



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

129890

**MİKROBİYAL MODELLE HAZIRLANAN MİNE ÇÜRÜK
LEZYONUNUN ERKEN SAHADA TEŞHİS EDİLMESİNDE VE
REMİNERALİZASYONUN BELİRLENMESİNDE ÇEŞİTLİ
METOTLARIN ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. FUNDA ÖZTÜRK BOZKURT
DOKTORA TEZİ

129890

DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANLARI İÇİN MÜHÜR

DANIŞMAN
Prof. Dr. FUNDA ÇALIŞKAN YANIKOĞLU

İSTANBUL - 2003

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANLARI İÇİN MÜHÜR

I) TEŞEKKÜR

Doktora öğrenciliğim süresince tüm bilgi birikimlerini paylaşan ve her durumda desteğini esirgemeyen sayın danışmanım Prof. Dr. Funda Çalışkan Yanıkoğlu'na

Tez deneylerimdeki yardımlarından ve değerli katkılarından dolayı Indiana University Oral Health Research Institute öğretim elemanları Prof. Dr. George K. Stookey, Dr. Margherita Fontana, Dr. Masatoshi Ando ve Dr. Carlos Gonzáles-Cabezas'e

Örneklerin CT görüntülerinin alınmasına olanak sağlayan sayın Doç. Dr. Davut Tüney'e

CT görüntülerinin bilgisayar ortamında taranmasına imkan tanıyan sayın Sabit Cıgızoğlu'na

Eğitimime katkıda bulunan "Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı" öğretim üyelerine ve dostluklarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma,

Tüm eğitim hayatım boyunca beni destekleyen sevgili aileme ve eşime teşekkürlerimi sunarım.

II) İÇİNDEKİLER

D) Teşekkür	I
II) İçindekiler	II
III) Kısaltmalar ve Simgeler	IV
IV) Şekil, resim ve tabloların listesi	V

1. Özet.....	1
2. Summary.....	2
3. Giriş ve Amaç.....	3
4. Genel Bilgiler.....	5
4.1. Çürük Teşhisinde Günümüz İhtiyaçları; Yeni Kavramlar ve Yeni Araçlar	
4.2. Çürük Lezyonun Dinamiği	
4.3. Çürük Lezyonların Teşhisi	
4.4. Çürüklerin Erken Dönemde Tespiti İçin Geliştirilen Metotlar	
4.5. <i>Confocal</i> Lazer Taramalı Mikroskop	
5. Gereç ve Yöntem	33
5.1. Örneklerin Hazırlanması	
5.2. Baseline Analizi	
5.3. <i>In vitro</i> Mikrobiyal Çürük Modeli Kullanılarak Lezyon Oluşturulması	
5.4. Demineralizasyon Sonrası Analizler	
5.4.1. Demineralizasyon Sonrası CT Analizi	
5.4.2. Demineralizasyon Sonrası QLF Analizi	
5.5. Remineralizasyon	
5.6. Remineralizasyon Sonrası Analizler	
5.6.1. Remineralizasyon Sonrası CT Analizi	
5.6.2. Remineralizasyon Sonrası QLF Analizi	
5.7. Kesim ve <i>Confocal</i> Lazer Taramalı Mikroskop Analizleri	
5.8. İstatistiksel Analiz	

6. Bulgular	49
6.1. <i>In Vitro Mikrobiyal Çürük Modeli</i>	
6.2. CT Bulguları	
6.3. QLF Bulguları	
6.4. CLSM Bulguları	
7. Tartışma.....	59
8. Sonuçlar	68
9. Kaynaklar.....	70
10. Özgeçmiş.....	85



III) KISALTMALAR VE SİMGELER

ANOVA: Varyans Analiz Testi

CCD: *Charged Coupled Device*

CFU/ml: *Colony Forming Unit / mililitre*

CLSM: *Confocal Lazer Taramalı Mikroskop*

CT : Kompüterize Tomografi

DDR: Direkt Dijital Radyografi

DIFOTI™: Dijital Görüntülü Fiber Optik Transillüminasyon

ECM: *Electronic Caries Monitor*

FOTI: Fiber Optik Transillüminasyon

g: gram

HAP: Hidroksiapatit

kHz: kiloHerz

LMR : *Longitudinal mikroradyografi*

lt: Litre

M: Mol

MHz: MegaHerz

ml: mililitre

MOhms: MegaOhm

MW: Mineral yıkama solüsyonu

mW/cm²: miliwatt / santimetre kare

nm: nanometre (10⁻⁹m)

ppm: *parts per million*

QLF: *Quantitative Light-Induced Fluorescence*

sn.: saniye

TACT: Tuned Aperture Kompüterize Tomografi

TISAB II: *Total Ionic Strength Adjustment Buffer*

TMR: Transverse mikroradyografi

TSBS: *Trypticase Soy Broth supplemented with Sucrose*

ΔQ: % fluorescence radianse'sında ortalama değişim x lezyon alanı, (% x mm²)

λ: Dalga boyu

Ω : Ohm

μm: mikron (10⁻⁶m)

IV) ŞEKİL, RESİM VE TABLOLARIN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1: Örnek ve QLF el kamerasının sabitlendiği düzenek	35
Şekil 2. Gereç ve Yöntemde anlatılan çalışma akış düzeninin şematik gösterimi	48
Resim 1: Mine örneğin buko-lingual görüntüsü	34
Resim 2: Mine örneği çapının dijital kumpas ile ölçümü (3 mm).....	34
Resim 3.a: Şeffaf poliakrilik çubuklara yerleştirilmiş mine örnekleri	34
Resim 3.b.: Şeffaf poliakrilik çubuklara yerleştirilmiş mine örneklerinin yüzey görünümü	34
Resim 4: Çalışmada kullanılan <i>Quantitative Light-Induced Fluorescence</i> cihazı	36
Resim 5: <i>In vitro</i> mikrobiyal çürük modeli	39
Resim 6: Demineralizasyon CT ölçümü için taranmış örneklerin görüntüsü (1 tel grubu)	40
Resim 7: Remineralizasyon uygulaması esnasında manyetik karıştırıcı (<i>stirring plate</i>) üzerindeki örnekler	44
Resim 8: Çalışmada kullanılan <i>Confocal</i> Lazer Taramalı Mikroskop.....	47
Resim 9: 300 ppm grubundan bir örneğin baseline QLF görüntüsü	55
Resim 10: Resim 9'daki örneğin demineralizasyon QLF görüntüsü	55
Resim 11: Resim 9'daki örneğin remineralizasyon QLF görüntüsü	55
Resim 12: CLSM ile 300 ppm grubundan bir örneğin demineralize lezyon görüntüsü (35 µm)	58
Resim 13: Resim 12'deki örneğin remineralize lezyon görüntüsü (30 µm)	58
Tablo 1: <i>In vitro</i> mikrobiyal çürük modelinde kullanılan solüsyonların günlük uygulama zamanları	38
Tablo 2: 20 gün süresince uygulanan remineralizasyon tedavisinin günlük uygulanım şekli.....	43
Tablo 3: <i>In vitro</i> mikrobiyal çürük modeli sonunda (4.gün) çürük oluşum ve atılım kaplarının pH değerleri	49
Tablo 4: Kap numaralarına göre bakteri sayıları	49

Tablo 5: 0, 300, 1100 ppm gruplarının demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası elde edilen ortalama CT değerleri	50
Tablo 6: 0, 300, 1100 ppm remineralizasyon gruplarının istatistiksel karşılaştırılması	51
Tablo 7: Baseline, demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası ortalama QLF değerleri	52
Tablo 8: QLF parametreleri açısından baseline (n=8), demineralizasyon (54) ve remineralizasyon (n=54) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması	53
Tablo 9: Demineralizasyon ve remineralizasyon uygulamaları sonrası ortalama QLF değerleri	54
Tablo 10: Demineralizasyon ve remineralizasyon değerlerinin QLF parametreleri açısından istatistiksel karşılaştırılması	54
Tablo 11: Demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası ortalama CLSM değerleri	57
Tablo 12: CLSM parametreleri açısından demineralizasyon ve remineralizasyon değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması	57

MİKROBİYAL MODELLE HAZIRLANAN MİNE ÇÜRÜK LEZYONUNUN ERKEN SAFHADA TEŞHİS EDİLMESİNDE VE REMİNERALİZASYONUN BELİRLENMESİNDE ÇEŞİTLİ METOTLARIN ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. ÖZET

Diş çürükleri, dişin sert dokularının enfeksiyöz hastalığıdır. Gelişmiş ülkelerde çürük görülme sıklığı ve yaygınlığındaki düşüş, erken tesbit metotları ve cihazların geliştirilmesine sebep olmuştur. **Bu çalışmanın amacı *in vitro* mikrobiyal çürük modeli ile çürük lezyonu oluşturulan mine örneklerinde Kompüterize Tomografi (CT), *Quantitative Light-Induced Fluorescence* (QLF) ve *Confocal Lazer Taramalı Mikroskop* (CLSM) yöntemlerini, çok erken çürüklerin ve remineralizasyonlarının tespitinde değerlendirmektir.** Bu amaçla 3 mm çapında hazırlanmış 64 adet mine örneği poliakrilik çubuklara monte edilmiştir. CT ve CLSM analizleri için 8 adet örnek baseline olarak saklanırken 56 örnekten baseline QLF görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra *in vitro* mikrobiyal çürük modeli kullanılarak erken safhada çürük lezyonları oluşturulmuştur. Oluşan çürük lezyon derinliğini kontrol amacıyla 2 adet örnek CLSM ile incelenmiş ve ortalama lezyon derinliği 38 µm olarak belirlenmiştir. Kalan 54 örneğin demineralizasyon CT ve QLF verileri elde edildikten sonra örnek yüzeylerinin yarısı aside dayanıklı cila ile örtülmüştür. Her grupta 18 adet örnek, rastgele olmak üzere 0, 300 ve 1100 ppm florür gruplarına dağıtılmış ve remineralizasyon uygulanmıştır. Remineralizasyon CT ve QLF verileri elde edildikten sonra örnekler ikiye ayrılmış ve CLSM ile lezyon derinliği, alanı ve toplam floresens kaybı açılarından analiz edilmiştir. CT baseline ve demineralizasyon arası fark bulunamazken, remineralizasyonda 0 ile 300 ve 0 ile 1100 grupları arasında fark tespit edilmiştir. QLF demineralizasyon ve baseline farkını belirleyemezken, demineralizasyon ve remineralizasyonda farkını belirlemiştir. CLSM demineralizasyon ve baseline arasındaki farkı belirlemiştir ancak demineralizasyon ve remineralizasyon arası farkı belirleyememiştir. Çalışmamız şartları altında, çok erken çürük lezyonların tesbitinde CT'nin üzerinde yoğun çalışmalar gerektiren bir metot olduğu sonucuna varılmıştır.

**EVALUATION OF DIFFERENT METHODS ON EARLY DIAGNOSIS OF
ENAMEL CARIES LESIONS INDUCED BY MICROBIAL CARIES MODEL
AND DETERMINATION OF REMINERALIZATION**

2. SUMMARY

Caries is an infectious disease of dental hard tissues. Decline of caries prevalence and incidence lead development of early detection methods and devices. **Aim of study was to evaluate Computed Tomography (CT), Quantitative Light-Induced Fluorescence (QLF) and Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM) on detection of early caries formed by *in vitro* microbial caries model and their remineralization.** 64 enamel specimens, 3 mm in diameter, were prepared and mounted on polyacrylic rods. 8 specimens were kept as baseline for CT and CLSM analyses and QLF baseline data was obtained on 56 specimen. *In vitro* microbial caries model was processed to produce carious lesions on remained 56 specimens. In order to determine carious lesion depth, 2 specimens were dissected and evaluated on CLSM and mean lesion depth were 38 μ m. Following demineralization datas obtained for CT and QLF analyses on remained 54 specimens, half of surfaces of specimens were sealed with acid resistant varnish. Specimens were randomly distributed into remineralization groups; 0, 300, 1100 ppm fluoride, each 18 specimens. Following remineralization datas for CT and QLF, specimens were dissected, analyzed for lesion depth, area and total fluorescence loss by CLSM. There wasn't significant difference between CT baseline and demineralization, whereas between remineralization groups 0-300 and 0-1100 had significant differences. QLF couldn't find difference between demineralization and baseline but difference between demineralization and remineralization. CLSM could differentiate difference between demineralization and baseline but difference between demineralization and remineralization. Under the conditions of this study CT method needs to work more to be used on detection of early carious lesions.

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürükleri, diş yüzeyine yapışmış mikrobiyal kalıntı tarafından oluşturulan organik asidin, diş sert dokularının lokalize kaybına sebep olan patolojik bir oluşumdur. Diş çürükleri mikroorganizmaların diş yüzeyinde yaptıkları birçok asit atakları sonucu oluşur. Ancak çürük oluşum süreci, diş dokusunun zaman içinde demineralizasyonu ve remineralizasyonu şeklinde sürekli değişim halindedir (26, 41, 78).

Diş sert dokusunun kademeli olarak kaybı, dokunun yapı karakterinde değişimlere neden olur. Diş dokusundaki bu yapı ve içerik değişimleri genellikle çürük tespitinde kullanılan fiziksel doku değişimlerine sebep olur. Örneğin gözle muayene sağlıklı ve hastalıklı mine arasındaki optik karakter farkına dayanırken, elle muayene dokunun yapısal değişimlerine dayanır. Sağlıklı ve hastalıklı dokunun farklı emilim ve yayılım özellikleri radyografik metotların temelini oluşturur (11).

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde florür kullanımı diş çürüğünün görülme sıklığı ve yaygınlığını belirgin bir şekilde düşürmüştür. Hastalığın gelişimindeki bu değişim diş çürüklerini erken zamanda belirleyebilen yeni metotların araştırılmasına yol açmıştır. Ayrıca tedavi planı yapılırken çürük riskinin belirlenmesi çok önemlidir. Çürük riskini belirlemenin en ideal yolu var olan çürüklerin tespitidir. Mevcut metotlar ile yalnızca ilerlemiş ve acilen restorasyon gerektiren çürükler tespit edilebilir. Fakat yeni metotlar diş çürüklerini daha erken safhalarda yakalarsa alternatif tedavi stratejileri olabilir. Ayrıca diş çürüklerinin erken ve kantitatif tespiti, lezyonun ilerlediğini veya durdurulduğunu anlayabilmemize, koruyucu tedavilerin etkinliğinin incelenmesine, ve klinik uygulamaların süresinin kısılmasına imkan verir (15).

Klinik açıdan hekimlere daha az operatif uygulamayı sağlayacakken hastalarda maksimum doku korunması sağlanacaktır. Her ne kadar QLF ve CLSM yöntemleri erken teşhiste başarılı iseler de klinikte kullanımları gerçekleşmediği sürece yeni yöntemlerin araştırılmasına gerek duyulmaktadır. Mevcut konvansiyonel CT'nin invaziv olmama özelliği ve tıpta kullanımı ile sert ve yumuşak dokularda etkinliği ispatlanmış olması nedeniyle çalışmamızda, erken dönemdeki çürük lezyonların tespiti

ve bu lezyonların remineralizasyonunun değerlendirilmesinde konvansiyonel CT, QLF ve CLSM metotlarını kullandık.

Bu çalışmada amaç, *in vitro mikrobiyal çürük modeli* ile çürük lezyonu oluşturulan örneklere CT, QLF ve CLSM yöntemlerinin etkinliklerini erken diş çürüğü lezyonu tespitinde ve remineralizasyonunun belirlenmesinde değerlendirmektir.



4. GENEL BİLGİLER

1700'lerde sukrozun üretilmesi, dağıtılması ve gıdalara katkı olarak piyasaya sürülmesi ile diş çürükleri Avrupa ve Kuzey Amerika'da temel ve artan bir sağlık problemi olagelmıştır. Uzmanlığımızın tarihçesine baktığımızda, diş çürüklerinin gangren olarak düşünüldüğünü ve tedavisinin de amputasyon olduğunu görüyoruz. Bu durumda, profesyonel diş hekimlerinin hastalığı teşhis edebilmeleri için oldukça basit teknolojilere ihtiyaçları olmuştur. Muhtemelen, çürük belirlenmesi için kullanılan ilk teknolojik gelişme, ağız aynasının kullanılmasıdır. Kullanılmakta olan tüm tekniklerin yanı sıra gözle yapılan direkt ve indirekt muayene halen, teşhise katkıda bulunan güvenilir bir metottur (57, 65).

Hastalık ile başa çıkma yöntemleri değişince çürük teşhisi ve belirlenme kavramlarında da değişim gerekliydi. Artık ağrı oluncaya kadar beklemek doğru değildi. Başlangıç lezyonlarının hatta var olan restorasyonlardaki lezyonların bile olabilecek erken zamanda belirlenmesi gerektiği düşünülüyordu. İşte bu dönemde tespit ile teşhis eş anlamlı kullanılmaya başlanmıştı (57).

Erken tespit için sadece gözle yapılan direkt ve indirekt incelemeye kıyasla daha detaylı bir teknolojiye ihtiyaç vardı (78). Bu sebeple, diş yüzeyi hakkında bilgi edinmek amacıyla el hassasiyeti oluşturmak için sivri uçlu bir sond geliştirilmişti (57).

Sivri uçlu sond, özellikle pit ve fissürlerdeki diş çürüklerinin erken safhada belirlenmesi için temel bir teşhis aleti haline gelmişti (38, 42, 66-68). Şu an kabul edilen ise, sondun teşhis açısından güvenilir olmadığı hatta, bazı açılardan tehlikeli bile olabileceğidir. Fakat sond neredeyse bir asır boyunca pit ve fissür lezyonları için standart teşhisin ayrılmaz bir parçası olmuş ve dünyanın birçok yerinde halen bu şekilde kabul görmektedir. Arayüz çürüklerinin detaylı muayenesi için ipek iplik, sivri sond, separatörler ve kamalar geliştirilmiştir. Bunlara ek olarak aydınlatmaya ihtiyaç olmuştur (66). İlginçtir ki 20. yüzyılın başlarında bile oral kavitenin muayenesi için gerekli kaynağın doğal ışık olduğu düşünülmüş. Black, muayene sandalyesinin genelde tek bir pencereden ışık alan, ışığın açık bir gökyüzünden ve gölge yapmadan direk olarak

çalışma alanı üzerine düşmesini tavsiye etmişti. Bundan kısa bir süre önce tek olarak ya da ayna ile birlikte elektrikli ağız lambası kullanılmaktaymış. Kısa bir süre sonra da tüm ağzın elektrik ışığı ile aydınlatılma süreci başlatılmıştır (57).

1894 yılında Roentgen tarafından radyografi geliştirilmiş ve teknolojisi kısa bir sürede dişhekimliğinde kullanım için adapte edilmiş. Tıptaki kullanım özelliğinden hiçbir değişiklik yapılmaksızın dişhekimliği alanına adapte edilerek kullanılmaya başlanmış. Radyografiler arayüz çürük lezyonlarının belirlenmesi için etkili olmuşlar ve olmaya devam etmektedirler (11, 66). Ancak pit ve fissürler ve düz yüzeylerdeki erken çürüklerin ya da tekrarlayan çürüklerin tespiti için yeterli bulunmamaktadırlar (11, 57).

4.1. Çürük Teşhisinde Günümüz İhtiyaçları; Yeni Kavramlar ve Yeni Araçlar

Öncelikle çürüğün belirlenmesi ve teşhis edilmesinin aynı kavramlar olmadığı bilinmelidir. Remineralize olan durmuş çürük lezyonları, tespit edilebilirler fakat bu dişler için hastalık daha önceden ortaya çıkmış ancak iyileşmiştir. Teşhis yapmak lezyonu belirleyip kayıt almaktan farklı olarak hastalığın doğru tedavisi için atılmış ilk adımdır (57).

Çürük belirleme ile ilgili olan tüm bulgular esasen diş dokusu ve sebep olan ajanlar arası ilişkinin sonuçları ile alakalıdır. Diş hekimi genelde hastalığı değil çürüğün sonuçlarını ve etkilerini belirler (20).

