



**The Journal of Turkish Dental Research**  
**Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi**

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 2, Mayıs - Ağustos 2023  
Volume 2, Number 2, May -August 2023

**Diş Çürüğünün Teşhisi ve Bu Amaçla Kullanılan Güncel Yöntemler**

Diagnosis of Dental Caries and Current Methods Used for This Purpose

**Çürük Teşhisinde Kullanılan Güncel Yöntemler**

**Sümeyye KANLIDERE<sup>1</sup>, Oya BALA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Arş. Gör. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
sumeyyekanlidere@gazi.edu.tr  
ORCID: 0000-0003-4592-4496

<sup>2</sup> Prof. Dr. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
oyabala@gazi.edu.tr  
ORCID: 0000-0001-5446-2583

**Makale Bilgisi / Article Information**  
**Makale Türü / Article Types:** Derleme / Review  
**Geliş Tarihi / Received:** 23-05-2023  
**Kabul Tarihi / Accepted:** 10-10-2023

**Yıl / Year:** 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 219-231

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Sümeyye KANLIDERE

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1301420>

---

## ***Diş Çürüğünün Teşhisi ve Bu Amaçla Kullanılan Güncel Yöntemler***

### ***Diagnosis of Dental Caries and Current Methods Used for This Purpose***

#### **ÖZET**

Diş çürüğü, toplumda sık karşılaşılan önemli ve yaygın problemlerden biridir. Diş çürüğünün başlangıç aşamasında teşhis edilmesi çürük lezyonun ilerlemesine engel olur; ayrıca daha komplike tedavi uygulamalarının yapılmasına olan gereksinimi de azaltmış olur. Çürük teşhisi kliniklerde en yaygın olarak görsel ve dokusal muayene ile birlikte radyografinin kullanımı ile yapılmaktadır. Bu yöntemlerin çürüğün erken aşamada teşhis edilmesinde bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bu nedenle günümüzde farklı çalışma prensipleriyle çalışan çürük teşhis yöntemleri geliştirilmiş ve hekimlerin kullanımına sunulmuştur. Bu derlemenin amacı, çürüğün erken dönemde doğru bir şekilde teşhis edilmesi amacıyla geliştirilen bu teşhis yöntemlerinden bahsetmektir.

**Anahtar Kelimeler:** Çürük; teşhis; çürük teşhis yöntemleri

#### **ABSTRACT**

Dental caries is one of the most important and common problems encountered in society. Diagnosing dental caries at the initial stage prevents the progression of the carious lesion, and also reduces the need for more complicated treatment applications. Caries diagnosis is most commonly made in clinics using radiography together with visual and tactile examination. These methods have some limitations in diagnosing caries at an early stage. For this reason, today, caries diagnosis methods that work with different working principles have been developed and presented to the use of physicians. The aim of this review is to mention about these diagnostic methods developed for the correct diagnosis of caries in the early period.

**Keywords:** Caries; diagnosis; caries diagnosis methods

## Giriş

Diş çürüğü; diş plağındaki metabolik olayların neden olduğu lokalize demineralizasyonun sonuçlarını, belirtilerini ve semptomlarını tanımlamak için kullanılan bir terimdir.<sup>1</sup>

Diş çürüğü, insanlığı etkileyen en yaygın hastalıklardan biri olarak kabul edilmektedir. Normalde ölümcül bir durum olmasa da ağrı ve değişik miktarda şikayete (yeme, konuşma ve sosyal davranış bozuklukları, diş kaybı gibi) neden olabilir.<sup>2</sup>

## Mine Çürüğü

Diş çürüğü, başlangıç aşamasında diş üzerinde tebeşirimsi beyaz renkte lokalize bir görüntü olarak görülür.<sup>3</sup> Diş minesindeki çürük lezyonunun görsel olarak teşhis edildiği bu ilk aşamaya “beyaz nokta lezyonu” denir.<sup>2</sup> Beyaz nokta lezyonları yalnızca diş yüzeyi kurutulduğunda ortaya çıkar ve “kavitasyonsuz mine çürüğü” olarak da adlandırılır.<sup>4</sup>

Kavitasyonsuz bu tip lezyonların yüzey dokusu değişmemiştir ve sond ile yapılan dokusal muayene ile genellikle farkedilemezler. Buna rağmen, bu lezyonlarda nispeten bozulmamış mine yüzeyinin altında mineral kaybının olduğu bir yüzey altı alanı bulunur.<sup>5</sup>

## Dentin Çürüğü

Dentinin yapısal bileşimi ve histolojisinin anlaşılması, dentin çürüğünün histopatolojisini anlamaya yardımcı olur. Dentinde çürüğün ilerlemesi, dentinin yapısal özellikleri nedeniyle minede çürüğün ilerlemesinden farklılık gösterir.<sup>4,5</sup> Dentin, mineye göre daha az miktarda mineral içerir. Ayrıca, tübüler bir yapıya sahiptir. Mine-dentin sınırı, çürük saldırısına karşı en az dirence sahip olan bölgedir. Çürük mineye nüfuz ettiğinde hızlı bir şekilde lateral olarak yayılmaya başlar. Bundan dolayı, dentin çürüğü enine kesitte incelendiğinde, mine-dentin sınırında geniş bir tabana sahip olup V şeklinde gözlenir. V şeklindeki bu görüntünün tepe noktası ise pulpaya doğrudur.<sup>4</sup>

Dentin çürüğünün ilerlemesi dentin-pulpa kompleksinin savunma fonksiyonunun aktifleşmesine ve sonuçta çürük lezyonunun alt sınırında yarı saydam dentin ve tersiyer dentin oluşumunu tetikler. Tersiyer dentin, pulpayı zararlı uyarılardan korumak amacıyla dentin-pulpa sınırında yanıt olarak oluşur. Histolojik olarak sekonder dentine benzeyebilir, ancak oluşum hızına bağlı olarak

düzensiz tübüler veya atübüler bir yapıya sahiptir.<sup>6</sup>

## Çürük Teşhisinde Kullanılan Alet ve Yöntemler

Çürük görülme oranının artmasına neden olan en önemli faktör, çürüğün erken aşamalarda fark edilmemesi sonucu ilerlemesi ve kavitasyon oluşturmalarıdır. Bu nedenle, çürüğün erken ve doğru teşhisi oldukça önemlidir. Çürüğün erken aşamada teşhisi, çürüğün toplumda görülme oranını azaltır, tedavinin ekonomik maliyetini düşürür, minimal invaziv diş hekimliği uygulamalarını ise artırır.<sup>7</sup> Çürüğün erken teşhis edilememesi sonucu lezyonun ilerlemesi, remineralizasyon tedavilerinin başarısının azalmasına neden olur.<sup>8</sup>

Teşhis yöntemlerinin uzun vadede ağız sağlığı açısından önemini anlaşılmasından dolayı, çürük riskini ve mevcut çürük aktivitesini değerlendirmek için bazı teşhis aletlerine ve yöntemlerine gereksinim bulunmaktadır.

