



T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**YENİ NESİL KANTİTATİF IŞIK ÖLÇÜMLÜ BİR FLORESANS
CİHAZININ (QRAYCAM PRO) VALİDİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ: KESİTSEL KLİNİK ARAŞTIRMA**

AHMAD BITTAR

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi. BURCU GÖZETİCİ ÇİL

İSTANBUL - 2025

TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi
Programın Seviyesi : Yüksek Lisans () Doktora (X)
Anabilim Dalı : Restoratif Diş Tedavisi
Tez Sahibi : Ahmad BITTAR
Tez Başlığı : Yeni Nesil Kantitatif Işık Ölçümlü Bir Floresans Cihazının
(QrayCam Pro) Validitesinin Değerlendirilmesi: Kesitsel
Klinik Araştırma

Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Güney Yerleşkesi

Sınav Tarihi : 08.01.2025

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Kurumu

İmza

Dr.Öğr.Üyesi Burcu GÖZETİCİ ÇİL İstanbul Medipol Üniversitesi

Sınav Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Funda ÖZTÜRK BOZKURT İstanbul Medipol Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Ayşe TAŞ İstanbul Medipol Üniversitesi

Prof.Dr. Dilek TAĞTEKİN Marmara Üniversitesi

Prof.Dr. Funda YANIKOĞLU İstanbul Kent Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Doktora Tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun
...../...../ tarih ve/..... - sayılı kararı ile şekil
yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof.Dr. Neslin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazınına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez, çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

AHMAD BITTAR

TEŞEKKÜR

Tezimin bu zorlu yolculuğunda yanımda olan tüm değerli insanlara gönülden teşekkür etmek istiyorum.

Öncelikle Rabbime şükürler olsun. Ayrıca, varlıkları ve desteğiyle her adımda yanımda olan aileme minnetlerimi sunuyorum.

Bu süreçte, bilgi ve rehberlikleriyle akademik gelişimime katkı sağlayan, bölüm başkanımız Prof. Dr. Mahmut Kuşdemir'e teşekkür ederim. Kendilerinin liderliği ve desteği çalışmamın doğru bir şekilde yönlendirilmesinde önemli bir rol oynamıştır.

Tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Burcu Gözetici Çil'e, süreç boyunca gösterdiği rehberlik, sabır ve değerli katkıları için minnettarım. Kendilerinin desteği, çalışmamın her aşamasında bana ışık tuttu.

Jüri üyelerim Prof. Dr. Funda Öztürk Bozkurt ve Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Taş'a, çalışmamı titizlikle değerlendirerek sundukları kıymetli görüş ve katkılar için teşekkür ederim.

Restoratif diş hekimliği alanındaki değerli hocalarıma, bilgi ve tecrübeleriyle bu süreçte bana ilham oldukları için ayrıca teşekkür ederim.

Cihaz erişiminde sağladıkları destek için Prof. Dr. Mutlu Özcan ve Dr. Lukas Enggist'e teşekkür ederim. Verdikleri destek, çalışmamın teknik boyutunda önemli bir yere sahiptir.

Tez sürecinde, karşılaştığımız her zorluğu birlikte aşabildiğimiz kıdemlim ve çalışma arkadaşım Tuba Çetin'e ve çalışma arkadaşım Gizem Meva Başyigit'e de ayrıca teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI FORMU	i
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
RESİMLER VE ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
1.ÖZET.....	1
2.ABSTRACT.....	2
3.GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
4. GENEL BİLGİLER.....	7
4.1. Çürük.....	7
4.1.1. Mine ve mine çürüğü	7
4.1.2. Dentin ve dentin çürüğü	8
4.2. Çürük Lezyonun Dinamiği.....	9
4.3. Çürük Lezyonlarının Teşhisi.....	10
4.4. Kavitsyonsuz Çürük Lezyonlarının Tespitinde Kullanılan Geleneksel Yöntemler.....	11
4.4.1. Görsel-dokunsal muayene	11
4.4.2. Radyografik muayene	15
4.5. Kavitsyonsuz Çürük Lezyonlarının Tespitinde Kullanılan İleri Teşhis Yöntemleri.....	16
4.5.1. Işık transmisyonu	19
4.5.1.1. DIFOTI.....	19
4.5.1.2. DIAGNOcam	19

4.5.2. Floresans	19
4.5.2.1. DIAGNOdent	20
4.5.2.2. VistaProof	21
4.5.2.3. VistaCam.....	21
4.5.2.4. QLF	22
4.5.2.4.1. Inspektor.....	22
4.5.2.4.2. QLF-D biluminator	23
4.5.2.4.3. QrayCam	23
4.5.3. Elektriksel iletkenlik	24
4.5.3.1. CarieScan	24
4.5.3.2. ECM	24
4.5.4. Ultrason.....	24
4.5.5. Optik koherens tomografi (OCT).....	25
4.5.6. Mikro bilgisayarlı tomografi	25
4.5.7. Polarize raman spektroskopi	26
4.5.8. Ağız içi ve ağız dışı tarayıcılar.....	26
4.5.9. Isı ve floresans (PTR-LUM)	27
4.5.9.1. Canary	27
5.MATERYAL VE METOT	28
5.1. Çalışma Tasarımı	28
5.2. Katılımcılar	28
5.2.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri	28
5.2.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri	29
5.3. Klinik Muayene.....	29
5.4. Radyografik İncelemeler	33
5.5. QLF Görüntülerinin Alınması ve Analizi	34

5.5.1. Oklüzal yüzeylerin QS skorları.....	35
5.5.2. Proksimal yüzeylerin QS skorları	36
5.5.3. İstatistiksel analiz	37
6.BULGULAR.....	38
6.1. QLF ölçümlerinin güvenilirliğinin değerlendirilmesi.....	38
6.2. Oklüzal Yüzeyler İçin Bulgular	39
6.2.1. Oklüzal çürük tespiti için QLF parametreleri ile klinik muayene skorları arasındaki ilişkinin incelenmesi	39
6.2.2. Oklüzal yüzeylerin tespiti amacıyla kullanılan cihazın validitesinin değerlendirilmesi.....	40
6.2.3. Oklüzal çürük tespiti için QS skorlarının değerlendirilmesi.....	42
6.3. Proksimal Yüzeyler İçin Bulgular.....	42
6.3.1. Proksimal çürük tespiti için QLF parametreleri ile klinik muayene skorları arasındaki ilişkinin incelenmesi	42
6.3.2. Proksimal yüzeylerin tespiti amacıyla kullanılan cihazın validitesinin değerlendirilmesi.....	43
6.3.3. Proksimal çürük tespiti için QS skorlarının değerlendirilmesi	45
7.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	47
8.KAYNAKLAR	57
9.EKLER.....	65
10.ETİK KURUL ONAYI.....	69
11.ÖZGEÇMİŞ.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ICDAS – Uluslararası Çürük Değerlendirme ve Tespit Sistemi (*International Caries Detection and Assessment System*)

QLF – Kantitatif Işıklı Uyarılan Floresans (*Quantitative Light-induced Fluorescence*)

ICCMS – Uluslararası Çürük Sınıflandırma ve Yönetim Sistemi (*International Caries Classification and Management System*)

FOV – Görüş Alanı (*Focus of Vision*)

kV – kilovolt

mA – miliamper

PUFA – Pulpa ile ilişkili çürük, Ülserasyon, Fistül, Abse (*Pulpal involvement, Ulceration, Fistula, Abscess*)

DMFT – Çürük, Eksik, Dolgulu Dişler

ECM – Elektriksel Çürük Monitörü (*Electrical Caries Monitor*)

OCT – Optik Koherens Tomografi (*Optical Coherence Tomography*)

PS-OCT – Polarizasyon Duyarlı Optik Koherens Tomografi (*Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography*)

In:Ga:As:P – İndiyum Galliyum Arsenit Fosfit (*Indium Gallium Arsenide Phosphide*)

NIR – Yakın Kızılötesi Işık (*Near-Infrared Light*)

NILR – Yakın Kızılötesi Işık Yansıması (*Near-Infrared Light Reflection*)

PTR – Fototermal Radyometri (*Photothermal Radiometry*)

LUM – Lüminesans (*Luminescence*)

CCD – Yüklü Bağlantılı Aygıt (*Charge-Coupled Device*)

STROBE– Epidemiyolojide Gözlemsel Çalışmaların Raporlanmasının Güçlendirilmesi (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*)

ASA – Amerikan Anestezistler Derneği (*American Society of Anesthesiologists*)

DIFOTI – Dijital Görüntüleme Fiber Optik Transillüminasyon (*Digital Imaging Fiber Optic Transillumination*)

FOTI – Fiber Optik Transillüminasyon (*Fiber Optic Transillumination*)

nm – Nanometre

SD – Standart Sapma (*Standard Deviation*)

SPSS – (*Statistical Package for Social Sciences*)

UV – Ultraviole

λ – Dalga Boyu

% – Yüzde

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.4.1.1: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan Nyvad kriterleri.....	12
Tablo 4.4.1.2: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan ICDAS kriterleri.....	13
Tablo 4.4.1.3: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan CARS kriterleri.....	14
Tablo 4.4.1.4: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan CAST kriterleri.....	15
Tablo 4.4.2.1: ICCMS skörlama sistemi.....	16
Tablo 4.5.1: Çürük tespitinde kullanılan yöntemler ve cihazlar.....	18
Tablo 6.1: Çalışmaya dahil edilen oklüzal lezyonların özellikleri.....	38
Tablo 6.2: Çalışmaya dahil edilen proksimal lezyonların özellikleri.....	38
Tablo 6.2.1.1: Klinik olarak derecelendirilen oklüzal yüzeylere ait klinik muayene skörları ve QrayCam Pro ile ölçölen QLF değörleri arasındaki korelasyon.....	39
Tablo 6.2.2.1: Oklüzal çürük lezyonlarının tespitinde QLF parametrelerinin sensitivite, spesifisite ve ROC eğrisi altındaki alan (AUROC).....	40
Tablo 6.2.3.1: Oklüzalde QS skörlarının çürükleri tespit etme performansı.....	42
Tablo 6.3.1.1: Klinik olarak derecelendirilen proksimal yüzeylere ait ICCMS skörları ve QrayCam Pro ile ölçölen QLF değörleri arasındaki korelasyon.....	43
Tablo 6.3.2.1: Proksimal çürük lezyonlarının tespitinde QLF parametreleri için sensitivite, spesifisite ve ROC Eğrisi Altındaki Alan (AUROC).....	44
Tablo 6.3.3.1: Proksimalde QS skörlarının çürükleri tespit etme performansı.....	46

RESİMLER VE ŞEKİLLER LİSTESİ

Resim 5.2.2.1: QLF ile alınan görüntülerde (a) metal retainer varlığında alınan ve istenmeyen ışık yansımaları nedeniyle analizi uygun olmayan görüntü, (b) şeffaf plak (*clear aligner*) tedavisi uygulanan hastadan alınan ve analize uygun görüntü.....30

Resim 5.2.2.2: (a) Beyaz LED ışık altında elde edilen görüntü, (b) Aynı dişlerin mavi LED ışık altında kırmızı floresans görüntüsü ve ağızda lekelerin bulunmasınedeniyle sağlam yüzeylerin kırmızı floresans göstermesi.....31

Şekil 5.2.1: Çalışma akış şeması (N = hasta sayısı, n = diş yüzeyi sayısı)32

Resim 5.4.1: ICCMS skorlarına göre radyografik görüntüler: Skor 0- radyolüsensi yok; Skor 1-minenin dış 1/2'sinde radyolüsensi; Skor 2- minenin iç 1/2'sinde mine-dentin sınırına ulaşan radyolüsensi; Skor-3 dentinin dış 1/3'ü ile sınırlı radyolüsensi; Skor 4-dentinin orta 1/3'üne ulaşan radyolüsensi; Skor 5- dentinin iç 1/3'ünde radyolüsensi.....33

Resim 5.5.1: QLF görüntülerinin alınması.....34

Resim 5.5.2: Bilgisayar yazılımı ile toplanan QLF görüntülerin analizi.....35

Resim 5.5.1.1: Oklüzal QS skorları, QS-0: Pit ve/veya fissürlerde floresans kaybı veya kırmızı floresans artışı yok; QS-1: Pit ve/veya fissürlerde nokta halinde floresans kaybı ve kırmızı floresans mevcut; QS-2: Pit ve/veya fissürlerin etrafında çizgi şeklinde floresans kaybı ve kırmızı floresans; QS-3: Dentinden koyu bir gölge yansıması ile pit ve/veya fissürlerin etrafında yaygın kırmızı floresans.....36

Resim 5.5.2.1: Proksimal QS skorları, QS-0: Koyu gölge veya kırmızı floresans yok; QS-1: Kırmızı floresans içermeyen düzensiz koyu gölge; QS-2: Bukkal-lingual genişliğin üçte biri içerisinde bulunan soluk kırmızı floresans; QS-3: Bukkal-lingual genişliğin üçte birinden fazlasında bulunan güçlü kırmızı floresans.....36

Resim 6.2.2.1: (a) Kırmızı floresans gösteren bir analiz görüntüsü, (b) $\Delta R_{max} > 0$ değerleri, aktif çürük lezyonlarını işaret eder, (c) İnaktif veya sağlam yüzeylerde

kırmızı floresans gözlenmez, (d) ΔR_{max} değeri = 0, inaktif çürük veya çürük olmadığını ifade eder.....41

Şekil 6.2.2.1: Oklüzal yüzeylerde ΔF_{max} ve ΔR_{max} için ROC eğrileri.....41

Resim 6.3.2.1(a) 25 numaralı dişin distalinde ICCMS skoru 3 olan çürük, (b) interproksimal alanın diş ipi ile temizlenmesinden sonra dişin oklüzal yüzeyinden LED beyaz ışıkla alınan görüntü, (c) aynı yüzeyin mavi ışık altında alınan floresans görüntüsü (QS skoru: 2), (d) görüntünün analizi için lezyon sınırının belirlenmesi, (e) belirlenen alan içerisindeki mineral kaybı ve bakteriyel aktivitenin yazılım yardımıyla kantitatif olarak hesaplanması44

Resim 6.3.2.2: (a) 14 numaralı dişin distal yüzeyi, QS skoru 3 olarak, 15 numaralı dişin mezial yüzeyi ise QS skoru 1 olarak değerlendirildi, (b) Üretici talimatlarına uygun şekilde sınırlar belirlendi, (c) 14 numaralı dişin ICCMS skoru 5, 15 numaralı dişin ise mine-dentin birleşiminde radyolusens bulgusu ile birlikte ICCMS skoru 3 olarak tespit edildi, (d) 15 numaralı dişin ΔR_{max} değeri, lezyon derinliğini doğru bir şekilde yansıtmadı. 15 numaralı dişin okuma sonuçları, komşu dişin yüksek ΔR_{max} değerinden etkilenmiştir.....45

Şekil 6.3.2.1: Proksimal yüzeylerde ΔF_{max} ve ΔR_{max} ROC eğrileri.....46

1.ÖZET

YENİ NESİL KANTİTATİF IŞIK ÖLÇÜMLÜ BİR FLORESANS CİHAZININ (QRAYCAM PRO) VALİDİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: KESİTSEL KLİNİK ARAŞTIRMA

Bu çalışmanın amacı, posterior proksimal ve oklüzal primer çürüklerin tespitinde ve şiddetinin belirlenmesinde kantitatif ışık floresans (QLF) cihazının (Qray Cam Pro, AIBIO, Seul, Güney Kore) validitesinin değerlendirilmesidir. Bu çalışma, Ocak-Mart 2024 tarihleri arasında gerçekleştirildi ve toplamda 60 hastadan (25 kadın ve 35 erkek; 18-65 yaş aralığı) 120 diş çalışmaya dahil edildi. Her hastadan bir çürük ve bir sağlam diş seçildi. Tüm oklüzal yüzeyler, görsel-dokunsal yöntemle Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi'ne (ICDAS skor: 0-4) ve Nyvad Kriterlerine (0-6) göre değerlendirildi. Proksimal lezyonların derinliği, bite-wing radyografi kullanılarak ICCMS (*International Caries Classification and Management System*) skor sistemine göre (0-5) skorlandı. Maksimum floresans kaybı (ΔF_{max}) ile mineral kaybını ve kırmızı floresans oranındaki maksimum değişim (ΔR_{max}) ile çürük aktivitesini yansıtan kantitatif değerler, Q-Ray v.1.45 (Inspektor Araştırma Sistemleri BV, Amsterdam, Hollanda) yazılım programı kullanılarak elde edildi. Validite değerlendirmesi amacıyla sensitivite, spesifisite ve AUROC hesaplandı. Geleneksel ve QLF yöntemleri arasındaki korelasyon ise Spearman korelasyon katsayısı ile analiz edildi. AUROC analizi, QrayCam Pro'nun proksimal ve oklüzal çürüklerin tespitinde mükemmel bir geçerliliğe sahip olduğunu gösterdi. ΔF_{max} için AUC değerleri proksimal ve oklüzal için sırasıyla, $0,969 \pm 0,021$ ve $0,946 \pm 0,034$ olarak hesaplandı; sensitivite 0,885 ve 0,84, spesifisite ise 1,00 bulundu. ΔR_{max} için AUC değerleri ise proksimal ve oklüzal için sırasıyla, $0,929 \pm 0,033$ ve $0,942 \pm 0,035$ olarak hesaplandı; sensitivite 0,857 ve 0,92, spesifisite ise 1,00 ve 0,96 olarak bulundu. Geleneksel muayene skorları ile QLF değerleri arasında güçlü bir korelasyon saptandı ve , QrayCam Pro'nun çürük tespitinde etkili bir araç olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: Çürük tespiti, kantitatif ışık floresans, oklüzal çürükler, proksimal çürükler, radyografi, ileri çürük tespit yöntemleri

2.ABSTRACT

EVALUATION OF THE VALIDITY OF A NEW-GENERATION QUANTITATIVE LIGHT-INDUCED FLUORESCENCE DEVICE (QRAYCAM PRO): A CROSS-SECTIONAL CLINICAL STUDY

This study aimed to evaluate the validity of a quantitative light-induced fluorescence (QLF) device (QrayCam Pro, AIBIO, Seoul, South Korea) in detecting and assessing the severity of posterior proximal and occlusal primary caries. A total of 120 teeth from 60 patients (25 women, 35 men; age range: 21–38 years) were included. The study was conducted between January and March 2024. For each patient, one carious and one healthy tooth were selected. All occlusal surfaces were assessed using the visual-tactile method and scored according to the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS score: 0–4) and Nyvad Criteria (0–6). Proximal lesion depth was evaluated with bite-wing radiography and scored using the International Caries Classification and Management System (ICCMS, 0–5). Quantitative values for mineral loss (ΔF_{max}) and caries activity (ΔR_{max}) were obtained via Q-Ray v.1.45 software (Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, Netherlands). Sensitivity, specificity, and area under the receiver operating characteristic curve (AUROC) were calculated to assess validity, and the correlation between conventional and QLF methods was analyzed using Spearman coefficient. AUROC analysis demonstrated excellent validity for QrayCam Pro in detecting proximal and occlusal caries. For ΔF_{max} , AUC values for proximal and occlusal were 0.969 ± 0.021 and 0.946 ± 0.034 , with sensitivities of 0.885 and 0.84, and specificities of 1.00, respectively. For ΔR_{max} , AUC values for proximal and occlusal were 0.929 ± 0.033 and 0.942 ± 0.035 , with sensitivities of 0.857 and 0.92, and specificities of 1.00 and 0.96, respectively. Findings suggest that QrayCam Pro is a promising tool for detecting caries and assessing severity.

Keywords: Caries detection, quantitative light-induced fluorescence, occlusal caries, proximal caries, radiography, advanced caries detection methods

3.GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğü, asit üreten bakterilerin neden olduğu diş yapısının demineralizasyonu ile karakterize, mikrobiyal dental plak ve diş dokusu arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıkan, tükürük akışı, fermente olabilen karbonhidratların tüketim alışkanlıkları, diş fırçalama sıklığı ve florürlü ürünlerin kullanımı gibi birçok faktörün etkili olduğu yaygın ve karmaşık bir ağız hastalığıdır (1,2).

İkinci Dünya Savaşı sonrası, endüstrileşmeyle birlikte şeker tüketiminin artması nedeniyle diş çürüğü Avrupa’da ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (3). O dönemde, İsviçre’de yeni evlenen genç kadınlara total protez hediye edilmesi, durumun ciddiyetini gösteren bir örnektir (3). Ancak son yıllarda, florür kullanımının yaygınlaşması ve ağız sağlığına yönelik bilinç düzeyinin artması gibi faktörler sayesinde, dünya genelinde diş çürüğü prevalansında genel bir azalma olmasına karşın, kavitasjonsuz çürük lezyonlarının prevalansında belirgin bir artış yaşanmaktadır (4). Bu durum, diş çürüklerinin tespiti ile ilgili mevcut stratejilerin yeniden değerlendirilmesi için görsel-dokunsal yöntemle ek olarak, yeni yaklaşımların geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (4, 5).

Uluslararası Çürük Değerlendirme ve Tespit Sistemi (ICDAS), görsel ve dokunsal muayeneye dayanarak çürük lezyonlarının şiddetini ve aktivitesini değerlendirmede en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri olmasına rağmen, özellikle başlangıç çürük lezyonlarının tespitinde, belli sınırlamalara sahiptir (6). Görsel ve dokunsal yöntemlere dayalı teşhis, bazı durumlarda çürük lezyonlarının gözden kaçırılmasına ve bu nedenle gerekli tedavi uygulamasının gecikmesine neden olabilir (6, 7). Görsel-dokusal muayene ile birlikte çürük tespitinde neredeyse bir asırdır kullanılan bir diğer geleneksel yöntem ise radyografik muayenedir. Ancak bu yöntemle, çürük lezyonların erken dönemde tespiti güçleşmekte ve genellikle müdahale ancak lezyonun önemli ölçüde ilerlediği aşamalarda mümkün olabilmektedir (5-7).

