞIM**

### **7.1. Hemodiyaliz Hastalarında Dental Yaklaşım**

Hemodiyaliz hastalarında işlem zamanı, son diyaliz seansı ve kullanılan antikoagülasyonla birlikte planlanmalıdır. Elektif invaziv girişimler genellikle diyalizi izleyen güne

yerleştirilir; böylece diyaliz sırasında kullanılan heparinin etkisinin azalması ve metabolik durumun daha uygun olması hedeflenir. Bu yaklaşım sabit bir güvenlik garantisi değildir; bireysel kanama riski ve diyaliz merkezinin bilgisi esas alınmalıdır (Costantinides ve ark., 2018).

Arteriovenöz fistül bulunan koldan kan basıncı ölçümü, damar yolu açılması ve intravenöz uygulama yapılmamalı; ekstremiteler bası ve travmadan korunmalıdır. Tedavi öncesinde hemoglobin, trombositler, potasyum ve gerekli diğer testler değerlendirilir. Cerrahi işlemlerde atraumatik teknik, sütür ve gerektiğinde lokal hemostatik ajanlar kullanılmalı; taburculuk öncesinde hemostaz doğrulanmalıdır (Costantinides ve ark., 2018).

Uzun dönem bakımda periodontal sağlığın korunması, aktif enfeksiyonların erken tedavisi ve koruyucu uygulamalar önemlidir. İlaç dozu ve zamanı diyalizle uyumlu belirlenmeli, kontrol randevuları hastanın tedavi yükü ve genel durumuna göre düzenlenmelidir (Little ve ark., 2018).

## **7.2. Böbrek Transplantasyonu Yapılmış Hastalarda Dental Yaklaşım**

Transplantasyon öncesinde kapsamlı dental değerlendirme yapılmalı; aktif odontojenik enfeksiyonlar ve periodontal hastalıklar tedavi edilerek ağız hijyeni iyileştirilmelidir. Transplantasyon sonrasında yaklaşımı greft fonksiyonu, immünsüpresyon düzeyi ve eşlik eden hastalıklar belirler. Yoğun immünsüpresyonun bulunduğu erken dönemde elektif işlemler ertelenmeli; gerekli acil tedaviler transplant ekibiyle koordineli yürütülmelidir (Little ve ark., 2018).

Siklosporine bağlı gingival büyüme, periodontal inflamasyon ve yetersiz hijyenle ağırlaşabilir. Plak kontrolü ve periodontal tedavi temel yaklaşımlardır; immünsüpresif ilaç değişikliği transplant ekibinin kararıdır. Takrolimusla gingival

büyüme daha az görülse de fırsatçı enfeksiyonlar açısından izlem gereklidir (Little ve ark., 2018; Seymour, Thomason ve Ellis, 1996).

Oral kandidiyazis, viral enfeksiyonlar ve iyileşmeyen mukozal lezyonlar düzenli kontrollerde araştırılmalıdır. Şüpheli ülserasyon veya diğer mukozal değişikliklerde ileri değerlendirme ve gerektiğinde biyopsi planlanmalıdır. Bazı makrolidler ve azol antifungaller, siklosporin veya takrolimus düzeyini artırabilir. Reçeteleme öncesinde etkileşim kontrolü yapılmalı ve gerektiğinde transplant ekibiyle görüşülmelidir (Little ve ark., 2018).

### **7.3. Periton Diyalizi Hastalarında Dental Yaklaşım**

Periton diyalizinde rutin sistemik heparinizasyon bulunmaması, hemodiyalize özgü işlem zamanlamasının doğrudan uygulanmasını gerektirmez. Bununla birlikte üremik kanama eğilimi, rezidüel böbrek fonksiyonu, diyaliz yeterliliği, enfeksiyon riski ve kullanılan ilaçlar değerlendirilmelidir. Dental tedavi ve reçeteleme, hastanın bireysel klinik özelliklerine göre planlanmalıdır (Little ve ark., 2018).

## **8. KRONİK BÖBREK HASTALARINDA DENTAL TEDAVİ YAKLAŞIMLARI**

### **8.1. Oral Cerrahi**

Oral cerrahi öncesinde sistemik değerlendirme tamamlanmalı; işlemin kapsamı ve aciliyeti, kanama riski ve iyileşme kapasitesiyle birlikte ele alınmalıdır. Gerektiğinde işlemler aşamalı planlanabilir. Hemodiyaliz hastalarında 7.1. bölümdeki zamanlama ilkeleri, transplant alıcılarında ise immünsüpresyon ve greft fonksiyonu dikkate alınmalıdır (Little ve ark., 2018).

Yumuşak dokuya özenli yaklaşım, yeterli irrigasyon ve uygun yara kapatılması tercih edilmelidir. Basınç, sütür, okside rejenere selüloz, jelatin veya kollajen bazlı ajanlarla lokal hemostaz sağlanabilir. Postoperatif değerlendirme yalnızca sütür alınmasına indirgenmemeli; enfeksiyon, yara ayrılması ve gecikmiş iyileşme araştırılmalıdır (Little ve ark., 2018).

Hastaya kanama kontrolü, ağız bakımı ve reçete edilen ilaçlar hakkında açık talimat verilmelidir. Beklenmeyen kanama, ateş, artan şişlik veya giderek şiddetlenen ağrı durumunda başvuracağı birim belirtilmelidir. Kontrol aralıkları işlemin kapsamı ve sistemik risklere göre bireyselleştirilmelidir (Little ve ark., 2018).

## **8.2. Antibiyotik Profilaksisi ve Enfeksiyon Kontrolü**

Antibiyotik profilaksisi ile aktif enfeksiyon tedavisi birbirinden ayrılmalıdır. KBH veya hemodiyaliz varlığı tek başına enfektif endokardit profilaksisi endikasyonu değildir. Profilaksi, yüksek riskli belirli kardiyak durumlar ve ilgili dental girişimler için değerlendirilir. Hemodiyaliz amacıyla kullanılan periferik vasküler greftler de tek başına rutin endokardit profilaksisi gerektirmez (Wilson ve ark., 2021).

Transplantasyon öyküsü tek başına bütün dental işlemler için standart bir antibiyotik şeması oluşturmaz. Yoğun immünsüpresyon, ciddi nötropeni veya aktif sistemik sorun varlığında invaziv işlem öncesi transplant ekibiyle görüşülmeli; profilaksi gereksinimi ve zamanlama bireysel belirlenmelidir (Little ve ark., 2018).