### İdeal olarak bir teşhis aleti:

1. Diş çürüğünü mümkün olduğu kadar erken aşamada tespit edebilmelidir.

2. Farklı yaş grupları için geçerli prospektif çürük risk değerlendirmelerini yapabilmelidir.

3. Mevcut çürük aktivitesini ve zaman içindeki lezyonun davranışını izleyebilmelidir.<sup>9</sup>

İyi bir teşhis yönteminin ise geçerli ve güvenilir sonuçlar vermesi gerekir. Geçerli bir yöntem, bir altın standartla karşılaştırılabilen ölçümlerin alınmasına imkan sağlar. Çürük teşhisinde kullanılan yöntemlerin performansı genelde gerçek pozitif, gerçek negatif, yanlış pozitif ve yanlış negatif dağılımlarını içeren 2x2 olasılık tablosu kullanılarak değerlendirilir. Sensitivite ve spesifite, yöntemin teşhis etme yeteneğini ölçmek için kullanılan bir yaklaşımdır.<sup>10</sup>

Çürük araştırmaları bağlamında sensitivite, yöntemin çürükten zarar görmüş tüm yüzeyleri doğru bir şekilde belirleme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Spesifite ise tüm sağlam yüzeylerin doğru bir şekilde tanımlayabilmenin ölçüsüdür. Sensitivite ve spesifite 0 ile 1 (%100) arasındaki değerler olarak ifade edilir, 1'e yakın değerler yüksek kaliteli sonucu gösterir.<sup>10</sup> Çürük teşhis yöntemlerinde sensitivite için değerler en az 0,75, spesifite için 0,85'in üzerinde olmalıdır.<sup>11</sup>

### 1. Geleneksel Çürük Teşhis Yöntemleri

Çürüğün görsel ve dokusal muayene ile subjektif olarak değerlendirilmesi ve radyografi ile yorumlanması

geleneksel çürük teşhis yöntemi olarak adlandırılmaktadır.<sup>12</sup>

### Görsel ve dokusal muayene

Görsel ve dokusal muayene, en yaygın olarak kullanılan çürük teşhis yöntemleridir. Bu yöntemlerle çürüğü teşhis etmede en yaygın olarak ayna, sond ve ışık kullanılmaktadır.<sup>13</sup>

Geleneksel bir çürük teşhis yöntemi olan görsel muayenenin bir sond yardımıyla dokusal muayene yapılsa da yapılsa da radyografi ile desteklendiğinde güvenilir bir yöntem olduğu kabul edilmektedir. Tipik olarak, bir hastanın çürük durumu değerlendirildiğinde, sond ve radyografi gibi nispeten basit aletlerin kullanımı ile renk, translusensi ve sertlik gibi sübjektif bulgulara dayalı bir karar (varlık veya yokluk) verilir.<sup>14,15</sup>

Çürüğün teşhisinde sond kullanımı ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır.<sup>4,14</sup>

Bu çalışmalarda şüpheli dişin pit ve fissürlerinde sond uygulamanın çürük teşhisine katkı sunmadığı tam tersine sondun uygulanması esnasında uygulanan kuvvet nedeniyle diş yüzeyine zarar verebileceği konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır. Buna rağmen, plağı uzaklaştırmak ve yüzey sertliğini değerlendirmek amacıyla sond kullanılabilir.<sup>15</sup>

Son yıllarda, diş çürüğünün görsel muayenesinde kullanılmak üzere bazı kriterler belirlenmiştir. Bunlardan en önemlisi Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi (ICDAS)'dır. ICDAS, çürük lezyonlarını 0 ile 6 arasında değişen altı kategoride sınıflandırır (Tablo 1); burada daha yüksek bir skor, daha geniş bir lezyonla iliş-

kilidir. ICDAS, çürük lezyonunun ilerlemesini takip edebilen, spesifik, doğru ve tekrarlanabilir bir sınıflandırma sistemidir.<sup>16</sup> Her sınıflamanın farklı puanlama ölçütleri olsa da tüm sınıflamaların temel amacı uluslararası kabul görmüş değerlendirme ölçütlerini oluşturmak, klinisyenlere ve epidemiyologlara bilgi sağlamaktır.<sup>17,18</sup>

ICDAS kriterlerine göre değerlendirme yapılacağı zaman diş yüzeylerinin temiz olması, plak ile örtülü olmaması gerekir. Ayrıca, diş yüzeyin dikkatli bir şekilde kurutulması başlangıç çürük lezyonlarının teşhisinde önemli rol oynar. Bunlara ilaveten, geleneksel olarak kullanılan sond veya keskin uçlu problemlerin yerine bilye uçlu bir periodontal prob kullanılabilir.<sup>18,20</sup>

### Radyografik muayene

Oklüzal yüzeydeki çürüğün teşhisi düz yüzeydeki çürüklerin teşhisinden daha zordur. Buna florürlü diş macunlarının kullanımının artmasının neden olduğu bildirilmiştir. Florürlü diş macunlarının oklüzal yüzeydeki mineyi güçlendirdiği, buna bağlı olarak oklüzal yüzeyde çürük lezyonunun ilerlemesini yavaşlattığı ve altta oluşan dentin çürüğünün maskelenmesine neden olduğu bildirilmiştir.<sup>21</sup>

Oklüzal yüzeydeki başlangıç çürüklerinin teşhisinde, görsel muayenenin mutlaka radyografik muayene ile desteklenmesi gerekir.<sup>22</sup> Radyografi ile çürüğün aktif veya inaktif, kaviteli ve kavitesiz olduğu ayırt edilemez.<sup>23</sup> Ayrıca, başlangıç çürük lezyonlarının radyografi ile teşhisinin yapılabilmesi için diş dokusunda %30-40 oranında mineral kaybının oluşması gerekir.<sup>24</sup>

Aproksimal bölgedeki çürüğün radyografideki gö-

**Table 1.** ICDAS II kriterleri

Skor	Klinik görüntü	Teşhis
0	Sağlam diş yüzeyi	Sağlıklı
1	Minede ilk görsel değişiklik	Başlangıç mine çürüğü
2	Diş minesinde belirgin görsel değişiklik	Mine çürüğü
3	Dentinin görünmediği çürüğe bağlı bölgesel mine yıkımı	Mine çürüğü
4	Dentinden gözlenen koyu renkte gölgelenme	Dentin çürüğü
5	Dentinin de dahil olduğu gözle görülen kavitasyon oluşumu	Dentin çürüğü
6	Dişin yarısından fazlasını içeren dentinin gözlendiği geniş kavitasyon	Dentin çürüğü

rünümü oklüzal çürükten farklılık gösterir. Bitewing radyografinin aproksimal çürük tanısında tercih edilecek en iyi yöntem olduğu gösterilmiştir.<sup>19</sup> Kliniklerde rutin olarak kullanılan panoramik radyograflerin aproksimal çürük teşhisinde bite-wing radyografi kadar etkin olmadığı rapor edilmiştir.<sup>20</sup>

Ayrıca, radyograflerin posterior dişlerde mine-dentin sınırına uzanan aproksimal çürük lezyonlarını klinik muayeneye göre daha fazla ortaya çıkardığı bildirilmiştir.<sup>20</sup>

**Table II.** Çürük teşhis yöntemleri

Çürük teşhis yöntemleri
<b>1. Geleneksel çürük teşhis yöntemleri</b>
Görsel ve dokunsal muayene
Radyografik muayene
<b>2. Çürük tespit boyaları</b>
<b>3. Geliştirilmiş görsel yöntemler</b>
FOTI-DIFOTI
Yakın kızılötesi ışık transimilasyonu - DiagnoCam
<b>4. Floresans yöntemler</b>
Lazer floresans yöntemi - Diagnodent
FACE
<b>5. Kamera ve floresans yöntemlerin kombinasyonu</b>
<i>Kantitatif ışık etkili floresans yöntemi - QLF</i>
Canary
LIFEDT
Soprolife ve Soprocare
Soproimaging
<b>6. Optik coherans tomografi - OCT</b>
<b>7. Elektriksel iletkenlik ölçümü</b>
Elektronik Çürük Monitörü - ECM
Elektrik Empedans Spektroskopisi - EIS
Alternatif Akım Empedans Spektroskopisi - AAIS
Caries Pro
<b>8. Mikrobilgisayarlı tomografi</b>
<b>9. Diğer yardımcı yöntemler</b>
Ultrason
Raman spektroskopisi
Terahertz dalgaları