Ortalama bir jenerasyon önce (yaklaşık 30 yıl) çürük teşhisi basit olarak yapılırdı ve tedavi planı ile yakından ilgiliydi. Diş hekimi altı aylık kontrollerde hastanın tüm diş yüzeylerini kontrol eder ve varsa, yeni oluşan çürüklerin belirtilerini bulurdu. Çürüğün ne kadar hızlı ilerlediği bilindiği için hemen restorasyon yapımına karar verilirdi. Başlangıç halindeki çürük vakaları ise göz ve sond ile yapılan muayenelerde atlanmaktaydı (31).

Günümüzde çürük teşhisi, sadece çürüğün varlığını belirleyen bir pratik uygulama olması açısından farklıdır. Teşhis yöntemleri ve bunların altında yatan fiziksel prensipler yanında hastalığın patogenezi bilgisine de dayanır. Tedavi planı ise farklı bir uygulamadır. Teşhis ile yakın bağlantıları olmasının yanında, tedavi uygulamaları için koruyucu ve restoratif dişhekimliği hakkında doğru ve detaylı bilgilere sahip olmak gerekir (31).

Şu an için çürük teşhis biliminin çok boyutlu olduğunu söyleyebiliriz. Nedeni de birey olarak hastayı, *in vitro* araştırmaları ya da epidemiyolojik çalışmaları düşündüğümüz zaman amaç, yaklaşım ve metotlar farklıdır (82). Koruyucu ajanların test edildiği klinik çalışmalarda çürük, erken safhalarda teşhis edilmelidir. Teşhis aynı zamanda kantitatif olmalı, fazla sayıda gözlemci tarafından ve takip edilen çalışmaların (longitudinal) doğasına uygun olarak değerlendirilebilmelidir. Bireysel olarak hasta düşünüldüğünde ise hastalığın farklı safhaları farklı tedavileri gerektirir. Bu sebeple hekim ve hasta için hastalığın daha sonraki safhalarını sayısal olarak değerlendirmek oldukça faydalı olacaktır (31). Klinik çalışmalarda yüksek seçiciliği olan metotlara (34), bireysel olarak hasta düşünüldüğünde ise yüksek hassasiyeti olan metotlara öncelik verilmesi konusu tartışılmaktadır.

Problemin farklı bir boyutu da; dişlerin oklüzal, düz yüzey, arayüz, servikal ve kök yüzeyi gibi farklı yüzeylerinin risk altında olmasıdır. Bu farklı alanların gözle muayenesi ve aletlerin uygulanımı, çürük sıklığı ve koruyucu tedaviye cevapları farklıdır. Koruyucu tedaviler için çürüklerin en erken sürede belirlenmesi gerekir ve bu belirleme, risk altında olan bütün yüzeyler için farklıdır (31). Tüm anatomik yüzeyler ve farklı çürük seviyeleri için uygun olan tek bir metottan söz etmek mümkün değildir (82).

Diğer bir boyut ise çürük lezyonun seyrinin karmaşık oluşudur. Başlangıç defektinin oluşumundan sonra çürük hızla ilerleyebilir, kısmen remineralize olabilir ya da durdurulabilir. Benzer şekilde, doku kaybı olan çürük lezyonları aktif ya da inaktif, yüzeysel ya da remineralize ancak yüzey altında demineralizasyon şeklinde olabilirler

(15, 25). İdeal bir çürük teşhis metodunda arananlar doku kaybını ölçmenin yanı sıra, aktivitenin, lezyonun ya da kavitenin belirlenme derecesi hakkında bilgi verebilmesidir. Teşhis metodunun performansını ölçmek için kullanılan en yaygın parametreler hassasiyet ve seçiciliktir. Bunlar sırasıyla, gerçek hastalığın ve gerçek sağlığının belirlenme oranlarıdır.

Çürük teşhisinin geleneksel yönteminde diş yüzeyi temizlenir, kurutulur ve mümkün olduğunca gözle ve sivri bir sond ile mineral kaybına uğramış alanların belirlenmesine çalışılmış. Yıllar boyunca ders kitaplarında, 1924'de Black'in tanımladığı "sticky fissures" kavramı temel alınmıştır. "Sond fissür üzerinde gezdirilir, herhangi bir yumuşama, aletin takıldığı ya da girdiği herhangi bir alan var mı?" ifadesiyle 1985'de Sturdevant defektleri belirlemenin en iyi yolunun pit ve fissür içine yerleştirilmiş sondun dışarı doğru çekmeye karşı gösterdiği direnç olduğunu bildirmiştir (31). Geçtiğimiz yıllar boyunca Kuzey Amerika ve Avrupa'daki araştırmacılar arasında sond kullanımı ile ilgili farklı düşünceler ortaya atılmıştır. Avrupalı uzmanlar sond kullanımının yanlış fikir verebileceğini ve en kötüsünün de potansiyel olarak zararlı olabileceğini bildirmişlerdir. Sivri sond kullanımının yeni sürmüş dişlere zarar verebileceğini ya da yüzeysel çürük lezyonlarında kavite oluşturabileceğini bildiren birçok çalışma vardır (35, 38, 114). Ekstrand ve ark. (38) yeni sürmüş yirmi yaş dişlerinde sond uygulamasını takiben çekimleri yapmış ve fissür bölgesini histolojik olarak incelemişlerdir. Sond uygulanan dişlerin fissürlerinin %60'ında doku kaybı izlerine rastlamışlardır. Bu değer %7 olan kontrol grubu değerine göre önemli bir farktır. Yapay fissürlerdeki erken çürüklerle yapılan bir laboratuvar çalışmasında van Drop ve ark. (35) sondlamanın daha sonra çürük ilerlemesini hızlandırdığını bildirmişlerdir. Yassin (114) sondlanan lezyonların kaviteye dönüştüğünü ve defektin boyutunun uygulanan kuvvete bağlı olduğunu bildirmiştir.

Özellikle bazı batı ülkelerinde çürük prevalansının düşmesi ile çürüklerin teşhisi zorlaşmıştır. Bireylerin çoğunda büyük kaviteli lezyonlar olduğu zaman teşhis oldukça kolaydı. Restorasyonlar yapılıyor ve koruyucu tedaviler çok sınırlı kalıyordu. Küçük ve kavitasyonu olmayan lezyonlar, oldukça yoğun olan diş hekimi tarafından yeterince ilgi görmüyordu. Florürün yaygın kullanımı, diş hekimi sayısının artması ve çürük

prevalansının azalması bu görüntünün bariz şekilde düşmesine sebep olmuştur. Florürün ortamda sürekli olması yüksek çürük prevalanslı topluluklarda çürük lezyonlarının daha yavaş ilerlemesine ve kavitasyonun daha geç oluşmasına yol açmıştır (102).

Bu değişiklikler ışığında çürük teşhisinin sonuçları tedavi açısından önemlidir. Duraklamış lezyonlar tedavi edilirken, gizli kalmış dentin lezyonları fark edilmemiş olabilir. Bunun sonucunda çürük riski yüksek çocuklar yerine, riski düşük çocuklara gereksiz koruyucu tedaviler uygulanmasına sebep olunabilir. Sonuç olarak uygulamanın getirdikleri beklenildiği gibi yararlı olmaz (102). Batı ülkelerinde restorasyonların %40'ı primer çürükler sebebiyle yapılmaktadır (28). Restoratif tedavinin yetersiz teşhis testine dayanması özellikle seçiciliği uygun olmayan bir test metodu oluşu, birçok kere gereksiz yere yapılmış tedavilere sebep olabilir. Bu da ağız-diş sağlığı ile ilgili bakım maliyetinin ve etkinliğinin, uygulanan teşhisi değerlendirmedeki kaliteye bağlı olduğunu gösterir. Erken çürük lezyonlarının teşhisi yüksek maliyetli sağlık hizmetinde ve diş bakımının kalitesinde değişime yol açacak önemli bir basamaktır.

Geçen yıllarda birçok araştırmacı diş çürüklerini teşhis etmek için farklı cihaz ve metotları test etmiş ve geliştirmeye çalışmıştır. Fakat bu çabaların sonucunda bu metotların genel pratiğe aktarılması çok sınırlı kalmıştır. Çürük teşhisi yapan araştırmacılar temelde ağız sağlığını ve idamesini amaçladıkları için, bilgilerinin ve geliştirilen cihazların klinik uygulanabilirliği olması kavramını unutmamalıdır.

Çürük teşhisi ile ilgilenen araştırmacılar erken çürük teşhisi hakkında bilimsel perspektiflerini genişletmişler ve hedeflerine ulaşmak için çalışmaya devam etmektedirler. Ancak çürük teşhis çalışmalarından elde edilen verilerin genel pratisyenler üzerine etkisi yok denilebilecek bir seviyededir. Açıkçası, teşhis araştırmacıları mevcut teşhis testlerinin ve test metodolojilerinin önemini diş sağlığında çalışanlara yeterince ifade edememişlerdir (72, 102).

Çürük lezyonun fiziksel oluşumu ve davranışının değiştiğini bildiren araştırma yazıları sebebiyle küçük çürük lezyonlarının teşhisine olan ilgi artmıştır. Çünkü belirlemek

oldukça zordur. Teşhisteki bu engel, koruyucu tedavi yapılan ya da müdahale edilmeyen lezyonların izlenebilme ihtimalini de azaltmaktadır (25, 78).

Batı ülkelerinde 1970'ler ve 1980'lerde çocuklarda çürük prevalansının düşmesi oldukça iyi belgelenmiş ve bu durum florürlü diş macunlarının geliştirilmesi ve yaygın olarak kullanılmasını takiben oldukça hızlanmıştır (65). Çürüklerin azalması tüm diş yüzeylerinde aynı olmamıştır. İlk raporlar azalmanın en çok düz yüzeylerde olduğunu, bunu arayüzeylerin takip ettiğini ve çürüklerin çoğunun oklüzal yüzeylerde oluştuğunu göstermiştir. Ayrıca bugünlerde öğrenildiği üzere, görülebilir ve sağlıklı mine yüzeyinin fluorapatit oluşumu ile güçlenmesi alttaki dentin çürüğünün tespit edilmesini de maskeleyebilir (67). Bu sebeple çürüklerin geleneksel gözle muayenesine ek olarak yeni teşhis metotlarını tanıtan birçok makale yayınlanmıştır. Ancak bunların sonuçlarını karşılaştırmadan evvel lezyonun dinamiği kavranmalıdır.

Son 20 yıldır diş çürüğünün dinamik bir olay olduğunun daha iyi anlaşılması ile yeni ve daha değişik teşhis araçlarına ihtiyaç doğmuştur (83). Toplumda çürük oluşumu görülme sıklığı düşmüş, oklüzal ve arayüz lezyonları arasındaki oran artmıştır. Yüksek oranda florüre maruz kalınması lezyon morfolojisinin değişmesine ve ilerleme hızının düşmesine sebep olmuştur. Mevcut tespit kriterleri, yüzey altı minede mikroporöziteden kavite oluşumuna kadar uzanan hastalığın ilerleyişini süreklilik açısından ölçmek için yeterli değildir. Artık hastalık olarak çürük ile başa çıkma yöntemlerimiz sadece radikal olan cerrahi (kavite preparasyonu) girişimlerle değil, lezyonun durdurulması ya da geri dönüştürülmesini sağlayan birçok tekniği içermektedir. **Amacımız, kavitesiz lezyonların diş yüzeyinde geri dönüşümsüz bir hasar oluşturmadan belirlenmesidir.** Bu değişimler teşhis metotlarının da değişmesine sebep olmuştur. Cerrahi olmayan tedavi seçenekleri için lezyon çok erken safhalarda yakalanmalıdır ve bu da teşhis metodunun hassasiyetinin yüksek olmasını gerektirir. Şu an sağlıklı olan yüzeylerin kliniklerde kavite açılarak yapılan tedavi maliyetleri, erken çürük lezyonlu yüzeylerin tedavi edilmesinden çok daha fazladır. Teşhis testinin yanlış pozitif olma oranı en azda tutulmalıdır. En kısa sürede, lezyonları erken safhalarda belirleyebilecek, yüksek hassasiyete sahip ama seçiciliği de gözden çıkarmayan bir teşhis metoduna ihtiyaç vardır. Geleneksel teşhis metotları bu ihtiyaçlara cevap verememektedir (115).

4.2. Çürük Lezyonun Dinamiği

Diş çürükleri, mikroorganizmaların diş yüzeyine yaptıkları birçok asit atakları sonucu oluşurlar. Çürüklerin oluşturdukları ilk temel zarar demineralizasyon oluşu ve diş yapısının çözünmesi şeklindedir (41, 66, 78). Bunun sebebi plak metabolizması sonucu, lokal olarak plak-diş aralığında pH'nın hızlı düşüşüdür. Fakat sadece *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus*'dan zengin plak dişte demineralizasyona sebep olacak kadar düşük pH'a sebep olabilir. pH'nın bir anlık düşüşü diş yüzeyinin mineral içeriğinde önemli bir değişiklik yaratmaz ancak, birçok kez tekrarlanan ve uzun süreli düşüşler, çürük lezyonunun karakteristik özelliklerini oluşturur. Diş yüzeyinde pH düşmesine sebep olan en önemli faktör sıklıkla tüketilen sukrozdur.

Kritik pH'ın (5.5) altına düşüldüğü zaman diş mineralleri tampon gibi davranır, kalsiyum ve fosfat iyonları plak içine geçiş yaparlar. 4.0 ya da 3.0 gibi daha düşük pH'da ise diş yüzeyi asit etkisi ile pürüzlenir. pH 5.0'da yüzey bozulmamış haldeyken hemen yüzey altından mineral kaybı ortaya çıkar. Bu durum, mine ile sınırlı erken çürük lezyonudur ve bozulmamış yüzey tabakasının hemen altında pöröz bir alan ile karakterizedir. Bu lezyonlar hava ile kurutulduğunda tebeşirimsi beyaz opasiteler olarak izlenirler. Erken çürük lezyonunun pöröz kısmı su ile dolduğunda ise saydam olduğu için klinik olarak lezyon tespit edilemez. Ama hava ile kurutma yüzey tabakası altındaki pöröz alandaki suyu uzaklaştırır ve hava ile dolan boşluklar opak ve beyaz olarak izlenirler. Erken çürük lezyonları remineralize olup sağlıklı mine dokusuna dönüşebilirler (66). Laboratuvar çalışmaları sıvı faz içindeki florürün, mineral çözünmesi hızını azaltmasının yanında demineralizasyonun olduğu pöröz alanın kalınlığını da etkilediğini ortaya koymuştur. Kariyojenik ataklar esnasında ortamda florür konsantrasyonu düşük olursa, oral sıvı fluoroapatit açısından doymuş olsa da hidroksiapatit açısından doymamış olabilir ve mineden çözünme olur. Diğer yandan eğer florür kısmen yüksek oranda (1 ppm) olursa oral sıvıdan diş minesine kalsiyum çökmesi yani remineralizasyon olur. Mineral kaybının devam etmesiyle oluşan mine çürük lezyonlarını bu safhada hava kurutması olmadan teşhis etmek mümkün olabilir. Çünkü por hacmi çok artmıştır ve mine içinde su ile dolu boşluklar bile beyaz opak görüntü vermeyecek kadar büyüktür (41).

Çürük oluşum süreci, diş dokusunun zaman içinde demineralizasyonu ve remineralizasyonu ile değişim ve hareket halindedir. Gözle görülebilen lezyon, çürük olayının bir sonucudur. Yıkım sonuçlarının lezyon sayısı olarak sayılması yaygın bir uygulamadır. Çünkü olayın kendisi görülemez. Aynı şekilde teşhis klinik takipten doğan ilerleme ya da gerilemenin belirlenmesi ve çürük lezyonun dinamiğinin gerçek bir muayenesi değildir (78).

Diş çürükleri sadece çocukların hastalığı değildir. Çürük lezyonları yavaş ilerler ve daimi dişleri uzun süre ağızda kalan yetişkin popülasyonda da yaygın olarak görülürler (78).

4.3. Çürük Lezyonların Teşhisi

Teşhis kelimesinin sözlük anlamı, belirtiler ve semptomlar ile hastalığın belirlenmesidir. Yani belirti ve semptomları tespit etmek değildir. Klinik ortamda pratik olarak çürük ya da periodontal hastalık söz konusu ise diagnoz terimi hastalığın aktivitesinin değerlendirilmesi anlamına gelir. Bu değerlendirme klinik muayeneyi ve çürük veya periodontal hastalığın patogenezi ile ilgili tüm faktörlerin belirlenmesini ve sorgulanmasını kapsar. Geleneksel olarak diagnoz mevcut durumla sınırlı kalmakta ve diş hekiminin sadece klinik değerlendirmesi ile yapılmaktadır. Dişhekimliği genelinde bu değerlendirme için yaygın olarak ışık, sond ve radyografi kullanılır. Dişhekimliğinde bu ek metotların sınırlı kullanımının iki temel sebebi vardır. Birincisi **maliyettir**. Diagnoz metotları tedavi giderlerini ya da harcanan zamanı azaltacak ise tercih edilmektedir. Diğer bir sebebi ise **düşünme şeklidir**. Özellikle diş çürüklerinin geri dönüşümsüz hastalıklar olduğu ve hastalığın ilerlemesini durdurmak için en kısa zamanda restoratif tedavi yapılması gerektiğine inanılmaktaydı. Şüpheli durumlarda bile sağlıklı bir yüzeyin restore edilmesinin, henüz başlamış bir çürüğün gözden kaçmasından daha iyi olduğu düşünülürdü. Diş hekimlerine yıllarca mevcut durumu iyi bir şekilde belirlemek yeterlidir fikri aşılmalıdır. Bunun için göz ve el hassasiyeti ile yapılan iyi bir klinik muayeneye ek olarak radyografik muayene çoğu diş hekimi için yeterli idi (25).

Diş çürükleri açısından düşünürsek mevcut durumun değerlendirilmesi yaklaşımı şu an kabul edilen bir prensip değildir. Çürük lezyonun gelişimi yavaştır ve yıllar öncesi ile kıyaslandığında kavitasyon oluşum hızı oldukça düşüktür. Bunun sebebi florürlü diş macunu kullanımınıdır. Erken çürük lezyonları tespit edilip uygun florür tedavisi ve oral hijyen ile remineralize olabilir. Bu durum, karar verme dengesinin konservatif yaklaşıma kaymasına ve diaagnozun daha önemli hale gelmesine sebep olmuştur. Teşhis kavramı, şu an mevcut durumun değerlendirilmesinden çok, ileride olabilecek gelişimin tahmin edilmesine doğru değişmiştir. Bu ilerlemenin kantitatif olarak belirlenmesi ve hastalığın takip edilmesine bağlıdır. Aynı zamanda beslenme ya da oral hijyen alışkanlığının değişmesi gibi koruyucu uygulamaların takibi de mümkün olacaktır.

Kantitatif ve objektif metotlara ihtiyaç olmasının bir sebebi de klinik ve epidemiyolojik araştırmalardır. Klinik araştırmalarda kantitatif metotlar hastalığın ilerleme ya da gerileme hızını ve bunu etkileyen faktörleri sayısal olarak belirlemeye olanak sağlar. Epidemiyolojide ise, klasik olarak gözlemcilerin kalibrasyonu (araştırmacılar arası uyum) yerine objektif olarak ölçüm yapmak ve hastalığın durumunu kaydetmek mümkün olmaktadır. Teşhis metotları kalitatif yerine kantitatif olmalıdır. Diğer bir deyişle tercihen metotlar evet/hayır gibi kelimeler yerine sayısal değerler vermelidir. Ancak bu şekilde hastalığın zaman içinde seyrinin takip edilmesi mümkün olur. Evet/hayır cevabı veren metotlar karar vermeye meyillidir. İstemeyerek de olsa farklılıkları ya da sonuçları düşünme ihtiyacını gözardı eder (23, 25).

Çürüklerin bu metotlarla tespit edilmesinin ve miktarının belirlenmesinin temelinde lezyonun fiziksel özelliklerinin farklılığı vardır. Bu değişen fiziksel özellikler, çürük minenin çevresinde sağlıklı mineden farklı olarak azalmış olan mineral içeriğinden kaynaklanmaktadır (25).