Aktif enfeksiyonda kaynak kontrolü esastır. Diffüz yayılım, ateş veya diğer sistemik bulgular antibiyotik gereksinimini artırır; belirgin immünsüpresyonda karar hastanın riskine göre verilmelidir. Düzenli periodontal bakım, çürüklerin erken tedavisi ve hasta eğitimi, enfeksiyon kontrolünün sürekli bileşenleridir (Little ve ark., 2018; Lockhart ve ark., 2019).

### **8.3. İmplant Tedavisi ve Kemik Cerrahisi**

KBH tek başına bütün hastalarda implant tedavisini dışlamaz; ancak ileri evre hastalık, kontrolsüz mineral-kemik bozukluğu, enfeksiyon veya belirgin iyileşme sorunu ayrıntılı değerlendirme gerektirir. Kalsiyum, fosfor, paratiroid hormonu ve diğer ilgili bulgular nefrolojik değerlendirmeyle birlikte yorumlanmalı; karar lokal kemik hacmiyle sınırlı tutulmamalıdır (Little ve ark., 2018; Moe ve ark., 2006).

Klinik muayene ve endikasyona uygun radyolojik inceleme ile alveoler kret, kemik hacmi ve patolojik değişiklikler değerlendirilmelidir. Gerekli olduğunda üç boyutlu görüntülemeye dayanarak yararlanılabilir. Transplantasyonun erken dönemi, aktif enfeksiyon veya kontrolsüz sistemik hastalıkta elektif implant cerrahisi ertelenmelidir (Little ve ark., 2018).

Cerrahide aşırı ısı ve travmadan kaçınılmalı, irrigasyon ve yumuşak doku vaskülaritesi korunmalıdır. Erken dönemde enfeksiyon ve yara iyileşmesi, uzun dönemde peri-implant dokular ve hijyen izlenmelidir. Hastaya, sistemik risklerin tedavi planını ve prognozu etkileyebileceği açıklanmalıdır (Little ve ark., 2018).

### **8.4. Periodontal Tedavi ve Koruyucu Ağız Bakımı**

Periodontal değerlendirmede plak, sondalamada kanama, cep derinliği, klinik ataşman kaybı ve radyografik kemik kaybı kaydedilmelidir. Periodontitisin evre ve derecesi, lokal bulguların yanı sıra diyabet ve sigara gibi risk değiştiricileriyle birlikte değerlendirilir. Başlangıç tedavisi; bireysel hijyen eğitimi, profesyonel plak ve diş taşı uzaklaştırılması ve gerekli subgingival enstrümantasyondan oluşur (Little ve ark., 2018; Tonetti, Greenwell ve Kornman, 2018).

Klorheksidin gargaralar uygun endikasyonlarda kısa süreli destek sağlayabilir. Dişlerde renklenme, tat değişikliği ve

diğer istenmeyen etkiler dikkate alınmalı; mekanik plak kontrolünün yerini almamalıdır. Koruyucu bakım, çürük riskine uygun florür uygulamaları ve hastanın gereksinimlerine göre belirlenen kontrol aralıklarıyla sürdürülmelidir (James ve ark., 2017; Little ve ark., 2018).

Periodontal tedavinin temel hedefleri oral inflamasyonun ve enfeksiyon yükünün azaltılması, fonksiyonun korunması ve yaşam kalitesinin desteklenmesidir. Böbrek fonksiyonunu iyileştirdiği veya KBH ilerlemesini durdurduğu yönünde kesin bir yarar vaat edilmemelidir (Chambrone ve ark., 2013).

### **8.5. Acil Dental Tedaviler**

Akut odontojenik enfeksiyon, şiddetli ağrı, travma veya kontrol edilemeyen kanama gecikmeden değerlendirilmelidir. Böbrek hastalığı, gerekli kaynak kontrolünün gereksiz ertelenmesine neden olmamalıdır. Buna karşılık diyaliz ve transplantasyon durumu, kullanılan ilaçlar ve mevcut sistemik bulgular mümkün olan en kısa sürede öğrenilmelidir (Little ve ark., 2018; Lockhart ve ark., 2019).

Devam eden kanamada odağın değerlendirilmesi ve lokal hemostatik önlemler ilk basamaktır. Kontrol sağlanamıyorsa antitrombotikler ve üremik trombosit bozukluğu dikkate alınarak ilgili uzmanlıklarla koordinasyon kurulmalıdır. Hemodiyaliz hastalarında son heparin uygulaması ve diyaliz programı ayrıca sorgulanmalıdır (Little ve ark., 2018).

Hava yolunu tehdit eden enfeksiyon, hızla yayılan şişlik, disfaji, ciddi trismus, sepsis şüphesi veya kontrol edilemeyen kanama hastane koşullarında değerlendirme gerektirir. Öncelik hava yolu ve yaşamsal işlevlerdir. Transplant alıcılarında immünsüpresyon enfeksiyonun seyrini etkileyebileceğinden ilgili ekip erken dönemde bilgilendirilmelidir (Little ve ark., 2018).

## **9. SONUÇ**

KBH’de dental yaklaşım; böbrek fonksiyonu, hematolojik ve metabolik durum, kullanılan ilaçlar ve girişimin invazivliği birlikte değerlendirilerek planlanmalıdır. Hastalığın varlığı tek başına bütün dental işlemleri engellemez; güvenli bakım bireysel risk değerlendirmesine dayanır.

Renal eliminasyona bağımlı ilaçlarda uygun dozlama, nefrotoksisiteden kaçınma, etkili lokal hemostaz, enfeksiyon kaynağının kontrolü ve düzenli izlem temel ilkelerdir. Diyaliz programıyla uyumlu zamanlama ve transplant alıcılarında immünsüpresyonun dikkate alınması, ilgili ekiplerle iş birliğini gerekli kılar. Koruyucu ağız bakımı ise bu yaklaşımın uzun dönem temelini oluşturur (KDIGO CKD Work Group, 2024; Little ve ark., 2018).