Kavitasjonsuz lezyonların tespitine yönelik yapılan görsel-dokunsal muayenelerin, spesifisitede (0,20 ile 0,96 arasında değişen) ve sensitivite (0,50 ile 1,00

arasında değişen) değerlerinin önemli ölçüde değişkenlik göstermesi ve farklı muayene yapan klinisyenler arasında kayda değer teşhis farklılıklarının bulunması bu yöntemin güvenilirliğinin ve geçerliliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır (8). Benzer şekilde, radyografik yöntemlerin sensitivitelerinin düşük (0,14 ile 0,38 arasında değişen), spesifitelerinin ise yüksek (0,59 ile 0,90 arasında değişen) olduğu görülmüştür (8). Bu durum, radyografik yöntemlerin çürük lezyonlarının erken safhada tespit edilmesinde yetersiz kalabileceğini, ancak aynı zamanda spesifik olmayan bulguların teşhis edilmesinde daha yüksek doğruluk payı sunduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yalnızca radyografik değerlendirmelere dayanarak yapılan teşhisler, erken çürüklerin gözden kaçma riskini artırabilir, bu da tedavi sürecinin gecikmesine yol açabilir (8). Bu sınırlamalar, diş çürüğünün güvenilir bir şekilde tespit edilmesinde mevcut yaklaşımların yetersiz kalabileceğini ortaya koymaktadır. Çürük tespiti için daha güvenilir, hassas ve tutarlı yöntemlere ihtiyaç vardır (8,9).

Kantitatif Işıklı Uyarılan Floresans (QLF) teknolojisi, diş yapısındaki mineral kaybını ve bakteriyel aktiviteyi kantitatif olarak değerlendirebilmek ve bu sayede, diş yapısında meydana gelen minimal değişiklikleri tespit etmek için yardımcı bir yöntem olarak kullanılabilir. Bu teknolojinin çalışma prensibi, dişin belirli bir dalga boyundaki ışıkla uyarılması sonucu ortaya çıkan dişin doğal otofloresansının, kantitatif olarak ölçülmesine dayanmaktadır (10-12). QLF, diş yüzeyini ışınlamak amacıyla 405 nm dalga boyunda görülebilir mavi ışık kullanır ve bu ışık, diştten otofloresans sinyallerinin yayılmasını sağlar. Bu sinyallerin yoğunluğu, dişteki mineral kaybı ile doğrudan ilişkili olup, bu parametreler bir yazılım programı tarafından toplanır ve analiz edilir. Böylece, başlangıç diş çürüklerinin erken tespiti ve zaman içerisindeki değişimlerinin izlenmesi mümkün olabilir. QLF teknolojisi, 1980'lerden bu yana, dişlerdeki mineral kaybıyla ilgili floresans değişikliklerini gözlemlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (10-12).

QrayCam Pro (AIOBIO, Seul, Kore Cumhuriyeti), 2018 yılında diş hekimlerinin kullanımına sunulan üçüncü nesil bir QLF cihazı olarak, diş hekimliğinde tanı süreçlerini daha ileri bir seviyeye taşımak amacıyla tasarlanmıştır. Bu cihaz, LED ışık

kaynakları, görüntü yakalama amacıyla kullanılan bir CCD kamera ve floresans tespitini optimize etmek için kullanılan Inspektor cam filtreleri gibi gelişmiş bileşenlerle donatılmıştır. Ayrıca, QrayCam Pro, önceki nesillere kıyasla daha geniş bir görüş alanı (*Focus of Vision*, FOV) sunan ve daha yüksek görüntü kalitesi sağlayan CMOS görüntü sensörüne (FHD 1080p) sahiptir (13). Bu gelişmiş donanım özellikleri, çürük lezyonlarının daha hassas ve detaylı bir şekilde tespit edilmesine olanak tanıyarak tedavi süreçlerinin etkinliğini artırmayı hedeflemektedir (13).

Bu yeni üçüncü nesil cihaz, diş çürüklerinin yalnızca floresans görüntülerinin esas alınarak değerlendirilmesinin yol açabileceği teşhis zorluklarını ortadan kaldırmak için aynı anda beyaz ışıqla görüntü alınabilmesini sağlar. Böylece, anatomik yapıların karmaşıklığı ve yüzey kalıntıları gibi problemlerin de aynı anda değerlendirilmesi mümkün olur (14). QrayCam Pro, lezyonlardaki mineral kaybına bağlı olarak diş yapısından yayılan floresans kaybını tespit etmenin yanı sıra, diş yüzeyine nüfuz eden bakteriler tarafından üretilen porfirin adı verilen bakteriyel metabolitlerin yaydığı kırmızı floresansı ölçerek çürük aktivitesinin tespit edilebilmesini sağlar. Bu çift yönlü yaklaşım, çürüklerin daha doğru ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesine yardımcı olabilir (14).

Literatürde, QrayCam Pro'nun çürük tespiti performansı ile ilgili az sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalardan birinde, cihazın farklı seviyelerdeki oklüzal ve proksimal çürükleri tespit edebilme performansı değerlendirilmiştir (13). QrayCam Pro cihazının proksimal çürüklerin erken teşhisinde düşük bir doğruluk (0,52–0,62) gösterdiği ve derin çürüklerde sensitivitesinin çok düşük (0,00) olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise, ΔF ve ΔR parametreleri, oklüzal çürükler için ICDAS skorları ile, proksimal çürükler için ise bite-wing radyografik skorları ile karşılaştırılmış, her iki parametrenin de yüksek tanısal doğruluk sunduğu gösterilmiştir (14). Bu çalışmalar, proksimal çürüklerin erken teşhisinde cihazın sınırlılıklarına dikkat çekmişlerdir (13).

Çalışmanın amacı, QrayCam Pro'nun görsel-dokunsal ve radyografik değerlendirmeye dayanarak, kavitasyonsuz çürük lezyonlarını tespit etme performansının değerlendirilmesidir. Bu amaçla, bu çalışmada, oklüzal çürüklerin

klirik olarak değerlendirilmesinde altın standart olarak ICDAS II ve Nyvad kriterleri kullanıldı. Proksimal çürüklerin tespit ve değerlendirmesi için ise bite-wing radyografi ile elde edilen görüntüler Uluslararası ürük Sınıflandırma ve Yönetim Sistemi (*ICCMS-International Caries Classification and Management System*) kriterlerine göre skorlandı. Bu yaklaşım ile, QrayCam Pro'nun, altın standart olarak belirlenen geleneksel çürük tespiti yöntemlerine dayanarak validitesinin değerlendirilmesi hedeflendi. Bu çalışmanın sıfır hipotezi geleneksel yöntemler ile elde edilen skorlar ve QLF ölçümleri arasında bir ilişki yoktur olarak kuruldu.



4. GENEL BİLGİLER

4.1. Çürük

Diş çürüğü, diş yüzeyinde biriken biyofilmdeki (dental plak) bakterilerin metabolik aktiviteleri sonucu oluşan ve dişin sert dokularında mineral kaybına yol açan dinamik bir süreçtir (15). Çürük, asit üreten bakterilerin diş yapısı, tükürük akışı ve içeriği, fermente olabilen karbonhidratların tüketim sıklığı gibi konak faktörleriyle etkileşimi sonucunda gelişir. Streptococcus mutans ve Lactobacillus gibi asidofilik bakteriler, fermente edilebilir şekerleri laktik ve diğer organik asitlere dönüştürerek pH'ı kritik seviyenin altına düşürür ve mine dokusunda demineralizasyonu başlatır. Bu süreçte, hücre içi polisakkarit (IPS) üretimi sayesinde, besin kaynağı olmadığında bile asit üretimi devam ederken, ekstraselüler polisakkaritler (EPS) biyofilmi güçlendirerek çürük sürecini hızlandırır (16, 17). Fermente olabilen karbonhidratların sık tüketilmesi, tekrarlayan asit ataklarına neden olur. Çürük oluşumunda bakterilerin asidojenik (asit üretici) ve asidürik (asit toleransı) özelliklerinin anlaşılması, çürüğün tedavi ve önlenmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesinde önemli rol oynar (17).

Çürük oluşumunda dişin yapısı, tükürük akışı, miktarı ve içeriği gibi konak faktörleri de önemli role sahiptir. Tükürük içeriğindeki lizozim, laktoferrin, histatinler ve IgA gibi anti-mikrobia proteinler mikroorganizmaların çoğalmasını engeller. Tükürüğün tamponlama kapasitesi, pH'ı dengede tutarak hidroksiapatitin çözünmesini önler ve mine yüzeyinde remineralizasyonu destekler (16, 17). Yeterli tükürük akışı ve miktarı, fermente edilebilir karbonhidratların ve asitlerin hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar. Tükürüğün tamponlama kapasitesi, özellikle yemek sonrası asiditenin hızla nötralize edilmesini ve mine yüzeyinin korunmasını sağlar. Tüm bu özellikler, tükürüğü çürük gelişimini engelleyen, biyofilm yapısını düzenleyen ve ağız sağlığını koruyan çok işlevli bir sıvı haline getirir (16, 17).

4.1.1. Mine ve mine çürüğü

Mine, ağırlıkça %96 inorganik, %1 organik ve %3 sudan; hacimce %89 inorganik, %2 organik ve %9 sudan oluşan vücudun en sert dokusudur (15). Bu kristalize mineral yapı, oklüzal kuvvetler ve asitlerin neden olduğu demineralizasyon

ile çürüğe karşı direnç göstererek dentin ve pulpa gibi canlı diş dokularını korur. Minenin inorganik yapısındaki kalsiyum hidroksiapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ kristalleri 10-40 nm boyutlarındadır ve diş gelişimi esnasında farklı iyonların bu yapıya dahil olmasıyla saf hidroksiapatitten daha çözünür bir yapı oluşur. Özellikle fosfat (PO_4^{3-}) iyonlarının karbonat (CO_3^{2-}) iyonları ile yer değiştirmesi, mineyi asitlere karşı daha hassas hale getirir (15). Asit saldırıları sırasında mine dokusunda demineralizasyon başlarken, çürük lezyonları histolojik olarak dört farklı bölgeye ayrılır: yüzeyel tabaka, lezyon gövdesi, karanlık bölge ve yarı saydam bölge. Yarı saydam bölge ve lezyon gövdesi, demineralizasyonun yoğun olduğu alanlar, karanlık bölge ve yüzeyel tabaka ise remineralizasyonun görüldüğü bölgelerdir (17).

Lezyonun yüzeyel tabakası, plak sıvısının pH'ının 4,5-5,5 arasında olduğu durumlarda, florohidroksiapatite doymuş, hidroksiapatite ise doymuş olmamasından dolayı korunur. Bu süreçte, lezyon gövdesinde hidroksiapatit kristalleri çözünürken yüzeyel tabakada florohidroksiapatit kristalleri oluşur ve bu da yüzeyel tabakayı asit ataklarına karşı daha dirençli hale getirir (16-18). Lezyon gövdesi ise %25-50 arasında değişen por hacmiyle demineralizasyonun yoğun olarak gözlemlendiği bir bölgedir. Çürüğün ilerleme hızı, bulunduğu bölgeye göre farklılık gösterir; düz yüzeylerde çürük daha yavaş ilerlerken ara yüzeylerde daha hızlı bir seyir izler. Mine çürüğü genellikle diş yüzeyinde parlaklık kaybıyla başlar ve opak beyaz bir görünüme sahip "beyaz nokta" (white spot) lezyonlarıyla karakterizedir. Çürüğün hava ile kurutulunca daha belirgin hale gelmesi, lezyon gövdesindeki porları dolduran suyun, kırılma indeksi daha düşük olan hava ile yer değiştirmesinden kaynaklanır. İlerlemesi durmuş inaktif lezyonlar ise klinik olarak beyaz veya kahverengi, parlak ve pürüzsüz yüzey özellikleri ile karakterizedir. Bu yapısal ve biyokimyasal özellikler, mine çürüğünün oluşumunu ve ilerlemesini anlamada önemli bir temel sağlar (16-19).

4.1.2. Dentin ve dentin çürüğü

Dentin, mine dokusunun altında pulpayı saran ve kendine özgü tübüler bir histolojik yapıya sahip dokudur. Pulpa yakınındaki tübüller geniş çaplı ve birim alanda sayıca fazla iken, dentin-mine birleşim bölgesine yaklaştıkça tübül çapları daralır. Bu durum dentinin bakteriyel infiltrasyona karşı koruyucu bir bariyer oluşturduğunu

gösterir. Ancak bakteriler açık dentin tübüllerine ulaştığında, pulpa hızlıca enfekte olabilir (20). Bakteriler genellikle mine veya sementin bütünlüğünün bozulmasıyla dentin tübüllerine ulaşır. Bakteriyel ürünler tübüller aracılığıyla pulpaya ilerler ve pulpa-dentin kompleksinde enflamasyon oluşur, bu da tersiyer dentin üretimini tetikler (21). Dentinin inorganik yapısı hidroksiapatit, organik matrisi ise tip I kollajen ve dentin sialoproteini ile dentin matriks proteini-1'den oluşur (22-24). Ayrıca, dentin matriksinde inaktif formda bulunan TGF- β 1, FGF-2, VEGF ve PDGF gibi sinyal molekülleri, dentinin demineralizasyonu esnasında serbest kalır ve odontoblastları uyarır (25, 26). Ayrıca, reseptörleri sayesinde odontoblastlar zararlı sıcaklık, soğukluk, kimyasal ve mekanik uyarılara tepki verir. Uyarı sonucu, odontoblastlar tersiyer dentin sentezleyerek tübüllerin bakterilere karşı geçirgenliğini azaltır ve pulpayı korur (27). Ancak, şiddetli çürük durumlarında bu savunma mekanizması yetersiz kalabilir, bakteriler yeni oluşan dentini aşarak pulpaya ulaşır ve enflamatuvar reaksiyona yol açabilir (20).

4.2. Çürük Lezyonun Dinamiği

Diş çürükleri, ağızda bulunan asit üreten bakterilerin diş yüzeyindeki mineralleri çözmesiyle ortaya çıkar. Bu süreç, mikroorganizmaların etkisi, tükürük bileşimi ve diş minerallerinin demineralizasyon-remineralizasyon dengesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Farklı disiplinlerin katkılarıyla bu mekanizmalar artık daha iyi anlaşılmaktadır ve çürük oluşumunu önleme stratejileri geliştirilmektedir (8).

Çürükler, dental plaktaki bakterilerin oluşturduğu biyofilmde başlar. Tükürüğün organik bileşenleri, diş yüzeyinde pelikül denilen ince bir tabaka oluşturur. Bu pelikül, bakterilerin tutunmasına ve zamanla kalınlaşan biyofilm tabakasının oluşmasına zemin hazırlar (9). Özellikle dişlerin temizlenmesi zor olan oklüzal yüzeyleri veya diş etine yakın alanlarında, biyofilm olgunlaşarak pH dalgalanmalarına neden olur. Bu dalgalanmalar, diş yüzeyinde remineralizasyon ve demineralizasyon süreçlerini tetikler (19).

Karyojenik bakteriler, diyetle alınan karbonhidratları aside dönüştürerek diş yüzeyine zarar vermeye başlar. Asidik ortam, diş minesinde bulunan kristal yapıları

4.4. Kavitasjonsuz Çürük Lezyonlarının Tespitinde Kullanılan Geleneksel Yöntemler

4.4.1. Görsel-dokunsal muayene

Görsel-dokunsal muayene, çürüklerin yüzey özellikleri, derinliği ve aktivite durumunun değerlendirilmesini sağlayan önemli bir klinik yöntemdir. Çürüğün kavitasyon ve aktivite durumuna göre sınıflandırılması, teşhis sürecinin doğruluğunu artırarak uygun tedavi planlarının oluşturulmasına katkıda bulunur (32, 33).

Kavitasyonlu çürükler, gözle görülür bir yapısal bozulmanın olduğu, genellikle ilerlemiş lezyonlardır. Bu tür çürüklerin tedavisinde genellikle restoratif yaklaşımlar gereklidir (32, 33). Kavitasjonsuz lezyonlar ise yapısal bütünlüğünü koruyan, sadece yüzeysel demineralizasyonun gözleendiği başlangıç çürükleridir. Bu lezyonlar uygun müdahalelerle remineralize edilebilir (34).

Aktif çürükler, demineralizasyon sürecinin devam ettiği ve ilerleme riski yüksek olan lezyonlardır. Kavitasjonsuz aktif mine çürükleri, mat ve pürüzlü bir yüzeye sahiptir. (15, 35). İnaktif, yani durdurulmuş çürükler ise parlak ve sert bir yüzeye sahiptir ve ilerlememektedir (35).

Kavitasjonsuz ve aktif lezyonlar genellikle non-invaziv yaklaşımlarla tedavi edilebilirken, kavitasyonlu ve ilerlemiş çürüklerde restoratif tedavi gerekebilir. Çürüğün aktivite durumunun doğru tespiti, önleyici stratejilerin geliştirilmesini sağlamak açısından önemlidir (35).

Nyvad ve arkadaşları, 1999 yılında çürük lezyonlarının aktivitesinin belirlenebilmesi için hem lezyonun derinliğini hem de yüzey özelliklerini dikkate alan bir sistem geliştirmişlerdir (36). Değerlendirme, iyi aydınlatma altında ve hava kurutması sonrası 0-9 arasında skor verilerek yapılır (36). Bir yüzeyde birden fazla lezyon türü varsa, en şiddetlisi kaydedilir (36). Nyvad sistemi, düşük çürük oranına sahip toplumlarda koruyucu diş hekimliği planlaması ve lezyon aktivitesinin değerlendirilmesi için yararlı bir indeks olarak kabul edilmektedir (36, 37). (Tablo 4.4.1.1)

Tablo 4.4.1.1: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan Nyvad kriterleri

Skor	Özellik	Tanım
0	Sağlam:	Normal translusentlik ve yüzey özellikleri (fissürlerde hafif renklenme olabilir) gösteren mine
1	Aktif Çürük (Yüzey bütünlüğü bozulmamış)	Mine yüzeyi parlaklık kaybı ile birlikte beyazımsı/ sarımsı opak renktedir; sond ile muayenede yüzey pürüzlüdür; genellikle plak ile kaplıdır. Klinik olarak saptanabilir madde kaybı yoktur. Fissür morfolojisinin yapısal bütünlüğü bozulmamıştır; lezyon, fissürün duvarları boyunca uzanır.
2	Aktif çürük (yüzey devamlılığının bozulması)	Skor 1 için belirtilen kriterlere ek olarak, yalnızca minede lokalize yüzey defekti (mikro kavite) mevcuttur. Sond ile muayenede yumuşak çürük dokusu tespit edilmez.
3	Aktif çürük (kavite)	Çıplak gözle görülen mine/dentin kavite; sond ile muayenede yumuşak dentin çürüğü tespit edilir. Çürük pulpayı etkilemiş olabilir.
4	Aktif olmayan çürükler (sağlam yüzey):	Mine beyazımsı, kahverengimsi veya siyahtır. Sond ile muayenede, yüzey parlak, sert ve pürüzsüzdür. Madde kaybı yoktur ve fissürlerin yüzey bütünlüğü bozulmamıştır.
5	Aktif olmayan çürük (yüzey devamlılığının bozulması):	Skor 4 için belirtilen kriterlere ek olarak, yalnızca minede lokalize yüzey defekti (mikrokavite). Sond ile muayenede, yumuşak dentin çürüğü tespit edilmez.
6	Aktif olmayan çürük (kavite)	Mine/ dentinde görsel-dokunsal muayenede sert ve parlak görünümlü olduğu tespit edilen kavite. Çürük pulpayı etkilememiştir.
7	Restorasyonu yapılmış diş (sağlam yüzey)	
8	Restorasyonu yapılmış diş ve aktif çürüklerin bir arada bulunması	Çürük lezyonu kaviteye veya kavitesiz olabilir.
9	Restorasyonu yapılmış diş ve inaktif çürüklerin bir arada bulunması	Çürük lezyonu kaviteye veya kavitesiz olabilir.

ICDAS (Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi), epidemiyolojik ve klinik araştırmalarda, toplum ağız ve diş sağlığı çalışmalarında, klinik pratikte ve diş hekimliği eğitiminde kullanılmak üzere tasarlanmıştır (37). Bu sistem, diş çürüğünü demineralizasyon sonucu oluşan gözle görülür başlangıç aşamasından kaviteye giren aşamaya kadar altı kategoriye göre değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir ve yüzey değişimlerine göre çürüğün derinliğini belirlemeye olanak tanımaktadır (37). 2002 yılında geliştirilen ICDAS kriterlerinde bazı revizyonlar yapılmış ve 2005 yılında ICDAS II olarak sunulmuştur (37). (Tablo 4.4.1.2)

Tablo 4.4.1.2: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan ICDAS-II kriterleri

Skor	Tanım
0	Çürük belirtisi yok
1	Minede gözle görülen ilk değişiklik
2	Minede gözle görülen belirgin değişiklik
3	Gözle görülen lokalize mine yıkımı
4	Dentinden yansıyan karanlık gölge görüntüsü
5	Dentinde gözle görünür belirgin kaviteye giren aşama
6	Dentinde gözle görünür belirgin geniş kaviteye giren aşama

Restorasyon ve fissür örtücülerle ilişkili çürük belirleme kriterleri (CARS, *Restoration and Sealant-associated Caries*), restorasyon veya fissür örtücülere bitişik bölgelerde çürük gelişimini değerlendirmek için kullanılan bir sistemdir (37). Bu yöntem, hem çürüklerin erken tespitini hem de ilerleme seviyesini belirlemeyi amaçlar. Çürüğün varlığı, kaviteye giren aşama, mine kaybı ve dentin katılımı gibi faktörler bu kriterlerle değerlendirilir.

CARS sistemi, restorasyon veya örtücü çevresindeki çürüklerin erken teşhisini sağlayarak, bu bölgelerde oluşan sekonder çürüklerin önlenmesinde büyük önem taşır. Ayrıca, bu değerlendirmeler bireysel tedavi planlamasında klinik kararlara rehberlik eder (37). (Tablo 4.4.1.3)

Tablo 4.4.1.3: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan CARS kriterleri

Skor	Tanım
0	Restorasyon veya örtücü sınırına bitişik sağlam diş yüzeyi gözlenir. Çürük belirtisi olmamalıdır.
1	Diş nemliken herhangi bir renk değişikliği fark edilmez. Ancak hava ile kurutulduktan sonra yüzeyde demineralizasyona bağlı opasite veya renk değişikliği ortaya çıkar.
2	Diş yüzeyi ıslak şekilde gözlenmelidir. Restorasyon sınırı minede ise ıslakken demineralizasyona bağlı opasite veya sağlam mineye benzemeyen bir renklenme görülür. Eğer sınır dentindeyse, sağlam dentin görünümü olmayan renklenme tespit edilir.
3	Restorasyon veya örtücü sınırında kavite oluşumu 0,5 mm'den azdır. Demineralizasyona bağlı opasite veya renklenme ile karakterizedir.
4	Dentinin açığa çıkmadığı lokalize mine kaybı veya bütünlüğü bozulmamış mine sınırı boyunca dentinden yansıyan gölge gözlemlenir. Bu gölge genellikle gri, mavi, turuncu veya kahverengi tonlarında olup ıslakken daha belirgindir.
5	Kod 4'te belirtilen çürük bulgularına ek olarak, ara yüzde dentinin çıplak gözle görüldüğü restorasyon/örtücüye bitişik belirgin kavite bulunur. Kavitenin genişliği 0,5 mm'den fazladır.
6	Diş dokusunda belirgin madde kaybı mevcuttur. Kavite geniş, derin olabilir ve dentin hem duvarlarda hem de tabanda açıkça gözlemlenir.