Popülasyondaki çürük yaygınlığı da teşhis kararını etkiler. Popülasyonun yüksek çürük göstermesi halinde araştırmacı şüphede kaldığı durumlarda sağlıklı olan bir yüzeyi çürük olarak belirleyebilirken bunun tersi de olabilir. Klinik muayene, görsel karakteristiğın subjektif yorumundan etkilenir ve bunun sonucunda çürük prevalansı az olan toplumda erken teşhisi zorlaşır. Yeni bir teşhis tekniği, sağlam ve çürük

alanların ayırımını yüksek ve güvenli seviyede yapabilmelidir. Kaviteasyon olmayan çürük lezyonların restorasyon gerekmeden erken zamanda saptanması ve demineralizasyon ve remineralizasyon ile dinamik bir gelişim içinde olan çürüğün koruyucu önlemler ile remineralizasyon ya da stasyonere hale getirilmesi mümkündür. İdeal bir teşhis tekniği, demineralizasyonu belirlemenin yanında koruyucu önlemleri izleyip kayıt tutmaya elverişli olmalıdır (87).

Çürük teşhis performansının yeterliliğini geliştirmek için son 10 yılda yapılan araştırmalar yeni ve objektif tespit metodlarının geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu gelişimin ardındaki temel düşünce; 1) çürüğün objektif olarak ölçülmesi, subjektif ölçümden daha üstündür 2) erken tespit, hatta kaviteasyon oluşumdan önceki tespit hastalığın daha iyi anlaşılması ve başarılı bir koruyucu uygulamayı mümkün kılar. Teşhis sorusu ile ilgilenirken teşhisi tek başına bir amaç olarak düşünmemeliyiz. Teşhisin asıl amacı en uygun tedaviyi seçebilmektir. Şu ana kadar araştırmacılar çürük teşhis uygulamalarının uzun vadedeki sonuçları üzerine çok az ilgi göstermişlerdir. Gelecekte çürük teşhisi ile ilgili yapılacak çalışmalar teşhis kararının uzun vadede etkilerini değerlendirme üzerine de yoğunlaşmalıdır (72).

4.4. Çürüklerin Erken Dönemde Tespiti İçin Geliştirilen Metotlar

Çürük lezyonları erken dönemde tespit etmeye yönelik geliştirilen metotları sınıflayacak olursak:

A) Elektriksel Metot

B) Işık Yayılması ile İlgili Metotlar

- 1) Fiber Optik Transillüminasyon (*Fiber-Optic Transillumination ; FOTI*)
- 2) Dijital Görüntülü Fiber Optik Transillüminasyon (*Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination; DIFOTI™*)
- 3) '*Optical Caries Monitor*'
- 4) Floresens Prensibi
 - 4.A. Lazer Floresens
 - 4.B. *Quantitative Light-Induced Fluorescence (QLF)*
 - 4.C. 'DIAGNOdent'

C) *Ultrasound* Prensibi

D) Radyografik Metotlar

A) Elektriksel Metot

Sağlıklı mine iyi bir yalıtkandır ancak çürük oluşumu esnasında oluşan pörözitelere su ve tükürükten gelen iyonlar dolar. Pöröziteler genişleyince birbirleriyle bağlantı oluşturup elektrik akımının geçebileceği bir ortam oluştururlar. Bu potansiyel ölçümleri ilk olarak 1951'de Pincus tanımlamıştır. 1956'da ise Mumford direk akım kullanarak çekilmiş bir dişin sağlıklı fissürüne probe ucunu uygulamış ve pulpa içine yerleştirdiği elektrode ile akımı tamamlamış ve rezistansı 2.6-20 MOhms (ortalama 8.7 MOhms) olarak bildirmiştir. Çürük bölgeler ise 0-4.4 MOhms gibi düşük değerler vermiştir ve rezistans ile çürük lezyon derinliği arasında ortalama bir korelasyon çıkmıştır. Direk akım problemini çözmek için alternatif akımlar kullanılmış ve Vanguard Electronic Caries Detector (Massachusetts Manufacturing Corp., Cambridge, Mass., USA) ve The Caries Meter L (Onuki Dental Co. Ltd., Japan) isimli iki cihaz geliştirilmiştir. Şu an iki cihaz da üretilmemektedir (58, 88).

The Caries Meter L'in dizaynı oldukça basit olup dişlerin kurutulması ve pamuk tamponlarla izole edilmesi gerekmektedir. İyi bir elektriksel kontak için pit ve fissürler bir damla serum fizyolojik solüsyonu ile nemlendiriliyordu. Ölçümler *probe* ucuna ve ağız elektroduna bağlanmış bir klip ile alınmaktaydı. Dört farklı renkli ışık dişin durumunu ve üreticinin tavsiye ettiği tedaviyi göstermekteydi.

White ve ark. (108) hastalığın derecesini de belirlemek üzerine çalışmalar yapmışlar ve Vanguard Electronic Caries Detector isimli cihazı geliştirmişlerdir. Ölçümler eşeksenli hava akımı (*coaxial airflow*) ile yapılıyor ve probe etrafındaki diş dokusu kurutuluyordu. Bu şekilde sadece probe ucunun temas ettiği noktada ölçüm yapılıyordu. Cihaz, demineralizasyonlu ve sağlıklı dokuyu belirtmesinin yanında demineralizasyonun seviyesini 0'dan 9'a kadar göstermek üzere derecelendirmişti.

Sonraları Avrupa'da Vanguard modeline benzeyen yeni bir prototip cihaz geliştirilmiştir ve Electronic Caries Monitor (ECM) (Lode Diagnostics, Groningen; The Netherlands) olarak isimlendirilmiştir. Vanguard'dan farklı olarak Ω cinsinden devam eden ölçüm skalası, hava akım hacmi kontrolü ve farklı ölçüm seçenekleri; devamlı, ardışık ölçüm

ya da biriken ölçüm (*cumulative or continuous scale*) kullanmak mümkün olmuştur. ECM prototipine hava akım ölçeri yerleştirilmiş ve hava akımının en az 7.5 l/dak. olması gerektiği belirlenmiştir (87).

ECM ile posterior dişlerin oklüzal yüzeylerinde mine ve dentin çürüklerinin belirlenmesine yönelik çalışmada, cihazın hassasiyetinin mine çürükleri için 0,65 dentin çürükleri için 0,78; seçiciliğinin ise mine çürükleri için 0,73 dentin çürükleri için 0,80 olduğu bildirilmiştir (18).

Çalışmalar elektronik çürük teşhisinin, yeni bir teşhis metodu olmak için istenenden daha düşük seçiciliğe sahip olduğunu göstermiştir. Bu metot ile, geleneksel olarak göz ve radyografi ile yapılan muayenede gözden kaçabilecek küçük mine ve dentin lezyonlarının tespiti mümkün olabilir. Düşük seçiciliği olması sebebiyle tespit edilmiş erken dentin lezyonları için invaziv tedaviler uygulanmadan önce koruyucu tedaviler ön planda tutulmalıdır (87, 88).

B) Işık Yayılması ve İlgili Metotlar:

Diş hekimi diş çürüğünü teşhis etmeye çalışırken ilk önce gözlerini kullanır ve görüntüyü sorgular. Erken lezyon çevredeki sağlıklı mineden daha beyaz görülür. Fissür ya da arayüzden indirekt olarak izlenen lezyon ise koyu bir gölge şeklinde görünür. Gözleri sağlıklı bir bireyin görsel sistemine, çeşitli cihazların kullanıldığı metotlarla üstün gelmek çok zordur. Bu sebeple diş hekiminin gözle muayenesinin yerini alacak bir cihaz geliştirmek araştırmacılar için uygun bir amaç değildir. Amaç, gözle incelemeyi tamamlamak olmalıdır. Optik görüntünün kantitatif özelliği buna iyi bir örnektir. Böylelikle kantitasyon, görüntünün daha iyi değerlendirilmesini, insan görme sisteminin kolaylıkla ayırt edemeyeceği etkileri belirlemeyi, ve teşhis bilgilerinin elde edilmesi, saklanması ve tekrar gözden geçirilmesini kolaylaştırır.

Dişin görünümündeki kontrastın sebebi çoğunlukla dişin iç kısmından kaynaklanır, yüzey etkileriyle sadece parlaklık oluşur. Dişe ulaşan ışık emilir ya da yayılır. Yayılma, enerji kaybı olmadan ışığın yönünün değişmesidir. Emilim de ise ışık kaybolur ve enerji çoğunlukla ısı olmak üzere, diğer formlara dönüşür. Yayılmada ışık kaybolmadığı için yol boyunca yeni yayılmalar olabilir. Bir ya da birden fazla yayılma sonrası ışık diş yüzeyine gelir ve diş terk eder. Erken bir lezyonda yayılma, sağlıklı minede olduğundan çok fazladır. Işık yol boyunca sağlıklı minede olduğundan daha fazla yayılır ve dentine ulaşmadan geriye yansır. Bu sebeple yansımada izlenen lezyon çevre sağlıklı dokudan daha beyaz görülür. Kahverengi lezyonlar ise lezyon içine emilen materyallerden dolayı bu renkte görülürler (24).

Işık yayılması ile ilgili metotlar, lezyon içindeki mine kristalleri tarafından ışığın saçılması prensibine dayanır (79). Bunun sebebi lezyon içinde kalan mineral partiküllerinin mineralden zengin sağlıklı mineye bağlı olmak yerine mineral alışverişinin yapıldığı sıvı ortamda olmalarından kaynaklanmaktadır (15, 76).

1) Fiber Optik Transillüminasyon (FOTI):

Araştırmalar FOTT'nin klinik ve epidemiyolojik çalışmalarda arayüz çürük teşhisi için yararlı bir metot olduğunu göstermiştir. Metot, arayüz çürük lezyonun ışık fotonlarını saçma ve emme özelliğine dayanır. FOTT'nin radyografilere göre avantajı x-ışını olmamasıdır. Ağız için dizayn edilmiş fiber optik ışıklı *probe* genellikle bukkal yüzden dişe uygulanır ve arayüz oklüzal kısımdan incelenmelidir. Uç bukkal yüzeyde farklı açılar vererek gezdirilir ve lezyonun mine-dentin sınırına ulaşp ulaşmadığı incelenir. Ulaşan ışık kullanılarak yüzey oklüzalden incelenir. Çürük lezyonunun ışık geçirme indeksi düşük olduğu için transillümine edildiğinde koyu bir gölge belirir (79). Mine dokusunda hidroksiapatitlerdeki değişim, dentinde ise dentin tübülleri, ışığın saçılmasına sebep olurlar (99). Dişlerin arayüzlerindeki çürüklerin belirlenmesi amacıyla uzun yıllar fotöy ışığı ile transillüminasyon yapılmıştır. Ancak küçük azı ve büyük azı bölgesinde transillüminasyon daha kuvvetli fiber optik ışık kaynaklarının geliştirilmesi ile mümkün olmuştur. Bu ışık kaynakları kompozit rezinlerin polimerizasyonu için geliştirilen cihazlardı ve ışık çıkışları oldukça genişti. Ne yazık ki bu fiber optik ışık cihazları ile posterior bölgede yapılan ilk çalışmalar beklenen sonuçları vermemişti. Çünkü ışığın göz kamaştıracak kadar parlaması yüzey detaylarının gözden kaçmasına sebep olmaktaydı. Daha sonra kontaktaki dişlerin arasına kolayca uygulanan 0.5 mm çapında, 15 cm uzunluğunda, dar açılı *probe* geliştirilmiştir.

FOTT'nin arayüz dentin çürüklerinin teşhislerindeki değerliliği en az bitewing radyografileri kadar yüksektir (77). Oklüzal çürüklerin FOTT ile teşhis hassasiyeti arayüz çürüklerinin hassasiyetinden oldukça düşüktür (101).

Klinik muayenede ek bir teşhis desteği olarak FOTT, birçok araştırmacı tarafından kullanılmış ve posterior dişlerin arayüz dentin çürüklerinin teşhisinde geçerli, tekrarlanabilir ve non-invaziv bir metod olarak değerlendirilmiştir. Radyografilerde mine lezyonlarının çok küçük bir kısmı tespit edilebilir. Ancak FOTT'nin klinik pratikte kullanımı ile radyografi alınması gereken durumlar oldukça azalmaktadır. FOTT'nin non-invaziv olması ve kolay kullanımı cazip bir teşhis aleti olmasını sağlamıştır. Fakat

teknikinin bazı açılardan dezavantajları vardır. İlk olarak, görüntüleme tekniği standart değildir. Işık kaynağının pozisyonu ve araştırmacının açısı oldukça değişkendir. Her ne kadar daha keşifsel bir görüntüleme ve görme olsa da sonuçların tekrarlanabilirliğini sınırlar. İkinci bir konu da bu değişkenlerin, araştırmacının konuya hakimiyetinin ve subjektif yorumların teşhis sonuçlarında araştırmacılar arası ve araştırmacının kendi içinde farklılık oluşturmaya sebep olmaktadır (79).

2) Dijital Görüntülü Fiber Optik Transillüminasyon (DIFOTI™)

Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination temelde FOTI metodudur. Ancak FOTI'nin subjektif sınırlandırmasının üstesinden gelmek için dijital görüntü elde edilip analiz yapma yoluna gidilmiştir. Klinik uygulama için geliştirilen DIFOTI™ (Electro-Optical Sciences, Inc. Irvington, NY, USA) elde tutulan bir probe üzerinde ışık uygulayan sistem ve görüntüleme kamerası vardır. Sistemin büyük parçaları (bilgisayar monitörü, yazıcı, ışık kaynağı ve güç kaynağı) hareketli bir sehpanın üstüne yerleştirilir. Fiber-optik ışık kaynağı olarak düşük-voltajlı 50-Watt *arc* lamba kullanılmıştır. İstenilen görüntüyü kaydetmek için ayak pedalı veya ses komutuna duyarlı bir sistem kullanılır. İllümine edilen dişler, CCD (Charged Coupled Device) kamerada görüntülenir ve bu görüntüler dijital analiz yapılacak şekilde standardize edilerek saklanır. Farklı zamanlarda elde edilmiş görüntüler karşılaştırılabilir (32, 115).

Schneiderman ve ark. (92) *in vitro* çalışma sonuçları DIFOTI™'nin arayüz, oklüzal ve düz yüzey çürüklerini belirlemede konvansiyonel radyografiden daha yüksek hassasiyet gösterdiğini bildirmiştir.

Geleneksel radyografilerle kıyasladığımızda DIFOTI™'de iyonize radyasyon olmaması bir avantajdır. Aynı anda görüntü elde edilmesi bakımından dijital radyografilere benzemesine rağmen, DIFOTI™'de kaliteli görüntü için pozisyon ayarlamak mümkündür. Fakat dijital radyografilerde görüntü ancak x-ışınını uyguladıktan sonra elde edilebilir. DIFOTI™'nin FOTI üzerine avantajı ise ışık kaynağının kamera ile sabit konumda durmasıdır. Bu şekilde, görüntüleme sisteminin diş yüzeyine bağlı olabilecek rotasyonu ya da görüntüleme geometrisinin aktarım farklılıkları ortadan

kalkar. Ayrıca farklı zamanlarda ve farklı gözlemciler ile tekrarlanabilen görüntüler elde edilebilir (115).

3) *Optical Caries Monitor*

Artan saçılmanın miktarını fiber optik teknolojisi ile belirlemek mümkün olmuştur ve klinik kullanım amacı ile '*Optical Caries Monitor*' (Sensoptic Technology and Consultancy, Westeremden, The Netherlands) isimli cihaz piyasaya sürülmüştür. Cihazın etkinliğinin mikroradyografi ile kıyaslandığı *in vitro* çalışmada iyi bir korrelasyon gösterdiği ($r=0.67$) bildirilmiştir (27). Işık saçılma prensibine dayanarak geliştirilen '*Optical Caries Monitor*' cihazının kantitatif belirleme yapabilmesi, mineral kaybının belirlenmesinde diğer metotlarla korrelasyon göstermesi ve klinik kullanım için geliştirilmiş olmasının avantajları vardır. Metodun temel limitasyonu sadece serbest yüzeylerde kullanılabilmesidir. Fakat cihazın şu anki maliyeti klinik pratiğinde kullanılmaya uygun değildir (78).

Küçük fiberlerden oluşmuş demet, optik bir uç içine yerleştirilmiştir. Fiberlerin bir kısmı lezyonu aydınlatırken, diğer kısım ise lezyon içinden geriye yansıyan ışığı toplar. Bu geometride, lezyon çevre sağlıklı mineden daha fazla ışık yansır. Cihaz, çekilmiş dişlerdeki doğal lezyonlarda kullanılmış, lezyon derinliği ve mineral kaybı mikroradyografi ile belirlenmiştir. Bu iki parametre arası korrelasyon katsayısı 0.96 ve optik ölçüm ile lezyon derinliği korrelasyonu 0.71'dir (27).

7 adet ortodonti hastası ile yapılan *in vivo* çalışmada *Optical Caries Monitor*'ün klinikte, mine lezyonlarının iyileşmesini kantitatif olarak değerlendirmek için uygun bir metot olduğu bildirilmiştir (76). Wilhelm ve ark. (110) ise cihazı Transverse mikroradyografi (TMR) ile karşılaştırdıkları *in vitro* çalışmada lezyon derinliği ve *Optical Caries Monitor* değerleri arası korrelasyonun 0,423 olduğunu bildirmişlerdir.

4) Floresens Prensibi

Diş dokusunun floresens özelliği uzun yıllardan beri bilinmektedir. Birçok araştırmacı spektrumunu belirlemiştir. Üç farklı floresens ayırd edilmiştir.

1) Ultraviyoleye yakın mavi floresens

2) Mavi ve yeşil ile oluşan sarı-turuncu fluorecence: Lezyonlar dişin floresens görüntüsünde koyu renk olarak görülmüşlerdir. Araştırmacılar argon iyon lazerden 488 nm'de mavi ışık kullanarak sarı-turuncu floresens oluşturmuşlar ve 520 nm'nin üzerindeki dalga boyunda izlemişlerdir.

3) Kırmızıdan uzak ve *infrared*'e yakın olan floresens : Bu, son yıllarda çürük lezyonların teşhisi için, kantitatif ancak lezyon görüntüsü elde edilmeyen metot içinde kullanılır.

Diş floresensine sebep olan kromoforlar tam olarak tanımlanamamıştır. Mavi floresense *di-tyrosine* sebep olur. Sarı floresensin büyük bir kısmının protein kaynaklı kromoforlardan kaynaklandığı düşünülür ama dişin apatit yapısının buna karşı bir etken olup olmadığı halen tartışılan bir kavramdır. Kırmızı floresens oluşumunun sebebi yakın zamanda *protoporphyrin* olarak belirlenmiştir. *Protoporphyrin* bakteri yıkım ürünleri arasında bulunur. Erken lezyonların floresensinin az olmasının sebepleri de halen tartışılmaktadır (89).

Etki mekanizmaları şöyledir;

1) Lezyonun ışık yayılma katsayısı sağlıklı mineye oranla oldukça yüksektir. Bu da lezyon içindeki ışığın yolunun kısa olmasına ve bu alanda emilim ve floresensin daha az olmasına sebep olur.

2) Floresens daha çok dentin dokusundan kaynaklanır. Minedeki lezyonda yüksek yayılma olduğu zaman bu bariyer etkisi yaparak dentine ışık geçmesini engeller.

3) Kromoforların moleküler yapısındaki değişimler floresens oluşumunu engeller.

4) Çürük gelişimi sağlıklı minedeki kromoforları uzaklaştırır (16).

4. A. Lazer Floresens:

Düz yüzey ve fissürlerde görülen erken dönemdeki çürüklerin Lazer Floresens ile teşhisinde dişler argon iyon lazerinden elde edilen 488 nm dalga boyunda mavi-yeşil ışık ile aydınlatılmış, dişten yansıyan mavi ışığın ise engellenmesi için sarı *high pass filtre* ($\lambda > 520$ nm) kullanılmıştır. Böylece demineralize alanlar koyu renk olarak izlenebilmiştir. Lazer Floresens prensibi ile *in vitro* olarak minenin demineralizasyonunu kantitatif olarak belirleme metodu geliştirilmiş ve bu metod, TMR ile oldukça yüksek korelasyon göstermiştir ($r=0,97$) (54). Çekilmiş dişlerdeki erken çürük lezyonlarının incelendiği çalışmalarda da 5-10µm derinliğindeki lezyonlar bile tespit edilip ölçülebilmektedir (39, 61). Daha sonra geliştirilen metod, CCD mikro kamera ve bilgisayar görüntü analizi ile *intra-oral* kullanıma uygun Lazer Floresens sistemi haline getirilmiştir (62).