## 2. Çürük Tespit Boyaları

Çürük tespit boyaları, ilk olarak 1972'de çürük lezyonlarında enfekte dentinin tamamen çıkarılması amacıyla geliştirilmiş ve bu amaçla bazik-fuksin boya kullanılmıştır.<sup>25</sup>

Çürük tespit boyalarının enfekte dentinin etkin bir şekilde uzaklaştırılmasında ve demineralize alanları belirlemede fayda sağladığı bildirilmiştir.<sup>26</sup> Günümüzde çürük tespit boyaları genellikle boya ve propilen glikol içermektedir. En çok bilinen çürük tespit boyalarından biri olan Caries Detector (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japonya) propilen glikolde %1 asit kırmızısı içerir.<sup>27</sup>

Çürük tespit boyalarının kavite tabanındaki çürükten etkilenmiş dentin dokusunu kaldırmadaki etkinliğini inceleyen çalışmada, çürük tespit boyalarının klinik olarak yeterli performans göstermediği rapor edilmiştir.<sup>27</sup>

Bunlara ilaveten, çürük tespit boyalarının sağlıklı diş dokularının aşırı kaldırılmasına bağlı olarak dişte zayıflamaya neden olduğu da bildirilmiştir.<sup>28,29</sup>

Son yıllarda, dentinin aşırı kaldırılmasını önlemek için Caries Check (Nippon Shika Yakuhi, Shimonoseki, Japonya) isminde yeni bir çürük tespit boyası geliştirilmiştir. Bu ürün, propilen glikol yerine polipropilen glikol içinde %1 asit kırmızısı içerir. Caries Check ve Caries Detector'da kullanılan glikolün moleküler ağırlıkları sırasıyla 300 ve 76'dır. Daha yüksek moleküler ağırlığa sahip çözücülerin kullanıldığı boyaların, gözenekli dokulara daha az diffüze olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, daha yüksek moleküler ağırlıklı polipropilen glikol ile hazırlanan çürük tespit boyaları hem çürükten etkilenmiş hem de sağlam dentinin aşırı çıkarılmasını önleyebilir.<sup>27</sup>

## 3. Geliştirilmiş Görsel Teknikler

Günümüzde çürük teşhisinde geleneksel yöntemlere katkı sunacak farklı çalışma prensipleri ile çalışan yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar fiber optik (FOTI), dijital fiber optik transilüminasyon (DIFOTI) ve yakın kızılötesi ışık transilüminasyon yöntemleridir.

### FOTI-DIFOTI

Diş hekimliğinde transilüminasyon, çürüğün teşhisine yardımcı olmak için ışığın diş dokularından iletilmesini ifade eder. Florozis, kök kanal ağızları, diş kırıkları ve çatlakları gibi gelişimsel kusurların değerlendirilmesinde transilüminasyondan faydalanılmaktadır.

FOTI, yoğun bir ışık kaynağından çıkan görünür ışığın, çapı 0.5 mm olan ince bir fiber optik uç ile diş yüzeyine gönderilmesiyle uygulanır.<sup>30,31</sup> FOTI sisteminde sağlıklı diş dokusunun ve mineral yoğunluğu değişen çürük diş dokularının farklı ışık kırma özelliklerinden yararlanır.<sup>32</sup>

Çürük lezyonu, sağlıklı diş dokusundan daha düşük ışık geçirgenlik indeksine sahiptir. Bu da çürük alanların gölge gibi karanlık alanlar oluşturmasına neden olur.<sup>33</sup>

FOTI'nin, radyografilerden daha iyi bir spesifite ve sensitiviteye sahip olduğu araştırma çalışmaları ile doğrulanmıştır.<sup>34,35</sup> Ayrıca, hastaların radyasyona maruz kalma durumu da söz konusu değildir.<sup>36</sup>

FOTI, basit ve ekonomik bir yöntem olmasına rağmen subjektif olması, düşük hassasiyet değerlerine sahip olması ve görüntünün kaydedilememesi gibi sınırlamaları mevcuttur.<sup>37</sup>

Bu sınırlamaları ortadan kaldırabilmek amacıyla DIFOTI cihazı geliştirilmiştir.<sup>37</sup> Ucunda minik bir kamera bulunan DIFOTI cihazı ile dişin dijital görüntüsü veritabanına kaydedilebilir ve bir monitörde görüntülenebilir.<sup>38</sup>

#### **Yakın kızılötesi ışık transillüminasyon yöntemi**

Yakın kızılötesi ışığın dalga boyu (700 - 1500 nm) görünür ışığın dalga boyundan önemli ölçüde daha uzundur. Daha uzun dalga boyları daha az saçılma gösterir, nesnelere daha derinden nüfuz edebilir. Işık diş yüzeyine gönderildiğinde mine şeffaf görüntü verirken, dentinde ışık önemli ölçüde saçılır.<sup>39,40</sup> Bu da çürük lezyonunu görselleştirebilmesine imkan sağlar.<sup>41,42</sup>

Çürük tespiti için yakın kızılötesi ışığı (780 nm) kullanan ilk teşhis cihazı olan DiagnoCam (Kavo, Biberach, Almanya) 2012 yılında piyasaya sunulmuştur. DiagnoCam 780 nm dalga boyunda 1 mW optik güce sahip iki yakın kızılötesi lazer diyot içerir. Kullanıldığında dişleri servikal/radiküler bölgeden vestibüler tarafa doğru aydınlatır.<sup>43</sup> Görüntüler gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve veri tabanına kaydedilebilir. Bu da diş çürüğünün ilerleme aşamalarını izlemeyi kolaylaştırır. Ayrıca, elde edilen görüntüler deneyimsiz bir pratisyen hekim tarafından bile kolaylıkla yorumlanabilir.<sup>38,44</sup>

Yapılan klinik bir çalışmada DiagnoCam cihazının kavitasyon göstermeyen aproksimal çürük lezyonlarını radyografik muayeneye eşdeğer teşhis edebildiği, bu nedenle radyografik muayeneye alternatif olarak DiagnoCam'in görsel yöntemle birlikte kullanılabilceği bildirilmiştir.<sup>45</sup>

Son zamanlarda yapılan çeşitli çalışmalarda, DiagnoCam'in yüksek bir sensitiviteye sahip olduğu ve muayenenin bir parçası olarak erken çürük lezyonlarının teşhisinde yarar sağlayacağı rapor edilmiştir.<sup>35,38,42,44</sup>

DiagnoCam cihazında iyonlaştırıcı radyasyon kullanılmaması cihazın avantajı olarak sunulmaktadır.<sup>42</sup> Dezavantajı ise cihazın hassasiyetinin yüksek olması nedeniyle bazen leke ve taşların karanlık alanlar (çürük lezyonları) olarak görünebilmesi ve yanlış pozitif sonuçlar elde etme ihtimalini ortaya çıkarmasıdır. Bu nedenle muayeneden önce diş yüzeylerinin temizlenmesinin önemli olduğu belirtilmiştir.<sup>45</sup>

#### **4. Floresans Yöntemler**

##### **Lazer floresans yöntemi**

Lazer teknolojisindeki gelişmeler sonucu üretilen Diagnodent (KaVo Dental, Biberachl Riss, Almanya) mineral kaybını kantitatif olarak ölçebilen, pille çalışan bir çürük teşhis cihazıdır. Cihazda bir lazer diyot tarafından üretilen 655 nm dalga boyundaki kırmızı ışık, optik bir kablo aracılığıyla diş yüzeyine gönderilir. Gönderilen ışık, çürük dokularda sağlam diş dokularından daha yüksek bir yoğunlukta floresans oluşturur. Oluşan floresans, optik bir kablo yardımıyla fotodiyoda iletilerek, cihazın dijital ekranında sayısal bir değer elde edilir. Bu değer, saptanan floresans yoğunluğu ile çürüğün derecesini kantitatif olarak gösteren bir değerdir.<sup>46</sup> Bu değer ne kadar yüksek olursa, floresans da o kadar büyük olacağından yüzeyin altında daha yaygın bir lezyonun varlığı anlamına gelir. Cihazın sayısal değerleri 0 ile 99 arasında değişir ve 99 maksimum floresansı temsil eder.<sup>47</sup>