## KAYNAKÇA

- Aronoff, G. R., Bennett, W. M., Berns, J. S., Brier, M. E., Kasbekar, N., Mueller, B. A., . . . Smoyer, W. E. (2007). *Drug prescribing in renal failure: Dosing guidelines for adults and children* (5th ed.). Philadelphia, PA: American College of Physicians.
- Becker, D. E., & Reed, K. L. (2012). Local anesthetics: Review of pharmacological considerations. *Anesthesia Progress*, 59(2), 90–102. doi:10.2344/0003-3006-59.2.90
- Chambrone, L., Foz, A. M., Guglielmetti, M. R., Pannuti, C. M., Artese, H. P. C., Feres, M., & Romito, G. A. (2013). Periodontitis and chronic kidney disease: A systematic review of the association of diseases and the effect of periodontal treatment on estimated glomerular filtration rate. *Journal of Clinical Periodontology*, 40(5), 443–456. doi:10.1111/jcpe.12067
- Chen, T. K., Knicely, D. H., & Grams, M. E. (2019). Chronic kidney disease diagnosis and management: A review. *JAMA*, 322(13), 1294–1304. doi:10.1001/jama.2019.14745
- Costantinides, F., Castronovo, G., Vettori, E., Frattini, C., Artero, M. L., Bevilacqua, L., . . . Di Lenarda, R. (2018). Dental care for patients with end-stage renal disease and undergoing hemodialysis. *International Journal of Dentistry*, 2018, 9610892. doi:10.1155/2018/9610892
- Davison, S. N. (2019). Clinical pharmacology considerations in pain management in patients with advanced kidney failure. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 14(6), 917–931. doi:10.2215/CJN.05180418

- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2021). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (14th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier.
- James, P., Worthington, H. V., Parnell, C., Harding, M., Lamont, T., Cheung, A., . . . Riley, P. (2017). Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), CD008676. doi:10.1002/14651858.CD008676.pub2
- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Anemia Work Group. (2026). KDIGO 2026 clinical practice guideline for the management of anemia in chronic kidney disease (CKD). *Kidney International*, 109(Suppl. 1S), S1–S99. doi:10.1016/j.kint.2025.06.006
- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International*, 105(Suppl. 4S), S117–S314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018
- Kovesdy, C. P. (2022). Epidemiology of chronic kidney disease: An update 2022. *Kidney International Supplements*, 12(1), 7–11. doi:10.1016/j.kisu.2021.11.003
- Little, J. W., Miller, C. S., & Rhodus, N. L. (2018). *Little and Falace's dental management of the medically compromised patient* (9th ed.). St. Louis, MO: Elsevier.

- Lockhart, P. B., Tampi, M. P., Abt, E., Aminoshariae, A., Durkin, M. J., Fouad, A. F., . . . Carrasco-Labra, A. (2019). Evidence-based clinical practice guideline on antibiotic use for the urgent management of pulpal- and periapical-related dental pain and intraoral swelling: A report from the American Dental Association. *Journal of the American Dental Association*, 150(11), 906–921.e12. doi:10.1016/j.adaj.2019.08.020
- Moe, S., Drüeke, T., Cunningham, J., Goodman, W., Martin, K., Olgaard, K., . . . Eknoyan, G. (2006). Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: A position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney International*, 69(11), 1945–1953. doi:10.1038/sj.ki.5000414
- Proctor, R., Kumar, N., Stein, A., Moles, D., & Porter, S. (2005). Oral and dental aspects of chronic renal failure. *Journal of Dental Research*, 84(3), 199–208. doi:10.1177/154405910508400301
- Seymour, R. A., Thomason, J. M., & Ellis, J. S. (1996). The pathogenesis of drug-induced gingival overgrowth. *Journal of Clinical Periodontology*, 23(3), 165–175. doi:10.1111/j.1600-051X.1996.tb02072.x
- Tonetti, M. S., Greenwell, H., & Kornman, K. S. (2018). Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S159–S172. doi:10.1002/JPER.18-0006
- Webster, A. C., Nagler, E. V., Morton, R. L., & Masson, P. (2017). Chronic kidney disease. *The Lancet*, 389(10075), 1238–1252. doi:10.1016/S0140-6736(16)32064-5

Wilson, W. R., Gewitz, M., Lockhart, P. B., Bolger, A. F., DeSimone, D. C., Kazi, D. S., . . . Baddour, L. M. (2021). Prevention of viridans group streptococcal infective endocarditis: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 143(20), e963–e978. doi:10.1161/CIR.0000000000000969

# **KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİDE GÖRÜNTÜ ARTEFAKTLARI VE TANISAL ETKİLERİ**

**Şükran AYRAN<sup>1</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT), maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan görüntüleme yöntemlerinden biridir. Özellikle dentoalveoler yapılar, çene kemikleri ve çevre anatomik oluşumların ayrıntılı incelenmesine olanak sağlaması, yöntemin farklı diş hekimliği disiplinlerindeki kullanımını artırmıştır. İki boyutlu radyografilerde karşılaşılan anatomik süperpozisyonun önlenmesi ve farklı düzlemlerde kesitsel görüntülerin elde edilebilmesi, KIBT'nin başlıca avantajları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte üç boyutlu görüntü elde edilmesi, incelenen anatomik yapıların her koşulda gerçeğe uygun biçimde temsil edildiği anlamına gelmemektedir. Görüntü oluşumunu etkileyen fiziksel ve teknik faktörler, radyolojik değerlendirmeyi güçleştiren çeşitli bozulmalara neden olabilmektedir (Mihailidis ve ark., 2024).

KIBT sistemlerinde konik biçimli X-ışını demeti kullanılarak farklı açılardan elde edilen projeksiyon verileri, matematiksel rekonstrüksiyon işlemleriyle üç boyutlu görüntülere dönüştürülmektedir. Bu süreçte X-ışını demetinin polikromatik yapısı, saçılan radyasyon, dedektörün fiziksel özellikleri ve rekonstrüksiyon algoritmalarına bağlı sınırlılıklar

---

<sup>1</sup> Uzman Diş Hekimi, ORCID: 0009-0003-5988-2685.

görüntü kalitesini etkileyebilmektedir. Yüksek yoğunluklu materyallerin bulunduğu bölgelerde X-ışınlarının yüksek yoğunluklu materyaller tarafından farklı düzeylerde atenüasyona uğraması, görüntüde çizgilenme ve gölgelenme gibi bozulmalar oluşturabilirken, tarama sırasında meydana gelen hasta hareketleri projeksiyon verileri arasında uyumsuzluğa yol açabilmektedir. Dolayısıyla KIBT görüntülerinin yorumlanmasında anatomik özelliklerin yanı sıra görüntüleme sistemine ve çekim koşullarına bağlı hata kaynaklarının da dikkate alınması gerekmektedir (Kalabalık, Aytuğar, Aykanat ve Çiftçi, 2024; Mihailidis ve ark., 2024).