Yoğun ışık kaynağı kullanımı ile fluorescent boyalarının daha yüksek floresens oluşturacağı düşüncesinden yola çıkarak bazı çalışmalarda da Lazer Floresens metodunda boya kullanılmıştır. *Dye-enhanced Laser Fluorescence* olarak tanımlanan bu metotta *pyromethene 556* veya *sodium fluorescein* boyası kullanılmıştır (12, 42, 43).

4. B. *Quantitative Light-Induced Fluorescence* (QLF):

Argon iyon lazerinin, ışık kaynağı olarak kullanılmasından dolayı *Quantitative Light-Induced Fluorescence*'nin (QLF) klinik şartlarda kullanımı oldukça zor olmaktadır, lazerden dolayı cihaz çok hantal oluyordu. Ayrıca lazer kullanımından dolayı büyük bir koruyucu gözlük takmak gerekmekteydi. Bu sebeple klinik kullanıma uygun taşınabilir bir cihaz geliştirilmiştir (6). Dişi aydınlatmak için kullanılan beyaz ışık xenon teknolojisi ile elde edilen *arc* lambasından sağlanmıştır. Mavi ışık oluşturmak için lamba önüne mavi filtre ($\lambda=370$ nm) yerleştirilmiştir. Kamera önüne yerleştirilen *high pass filter* ile 520 nm'den düşük dalga boyundaki ışıklar elimine edilmiştir. Lamba ve filtrelerin kombinasyonu ile son görüntü tüm ışık yansımalarından arındırılmıştır. İki farklı ışık kaynağının karşılaştırıldığı çalışmada oldukça yüksek bir korelasyon elde edilmiştir ($r=0.93$) (6).

Beyaz Lezyonların QLF ile İzlenmesinin Optik Prensibi

QLF dişlerin doğal floresansını kullanır. Gözlemci QLF ile koyu renk lezyona bakar, doğal beyaz ışıktaki lezyonun görüntüsünü engelleyen yansımalar yoktur. Beyaz lezyonun floresans tekniği ile koyu renk görünmesinin sebebi, lezyonun içindeki farklı saçılma özelliğidir.

Beyaz lezyon için saçılma katsayısı çevredeki sağlıklı minenin 5 ila 10 katıdır. Beyaz lezyon içinde doğal ışık sağlıklı mineden daha fazla saçılır. Bunun sebebi kristal yapının ayrılması ve yansımaya müsait alanların artmasıdır. Fazla yansıma olmasının nedeni, photonun serbestçe lezyon içine doğru gidebileceği ortalama mesafenin sağlıklı mineden daha kısa olmasıdır. Sağlıklı minede photonun absorbe edilmesi ve floresans göndermesi beyaz lezyondan fazladır ve sağlıklı minede lezyondan daha fazla fluorescent ışığının dönüştürüldüğünü kabul ederiz.

Beyaz lezyona giren ışık mine-dentin sınırına ya da dentine ulaşmaz geriye yansır fakat az bir miktar floresans ışığı lezyondan geri gönderilir. Oldukça aydınlık sağlıklı mine ile çevrili koyu renk bir lezyon izlenir.

QLF Uygulaması

QLF klinik ve laboratuvar ortamında mine demineralizasyonu ve remineralizasyonunu longitudinal olarak belirlemek açısından uygundur. Yapılan ilk çalışmalar, QLF'in mineral kaybı veya lezyon derinliğini belirleyen, kabul edilir laboratuvar teknikleri ile kıyaslanmasına yöneliktir. QLF, mineral kaybı ile oldukça yüksek korelasyon vermiştir (12, 30, 54). Metot, lezyonun durdurulması ve remineralizasyona yönelik farklı *in vitro* çalışmalarda kullanılmıştır (6, 8, 55). Bu çalışmalarda genelde ilk ölçüm (baseline) ve mineral kaybının son ölçümü ya da sertlik ölçülebildiği gibi QLF ile remineralizasyon uygulaması devam ederken istenilen zamanda floresans değişimleri de ölçülebilir. Bu durumda bir ürünün erken dönemde remineralizasyona etki hızını veya remineralizasyonu yavaşlattığı zamanı belirlememize olanak tanır. QLF mine

remineralizasyonu takip edilen *in situ* çalışmalarda da kullanılmıştır (7). TMR ile kıyaslandığında floresens kazancı arasında korrelasyon $r=0,76$ bulunmuştur. Braketleri çıkartılan 7 ortodonti hastası ile yapılan pilot bir klinik çalışmada QLF ile *in vivo* olarak longitudinal ölçümler yapılmıştır (9). Ortodonti hastaları tedavi sırasında çürük açısından yüksek risk altındadır (75). Braketler etrafındaki alanın temizlenmesi zordur ve çürük ataklara eğilimlidirler. Lezyonlar oldukça hızlı oluşur ve aktif olurlar. Braketler etrafında oluşmuş lezyon, doğru oral hijyen uygulanırsa remineralize olabilir (76). Ortodonti hastaları QLF'in klinik araştırmaları için ideal bir çalışma grubudur. Farklı tedavi seçeneklerini değerlendirebilmek için lezyonun zaman içinde şiddeti takip edilmelidir. QLF ile lezyon alanı ve lezyon içindeki floresens radyansı standardize edilerek ölçülür. Bu ölçümlerin artışı ya da azalışı tedavi protokolünü etkiler.

Lezyonun QLF ile Kantitatif Olarak Değerlendirilmesi

Çürük lezyonu tespit edildiği zaman yüzeysel QLF ile görüntü alınır. Görüntü üzerinde lezyon sınırları işaretlenerek analizlerin sadece o bölgede yapılması sağlanır. Kullanıcı tarafından belirlenmiş ve kenarları lezyon çevresindeki sağlıklı minerde olacak şekilde bir şablonun yardımıyla lezyon analizi yapılır. Şablon içinde sağlıklı floresens radyansı ile iki boyutlu *linear interpolation* ile sağlıklı mine görüntüsü oluşturulur (62). Floresens miktarındaki düşüş, bu sağlıklı doku olarak oluşturulan görüntü ve gerçek görüntü arasındaki fark oranının hesaplanması ile elde edilir. Floresens radyansında genel olarak %5'den fazla bir düşüş olduğu zaman çürük olarak kabul edilir.

Homojen olarak oluşturulmuş ve belirli boyutlardaki *in vitro* lezyonlar için floresens radyans kaybı, QLF'le zamanla lezyonun seviyesini izlemek amacıyla kullanılır. *In vivo* lezyonlar homojen değildir ve lezyonun kapladığı alan zamanla değişir. Lezyonun ilerlemesi ya da gerilemesini belirlemek için sadece floresens radyansı değil aynı zamanda lezyon alanı da belirlenmelidir. QLF lezyon şiddetini belirlemek için floresens radyans kaybını (%), lezyon alanını (mm^2) ve ΔQ ($\%\text{mm}^2$) hesaplar. ΔQ , lezyon alanındaki floresens kaybının lezyon alanı ile çarpılması ile elde edilir. ΔQ , *longitudinal* mikroradyografi (LMR) ile ölçüldüğü gibi lezyonda oluşan total mineral kaybı ile

kıyaslanabilir. Klinik çalışmalar için ΔQ zamanla takip edilecek lezyon parametresi olarak izlenmelidir (100).

Intra-oral QLF kamerası elle tutulur. Diş yüzeyi ve kamera alıcısı arasındaki mesafe hiçbir zaman aynı olmaz. Mesafenin bir miktar standardize edilmesi için el aletlerinin uç kısmına bir uzantı eklenmiştir. Manual ayarlama sonucu oluşabilecek farkları düzeltmek için QLF yazılımında zoom faktörü vardır.

Longitudinal (periyodik takip yapılan) ölçümlerde, yüzey konturlarındaki işaretler kamera ve diş arasındaki mesafenin düzenlenmesi için kullanılabilir. Analiz şablonu ve konturu bir araya getirilerek ilgili dişin tüm longitudinal görüntüleri için kullanılabilirler.

4.C. DIAGNOdent

Dişin floresens radyansını belirleme prensibine dayanır. Çürük dişlerde yapılan spectral incelemelerde, sağlıklı ve çürük doku arasındaki kontrastın kırmızıda oluşturulan ve *infrared*'e yakın alanda belirlenen floresens ile daha iyi belirlendiği görülmüştür. Bu durumda çürük dokunun floresansı sağlıklı doku ile kıyaslandığında çok daha yoğundur. Bu şekilde dişin iç kısmı optik olarak incelenebilmektedir. Ayrıca çürük ve sağlıklı dokunun floresens yoğunluk oranı 700-800 nm spectrum aralığında oldukça yüksek olduğu için, toplam floresens ışığı, spectral analiz yapmaya gerek kalmadan sağlıklı ve hastalıklı dokuyu ayırt etmek için kullanılabilir (68).

Bu bilgilere dayanarak çürük tespiti için oldukça basit bir cihaz geliştirilmiştir (DIAGNOdent, KaVo, Biberach, Germany). Işık kaynağı için *laser diode* (655 nm, modulated 1 mW peak power) ve belirleyici olarak *photo diode* ile kombine *long pass filter* (*transmission*>680 nm) kullanılır. Oluşan ışık optik bir fiber aracılığı ile dişe uygulanır ve çevresine yerleştirilen 9 fiber demeti tespit işlemini gerçekleştirir. *Long pass filter* geriye saçılan ve diğer kısa dalga boyundaki ışığı emer ve uzun dalga boyundaki floresens radyansı geçirir. Gösterge belirlenen floresens yoğunluğunu sayısal olarak gösterir. Gerçek zamanı ve maksimum değeri gösterir. Fissür çürüklerinin

belirlenmesi için açılı bir fiber-optik uç tasarlanmıştır. Seramikten bir standart ölçeği ile kalibrasyon yaptıktan sonra baseline değeri için düz yüzeyde sağlıklı dokudan ölçüm yapılır. Bu değer daha sonra ölçüm yapılan noktanın floresensinden elektronik olarak çıkarılır. Çürüğün maksimum genişliğini belirleyebilmek için cihaz ölçüm yapılan alanda eğilerek ve dikey aksı etrafında hareket ettirilerek uygulanmalıdır. Bu şekilde uç kısım çürüğün çoğunlukla başladığı fissür duvarları eğilimlerinde floresens yakalayabilir. 15 den başlamak üzere yükselen ses ikazı uygulayıcının incelenen alandaki maksimum floresensi bulmasına yardımcı olur (68).

İncelenecek dişler gözle muayeneye olanak sağlayacak şekilde kuru ve temiz olmalıdır. DIAGNOdent lazer sistemi, yüksek hassasiyete sahip olduğu için özellikle gözle teşhisin şüpheli olduğu oklüzal yüzeyler için uygun bir sistemdir. Fissür içinde plak, taş ya da renklenme yanlış pozitif değer verebilir. Aslında sadece bu cihazın kullanımı için değil klinik muayene için de temizlik ön şarttır.

Lussi ve Hibst (68) DIAGNOdent ve ECM'i karşılaştırdıkları çalışmada D₃- seviyesindeki çürüğün teşhisinde benzer performans göstermesine rağmen D₂- seviyesinde lazer sistemin daha iyi sonuç verdiğini, D₁- seviyesinde ise her iki cihazın da tespit yapamadığını bildirmişlerdir.

Cihazın potansiyel kullanım amacı, diş çürüklerine koruyucu uygulamalar yapmayı kolaylaştırmaktır. Restorasyon gerektiren dentin çürüklerinin lokasyonunu belirlemeyi amaçlayan bir cihaz değildir.

C. *Ultrasound* Prensibi

Ultrasound mekanik enerjinin katı, sıvı ve gaz içinde ilerlemesidir. Tanım olarak *ultrasound* dalgaları 20 kHz'den yüksek periyodik dalgalardır. *Ultrasound* prensibini temel alarak geliştirilen pek çok cihaz, endüstri ve tıp alanında yaygınlıkla kullanılmaktadır.

Ultrasonic dalgalar mekanik basınç dalgalarıdır ve işitilebilen ses dalgalarına benzerler. İçinde ilerleyecekleri bir ortam bulmaları gerekir. Genellikle kullanılan dalga tipleri *longitudinal*, *transverse*, *surface*, *plate* tipleridir. Genel uygulamalarda en çok kullanılan *longitudinal* dalgalardır.

Klinik dişhekimliğinde diş taşlarını uzaklaştırmak, kök kanallarını yıkamak ve aletlerin üzerindeki artıkları temizlemek için *ultrasound* mekanik enerjiye dönüştürülerek kullanılır. Tıbbın tersine dişhekimliğinde teşhis amaçlı *ultrasound* kullanımı çok kısıtlı kalmıştır. Barber ve ark. (21) mine-dentin ve dentin-pulpa sınırının tespitinde bir ultrasonik sistem kullanmışlar, insan, sığır ve köpek dişlerinde mine ve dentin dokusunun ses hızlarını belirlemişlerdir.

Az sayıdaki çalışmalarda da mine demineralizasyonu ve mine çürükleri *ultrasound* ile tespit edilmiştir (19, 52, 71, 113, 116). Ng ve ark.(71) erken mine çürüğünde lezyon gövdesinin mineral içeriği için özel bir doku yoğunluğu (*acoustic impedance*) olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek frekanstaki *pulse-echo* *ultrasound* dalgalarının (18 MHz) sağlıklı ve demineralize mineyi ayırt edebildiğini bildirmişlerdir. Bab ve ark. (19), Gazit ve ark (52) ve Ziv ve ark. (116), *surface* dalgaları kullanmışlar ve çalıştıkları sistemi proksimal mine ve dentin çürüklerini belirleme açısından başarılı bulmuşlardır. Huysmans ve Thijssen (59) ise erozyonda mine kalınlığını belirlemek için *longitudinal* dalgaları kullanmış ve sayısal sonuçlar elde etmişlerdir. Yanıkoğlu ve ark. (113) ultrasonik sistemde *longitudinal* dalga kullanarak düz yüzeylerdeki doğal oluşmuş beyaz lezyonları belirleyebilmişlerdir.

D. Radyografik Metotlar

Radyografinin dişhekimliğinde ilk kullanılması 1896 yılında olmuştur. Geçen bu 100 yıllık sürede ağız içi radyografiler oldukça önemli gelişmeler göstermiştir (11). Bu gelişmeler X-ışını oluşumunun kalitesini yükseltmeye, iyonize radyasyonun zararlarının anlaşılmasına ve bunların azaltılmaya çalışılmasına yöneliktir. Dental radyografilerin ilk yüzyılında hem ağız içi hem de ağız dışı uygulamalarda radyografik görüntü film ortamında oluşmaktaydı. Bu zaman süresince film teknolojisinde olan gelişmeler film hassasiyetini artırırken artefaktların ve oluşum zamanının azaltılmasına yönelik çalışmalar olmuştur.

1940'ların başında dijital bilgisayarların geliştirilmesi ile bilimin birçok alanında olduğu gibi teşhis cihazlarında da dijital görüntülemenin ilk basamakları oluşmuştur. Dijital radyografilerin ilk aşamalarında film bazlı radyografilerin bilgisayar ortamında taranması ve görüntü elde etmek yoluna gidiliyordu. Bu iki aşamalı uygulamaya indirek dijital radyografi denir. Araştırma çalışmalarında oldukça popüler olan bu teknik klinik için uygun değildi. 1960'larda elektronik görüntü alıcılarının geliştirilmesi sadece direkt dijital radyografi (DDR) ile değil, bilgisayar destekli teşhis metodlarının, yani Kompüterize Tomografinin (*Computed Tomography*; CT) gelişmesi ile mümkün olmuştur (11).

İlk DDR sistemlerin dişhekimliğine girmesi ile ilk *Radiovisiography* (RVG) geliştirilmiştir (69). Wenzel ve ark. (104) yaptıkları çalışmada konvansiyonel film radyografilerinin performansını (accuracy) dijitalize radyografiler ve RVG ile karşılaştırmışlar ve çekilmiş dişlerin oklüzal yüzeylerde kavitesiz dentin çürüklerinin belirlenmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. White ve Yoon (109) dijital CCD sistemini proksimal yüzeylerdeki çürüklerin belirlenmesinde film ile karşılaştırmışlar ve istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır.

Direk ya da film taranarak elde edilmiş dijitalize radyografik görüntü üzerinde, görünimleri daha iyi hale getirmek amacıyla, görüntülerin subjektif manipülasyonu mümkündür (105). Kontrast/parlaklık ayarlanması, kenarların belirginleştirilmesi,

histogram eşitlenmesi, artifakt uzaklaştırılması, ton değişimi yapılabilir. Araştırmalarda bu uygulamaların çürük teşhisi üzerine etkileri ve sonuçları incelenmiştir. Dijitize ve CCD görüntülerinde kontrastın iyileştirilmesinin (95, 104) çürük lezyonların teşhisinde etkili olduğunu gösterirken bazı çalışmalarda (73) histogram eşitlenmesinin ve ters kontrast uygulamasının arayüz çürüklerinin teşhis kalitesinin üzerine önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir.

Görüntü manipülasyon tekniklerinin subjektif ve task-bağımlı olması, bu genel tekniklerin teşhiste kolaylık sağlamadığını ve belki de görüntünün teşhis kalitesini negatif yönde etkilediğini düşündürebilir (95).

Işın kalitesi, receptör (alıcı) tipleri, projeksiyon geometrisi ve araştırmacı gibi bir çok kaynağın değişkenliği göz önüne alındığında en çok varyasyonun araştırmacıdan kaynaklandığı görülmüştür. Bununla birlikte klinik görüntü ve radyografik bulgular arası zayıf korrelasyon, araştırmaları çürük lezyonların bilgisayar yardımlı tespit ve analizine (*Computer-Aided Detection and Analysis, CADA*) yönlendirmiştir. Bilgisayar yardımlı tespit ve analizde sağlıklı veya çürük lezyon istatistiksel analizler sonucu belirlenir. Bu yöntemle ilk çalışmalar Pitts (80) ve Pitts ve Renson (81) tarafından yapılmış ve çürük tespitinin tekrarlanabilirliğinde önemli bir artış bildirilmiştir. Heaven ve ark. (56) *in vitro* olarak oluşturulmuş çürük lezyonların tespitinde bilgisayar yardımlı tespit ve analizin klinik muayeneden daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemişlerdir. Özellikle arayüz çürüklerinin belirlenmesi için geliştirilmiş Logicon Caries Detector™ (Logicon Inc., Los Angeles, Calif., USA) yazılımının gözle muayene ile kıyaslandığı çalışmada dentine ulaşan lezyonların %20 oranında daha fazla tespit edildiği bildirilmiştir (51). Wenzel (106) ise Logicon Caries Detector™ kullanımı ile araştırmacılar arası farkın 0,47'den ancak 0,48'e yükseldiğini ve bu oranın da anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir.

Dijital radyografi çalışma sistemine dayanan bir diğer cihaz da Webber ve ark. (103) tarafından geliştirilen Tuned Aperture Kompüterize Tomografidir (*Tuned Aperture Computed Tomography; TACT*). TACT® Workbench yazılımı (Verity Software Systems, Winston-Salem, NC, USA) ile kullanılır. Özelliği dişlerin kesitsel olarak

radyografik görüntülerini elde edebilmesidir. Bu kesitlerde radyolusent alanlar olup olmadığı incelenebilirken *pseudohologram* denen 3 boyutlu bilgisayar modelinde bu kesitlerin yan yana getirilmesi de mümkündür. TACT kesitlerinin ve *pseudohologram*'ların küçük primer yada sekonder çürük tespitinde kullanıldığı birçok çalışma vardır (1-4, 70, 94, 98, 103). Nair ve ark. (70) sekonder çürüklerin tesbitinde TACT'yi film ve direkt dijital radyografilerden daha başarılı bulmuşlardır. Shi ve ark. (94) oklüzal çürüklerin tespitinde TACT sistemin teorik olarak daha ideal sonuç vermesinin beklendiğini ancak mine ve dentin çürüklerinin tespitinde konvansiyonel film teknolojisinden anlamlı bir farklılık gösteremediğini belirtmişlerdir. Abreu Jr. ve ark. (4) *in vitro* şartlarda arayüz çürüklerinin tespitinde TACT kullanmışlar ve en ideal sonuç için 8 veya daha fazla kesit ile görüntü almanın uygun olduğunu bildirmişlerdir.