Aproksimal çürük lezyonlarını teşhis etmek amacıyla Diagnodent cihazı modifiye edilerek Diagnodent Pen (KaVo Dental, Biberachl Riss, Almanya) cihazı geliştirilmiştir. Bu cihazın çalışma mekanizması geleneksel Diagnodent cihazı ile aynıdır.<sup>48</sup> Aproksimal yüzeylere erişimin zor olması nedeniyle, bu cihazda her konum için iki farklı uç bulunur.<sup>47</sup> Bu uçlardan konik olanı ara yüzeylerde, silindirik olan uç ise okluzal yüzeylerdeki çürüğün teşhisinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.<sup>47,49,50</sup>

Diagnodent Pen cihazının, okluzal ve aproksimal çürüğün teşhisinde iyi bir performans ve tekrarlanabilirlik gösterdiği rapor edilmiştir.<sup>47,49,50</sup> Ancak, plak ve diştaşı varlığında, hipomineralize alanların, renklenme veya lekelerin bulunması gibi durumlarda yanlış pozitif yanıt verebilmesi cihazın dezavantajlarındanıdır.<sup>51</sup> Bu nedenle, yanlış pozitif sonuç olasılığı göz önüne alınarak diş yüzeyleri temizlenmelidir.<sup>52</sup> Ayrıca, in vitro çalışmalarda bu cihazla nemli veya kuru diş yüzeylerinde yapılan de-



ğerlendirme sonuçları arasında farklılık olduğu ve nemli yapılan ölçümlerin histolojik değerlendirme sonuçlarıyla daha uyum içinde olduğu bildirilmiştir.<sup>53</sup> Bu nedenle, nemli diş yüzeyinde cihazın kullanılmasının daha güvenilir olacağı söylenebilir.

### **FACE Cihazı**

Son yıllarda klinisyenlerin çürük temizleme esnasında boyaya ihtiyaç duymadan enfekte dentini kolaylıkla teşhis edebilmelerine imkan tanıyan FACE cihazı (SIROInspect, Sirona, Bensheim, Germany) geliştirilmiştir.<sup>54,57</sup> FACE cihazı ile sağlıklı dokular yeşil floresans gösterirken, çürükten etkilenmiş diş dokuları turuncu-kırmızı floresans gösterir. Bu da enfekte olmuş dentinin selektif olarak çıkarılmasına, enfekte olmayan dentinin ise korunmasına izin verir.<sup>58,59</sup>

Oral mikroorganizmaların kendilerinin floresans yaydığı bilinmemekle birlikte, bazı oral mikroorganizmaların porfirin gibi metabolik yan ürünlerinin turuncu-kırmızı floresans yaydığı gösterilmiştir.<sup>55,56</sup> Kavite mor ışıkla aydınlatıldığında, diş sert dokuları otomatik olarak 405 nm'lik dalga boyuna sahip floresans görüntü vererek çürüğün uzaklaştırılması gereken alanlar belirlenmiş olur.<sup>57</sup>

FACE cihazının etkinliğini inceleyen çalışmalarda, bu cihazın bakteriyel olarak enfekte dentinin kaldırılmasında geleneksel çürük temizleme yönteminden daha etkili olduğu gösterilmiştir.<sup>54,55,60</sup> Ayrıca, histolojik olarak bu yöntemin kemomekanik yöntemle çürük temizleme (Carisolv) ve çürük boyasına dayalı yöntemlerle karşılaştırıldığında enfekte dokuyu kaldırmada daha etkin olduğu rapor edilmiştir.<sup>54</sup>

## **5. Kamera ve Floresans Sistemlerin**

### **Kombinasyonu**

#### **Kantitatif ışık etkili floresans (QLF) yöntemi**

QLF, çürük teşhisinde geleneksel teşhis yöntemlerine yardımcı olarak sunulmuştur. QLF yönteminde 405 nm'lik görünür mavi ışık diş yüzeyine uygulandığında, yansıyan ışıktaki floresans değişiklikler kantitatif olarak ölçülebilir. Ayrıca, dişin mineral kaybının saptanmasına ve lezyon derinliğinin belirlenmesine de yardımcı olur.<sup>61,62</sup> Ancak, mikroorganizmaların metabolizması sonucu oluşan porfirin türevlerinin yansıttığı kırmızı floresans çok sayıda mikroorganizma içeren çürük, diş plağı ve diş taşlarının mevcudiyetinde artış gösterir.<sup>63</sup> Bu nedenle yöntemin uygulanmasında diş yüzeyleri temiz olmalıdır.

### **Canary**

Canary, enerji dönüşüm teknolojisi (fototermal radyometri (PTR) - lüminesans (LUM)) ile çalışan bir çürük teşhis cihazıdır. Cihazın çalışma mekanizması, diş tarafından absorbe edilen lazer ışığın (2 Hz'de atımlı) LUM'a dönüşümü ve bu esnada ortaya çıkan ısı salınımının (PTR) ölçülmesi şeklindedir.<sup>64</sup> Lazer ışığın diş dokuları tarafından emilmesi diş yüzeyinden 50 µm - 5 mm derinliğine kadar çürük lezyonların saptanmasına izin verir. Cihazın uygulanması sonrası toplanan bilgilerden bir "Canary sayısı" üretilir. Bu sayı 0 ile 100 arasında değişebilir, 0-20 aralığı sağlıklı, 21-70 aralığı bozulma ve 71-100 aralığı ise ileri bozulmayı ifade eder.<sup>65</sup>

Canary sayısı, ölçülen dört sinyali (PTR genliği, PTR fazı, LUM genliği ve LUM fazı) birleştiren bir algoritmadan oluşur ve dişin kristal yapısının durumuyla doğrudan ilişkilidir. Başlangıç çürük lezyonlarında dişte oluşan mineral kaybına bağlı olarak Canary sayısı artar. Buna karşılık, lezyonun remineralizasyonu ilerledikçe, Canary sayısında bir azalma olur.<sup>64</sup>

Bu cihazın kullanılması ile başlangıç çürük lezyonlarının erken teşhis edilmesi beklenir. Bu nedenle, erken aşamadaki diş çürümesinin teşhisi ve izlenmesinde geleneksel yaklaşımlara kıyasla avantaj sunar. Ayrıca, çürüğün erken teşhisi ile invaziv ve daha pahalı tedavilere olan gereksinimi de azaltır.<sup>66</sup>

*LIFEDT (Light induced fluorescence evaluator for diagnosis and treatment)*

Diş dokularının floresans özelliği farklılık gösterir. Buna bağlı olarak sağlıklı diş dokuları yeşil, enfekte dentin siyah yeşil, enfekte/etkilenmiş dentinin sınırı parlak kırmızı ve çürüğün kaldırılması sonrasında kavite tabanındaki sağlıklı dentin asit yeşili görüntü verir. Bu farklı floresans görüntüleri, kavite hazırlığı sırasında çürük teşhisine yardımcı olur.<sup>67</sup>

LIFEDT, floresans bir kameradan oluşmuştur. İlgili dişin oklüzal yüzeyleri temizlenerek diş, gün ışığında ve floresans modunda yüksek düzeyde büyütme ile gözlemlenebilir, dentin veya mineden yansıyan ışığın sağlıklı bir bölgeye kıyasla herhangi bir değişikliği not edilebilir. Klinik kararlar sayısal değerlerle bağlantılı değildir, ancak sistem görsel muayeneyi destekler ve karar vermeye yardımcı olur.<sup>66</sup>