Radyolojik görüntülemeye artefakt, incelenen nesnenin gerçek anatomik veya fiziksel özelliklerini doğru biçimde yansıtmayan, görüntüleme sürecine bağlı yapay görünüm ya da bozulma olarak tanımlanmaktadır. KIBT görüntülerinde artefaktlar; parlak çizgilenmeler, koyu bantlar, bulanıklaşma, çift kontur oluşumu ve anatomik sınırların belirsizleşmesi gibi farklı biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Bu değişikliklerin klinik önemi, yalnızca artefaktın yaygınlığına değil, değerlendirilen anatomik yapının özelliklerine ve artefaktın bu yapıyla olan ilişkisine de bağlıdır. Özellikle ince kortikal kemik alanlarının, kök yüzeylerinin ve implant çevresindeki kemik dokunun incelenmesinde görüntüdeki küçük bozulmalar bile tanısal yorumlamayı etkileyebilmektedir (Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025; Mihailidis ve ark., 2024).

Diş hekimliği uygulamalarında metalik materyallerin oluşturduğu artefaktlar, KIBT görüntülerinin tanısal niteliğini etkileyen önemli sorunlar arasındadır. Dental implantlar, intraradiküler postlar, metal destekli protetik restorasyonlar ve diğer yüksek yoğunluklu materyaller, X-ışını demetinin atenüasyon özelliklerini değiştirerek çevre dokularda düzensiz gri değer dağılımlarına, parlak çizgilenmelere ve koyu bantlara neden olabilmektedir. Bu bozulmalar, metalik materyallere

komşu anatomik yapıların değerlendirilmesini güçleştirebilir ve bazı patolojik değişikliklerin olduğundan farklı yorumlanmasına yol açabilir. Özellikle implant çevresindeki kemik dokunun değerlendirilmesi ve vertikal kök kırıklarının saptanması gibi klinik durumlarda, metal artefaktlarının tanısal doğruluk üzerindeki etkileri güncel araştırmalarda ele alınmaktadır (Barros-Costa ve ark., 2025; Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025; Dias-Junior ve ark., 2023).

Hasta hareketi, KIBT görüntülerinde artefakt oluşumuna neden olan bir diğer önemli faktördür. Tarama sırasında meydana gelen istemsiz baş hareketleri, farklı açılardan elde edilen projeksiyonların anatomik olarak birbiriyle uyumunu bozarak bulanıklaşma, çift kontur görünümü ve çizgisel bozulmalara yol açabilmektedir. Bu durum özellikle küçük anatomik yapıların değerlendirilmesinde görüntülerin tanısal değerlendirilmesini güçleştirebilmekte ve bazı olgularda çekimin tekrarlanmasını gerektirebilmektedir. Kalabalık ve ark. (2024), hareket artefaktları nedeniyle tekrar çekim yapılmasını gerektiren durumları retrospektif olarak incelemiş; Panjnoush ve ark. (2025) ise hareket artefaktlarının görüntü kalitesi üzerindeki etkileriyle birlikte düzeltme yazılımlarının kullanılabilirliğini değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, hasta hareketinin yalnızca teknik bir görüntüleme sorunu olmadığını, tanısal değerlendirme sürecini de etkileyebildiğini göstermektedir.

Artefaktların azaltılmasına yönelik teknolojik gelişmeler, son yıllarda KIBT görüntü kalitesinin iyileştirilmesine ilişkin araştırmalarda önemli bir yer edinmiştir. Metal artefakt azaltma algoritmaları, iteratif rekonstrüksiyon yöntemleri, hareket düzeltme yazılımları ve yapay zekâ destekli görüntü işleme teknikleri bu amaçla geliştirilen yaklaşımlar arasındadır. Bununla birlikte kullanılan yöntemlerin etkinliği; görüntüleme cihazının özelliklerine, çekim protokolüne, metalik materyalin türüne ve değerlendirilen klinik bulguya göre değişebilmektedir. Ayrıca

görüntüdeki çizgilenmelerin azalması veya daha homojen bir görünüm elde edilmesi, her durumda tanısal doğruluğun arttığı anlamına gelmemektedir. Bu nedenle artefakt azaltma yöntemlerinin değerlendirilmesinde yalnızca görsel görüntü kalitesinin değil, klinik tanıya sağladıkları katkının da dikkate alınması gerekmektedir (Soltani ve ark., 2026; Wajer ve ark., 2025; Yousefi, Mohammadi, Nikikhah ve Abbasiyan, 2025).

KIBT görüntülerinde artefaktların doğru tanınması, anatomik ve patolojik bulguların güvenilir biçimde değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Artefaktların gerçek patolojik değişikliklerle karıştırılması yanlış pozitif değerlendirmelere yol açabilirken, mevcut bir patolojinin artefakt nedeniyle yeterince seçilememesi yanlış negatif sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle artefaktların oluşum mekanizmalarının bilinmesi, uygun görüntüleme protokollerinin tercih edilmesi ve artefakt azaltma yöntemlerinin klinik gereklilikler doğrultusunda kullanılması, radyolojik değerlendirme sürecinde dikkate alınması gereken temel unsurlardır (Mihailidis ve ark., 2024; Yousefi ve ark., 2025).

Bu derlemenin amacı, KIBT görüntülerinde karşılaşılan başlıca artefakt türlerini ve oluşum mekanizmalarını güncel literatür doğrultusunda incelemek, artefaktların farklı diş hekimliği uygulamalarındaki tanısal etkilerini değerlendirmek ve görüntü kalitesinin iyileştirilmesine yönelik mevcut yöntemleri klinik açıdan tartışmaktır.