Çürük Değerlendirme Spektrumu ve Tedavisi (CAST, *Caries Assessment Spectrum and Treatment*) , erken mine lezyonlarından başlayarak pulpa hasarı, abse ve diş kaybını içeren ileri aşamalara kadar diş çürüklerinin tüm ilerleyişini değerlendirmek amacıyla epidemiyolojik araştırmalarda kullanılmak üzere tasarlanmış görsel-dokunsal muayeneye dayanan kapsamlı bir sistemdir. Bu sistem, ICDAS II, PUFA (Pulpa ile ilişkili çürük, ülserasyon, fistül, abse) ve DMFT (çürük, eksik, dolgulu dişler) indekslerinin özelliklerini bir araya getirerek erken ve ileri çürük evrelerini tek bir bütünlüklü puanlama sistemi içinde değerlendirir. CAST skorlaması, dişleri sağlam, fissür örtücü uygulanmış, restore edilmiş ya da mine, dentin ve pulpayı etkileyen lezyonlara göre kategorize eder ve lezyonların şiddetini yansıtır. ICDAS II'nin erken lezyonlara odaklanmasının ve PUFA'nın ileri aşamalara vurgu yapmasının aksine, CAST, halk sağlığı uygulamaları için çürüklerin daha geniş bir

popölasyon düzeyinde görüntüsünü sunar ve karşılaştırılabilirlik için DMFT skorlarına çevrilebilmesini sağlar. Halk sağlığı ile ilgili planlamalar için etkili bir değerlendirme aracı olarak kullanılabilir (38). (Tablo 4.4.1.4)

Tablo 4.4.1.4: Görsel-dokunsal muayenede kullanılan CAST kriterleri

Özellik	Kod	Tanım
Sağlam	0	Belirgin bir çürük lezyonu yoktur.
Fissür Örtücü	1	Pit ve/veya fissürler, en azından kısmen fissür örtücü bir materyalle örtülmüştür.
Restorasyon	2	Kavite, direkt veya indirekt olarak restore edilmiştir.
Mine	3	Yalnızca minede belirgin bir görsel değişiklik vardır. Çürüğe bağlı renk değişikliği ile birlikte lokalize mine kaybı olabilir ya da olmayabilir.
Dentin	4	Dentinde internal çürükle ilişkili renk değişikliği vardır. Renklenmiş dentin, mine boyunca görülebilir ve bununla birlikte, lokalize mine kaybı olabilir ya da olmayabilir.
	5	Dentindeki belirgin bir kavite vardır. Pulpa odası sağlamdır.
Pulpa	6	Pulpa odasına ulaşan belirgin kavitasyon veya yalnızca kök kalıntıları görülür.
Abse/Fistül	7	Abse ya da fistül vardır.
Eksik	8	Diş çürüğe bağlı olarak çekilmiştir
Diğer	9	Yukarıdaki açıklamalardan herhangi birine uymamaktadır.

Görsel ve dokunsal muayenelerde, lezyonların renk değişikliği, marjinal renklenme veya minimal invaziv teknikler sonrasında kalan küçük çürük lezyonları gibi durumların birbirine karışabilmesi, klinisyenlerin doğru teşhis koymasını zorlaştırır (6, 7, 36).

4.4.2. Radyografik muayene

Periapikal ve bite-wing radyografiler, diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan önemli teşhis araçlarıdır. Özellikle interproksimal çürüklerin tespitinde bite-wing radyografilerin kullanılması önerilir (39, 40). ICCMS skor sistemi Tablo 4.4.2'de verilmiştir.

Teknolojideki gelişmelerle birlikte dijital radyografiler giderek daha fazla tercih edilmektedir. Ancak, erken çürük tespitinde dijital radyografilerin sensitivitesi yeterli seviyede olmayabilir. Radyografinin kalitesi ve teşhis doğruluğu; dedektörün konumu, kV, mA değerleri ve ortam aydınlatması gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, radyografilerin etkinliğini artırmak için bu değişkenlerin optimize edilmesi büyük önem taşımaktadır (41).

Tablo 4.4.2.1: ICCMS skortlama sistemi

Skor	Açıklama
0	Radyolüsensi yok
1	Minenin dış 1/2'sinde radyolüsensi
2	Minenin iç 1/2'sinde mine-dentin sınırına ulaşan radyolüsensi
3	Dentinin dış 1/3'ü ile sınırlı radyolüsensi
4	Dentinin orta 1/3'üne ulaşan radyolüsensi
5	Dentinin iç 1/3'ünde radyolüsensi
6	Radyolüsensi pulpa ulaşır, klinik olarak kaviteasyon gözlenir

4.5. Kaviteasyonsuz Çürük Lezyonlarının Tespitinde Kullanılan İleri Teşhis Yöntemleri

Lezyonun derinliği, mineral içeriği ve aktivitesi hakkında kantitatif veriler sağlayan yöntemler, çürüklerin objektif değerlendirilmesine olanak tanır. Özellikle çürük riski yüksek bireylerde, çürüklerin erken tespiti, çürüklerin ilerlemesinin önlenmesinde önemli bir rol oynar (8). Demineralize lezyonların gözle muayenesi esnasında sondun sivri ucunun yanlış şekilde kullanılması, yüzeyel tabakanın bozulmasına ve çürüğün ilerlemesine neden olabilir. Bu nedenle, doğru muayene tekniklerinin uygulanması, çürüklerin erken tespiti ve ilerlemelerinin önlenmesi açısından önemlidir (8, 31, 42). Çürüklerin non-invaziv şekilde tespit edilip derecelendirilebilmesine yarayan yöntemler (Tablo 4.5.1), sondun yanlış kullanımından kaynaklanan olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasını sağlayabilir. Bu yöntemlerin büyük bir bölümü, elektromanyetik spektrumda yer alan belirli bir dalga boyundaki ışık enerjisinin dişe uygulanması ve ardından dişten yayılan ışığın gözlemlenmesi esasına dayanır (42).

Işığın dişin sert dokusu ile etkileşimi yansıma, saçılma, transmisyon, absorpsiyon ve floresans olmak üzere beş şekilde meydana gelir (42). Işık

transmisyonu, floresans, elektriksel iletkenlik ve ultrason gibi prensiplere dayanan kantitatif yöntemler, dişin fizikokimyasal özelliklerindeki değişimlerin tespit edilip derecelendirilmesi esasına dayanan non-invaziv yöntemlerdir (42, 43). Çürük lezyonlarının ilerleme ya da gerilemesinin kantitatif olarak derecelendirilmesi, erken müdahale ve önleyici stratejilerin belirlenmesi ya da uygulanan tedavilerin etkinliğinin değerlendirilmesini sağlayabilir (44). Çürük tespit yöntemlerinin performansları, validite ve güvenilirliklerine göre değerlendirilir.

Sensitivite, çürük bulunan yüzeylerin doğru şekilde tespit edilme oranını gösterir ve kullanılan yöntemin gerçek pozitifleri belirleme yeteneğini ifade eder. Yanlış negatifler ise, çürük var olduğu halde kullanılan yöntemin bunu tespit edemediği durumlardır (45).

Spesifisite, sağlam yüzeyleri doğru tanımlama kapasitesini yansıtır ve kullanılan yöntemin gerçek negatifleri belirlemedeki performansını gösterir. Yanlış pozitif durumları ise, sağlam yüzeylerin yanlışlıkla çürük olarak tanımlanmasını ifade eder (45).

Validite, kullanılan yöntemin, "gerçek" durumu veya standart bir referansı ne kadar doğru yansıttığını gösterir; yani, elde edilen sonuçların gerçeğe ne kadar yakın olduğunu belirler (46).

Güvenilirlik, ya da tekrarlanabilirlik, bir yöntemin tutarlılığını, yani aynı koşullarda tekrarlandığında benzer sonuçlar elde edilip edilmediği hakkında bilgi verir. Bir başka ifade ile farklı zamanlarda ya da farklı klinisyenler tarafından yapılan değerlendirmelerin uyumlu olup olmadığını gösterir (46).

Çürük tespitinin doğruluğu ve etkinliği için kullanılan yöntemin hem yüksek sensitivite hem de yüksek spesifisiteye sahip olması büyük önem taşır. Yüksek sensitivite, yöntemin, çürüğün var olduğu yüzeyleri doğru bir şekilde tespit edebilme performansını ifade ederken, yüksek spesifite sağlam yüzeylerin yanlış bir şekilde çürük olarak nitelendirilmediğini ifade eder. Yüksek sensitivite ve spesifite değerlerine sahip bir yöntemin doğru teşhis performansı yüksektir (45, 46).

Tablo 4.5.1: Çürük tespitinde kullanılan yöntemler ve cihazlar

Çürük Tespitinde Kullanılan Yöntemler	Cihaz(lar)	Marka(lar)	Menşei Ülke
Işık Transmisyonu	DIFOTI	Çeşitli markalar	-
	DIAGNOcam	KaVo Dental GmbH	Almanya
Floresans	DIAGNOdent	KaVo Dental GmbH	Almanya
	VistaProof, VistaCam	Dürr Dental SE	Almanya
	Inspektor, QLF-D biluminator	Inspektor Research Systems BV	Hollanda
	QrayCam	AIOBIO	Güney Kore
Elektriksel İletkenlik	ECM, CarieScan	CarieScan PRO	Birleşik Krallık
Ultrason	Nova Scope 4500	NDT Systems Inc.	ABD
Optik Koherens Tomografi (OCT)	OCT	Çeşitli markalar	-
Mikro Bilgisayarlı Tomografi	Mikro-BT	Bruker	Almanya
Polarize Raman Spektroskopisi (PRS)	PRS cihazları	Çeşitli markalar	-
Ağız İçi ve Ağız Dışı Tarayıcılar	iTero Element 5D	Align Technology	ABD
	Primescan, Ineos X5	Dentsply Sirona	Almanya
	Trios 4	3Shape	Danimarka
Isı ve Floresans (PTR-LUM)	Canary	Quantum Dental Technologies	Kanada

4.5.1. Işıık transmisyonu

4.5.1.1. DIFOTI

Dijital fiber optik transilluminasyon (DIFOTI), 430-650 nm dalga boyları aralığındaki görünür ışıık kullanarak diş dokularındaki çürüklerin tespitini sağlayan, bir optik görüntüleme yöntemidir. FOTI'den farklı olarak, DIFOTI dijital kayıt imkanı sunar ve bu özellik, lezyonların zaman içerisindeki değişimlerinin gözlemlenmesine olanak tanır (47). Bu yöntem, çürük dokunun sağlam diş dokusuna göre ışıığı daha az geçiriyor olması prensibine dayanır. Bu sayede çürükler koyu lekeler olarak tespit edilebilir. DIFOTI'nin oklüzal ve proksimal yüzeylerde geleneksel radyografilere kıyasla daha erken tanı sağladığı, ancak, derin lezyonlarda radyografilerin daha yüksek doğruluk sunduğı görülmüştür (47).

4.5.1.2. DIAGNOcam

Fiber optik transilluminasyon sisteminin bir kamera ile birleştirildiğı DIAGNOcam (Kavo Dental, Lake Zurich, IL, USA), basit transilluminasyon prensibi ile çalışan ve kızılötesine yakın (near infrared) 780 nm dalga boyunda uyarıcı ışıık kullanan bir sistemdir (42, 48). Oklüzal ve proksimal yüzeylerden yüksek netlikte görüntü alınmasına olanak sunması açısından, hastalara erken çürük lezyonlarının gösterilmesini ve koruyucu tedaviler için motivasyonlarını arttırmayı sağlayabilir (42). Ancak, derin lezyonların tespitinde sensitivite ve spesifisite açısından bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Özellikle, dişin opasitesine bağılı olarak görüntü netliğı değişebilir ve bu durum tespit doğruluğunu etkileyebilir. DIAGNOcam, özellikle yüzeyel veya erken çürüklerin tespitinde önemli bir alternatif oluşturur (42, 48).

4.5.2. Floresans

Floresans yöntemi, belirli dalga boyundaki ışıığın diş yapılarıyla etkileşimine dayanır ve sağlıklı dokular ile çürük dokuları ayırt etmeyi sağlar (49). Sağlıklı diş yapılarındaki floroforlar, ışıığa maruz kaldıklarında floresans yayar. Ancak çürük lezyonlarındaki demineralizasyon ve bakteriyel aktivite, floresans özelliklerinin değişmesine sebep olur (50). Stübel'in 1911'de dişlerin doğal floresans özelliklerini

keşfetmesi ve Benedict'in 1920'lerde mine ile dentin arasındaki floresans farklarını gözlemleyerek (44), çürük mine bölgelerindeki floresans kaybını tespit edebilmesi, bu teknolojinin tarihsel temelini oluşturmuştur (51, 52).

ICDAS gibi görsel değerlendirme sistemleriyle birlikte kullanıldıklarında, floresans cihazları çürük teşhisinde doğruluğu artırmakta ve intraoral tarayıcılarla entegrasyonu kolaylaştırmaktadır (53, 54). Günümüzde floresans yöntemini kullanan cihazlar, klinik iş akışlarını kolaylaştırırken bu cihazların güvenilirlik ve geçerliliğini araştıran daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (55-57).

4.5.2.1. DIAGNOdent

Hibst ve arkadaşları, 1999 yılında yaptığı çalışmalar sonucunda, ilk lazer floresans cihazı DIAGNOdent (2095, Kavo, Biberach, Almanya) tanıtılmıştır. Bu cihaz, 655 nm dalga boyunda ışık yayan In:Ga (İndiyum Galliyum Arsenit Fosfit) diyot lazer teknolojisi ile erken çürük tespiti için geliştirilmiştir. Lazer floresans teknolojisi sayesinde, diş dokusundaki erken lezyonlar algılanmakta ve kantitatif veriler sağlanmaktadır. Bu sayede, invaziv müdahalelere gerek kalmadan erken koruyucu tedavi olanağı sunulmaktadır (58).

2005 yılında geliştirilen DIAGNOdent Pen (2190, Kavo, Biberach, Almanya), taşınabilir bir el aleti olarak tasarlanmıştır ve özellikle oklüzal yüzeylerde kullanım kolaylığı sağlamaktadır (58). Araştırmalar, DIAGNOdent'in ve DIAGNOdent Pen'in özellikle kavitasyonsuz çürüklerin tespitinde yüksek sensitivite gösterdiğini, ancak derin lezyonlarda sınırlı spesifisiteye sahip olduğunu göstermektedir (58, 59) .

ICDAS ve VistaCam gibi diğer çürük tespit yöntemleri ile karşılaştırıldığında, DIAGNOdent, erken mine lezyonları için yüksek sensitivite sunmakta, fakat derin dentin lezyonlarının tanısında görsel veya radyografik yöntemlerle birleştirilmesinin avantaj sağlayabileceği ifade edilmektedir (44, 58, 59).

Son yıllarda, DIAGNOdent'in etkinliğini artırmak amacıyla diğer floresans temelli cihazlarla birlikte kullanımı ve cihazın spesifisite ile sensitivitesinin artırılması için fotosensitizerler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu ilerlemeler, klinik

uygulamalarda erken tanının faydalarını artırırken, lezyon derinliğini ayırt etme zorluklarını azaltma potansiyeli sunmaktadır (59-61).

4.5.2.2. VistaProof

2007 yılında diş hekimlerinin kullanımına sunulan Vistaproof (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya), takılabilir ve çıkarılabilir başlıkların kullanıldığı bir ağız içi kamera sistemidir. VistaProof, sistemin çürük tespiti için kullanılan başlığıdır. VistaProof sisteminde, altı adet GaN-LED ışık kaynağından sağlanan mor ışık (405 nm) dişe uygulanır ve yansıyan ışık görüntü olarak yakalanarak bilgisayar programı yardımıyla analiz edilir (42, 62). VistaProof tamamen floresans tabanlı bir sistemdir ve NIR veya NILR gibi yakın kızılötesi teknolojileri içermez.

Bilgisayar programı, görüntünün yeşil ve kırmızı komponentlerini 0-3 arasında derecelendirir. Bu derecelendirme sistemi, diş yüzeyindeki değişiklikleri ve çürük lezyonlarını değerlendirmek için kullanılır. Bu sayede çürüklerin varlığını ve şiddetini objektif ve doğru bir şekilde belirlemeye yardımcı olur (42).

4.5.2.3. VistaCam

VistaCam iX kamera sistemi, VistaProof'un gelişmiş bir versiyonu olup, 2011 yılından itibaren aynı firma (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya), tarafından sunulmaktadır (62). VistaCam iX HD, floresans ile yakın kızılötesi ışık yansıması (NILR-*near-infrared light reflection*) teknolojisine dayanan bir cihazdır (63). Cihaz, ek değiştirilebilir başlıklarla çalışır. 405 nm dalga boyunda ışık kullanılarak floresans ölçümleri yapabilir veya beyaz ışık kullanarak geleneksel bir ağız içi kamera olarak kullanılabilir. VistaCam iX HD'nin Proxi değiştirilebilir başlığı, arka dişlerde proksimal çürüklerin tespiti için geliştirilmiştir ve pozisyonlama tutacağı ile otomatik odaklama sistemine sahip bir tamamlayıcı metal oksit yarı iletken (CMOS) sensörle donatılmıştır. Sensör, iki 850 nm kızılötesi ışık yayan diyotun arasına monte edilmiştir. Sağlam ve çürük dokudan geri yansıyan ışık sensör tarafından yakalanır ve elde edilen dijital görüntüler, ayrı bir monitörde VistaSoft yazılımı (Dürr Dental) kullanılarak değerlendirilir (63).

Çürük lezyonlarından ve dentin tarafından yansıyan ışık parlak alanlar olarak görünürken, sağlam mine karanlık olarak görünür (63).

VistaCam serisi, 2011'de tanıtılan VistaCam iX ile çürük tespiti ve hasta iletişimde standart belirlemiş, 2016'da piyasaya sürülen VistaCam iX HD ile görüntü kalitesini ve derinlik alanını artırmış ve 2021'de tanıtılan VistaCam iX HD Smart ile video kaydı ve değiştirilebilir başlık sistemi gibi gelişmiş özellikler sunmuştur. Yapılan çalışmalar, NILR teknolojisinin özellikle erken dönem çürüklerin tespitinde geleneksel radyografik yöntemlere kıyasla üstün olduğunu göstermektedir (63-65).

4.5.2.4. QLF

Demineralizasyon sonucunda dişin otofloresansında azalma gözlemlenmektedir. Bu durum, lezyon içine giren fotonların saçılması ve absorbe edilememesi ile ilişkilidir. Quantitative Light-Induced Fluorescence (QLF) cihazı, uygulanan ışığın demineralize alanlarda absorpsiyonunun azalmasına bağlı olarak floresansın azalmasını tespit eder ve bu alanlar siyah olarak görüntülenir.

Elde edilen lezyon görüntüleri bilgisayara aktarılır ve özel yazılım aracılığıyla analiz edilerek sağlam mineye kıyasla demineralize alandaki floresans değişiminin yüzdesi hesaplanır. Bu ölçümler, kaybedilen mineral miktarının belirlenmesine olanak tanımaktadır (43).

4.5.2.4.1. Inspektor

Birinci nesil Quantitative Light-Induced Fluorescence (QLF) sistemi olan Inspektor Pro, 2004 yılında tanıtılmıştır. Bu sistem, 404 nm tepe dalga boyuna sahip bir ışık kaynağı ile çalışmakta olup, ışığın tam genişliği 22 nm'dir. Sistem, bir mikro-CCD kamera ve >520 nm yüksek geçiş filtresi ile donatılmıştır (14).

Inspektor sistemi, 290-450 nm dalga boyunda çalışan bir ksenon ark lambası kullanmaktadır. Cihaz, ağız içi kamerayla entegre edilmiş bir kontrol kutusu (Comet, Matrox, Electronic Systems, Ltd., Quebec, Canada) ve QLF versiyon 2.00

yazılımından oluşmaktadır. Bu özellikler, diş yüzeyindeki demineralizasyonu görüntülemeyi ve kantitatif veriler elde etmeyi sağlar (14).

4.5.2.4.2. QLF-D biluminator

İkinci nesil QLF sistemi olan Digital Biluminator 2+ (QLF-D), 2012 yılında tanıtılmıştır. Bu sistem, bir tek lensli refleks (SLR) kamera ile donatılmış olup, 405 nm tepe dalga boyuna sahip mor-mavi ışık LED'leriyle çalışmaktadır. LED ışıkların tam genişliği 15 nm olup, cihaz aynı zamanda beyaz ışık LED'leri, >480 nm yüksek geçiş filtresi ve 630-640 nm bandını vurgulayan pembe bir filtreye sahiptir (14).

QLF-D sistemi, floresans kaybı ve kırmızı floresans ölçümleri ile yalnızca çürüğün varlığını değil, aynı zamanda lezyon aktivitesini de ortaya koymaktadır (14).

4.5.2.4.3. QrayCam

QrayCam (AIOBIO, Seul, Güney Kore), 2018 yılında tanıtılan üçüncü nesil bir QLF cihazıdır. Cihaz, yüksek yoğunluklu LED ışık kaynakları ile donatılmış olup, demineralize alanları uyarmakta ve erken çürük lezyonlarının tespitine olanak tanımaktadır. Yüksek çözünürlüklü floresans görüntüler, CCD kamera ile yakalanmakta ve ağız içi dokuların detaylı bir şekilde görüntü kaydının alınmasını sağlamaktadır (14).

Cihazın en dikkat çekici yeniliklerinden biri, lens ve görüntü sensörü arasına yerleştirilen Inspektor cam filtresidir. Bu filtre, görüntü kontrastını artırarak arka plan ışığını ve görüntüdeki gürültüyü (*noise*) engeller. Bu özellik, diş yüzeylerindeki demineralize bölgelerin daha net bir şekilde görünmesini sağlar (13, 14). Ayrıca, cihazda bulunan CMOS görüntü sensörü (FHD 1080p), yüksek çözünürlüklü görüntüleme ve geniş bir görüş alanı sunmaktadır. Geniş görüş alanı sayesinde, tek bir görüntüde daha fazla bilgi toplanabilir (13).