### **Soprolife ve Soprocare**

Son zamanlarda LIFEDT prensibiyle çalışan yeni bir floresans tabanlı kamera sistemi olan SoproLife (Acteon, La Ciotat, Fransa) çürük teşhisine yardımcı olmak ve kavite hazırlığına rehberlik etmek için piyasaya sürülmüştür. Soprolife kamera gerçekte iki tip LED kullanılan bir ağız içi kameradır. LED'lerden biri beyaz ışık modunda, diğeri 20 nm bant genişliği ile 450 nm dalga boyunda mavi ışık verir. Ayrıca bir görüntü sensörü (0,25 inç CCD sensör) içerir. Kamera üç farklı modda çalışır. Beyaz ışıklı LED gün ışığında, mavi ışık ise teşhis ve tedavi modlarında kullanılır.<sup>67</sup>

Daha yeni bir kamera olan Soprocare (Acteon, La Ciotat, Fransa) ise gün ışığı, çürük ve periodontal modda kullanılabilir. Bu kamerada çürük modu mine ve dentin çürüğüne, peridontal mod ise periodontal inflamasyona odaklanmıştır. Kamera ile elde edilen görüntüler bir bilgisayarda saklanabilir.<sup>66,68</sup>

Üretici firmalar bu kameralarda floresans sinyalinin spektrumunun dentin sağlıklı olduğunda yeşil, dentin enfekte olduğunda ise koyu kırmızı renkte görüldüğünü bildirmiştir.<sup>69</sup> Dentin tarafından emilen yeşil ışık genellikle mavimsi bir renk oluştururken, sağlam dentin yeşil floresans verir, mine ise floresans özellik göstermez.<sup>70</sup> Cihaz kullanılırken, otofloresans görüntünün üzerine anatomik bir yapının görüntüsü düşerse, farklı frekans bandında floresans oluşturarak biyolojik dokunun yoğunluk, yapı ve/veya kimyasal bileşimindeki farklılıkları algılanabilir.<sup>66</sup>

### **Soproimaging**

Soproimaging (Acteon, La Ciotat, Fransa), resimleri kaydetmeyi ve karşılaştırmayı mümkün kılan bir programdır. Kamera, büyütme ve mod (gün ışığı veya floresans) seçili olarak diş üzerine konumlandırılır ve resimler özel Soproimaging yazılımı ile kaydedilir.<sup>66</sup>

### **VistaCam**

VistaCam (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya), mor bir ışıkla (405 nm) aydınlatılan dişten yansıyan ışığı dijital bir görüntü olarak kaydeden floresans esaslı bir ağız içi kameradır. Normal dişler yeşil-sarı floresans (510 nm), bakteriyel metabolitler kırmızı floresans (680 nm) yayar. Yazılım, yansıyan ışığın yeşil ve kırmızı bileşenlerini kırmızının yeşile oranı olarak ölçer ve sağlıklı diş oranından daha yüksek olan alanları gösterir.<sup>71</sup>

Son zamanlarda, yeni bir VistaCam (CL-IX) cihazı piyasaya sunulmuştur. Bu cihaz, çıkarılabilir başlıklı ve ışıkla sertleştirme işlevi olan kablosuz bir kameradır. VistaCam iX ve VistaCam iX HD intraoral kamera için aksesuar olarak değiştirilebilir bir Proxi kafası mevcuttur. Ayrıca optik sisteminde komşu dişlerin distal ve mesial yüzeylerinin minesini aydınlatan iki kızılötesi LED lamba (850 nm dalga boyu) bulunmaktadır. Kamera dişin üzerine yerleştirildikten sonra çürük skorunu belirlemek için görüntüler çekilir.<sup>72</sup>

VistaProof'da (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) diş yüzeyine 405 nanometre dalga boyunda mavi ışık gönderen galyum nitrür diyotlar kullanılır. Bu dalga boyundaki ışık yeşil ışık yayan sağlıklı minenin aksine, karyojenik mikroorganizmalarda bulunan porfirinleri kırmızı ışık yaymaları için uyarır.<sup>73</sup>

VistaProof ve VistaCam gibi floresans kameraların avantajı, hasta ve tedavi planlaması ile ilgili geliştirebilen verileri dijitalleştirip, depolayabilmeleridir.<sup>72</sup>

### **6. Optik Koherens Tomografi (OCT)**

OCT, biyolojik yapıların kesit görüntülerini oluşturmak için kullanılan invaziv olmayan bir çürük teşhis yöntemidir. OCT cihazı, 1310 nm dalga boyunda çalışır, çalışma esnasında minenin translusentliğinden yararlanır.<sup>74</sup> Düşük koherens interferometri kullanan OCT ile 10-30 µm çözünürlükte 2-3 mm'ye kadar diş minesinden optik olarak saçılan ışık ölçülebilir.<sup>75</sup>

Polarizasyona duyarlı optik koherens tomografi (PS-OCT) geleneksel OCT'nin bir çeşididir. Bu cihaz polarize ışığı kullanır ve geri saçılan sinyalden gelen polarizasyon bilgisini iki ayrı kanala kaydedebilir.<sup>75</sup>

OCT'nin demineralize olan minenin optik özelliklerindeki değişikliklere bağlı olarak başlangıç çürüklerinin teşhisinde kullanılabileceği belirtilmiştir.<sup>76</sup>

### **7. Elektriksel İletkenlik Ölçümleri**

Bu yöntemde, sağlıklı dişler ile çürük lezyonları arasındaki elektriksel iletkenlik farkına dayalı olarak çürüğü teşhis etmek için bir elektrik akımı kullanılır. Sağlam minenin iletkenliği sınırlı olmasına rağmen, demineralizasyonla birlikte diş minesinin iletkenliği artar. Ancak, sağlıklı dentin içerdiği dentin tübülleri nedeniyle iletken olduğundan, demineralizasyon mine-dentin birleşimine ulaşırsa elektriksel iletkenlikteki değişim kolaylıkla ölçülebilir.<sup>37</sup>



Elektronik Çürük Monitörü, (ECM, Lode Diagnostic, Groningen, Hollanda), elektriksel iletkenlik ölçümü yapan bir cihazdır.<sup>77</sup> ECM'nin önemli avantajlarından biri, çürük lezyonunun ilerlemesi, durması veya remineralizasyonu ile ilgili objektif sonuçlar verebilmesidir. Dezavantajı ise rutin tüm ağız muayenelerinde kullanımının zaman alıcı olmasıdır. Ayrıca ECM'nin hipoplazi, hipokalsifikasyon ve renklenme ayırımı yapmadığı, ölçüm sırasında kısa devre durumlarında yanlış sonuçlar bildirdiği, inaktif veya aktif çürük için veri toplayamadığı bildirilmiştir.<sup>37</sup>

Elektrik Empedans Spektroskopisi (EIS), elektriksel iletkenlik farkına göre çalışan bir diğer cihazdır. Elektriksel frekans dağılımlarını tarayan ve diğer parametrelerin yanı sıra kapasitans ve empedans hakkında bilgi verir. ECM'den farklı olarak, verileri sabit bir frekans yerine farklı frekanslar kullanarak toplar.<sup>78</sup>

Alternatif Akım Empedans Spektroskopisi (AAIS, CarieScan PRO, Dundee, İskoçya), teknolojik gelişmelerle birlikte çürük teşhisi için geliştirilen non-invaziv cihazlardan biridir. Alternatif akım empedans spektroskopisinin çalışma prensibi, düşük voltajlı bir akımın diş yüzeyine doğrudan uygulanması sonucu, diş dokusunda ki mineral yoğunluğundaki değişimin ölçülmesine dayanır.<sup>37</sup>