## **2. KIBT GÖRÜNTÜLERİNDE ARTEFAKTLARIN SINIFLANDIRILMASI VE OLUŞUM MEKANİZMALARI**

KIBT görüntülerinde izlenen artefaktlar, görüntüleme sisteminin fiziksel özelliklerinden, hastaya bağlı faktörlerden ve rekonstrüksiyon sürecindeki sınırlılıklardan

kaynaklanabilmektedir. Bu bozulmalar tek bir mekanizmayla oluşmadığından, artefaktların nedenlerine göre değerlendirilmesi görüntüdeki değişikliklerin doğru yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Fiziksel kaynaklı artefaktlar arasında ışın sertleşmesi, saçılan radyasyon ve foton yetersizliği öne çıkarken; hareket, dedektör kalibrasyonu, geometrik uyumsuzluk ve yetersiz veri örneklemesi diğer önemli hata kaynaklarını oluşturmaktadır. Birden fazla mekanizmanın aynı görüntüde etkili olabilmesi nedeniyle artefaktlar her zaman birbirinden kesin sınırlarla ayrılamamaktadır (Mihailidis ve ark., 2024).

### **2.1. Işın Sertleşmesi (Beam Hardening) Artefaktı**

KIBT sistemlerinde kullanılan X-ışını demeti, farklı enerji düzeylerine sahip fotonlardan oluşmaktadır. Demet, incelenen dokulardan geçerken düşük enerjili fotonlar yüksek enerjili fotonlara göre daha fazla soğurulmakta ve kalan demetin ortalama enerjisi artmaktadır. Işın sertleşmesi olarak tanımlanan bu durum, özellikle yoğun kemik dokular ve metalik materyallerin bulunduğu bölgelerde belirginleşmektedir. Rekonstrüksiyon sırasında bu değişimin yeterince düzeltilmemesi, görüntüde gerçekte bulunmayan gri değer farklılıklarının ve çizgisel bozulmaların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Mihailidis ve ark., 2024).

### **2.2. Saçılan Radyasyona Bağlı Artefaktlar**

Saçılan radyasyon, X-ışını fotonlarının maddeyle etkileşimi sonucunda başlangıçtaki doğrultularından sapmasıyla oluşmaktadır. KIBT sistemlerinde geniş alanlı dedektör ve konik ışın geometrisi kullanılması, dedektöre ulaşan saçılmış foton miktarını artırabilmektedir. Saçılan fotonlar, görüntünün oluşturulmasında kullanılan birincil radyasyon sinyaline eklenerek ölçülen atenüasyon değerlerinin doğruluğunu olumsuz etkileyebilmektedir. Bunun sonucunda görüntü kontrastında

azalma, gri değer dağılımında düzensizlik ve bazı bölgelerde gölgelenme meydana gelebilmektedir (Mihailidis ve ark., 2024).

### **2.3. Metal Kaynaklı Artefaktlar**

Metal kaynaklı artefaktlar, diş hekimliğinde kullanılan yüksek yoğunluklu materyallerin X-ışını demetiyle etkileşimi sonucunda ortaya çıkan görüntü bozulmalarıdır. Dental implantlar, metal destekli kronlar, intraradiküler postlar ve metalik restorasyonlar bu artefaktların başlıca kaynakları arasında yer almaktadır. Metalik materyallerin yüksek atenüasyon özellikleri nedeniyle bazı projeksiyonlarda dedektöre ulaşan foton sayısı belirgin ölçüde azalabilmekte, bu durum ışın sertleşmesiyle birlikte görüntüde koyu bantlar ve parlak çizgilenmeler oluşturabilmektedir. Bu nedenle metal artefaktları, birden fazla fiziksel sürecin birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık görüntü bozulmalarıdır (Mihailidis ve ark., 2024).

### **2.4. Görüntüleme Alanı Dışındaki Yapılara Bağlı Artefaktlar (Exomass Artefaktları)**

KIBT görüntülerinde rekonstrüksiyona dahil edilen görüntüleme alanı ile X-ışını demetinin geçtiği toplam anatomik hacim her zaman aynı değildir. Görüntüleme alanının dışında kalmasına rağmen ışın demeti içerisinde bulunan yapılar, projeksiyon verilerini etkileyebilmektedir. Bu bölge *exomass* olarak adlandırılmakta ve burada yer alan yüksek yoğunluklu materyaller, rekonstrükte edilen görüntü hacminde de bozulmalara neden olabilmektedir. Dolayısıyla görüntüde metalik bir materyalin izlenmemesi, metal kaynaklı artefakt olasılığını tamamen ortadan kaldırmamaktadır (Oliveira ve ark., 2025).

## **2.5. Hasta Hareketine Bağlı Artefaktlar**

Hasta hareketine bağlı artefaktlar, tarama sırasında hastanın baş pozisyonunun değişmesi sonucunda projeksiyon verileri arasında geometrik uyumsuzluk oluşmasıyla ortaya çıkmaktadır. KIBT görüntülerinin farklı açılardan elde edilen projeksiyonların birleştirilmesiyle oluşturulması nedeniyle, tarama sırasında gerçekleşen hareketler rekonstrüksiyon sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu bozulmalar anatomik yapıların bulanıklaşması, çift konturlu görünmesi veya çizgilenmelerin ortaya çıkması şeklinde izlenebilmektedir. Hareketin süresi ve büyüklüğünün yanı sıra gerçekleştiği tarama aşaması da görüntüde oluşan bozulmanın özelliklerini etkileyebilmektedir (Kalabalık, Aytuğar, Aykanat ve Çiftçi, 2024; Panjnoush, Kheirandish ve Nouri (2025)

## **2.5. Dedektör ve Rekonstrüksiyon Sistemine Bağlı Artefaktlar**

KIBT görüntülerinde dedektör sisteminin kalibrasyonu ve görüntüleme geometrisinin doğruluğu, rekonstrüksiyon kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Dedektördeki hatalı veya yeterince kalibre edilmemiş elemanlar, rekonstrükte edilen görüntülerde halka biçimli artefaktların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu artefaktlar özellikle aksiyal kesitlerde dönme merkezi çevresinde konsantrik halkalar şeklinde izlenebilmektedir. Bununla birlikte bazı KIBT sistemlerinde kullanılan kaydırılmış dedektör geometrisi de benzer görünümünün oluşumuna katkıda bulunabilmektedir (Mihailidis ve ark., 2024; Wajer ve ark.,2025).

## **2.7. Parsiyel Hacim Etkisi ve Görüntü Gürültüsü**

Parsiyel hacim etkisi, bir voksel içerisinde farklı atenüasyon özelliklerine sahip birden fazla dokunun bulunması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda voksele atanan değer, içerdiği yapıların özelliklerini tek başına temsil edememekte ve özellikle ince anatomik sınırlar olduğundan daha belirsiz

görülebilmektedir. KIBT sistemlerinin yüksek uzaysal çözünürlüğü bu etkiyi azaltabilse de tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Bu nedenle voksel boyutu ve incelenen anatomik yapının boyutları, görüntülerin yorumlanmasında dikkate alınmalıdır (Mihailidis ve ark., 2024).