4.5.3. Elektriksel iletkenlik

4.5.3.1. CarieScan

CarieScan (CarieScan Ltd., Dundee, İskoçya), alternatif akım empedans spektroskopisi teknolojisini kullanan ileri bir diş çürüğü tespit sistemidir. Bu teknoloji, diş dokularının elektriksel özelliklerini analiz ederek, belirli bir frekans ve genlikteki akımın dalga formundaki değişimlerini ölçer. Ölçülen bu değişimlerle empedans hesaplanır ve sağlıklı dokular ile demineralize dokular arasındaki fark ortaya koyulur (42, 66).

Kablosuz bir cihaz olan CarieScan, verileri özel bir veritabanında saklama imkanı sunar. Cihazın yazılımı, elde edilen verileri hem diş hekimleri hem de hastalar için erişilebilir hale getirir (66, 67).

4.5.3.2. ECM

Electrical Caries Monitor (ECM) sistemi (Lode Diagnostics, Hollanda), diş dokularındaki porozitenin artışıyla elektriksel iletkenliğin de arttığı prensibine dayanmaktadır. Diş yüzeyi kurutulduktan sonra uygulanan ECM, sağlıklı dokuların çürük dokularına kıyasla daha yüksek elektriksel direnç gösterdiğini tespit ederek, dişteki mineral kaybını ölçer (43, 68).

4.5.4. Ultrason

Ultrason, tanım olarak, insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekansta (20 kHz ve üzeri) ses dalgalarıdır. Yapılan çalışmalar, yüksek frekanstaki pulse-echo ultrason dalgaları ve yüzey dalgalarının, mine demineralizasyonu ve mine çatlaklarının tespiti için kullanılabildiğini göstermiştir (69-71). Ultrason, diş hekimliğinde çürüklerin ve yüzeysel lezyonların erken tespiti için potansiyel bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca yüzey altındaki lezyonların belirlenmesinde de etkili olabileceği bildirilmiştir. Bu özellik, çürük tespitinin doğruluğunu artırarak diş sağlığını koruma stratejilerini geliştirebilir (69).

Az sayıdaki çalışmada, bu teknoloji kullanılarak mine demineralizasyonunun ve çürüklerin tespiti başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (70). Bu çalışmalarda, dental amaçla üretilmemiş bir ultrason cihazının (Nova Scope 4500; NTD, Waltham, MA) çürük tespitinde kullanılma potansiyeli test edilmiştir. Sistemin kalibrasyonu, önce titanyum kalibrasyon blokları (CT33 92 S7N 96–027, Nova Scope 4500) ile, ardından 1 mm kalınlığında bir mine bloğu ile yapılmıştır. Transdüser, diş yüzeylerine dik olarak yönlendirilmiş ve bağlayıcı olarak parafin yağı kullanılmıştır. Ekranda tanınabilir bir eko sinyali ile doğru dalga formu ve kalınlık değeri belirlenmiştir (71). Ultrason teknolojisi, doğal çürük lezyonlarının tespitinde histolojik değerlendirmelerle karşılaştırıldığında 0,86 sensitivite ve 0,84 spesifisite gibi yüksek doğruluk oranları göstermiştir. Bu yöntemin güvenilirliğini ortaya koymaktadır. DIAGNOdent sistemi ile karşılaştırıldığında, ultrason cihazı özellikle derin çürük lezyonlarının tespitinde daha yüksek performans sergilemiştir (71).

4.5.5. Optik koherens tomografi (OCT)

Optik Koherens Tomografi (OCT), biyolojik dokuların kesitsel görüntülerini yüksek çözünürlükte (1-15 mikron) elde eden bir teknolojidir. Bu sistem, kızılötesi ışık kullanarak dokulara gönderilen ışığın geri yansıma süresini ve şiddetini ölçer. OCT, diş hekimliğinde özellikle çürük, çatlak ve diğer patolojik durumların erken teşhisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Diş yüzeyindeki ve altındaki lezyonları yüksek çözünürlükte tespit ederek erken müdahale için olanak tanır (72).

OCT'nin gelişmiş bir versiyonu olan Polarizasyon Duyarlı OCT (PS-OCT), çürük lezyonlarında ışığın geri saçılması ve depolarizasyonunu ölçerek daha detaylı inceleme imkanı sunar. Bu yöntem, çürüklerin erken teşhisinde ve derecelendirilmesinde etkili olup yüksek sensitivite sağlamaktadır (72).

4.5.6. Mikro bilgisayarlı tomografi

Mikro bilgisayarlı tomografi, X-ışınları kullanılarak dişin kesitsel görüntülerinin oluşturulmasıyla dijital ortamda üç boyutlu modelleme imkanı sunan bir yöntemdir. Görüntülerin süperpoze olması problemini ortadan kaldırması ve çürüklerin yerini ve genişliğini doğru bir şekilde tespit edebilmesi nedeniyle araştırmalarda etkin bir

şekilde kullanılmaktadır. Ancak, yüksek maliyeti, uzun tarama süresi ve yüksek radyasyon dozu gibi dezavantajları nedeniyle rutin klinik muayenelerde kullanımı uygun değildir. Bununla birlikte, üç boyutlu görüntülerin rekonstrüksiyonu ve yüksek görüntü kalitesi ile diş yapılarının detaylı incelenmesine olanak sağlar (73).

4.5.7. Polarize raman spektroskopisi

Polarize raman spektroskopisi (PRS), diş çürüklerinin biyokimyasal ve moleküler yapısını girişimsel olmayan bir yöntemle incelemek için kullanılan ileri bir teknolojidir. PRS, lazer ışığı ile saçılan fotonlar arasındaki enerji farkını ölçerek, ‘Raman Etkisi’ olarak bilinen moleküler titreşim enerjisini analiz eder. Bu teknoloji, sağlıklı ve demineralize mine dokusu arasındaki mineral yapı farklılıklarını ayırt edebilir ve beyaz lezyonların moleküler değişimlerinin izlenmesiyle çürüğün erken teşhisini sağlar (74).

Mine dokusundaki prizmalar belirli bir düzenle hizalanmıştır; ancak çürük aktivitesi bu düzeni bozarak PRS ile elde edilen spektral profilde değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler, sağlıklı ve çürük dokular arasındaki ayrımı yapmayı kolaylaştırır. Bu yöntem, beyaz lezyonların incelenmesi ve çürüğün biyokimyasal ilerleyişinin takip edilmesi için önemli bir araçtır (74).

4.5.8. Ağız içi ve ağız dışı tarayıcılar

Ağız içi (intra-oral) ve ağız dışı (ekstra-oral) tarayıcılar, diş hekimliği alanında dijital modelleme ve analiz için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ağız dışı bir tarayıcı olan Ineos X5, optik üçgenleme yöntemiyle mavi yapılandırılmış ışık projeksiyonu kullanarak çoklu görüntü alımı sağlayan bir cihazdır (75). Ağız içi tarayıcıların çürük tespitinde de kullanılabileceğini gösteren güncel çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle floresans tabanlı teknolojilerle çalışan bazı modeller, sağlıklı dokuyu yeşil, demineralize alanları ise karanlık olarak gösterebilme kapasitesine sahiptir (75, 76). Ağız içi tarayıcılar, çürük tespiti için yenilikçi bir dijital araç olarak, özellikle yakın kızılötesi (NIR) görüntüleme ve bazı modellerde floresans teknolojisi kullanımlarıyla dikkat çekmektedir (75, 76). Bir narratif derlemeye göre (76), ağız içi tarayıcılar, bite-wing radyografi ile karşılaştırıldığında özellikle, başlangıç çürük lezyonlarının

tespitinde daha iyi performans göstermiştir (76). Ancak, araştırmacılar bu çalışmanın sonuçlarının daha çok in vitro çalışmalara dayandığına dikkat çekmişler ve ağız içi tarayıcıların klinik uygulamalardaki geçerliliği ve güvenilirliği araştıran daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (76).

4.5.9. Isı ve floresans (PTR-LUM)

4.5.9.1. Canary

Canary Sistemi (Quantum Dental Technologies Inc., Ontario, Kanada), fototermal radyometri (PTR) ve lüminesans (LUM) teknolojilerini birleştiren bir çürük tespit cihazıdır. Bu sistem, 2011 yılında Kanada ve Avrupa'da, 2013 yılında ise Amerika'da piyasaya sürülmüştür. Canary, fototermal radyometriyle diş dokusundaki ısı değişimlerini ölçerken, lüminesans teknolojisiyle dişin optik özelliklerini analiz eder. Bu iki teknolojinin kombinasyonu, çürüklerin ve diğer diş lezyonlarının hassas ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesini sağlar (39).

Fototermal radyometri (PTR), düşük yoğunluklu lazer ışığının diş dokusu tarafından emilmesi ve bu enerjinin ısıya dönüştürülmesi prensibine dayanır. Enerji dönüşümüyle oluşan ısı dalgaları, dokunun derinliklerine yayılarak yapısal değişikliklerin tespit edilmesine olanak tanır. PTR'nin yüksek penetrasyon kapasitesi, özellikle dişin iç yapısındaki değişikliklerin hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Bu yöntem, çürüklerin yanı sıra diğer lezyonlar hakkında da detaylı bilgi sunar (39, 56).

Canary, dalga boyu 660 nm ve frekansı 2 Hz olan düşük atımlı bir diyot lazer kullanır. Lazer ışığının dişe uygulanmasının ardından, ısı (1°C'nin altında) ve lüminesans oluşur. Çürük dokuda PTR sinyali artarken, lüminesans azalır. Bu sistemin, 50 mikron kadar küçük ve 5 mm kadar derin lezyonları tespit edebildiği, ayrıca dişin kristal yapısının durumunu değerlendirebildiği belirtilmektedir. Bu özellikler sayesinde, Canary diş dokusundaki minimal değişiklikleri ve derin yapısal bozuklukları hassas bir şekilde analiz etme imkanı sunar (39).

5.MATERYAL VE METOT

5.1. Çalışma Tasarımı

Bu çalışma, Helsinki Bildirgesi'nin ilkelerine ve Epidemiyolojide Gözlemsel Çalışmaların Raporlanması Güçlendirilmesi (STROBE) yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. Kesitsel klinik araştırma olarak yürütülen bu çalışmaya bireylerin davet edilmesinden önce, İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alındı (Protokol Numarası: E-10840098-772.02-2132, 23/03/2023), Çalışmaya dahil edilmeyi kabul eden gönüllülere, çalışmanın amacı ve çürük tespitinde kullanılacak yöntemler detaylıca anlatıldı. Daha sonra yazılı bilgilendirilmiş onam formunu okumaları ve imzalamaları istendi.

Standardizasyon amacıyla, çalışmaya dahil edilen çürük ve sağlam diş yüzeyleri, aynı çenede bulunan aynı tipteki dişlerden seçildi. (Örneğin, ICDAS skoru 4 olan 25 numaralı dişin mezial proksimal yüzeyinde cihazın çürük tespiti performansı değerlendirilirken, kontrol grubuna dahil edilen 15 numaralı dişin sağlam mesial proksimal yüzeyinde cihazın sağlam yüzeyleri tespit etme performansı değerlendirildi).

5.2. Katılımcılar

İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Esenler Hastanesi, Restoratif Diş Tedavisi Bölümüne tedavi için başvuran ve yapılan rutin klinik ve radyografik muayenede kavitasyonsuz proksimal veya oklüzal çürük lezyonu olduğu tespit edilen potansiyel katılımcılar çalışmaya davet edildi. Çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan toplam 60 birey, Ocak 2024 ve Mart 2024 tarihleri arasında çalışmaya dahil edildi (Şekil 5.2.1).

5.2.1. Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- Klinik olarak ICDAS 1, 2, 3 ve 4 skorları olan dişlere sahip bireyler

- Amerikan Anestezistler Derneği (*American Society of Anesthesiologists-ASA*) sınıflandırmasına göre ASA I veya ASA II olan bireyler (ASA I, herhangi bir sistemik hastalığı bulunmayan sağlıklı bireyleri; ASA II ise hafif düzeyde, kontrol altında olan diyabet hipertansiyon gibi sistemik bir hastalığı bulunan ancak günlük yaşam aktivitelerini etkilemeyen bireyleri tanımlar)
- 18-65 yaş aralığında çalışmaya katılmaya istekli bireyler
- Periodontal tedavisi tamamlanmış ve ağız hijyeni iyi olan bireyler (plak ve diş taşı varlığı klinik değerlendirme ve ölçümleri engelleyebileceğinden)

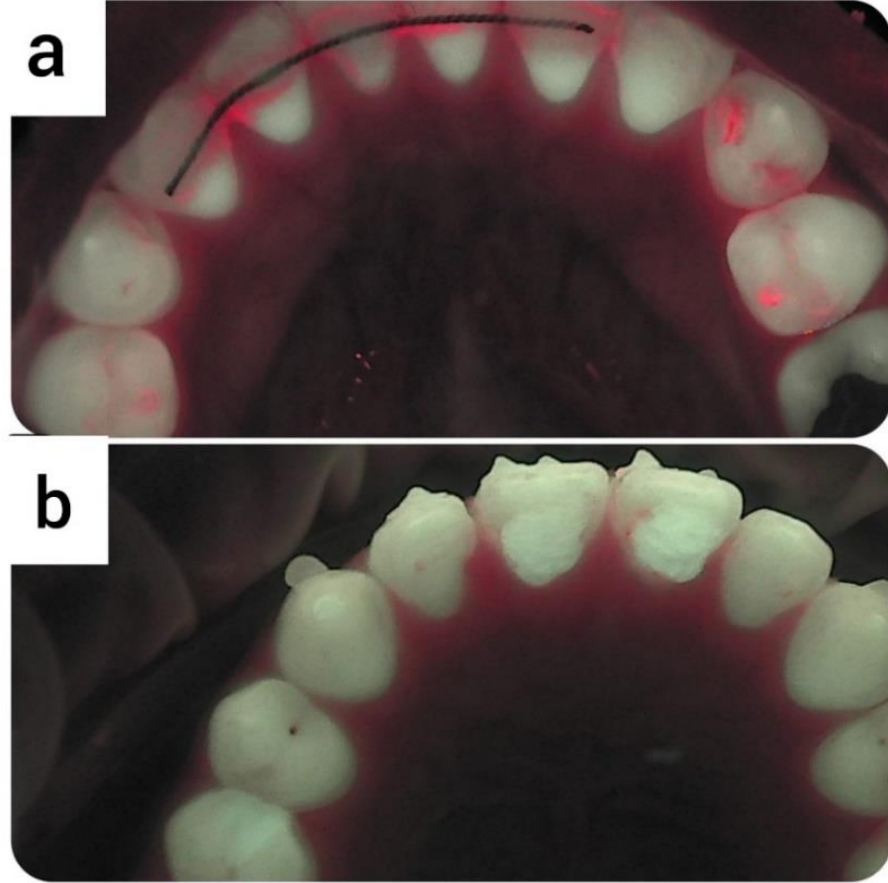
5.2.2. Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri

- Servikal çürüksüz lezyonu bulunan ya da brüksizm gibi nedenlerle atrizyon tespit edilen dişler
- Sekonder çürük oluşan dişler
- Dişlerde, ölçümleri etkileyebilecek içsel renklenme ya da hipoplazi gibi bir anamoli olması
- Tedavi edilmemiş periodontal hastalığı olan bireyler
- Ağız içerisinde QLF görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilecek metal ortodontik aparey bulunması (Resim 5.2.2.1)
- Hamilelik

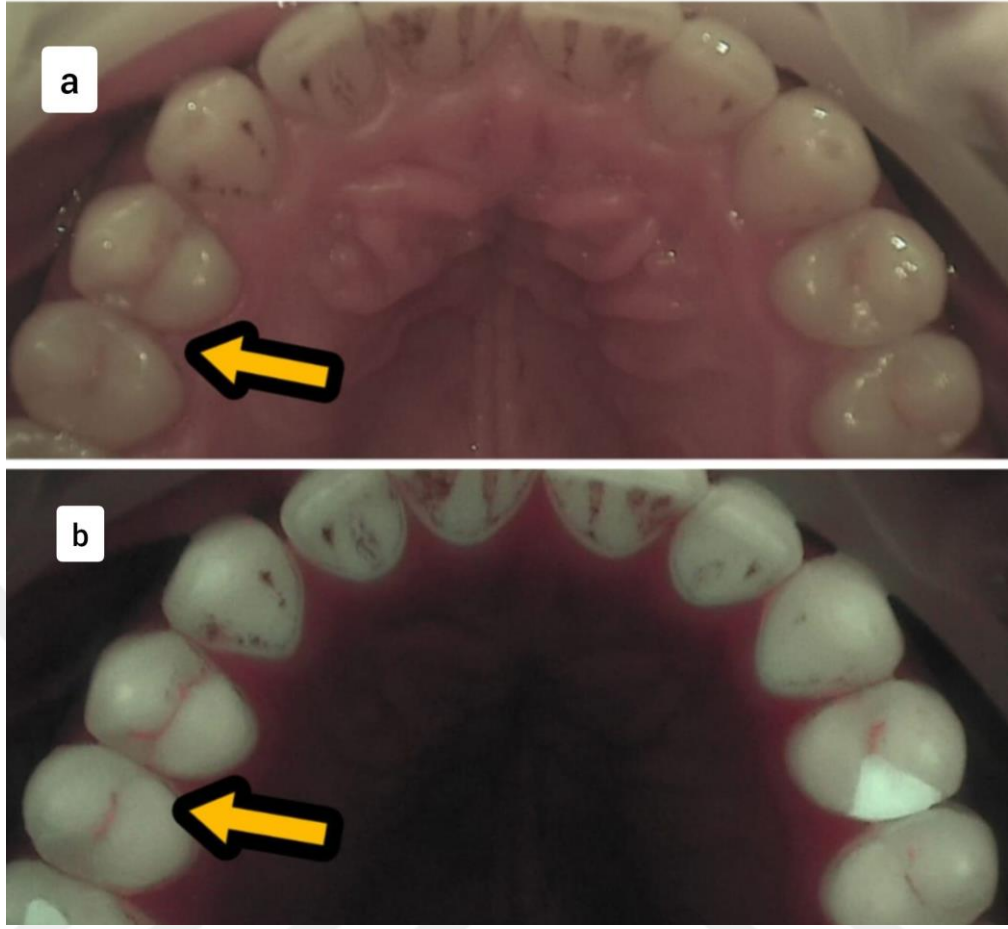
5.3. Klinik Muayene

Çalışmanın başlamasından önce, değerlendirci ICDAS ve Nyvad kriterlerine yönelik 50 dakikalık teorik bir eğitim aldı. Daha sonra, hasta üzerinde uygulamalı bir eğitim gerçekleştirdi. Uygulamalar, ağız içi ayna, WHO probu ve 2'si 1 arada şırınga kullanılarak yürütüldü.

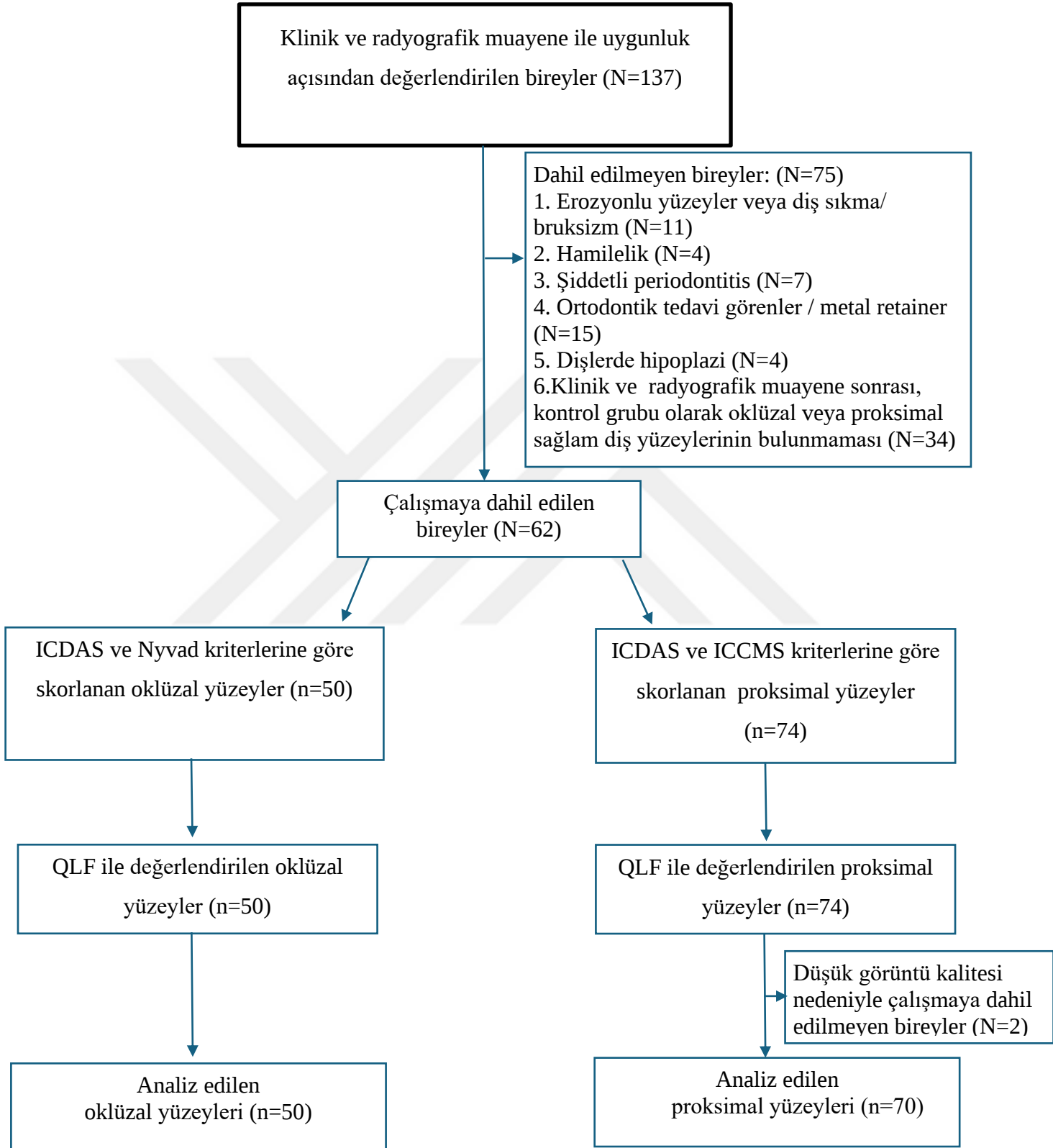
İlk olarak dişlerin, lastik cila fırçası, polisaj patı ve düşük hızlı (4000 rpm) döner alet kullanılarak profesyonel temizliği yapıldı. Plak varlığı ölçümleri etkileyebileceğinden, ara yüzeyler diş ipi ile temizlendi. Klinik muayenede, çalışmaya dahil edilen tüm diş yüzeyleri ICDAS II kriterlerine göre skorlandı. Oklüzal yüzeyler ise hem Nyvad hem de ICDAS kriterlerine göre değerlendirildi (6, 7, 36).