Sağlıklı diş sert dokuları yüksek direnç ve empedansa sahipken, demineralizasyon durumunda bu oran düşmektedir.<sup>66</sup>

CarieScan PRO (CarieScan Ltd., Dundee, İskoçya), alternatif akım empedans spektroskopi yöntemi ile başlangıç çürük lezyonlarını değerlendirmek için kullanılır. Sistem, tek kullanımlık sensörlere sahip, portatif, elde tutulan, şarj edilebilir bir gövdeye sahiptir. Cihaz, ICDAS kriterlerinde Skor 1 ve Skor 2 olarak belirtilen kavite oluşmadan önceki lezyonları değerlendirmek üzere tasarlanmış ve sistemin doğruluğu ve tekrarlanabilirliğinin iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.<sup>79</sup>

### **8. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Micro-BT) Yöntemi**

Sert doku kesitlerinin histolojik değerlendirmesi, çürük lezyonlarının saptanması ve ölçülmesi için genel olarak altın standart olarak kabul edilirken, mikro-BT insan diş dokusunu inceleme imkanı sunan yenilikçi ve invaziv olmayan, doku örneğini yok etmeye gerek kalmadan

insan diş dokusunu inceleme imkanı sunan bir yöntemdir.<sup>80</sup> Mikro-BT'nin kemik, mine ve dentin gibi diş sert dokularını içeren araştırmalar için değerli olduğu kanıtlanmıştır.<sup>81</sup> Mine kalınlığı ve diş sert dokularının mineral yoğunluğunun ölçümü, kök kanal morfolojisi ve kök kanal preparasyonunun değerlendirilmesi, kraniyofasiyal iskelet yapısı, diş implantlarının değerlendirilmesi gibi birçok alanda Mikro-BT uygulamaları mevcuttur.<sup>82</sup>

### **9. Diğer Yardımcı Yöntemler**

Ultrasonik görüntüleme yöntemi, X-ışınları gibi iyonlaştırıcı radyasyon içermeyen veya yan etkisi çok az olan yumuşak doku analizinde hastalar ve hekimler tarafından tercih edilen non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir. Ultrasonik görüntüleme yönteminin temel çalışma prensibi, yüksek frekanslı ultrasonik dalgaların (insan kulağının algılayamayacağı bir frekansta (20.000 Hz ve üzeri)) test edilecek malzemeye veya biyolojik dokuya uygulanması sonucu geri dönen dalgaların prob tarafından emilmesi ve bilgisayar yazılımı yardımıyla elektriksel darbelerle dönüştürülmesidir.<sup>83</sup> Ultrasonik dalgalar farklı bir ortamla karşılaştığında davranışları değişir, bu özelliği ile sağlıklı ve demineralize mineyi ayırt etmek mümkündür.<sup>84</sup> Çürük teşhis yöntemi olarak klinikte sıklıkla kullanılan periapikal radyografiye göre anlamlı olarak daha yüksek sensitivite gösterdiği, ancak spesifite değerinin daha düşük olduğu bildirilmiştir.<sup>85</sup> Buna rağmen iyonize radyasyon kullanılmaması nedeniyle çürüğün teşhis edilmesinde fayda sağlayacağı belirtilmiştir.<sup>85</sup>

Raman spektroskopisi, materyalin moleküler bağları ile etkileşerek fotonların saçılmasına dayanan ışık temelli bir yöntemdir. Raman spektroskopisi, lezyonun moleküler yapısı hakkında veri sağlar. In vitro veya in vivo olarak incelenen örnek hakkında moleküler düzeyde bilgi sağlayan raman spektroskopisi, özellikle biyomedikal uygulamalarda kullanılabilecek bir yöntem olarak görülmektedir.<sup>86</sup> Polarize raman spektroskopisi ile başlangıç aşamasındaki çürük dişlerin incelendiği bir çalışmada, geleneksel yöntemlerle teşhis edilemeyen beyaz lezyonlar ve demineralizasyon alanlarının tespit edilebildiği ve yöntemin sensitivite ve spesifite değerlerinin yüksek olduğu bildirilmiştir.<sup>87</sup>

Terahertz teknolojisi, algılama, görüntüleme ve yüksek hızlı veri iletimi kabiliyeti ile son zamanlarda üzerinde en çok çalışılan araştırma konularından biridir.

Terahertz dalgaların, su tarafından yüksek oranda emildiği, X-ışınları ve ultraviyole ışık gibi iyonlaşma özelliği olmadığından zararlı bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir.<sup>88</sup> Bu nedenle gelecekte özellikle pediatrik ve hamile hastalarda faydalı olacağı iddia edilmektedir.<sup>89</sup> Terahertz görüntüleme sistemi ile alınan diş kesitlerinde mineral içerik değişikliklerine bağlı olarak oluşan yapısal değişikliklerin incelenebileceği rapor edilmiştir.<sup>89</sup>

### **Sonuç**

Çürüğün başlangıç aşamasında teşhis edilmesi ve koruyucu tedavi uygulamalarının yapılabilmesi oldukça önemlidir. Çürük teşhis yöntemleri, çürüğü erken aşamada teşhis ederek dişlerdeki kavitasyonu önlemeyi veya mevcut kavitasyonların gerçek boyutunu ve lokalizasyonunu belirlemeyi amaçlar. Çürüğün başlangıç aşamasında teşhisi için birçok yeni yöntem kullanılmasına rağmen, geleneksel olarak yapılan görsel muayene ve radyografi günümüzde hala en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Ancak görsel muayene ve radyografinin sınırlamaları daha güvenilir teşhis yöntemlerinin ilerleyen teknoloji sayesinde gelişimine neden olmuştur. Bu yöntemlerin geleneksel yöntemlere katkı sunacağı kaçınılmaz bir gerçektir ve konu üzerinde çalışmalar devam edecektir.