### **3. GÖRÜNTÜ ARTEFAKTLARININ TANISAL DEĞERLENDİRME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

KIBT görüntülerinde artefaktlar, anatomik yapıların seçilebilirliğini azaltarak patolojik bulguların saptanmasını güçleştirebilmekte ve tanısal doğruluğu olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle metalik restorasyonlar, intraradiküler postlar ve dental implantlar çevresinde oluşan görüntü bozulmaları, gerçek patolojileri maskeleyebildiği gibi patolojik değişiklikleri taklit eden görünümlere de neden olabilmektedir. Bu nedenle artefaktların tanısal etkileri, görüntünün görsel kalitesinden bağımsız olarak duyarlılık ve özgüllük açısından değerlendirilmelidir (Barros-Costa ve ark., 2025; Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025).

#### **3.1. Endodontik Değerlendirmede Artefaktların Etkileri**

Endodontik değerlendirmede artefaktların etkisi özellikle vertikal kök kırıklarının saptanmasında belirginleşmektedir. Kök kanal dolgu materyalleri ve metalik postların oluşturduğu çizgilenmeler, kırık hatlarının görünürlüğünü azaltabilmekte veya kırığı taklit eden görüntüler meydana getirebilmektedir. Dias-Junior ve ark. (2025) tarafından gerçekleştirilen sistematik derleme ve meta-analizde, tamamlanmış kırıkların tamamlanmamış kırıklara göre daha yüksek duyarlılıkla saptandığı ve metalik post varlığının tanısal performansı olumsuz etkilediği bildirilmiştir. Ayrıca metal artefakt azaltma filtrelerinin kullanılması, vertikal kök kırıklarının tanısal doğruluğunda her

zaman anlamlı bir iyileşme sağlamamaktadır (Dias-Junior ve ark., 2023; Dias-Junior ve ark., 2025).

Görüntüleme protokolleri ve rekonstrüksiyon yöntemleri de kırık tanısının doğruluğunu etkileyebilmektedir. Hilgert ve ark. (2025), daha küçük voksel boyutunun vertikal kök kırıklarının saptanmasında tanısal doğruluğu artırabildiğini, artefakt azaltma filtresinin ise anlamlı bir katkı sağlamadığını bildirmiştir. Benzer şekilde Barros-Costa ve ark. (2025), iteratif rekonstrüksiyon yönteminin metal artefaktları varlığında kırık saptama performansını anlamlı düzeyde artırmadığını göstermiştir. Bu bulgular, görüntü iyileştirme yöntemlerinin etkinliğinin kullanılan cihaz ve protokole göre değişebildiğini, görsel iyileşmenin her zaman tanısal üstünlük anlamına gelmediğini ortaya koymaktadır.

### **3.2. İmplant Çevresi Kemik Dokunun Değerlendirilmesinde Artefaktların Etkileri**

Dental implantların oluşturduğu artefaktlar, implant yüzeyine komşu kemik dokunun değerlendirilmesini güçleştirebilmekte ve kemik defektlerinin saptanmasında tanısal belirsizliğe neden olabilmektedir. Chang ve ark. (2025), titanyum ve zirkonyum implantlar çevresindeki kemik grefti kaybının değerlendirilmesinde metal artefakt azaltma algoritmalarının etkinliğinin kullanılan KIBT cihazına ve implant materyaline göre değiştiğini bildirmiştir. Bazı cihazlarda tanısal performans artarken, yüksek düzeyde artefakt azaltma uygulamalarının doğruluğu olumsuz etkileyebildiği gösterilmiştir. Bu sonuçlar, metal artefakt azaltma yöntemlerinin tüm implant materyalleri ve görüntüleme sistemleri için aynı düzeyde yarar sağlamadığını ortaya koymaktadır.

### **3.3. Yanlış Pozitif ve Yanlış Negatif Değerlendirmeler**

Artefaktlar, gerçek patolojik değişiklikleri taklit ederek yanlış pozitif, mevcut lezyonların görünürlüğünü azaltarak yanlış

negatif değerlendirmelere neden olabilmektedir. Özellikle vertikal kök kırıkları ve implant çevresi kemik defektleri gibi ince yapısal değişikliklerin incelenmesinde bu risk önem kazanmaktadır. Güncel çalışmalar, metalik materyallerin varlığının tanısal performansı azaltabildiğini ve artefakt azaltma yöntemlerinin bu sorunu her koşulda ortadan kaldıramadığını göstermektedir. Bu nedenle şüpheli KIBT bulguları, artefakt olasılığı dikkate alınarak klinik bulgularla birlikte değerlendirilmelidir (Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025; Dias-Junior ve ark., 2025).

#### **4. KIBT GÖRÜNTÜLERİNDE ARTEFAKTLARIN ÖNLENMESİ VE AZALTILMASI**

KIBT görüntülerinde artefaktların azaltılması, uygun hasta hazırlığı, görüntüleme protokolünün optimizasyonu ve görüntü işleme yöntemlerinin doğru kullanımına dayanmaktadır. Artefaktların tamamen ortadan kaldırılması her zaman mümkün olmamakla birlikte, görüntü kalitesinin korunması ve tanısal hataların önlenmesi açısından bu yaklaşımlar önem taşımaktadır. Bununla birlikte artefakt azaltma yöntemlerinin etkinliği, yalnızca görüntüdeki bozulmaların azalmasıyla değil, anatomik ayrıntıların korunması ve tanısal doğruluğa katkısıyla değerlendirilmelidir (Mihailidis ve ark., 2024; Yousefi ve ark., 2025).