Resim 5.2.2.1. QLF ile alınan görüntülerde (a) metal retainer varlığında alınan ve istenmeyen ışık yansımaları nedeniyle analizi uygun olmayan görüntü, (b) şeffaf plak (*clear aligner*) tedavisi uygulanan hastadan alınan ve analize uygun görüntü



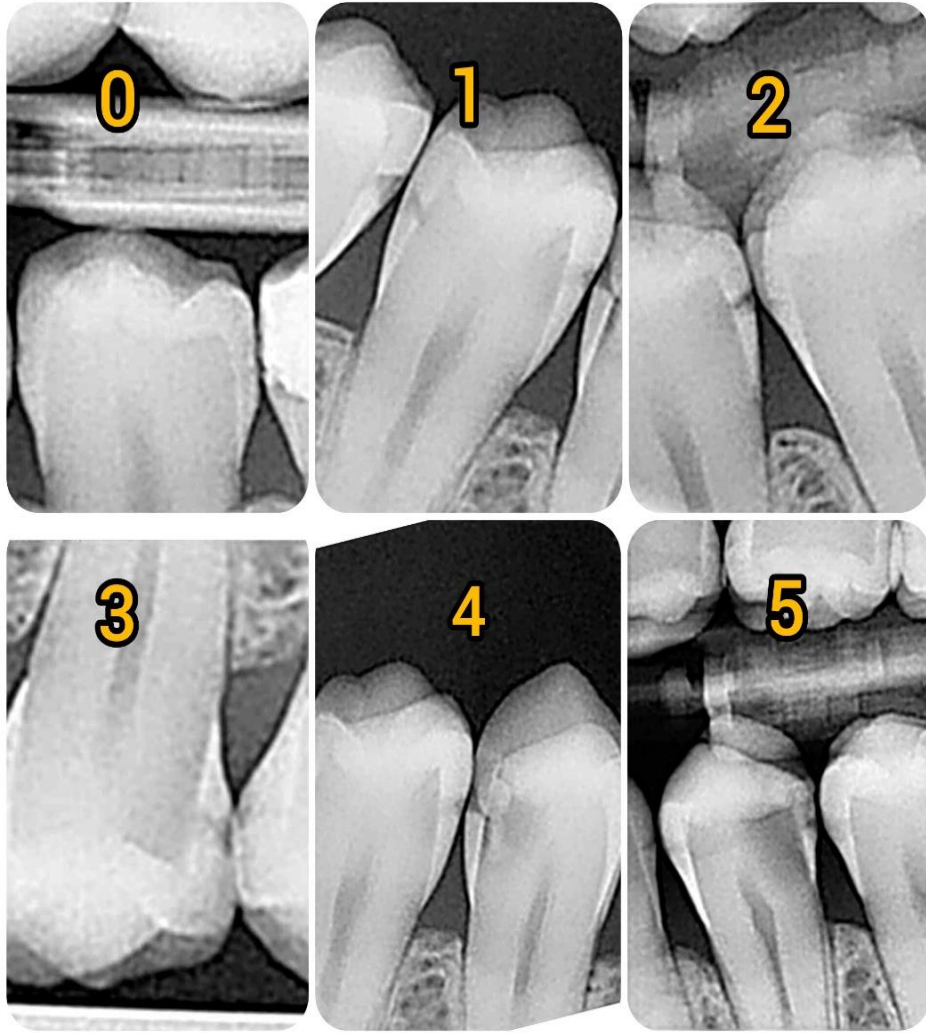
Resim 5.2.2.2. (a) Beyaz LED ışık altında elde edilen görüntü, (b) Aynı dişlerin mavi LED ışık altında kırmızı floresans görüntüsü ve ağızda lekelerin bulunması nedeniyle sağlam yüzeylerin kırmızı floresans göstermesi



Şekil 5.2.1 . Çalışma akış şeması (N = hasta sayısı, n = diş yüzeyi sayısı)

5.4. Radyografik İncelemeler

Radyografik değerlendirme için dijital bite-wing radyografi yöntemi kullanıldı. Radyografiler, periapikal röntgen cihazı (Castellini Cefla s.c., Via Selice, 23/A, 40026 Imola BO, İtalya) ve ısırma apareyi (Kvik Bite, Kerr Corporation, Orange, CA, ABD) kullanılarak elde edildi ve ICCMS'e göre skorlandı (77, 78). Resim 5.4.1'de ICCMS skorları ve bu skorlara karşılık gelen radyografik görüntüler sunulmuştur.



Resim 5.4.1. ICCMS skorlarına göre radyografik görüntüler: Skor 0- radyolüsensiyon yok; Skor 1- minenin dış 1/2'sinde radyolüsensiyon; Skor 2- Minenin iç 1/2'sinde mine-dentin sınırına ulaşan radyolüsensiyon; Skor-3 dentinin dış 1/3'ü ile sınırlı radyolüsensiyon; Skor 4-Dentinin orta 1/3'üne ulaşan radyolüsensiyon; Skor 5- Dentinin iç 1/3'ünde radyolüsensiyon (77, 78).

5.5. QLF Görüntülerinin Alınması ve Analizi

Tüm QLF görüntüleri, aynı karanlık odada ve aynı değerlendirici tarafından alındı (Resim 5.5.1). Değerlendirici, firma tarafından gelen doktorun gözetiminde ve kullanım kılavuzuna göre eğitim aldı.

Standardizasyon için yanak ve dudaklar, OptraGate (Ivoclar-Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) kullanılarak ekarte edildi. Seçilen dişler ICDAS II sistemine göre değerlendirildikten sonra, QLF görüntülerinin alınmasında üçüncü nesil QLF cihazı (QrayCam, AIOBIO, Seul, Kore Cumhuriyeti) kullanıldı. Cihazın dişin oklüzaline dik bir görüntü yakalayabilmesi için görüntüler ağız içi ayna yardımıyla alındı (79).

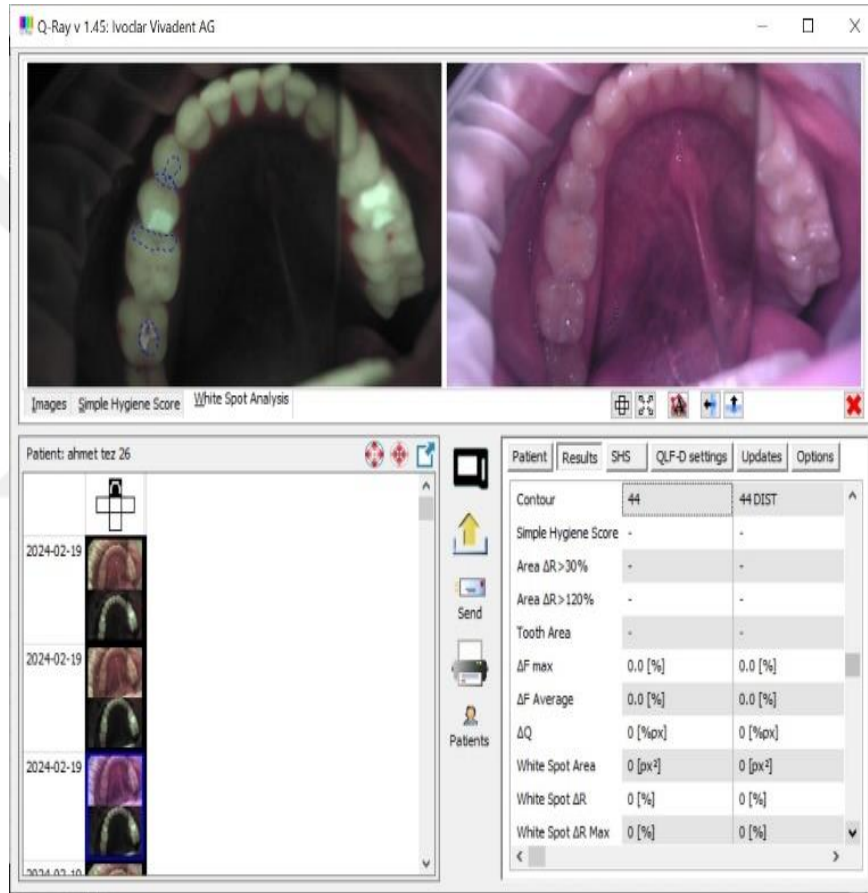


Resim 5.5.1. QLF görüntülerinin alınması

Alınan görüntüler üretici talimatlarına uygun olarak Q-ray Clinical v1.45 yazılımı ile analiz edildi. Maksimum floresans kaybını (ΔF_{max}) ve bakteriyel aktivite

ile ilişkili kırmızı floresans oranındaki maksimum değişimi (ΔR_{max}) yansıtan kantitatif değerleri hesaplamak için, üretici tavsiyelerine uygun olarak çürük lezyonları veya sağlam bölgeleri kapsayan bir analiz alanı belirlendi (Resim 5.5.2).

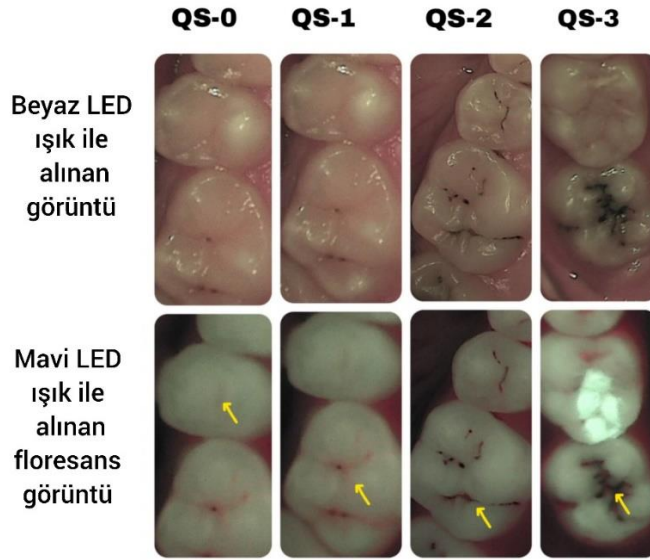
Çürük ile temas eden alanlar dahil edilmedi ve her çürük yüzey için ΔF_{max} ve ΔR_{max} değerlerini yansıtan analiz alanları üç kez analiz edildi ve ardından medyan değer kaydedildi. Ayrıca elde edilen QLF görüntüleri, floresans kaybı olması, kırmızı floresans olması ya da olmaması gibi kriterlere göre skorlandı.



Resim 5.5.2. Bilgisayar yazılımı ile toplanan QLF görüntülerinin analizi

5.5.1. Oklüzal yüzeylerin QS skorları

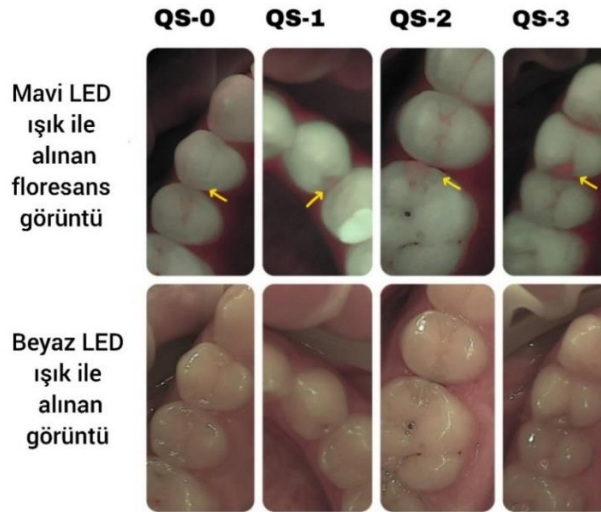
Oklüzal yüzeylerde, farklı derecelerdeki floresans değişimlerini ifade eden aşağıdaki kriterlere göre QS skorları (80) Resim 5.5.1.1’de belirlendi:



Resim 5.5.1.1. Oklüzal QS skorları, QS-0: Pit ve/veya fissürlerde floresans kaybı veya kırmızı floresans artışı yok; QS-1: Pit ve/veya fissürlerde nokta halinde floresans kaybı ve kırmızı floresans mevcut; QS-2: Pit ve/veya fissürlerin etrafında çizgi şeklinde floresans kaybı ve kırmızı floresans; QS-3: Dentinden koyu bir gölge yansımaları ile pit ve/veya fissürlerin etrafında yaygın kırmızı floresans

5.5.2. Proksimal yüzeylerin QS skorları

Proksimal yüzeylerin QS skorlanması Resim 5.5.2.1’de verilen aşağıdaki kriterlere göre yapıldı (78):



Resim 5.5.2.1. Proksimal QS skorları, QS-0: Koyu gölge veya kırmızı floresans yok; QS-1: Kırmızı floresans içermeyen düzensiz koyu gölge; QS-2: Bukkal-lingual genişliğin üçte biri içinde bulunan soluk kırmızı floresans; QS-3: Bukkal-lingual genişliğin üçte birinden fazlasında bulunan güçlü kırmızı floresans

5.5.3. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, cihazın kantitatif parametreleri olan ΔF_{max} ve ΔR_{max} verilerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. QS skorları ise sıralı (ordinal) veriler olarak sınıflandırıldığından, bu skorlar için normalite testi uygulanmadı; sıralı verilere uygun analiz yöntemleri tercih edildi.

Çürük tespiti doğruluğunu değerlendirmek amacıyla, ROC (Receiver Operating Characteristic) analizi gerçekleştirildi ve bu analiz sırasında eğri altındaki alan (AUROC) hesaplandı. Sensitivite, spesifisite değerleri ile cut-off değerleri, ROC analizi ile hesaplandı. Belirlenen cut-off değerleri, cihaz parametreleri (ΔF_{max} ve ΔR_{max}) ve QS skorlarının altın standart yöntemler olan ICDAS ve Nyvad (oklüzal yüzeyler için) ve ICCMS (proksimal yüzeyler için) ile uyumunu değerlendirmek amacıyla kullanıldı.

Ayrıca, ΔF_{max} ve ΔR_{max} parametrelerinin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla intraclass correlation coefficient (ICC) hesaplandı. ICC değerleri için %95 güven aralıkları belirlendi ve anlamlılık düzeyi $P < 0.001$ olarak kabul edildi.

QS Proksimal (78) ve QS Oklüzal (80) skorları ile cihazın kantitatif parametrelerinin ICDAS, Nyvad, ve ICCMS skorları ile ilişkisi Spearman sıra korelasyonu ile analiz edildi.

Tüm analizler, verilerin parametrik ya da non-parametrik doğasına göre uygun yöntemlerle gerçekleştirildi ve anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ olarak belirlendi. Analizlerde SPSS yazılımı (versiyon 23) kullanıldı.

6. BULGULAR

Çalışmaya uygunluk açısından değerlendirilen 137 hastadan, yaşları 21 ile 38 arasında değişen 60 hasta (35 erkek, 25 kadın; ort. yaş: $24,13 \pm 3,09$) çalışmaya dahil edildi. Bu hastalarda 60 sağlam 60 çürük yüzeyli olmak üzere toplam 120 diş yüzeyi (proksimal ve oklüzal) incelendi.

Tablo 6.1 ve Tablo 6.2, çalışmaya dahil edilen oklüzal ve proksimal lezyonların temel özelliklerini göstermektedir. Tablo 6.1’de ICDAS skorlarına göre sınıflandırılan oklüzal lezyonların dağılımı ve Nyvad skorları sunulmuştur. Proksimal yüzeylere ait bilgiler ise Tablo 6.2’de ICCMS skorlarına göre gruplandırılarak gösterilmiştir.

Tablo 6.1: Çalışmaya dahil edilen oklüzal lezyonların özellikleri

ICDAS Skor	n	Nyvad Skor
0	25	Nyvad 0: 25
2	14	Nyvad 2: 14
3	6	Nyvad 3: 5, Nyvad 5: 1
4	5	Nyvad 2: 4, Nyvad 3: 1

Tablo 6.2: Çalışmaya dahil edilen proksimal lezyonların özellikleri

ICCMS Skor	N
0	35
2	14
3	14
4	5
5	2

6.1. QLF ölçümlerinin güvenirliğinin değerlendirilmesi

ΔF_{max} için ölçümler arası iç tutarlılık katsayısı Cronbach alpha değeri, 0.993 olup oldukça yüksek düzeyde bir iç tutarlılık olduğunu gösterdi. Test-retest korelasyonu ise (ICC) 0.906 olup ICC katsayısı için %95 ihtimalli güven aralığı 0.856 – 0.941 bulundu ($P < 0.001$) .

ΔR_{max} için ölçümler arası iç tutarlılık katsayısı Cronbach alpha değeri, 0.997 olup oldukça yüksek düzeyde bir iç tutarlılık olduğunu gösterdi. Test-retest korelasyonu ise (ICC) 0.983 olup ICC katsayısı için %95 ihtimalli güven aralığı 0.975 – 0.990 bulundu ($P < 0.001$).

6.2. Oklüzal Yüzeyler İçin Bulgular

Oklüzal yüzeyler için, 25 bireyin her birinden 2 diş olmak üzere toplam 50 dişin oklüzal yüzeyleri değerlendirildi. Bu dişlerden biri çürük yüzeyli, diğeri ise sağlamdı.

6.2.1. Oklüzal çürük tespiti için QLF parametreleri ile klinik muayene skorları arasındaki ilişkinin incelenmesi

Spearman sıra korelasyonu analizi, ICDAS skoru ile ΔF_{max} arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösterdi ($r = 0,749$; $p < 0,001$). ICDAS skoru ile ΔR_{max} arasında ise çok güçlü korelasyon bulundu ($r = 0,890$; $p < 0,001$). (Tablo 6.2.1.1)

Spearman sıra korelasyonu analizi, Nyvad skoru ile ΔF_{max} arasında ise çok güçlü bir korelasyon bulundu ($r = 0,714$; $p < 0,001$). Ayrıca, Nyvad skoru ile ΔR_{max} arasında da çok güçlü bir korelasyon saptandı ($r = 0,681$; $p < 0,001$). (Tablo 6.2.1.1)

Tablo 6.2.1.1: Klinik olarak derecelendirilen oklüzal yüzeylere ait klinik muayene skorları ile QrayCam Pro ile ölçülen QLF değerler arasındaki korelasyon

Klinik muayene skorları	QLF değerleri	r	p	N
Nyvad	ΔF_{Max}	0,714	<0,001	50
	ΔR_{Max}	0,681	<0,001	50
ICDAS	QS SKOR	0,833	<0,001	50
	ΔF_{Max}	0,749	<0,001	50
	ΔR_{Max}	0,89	<0,001	50

6.2.2. Oklüzal yüzeylerin tespiti amacıyla kullanılan cihazın validitesinin değerlendirilmesi

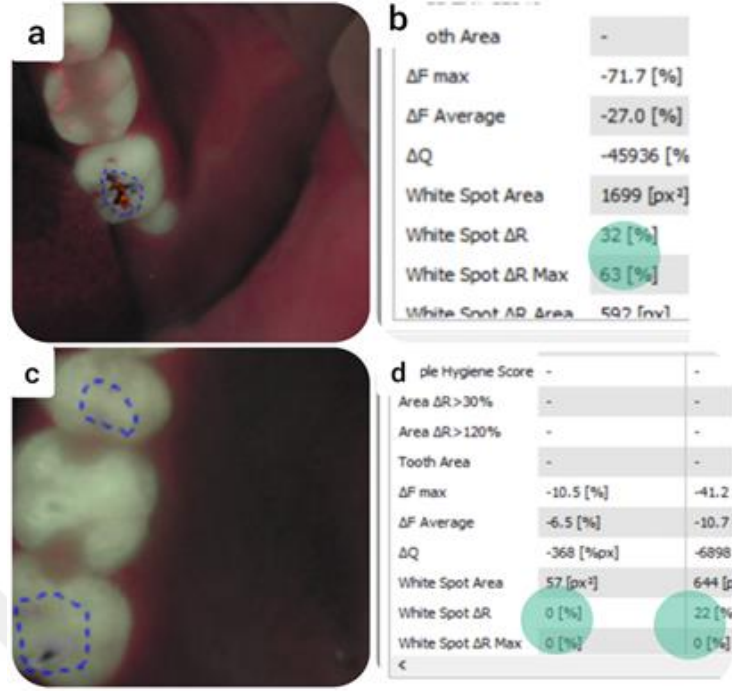
ΔF_{max} için, AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan $AUC \pm SE = 0,946 \pm 0,034$ ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri -34 olarak hesaplandı (Şekil 6.1.2.1). Bu *cut-off* değerine göre yapılan ölçümlerin 5'inin yanlış negatif yanıt olduğu ve hiç yanlış pozitif yanıt olmadığı görüldü. (Şekil 6.2.2.1) (Tablo 6.2.2.1). ΔF_{max} 'in sensitivitesi 0,84 (%95 GA: 63,9-95,4), spesifisitesi 1,00 (%95 GA: 86,2-100) olarak hesaplandı.

ΔR_{max} için ise, AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan $AUC \pm SE = 0,942 \pm 0,035$ ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri > 0 olarak hesaplandı (Şekil 6.2.2.1). Belirlenen bu *cut-off* değerine göre yapılan ölçümlerin 2'sinin yanlış negatif yanıt, 1'inin ise yanlış pozitif yanıt verdiği tespit edildi. Bu ölçümler tekrar edilmedi. (Şekil 6.2.2.1) (Tablo 6.2.2.1). ΔR_{max} 'in sensitivitesi 0,92 (%95 GA: 73,9-98,8), spesifisitesi 0,96 (%95 GA: 79,6-99,3) olarak hesaplandı.