TACT cihazı halen geliştirilmektedir ve belkide çürük teşhisi performansı film ve dijital radyografilerden daha iyi bir seviyeye getirilebilir.

Arai ve ark. (17) ise konvansiyonel CT'nin pahalı ve çok büyük bir cihaz olması sebebiyle daha düşük doz ile çalışan ve aksiyel yönde daha yüksek rezolüsyonu olan bir cihaz geliştirmişlerdir. Kompakt Kompüterize Tomografi olarak tanımladıkları ve Ortho-CT olarak isimlendirdikleri bu cihaz ile kök, periodontal ligament boşluğu, lamina dura ve süngerimsi kemiğin mükemmel görüntülerini elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Diğer taraftan son 10 yıldır biyolojik dokuların kesitsel görüntülerini elde ederek çalışan Optik Koherens Tomografi (*Optical Coherence Tomography*; OCT) ağız yumuşak ve sert dokularında kullanılmıştır (50). Daha sonraları sistem Polarize Hassas Optik Koherens (*Polarization-Sensitive Optical Coherence Tomography*; PS-OCT) olarak geliştirilmiş ve *in vitro* şartlarda diş sert dokularında deneysel çalışmalar yapılmıştır (22, 50). İyonize radyasyon yerine *infrared*'e yakın ışık kullanımının avantaj olduğu, çürük önleyici ajanların etkinliğinin değerlendirildiği kısa dönemli klinik çalışmalarda mineral değişimini takip etmek için uygun ve umut verici bir yöntem olabileceği ileri sürülmüştür.

4.5. Confocal Lazer Taramalı Mikroskop

Confocal Lazer taramalı mikroskop 1955 yılında geliştirilmiştir ve kısaca CLSM olarak tanımlanır. Özellikle hücre biyolojisinde kullanılan non-destrüktif bir mikroskopik tomografi tekniğidir. Diş hekimliği araştırmalarında kullanımı ancak 1983 yılından sonra olmuştur. Aydınlatma, odaklanmış bir lazer kaynağından elde edilir ve taramalar örnek üzerinde çizgiler halinde yapılır. Odaklanan bölge dışından gelen tüm yansımalar engellenerek sadece tam olarak odaklanan alan izlenir. CLSM ile doğal nemlerinde olan ve kesit alınmamış dişlerle çalışmak mümkündür. Eğer dış tabakanın yüzey altı alanları ile çalışılacaksa örnek hazırlanması için özel bir işleme gerek yoktur. Örneklerin ince kesitler halinde hazırlanması ve kurutulması gibi uygulamaların olmaması hata oluşumunu engeller.

CLSM kullanımının avantajlarını inceleyecek olursak:

- 1) Hazırlanması çok zor olan ve daha hassas kesim cihazları gerektiren ince kesitlere gerek kalmadan hızlı ve basit şekilde örnekler kesilebilmektedir.
- 2) Örnekler herhangi bir ön uygulama gerekmez. Çünkü bu uygulamalar esnasında örnekler su kaybına uğrayarak tahrip olabilmektedir.
- 3) Araştırmacı mikroradyografi kullanımında olduğu gibi herhangi bir X-ışını radyasyonu riski altında değildir.
- 4) CLSM ile yüzeydeki düzensizlikler ya da eklentiler göz ardı edilebilir. Çünkü saçılan, yansıyan ve odaklanan alan dışından gelen floresens ışığı elimine edilir ve sadece odaklanan ince bir alan izlenir.
- 5) Dijital görüntüleme uygulaması ile verilen yapının yüzey özellikleri, alan, hacim analizleri yapılabilir ve yapı 3 boyutlu olarak her açıdan izlenebilir (53).

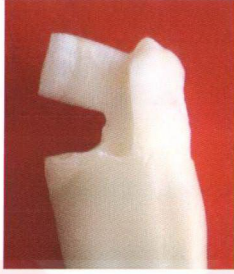
5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Örneklerin Hazırlanması

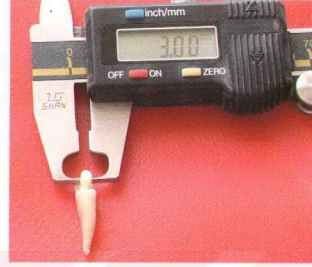
Ortodontik sebeplerle çekilmiş maksiller ve mandibuler premolar insan dişleri en az 2 hafta süre ile %10'luk tamponlanmış formalin (pH 6.8-7.0) solüsyonunda bekletilmek suretiyle dezenfekte edilmiştir ve deney işlemlerine kadar distile su içinde saklanmıştır. Bu dişler, kuron kısmında çürük, çatlak, defekt ya da renklenme açısından çıplak göz ile ve bunu takiben x10 ve x15'lik büyütmelemlerde binocular stereomikroskopunda (Olympus Optical Co., LGPS, Tokyo, Japan) iki gözlemci tarafından incelenmiştir. Dişler ultrasonik temizleyici (Biosonic UC 300, Whaledent, Model 3115FS-23W-B30, Chatsworth, Thailand) ile %1'lik deterjan (Biosonic, Whaledent, New York, USA) ve distile su kullanarak temizlenmiştir.

012C numaralı elmas fissür frez (RomiDIAMOND™ Burs, Romidan LTD, Herzeliya, Israel) ile yüksek devirde su soğutması ile çalışarak dişlerin bukkal yüzeylerinden 3 mm çapında mine örneği elde etmek amacıyla altındaki dentin dokusu ile birlikte blok halinde çıkarılmıştır. Elektronik dijital kumpas (Electronic Digital Caliper, T3456, Shan, Guilin, China) ile ölçüm yapılarak mine çapları 3 mm haline getirilmiştir. Örneklerin mine kalınlıkları ortalaması 1,5 mm, dentin kalınlıkları ortalaması 2 mm olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler arasından bu standartlara uyan 64 adet örnek seçilmiştir. Mine örnekleri pembe soğuk akrilik kullanarak (Imicryl Soğuk Tamir Akriliği, Imicryl, Konya, Türkiye) uzunluğu 5 cm, çapı 6 mm olan silindirik şeffaf poliakrilik çubuklar içindeki 4 mm'lik yuvaya, mine yüzeyleri açıkta kalacak şekilde tespit edilmiştir. Tüm örnekler 01'den 64'e kadar rasgele numaralandırılmıştır (Resimler 1-3b).

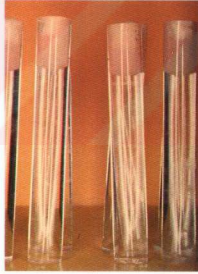
Dişlerin doğal yüzeylerini korumak amacıyla mine yüzeyine aşındırma ya da polisaj işlemi yapılmamıştır. Örneklerle herhangi bir çalışma yapılmadığı zamanlarda nemli ve ağzı kapalı bir kap içinde ve 4°C tutulmuşlardır.



Resim 1: Mine örneğinin buko-lingual görünüşü



Resim 2: Mine örneği çapının dijital kumpas ile ölçümü (3 mm)



Resim 3.a: Şeffaf poliakrilik çubuklara yerleştirilmiş mine örnekleri



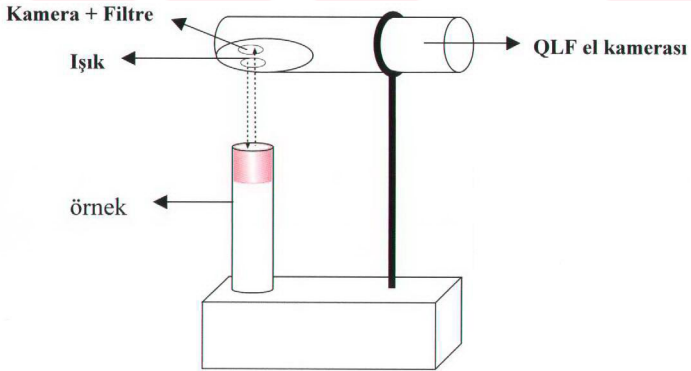
Resim 3.b: Şeffaf poliakrilik çubuklara yerleştirilmiş mine örneklerinin yüzey görünümü

5.2. Baseline Analizi

Baseline QLF Analizi

Lezyon oluşturulmadan önce baseline QLF görüntülerini elde etmek amacıyla QLF sistemi (QLF/clin 007, Inspektor Research Systems B.V., The Netherlands) kullanılmıştır (Resim 4). Sistem ışık ünitesi ve kamera kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Bu iki ünite akışkan ışık rehberi ve elektrik kablosu ile el kamerasına bağlanmıştır. Örnekler 13 mW/cm^2 mor-mavi ışığa (dalga boyu: 290-450 nm) maruz kalmışlardır. El aletinin içine yerleştirilmiş minyatür kamera, 510 nm'lik özel filtreden (*band-pass filter*) geçen görüntüyü yakalar.

Örnekler nemli kaptan tek tek çıkarılmış, kağıt peçete ile dikkatlice kurulanmıştır. Örnek yüzeyleri ile kamera arası mesafenin her zaman aynı olması için kamera bir taşıyıcı kol üzerine sabitlenmiştir. Örnek yüzeyi ve kamera arası mesafe 4,5 cm olarak ayarlanmıştır (Şekil 1). Örnekleri taşıyan poliakrilik çubuklar ise özel bir yuva içine yerleştirilmiş ve 'enter' tuşu kullanılarak görüntü kaydedilmiştir. Elde edilen baseline QLF görüntüsü analizler yapılincaya kadar QLF 1.96w programında saklanmıştır. Daha sonra örnekler *in vitro mikrobiyal çürük modeli* oluşturmak için sterilizasyona hazırlanmışlardır.



Şekil 1: Örnek ve QLF el kamerasının sabitlendiği düzenek



Resim 4: Çalışmada kullanılan *Quantitative Light-Induced Fluorescence* cihazı

5.3. *In Vitro* Mikrobiyal Çürük Modeli Kullanılarak Lezyon Oluşturulması

In vitro mikrobiyal çürük modeli öncesi tüm örnekler 24 saat süre ile etilenoksit gazı ile steril edilirken, kullanılacak malzemeler ise 121⁰C'de 20 dakika süre ile otoklavda steril edilmiştir. Rasgele seçilmiş 56 adet örnek Fontana ve ark. (45) tarafından geliştirilmiş *in vitro* mikrobiyal çürük modeli ile demineralize edilirken, 8 adet örnek analizler için demineralize edilmemiş baseline olarak saklanmıştır. *In vitro* mikrobiyal çürük modeli 4 gün boyunca uygulanmıştır.

Örnekler her kapta 14 adet olmak üzere, 4 adet çürük oluşum kabına (125 ml pyrex brand slow speed stirring vessel, Fisher Scientific, Pittsburg, Pa., USA) yerleştirilmiştir. Tüm çürük oluşum kapları aerobik ortamda 37⁰C etüv içinde elektronik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiştir (Resim 5). Her çürük oluşum kabının *trypticase soy broth* (TSBS) (Difco Laboratories, Detroit, Mich., USA) ve mineral yıkama solüsyonu (MW) için olmak üzere 2 girişi ve sıvıların boşaltımı için 1 çıkışı vardır. Tüm gruplar çalışmanın başında 1.2x10⁸ CFU/ml *Streptococcus mutans* A32-2 ile inoküle edilmiştir. Örnekler 96 saat boyunca sirküle eden %5'lik sukroz ilave edilmiş TSBS ve MW maruz kalmışlardır. MW solüsyonu tükürüğün görevini taklit etmek için kullanılmıştır. 1 lt MW solüsyonu içinde potasyum klorit (624.4 mg); sodyum klorit (866,6 mg); dipotasyum hidrojen fosfat (33.8 mg); magnezyum klorit (59.6 mg) ve kalsiyum klorit dihidrat (166.6 mg) bulunmaktadır. Solüsyonların günlük uygulama süreleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Demineralizasyon süreci sonunda her gruptan 3'er örnek aseptik olarak alınmış ve 5 ml serum fizyolojik solüsyonuna yerleştirilmiştir. Mine üzerindeki plağı uzaklaştırmak için örnekler vortekste karıştırılmıştır (20 sn.) Homojenize edilen örnekler seyreltilmeden ve 1:1000 ve 1:10000 oranında seyreltilerek basitrasın (200 IU/l) ve sukroz (%20) ilave edilmiş *Mitis Salivarius Agar*'a (Difco Laboratories, Detroit, Mich., USA) ekim yapılmıştır. Bakteriye sayım ve kontaminasyon eksikliği olup olmadığını kontrol etmek için de *Trypticase Soy Agar*'a (Difco Laboratories, Detroit, Mich., USA) ekilmiştir.

In vitro mikrobiyal çürük modeli sonrası rasgele seçilmiş 2 örnek lezyon oluşumunu kontrol etmek amacıyla su soğutmalı Silverstone-Taylor sert doku mikrotomu (Scientific Fabrications Laboratory, Lafayette, Colo., USA) ile iki parçaya ayrılmış 24 saat 0.1 mM Rhodamine B (Aldrich Chem. Co., Wis., USA) solüsyonunda bekletilmiş ve *Confocal Lazer Taramalı Mikroskop* (CLSM) (Odyssey, Noran Instruments, Inc., Middleton, Wis.,USA) kullanarak lezyon derinliği tespit edilmiştir. Ortalama lezyon derinliği bu iki örnek için 38 µm olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: *In vitro* mikrobiyal çürük modelinde kullanılan solüsyonların günlük uygulama zamanları (45).

Saatler	Uygulanan Solüsyon
08.00 – 08.30	TSBS
08.30 – 12.00	MW
12.00 – 12.30	TSBS
12.30 – 16.00	MW
16.00 – 16.30	TSBS
16.30 – 08.00	MW



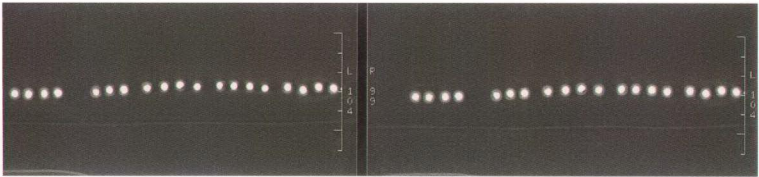
Resim 5: *In vitro* mikrobiyal çürük modeli

5.4. Demineralizasyon Sonrası Analizler

5.4.1. Demineralizasyon Sonrası CT Analizi

Distile su ile yıkanmış örnekler, örnek sayılarına göre küçükten büyüğe doğru pembe mum üstüne dizilmiştir. 3 adet mum bloğu, CT görüntülerinin ayırt edilebilmesi için küçük sayılı örneğin yanına kroşe teli yerleştirilmiştir (01-21 aralığındaki örneklerin olduğu mum, 1 tel; 22-42 aralığındaki örneklerin olduğu mum, 2 tel; 43-64 aralığındaki örneklerin olduğu mum, 3 tel). 400 kV ve 3.7 mega heat özelliğe sahip Spiral CT tarayıcı (model Hispeed CT/i, General Electric Medical System, Milwaukee, USA) kullanılarak doğrusal algoritma (1800 linear interpolation reconstruction algorithm) ile görüntüler elde edilmiştir. 1 mm kalınlığında devamlı transaksiyel kesitler elde edilmiştir (Resim 6).

Elde edilen radyografler 1:1 ölçüde ve gri skalada taranmış (Umax PowerLook III, Taipei, Taiwan) ve bitmap dosyası olarak bilgisayar ortamında analiz yapılmaya kadar saklanmıştır. Adobe Photoshop® (version 6.0.1; Adobe Systems Inc., Wash., USA) yazılımı kullanılarak ekrandaki görüntünün siyahlık (K) değeri belirlenmiştir. Her örnek için alınmış 2 adet kesit görüntüsü üzerinden ölçüm yapılmış ve bunların ortalama değerleri belirlenmiştir.



Resim 6: Demineralizasyon CT ölçümü için taranmış örneklerin görüntüsü (1 tel grubu)

5.4.2. Demineralizasyon Sonrası QLF Analizi

Lezyon oluşumunu takiben örnekler distile su ile yıkanmış ve analizlere kadar nemli ortamda saklanmıştır. Analiz öncesi her örnek tek tek nemli kaptan çıkarılmış ve demineralizasyon QLF görüntüleri alınmıştır. Demineralizasyon QLF analizi için görüntüler Adobe Photoshop® (version 4.0.1; Adobe Systems Inc., Wash., USA) yazılımı kullanılarak modifiye edilmiştir. Demineralize QLF görüntüsünden bir dikdörtgen görüntü kesiti alınıp, aynı örneğin baseline QLF görüntüsü üzerine yapılandırılmıştır. Tüm analizler için dikdörtgenin boyutları sabit tutulmuştur. Demineralize dikdörtgen görüntünün dışındaki baseline dokunun gri piksel değerlerinden faydalanarak dikdörtgen içindeki görüntünün baseline floresens radyansı oluşturulur. QLF 1.96w yazılımı ile, bilgisayar ortamında demineralize görüntünün piksel değerlerinden baseline görüntünün piksel değerleri çıkarılarak analizler yapıp floresens radyansında ortalama değişim %'si ve ΔQ ($\Delta Q = \% \text{ floresens radyansında ortalama değişim} \times \text{lezyon alanı}$) değerleri hesaplanmıştır.

Cihazın çürük lezyonu belirleme sınırı, iki görüntü arasındaki floresens radyansında %5'den büyük bir düşüşün olmasına göre ayarlanmıştır.

5.5. Remineralizasyon

Lezyon baseline'ını saklamak amacıyla demineralize örnek yüzeylerinin yarısı aside dirençli bir cila ile kaplanmıştır. Örnek yüzeyinde kapatılan bu demineralize yüzeyi ayırt edebilmek için poliakrilik çubuğun o kenarı sabit kalem ile işaretlenmiştir. *In vitro mikrobiyal çürük modelindeki* 4 farklı gruptan gelen dişler eşit miktarlarda rastgele dağıtılarak, her birinde 18 adet örnek olmak üzere 3 remineralizasyon grubuna ayrılmışlardır. Remineralizasyon sürecinde bu 3 grup için 0, 300, 1100 ppm NaF diş macunu kullanılmıştır. Örnekler özel bir lastik kapak içine her kapakta 6 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kaplar ise manyetik karıştırıcı üzerindeki karelere gelecek şekilde dikkatlice yerleştirilmiştir. Örnekleri taşıyan kapaklar kaplar üzerine yerleştirildiğinde, örnek yüzeylerinin kap içindeki sıvı ile temasta olduğu ve kabin altına temas etmediği kontrol edilmiştir. Her remineralizasyon grubu 3 adet, 50 ml'lik kaplar içine yerleştirilmiştir (Resim 7). Asit uygulaması dışında her bir kabin içinde 1 adet mknatis bulunmaktadır. Manyetik karıştırıcı çalıştığı sürece kaplar içinde bulunan mknatislar sürekli dönmekte ve bu şekilde diş macunu karışımını ve tükürük karışımını devamlı karıştırmaktadır.

Daha önce Schemehorn ve ark. (90) tarafından uygulanan remineralizasyon modelinin, Dunipace ve ark. (36) tarafından geliştirilmiş şekli çalışmamızda kullanılmıştır. 20 gün süresince uygulanan remineralizasyon tedavisinin günlük uygulamasını kısaca Tablo 2'de gösterilmektedir. Asit uygulaması esnasında örnekler hidroksiapatit (HAP) ile %50 doyurulmuş ve pH'ı 5.0'e ayarlanmış 0.1 M laktik asit, 0.2% karbopol solüsyonu içinde, günde 4 saat olmak üzere bekletilmiştir. Bu asit uygulaması esnasında manyetik karıştırıcı durdurulmuştur. Böylece örneklerden fazla mineral kaybı önlenmiş olur.