### **Kaynaklar**

1. Fejerskov O, Kidd EAM, Nyvad B, Baelum V. Defining the disease: an introduction. In: Fejerskov O, Kidd E, eds. *Dental Caries: The Disease and Clinical Management*. 2nd edn. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2008.
2. Robinson C, Shore RC, Brookes SJ, Strafford S, Wood SR, Kirkham J. The chemistry of enamel caries. *Crit Rev Oral Biol Med* 2000;11:481-95.
3. Caufield PW, Griffen AL. Dental caries. *Pediatr Clin North Am* 2000;47:1001-19.
4. Roberson T, Heymann HO, Swift Jr EJ. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 5th edn. Elsevier Health Sciences, 2006.
5. Deery C, Toumba KJ. Diagnosis and prevention of dental caries. In: Welbury R, Duggal MS, Hosey MT, eds. *Paediatric Dentistry*. 3rd edn. Oxford: Oxford Univ Press, 2005. p. 122.
6. Banerjee A, Watson TF. *Pickard's guide to minimally invasive operative dentistry*. 10th edn. Oxford: Oxford Univ Press, 2015. p. 7-9.
7. Foros P, Oikonomou E, Koletsi D, Rahiotis C. Detection methods for early caries diagnosis: a systematic review and meta-analysis. *Caries Res* 2021;55:247-59.
8. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent* 2006;34:727-39.
9. Mohanraj M, Prabhu VR, Senthil R. Diagnostic methods for early detection of dental caries - A review. *Int J Pedod Rehabil* 2016;1:29-36.
10. Gomez J. Detection and diagnosis of the early caries lesion. *BMC Oral Health* 2015;15 Suppl 1(Suppl 1):S3-S3.
11. Karlsson L. Caries Detection methods based on changes in optical properties between healthy and carious tissue. *Int J Dent* 2010 ;2010:270729.
12. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet* 2007;369(9555):51-9.
13. Neuhaus KW, Ellwood R, Lussi A, Pitts NB. Traditional lesion detection aids. *Monogr Oral Sci* 2009;21:42-51.
14. Warren JJ, Levy SM, Wefel JS. Explorer probing of root caries lesions: an in vitro study. *Spec Care Dentist* 2003;23:18-21.
15. Zandona AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. *J Am Dent Assoc* 2006;137:1675-84.
16. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, Pitts NB, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 2007;35:170-8.
17. Kühnisch J, Goddon I, Berger S, Senkel H, Bücher K, Oehme T, Hickel R, Heinrich-Weltzien R, et al. Development, methodology and potential of the new Universal Visual Scoring System (UniViSS) for caries detection and diagnosis. *Int J Environ Res Public Health* 2009;6(9):2500-9.
18. Ekstrand KR, Martignon S, Ricketts DJ, Qvist V. Detection and activity assessment of primary coronal caries lesions: a methodologic study. *Oper Dent* 2007;32:225-35.
19. Kamburoğlu K, Kolsuz E, Murat S, Yüksel S, Ozen T. Proximal caries detection accuracy using intraoral bitewing radiography, extraoral bitewing radiography and panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2012;41:450-9.
20. Akkaya N, Kansu O, Kansu H, Cagırankaya LB, Arslan U. Comparing the accuracy of panoramic and intraoral radiography in the diagnosis of proximal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35: 170-4.
21. McComb D, Tam LE. Diagnosis of occlusal caries: Part I. Conventional methods. *J Can Dent Assoc* 2001;67:454-7.
22. Pooterman JH, Weerheijm KL, Groen HJ, Kalsbeek H. Clinical and radiographic judgement of occlusal caries in adolescents. *Eur J Oral Sci* 2000;108:93-8.
23. Wenzel A, Kirkevang LL. Students' attitudes to digital radiography and measurement accuracy of two digital systems in connection with root canal treatment. *Eur J Dent Educ* 2004;8:167-71.
24. White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology: Principles and Interpretation*. 5th edn. Toronto: Mosby, 2004. p. 297-313.
25. Mollica FB, Torres CRG, Gonçalves SE, Mancini MN. Dentine microhardness after different methods for detection and removal of carious dentine tissue. *J Appl Oral Sci* 2012;20:449-54.
26. Sadasiva K, Kumar KS, Rayar S, Shamini S, Unnikrishnan M, Kandaswamy D. Evaluation of the efficacy of visual, tactile method, caries detector dye, and laser fluorescence in removal of dental caries and confirmation by culture and polymerase chain reaction: an in vivo study. *J Pharm Bioallied Sci* 2019;11(Suppl 2):146-50.
27. Hosoya Y, Taguchi T, Tay FR. Evaluation of a new caries detecting dye for primary and permanent carious dentin. *J Dent* 2007;35:137-43.

28. Banerjee A, Kidd EA, Watson TF. In vitro validation of carious dentin removed using different excavation criteria. *Am J Dent* 2003;16:228-30.
29. Akbari M, Ahrari F, Jafari M. A comparative evaluation of DIAGNOdent and caries detector dye in detection of residual caries in prepared cavities. *J Contemp Dent Pract* 2012;13(4):515-20.
30. Strassler HE, Pitel ML. Using fiber-optic transillumination as a diagnostic aid in dental practice. *Compend Contin Educ Dent* 2014;35(2):80-8.
31. Fejerskov O, Kidd E. *Dental Caries and The Disease and It's Clinical Management*. 2nd edn. Oxford: Blackwell Munksgaard, 2003.p. 61-142.
32. Akyıldız BM, Sönmez I. Diş çürüğünün erken teşhisinde transillüminasyon yöntemleri. Akyüz S, editör. *Çürük Tespitinde Güncel Yaklaşımlar*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2019.p.14-20.
33. Abogazalah N, Eckert GJ, Ando M. In vitro visual and visible light transillumination methods for detection of natural non-cavitated approximal caries. *Clin Oral Investig* 2019;23(3):1287-94.
34. Abogazalah N, Ando M. Alternative methods to visual and radiographic examinations for approximal caries detection. *J Oral Sci* 2017;59(3):315-22.
35. Astvaldsdóttir A, Ahlund K, Holbrook WP, de Verdier B, Tranæus S. Approximal caries detection by DIFOTI: in vitro comparison of diagnostic accuracy/efficacy with film and digital radiography. *Int J Dent* 2012 ;2012:326401.
36. Richards D. Best clinical practice guidance for management of early caries lesions in children and young adults: an EAPD policy document. *Evid-Based Dent* 2016;17(2):35–7.
37. Akyıldız E, Özalp N. Diagnosis of Early Dental Caries by Traditional, Contemporary and Developing Imaging Methods. *European Annals of Dental Sciences* 2022;49(1):38-45.
38. Laitala, M. L., Piipari, L., Sämpi, N., Korhonen, M., Pesonen, P., Joensuu, T., & Anttonen, V, et al. Validity of digital imaging of fiber-optic transillumination in caries detection on proximal tooth surfaces. *Int J Dent* 2017 ;2017:8289636.
39. Darling CL, Huynh GD, Fried D. Light scattering properties of natural and artificially demineralized dental enamel at 1310 nm. *J Biomed Opt* 2006;11(3):34023.
40. Fried D, Featherstone JD, Darling CL, Jones RS, Ngaotheppitak P, Buhler CM. Early caries imaging and monitoring with near-infrared light. *Dent Clin North Am* 2005; 49(4):771–93.
41. Abogazalah N, Eckert GJ, Ando M, In vitro performance of near infrared light transillumination at 780-nm and digital radiography for detection of non-cavitated approximal caries, *J Dent* 2017;63:44-50.
42. Söchtig F, Hickel R, Kühnisch J. Caries detection and diagnostics with near-infrared light transillumination: clinical experiences. *Quintessence Int* 2014;45(6):531-8.
43. Abdelaziz M, Krejci I, DIAGNOcam—a near infrared digital imaging transillumination (NIDIT) technology. *Int J Esthet Dent* 2015;10(1):158-65.
44. Lara-Capi C, Cagetti MG, Lingström P, Lai G, Cocco F, Simark-Mattsson C, Campus G, et al. Digital transillumination in caries detection versus radiographic and clinical methods: an in-vivo study. *Dentomaxillofac Radiol* 2017;46(4):20160417.
45. Marinova-Takorova M, Anastasova R, Panov VE, Yanakiev S. Comparative evaluation of the effectiveness of three methods for proximal caries diagnosis – a clinical study. *J of IMAB* 2014;20(1):514-16.
46. Chu CH, Lo EC, You DS. Clinical diagnosis of fissure caries with conventional and laser-induced fluorescence techniques. *Lasers Med Sci* 2010;25(3):355-62.
47. Rechmann P, Charland D, Rechmann BMT, Featherstone JDB. Performance of laser fluorescence devices and visual examination for the detection of occlusal caries in permanent molars. *J Biomed Opt* 2012;17(3), 36006.
48. Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: basic and clinical investigations. *Med Laser Appl* 2001;16(3):205-13.
49. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001;109(1):14-9.
50. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent* 2006;34(7):467-71.
51. Shi XQ, Welander U, Angmar-Mansson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res* 2000;34(2):151-8.
52. Costa AM, Paula LM, Bezerra AC. Use of Diagnodent for