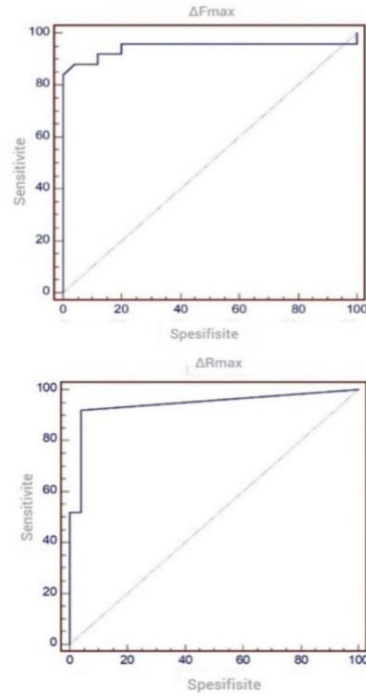
Tablo 6.2.2.1: Oklüzalde çürük lezyonlarının tespitinde QLF parametrelerinin sensitivite , spesifisite ve ROC eğrisi altındaki alan (AUROC)

ΔR_{max}	
AUROC (%95 GA)	0,942 (83,8 – 98,8)
Cut-off değeri	0
Sensitivite (%95 GA)	0,92 (73,9 – 98,8)
Spesifisite (%95 GA)	0,96(79,6 – 99,3)
ΔF_{max}	
AUROC (%95 GA)	0,946 (84,3 – 98,9)
Cut-off değeri	-34
Sensitivite (%95 GA)	0,84 (63,9 – 95,4)
Spesifisite (%95 GA)	1,00 (86,2 – 100)

GA : Güven Aralığı



Resim 6.2.2.1. (a) Kırmızı floresans gösteren bir analiz görüntüsü, (b) $\Delta R_{max} > 0$ değerleri, aktif çürük lezyonlarını işaret eder, (c) İnaktif veya sağlam yüzeylerde kırmızı floresans gözlenmez (d) ΔR_{max} değeri = 0, inaktif çürük veya çürük olmadığını ifade eder



Şekil 6.2.2.1. Oklüzal yüzeylerde ΔF_{max} ve ΔR_{max} için ROC eğrileri

6.2.3. Oklüzal çürük tespiti için QS skorlarının değerlendirilmesi

ICDAS skorları ile oklüzal yüzeylerin QS skorları arasında çok güçlü bir korelasyon bulundu ($r = 0,833$; $p < 0,001$). (Tablo 6.2.1.1)

AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan (%95 GA: 0,806-0,977) ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri > 0 olarak hesaplandı. Bu *cut-off* değerine göre QS oklüzal skorunun sensitivitesi 0,96 (%95 GA: 79,6-99,3), spesifisitesi 0,80 (%95 GA: 59,3-93,1) olarak hesaplandı. (Tablo 6.2.3.1)

Tablo 6.2.3.1: Oklüzalde QS skor'un çürükleri tespit etme performansı

QS SKOR	
AUROC (%95 GA)	0,919 (80,6 – 97,7)
Cut-off değeri	0
Sensitivite (%95 GA)	0,96 (79,6 - 99,3)
Spesifisite (%95 GA)	0,80(59,3 - 93,1)

GA : Güven Aralığı

6.3. Proksimal Yüzeyler İçin Bulgular

Proksimal yüzeyler için, 35 hastada 2 diş olmak üzere toplam 70 dişin proksimal yüzeylerinden ölçümler yapıldı. Bu dişlerden biri çürük yüzeyli, diğeri ise sağlamdı.

6.3.1. Proksimal çürük tespiti için QLF parametreleri ile klinik muayene skorları arasındaki ilişkinin incelenmesi

Spearman sıra korelasyonu analizi, ICCMS skoru ile ΔF_{max} arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösterdi ($r = 0,777$; $p < 0,001$). ICCMS skoru ile ΔR_{max} arasında ise çok güçlü bir korelasyon bulundu ($r = 0,863$; $p < 0,001$). (Tablo 6.3.1.1)

Tablo 6.3.1.1: Klinik olarak derecelendirilen proksimal yüzeylere ait ICCMS skorları ile QrayCam Pro ile ölçülen QLF değerleri arasındaki korelasyon

QLF değerleri		r	p	n
ICCMS	QS SKOR	0,851	<0,001	70
	ΔF Max	0,777	<0,001	70
	ΔR Max	0,863	<0,001	70

6.3.2. Proksimal yüzeylerin tespiti amacıyla kullanılan cihazın validitesinin değerlendirilmesi

ΔF_{max} için, AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan $AUC \pm SE = 0,969 \pm 0,021$ ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri -25 olarak hesaplandı (Şekil 6.3.2.1). Bu *cut-off* değerine göre yapılan ölçümlerin 5'inin yanlış negatif yanıt olduğu ve hiç yanlış pozitif yanıt olmadığı tespit edildi. ΔF_{max} 'in sensitivitesi 0,885 (%95 GA: 73,2-96,7), spesifisitesi 1,00 (%95 GA: 89,9-100) olarak hesaplandı. (Tablo 6.3.2.1)

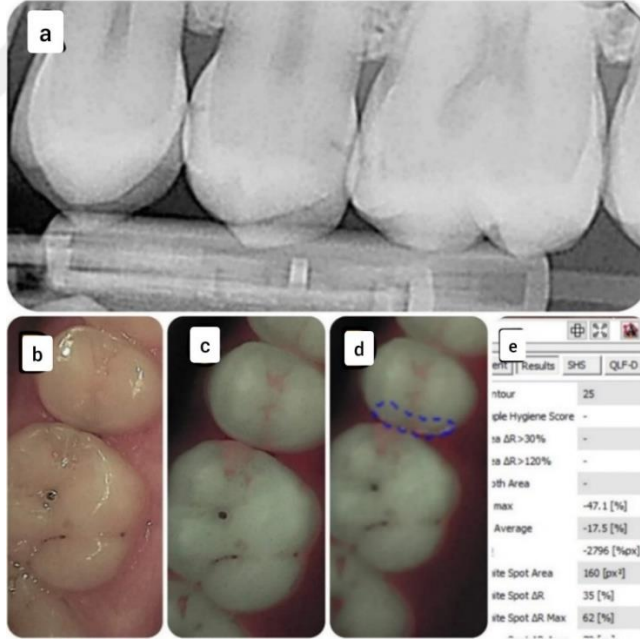
ΔR_{max} için ise, AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan $AUC \pm SE = 0,929 \pm 0,033$ ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri 0'dan büyük olarak hesaplandı (Şekil 6.3.2.1). Bu *cut-off* değerine göre yapılan ölçümlerin 6'sının yanlış negatif yanıt olduğu ve hiç yanlış pozitif yanıt olmadığı tespit edildi. ΔR_{max} 'in sensitivitesi 0,857 (%95 GA: 69,7-95,1), spesifisitesi 1,00 (%95 GA: 89,9-100) olarak bulundu. (Tablo 6.3.2.1)

Tablo 6.3.2.1: Proksimal çürük lezyonlarının tespitinde QLF parametrelerinin sensitivite, spesifisite ve ROC eğrisi altındaki alan (AUROC)

ΔR_{max}	
AUROC (%95 GA)	0,929 (84,1 – 97,6)
Cut-off değeri	> 0
Sensitivite (%95 GA)	0,857 (69,7 – 95,1)
Spesifisite (%95 GA)	1,00 (89,9 – 100)
ΔF_{max}	
AUROC (%95 GA)	0,969 (89,7 – 99,5)
Cut-off değeri	> -25
Sensitivite (%95 GA)	0,885 (73,2 – 96,7)
Spesifisite (%95 GA)	1,00 (89,9 – 100)

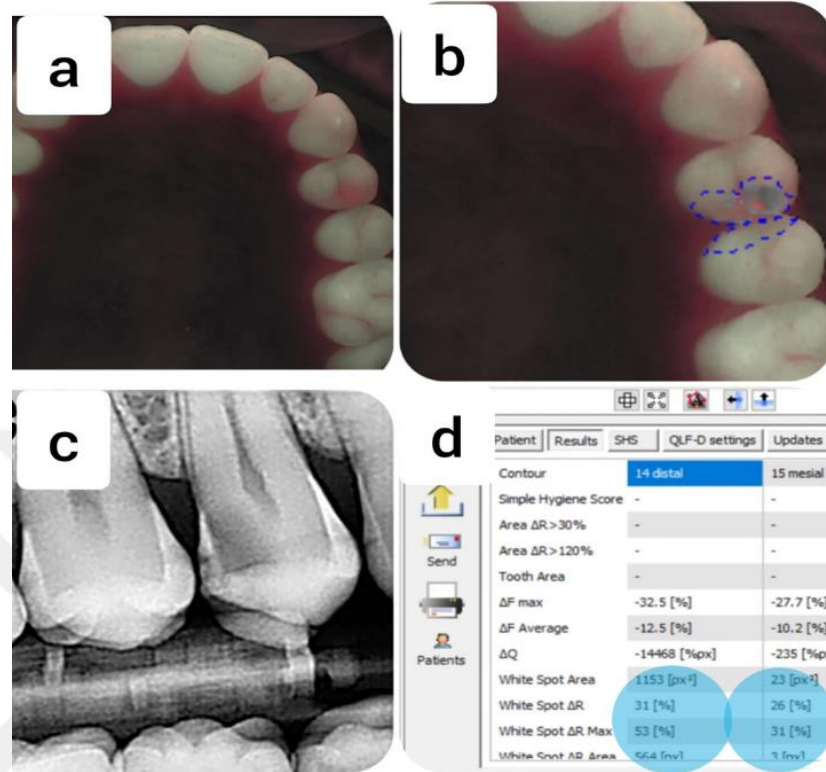
GA : Güven Aralığı

Resim 6.3.2.1'de, 25 numaralı dişin distal proksimal yüzeyinde ICCMS skoru 3 olan çürük lezyonuna ait QLF parametrelerin ölçümüne ilişkin bir örnek sunulmuştur.



Resim 6.3.2.1. (a) 25 numaralı dişin distalinde ICCMS skoru 3 olan çürük, (b) İnterproksimal alanın diş ipi ile temizlenmesinden sonra dişin oklüzal yüzeyinden LED beyaz ışıkla alınan görüntü, (c) yını yüzeyin mavi ışık altında alınan floresans görüntüsü (QS skoru: 2), (d) görüntünün analizi için lezyon sınırının belirlenmesi, (e) belirlenen alan içerisindeki mineral kaybı ve bakteriyel aktivitenin yazılım yardımıyla kantitatif olarak hesaplanması

Resim 6.3.2.2'de, cihazın proksimal yüzeylerde yan dişlerin yoğun kırmızı floresansından dolayı sağlam yüzeyi yanlış ölçebileceği belirtilmiştir.

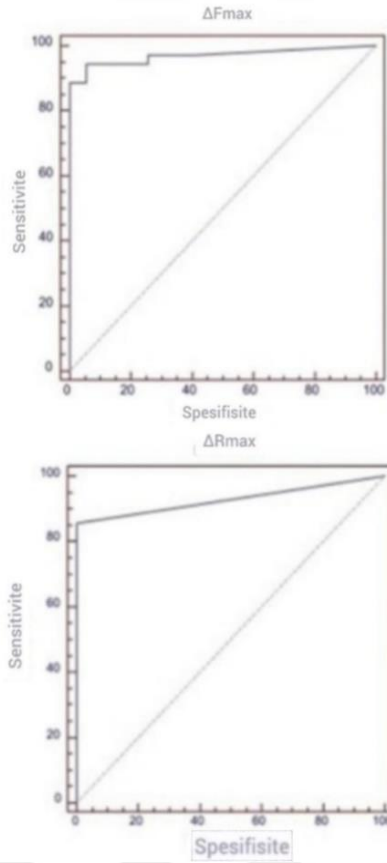


Resim 6.3.2.2. (a) 14 numaralı dişin distal yüzeyi, QS skoru 3 olarak, 15 numaralı dişin mezial yüzeyi ise QS skoru 1 olarak değerlendirildi, (b) Üretici talimatlarına uygun şekilde sınırlar belirlendi, (c) 14 numaralı dişin ICCMS skoru 5, 15 numaralı dişin ise mine-dentin birleşiminde radyolusens bulgusu ile birlikte ICCMS skoru 3 olarak tespit edildi, (d) 15 numaralı dişin ΔR_{max} değeri, lezyon derinliğini doğru bir şekilde yansıtmadı. 15 numaralı dişin okuma sonuçları, komşu dişin yüksek ΔR_{max} değerinden etkilenmiştir

6.3.3. Proksimal çürük tespiti için QS skorlarının değerlendirilmesi

QS proksimal skoru ile ICCMS arasında çok güçlü bir korelasyon bulundu ($r = 0,851$; $p < 0,001$). (Tablo 6.3.1.1)

AUROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan (%95 GAI: 0,907-0,997) ($p < 0,001$) ve *cut-off* değeri > 1 olarak hesaplandı. Bu *cut-off* değerine göre QS proksimal skorunun sensitivitesi 0,857 (%95 GA: 69,7-95,1), spesifitesi 0,971 (%95 GA: 85,0-99,5) olarak hesaplandı. (Tablo 6.3.3.1)



Şekil 6.3.2.1. Proksimal yüzeylerde ΔF_{max} ve ΔR_{max} için ROC eğrileri

Tablo 6.3.3.1: Proksimalde QS skor'un çürükleri tespit etme performansı

QS SKOR	
AUROC (%95 GA)	0,976 (90,7 – 99,7)
Cut-off değeri	1
Sensitivite (%95 GA)	85,71 (69,7 - 95,1)
Spesifisite (%95 GA)	97,14 (85,0 - 99,5)

GA : Güven Aralığı

7.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, oklüzal yüzeylerdeki çürüklerin tespitinde ICDAS kriterleri, çürük aktivitesinin değerlendirilmesinde Nyvad kriterleri ve proksimal yüzeylerdeki çürüklerin derecelendirilmesinde ICCMS skoru altın standart olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, ICDAS ve ICCMS skorları ile QLF parametrelerine ait değerler (ΔF_{max} ve ΔR_{max}) ve bunların yanı sıra QS oklüzal ile QS proksimal skorları arasındaki ilişkiler incelenerek, QLF'nin çürük tespitindeki etkinliği değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, hem oklüzal hem de proksimal yüzeylerde cihaz parametreleri (ΔF_{max} ve ΔR_{max}) ile altın standart yöntemler (ICDAS ve ICCMS) ve QS skorları arasında güçlü ve anlamlı korelasyonlar tespit edildi. Oklüzal yüzeylerde, özellikle ΔR_{max} parametresinin ICDAS skorları ile çok güçlü bir korelasyona sahip olduğu gözlemlendi. Ayrıca, QS oklüzal skorlarının da ICDAS skorları ile uyumlu bir korelasyon gösterdiği belirlendi. Nyvad skorları ile ΔR_{max} arasında da anlamlı bir pozitif korelasyon saptanması, cihazın çürük aktivitesini değerlendirme kapasitesi ile ilişkilendirildi. Proksimal yüzeylerde, cihaz parametrelerinden ΔF_{max} ve ΔR_{max} , altın standart yöntem olan ICCMS skorları ile güçlü korelasyonlar gösterdi. Özellikle proksimal QS skorlarının, ICCMS skorları ile çok güçlü bir korelasyona sahip olduğu belirlendi. Bu bulgular, cihazın hem kantitatif parametrelerinin hem de QS skorlarının altın standart yöntemlerle tutarlı olduğunu ve güvenilir bir değerlendirme aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın bulguları, hem oklüzal hem de proksimal yüzeylerde QLF ölçümleri ile geleneksel yöntemlere dayanan skorlar arasında anlamlı ve güçlü ilişkiler olduğunu gösterdi. Bu bulgular doğrultusunda, çalışmada kurulan sıfır hipotezi, "Geleneksel yöntemlerle elde edilen skorlar ile QLF ölçümleri arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır" hipotezi reddedildi. Bu çalışmada, QrayCam Pro cihazının oklüzal ve proksimal çürüklerin erken ve doğru tespitinde yardımcı bir yöntem olarak kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu sonucuna varıldı.

QrayCam, kantitatif ışık kaynaklı floresans (QLF) teknolojisini kullanarak diş yüzeyindeki hem mineral kaybını hem de bakteriyel porfirinleri tespit edebilen bir cihazdır. 405 nm dalga boyunda mavi ışık uygulayarak diştten yayılan otofloresansın

yoğunluğunu ölçer. Sağlıklı diş dokusu güçlü bir otofloresans yayarken, mineral kaybı olan bölgelerde bu yoğunluk azalır ve floresans kaybı (ΔF) ile mineral kaybı miktarı belirlenir (10-12). Çürük oluşturan bakterilerin metabolik süreçlerinde üretilen porfirin pigmentlerinden yayılan kırmızı floresans ise ΔR parametresi ile ölçülerek bakteriyel aktivite ile ilgili değerlendirme yapılabilmesini sağlar. Yüksek ΔR değerleri, çürük lezyonlarının aktif olduğunu işaret eder ve lezyonun ilerleme şiddetini objektif bir şekilde izlemeye olanak tanır (81, 82). Bu özellik, lezyonların aktif veya inaktif olduğunu belirlemede yardımcı olarak hangi lezyonların müdahale gerektirdiğini değerlendirme sürecini optimize eder. Klinik açıdan, QrayCam Pro, çürüklerin durumunun ve tedavi ihtiyacının belirlenmesinde faydalı bir yardımcı araç olma potansiyeline sahip gibi görünmektedir (12, 82).

Daha önce Kim ve arkadaşları tarafından yapılan (81, 82) çalışmalarda, kavitsiyonsuz çürük lezyonlarının mineral kaybı ve çürük aktivitesi, QLF-D kullanılarak in vitro ortamda değerlendirilmiş ve aktif lezyonların ΔR değerlerinin inaktif lezyonlara göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan birinde, aktif ve inaktif lezyonların, ΔF değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken (81) bir diğerinde ΔF değerinin aktif lezyonlarda inaktif lezyonlara göre daha yüksek olduğu (82) gözlemlenmiştir. Çalışmamızda ise hem ΔF_{max} hem de ΔR_{max} parametreleri için geleneksel skorlarla güçlü korelasyonlar saptanmıştır. Örneğin, ΔR_{max} , oklüzal yüzeylerde ICDAS skorlarıyla ($r = 0,890$), proksimal yüzeylerde ise ICCMS skorlarıyla ($r = 0,863$) çok güçlü bir ilişki gösterdi. Ayrıca, Nyvad skorları ile ΔR_{max} arasında anlamlı bir pozitif korelasyon ($r = 0,681$, $p < 0,001$) bulunmuş olması ΔR_{max} 'ın yalnızca in vitro ortamda değil, klinik ölçümlerde de çürük aktivitesini değerlendirmede etkin olabileceğine dair kanıt sağlamıştır.

Kim ve arkadaşlarının (83) çalışmasında, flor tedavisi sonrası aktif çürük lezyonlarında ΔR 'nin daha hızlı azaldığı ve ΔF değerinde iyileşme oranının inaktif lezyonlara kıyasla 2.50 kat daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışma, kırmızı floresans (ΔR) parametresinin çürük aktivitesini değerlendirmede etkin bir gösterge olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Kim'in (84) bir diğer çalışmasında, ΔF_{max} için oklüzal yüzeylerde ICDAS skorlarıyla ($r = 0,749$) ve proksimal yüzeylerde ICCMS

skorlarıyla ($r = 0,777$) güçlü korelasyonlar bulunmuş; bu sonuçlar, QLF teknolojisinin hem mineral kaybını hem de kırmızı floresansı değerlendirmede güvenilir bir yöntem olabileceğini desteklemektedir.

Çalışmamız ise Kim ve arkadaşlarının (83, 84) çalışmalarından farklı olarak klinik ortamda hem oklüzal hem de proksimal yüzeyleri kapsayarak QrayCam Pro'nun tanısal doğruluğunu ve altın standartlarla uyumunu değerlendirmiştir. Çalışmamızda, ICDAS skorları ile ΔF_{max} arasında güçlü bir korelasyon ($r = 0,749$), ΔR_{max} ile ise çok güçlü bir korelasyon ($r = 0,890$) tespit edilmiştir. Benzer şekilde, proksimal yüzeylerde ICCMS skorları ile ΔF_{max} arasında güçlü bir korelasyon ($r = 0,777$), ΔR_{max} ile daha yüksek bir korelasyon ($r = 0,863$) ve QS proksimal skorları ile ICCMS skorları arasında çok güçlü bir korelasyon ($r = 0,851$) saptanmıştır.

QLF cihazları, lezyon durumunu objektif bir şekilde kantitatif parametreler (örneğin, ΔF ve ΔR) kullanarak değerlendirmeye olanak sağlarken (85, 86), her lezyon için kantitatif değerler elde etmek amacıyla özel yazılım kullanılır (87). Bu nedenle çürük lezyonlarının klinikte değerlendirilmesi zor olabilir ve bu nedenle basitleştirilmiş bir skrolama sistemi gerektirir (34, 78). Bundan dolayı, çalışmamızda QLF parametreleri ile birlikte, daha önce yapılmış bazı çalışmalarda da kullanılan QS proksimal (78) ve QS oklüzal (80) skorları da değerlendirilmiştir.

Kim'in bir çalışması (14), üç nesil QLF cihazını kullanarak diş minesi çürüklerini tespit etmek ve şiddetini belirlemek için floresans parametrelerini (ΔF ve ΔR) karşılaştırmış, bizim çalışmamız ise QrayCam Pro cihazını kullanarak oklüzal ve proksimal yüzeylerdeki çürüklerin tanısal doğruluğunu ve klinik skorlarla uyumunu incelemiştir. Kim'in çalışmasında, ΔF parametresinin her üç cihazda da benzer performans sergilediği, S/E1 eşiğinde AUROC değerlerinin 0,97–0,98, E1/E2 eşiğinde ise 0,89–0,90 olarak yüksek olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda ΔF_{max} , oklüzal yüzeylerde –34, proksimal yüzeylerde –25 *cut-off* değerleriyle 1,00 spesifisiteye ulaşmış ve sırasıyla 0,84 ve 0,885 sensitivite göstermiştir. ΔR parametresine ilişkin olarak Kim'in çalışmasında, üçüncü nesil cihazın E2 lezyonlarında en yüksek AUROC değerine (0,87) sahip olduğu ve ΔR *cut-off* değerinin 20,0–29,9 arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışmamızda ise ΔR_{max} , oklüzal

yüzeylerde 0 *cut-off* değeriyle 0,92 sensitivite ve 0,96 spesifisite, proksimal yüzeylerde ise 0'dan büyük *cut-off* değeriyle 0,857 sensitivite ve 1,00 spesifisite göstermiştir. Kim'in çalışmasında histolojik yöntemlerle sınıflandırma yapılırken, bizim çalışmamızda klinik skorlarla ΔF_{max} ve ΔR_{max} arasında güçlü uyum gösterilmiştir. Sonuç olarak, Kim'in çalışması cihazların teknolojik gelişimini vurgularken, çalışmamız QrayCam Pro'nun oklüzal ve proksimal çürüklerin değerlendirilmesindeki üstün tanısal doğruluğunu ve klinik uyumunu daha geniş bir perspektifte ele almıştır. Her iki çalışma da çürüklerin tespiti ve şiddetinin değerlendirilmesinde floresans parametrelerinin (ΔF ve ΔR) tanısal değerini vurgulamaktadır. Kim'in çalışması, QLF cihazlarının nesiller arasındaki teknolojik gelişimine ilişkin önemli bilgiler sunarken, bizim çalışmamız özellikle QrayCam Pro'nun altın standart skorlama sistemleriyle güçlü korelasyonlar göstererek klinik uygulamalardaki etkinliğini ön plana çıkarmaktadır.