Günlük fırçalama işlemini taklit etmek amacı ile manyetik karıştırıcı ile günde 4 sefer 1 dakikalık diş macunu (0, 300, 1100 ppm) uygulaması yapılmıştır. Diş macunu karışımları her bir kap için 5.0 g diş macunu ve 10 ml suyun karıştırılması suretiyle her uygulama öncesi taze olarak hazırlanmıştır. Diş macunu uygulamasından önce ve sonra tüm örnekler distile su ile yıkanmıştır. Her 5 günde bir hazırlanan diş macunu karışımları florür içerikleri açısından analiz edilmiştir. Bunun için spesifik florür

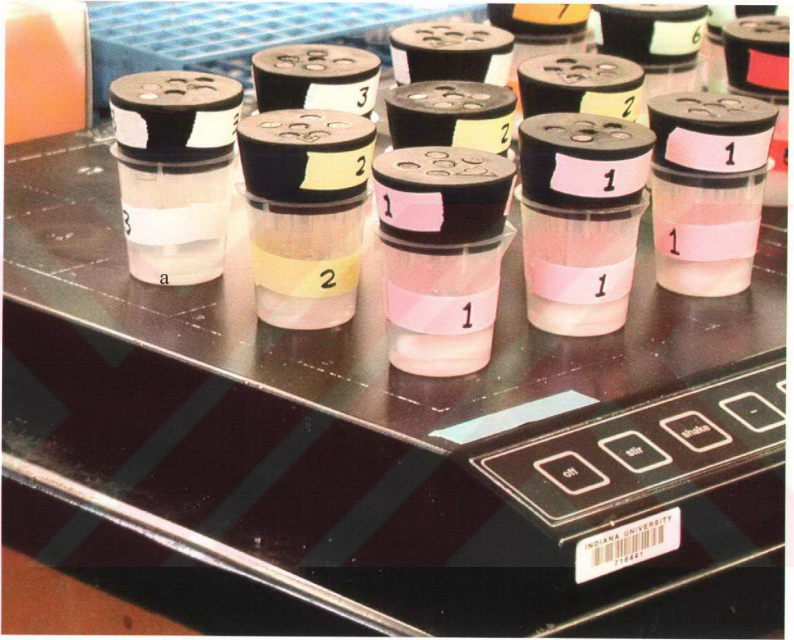
elektrodu (Orion No. 96-09-00, Boston, USA) bağlantılı pH/iyon metre (Accumet 950, Ficher Scientific, Cincinnati, Ohio, USA) kullanılmıştır. Her karışımın 1 ml'si TISAB II (Total Ionic Strength Adjustment Buffer II) tamponu ile 1:1 oranında seyreltilmiş ve direkt olarak elektrot altına katılmıştır. Florür miktarı aynı anda analiz edilen birçok standart ile karşılaştırılarak belirlenmiştir.

Asit uygulaması ve diş macunu tedavisi dışında kalan sürelerde örnekler toplanmış insan tükürüğü içinde tutulmuşlardır. En az 5 kişiden parafin mum ile stimüle edilmiş tükürük elde edilmiş ve kullanılıncaya kadar 4°C'da bekletilmiştir. Kaplara dağıtılmadan önce tükürük kuvvetli bir şekilde karıştırılmış ve 15 ml olarak her kaba dağıtılmıştır. Her kaptaki tükürük, örnekler asit uygulaması esnasında iken günde bir defa olacak şekilde yenilenmiştir. Remineralizasyon uygulamasının ilk gününde pelikül oluşumunu stimüle etmek için örnekler ilk diş macunu uygulamasından önce 1 saat süre ile tükürükte bekletilmiştir.

Tablo 2: 20 gün süresince uygulanan remineralizasyon tedavisinin günlük uygulanım şekli (36).

Saatler	Uygulanan Solüsyon
08.00 – 08.01	Diş macunu ^a
08.01 – 09.00	Tükürük ^b
09.00 – 09.01	Diş macunu
09.01 – 10.00	Tükürük
10.00 – 14.00	Asit uygulaması ^c
14.00 – 15.00	Tükürük
15.00 – 15.01	Diş macunu
15.01 – 16.00	Tükürük
16.00 – 16.01	Diş macunu
16.01 – 8.00	Tükürük

^a Diş macunu karışımı = 10 ml suya 5 g diş macunu ilavesi
^b Toplanmış insan tükürüğü
^c %50 doymuş HAP/0.1 M laktik asit karbopol solüsyonu, pH 5.0



Resim 7: Remineralizasyon uygulaması esnasında manyetik karıştırıcı (*stirring plate*) üzerindeki örnekler.

5.6. Remineralizasyon Sonrası Analizler

Remineralizasyon uygulamasından sonra örnekler 2 dakika boyunca distile su ile yıkanmıştır. Demineralize yüzeyi koruyan aside dayanıklı cila dikkatli bir şekilde aseton ile uzaklaştırılmış ve CT ve QLF analizi için örnekler hazırlanmıştır.

5.6.1. Remineralizasyon Sonrası CT Analizi

Remineralizasyon sonrası gruplar karıştırılmadan (0, 300, 1100 ppm) küçük numaradan büyüğe doğru pembe mum üzerine sabitlenmiştir. Mum blokları üzerine küçük numaralı örneğin yanına remineralizasyon gruplarını belirten kroşe teli yerleştirilmiştir. Sabitleme işleminde demineralize kısmı belirten sabit kalem işaretinin, grupları belirten tel kısmına bakmasına dikkat edilmiştir. Daha sonra remineralizasyon CT görüntüleri elde edilmiştir.

5.6.2. Remineralizasyon Sonrası QLF Analizi

Remineralizasyon QLF görüntüleri, baseline ve demineralizasyon QLF görüntülerinin alındığı düzeneğe bağlı kalınarak elde edilmiştir. Remineralizasyon analizi, demineralizasyon analizine benzer şekilde yapılmıştır. Remineralize görüntülerden standart dikdörtgen kesilerek aynı örneğin demineralize görüntüsü üzerine yerleştirilmiş ve QLF 1.96w ile analiz edilmiştir.

5.7. Kesim ve *Confocal* Lazer Taramalı Mikroskop Analizleri

Örnekler Silverstone-Taylor sert doku mikrotomu (Scientific Fabrications Laboratory, Lafayette, Colo., USA) ile her kesitte demineralize ve remineralize kısım olacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Her numuneye ait bir kesit, taze olarak hazırlanmış 0.1 mM Rhodamine B solüsyonu içinde 24 saat bekletilmiştir. Örnekler üzerinde ölçümler, demineralize ve remineralize kısımda ve 340 µm uzunlukta olmak üzere yapılmıştır. Lezyonlar derinlik, alan ve toplam floresens miktarı açısından analiz edilmiştir (46).

Rhodamine B solüsyonundan rasgele çıkarılan örneklerin kesilen ve boyanan yüzeyleri oda sıcaklığında kuruduktan sonra *Confocal* Lazer Taramalı Mikroskop ile analiz edildi (Resim 8). Görüntülerin analizi için Image 1 yazılımı (4.14.C versiyonu, Universal Images Corp., West Chester, Pa., USA) kullanılmıştır. Nikon objektifinde (10X Nikon objective, N.A. 0.25) 10 kezlik büyütme ile netleştirilen örnekler 488 nm dalga boyunda argon iyon lazer ile aydınlatılmıştır. 515 nm uzun geçişli filtre ile Confocal kesitleri 15 µm olarak belirlenmiş ve argon iyon lazerin yoğunluğu %100'e ayarlanmıştır. Taramalar, örneklerin kesilmiş yüzeylerine paralel, ve doğal dişin yüzeyine dik olarak yapılmıştır. Demineralize ve remineralize kısımlarda lezyon derinliği, alan ve toplam floresens miktarı ölçülüp kayıt edilmiştir.

Gereç ve yöntemde anlatılan çalışmanın tümüne ait akış düzeni Şekil 1'de kısaca gösterilmektedir.

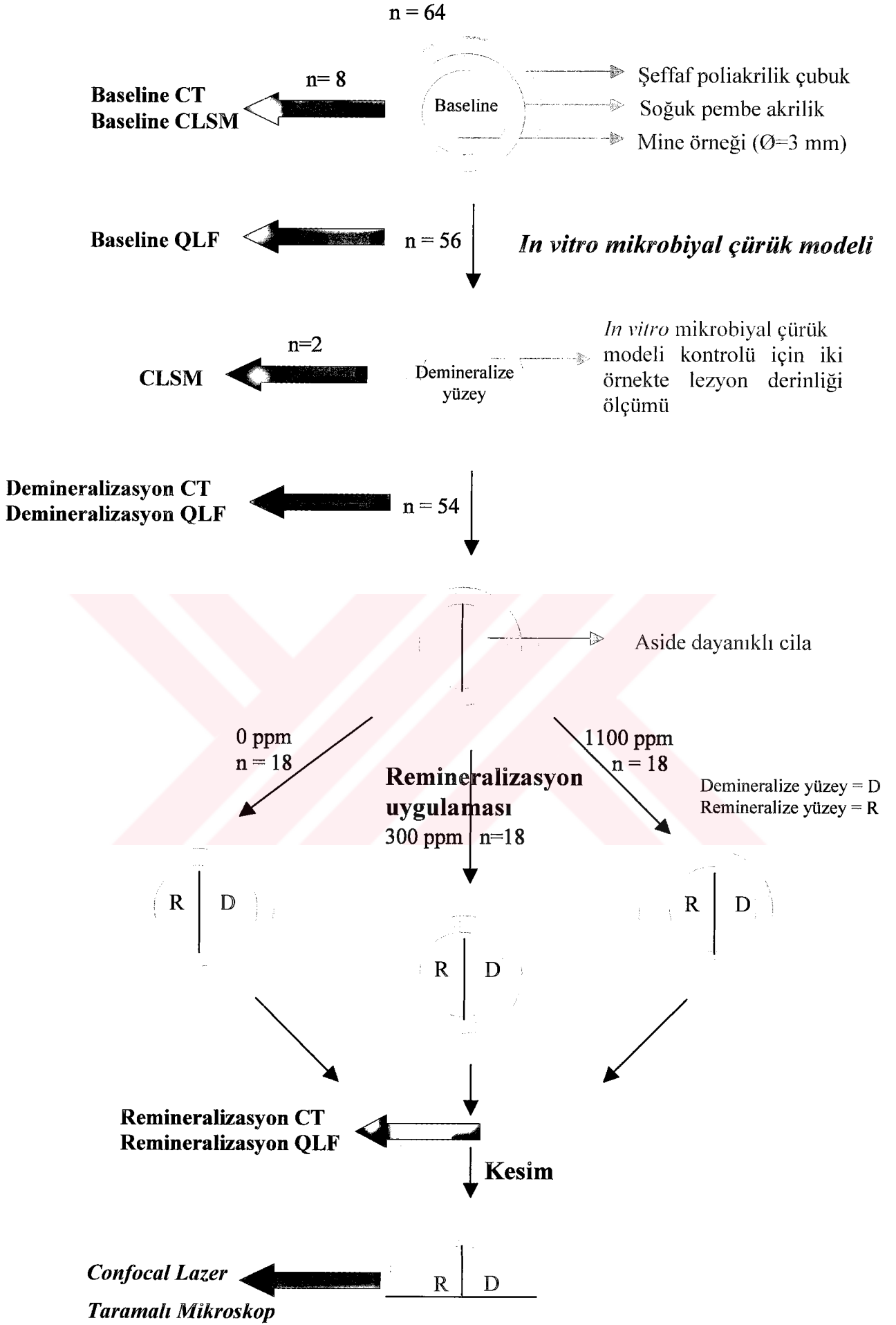
5.8. İstatistiksel Analizler

Verilerin analizi için, Student's 't' testi ve Tek Yönlü Varyans Analiz Testi (ANOVA) ve Bonferonni Düzeltmesi kullanılmıştır.

CT test metodunun duyarlılığı, seçicilik, pozitif ve negatif prediktif değerleri CLSM altın standart alınarak elde edilmiştir. Hassasiyetin belirlenmesinde CLSM için kritik değer *başlangıç beyaz lezyonun var veya yok oluşu* olarak değerlendirilmiştir. CT için hassasiyet ise her bir demineralize örnek yüzeyinde okunan değerler arasında en az 3 sayı farkı lezyon varlığı olarak değerlendirilmiştir.



Resim 8: Çalışmada kullanılan *Confocal* Lazer Taramalı Mikroskop



Şekil 2. Gereç ve Yöntemde anlatılan çalışma akış düzeninin şematik gösterimi

6. BULGULAR

6.1. *In Vitro* Mikrobiyal Çürük Modeli

In vitro mikrobiyal çürük modeli sonunda bakteriler tarafından oluşturulan asidik ortamın belirlenmesi amacıyla solüsyon atılım ve çürük oluşum kaplarındaki sıvının pH'ı ölçülmüştür (Tablo 3). Dört kabın her birinin pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Asidik ortam her grup için benzer şekilde oluşmuştur.

Tablo 3: *In vitro* mikrobiyal çürük modeli sonunda (4.gün) çürük oluşum ve atılım kaplarının pH değerleri.

Kap numarası	pH-Atılım kabı	pH-Çürük oluşum kabı
1	4,69	4,59
2	4,54	4,53
3	4,54	4,43
4	4,52	4,58

In vitro mikrobiyal çürük modeli sonunda her kaptan 3 adet örneğin üzerindeki plak toplanarak bakteriyel ölçüm yapılmıştır (Tablo 4). Kaplar arası örnekler üzerine tutunmuş bakteri sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tablo 4: Kap numaralarına göre bakteri sayıları.

Kap numarası	S.mutans sayıları (CFU/ml) ^a
1	$8,11 \times 10^3 \pm 3,56 \times 10^3$
2	$1,36 \times 10^5 \pm 9,17 \times 10^4$
3	$5,46 \times 10^4 \pm 2,93 \times 10^4$
4	$3,35 \times 10^4 \pm 1,14 \times 10^4$

^a Ortalama \pm Standart Sapma
^b Parantez içi gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur (p>0,05)

6.2. CT Bulguları

Baseline örneklerinin CT değerleri ($10,53 \pm 0,8$; $n= 8$) ile demineralizasyon CT değerleri ($10,47 \pm 0,83$; $n= 54$) kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir ($t = 0,64$, $p>0,05$).

Her 3 remineralizasyon grubunda bulunan örneklerin demineralizasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Tablo 5’de remineralizasyon uygulaması sonrası 0, 300 ve 1100 ppm gruplarının demineralizasyon CT değerleri ile aynı gruplara ait remineralizasyon CT değerleri verilmektedir. Demineralizasyon ve remineralizasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($t_{0\text{ppm}} = 14,06$, $t_{300\text{ppm}} = 21,54$, $t_{1100\text{ppm}} = 24,73$; $p<0,001$).

Tablo 5: 0, 300, 1100 ppm gruplarının demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası elde edilen ortalama CT değerleri.

Grup (n= 18)	Demineralizasyon Ölçüm Değerleri	Remineralizasyon Ölçüm Değerleri
0 ppm	$10,45 \pm 0,89$	$8,36 \pm 2,26$
300 ppm	$10,64 \pm 0,87$	$7,11 \pm 2,34$
1100 ppm	$10,48 \pm 0,72$	$6,89 \pm 2,17$

0, 300, 1100 ppm remineralizasyon grupları aralarında kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (F=28,81, p<0,001). İleri analizde bu farkın 0 ppm ile 300 ppm grupları ve 0 ppm ile 1100 ppm grupları arasındaki farktan kaynaklandığı tespit edilmiştir. 300 ppm ile 1100 ppm grupları arası fark bulunamamıştır.

Tablo 6: 0, 300, 1100 ppm remineralizasyon gruplarının istatistiksel karşılaştırılması.

Karşılaştırılan gruplar		Ortalamalar farkı	p	F
0 ppm	300 ppm	1.2720	0.0001*	28.81
0 ppm	1100 ppm	1.4768	0.0001*	
300 ppm	1100 ppm	0.2049	0.614	

* İstatistiksel olarak anlamlı (p<0,001)

CLSM altın standart olarak alındığında CT metodunun duyarlılığı %3, seçiciliği %87, pozitif prediktif değer %66 ve negatif prediktif değer %11 olarak belirlenmiştir.

6.3. QLF Bulguları

QLF analizleri baseline, demineralizasyon ve remineralizasyon QLF görüntüleri (Resim 9-11) kıyaslanarak yapılmıştır. Baseline, demineralizasyon ve remineralizasyon uygulamaları sonrası floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ değerleri Tablo 7'de görülmektedir.

Bonferonni düzeltmesi kullanarak yapılan analiz sonucu baseline ile demineralizasyon ve remineralizasyon grupları floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ parametreleri açılarından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,01$) (Tablo 8). Remineralizasyon grupları arasında floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ parametreleri açılarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,01$). Ancak demineralizasyon ile remineralizasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ($p<0,01$).

Tablo 7: Baseline, demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası ortalama QLF değerleri.

	Floresens radyansında ortalama değişim %	ΔQ ($\text{mm}^2 \times \%$)
Baseline (n =8)	-33,94 \pm 12,48	-13,78 \pm 5,13
Demineralizasyon (n =54)	-40,38 \pm 11,92	-16,6 \pm 4,8
0 ppm remineralizasyon (n=18)	-28,19 \pm 10,56	-13,20 \pm 5,36
300 ppm remineralizasyon (n=18)	-28,65 \pm 8,68	-13,64 \pm 4,45
1100 ppm remineralizasyon (n=18)	-30,23 \pm 8,56	-14,90 \pm 4,15

Tablo 8: QLF parametreleri açısından baseline (n=8), demineralizasyon (54) ve remineralizasyon (n=54) değerlerinin istatistiksel karşılaştırması.

Karşılaştırılan gruplar		Floresens radyansında ortalama değişim		ΔQ	
		t	p	t	p
Baseline	Demineralizasyon	1,41	0,16	1,58	0,12
Baseline	0 ppm	1,21	0,23	0,25	0,79
Baseline	300 ppm	1,25	0,22	0,70	0,94
Baseline	1100 ppm	0,88	0,38	0,59	0,55
Demineralizasyon	0 ppm	3,86	0,0003*	2,52	0,014
Demineralizasyon	300 ppm	3,84	0,0003*	2,30	0,02
Demineralizasyon	1100 ppm	3,33	0,0014*	1,34	0,18
0 ppm	300 ppm	0,14	0,88	0,26	0,79
0 ppm	1100 ppm	0,63	0,52	1,06	0,29
300 ppm	1100 ppm	0,54	0,58	0,87	0,38

* İstatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,01$)

Demineralizasyon ve remineralizasyon uygulamaları sonrası floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ ortalama değerleri Tablo 9'da görülmektedir. Hem demineralizasyon hem de remineralizasyon uygulamaları sonrasında gruplar arası floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ değerleri açılarından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

0 ve 300 ppm gruplarında demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası floresens radyansında ortalama değişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenirken, 1100 ppm için fark görülmemiştir (Tablo 10). ΔQ değerleri karşılaştırıldığında ise 300 ve 1100 ppm gruplarında anlamlı bir fark bulunmazken, 0 ppm grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

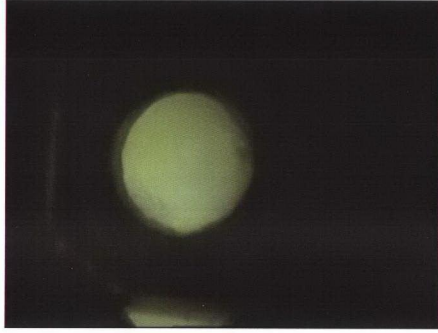
Tablo 9: Demineralizasyon ve remineralizasyon uygulamaları sonrası ortalama QLF değerleri.