##### **4.1. Hasta Hazırlığı ve Görüntüleme Protokolünün Optimizasyonu**

Çekim öncesinde çıkarılabilir metalik nesnelerin uzaklaştırılması, hastanın uygun şekilde konumlandırılması ve tarama sırasında baş hareketlerinin önlenmesi, artefakt oluşumunun azaltılmasında temel yaklaşımlardır. Hareket artefaktları görüntülerin tanısal niteliğini düşürebilmekte ve bazı durumlarda tekrar çekim gerektirebilmektedir. Ayrıca görüş alanı

(FOV), voksel boyutu ve ekspozisyon parametreleri, klinik gereksinimler doğrultusunda belirlenmelidir. Daha yüksek uzaysal çözünürlük her durumda daha yüksek tanısal doğruluk sağlamadığından, görüntüleme protokolü tanısal yeterlilik ve radyasyon dozu arasındaki denge gözetilerek seçilmelidir (Hilgert ve ark., 2025; Kalabalık, Aytuğar, Aykanat ve Çiftçi, 2024; Mihailidis ve ark., 2024).

#### **4.2. Metal Artefakt Azaltma Algoritmaları**

Metal artefakt azaltma (MAR) algoritmaları, yüksek yoğunluklu materyallerin oluşturduğu çizgilenme ve gölgelenmeleri azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin etkinliği cihaz, materyal ve görüntüleme koşullarına göre değişmektedir. Yousefi ve ark. (2025), MAR algoritmalarının artefakt şiddetini azaltma potansiyelini ortaya koyarken, Chang ve ark. (2025) bazı uygulamaların tanısal doğruluğu olumsuz etkileyebildiğini bildirmiştir. Bu nedenle MAR uygulamalarının rutin olarak üstün kabul edilmesi yerine, özellikle şüpheli bulgularda mümkün olduğunda filtre uygulanmış ve uygulanmamış görüntülerin birlikte değerlendirilmesi uygun bir yaklaşım olabilir.

#### **4.3. İteratif Rekonstrüksiyon ve Hareket Düzeltme Yöntemleri**

İteratif rekonstrüksiyon yöntemleri, görüntü gürültüsünün azaltılmasına ve görüntü kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilmektedir. Wajer ve ark. (2025), bu yöntemlerin potansiyel yararlarını bildirmekle birlikte tanısal performans üzerindeki etkilerinin ayrıca değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Hareket düzeltme yazılımları ise tarama sırasında oluşan bozulmaların azaltılmasına yönelik bir seçenek sunmaktadır. Ancak düzeltme başarısı hareketin özelliklerine ve kullanılan yazılıma bağlı olduğundan, hasta hareketinin çekim

sırasında önlenmesi temel yaklaşım olmalıdır (Panjnoush ve ark., 2025; Wajer ve ark., 2025).

#### **4.4. Yapay Zekâ Destekli Artefakt Azaltma Yöntemleri**

Yapay zekâ ve derin öğrenme tabanlı yöntemler, özellikle metal artefaktlarının ve görüntü gürültüsünün azaltılmasında gelişmekte olan yaklaşımlardır. Soltani ve ark. (2026), dental KIBT görüntülerinde yapay zekâ destekli metal artefakt azaltma yöntemlerini değerlendirmiş; Kleber ve ark. (2024) ise genel bilgisayarlı tomografide derin öğrenme uygulamalarının potansiyelini ve sınırlılıklarını incelemiştir. Bu teknolojiler görüntü kalitesinin iyileştirilmesi açısından umut verici olmakla birlikte, anatomik ayrıntıların korunması ve farklı klinik koşullarda tanısal güvenilirliğin doğrulanması gerekmektedir (Kleber ve ark., 2024; Soltani ve ark., 2026).

### **5. KLİNİK DEĞERLENDİRMEDE ARTEFAKTLARIN YÖNETİMİ**

KIBT görüntülerinin değerlendirilmesinde artefaktların tanınması, gerçek anatomik ve patolojik bulguların görüntü bozulmalarından ayırt edilmesi açısından önemlidir. Özellikle metalik restorasyonlar, kök kanal dolgu materyalleri ve dental implantlara komşu alanlarda izlenen şüpheli görünüm, artefakt olasılığı dikkate alınarak yorumlanmalıdır. Artefaktların tanısal etkisi incelenen bölgeye ve patolojiye göre değiştiğinden, görüntü kalitesinin yeterliliği her klinik soru için ayrı değerlendirilmelidir (Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025; Dias-Junior ve ark., 2025).

#### **5.1. Artefaktların Tanınması ve Görüntülerin Yorumlanması**

Artefaktların değerlendirilmesinde aksiyal, koronal ve sagittal kesitlerin birlikte incelenmesi, şüpheli bulguların farklı

düzlemlerdeki devamlılığının değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Özellikle metalik materyallere komşu çizgilenmelerin kırık veya kemik defekti olarak yorumlanmasından kaçınılmalıdır. Metal artefakt azaltma algoritmaları görüntülerin görünümünü iyileştirebilmekle birlikte tanısal doğruluğu her zaman artırmadığından, şüpheli durumlarda mümkünse işlenmiş ve işlenmemiş görüntülerin karşılaştırılması yararlı olabilir (Dias-Junior ve ark., 2023; Chang, Felizardo, Oliveira-Santos ve Gaêta-Araujo, 2025).

### **5.2. Klinik Bulgularla Birlikte Değerlendirme**

Artefaktların bulunduğu görüntülerde radyolojik bulguların tek başına kesin tanı olarak kabul edilmesi uygun değildir. Özellikle vertikal kök kırıkları gibi tanısı güç durumlarda klinik muayene bulguları, hastanın semptomları ve diğer radyografik veriler birlikte değerlendirilmelidir. Güncel sistematik derlemeler, KIBT'nin tanısal performansının kırığın özelliklerinden ve metalik materyallerin varlığından etkilendiğini göstermektedir. Bu nedenle radyolojik bulguların klinik verilerle uyumu, tanısal güvenilirliğin temel belirleyicilerinden biridir (Dias-Junior ve ark., 2025).

### **5.3. Tekrar Çekim Kararının Değerlendirilmesi**

Artefakt varlığı, tek başına KIBT çekiminin tekrarlanmasını gerektirmez. Tekrar çekim kararı, görüntü bozulmasının klinik sorunun yanıtlanmasını engelleyip engellemediği ve yeni görüntülemenin tanısal katkısı dikkate alınarak verilmelidir. Hareket artefaktlarının bazı olgularda tekrar çekime neden olabildiği bildirilmekle birlikte, gereksiz radyasyon maruziyetinden kaçınmak amacıyla mevcut görüntülerin tanısal yeterliliği öncelikle değerlendirilmelidir. Tekrar görüntüleme gerekli olduğunda ise hareketin önlenmesine yönelik önlemler alınmalı ve uygun görüntüleme protokolü seçilmelidir (Kalabalık, Aytuğar, Aykanat ve Çiftçi, 2024; Mihailidis ve ark., 2024).