Proksimal çürüklerin tespitindeki validiteyi değerlendirmek için, Kim ve arkadaşları (88) tarafından yapılan ve ikinci nesil QLF cihazı (QLF-D) kullanılarak gerçekleştirilen benzer bir *in vivo* çalışma sonuçları incelenmiştir. Bu çalışmada, dentin çürüklerinin tespitinde (mine ve dentin çürüklerinin karşılaştırması) ΔF için AUROC değeri 0,860, ΔR için ise 0,902 olarak rapor edilmiştir. Ancak mine seviyesindeki çürüklerin tespitinde (sağlam yüzey ve mine çürüklerinin karşılaştırması) AUROC değerlerinin belirgin şekilde daha düşük olduğu görülmüş (ΔF için 0,655, ΔR için 0,686). QS-Proksimal skorları için Q0/Q1 eşliğinde AUROC değeri 0,864, sensitivite 0,894 ve spesifisite 0,834 olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamız ise üçüncü nesil QrayCam Pro cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve proksimal yüzeylerde Kim ve arkadaşları (88) tarafından yapılan ikinci nesil QLF cihaza göre daha yüksek tanısal doğruluk gösterdi.. Çalışmamızda ΔF_{max} için AUROC değeri $0,969 \pm 0,021$, *cut-off* değeri -25 olarak hesaplanmış; sensitivite 0,885 (%95 GA: 73,2–96,7), spesifisite ise 1,00 (%95 GA: 89,9–100) bulunmuştur. Benzer şekilde, ΔR_{max} için AUROC değeri $0,929 \pm 0,033$, *cut-off* değeri 0 olarak belirlenmiş; sensitivite 0,857 (%95 GA: 69,7–95,1) ve spesifisite 1,00 (%95 GA: 89,9–100) olarak tespit edilmiştir.

Üçüncü nesil çürük tespit cihazı olan QrayCam Pro'nun proksimal çürük tespitindeki performansının değerlendirildiği bir çalışmada, proksimal çürüklerin erken ve doğru teşhisinde sensitivite ve spesifisitenin oklüzal çürüklerin erken ve doğru teşhisine göre daha düşük olduğu rapor edildi. Ancak incelenen proksimal yüzey sayısının az olması nedeniyle bu sonuçların güvenilirliği sınırlı bulundu (13). Bu çalışmada ise 70 proksimal ve 50 oklüzal yüzeyin analiz edilmesiyle her iki tür çürük lezyonunun tespitinde de yüksek seviyede sensitivite ve spesifisite elde edildi.

Önceki çalışmalar, mineral kaybı derecesini yansıtan ΔF_{max} 'in, histolojik olarak ölçülen lezyon derinliğini doğru bir şekilde yansıtan bir indeks olduğunu göstermektedir (14). QLF eski jenerasyonları, çürük lezyonları hem kırmızı hem de yeşil floresans gösterir. Çürük lezyonlar, sağlıklı bir diş yüzeyine kıyasla daha düşük oranda mineral, daha yüksek oranda organik madde ve su içerirler (14, 89). QLF parametreleri sayesinde, lezyonların bu optik özellikleri detaylı olarak analiz edilebilmekte ve ΔF ile ΔR değerleri aracılığıyla lezyonun derinliği ve şiddeti hakkında daha hassas bilgiler elde edilmektedir (14, 88, 89).

Proksimal çürük ve sağlıklı yüzeyleri değerlendiren çalışmalardan bazılarında, floresans görüntülerinin, oklüzal yüzeyden alınmasının indirekt bir değerlendirme yöntemi olduğu ve bu nedenle lezyon derinliği ile floresans parametreleri arasındaki ilişkinin doğrulanmasını güçleştirdiği ileri sürülmüştür (90). Ancak, diğer çalışmalar, QLF teknolojisinin, proksimal diş çürüklerini tespit etmek için tarama aracı ve referans olarak etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (77, 91). Başka bir çalışmada ise QrayCam Pro ile oklüzal yüzeylere dik (90 derece) alınan görüntülerin, diğer açılardan çekilen görüntülere kıyasla çürük tespitinde daha az etkili olduğu ileri sürülmüştür (92).

Geleneksel yöntemlerle çürüklerin erken tespiti için kullanılan radyografiler radyasyon maruziyeti gibi sınırlamalarına sahiptir (14, 88). Bir sistematik derlemeye göre, proksimal çürük tespiti için radyografinin sensitivitesinin düşük (0,58) olduğu belirtilmiştir (8). Daha yakın tarihli bir çalışmada ise QLF cihazlarının geçerliliği değerlendirilmiş ve AUROC değerinin 0,860–0,902 olduğu, bu değer sistematik

derlemede incelenen diğer tanı yöntemlerinden daha yüksek olduğu öne sürülmüştür (88).

Bu çalışmaya benzer şekilde, daha önce yapılan bazı çalışmalarda da, ICDAS II ve radyografik skorlar altın standart olarak kullanılmıştır (78, 88). Literatürde, QLF parametrelerinin validitesinin, altın standar olarak histolojik analize göre değerlendirildiği çalışmalar da vardır (80, 93). Bir araştırmada, mine (D1) ve dentin (D3) lezyonlarını tespit etmek için ICDAS II, dental radyografi ve QLF-D yöntemleri karşılaştırılmış ve her bir yöntemin farklı alanlarda öne çıktığı görülmüştür. D1 seviyesinde, ICDAS II en yüksek sensitiviteyi göstererek erken mine lezyonlarını etkili bir şekilde tespit etmiştir (93). Dental radyografiler ise çürüksüz vakaları doğru bir şekilde ayırt ederek en yüksek spesifisiteyi sağlamıştır (93). Daha derin dentin lezyonlarını temsil eden D3 eşiğinde, QLF-D en yüksek genel geçerlilik (AUC: 0,76) değerine sahip olmuştur (93). Diğer araştırma ise QS oklüzal skoru ile ΔF_{max} arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir (80). Ancak, in vitro deneyler gerçek klinik ortamı tam olarak yansıtamadığı için sınırlıdır ve klinik çalışmalar ile desteklenmelidir.

Bizim çalışmamız, QrayCam Pro'nun tanısal doğruluğunu ve klinik uygulanabilirliğini daha kapsamlı bir şekilde ele alarak, Kim ve arkadaşları (94) tarafından yapılan in vitro çalışmaya kıyasla daha geniş bir perspektif sunmaktadır. Kim ve arkadaşlarının çalışması (94), 35 çekilmiş diş ve 38 diş yüzeyi kullanarak çürüksüz servikal lezyonları değerlendirmiş ve QrayCam Pro ile QLF-D'nin performansını karşılaştırmıştır. Her iki çalışmada da yüksek AUROC değerleri rapor edilmiştir.

Bizim çalışmamız klinik koşullarda gerçekleştirilmiş ve hem oklüzal hem de proksimal yüzeylerde çürük aktivitesini ve şiddetini değerlendiren QrayCam Pro'nun etkinliğini altın standart klinik skorlarla (ICDAS, ICCMS, Nyvad) ilişkilendirerek güçlü korelasyonlar ($r = 0,749-0,890$) ortaya koymuştur. Kim ve arkadaşlarının çalışması (94), dentin aşınmasına odaklanarak iki cihazın karşılaştırmasını yaparken, bizim çalışmamız QrayCam Pro'nun çürük teşhisindeki çok yönlü klinik kullanımını

doğrulanmış ve bu cihazın tanısal performansının gerçek klinik uygulamalarda ne kadar etkili olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, çok merkezli bir yapıda gerçekleştirilmediği ve birden fazla operatör yer almadığı için, kullanıcıya bağlı araştırmacılar arasındaki güvenilirlik değerlendirilememiştir. Bununla birlikte, örneklem büyüklüğü cihazın validitesini değerlendirmek için yeterli olmakla beraber, daha kesin ve genellenebilir sonuçlar elde etmek amacıyla daha büyük bir örneklem grubuyla yapılacak çalışmalar önerilmektedir.

QrayCam Pro'nun dezavantajları arasında ilk olarak teknik hassasiyet yer almaktadır. Ayrıca, ortam koşulları da cihazın performansını etkileyebilir; sıcaklık, nem ve ışıklandırma gibi faktörlerin dikkate alınması, cihazın güvenilirliğini artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Diğer yandan, cihazın kullanıcıya duyarlılığı da göz ardı edilmemelidir; deneyimsiz ya da eğitim almamış kullanıcıların hatalı sonuçlar elde etme riski daha yüksek olup, bu durum yanlış teşhis ve tedaviye neden olabilir. Bu tür hataların önlenmesi için cihazın iyi tanınması ve üretici talimatlarını doğru uygulaması kritik öneme sahiptir (14). Cihazın bir diğer dezavantajı ise, dış yüzeyinde leke ve plak varlığının QrayCam Pro'nun ölçümlerini etkileyebilmesidir. QLF görüntülemesinden önce kapsamlı bir profesyonel temizlik yapılsa dahi, dış plağı ve leke kalıntıları bu çalışmanın sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, cihaz kullanılmadan önce dişlerin profesyonel olarak temizlenmesi gerektiği vurgulanmalıdır. Plak ve leke birikiminin cihazın sonuçlarını nasıl etkilediği üzerine standart klinik protokoller geliştirilmesi önerilebilir. Plak birikimi nedeniyle oluşan yanlış pozitif sonuçlar, tedavi planlamasını yanlış yönlendirebilir; bu durumun önüne geçmek için cihazın yazılımında iyileştirmeler yapılması da dikkate alınabilir (14).

Özellikle hipomineralize bölgeler, normal diş dokusundan farklı optik özelliklere sahip olduğundan, bu bölgeler floresans ölçümlerinde çürükle karıştırılabilir (58). Diğer yandan, dış yüzeyinde kalan cila patı, ışığın yansıma ve saçılma özelliklerini değiştirerek çürük tespiti sırasında yanıltıcı sonuçlara yol açabilir. Benzer şekilde, dolgu materyalleri de ışığı farklı şekilde yansıtır veya emer, bu da ölçümlerde hata payını artırabilir. Bu faktörlerin etkilerini azaltmak için, klinik

protokoller ve yorumlama yöntemleri dikkatlice uygulanmalıdır. Bu sayede, çürüklerin daha doğru bir şekilde tespit edilmesi sağlanabilir (58). Son olarak, cihazın zaman kaybını önlemesi için hazırlanmış bir alanın olması önemli bir faktördür; aksi takdirde QrayCam Pro, işlem süresini uzatabilir ve bu durum, yoğun hasta trafiği olan kliniklerde dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Cihazın hızlı bir şekilde kurulabilmesi ve işlem sürelerinin optimize edilmesi için uygun protokoller uygulanmalıdır.

Bu çalışmada, QLF görüntülerinin alınması sırasında, çalışma yönetiminde sonuçları etkileyebilecek bazı faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Öncelikle, dış yüzeylerinden yayılan floresansın doğru bir şekilde algılanmasını sağlamak amacıyla ortam ışığını en aza indiren bir karanlık oda kullanımı tercih edilmiştir. Kontrollü ışık koşulları sağlanmadığında, mineral içeriği ve bakteriyel aktiviteyi gösteren floresans sinyalleri dış ışık kaynaklarından etkilenebilir; bu da ΔF_{max} ve ΔR_{max} gibi çürük şiddeti ve bakteriyel aktiviteyi değerlendiren parametrelerin doğruluğunu azaltabilir. Ayrıca, dudak ve dil ekartörü kullanılarak standardizasyon sağlanmıştır. Yanak, dil ve dudakların ekarte edilmesi dış yüzeylerinin net bir şekilde görünmesini sağlar ve gölgelenmeyi azaltır. Bu sayede, dış yüzeylerinin tamamı eşit şekilde floresans ölçümüne açık hale gelir, görüntü netliği artar ve sonuçlar daha tutarlı olur. Ayrıca, sabit bir pozisyon sağladığı için görüntüleme açısı ve mesafesi korunur; bu da ΔF_{max} ve ΔR_{max} gibi ölçümlerin doğruluğunu artırır. Özellikle proksimal yüzeylerde ayna yardımıyla 90 derecelik açıyla görüntü alma işlemi hassasiyet gerektirdiğinden, açıda oluşabilecek ufak sapmalar floresans ölçümlerinde sapmaya neden olabilir (79). Aynı zamanda QrayCam Pro ile, oklüzal yüzeylere dik alınan görüntülerin, diğer açılardan çekilen görüntülere kıyasla çürük tespitinde daha az etkili olduğu ileri sürülmüştür (92, 93). Son olarak, analiz alanlarının seçiminde üretici talimatlarına uyularak, analiz alanı çürük alanla birlikte, çürüksüz, pit veya fissür içermeyen sağlıklı bölgeleri de kapsamalıdır.

Bu çalışmada oklüzal ve proksimal dış yüzeylerinin aynı anda değerlendirilmesi, diş hekimliği literatüründe çok az sayıda çalışmada ele alınmıştır. Oklüzal ve proksimal yüzeylerin çürük tespiti açısından birbirinden oldukça farklı zorluklar

barındırdığı bilinmektedir ve bu nedenle, QrayCam Pro'nun her iki yüzeydeki performansının karşılaştırmalı olarak incelenmesi, cihazın genel etkinliğinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Oklüzal çürükler genellikle görsel muayene sırasında daha kolay tespit edilebilen lezyonlar olmasına karşın, proksimal çürükler, özellikle erken evrede olduklarında, genellikle daha gizli kalmakta ve tespiti zorlaşmaktadır (85, 86). Bu zorluklar karşısında QrayCam Pro'nun bu iki farklı yüzeydeki performansını ayrıntılı bir şekilde incelemek, cihazın çürük tespitindeki başarısını anlamamıza olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada, çürük tespitinde büyük azı ve küçük azı gibi farklı diş tiplerinin farklı topografik ve anatomik özelliklerinden kaynaklanabilecek ölçüm farklılıklarını en aza indirmek amacıyla, kontrol grubundaki dişlerin aynı diş tipinden seçilmesine özen gösterildi. Bu sayede, anatomik varyasyonların ölçüm sonuçlarına etkisi elimine edilmeye çalışıldı. Büyük azı dişlerinin derin fissür yapıları, QrayCam Pro'nun çürük tespit sensitivitesini etkileyebilecekken, küçük azı dişlerinin daha düz yüzeyleri cihazın bu bölgelerdeki çürükleri daha kolay analiz etmesine olanak sağlamış olabilir.

QrayCam Pro'nun yalnızca kısa vadeli teşhislerde değil, aynı zamanda çürük ilerlemesinin uzun vadeli takibinde de nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceği tartışılabilir. Uzun süreli takipler, erken müdahalenin çürük gelişimi üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için değerli veriler sağlayabilir. Klinik vaka çalışmaları, QrayCam Pro'nun belirli bir süre boyunca kullanıldığı hastalarda çürüklerin farklı tedavi stratejileri ile nasıl ilerlediğini veya gerilediğini inceleyerek cihazın klinik koşullardaki etkinliğini doğrulayabilir. Bu tür uzun dönem çalışmalar, hastaya bağlı değişkenlerin (örneğin, yaş, diyet, ağız hijyeni alışkanlıkları) çürük takibi üzerindeki etkilerini değerlendirebilir. Böylelikle, bireyselleştirilmiş çürük yönetimi yaklaşımlarının gerekliliğini ortaya koyarak, QrayCam Pro'nun bu değişkenler çerçevesinde nasıl daha etkili kullanılabileceğine dair önemli veriler sunabilir.

QrayCam Pro'nun yeni ortaya çıkan diğer çürük tespit teknolojileri ile karşılaştırılması üzerine daha derinlemesine araştırmalar yapılabilir. Örneğin, lazer floresans teknolojileri, dijital radyografi veya yapay zekâ destekli tespit yöntemleri gibi alternatif teknolojilerle yapılan karşılaştırmalar, hangi teknolojilerin hangi klinik

senaryolarda daha uygun olduğunu anlamaya yardımcı olacaktır. Aynı zamanda, farklı teknolojilerin sensitivite (çürükleri doğru tespit etme yeteneği) ve spesifisite (yanlış pozitif sonuçları en aza indirme yeteneği) oranlarının karşılaştırılması da kritik öneme sahiptir. Bu karşılaştırmalar, QrayCam Pro'nun avantajlarını ve sınırlamalarını daha net ortaya koyarak daha derinlemesine tartışmalar yapılmasına olanak sağlar. Son olarak, QrayCam Pro'nun diğer teknolojilerle maliyet ve etkinlik açısından değerlendirilmesi de gereklidir. Böylece diş hekimleri, hangi cihazın ekonomik ve pratik açıdan daha verimli olduğuna dair daha bilinçli kararlar alabilecek, klinik kullanımlarda maliyet-etkinlik değerlendirmeleri detaylandırılabilir.

Elde edilen çalışmanın bulguları, QrayCam Pro'nun lezyon aktivitesi değerlendirmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Bu veriler, cihazın tedavi planlamasında nasıl bir rol oynayabileceği konusunda ek bilgiler sunmaktadır. Özellikle proksimal ve oklüzal yüzeylerde erken çürüklerin erken ve doğru teşhisinde sağladığı yüksek sensitivite, QrayCam Pro'nun geleneksel yöntemlerle gözden kaçabilecek lezyonları etkili bir şekilde saptama kapasitesini göstermektedir. Bu özellikler, cihazı hem tanısal doğruluğu artıran hem de zamandan tasarruf sağlayan değerli bir araç haline getirmektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, QrayCam Pro'nun klinik kullanıma uygun bir çürük tespit cihazı olduğunu ve hasta yönetimini iyileştirerek daha erken ve doğru müdahalelere olanak tanıdığını göstermektedir. Bu çalışmada QrayCam Pro'nun diş hekimliği pratiğinde rutin kullanım potansiyeli değerlendirilmiştir. Gelecekte yapılacak daha kapsamlı çalışmalarla cihazın performansının ve etkinliğinin daha da geliştirilerek klinik tanı süreçlerine önemli bir destek sağlamaya devam edeceği öngörülmektedir.

Bu çalışmada, QrayCam Pro'nun dijital görüntüleme teknolojisi, çürük lezyonlarının yüksek sensitivite ve spesifisite ile erken ve doğru tespitini sağlayabildiği görüldü. QrayCam Pro, mineral kaybını değerlendirmede güvenilir sonuçlar sunmuş ve hem oklüzal hem de proksimal yüzeylerde geleneksel yöntemlerle güçlü bir uyum göstermiştir. ΔF_{max} parametresi, çürük teşhisinde cihazın etkinliğini ortaya koyarak klinik skorlarla tutarlı bir performans sergilemiştir.

8.KAYNAKLAR

1. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet*. 369(9555), 51–59, 2007.
2. Takahashi N, Nyvad B. The role of bacteria in the caries process: ecological perspectives. *J Dent Res*. 90(3), 294–303, 2011.
3. König KG. Clinical manifestations and treatment of caries from 1953 to global changes in the 20th century. *Caries Res*. 38(3), 168–172, 2004.
4. Schiffner U. Verwendung von Fluoriden zur Kariesprävention [Use of fluorides for caries prevention]. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz*. 64(7), 830–837, 2021.
5. Ricketts DN, Kidd EA, Smith BG, Wilson RF. Clinical and radiographic diagnosis of occlusal caries: a study in vitro. *J Oral Rehabil*. 22(1), 15–20, 1995.
6. Jablonski-Momeni A, Stachniss V, Ricketts DN, Heinzel-Gutenbrunner M, Pieper K. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res*. 42(2), 79–87, 2008.
7. Dikmen B. Icdas II criteria (international caries detection and assessment system). *J Istanbul Univ Fac Dent*. 49(3), 63–72, 2015.
8. Gomez J, Tellez M, Pretty IA, Ellwood RP, Ismail AI. Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol*. 41(1), 54–66, 2013.
9. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent*. (10), 727–739, 2006.
10. Hope CK, de Josselin de Jong E, Field MR, Valappil SP, Higham SM. Photobleaching of red fluorescence in oral biofilms. *J Periodontal Res*. 46(2), 228–234, 2011.
11. Amaechi BT, Higham SM. Quantitative light-induced fluorescence: a potential tool for general dental assessment. *J Biomed Opt*. 7(1), 7–13, 2002.
12. Kim YS, Lee ES, Kwon HK, Kim BI. Monitoring the maturation process of a dental microcosm biofilm using the Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D) [published correction appears in *J Dent*. 42(6), 691–696, 2014].
13. Oh, S.H., Choi, JY. & Kim, SH. Evaluation of dental caries detection with quantitative light-induced fluorescence in comparison to different field of view devices. *Sci Rep* 12, 6139, 2022.