Grup n= 18	Demineralizasyon		Remineralizasyon	
	Floresens radyansında ortalama değişim (%)	ΔQ (mm ² x %)	Floresens radyansında ortalama değişim (%)	ΔQ (mm ² x %)
0 ppm	-42,98 ± 8,93	-17,59 ± 3,46	-28,19 ± 10,56	-13,20 ± 5,36
300 ppm	-40,24 ± 12,50	-16,28 ± 4,98	-28,65 ± 8,68	-13,64 ± 4,45
1100 ppm	-37,93 ± 13,93	-15,77 ± 5,78	-30,23 ± 8,56	-14,90 ± 4,15

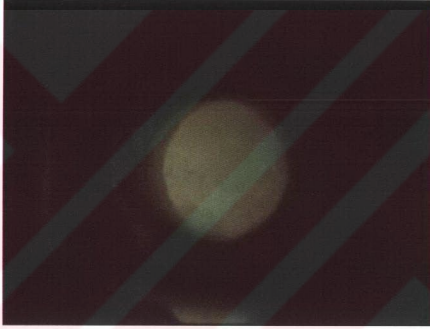
Tablo 10: Demineralizasyon ve remineralizasyon değerlerinin QLF parametreleri açısından istatistiksel karşılaştırılması.

Grup n= 18	Floresens radyansında ortalama değişim		ΔQ	
	t	p	t	p
0 ppm	4,54	0,0001*	2,92	0,006*
300 ppm	3,23	0,0027*	1,67	0,10
1100 ppm	1,99	0,05	0,52	0,61

* İstatistiksel olarak anlamlı (p<0,05)



Resim 9: 300 ppm grubundan bir örneğin baseline QLF görüntüsü



Resim 10: Resim 9'daki örneğin demineralizasyon QLF görüntüsü



Resim 11: Resim 9'daki örneğin remineralizasyon QLF görüntüsü

6.2. CLSM Bulguları

Baseline örneklere ait CLSM lezyon derinliği (0 ± 0) ile hem demineralizasyon sonrası ($19,24 \pm 17,22 \mu\text{m}$) hem de remineralizasyon ($18,30 \pm 17,72 \mu\text{m}$) uygulamaları sonrası istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Tablo 11’da örneklerin demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası lezyon derinliği, lezyon alanı ve toplam floresens değerleri görülmektedir. Demineralizasyon sonrası lezyon derinliği, lezyon alanı ve toplam floresens açılarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bonferonni düzeltmesi kullanılarak yapılan analiz sonucu remineralizasyon grupları arasında da lezyon derinliği, lezyon alanı ve toplam floresens açılarından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,017$). 0, 300, 1100 ppm grupları, tüm CLSM parametrelerinde demineralizasyon ve remineralizasyon değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0,05$) (Tablo 12). Demineralizasyon ve 300 ppm remineralizasyon uygulamasını takiben alınan CLSM görüntüsü Resim 12 ve 13’de görülmektedir. Remineralizasyon sonrası lezyon derinliği $5 \mu\text{m}$ azalmış ancak grup içi diğer örnekler göz önüne alındığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tablo 11: Demineralizasyon ve remineralizasyon sonrası ortalama CLSM değerleri.

Grup n=18	Demineralizasyon			Remineralizasyon		
	Lezyon derinliği (μm)	Lezyon alanı ($\mu\text{m}^2 \times 10^3$)	Toplam floresens ($\times 10^5$)	Lezyon derinliği (μm)	Lezyon alanı ($\mu\text{m}^2 \times 10^3$)	Toplam floresens ($\times 10^5$)
0 ppm	15,31 \pm 13,72	4,81 \pm 5,04	2,11 \pm 2,73	19,28 \pm 21,00	5,32 \pm 7,75	2,86 \pm 3,73
300 ppm	18,81 \pm 17,31	6,29 \pm 6,71	5,52 \pm 7,90	15,08 \pm 14,79	5,14 \pm 5,38	2,66 \pm 3,55
1100 ppm	23,61 \pm 20,01	4,43 \pm 5,04	3,35 \pm 4,79	20,55 \pm 13,92	4,65 \pm 4,91	3,32 \pm 4,46

Tablo 12: CLSM parametreleri açısından demineralizasyon ve remineralizasyon değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması.

Grup n = 18	Lezyon derinliği		Lezyon alanı		Toplam floresens	
	t	p	t	p	t	p
0 ppm	0,67	0,50	0,19	0,84	0,68	0,49
300 ppm	0,69	0,49	0,56	0,57	1,40	0,17
1100 ppm	0,53	0,59	0,13	0,89	0,01	0,98



Resim 12: CLSM ile 300 ppm grubundan bir örneğin demineralize lezyon görüntüsü (35 μm).



Resim 13: Resim 12'deki örneğin remineralize lezyon görüntüsü (30 μm).

7. TARTIŞMA

Diş hekimi, çürük konusunda ilk kararı gözleriyle verir. Belirlenen çürük lezyonlar beyaz veya kahverengi, parlak veya mat olarak ışığı farklı yansıtan, pürüzlü veya düzgün yüzeyler gösteren nitelikler taşır.

On yıldan uzun bir süredir diş hekimliği pratiği restoratif tedaviden çok, yeni çürük oluşumunu önlemek ve mevcut çürüklerde demineralizasyonun durdurulmasına doğru yön değiştirmektedir. Başlangıç çürük lezyonlarının, ilerlemiş lezyonlara göre daha etkili bir şekilde remineralize olacağına inanılıyor. Bu nedenle çürük lezyonları halen başlangıç halinde iken belirlemek ve tamamen remineralize olana kadar koruyucu tedavinin etkinliğini kontrol etmek için lezyon gelişimini yönlendirmek önemlidir.

Düzgün yüzeylerde görülen başlangıç lezyonları normal beyaz ışıkta çevre mineden daha beyaz görünürler. Bu nedenle *beyaz lezyon* adını alırlar. Arayüz ve fissürlerdeki lezyonlar yansıtma nedeniyle direkt ve indirekt olarak koyu birer gölge olarak görülürler.

Geleneksel çürük tespit metotları başlangıç lezyonunu bulmak konusunda yetersiz kalıyorlar. Görsel tespiti teşhis cihazlarıyla yenmek zor görünüyor. Yeni çürük teşhis metotları, görsel yapılan gözlemi tamamlamaktadır. Bu tamamlayıcı niteliklerden biri, tesbiti yapılan lezyonların sayısal olarak değerlendirilebilmesidir. Lezyon alanı, derinliği ve mineral kaybı gibi lezyon parametrelerinin sayısal niteliklerinin olması bu tip lezyonların daha iyi değerlendirilmesini sağlar. Böylece teşhis, daha kesin ve zamanla lezyon değişikliklerini takip edebilen bir uygulama olur. QLF çürük ve sağlıklı minneyi ayırt etmekte ve lezyon şiddetini ölçmekte dişlerin doğal floresensini kullanan bir teşhis metodudur. QLF ile incelendiğinde çürük lezyonun floresens radyansı sağlıklı mineden daha zayıftır. Şunu belirtmek gerekir ki floresens radyansı ile mineral kaybı arasında belirgin bir ilişki gözlenmiş ve kabul edilmiştir (12, 30, 54). Floresens radyansındaki kayıp, lezyondaki mineral değişikliklerini zamanla kontrol etmek amacıyla takip edilebilir (15). Mineral değişimlerini zamanla takip edebilmek çürük lezyonlarının remineralizasyonunu tanımlamak ve demineralizasyonlarını azaltmak

açısından faydalı olacaktır. Bu amaçla çalışmamızda QLF'e göre tıp alanında klinikte rutin kullanılmakta olan ve invaziv olmayan bir değerlendirmeyi yapabileceğini düşündüğümüz CT cihazını değerlendirmek üzere çalışmamıza test metodu olarak aldık.

Diş dokusunda yapay çürük oluşturabilmek için temelde kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar: diş dokusunu demineralize etmek için asidik bir ortam kullanan kimyasal sistemler (40, 96, 107) ve özel bakteri kültürlerinin kullanıldığı bakteriyel sistemlerdir (33, 63).

In vitro kimyasal çürük sistemlerinde deney ortamı sıkı bir şekilde kontrol altındadır, uygulanımı basit ve maliyeti düşüktür. Ancak *in vivo* şartları bakteriyel sistemler kadar iyi sağlayamazlar. Doğal floranın *in vitro* şartlarda ve beslenme ortamı ile birlikte kontrol edildiği bakteriyel sistemlerde, bir nevi dental plak ve çürük oluşumuna sebep olan ekosistemler oluşturulur. Kullanılacak modelin seçimi genelde çalışmanın amacına bağlıdır. Bakteriyel yapay çürük sistemlerin kullanımı ile primer ve sekonder çürük etyolojisi, restorasyonların antimikrobiyal özellikleri ve kenar uyumlarının incelenmesinde klinik şartlara uygun *in vitro* araştırmalar yapılabilmektedir (44, 45, 64).

İdeal bir çürük modelinde, kullanılan malzemelerin sterilizasyonu kolay olmalı, model parçaları kolay manipüle edilmeli, test örneklerinin modele yerleştirilmesi ve uzaklaştırılması basit olmalı, deneyler tekrarlanabilir olmalı ve ağız ortamını en iyi düzeyde taklit edebilmelidir.

Bu çalışmada kullanılan *in vitro mikrobiyal çürük modelinin* sağladığı bir takım avantajlar vardır. Model hem primer hem de sekonder çürük çalışmaları için kullanılabilir. Çalışmanın amacı doğrultusunda farklı besin, yıkama solüsyonu, antimikrobiyal ajanlar ve bakteri topluluğu kullanma imkanı vardır. Model hazırlandıktan sonra pH değişimleri ve bakteri canlılığını izlemek amacı ile boşaltım kaplarının yalnızca 4 günde 1 defa değişmesi gerekmektedir. Çalışmanın tamamen otomatik olarak yapılması araştırmacıya çalışma rahatlığı sağlarken olabilecek hata payını azaltır. Modelin tüm deneysel parçaları steril edilebilir ve kontrol grubu sonuçları göz önüne alındığında kontaminasyonun engellendiği gözlenmektedir.

Çalışmamızda, örneklere 4 gün boyunca *in vitro mikrobiyal çürük modeli* uygulanmıştır. *In vitro mikrobiyal çürük modelinde* kullanılan pH-atılım kabı ve çürük oluşum kaplarında, asidik ortamlar açısından fark olmaması pH açısından oluşturulan lezyonların homojen olduğuna dikkat çekmektedir (Tablo 3). *In vitro mikrobiyal çürük modelinden* sonra örnekler üzerinden toplanan plaklardaki bakteri sayılarının farklı olmaması lezyonun homojen olduğunu, bakteri sayısı açısından lezyonların standardizasyona uygun olduğunu göstermektedir (Tablo 4). *In vitro mikrobiyal çürük modelinde* pH ortamı ve bakteri sayısı açısından kaplar arasında farklılık bulunmaması Ando ve ark. (13) ve Fontana ve ark. (45) ile uyumluluk göstermektedir. Gerek bakteri sayısı ve pH'ın, gerekse çürük lezyonun derinlik açısından homojenliği demineralizasyon çalışmalarında standardizasyonu sağlaması açısından tercih edilen bir durumdur. Oluşturulan çürük lezyonların ortalama derinliğinin $19,24 \pm 17,22 \mu\text{m}$ olduğu ve yüzeysel lezyonlar oldukları belirlenmiştir. Gözle tespit edilemeyen bu lezyonları *başlangıç beyaz lezyon* (prewhite spot lesion) olarak tanımlamak uygundur.

In vitro mikrobiyal çürük modelinin kullanıldığı çalışmamızda, örnek yüzeylerini doğal olarak korumak amacıyla, mine yüzeyinde herhangi bir aşındırma ya da polisaj işlemi yapılmamıştır. Ando ve ark. (13) doğal yüzeyli mine örneklerini 1, 2, 4 ve 6 gün *in vitro mikrobiyal çürük modeli* kullanarak demineralize etmişler ve sırasıyla $1,24 \pm 3,93$; $14,19 \pm 2,41$; $19,60 \pm 7,97$; $28,97 \pm 12,23 \mu\text{m}$ lezyon derinliği elde etmişlerdir. Bu sonuçlar 4 günlük *in vitro mikrobiyal çürük modeli* uygulanan çalışmamız sonuçlarına uygun olup benzer derinlikte lezyonlar elde edilmiştir. Demineralizasyon sonrası örnek yüzeylerinin lezyon derinliği ile baseline olarak saklanan 8 adet örnek kıyaslandığında CLSM'un bu çok yüzeysel değişimi yakalayabildiği belirlenmiştir.

In vitro mikrobiyal çürük modeli sonrası rastgele seçilmiş 2 örnek kesilerek ortalama lezyon derinliği CLSM ile $38 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Her ne kadar geneli ifade edeceği düşünülse de, tüm örnekler incelendiğinde ortalama lezyon derinliğinin farklı olduğu görülmüştür ($19,24 \pm 17,22 \mu\text{m}$). Bu çalışmanın sonuçlarına göre daha çok sayıda örneğin kesilerek incelenmesi gerektiğini düşünmekteyiz. *In vitro mikrobiyal çürük modeli* ile yapılan çeşitli çalışmalarda örneklerin hazırlanma aşamasında florürden zengin olduğu düşünülen yaklaşık $50 \mu\text{m}$ 'lik mine dokusunu uzaklaştırmak

için aşındırma ve polisaj işlemi yapılmıştır (47, 48, 74). Bu çalışmalarda, araştırmamızla aynı şartlarda uygulanan *in vitro mikrobiyal çürük modeli* sonunda ortalama 85 µm derinliğinde lezyonlar elde edilmiştir. Bu durum, çalışmamızda elde edilen *başlangıç beyaz lezyonların* yüzeyselliğine bir açıklama olabilir. Ancak lezyon derinliklerinin prediktif olması açısından daha çok örnek kesimi yapılması önerisini sunabiliriz. Lezyon derinliğinin yüzeyselliği QLF ve CT'nin baseline ile demineralizasyon arasındaki farkı tespit edememelerinin bir nedeni olabilir. QLF duyarlılık sınırı altındaki lezyon derinliğini kantitatif olarak belirleyemezken, CT de bu derinliği fark edememiştir. Baseline olarak saklanmış örneklerin CT değerleri ile demineralize örneklerin CT değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). 19,24 µm'lik bu gözle görülemeyen *başlangıç beyaz lezyonların* yüzeyinde meydana gelen değişim CT metodu ile tespit edilememiştir. Diğer yandan remineralizasyon tedavisini takiben gruplar (0, 300, 1100 ppm) kendi demineralizasyon CT değerleri ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,001$). CLSM ile tespit edilemeyen bu sonuç ilginçtir. 0, 300 ve 1100 ppm grupları kendi aralarında kıyaslandığında ise 0 ile 300 ve 0 ile 1100 grupları arasında fark tespit edilmiştir. Ancak 300 ile 1100 ppm arası fark görülmemiştir. ($p<0,001$, $F=28,81$) (Tablo 6). CT'nin remineralizasyon sonucu oluşmuş olan mineral yoğunluk farkını tespit etmesi QLF sonuçları ile uyumludur. Mineral yoğunluğu sonucu oluşan presipitasyon konsantrasyon farkını doğurarak ve sonuçlarda değişiklik yaratmıştır. Bu değişiklik yalnızca 300 ve 1100 ppm arasında gözlenmemiştir. Bunun nedeni de lezyon derinliğinin az olması sonucu 300 ve 1100 ppm konsantrasyon farklılığının yüzeyde tespit edilememesidir. Başka bir açıdan CT'nin çok yüzeysel olan bu lezyondaki kontrast farkını anlayamamış olması ya da $19,24 \pm 17,22$ µm'lik çok yüzeysel olan bu lezyondaki mineral eksikliği ve fiziksel değişimin CT'nin tespit edebileceği belirginlikte olmamasıdır. Her üç remineralizasyon grubuna ait örneklerin demineralizasyon bulguları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması, CT metodunun da bunu tespit edebilmesi ve demineralize örneklerin homojenliğini göstermek açısından önemlidir. CT test metodunun altın standartla kıyaslanması sonucu elde edilen pozitif prediktif değer, negatif prediktif değerden yüksek bulunmuştur. Bu durumda CT metodunun çürük lezyonu varlığını tespit etmesi durumu, etmemesi

durumuna kıyasla, daha güvenilirdir. CT'nin bu sonucu, üzerinde çalışmaya ve geliştirmeye değer bir metot olduğunu göstermektedir.

Dunipace ve ark. (36) topikal florür uygulamalarının klinik olarak etkinliğini belirleyebilmek amacıyla geliştirdikleri *in vitro* remineralizasyon modelinde kök dentin dokusunun remineralizasyonunu araştırmışlardır. Mikroradyografi ile tespit ettikleri lezyon derinliklerinde 0, 250 ve 1100 ppm florür uygulanan gruplar arasında anlamlı farklılık olduğunu, demineralizasyon miktarının 250 ppm grubu için %52, 1100 ppm grubu için %87 oranında azaldığını göstermişlerdir.

Bu remineralizasyon modeli daha sonraları birçok araştırmada etkin bir şekilde kullanılmıştır (53, 74, 91, 111). Gonzáles-Cabeaz ve ark. (53) laktik asit karbopol solüsyonu lezyon oluşturmuşlardır. Bu lezyonları 0, 250 ve 1100 ppm florürlü diş macunları ile remineralize etmişlerdir. Transversal mikroradyografi ile 0, 250, 1100 ppm grupları arası remineralizasyon farkı tespit edebilirken CLSM ile sadece 0 ile 250 ppm ve 0 ile 1100 ppm grubu arası fark tespit etmişlerdir. Yanıkoğlu ve ark. (111) da laktik asit karbopol solüsyonu ile lezyon oluşturmuşlardır. Aynı formülasyonda monoflorofosfat ve sodyum florür içeren ve dual aktif olarak tanımlanan 2 farklı diş macununu, 0 ve 1100 ppm sodyum florürlü diş macunu ile kıyaslamışlardır. Aynı remineralizasyon modeli sonunda mikrosertlik, TMR ve florür biopsisi metotlarını kullanmış ve tüm metotlarda 0 ve 1100 ppm grupları arası farkı tespit edebilmişlerdir.

Bu çalışmaların ışığı altında *in vitro* ortamda *in vivo* şartları iyi taklit edebilen bu model remineralizasyon modeli olarak araştırmamızda tercih edilmiştir. Ancak remineralizasyon açısından gruplar arası farklılığın her zaman beklenildiği gibi olmamasının nedeni olarak örnek yüzeylerinin aşındırılmaması veya diğer kaynaklardan farklı olarak *in vitro mikrobiyal çürük modelinin* kullanılmış olmasını düşünebiliriz. *In vitro mikrobiyal çürük modelinde* oluşmuş lezyonların remineralize olabilme özelliği literatürce kanıtlanmıştır (47, 74). Bu durumda araştırmamızda yüzeylerin aşındırılmamış olması faktörü gruplar arası farklılığın oluşmamasının asıl nedeni olabilir. Yüzeydeki florürden zengin ve prizmatik mine tabakası yoğunluğunun aşılammaması ve bu durumun remineralizasyon grupları arasında bir fark yaratmamasının nedeni olarak yorumlanabilir. Aynı şekilde lezyon derinliğinin remineralizasyon sonucu

18,30 ± 17,72 µm'da kalmasının ana nedeni de büyük olasılıkla remineralizasyon ajanlarının lezyona ulaşamamasıdır. Standart deviasyon miktarlarının yüksek olması da buna neden olabilir. Bu durum örnek sayısının artırılması ile çözümlenebilir. Eğer aşındırılmamış yüzeyli doğal diş örnekleri ile çalışılacaksa remineralizasyon uygulamasında bir modifikasyon gerekmektedir. Bu nedenle CSLM ile remineralizasyon grupları arasında (0, 300, 1100 ppm) 20 günlük tedaviyi takiben istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülemedi. CSLM, demineralizasyonu sağlıklı baselinedan ayırabilmiştir. Ancak demineralizasyon sonrası 20 günlük remineralizasyon değişikliğini fark edememiştir. CSLM için oldukça yüzeysel sayılan bu derinlikteki lezyonları tespit edilebilmesi iyi bir kontrol metodu olduğunu ve araştırmamız içinde kontrol metodu olarak doğru bir seçim olduğunu gösteriyor. Ancak remineralizasyon değişikliğini fark edememesi CSLM'nun gruplar arasındaki farklılığı fark etme hassasiyetinin QLF kadar iyi olmadığını gösteriyor. Tabii bu durumda test metodu olan CT'nin de QLF gibi standardizasyonu olan bir metoda benzer şekilde remineralizasyonu belirlemesi umut vericidir (Tablo 6, 10). Araştırmamızda kullandığımız bu remineralizasyon modelinde CT ve QLF metotları ile 300 ile 1100 ppm grupları arasında istatistiksel farklılık görülmemesi, Schemehorn ve ark. (91) 250 ile 1100 ppm grupları arasındaki farkı TMR test metodu fark bulamamaları sonucu ile uyumludur.