- diagnosis of non-cavitated occlusal dentin caries. *J Appl Oral Sci* 2008;16(1):18-23.
53. Toraman M, Bala O. Yeni bir lazer floresans cihazının oklüzal çürük teşhisi açısından *in vitro* olarak değerlendirilmesi. *GÜ Dişhek Fak Derg* 2003;20(1):9-14.
54. Lennon AM. Fluorescence-aided caries excavation (FACE) compared to conventional method. *Oper Dent* 2003;28(4):341-5.
55. Lennon AM, Attin T, Martens S, Buchalla W. Fluorescence-aided caries excavation (FACE), caries detector, and conventional caries excavation in primary teeth. *Pediatr Dent* 2009;31(4):316-19.
56. Coulthwaite L, Pretty IA, Smith PW, Higham SM, Verran J. The microbiological origin of fluorescence observed in plaque on dentures during QLF analysis. *Caries Res* 2006;40(2):112-16.
57. Koç Vural U, Kütük ZB, Ergin E, Yalçın Çakır F, Gürkan S. Comparison of two different methods of detecting residual caries. *Restor Dent Endod* 2017;42(1):48-53.
58. Lai G, Zhu L, Xu X, Kunzelmann KH. An *in vitro* comparison of fluorescence-aided caries excavation and conventional excavation by microhardness testing. *Clin Oral Investig* 2014;18(2):599-605.
59. Lai G, Kaisarly D, Xu X, Kunzelmann KH. MicroCT-based comparison between fluorescence-aided caries excavation and conventional excavation. *Am J Dent* 2014;27(1):12-6.
60. Lennon AM, Attin T, Buchalla W. Quantity of remaining bacteria and cavity size after excavation with FACE, caries detector dye and conventional excavation *in vitro*. *Oper Dent* 2007;32(3):236-41.
61. van der Veen MH, de Josselin de Jong E. Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci* 2000;17:144-62.
62. Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30(6):298-307.
63. Cho KH, Kang CM, Jung HI, Lee HS, Lee K, Lee TY, Song JS, et al. The diagnostic efficacy of quantitative light-induced fluorescence in detection of dental caries of primary teeth. *J Dent* 2021;115:103845.
64. Silvertown JD, Wong BPY, Abrams SH, Sivagurunathan KS, Mathews SM, Amaechi BT. Comparison of The Canary System and DIAGNOdent for the *in vitro* detection of caries under opaque dental sealants. *J Investig Clin Dent* 2017;8(4).
65. Michaelis J, Yu Q, Lallier T, Xu X, Ballard RW, Armbruster P. Quantifying the degree of white spot lesions on enamel caused by different commercial beverages using the Canary Caries Detection System: an *in vitro* study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2022;16(1):29-34.
66. Tassery H, Levallois B, Terrer E, Manton DJ, Otsuki M, Koubi S, Gughani N, Panayotov I, Jacquot B, Cuisinier F, Rechmann P, et al. Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. *Aust Dent J* 2013;58 Suppl 1:40-59.
67. Gughani N, Pandit I, Srivastava N, Gupta M, Gughani S. Light induced fluorescence evaluation: A novel concept for caries diagnosis and excavation. *J Conserv Dent* 2011;14(4):418-22.
68. Panayotov I, Terrer E, Salehi H, Tassery H, Yachouh J, Cuisinier FJ, Levallois B, et al. *In vitro* investigation of fluorescence of carious dentin observed with a Soprolife® camera. *Clin Oral Investig* 2013;17(3):757-63.
69. Zeitouny M, Feghali M, Nasr A, Abou-Samra P, Saleh N, Bourgeois D, Farge P, et al. SOPROLIFE system: an accurate diagnostic enhancer. *ScientificWorldJournal*.2014;2014:924741.
70. Alkahtani A, Anderson P, Baysan A. The performance of Soprolife for early detection of coronal caries using the International Caries Classification and Management System-A preliminary laboratory-based study. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2021;35:102422.
71. Seremidi K, Lagouvardos P, Kavvadia K. Comparative *in vitro* validation of VistaProof and DIAGNOdent pen for occlusal caries detection in permanent teeth. *Oper Dent* 2012;37(3):234-45.
72. Tonkaboni A, Saffarpour A, Aghapourzangeneh F, Fard MJK. Comparison of diagnostic effects of infrared imaging and bitewing radiography in proximal caries of permanent teeth. *Lasers Med Sci* 2019;34(5):873-79.
73. Presoto CD, Trevisan TC, Andrade MCD, Dantas AAR, Campos JADB, Oliveira-Junior OBD. Clinical effectiveness of fluorescence, digital images and ICDAS for detecting occlusal caries. *Rev Odontol UNESP* 2017;46(2):109-15.
74. Staninec M, Douglas SM, Darling CL, Chan K, Kang H, Lee RC, Fried D, et al. Non-destructive clinical assessment of occlusal caries lesions using near-IR imaging methods.

- Lasers Surg Med 2011;43(10):951-9.
75. Jones RS, Darling CL, Featherstone JD, Fried D. Imaging artificial caries on the occlusal surfaces with polarization-sensitive optical coherence tomography. *Caries Res* 2006;40(2):81-9.
76. Cara AC, Zezell DM, Ana PA, Maldonado EP, Freitas AZ. Evaluation of two quantitative analysis methods of optical coherence tomography for detection of enamel demineralization and comparison with microhardness. *Lasers Surg Med* 2014;46(9):666-71.
77. Bamzahim M, Shi XQ, Angmar-Månsson B. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: in vitro comparison. *Acta Odontol Scand* 2002;60(6):360-4.
78. Longbottom C, Huysmans MC. Electrical measurements for use in caries clinical trials. *J Dent Res* 2004;83(Spec No C):C76-79.
79. Teo TK, Ashley PF, Louca C. An in vivo and in vitro investigation of the use of ICDAS, DIAGNOdent pen and CarieScan PRO for the detection and assessment of occlusal caries in primary molar teeth. *Clin Oral Investig* 2014;18(3):737-44.
80. Kamburoğlu K, Kurt H, Kolsuz E, Öztaş B, Tatar I, Çelik HH. Occlusal caries depth measurements obtained by five different imaging modalities. *J Digit Imaging* 2011;24(5):804-13.
81. Schwass DR, Swain MV, Purton DG, Leichter JW. A system of calibrating microtomography for use in caries research. *Caries Res* 2009;43(4):314-21.
82. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci* 2009;1(4):177-88.
83. Çalışkan Yanıkoğlu F, Öztürk F, Hayran O, Analoui M, Stookey GK. Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res* 2000;34(3):225-32.
84. Bozkurt F. , Tağtekin D. , Yanıkoğlu F. , Fontana M. , Gonzalez-cabezas C. , Stookey G. K. Capability of an Ultrasonic System to Detect Very Early Caries Lesions on Human Enamel. *Marmara Dental Journal*. 2013; 1(1): 16-9.
85. Matalon S, Feuerstein O, Calderon S, Mittleman A, Kaffe I. Detection of cavitated carious lesions in approximal tooth surfaces by ultrasonic caries detector. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(1):109-13.
86. Evans JW, Zawadzki RJ, Liu R, Chan JW, Lane SM, Werner JS. Optical coherence tomography and Raman spectroscopy of the ex-vivo retina. *J Biophotonics* 2009;2(6-7):398-406.
87. Ko AC, Choo-Smith LP, Hewko M, Sowa MG, Dong CC, Cleghorn B. Detection of early dental caries using polarized Raman spectroscopy. *Opt Express* 2006;14(1):203-15.
88. Kamburoğlu K, Yetimoğlu NÖ, Altan H. Characterization of primary and permanent teeth using terahertz spectroscopy. *Dentomaxillofac Radiol* 2014;43(6):20130404.
89. Kamburoğlu K, Karagöz B, Altan H, Özen D. An ex vivo comparative study of occlusal and proximal caries using terahertz and X-ray imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2019;48(2):20180250.