14. Park, S. W., Kim, S. K., Lee, H. S., Lee, E. S., de Josselin de Jong, E., & Kim, B. I. Comparison of fluorescence parameters between three generations of QLF devices for detecting enamel caries in vitro and on smooth surfaces. *Photodiagn Photodyn Ther*, 25, 142–147, 2019.
15. Featherstone J.D. (2008). Dental caries: a dynamic disease process. *Aust Dent J*, 53(3), 286–291, 2008.
16. Kielbassa AM, Muller J, Gernhardt CR. Closing the gap between oral hygiene and minimally invasive dentistry: a review on the resin infiltration technique of incipient (proximal) enamel lesions. *Quintessence Int*. 40(8), 663–681, 2009.
17. Fejerskov O, Nyvad B, editors. *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management*. 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2024.
18. Ritter, A. V., Boushell, L. W., & Walter, R. Dental caries: Etiology, clinical characteristics, risk assessment, and management. In A. V. Ritter, L. W. Boushell, & R. Walter (Eds.), *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 7th ed. pp. 40–94. 2018.
19. Heymann GC, Grauer D. A contemporary review of white spot lesions in orthodontics. *J Esthet Restor Dent*. 25(2):85-95, 2013.
20. Conrads G, About I. Pathophysiology of Dental Caries. *Monogr Oral Sci*. 27:1-10, 2018.
21. Park SW, Kang SM, Lee HS, Kim SK, Lee ES, Kim BR, de Josselin de Jong E, Kim BI. Lesion activity assessment of early caries using dye-enhanced quantitative light-induced fluorescence. *Sci Rep*.13;12(1):11848, 2022.
22. Boushell LW, Sturdevant JR. Clinical significance of dental anatomy, histology, physiology, and occlusion. pp. 1–40. In: Heymann HO, Swift EJ, Ritter AV, editors. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 7th ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2018.
23. Butler WT, Bhowm M, Brunn JC. et al. Isolation, characterization and immunolocalization of a 53-kDal dentin sialoprotein (DSP). *Matrix*. 12:343–351, 1992.
24. Butler WT, Ritchie H. The nature and functional significance of dentin extracellular matrix proteins. *Int J Dev Biol*. 39(1):169-179, 1995.
25. Finkelman RD, Mohan S, Jennings JC, Taylor AK, Jepsen S, Baylink DJ. Quantitation of growth factors IGF-I, SGF/IGF-II, and TGF-beta in human dentin. *J Bone Miner Res*. 5(7):717-723, 1990.
26. Roberts-Clark DJ, Smith AJ. Angiogenic growth factors in human dentine matrix. *Arch Oral Biol*. 45(11):1013-1016, 2000.

27. El Karim IA, Linden GJ, Curtis TM et al. Human odontoblasts express functional thermo-sensitive TRP channels: implications for dentin sensitivity. *Pain*. 152(10):2211-2223, 2011.
28. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc*. 131(7):887-899, 2000.
29. González-Cabezas C. The chemistry of caries: remineralization and demineralization events with direct clinical relevance. *Dent Clin North Am*. 54(3):469-478, 2010.
30. Pinelli C, Campos Serra M, de Castro Monteiro Loffredo L. Validity and reproducibility of a laser fluorescence system for detecting the activity of white-spot lesions on free smooth surfaces in vivo. *Caries Res*, 36(1):19-24, 2002.
31. Braga MM, Mendes FM, Ekstrand KR. Detection activity assessment and diagnosis of dental caries lesions. *Dent Clin North Am*. 54(3):479-493, 2010.
32. Tikhonova S.M., Feine J.S., Pustavoitava N.N., & Allison P.J. Reproducibility and diagnostic outcomes of two visual-tactile criteria used by dentists to assess caries lesion activity: a cross-over study. *Caries Res*, 48(2), 126–136, 2014.
33. Giacaman R.A., Muñoz-Sandoval C., Neuhaus K.W., Fontana M., & Chałas R. Evidence-based strategies for the minimally invasive treatment of carious lesions: Review of the literature. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 27(7), 1009–1016, 2018.
34. Ismail A.I. et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 35(3), 170–178, 2007.
35. Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, Ekstrand K, Weintraub JA, Ramos-Gomez F, Tagami J, Twetman S, Tsakos G, Ismail A. Dental caries. *Nat Rev Dis Primers*. 3:17030, 2017.
36. Nyvad B., Machiulskiene V., & Baelum V. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res*, 33(4), 252–260, 1999.
37. Bayrak G.D., & Selvi-Kuvvetli S. Çürük belirleme yöntemlerine güncel yaklaşımlar. *Selcuk Dent J*, 6(1), 82–90, 2019.
38. Frencken, J. E., de Amorim, R. G., Faber, J., & Leal, S. C. The Caries Assessment Spectrum and Treatment (CAST) index: rational and development. *Int Dent J*, 61(3), 117–123. 2011.

39. Dayo AF, Amaechi BT, Noujeim M, Deahl ST, Gakunga P, Katkar R. Comparison of photothermal radiometry and modulated luminescence, intraoral radiography, and cone beam computed tomography for detection of natural caries under restorations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.*129(5), 539–548, 2020.
40. Schwendicke, F., Tzschoppe, M., & Paris, S. Radiographic caries detection: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 43(8), 924–933, 2015.
41. Dayo, A. F., Wolff, M. S., Syed, A. Z., & Mupparapu, M. Radiology of Dental Caries. *Dental Dent Clin North Am*, 65(3), 427–445, 2021.
42. Tassery H, Levallois B, Terror E, Manton DJ, Otsuki M, Koubi S et al. Use of new minimum intervention dentistry technologies in caries management. *Aust Dent J.* ;58(Suppl 1):40–59. 2013.
43. Bennett T.A. Emerging technologies for diagnosis of dental caries: The road so far. *J Appl Phys*, 105(10), 10204, 2009.
44. Korkut B., Tagtekin D.A., & Yanıkoğlu F.Ç. Diş çürüklerinin erken teşhisi ve teşhiste yeni yöntemler: QLF, Diagnodent, Elektriksel İletkenlik ve Ultrasonik Sistem. *EÜ Diş Hek Fak Derg*, 32, 55–67, 2011.
45. Karlsson L. Caries Detection Methods Based on Changes in Optical Properties between Healthy and Carious Tissue. *Int Dent J*, 270729, 2010.
46. DeVon HA, Block ME, Moyle-Wright P et al. A psychometric toolbox for testing validity and reliability. *J Nurs Scholarsh.*39(2):155-164, 2007.
47. Schneiderman A. et al. Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): in vitro study. *Caries Res.* 31(2), 103–110, 1997.
48. Söchtig F., Hickel R., & Kühnisch J. Caries detection and diagnostics with near-infrared light transillumination: clinical experiences. *Quintessence Int*, 45(6), 531–538, 2014.
49. Jones B. et al. Caries Detection in Primary Teeth Using Intraoral Scanners Featuring Fluorescence: Protocol for a Diagnostic Agreement Study. *JMIR Research Protocols*, 12, e51578, 2023.
50. Terror E. et al. Performance of Fluorescence-based Systems in Early Caries Detection: A Public Health Issue. *J Contemp Dent Pract*, 20(10), 1126–1131, 2019.
51. Macey R. et al. Fluorescence devices for the detection of dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD013811, 2020.

52. Foreman P.C. The excitation and emission spectra of fluorescent components of human dentine. *Archives of Oral Biology*, 25(10), 641–647, 1980.
53. Akgül S. Başlangıç okluzal çürük lezyonlarında farklı teşhis yöntemlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2015.
54. Spagopoulos D., Michou S., Gizani S., Pappa E., Rahiotis C. Fluorescence and Near-Infrared Light for Detection of Secondary Caries: A Systematic Review. *Dent J*, 11(12), 271, 2023.
55. Neuhaus K.W. et al. Novel lesion detection aids. *Monographs in Oral Science*, 21, 52–62, 2009.
56. Jeon, R. J., Han, C., Mandelis, A., Sanchez, V., & Abrams, S. H. Diagnosis of pit and fissure caries using frequency-domain infrared photothermal radiometry and modulated laser luminescence. *Caries Res*, 38(6), 497–513. 2004.
57. Abdelaziz M. Detection, Diagnosis, and Monitoring of Early Caries: The Future of Individualized Dental Care. *Diagnostics*, 13(24), 3649, 2023.
58. Hibst R., Paulus R., & Lussi A. Detection of Occlusal Caries by Laser Fluorescence: Basic and Clinical Investigations. *Medical Laser Applications*, 16, 205–213, 2001.
59. Yehua D. et al. Evaluation of DIAGNOdent pen for initial occlusal caries diagnosis in permanent teeth. *BMC Oral Health*, 24(1), 1111, 2024.
60. Perdiou A. et al. In Vivo Performance of Visual Criteria, Laser-Induced Fluorescence, and Light-Induced Fluorescence for Early Caries Detection. *Diagnostics*, 13(20), 3170, 2023.
61. Charvat J, Prochazka A, Kucera T, Tichy A, Yurchenko M, Himmlova L. Diffuse Reflectance Spectroscopy as a Novel Method of Caries Detection—An In Vitro Comparative Study in Permanent Teeth. *Diagnostics*. 13(11):1878, 2023.
62. Jablonski-Momeni A., Liebegall F., Stoll R., Heinzl-Gutenbrunner M., & Pieper K. Performance of a new fluorescence camera for detection of occlusal caries in vitro. *Lasers in Medical Science*, 28(1), 101–109, 2013.
63. Jablonski-Momeni A., Jablonski B., & Lippe N. Clinical performance of the near-infrared imaging system VistaCam iX Proxi for detection of approximal enamel lesions. *BDJ Open*, 3, 17012, 2017.
64. Edrees A, Hassanein O, Shaalan O, Yassen A. Accuracy of high definition near infrared transillumination camera in detection of hidden proximal caries. *J Clin Exp Dent*.1;15(1):e1-e8, 2023.

65. Metzger Z. et al. Reflected near-infrared light versus bite-wing radiography for the detection of proximal caries. *J Dent*, 116, 103861, 2022.
66. Desai D. et al. Carie Scan-A Diagnostic Test for Dental Caries *Int J Oral Health Dent Manag*, 1(1), 1–2, 2023.
67. Teo T.K. et al. 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*, 18(3), 737–744, 2014.
68. Pretty I.A., & Ellwood R.P. The caries continuum: opportunities to detect, treat, and monitor the re-mineralization of early caries lesions. *J Dent*, 41(Suppl 2), S12–S21, 2013.
69. Çalışkan Yanikoğlu, F., Öztürk, F., Hayran, O., Analoui, M., & Stookey, G. K. Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res*, 34(3), 225–232, 2000.
70. Öztürk Bozkurt F, Mikrobiyal Modelle Hazırlanan Mine Çürük Lezyonunun Erken Safhada Teşhis Edilmesinde ve Remineralizasyonun Belirlenmesinde Çeşitli Metotların Etkilerinin Değerlendirilmesi. M.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2003.
71. Tagtekin, D. A., Ozyoney, G., Baseren, M., Ando, M., Hayran, O., Alpar, R., Gokalp ve ark. Caries detection with DIAGNOdent and ultrasound. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 106(5), 729–735, 2008.
72. Hund, S. M. M., Golde, J., Tetschke, F., Basche, S., Meier, M., Kirsten, L., Koch, E., Hannig, C., & Walther, J. ve ark. Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography for Monitoring De- and Remineralization of Bovine Enamel In Vitro. *Diagnostics*, 14(4), 367, 2024.
73. Ünsal Şahin, F., & Topuz, Ö. Diş hekimliği araştırmalarında mikrobilgisayarlı tomografi uygulamaları. *Acta Odontologica Turcica*, 31(2), 114-20. 2014.
74. Ko, A. C., Choo-Smith, L. P., Hewko, M., Sowa, M. G., Dong, C. C., & Cleghorn, B. Detection of early dental caries using polarized Raman spectroscopy. *Optics Express*, 14(1), 203–215, 2006.
75. Kanar, Ö., Tağtekin, D., & Korkut, B. Comparison of intraoral and extraoral scanners for volumetric assessment before and after caries removal by the ICDAS score: a quantitative analysis. *Clin Oral Investig*, 28(11), 624. 2024.
76. Lin, W. S., Alfaraj, A., Lippert, F., & Yang, C. C. Performance of the caries diagnosis feature of intraoral scanners and near-infrared imaging technology-A narrative review. *J Prosthodont*, 32(S2), 114–124. 2023.

77. Ismail AI, Pitts NB, Tellez M, Banerjee A, Deery C, Douglas G ve ark. The International Caries Classification and Management System (ICCMS™): An example of a caries management pathway. *BMC Oral Health*, 15 Suppl 1(Suppl 1):S9, 2015.
78. Cho KH, Kang CM, Jung HI, Lee HS, Lee K, Lee TY ve ark. The diagnostic efficacy of quantitative light-induced fluorescence in detection of dental caries of primary teeth. *J Dent*, 115, 103845, 2021.
79. Buchalla, W., Lennon, A. M., van der Veen, M. H., & Stookey, G. K. Optimal camera and illumination angulations for detection of interproximal caries using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res*, 36(5), 320–326, 2002.
80. Jung, E. H., Lee, E. S., Jung, H. I., Kang, S. M., de Josselin de Jong, E., & Kim, B. I. Development of a fluorescence-image scoring system for assessing noncavitated occlusal caries. *Photodiagn Photodyn Ther*, 21, 36–42, 2018.
81. Kim HE. Development of a novel in vitro model for non-cavitated carious lesion formation reflecting carious lesion activity. . *Photodiagn Photodyn Ther* 46:104037, 2024.
82. Kim BR, Kang SM, de Josselin de Jong E, Kwon HK, Kim BI. In vitro red fluorescence as an indicator of caries lesion activity. *Operative Dent*. 44(4):405-13, 2019.
83. Kim H. E. Red fluorescence intensity as a criterion for assessing remineralization efficacy in early carious lesions. *Photodiagn Photodyn Ther*, 45, 103963. 2024.
84. Lee, Ye-Ran & Kim, Hee-Eun. Red fluorescence threshold for assessing the lesion activity of early caries. . *Photodiagn Photodyn Ther*, 32. 102040. 10.1016/j.pdpdt.102040. 2020.
85. Ferreira Zandoná, A., Santiago, E., Eckert, G., Fontana, M., Ando, M., & Zero, D. T. Use of ICDAS combined with quantitative light-induced fluorescence as a caries detection method. *Caries Res*, 44(3), 317–322, 2010.
86. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Hickel R, Stösser L, Heinrich-Weltzien R. In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. *Acta Odontol Scand*, 65(3), 183–188, 2007.
87. Jallad, M., Zero, D., Eckert, G., & Ferreira Zandona, A. In vitro Detection of Occlusal Caries on Permanent Teeth by a Visual, Light-Induced Fluorescence and Photothermal Radiometry and Modulated Luminescence Methods. *Caries Res*, 49(5), 523–530, 2015.

88. Kim, E. S., Lee, E. S., Kang, S. M., Jung, E. H., de Josselin de Jong, E., Jung, H. I., & Kim, B. I. A new screening method to detect proximal dental caries using fluorescence imaging. . *Photodiagn Photodyn Ther*, 20, 257–262, 2017.
89. van der Veen, M. H., Thomas, R. Z., Huysmans, M. C., & de Soet, J. J. Red autofluorescence of dental plaque bacteria. *Caries Res*, 40(6), 542–545, 2006.
90. Barbosa de Sousa, F., Dias Soares, J., & Sampaio Vianna, S. Natural enamel caries: a comparative histological study on biochemical volumes. *Caries Res*, 47(3), 183–192, 2013 .
91. Geibel, M. A., Carstens, S., Braisch, U., Rahman, A., Herz, M., & Jablonski-Momeni, A. Radiographic diagnosis of proximal caries—influence of experience and gender of the dental staff. *Clin Oral Invest* 21, 2761–2770, 2017.
92. Oh, S.H.; Lee, S.R.; Choi, J.Y.; Choi, Y.S.; Kim, S.H.; Yoon, H.C.; Nelson, G. Detection of Dental Caries and Cracks with Quantitative Light-Induced Fluorescence in Comparison to Radiographic and Visual Examination: A Retrospective Case Study. *Sensors* , 21, 1741, 2021.
93. Ko, H. Y., Kang, S. M., Kim, H. E., Kwon, H. K., & Kim, B. I. Validation of quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D) for the detection of approximal caries in vitro. *J Dent*, 43(5), 568–575, 2015.
94. Kim, S. K., Lee, E. S., & Kim, B. I. Generational shift for clinical application of the QLF system for evaluating tooth wear. *Photodiagn Photodyn Ther*, 104413. 2024.

9.EKLER

EK-1

Gönlü Olur Formu

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

Bu çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme sonrası özgürce vermeniz gerekmektedir. Size özel hazırlanmış bu bilgilendirmeyi lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz.

ÇALIŞMANIN ADI

Yeni nesil kantitatif ışık ölçümlü bir floresans cihazının (QrayCam Pro) validitesinin değerlendirilmesi

ÇALIŞMANIN AMACI NEDİR?

Amacımız, 3.jenerasyon QRAYCAM PRO'nun çürük teşhis edebilme performansını radyografik ve klinik muayene bulguları ile karşılaştırarak değerlendirmektir.

KATILMA KOŞULLARI NEDİR?

Bu çalışmaya dahil edilebilmeniz için sistemik olarak sağlıklı (herhangi hastalığınız olmaması) olmanız; dişeti tedavisi ihtiyacınız olmaması ve ağız hijyeninizin iyi olması gerekmektedir.

NASIL BİR UYGULAMA YAPILACAKTIR?

Rutin klinik ve radyografik diş muayenesinin ardından QrayCam Pro isimli cihaz yardımıyla dişlerinizin görüntüleri alınacaktır. Bu cihaz farklı renkte bir ışık yayar ve dişinizden yansıyan ışık dişte çürük varlığı hakkında bilgi verir. Bu nedenle görüntü alınırken odanın karanlık olması gerekmektedir. Ağız ve dişleri çevreleyen yanak, dudak ve dilin görüntü alınırken ekarte edilmesi gerekir.

SORUMLULUKLARIM NEDİR?

Herhangi bir sorumluluğunuz yoktur.

KATILIMCI SAYISI NEDİR?

Araştırmada yer alacak gönüllülerin sayısı 60 olarak belirlenmiştir.

GÖNÜLLÜNÜN BU ARAŞTIRMADAKİ TOPLAM KATILIM SÜRESİ NE KADAR?

Bu araştırmada gönüllerin tekrar katılımları gerekli değildir. Gönüllülerin araştırmaya katılım süresi rutin klinik muayeneye ek olarak yaklaşık 30 dakikadır ve gönüllülerden bir kez görüntü alınması yeterlidir.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI YARAR NEDİR?

Çürük tespiti için geliştirilen bu cihaz klinik muayeneye ek olarak, özellikle başlangıç çürüklerinin gözden kaçırılmaması ve radyografik muayene ihtiyacının azalması açısından faydalı olabilir.

ÇALIŞMAYA KATILMA İLE BEKLENEN OLASI RİSKLER NEDİR?

Araştırmada kullanılacak cihaz ve yaydığı ışığın bilinen bir yan etkisi yoktur.

ÇALIŞMADA BİR BİYOLOJİK MATERYAL ELDE EDİLECEK Mİ?

Bu çalışmada sizden herhangi bir biyolojik materyal (kan veya tükürük örneği gibi) alınması planlanmamaktadır.

ARAŞTIRMA SÜRECİNDE BİRLİKTE KULLANILMASININ SAKİNCALI OLDUĞU BİLİNER İLAÇLAR/BESİNLER NELERDİR?

Çalışma süresince birlikte kullanımının sakıncalı olduğu bilinen herhangi bir ilaç veya besin yoktur.

HANGİ KOŞULLARDA ARAŞTIRMA DIŞI BIRAKILABİLİRİM?

Araştırmaya katılmak istemediğiniz takdirde araştırma dışı bırakılabilirsiniz.

DİĞER UYGULAMALAR NELERDİR?

Başka bir uygulama yapılmayacaktır.

ÇALIŞMA KAPSAMINDAKİ GİDERLER KARŞILANACAK MIDIR?

Sizden veya sosyal güvenlik kurumlarından (SGK) ek bir maliyet talep edilmeyecektir.

ÇALIŞMAYI DESTEKLEYEN BİR KURUM VAR MI DIR?

Çalışmayı destekleyen bir kurum yoktur.

Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizle ilgili tıbbi veriler bilimsel amaçla kullanılmayacaktır.

KATILMAMA İLİŞKİN BİLGİLER KONUSUNDA GİZLİLİK SAĞLANABİLECEK MİDİR?

Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileriniz verilmeyecektir, ancak araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Siz de istediğinizde kendinize ait tıbbi bilgilere ulaşabilirsiniz

Çalışmaya Katılma Onayı:

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren 2 sayfalık metni okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Bu koşullar altında bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum. Bu formu imzalamakla yerel yasaların bana sağladığı hakları kaybetmeyeceğimi biliyorum.

Bu formun imzalı ve tarihli bir kopyası bana verildi.

GÖNÜLLÜNÜN		VELAYET VEYA VESAYET ALTINDA BULUNANLAR İÇİN VELİ VEYA VASININ	İMZASI
ADI & SOYADI			
ADRESİ			
TEL. & FAKS			
TARİH			

GEREKTİĞİ DURUMLARDA TANIK		İMZASI	TARİH
ADI & SOYADI			
GÖREVİ			

ARAŞTIRMA EKİBİNDE YER ALAN VE YETKİN BİR ARAŞTIRMACININ		İMZASI	TARİH
ADI & SOYADI			

10.ETİK KURUL ONAYI

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

Sayı : E-10840098-772.02-2132
Konu: Etik Kurulu Kararı

23/03/2023

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	'Yeni nesil kantitatif ışık ölçümlü bir floresans cihazının (QrayCam Pro) validitesinin değerlendirilmesi : Kesitsel klinik araştırma'			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Burcu Gözetici Çil			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Dr. Öğr. Üyesi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	İstanbul			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLARARASI ☐

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evracınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden D622E6E9X5 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

Sa:



İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU KARAR FORMU

Değerlendirilen Belgeler	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI			Türkçe ☐	İngilizce ☐	Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐	İngilizce ☐	Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐	İngilizce ☐	Diğer ☐
Karar Bilgileri	Karar No:296	Tarih: 16.03.2023				
	Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna “oybirliği” ile karar verilmiştir.					

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI	Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Dr. Öğr. Üyesi Mahmut TOKAÇ	Tıp Tarihi ve Etik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Prof. Dr. Mete ÜNGÖR	Endodonti	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Doç. Dr. Mehmet Kemal ÖZDEMİR	Elektrik ve Elektronik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Doç. Dr. İlknur KESKİN	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Doç. Dr. Devrim TARAKCI	Fizyoterapi ve Rehabilitasyon	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Dr. Öğr. Üyesi Neziha HACIHASANOĞLU ÇAKMAK	Biyokimya	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	E imzalıdır
Dr. Öğr. Üyesi Pakize YİĞİT	Sayısal Yöntemler/ Biyoistatistik	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	Katılmadı

* :Toplantıda Bulunma

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Evrağınızı <https://turkiye.gov.tr/istanbul-medipol-universitesi-ebys> linkinden D622E6E9X5 kodu ile doğrulayabilirsiniz.