## **6. SONUÇ**

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografide görüntü artefaktları, anatomik yapıların değerlendirilmesini güçleştirerek tanısal doğruluğu olumsuz etkileyebilen önemli sınırlılıklardır. Özellikle metalik materyaller ve hasta hareketlerinden kaynaklanan artefaktlar, patolojik bulguların gözden kaçırılmasına veya yanlış yorumlanmasına neden olabilmektedir. Uygun hasta hazırlığı, görüntüleme protokolünün optimizasyonu ve artefakt azaltma yöntemlerinin bilinçli kullanımı, bu etkilerin sınırlandırılmasında önem taşımaktadır.

Metal artefakt azaltma algoritmaları, iteratif rekonstrüksiyon ve yapay zekâ destekli yöntemler görüntü kalitesinin iyileştirilmesi açısından önemli gelişmeler sunmakla birlikte, görsel iyileşme her zaman tanısal doğrulukta artış sağlamamaktadır. Bu nedenle artefaktların değerlendirilmesinde temel yaklaşım, görüntü işleme yöntemlerinin sınırlılıklarını bilmek, anatomik ayrıntıların korunmasını gözetmek ve radyolojik bulguları klinik verilerle birlikte yorumlamak olmalıdır. Böylece KIBT'nin tanısal potansiyelinden daha güvenilir ve etkin biçimde yararlanılması mümkün olacaktır.

## KAYNAKÇA

- Barros-Costa, M., Santaella, G., Oliveira-Santos, C., Freitas, D. Q., Scarfe, W. C., & Groppo, F. C. (2025). Diagnostic performance of iterative reconstruction of cone-beam computed tomography for detecting vertical root fractures in the presence of metal artifacts. *Journal of Endodontics*, 51(6), 715–721. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2025.02.008>
- Chang, M., Felizardo, H. M. A., Oliveira-Santos, C., & Gaêta-Araujo, H. (2025). Influence of metal artifact reduction tool of two cone beam CT on the detection of bone graft loss around titanium and zirconium implants—An ex vivo diagnostic accuracy study. *Clinical Oral Implants Research*, 36(3), 279–289. <https://doi.org/10.1111/clr.14381>
- de Lima Dias-Junior, L. C., Correa, M., Porto, O. C. L., Estrela, C., da Silveira Teixeira, C., Garcia, L. D. F. R., & Bortoluzzi, E. A. (2023). Influence of a metal artifact reduction filter on the diagnostic accuracy of complete and incomplete vertical root fractures. *Journal of Endodontics*, 49(10), 1352–1361. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.07.010>
- de Lima Dias-Junior, L. C., de Souza, D. L., Bezerra, A. P., Correa, M., da Silveira Teixeira, C., Bortoluzzi, E. A., & da Fonseca Roberti Garcia, L. (2025). Exploring diagnostic reliability of CBCT for vertical root fractures: A systematic review and meta-analytical approach. *International Journal of Dentistry*, 2025, Article 8824867. <https://doi.org/10.1155/ijod/8824867>
- Hilgert, E. A., Liedke, G. S., da Silveira Tiecher, P. F., Arus, N. A., de Oliveira Gamba, T., da Silveira, H. L. D., & Vizzotto, M. B. (2025). Impact of CBCT acquisition

- protocols and artifact reduction filters on diagnosing vertical root fractures. *Dental Traumatology*, 41(1), 69–74. <https://doi.org/10.1111/edt.12984>
- Kalabalık, F., Aytuğar, E., Aykanat, F., & Çiftçi, C. (2024). Repetition rate of scanning due to motion artefacts in cone-beam computed tomography: A retrospective study. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 15(1), Article e6. <https://doi.org/10.5037/jomr.2024.15106>
- Kleber, C. E., Karius, R., Naessens, L. E., Van Toledo, C. O., van Osch, J. A., Boomsma, M. F., ... van der Molen, A. J. (2024). Advancements in supervised deep learning for metal artifact reduction in computed tomography: A systematic review. *European Journal of Radiology*, 181, Article 111732. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111732>
- Mihailidis, D. N., Stratis, A., Gingold, E., Carlson, R., DeForest, W., Gray, J., ... Massoth, R. (2024). AAPM Task Group Report 261: Comprehensive quality control methodology and management of dental and maxillofacial cone beam computed tomography (CBCT) systems. *Medical Physics*, 51(5), 3134–3164. <https://doi.org/10.1002/mp.16911>
- Oliveira, M. L., Dagassan-Berndt, D., Sampaio-Oliveira, M., Simonek, M., Kühl, S., & Bornstein, M. M. (2025). Evaluation of exomass-related artefacts caused by dental implants of different materials in cone-beam computed tomography scans: An ex vivo study. *Clinical Oral Implants Research*, 36(4), 449–459. <https://doi.org/10.1111/clr.14394>
- Panjnoush, M., Kheirandish, Y., & Nouri, N. N. (2025). Effect of motion artifacts and their correction software on quality and interpretability of cone-beam computed tomography

images. *Oral Radiology*, 41(4), 587–599.  
<https://doi.org/10.1007/s11282-025-00835-0>

Soltani, P., Iranmanesh, P., Ebrahimzadeh, F., Angelone, F., Ponsiglione, A. M., Amato, F., ... Faghihian, H. (2026). Artificial intelligence for reducing metal artifacts in dental CBCT images: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*. <https://doi.org/10.1093/dmfr/twag034>

Wajer, R., Dabrowski-Tumanski, P., Wajer, A., Kazimierczak, N., Serafin, Z., & Kazimierczak, W. (2025). Enhancing image quality in dental-maxillofacial CBCT: The impact of iterative reconstruction and AI on noise reduction—A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(12), Article 4214. <https://doi.org/10.3390/jcm14124214>

Yousefi, F., Mohammadi, Y., Nikikhah, K., & Abbasiyan, F. (2025). Investigating the effectiveness of MAR algorithm on magnitude of artifacts in CBCT images: A systematic review. *Oral Radiology*, 41(3), 311–319.  
<https://doi.org/10.1007/s11282-025-00815-4>

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİNDE  
GÜNCEL KONULAR VE  
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

**yaz**  
yayınları

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