Tıptaki yaygın kullanımının yanında anatomik ve patolojik değişim boyutlarını ayrıntılı bir şekilde verebilmesinden dolayı konvansiyonel CT, günümüz diş hekimliğinde de yumuşak dokular ve kemik dokusundaki teşhislerde başarı ile kullanılmaktadır (5, 60) Ancak diş çürükleri tesbiti ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır (112).

CT demineralizasyonu CSLM metoduna kıyasla ayırt edemezken, pozitif prediktif değerinin nispeten yüksek bulunması ile lezyon tespitinin doğru olabileceğini bu araştırma düşündürebilir. Bu durumda, erken teşhis metotları açısından olumlu bir yaklaşım gösteren bir metot diyebiliriz. Ancak küçük örneklerle çalışmanın gücü, araştırmacı açısından olabilecek radyasyon etkisi, elde edilen görüntünün taranması gerekliliği ve kantitatif veriler için hazır bir bilgisayar yazılımının olmaması gibi nedenlerle metodun üzerinde çok fazla çalışılması gerekmektedir.

Çalışmamızda kullanılan QLF cihazı diş dokusunun floresens özelliğinden yola çıkarak geliştirilmiş ve çürük diş dokusunun floresens kaybını ölçmeyi amaçlayan bir cihazdır (16). Birçok *in vitro* (7, 14, 29, 84, 85, 93, 100) ve *in vivo* çalışmalarda (8, 97) kullanılmıştır. Demineralizasyon ve remineralizasyon görüntüleri kullanılarak elde edilen demineralizasyon QLF analizinde floresens radyansında ortalama değişim ve ΔQ hesaplanmıştır. Beklenildiği gibi aynı şartlarda demineralize olan örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$) (Tablo 9). QLF baseline ile demineralizasyon ve remineralizasyon değerleri açısından floresens radyansındaki ortalama değişim ve ΔQ parametreleri açısından farklılık bulunmamıştır. Ancak demineralizasyon ve remineralizasyon karşılaştırıldığında QLF farkı farketmiştir. Tüm örneklerin demineralizasyonu 0, 300, ve 1100 ppm grupları ile kıyaslandığında floresens radyansında fark bulunmuştur. Remineralizasyon floresens radyansını değer olarak azaltmıştır. Ancak floresens radyansında tespit edilen bu fark ΔQ parametresinde bulunamamıştır. Floresens radyansında ortalama değişim ile lezyon alanının çarpımı olan ΔQ 'da bu farkın görülmemesi şaşırtıcı olmamalıdır. Çünkü remineralizasyon ile floresens değeri azalırken, lezyon alanı da sayısal olarak küçülmekte ve her ikisinin çarpımı sonucu elde edilen değer demineralizasyonun sayısal değerinden farklı bulunmamıştır. Diğer taraftan CLSM bulgularında demineralizasyon ve remineralizasyon sonucu lezyon alanı kıyaslandığında fark bulunmamıştır. Bu durumda QLF ile gözlenen floresens radyansında ortalama değişim farkı ve ΔQ ile fark görülmemesinin nedeni olarak QLF'in lezyondaki mineral yoğunluğu üzerine tespit yaptığını söyleyebiliriz. Çünkü lezyon derinliğindeki değişim sadece mineral yoğunluk farkını tespit edebileceği hassasiyette ve azlıkta iken CLSM bu durumu yalnızca lezyonun kapladığı alan şeklinde gözlemleyebilmektedir.

Diğer taraftan ilginç bir tespit de floresens radyansı sağlıklı minede yüksek iken demineralize lezyonda azalmakta, remineralize lezyon da ise demineralize lezyondan yüksek ama sağlıklı mineden düşük olmaktadır. Bunun nedeni diş sert dokularındaki natürel prizmatik yapı ve organik dokular olabilir. Çürük lezyonun floresensi sağlıklı dokunun floresensinden düşüktür. Bunun sebebi çürük lezyonda artan pörözitenin dokunun optik özelliğini değiştirmesidir. Artan pörözite yansıtma indeksini azaltır.

Çevre sağlıklı doku ile çürük doku arasındaki yansıtma indeks farkı artınca, geri saçılma daha fazla olur. Saçılmanın artması doku içinde ışık yolunun, emilimin ve floresensin azalmasına sebep olur. QLF ile aynı örneklerin remineralizasyon ve demineralizasyon değerleri kıyaslandığında 0 ppm hem floresens radyansında ortalama değişim hem de ΔQ'da değişiklik tespit etmiştir. Demek ki floresens radyansında ortalama değişimi sayısal olarak azaltan ve lezyon derinliğini küçülten bir faktör vardır. Buna remineralizasyon uygulamasındaki karbopol solüsyonunda bulunan hidroksiapatit ya da toplanmış insan tükürüğündeki kalsiyum ve hidroksiapatit mineralleri neden olmuş olabilir.

Çalışmamızda CLSM analizi için Rhodamine B floresens boyası kullanılmıştır. Bu boyanın demineralizasyon esnasında oluşan mine dokusu içindeki mikro boşluklara iyi nüfuz edebilmesi ve remineralizasyon sonunda lezyon içine nisbeten daha az nüfuz etmesi tercih sebebi olmuştur (37, 45, 46, 49, 53).

CLSM lezyon derinliği açısından baseline ile demineralizasyon ve baseline ile remineralizasyon arası farkı belirleyebilmiştir. Beklenildiği gibi *in vitro mikrobiyal çürük modeli* ile aynı şartlarda demineralize olan örnekler arası yüzey derinliği, lezyon alanı ve toplam floresens açısından istatistiksel fark olmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 11).

0 ppm grubunda lezyon derinliği ortalaması demineralizasyonda 15,31 μm iken remineralizasyonda 19,28 μm olmuştur. 0 ppm grubunda lezyonun ilerleme sebebi remineralizasyon tedavisinde günde 4 saatlik asit uygulaması olabilir. 300 ve 1100 ppm gruplarında ise lezyonlarda bir miktar gerileme görülmüş olsa da bu durum istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır ($p>0,05$).

González-Cabeaz ve ark. (53) remineralizasyon sonrasında mikroradyografi ile izlenen mineral değişimlerinin benzer şekilde CLSM ile izlenip izlenemediğini araştırdıkları çalışmalarında Dunipace ve ark.'nın (36) geliştirdiği remineralizasyon uygulamasını 20 gün boyunca uygulamışlardır. 0 ppm grubundaki örneklerde remineralizasyon sonrası lezyon derinliğindeki artışın sebebinin remineralizasyon tedavisi esnasında günde 4 saatlik asit uygulaması olduğunu bildirmişlerdir. Hem mikroradyografi hem de CLSM

ile 250 ppm ve 1100 ppm florür gruplarındaki remineralizasyon 0 ppm grubundan anlamlı farklılık göstermektedir. Ancak 250 ppm ve 1100 ppm arası anlamlı fark sadece mikroradyografi ile tespit edilebilmiştir.

%50 hidroksi apatit ile doyurulmuş laktik asit karbopol solüsyonu (pH 5.0) lezyonlarda hidroksiapatit birikimine neden olup yüzeyde değişiklik yapmış olabilir. Ancak lezyonu kesitsel inceleyen CLSM bunu fark edememiş olabilir. CLSM lezyonu kesitsel olarak incelediği için yalnızca yüzeyde kaldığı düşünülen kimyasal presipitasyon CLSM tarafından tespit edilebilecek yoğunluğa ulaşamamıştır.

Sonuç olarak invaziv bir yöntem olmadığı için kliniğe uyarlanabileceği düşünülen CT altın standart olarak CLSM ile kıyaslandığında demineralizasyonu çok erken safhalardaki bu örneklerde tespit edememiştir. Ancak yine çok yüzeysel olan bu örneklerde, altın standart ile kıyasladığımızda, nispeten yüksek pozitif prediktif değeri ile lezyon varlığını belirlediğinde bu tespiti güvenebileceğimizi göstermiştir.

8. SONUÇLAR

Mikrobiyal modellerle hazırlanan mine çürük lezyonunun erken safhada teşhis edilmesinde ve remineralizasyonun belirlenmesinde çeşitli metotların etkinliklerinin değerlendirilmesinin incelendiği araştırmanın sonuçları aşağıdaki gibidir.

- 1) Doğal diş yüzeyi korunmuş örneklerde *in vitro mikrobiyal çürük modeli* ile 4 günlük uygulama sonucu elde edilen çürük lezyonların ortalama derinliği $19,24 \pm 17,22 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Demineralizasyon sonrası lezyon derinliğini sadece iki örnekte ölçmek tüm örneklerdeki derinlik ortalamasını yansıtmamıştır.
- 2) Test metodu olarak kullanılan CT, baseline ve demineralizasyon arasındaki farkı belirleyememiştir. Demineralizasyon ve remineralizasyon arası farkı belirlemiştir. Remineralizasyon gruplarında ise 0 ile 300 ve 0 ile 1100 grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit etmişken, 300 ile 1100 arasında anlamlı bir fark tespit edememiştir.
- 3) QLF baseline ve demineralizasyon arasındaki farkı belirleyememiştir. Ancak demineralizasyon ve remineralizasyon arasındaki farkı belirleyebilmiştir.
- 4) CLSM baseline ile demineralizasyon ve baseline ile remineralizasyon arasında farkı belirlemiştir. Ancak demineralizasyon ve remineralizasyon arasındaki farkı belirleyememiştir.
- 5) Çalışmada kullanılan remineralizasyon modeli, *in vitro mikrobiyal çürük modeli* ile demineralize edilmiş doğal diş yüzeyli örneklerin remineralizasyonunda kullanılacak ise, bu modelde modifikasyon yapılmalıdır.
- 6) CT'nin erken çürüklerin teşhisinde kullanılması için metot olarak kalitatif ve kantitatif açılardan geliştirilmesi ve radyasyon onkolojisinin çalışmalarını takiben klinik olarak pilot bir çalışma yapılması gerekmektedir.
- 7) Gerek *in vitro mikrobiyal çürük modeli* gerekse remineralizasyon uygulaması ağız içi ortama yakın olması nedeniyle elde edilen demineralizasyon ve remineralizasyon değerleri objektif sonuçlardır. Bu durumda, lezyon oluşturulmadan önce örnek yüzeylerinin aşındırılmamaları gerektiği

düşünülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, ağız içi ortamda demineralizasyonun oldukça yüzeysel olabileceğini, remineralizasyonun ise aşındırılmamış yüzeylerde son derece güç olabileceğini düşünebiliriz.

- 8) Bu çalışmanın şartları altında, bu çok yüzeysel lezyonların demineralizasyonunu CLSM, remineralizasyonunu ise CT ve QLF tespit etmiştir.



9. KAYNAKLAR

- 1) Abreu Jr. M., Tyndall D.A., Platin E., Ludlow J.B., Phillips C.: Two–and three dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiography and tuned aperture computed tomography (TACT™). *Dentomaxillofac. Radiol.*, 28: 152-157, 1999.
- 2) Abreu Jr. M., Tyndall D.A., Platin E., Ludlow J.B.: Generation of TACT image slices using different reconstruction algorithms: Effects on natural caries detection. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 92: 576-581, 2001.
- 3) Abreu Jr. M., Tyndall D.A., Platin E., Ludlow J.B., Nortje C.J.: The effect of the number of iterative restorations on tuned aperture computed tomography for the approximal caries detection. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 92: 325-329, 2001.
- 4) Abreu Jr. M., Tyndall D.A., Platin E., Ludlow J.B., Nortje C.J.: Influence of the number of basis images and projection array on caries detection using tuned aperture computed tomography (TACT). *Dentomaxillofac. Radiol.*, 31: 24-31, 2002.
- 5) Ahlqvist J.B., Isberg A.M.: Validity of computed tomography in imaging thin walls of the temporal bone. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 28: 13-19, 1999.
- 6) Al-Khateeb S., ten Cate J.M., Angmar-Månsson B., de Josselin de Jong E., Sundström G., Exterkate R.A.M., Oliveby A.: Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv. Dent. Res.*, 11: 502- 506, 1997.

- 7) Al-Khateeb S., Oliveby A., de Josselin de Jong E., Angmar-Månsson B. : Laser fluorescence quantification of remineralization in situ of incipient enamel lesions: Influence of fluoride supplements. *Caries Res.*, 31: 132-140, 1997.
- 8) Al-Khateeb S., Exterkate R.A.M., Angmar-Månsson B., ten Cate J.M.: Effect of acid-etching quantitatively and esthetically on remineralization of enamel white spot lesions. *Caries Res.* 31, s. 288, Abst.: 21, 1997.
- 9) Al-Khateeb S., Forsberg C.M., de Josselin de Jong A., Angmar-Månsson B.: A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 113: 595-602, 1998.
- 10) Amaechi B. T., Higham S.M.: Quantitative light-induced fluorescence: A potential tool for general dental assessment. *J. Biomed. Optics*, 7: 7-13, 2002.
- 11) Analoui M., Stookey G.K.: Direct digital radiography for caries detection and analysis. Ed: Faller R.V.: *Assesment of Oral Health. Diagnostic Techniques and Validation Criteria. Monogr Oral Sci.*, Vol 17, s. 1-19, Karger, Basel, 2000.
- 12) Ando M., Hall A.F., Eckert G.J., Schemehorn B.R., Analoui M., Stookey G.K.: Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss *in vitro*. *Caries Res.*, 31: 125-131, 1997.
- 13) Ando M., de Josselin de Jong E., Fontana M., Stookey G.K., Zero D.T.: Evaluation of the effect of dehydration on demineralized enamel with quantitative light induced fluorescence (QLF). *Caries Res.*, 34, s. 326, Abst.: 52, 2000.
- 14) Ando M., Schemehorn B.R., Eckert G.J., Zero D.T., Stookey G.K.: Influence of enamel thickness on quantification of mineral loss in enamel using laser-induced fluorescence. *Caries Res.*, 37: 24-28, 2003.

-
- 15) Angmar-Månsson B., Al-Khateeb S., Tranæus S.: Monitoring the caries process. Optical methods for clinical diagnosis and quantification of enamel caries. *Eur. J. Oral Sci.*, 104: 480-485, 1996.
 - 16) Angmar-Månsson B., ten Bosch J.J.: Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 30: 298-307, 2001.
 - 17) Arai Y., Tammissalo E., Iwai K., Hashimoto K., Shinoda K.: Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 28: 245-248, 1999.
 - 18) Ashley P.F., Blinkhorn A.S., Davies R.M.: Occlusal caries diagnosis: an *in vitro* histological validation of the electronic caries monitor (ECM) and other methods. *J. Dent.*, 26: 83-88, 1998.
 - 19) Bab IA, Feuerstein O, Gazit D. Ultrasonic detector of proximal caries. *Caries Res.* 31, s. 322, Abst: 126, 1997.
 - 20) Bader J.D., Shugars D.A.: Issues in the Adoption of New Methods of Caries Diagnosis. Ed: Stookey G.K., *Early Detection of Dental Caries Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference*, s. 11-26, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
 - 21) Barber FE, Lees S, Lobene RR. Ultrasonic pulse-echo measurements in teeth. *Arch Oral Biol.*, 14: 745-760, 1969.
 - 22) Baumgartner A., Dichtl S., Hitzemberger C.K., Sattmann H., Robl B., Moritz A., Fercher A.F., Sperr W.: Polarization-sensitive optical coherence tomography of dental dental structures. *Caries Res.*, 34: 59-69, 2000.

- 23) ten Bosch J.J., Angmar-Månsson B.: A review of quantitative methods for studies of mineral content of intra-oral incipient caries lesions. *J. Dent. Res.*, 70: 2-14, 1991.
- 24) ten Bosch J.J.: Light scattering and related methods in caries diagnosis. Ed: Stookey G.K., *Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference*, s. 81-90, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
- 25) ten Bosch J.J., Angmar-Månsson B.. Characterization and Validation of Diagnostic Methods. Ed: Faller R.V.: *Assesment of Oral Health. Diagnostic Techniques and Validation Criteria. Monogr Oral Sci.*, Vol 17, s. 174-189, Karger, Basel, 2000.
- 26) Bratthall D.: Dental caries: intervened- interrupted-interpreted. Concluding remarks and cariography. *Eur. J. Oral Sci.*, 104: 486-491, 1996.
- 27) Brinkman J., ten Bosch J.J., Borsboom P.C. Optical quantitation of natural caries in smooth surfaces of extracted teeth. *Caries Res.*, 22: 257-262, 1988.
- 28) Browning W.D., Dennison J.B.: A survey of failure modes in composite resin restorations. *Oper. Dent.*, 21: 160-166, 1996.
- 29) 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: 320-326, 2002.
- 30) ten Cate J.M., de Josselin de Jong E., Exterkate R.A.M., Sundström G., Angmar-Månsson B.: Quantification of enamel demineralization with a new portable fluorescence device, validated by microradiography. *Caries Res.* 30, s. 299, Abst.: 97, 1996.

- 31) ten Cate J.M., van Amerongen J.P.: Caries Diagnosis, Conventional Methods. Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference, s. 27-37, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
- 32) Convissar R.A., Fluckle J.: Caries detection for the 21st century. Dentistry Today, 20: 1-4, 2001.
- 33) Donoghue H.D., Perrons C.J., Hudson D.E.: The role of H₂O₂ and the lactoperoxidase-SCN⁻-H₂O₂ system on the interaction between two bacteria originating from human dental plaque, *Streptococcus rattus (mutans)* BHT and *Streptococcus mitior* LPA-1, grown on human teeth in an artificial mouth. Archs. Oral Biol. 30: 519-523, 1985.
- 34) Downer M.C.: Validation of methods used in dental caries diagnosis. Int. Dent. Journal, 39: 241-246, 1989.
- 35) van Drop C.S.E., Exterkate R.A.M., ten Cate J.M.: The effect of dental probing on sunsequent enamel demineralization. A.S.D.C. J. Dent. Child., 55: 343-347, 1988.
- 36) Dunipace A.J., Zhang W., Beiswanger A.J., Stookey G.K.: An *in vitro* model for studing the efficacy of fluoride dentifrices in preventing root caries. Caries Res., 28: 315-321, 1994.
- 37) Eggertsson H., Analoui M., van der Veen M.H., González-Cabezas C., Eckert G.J., Stookey G.K.: Detecton of early interproximal caries *in vitro* using laser fluorescence, dye-enhanced laser fluorescence and direct visual examination. Caries Res., 33: 227-233, 1999.
- 38) Ekstrand K., Qvist V., Thylstrup A.: Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. Caries Res., 21: 386-374, 1987.

- 39) Emami Z., de Josselin de Jong E., Sundström F., Angmar-Månsson B.: Quantification of mineral loss in initial caries on natural enamel surfaces with laser fluorescence and longitudinal microradiography. *Caries Res.* 27, s. 217, Abst: 36, 1993.
- 40) Featherstone J.D.B., Brown W., Burgess R.C., Clarkson B., Clautier P., Eisenberg A.D., Katz S., Koulourides T., Muler T., ten Cate J.M., van Houte J., Wefel J.: Demineralization/remineralization-Working group consensus report. *J. Dent. Res.*, 65: 1532-1536, 1986.
- 41) Fejerskov O., Nyvad B.: Dental caries in the aging individual. Eds: Holm-Pedersen P., Løe H., Textbook of geriatric dentistry. Second edition, s. 338-372, Munksgaard, Copenhagen, 1996.
- 42) Ferreira Zandona A.G., Analoui M., Schemehorn B.R., Eckert G.J., Stookey G.K.: Laser fluorescence detection of demineralization in artificial occlusal fissures. *Caries Res.*, 32: 31-40, 1998.
- 43) Ferreira Zandona A.G., Analoui M., Beiswanger B.B., Isaacs R.L., Kafrawy A.H., Eckert G.J., Stookey G.K.: An *in vitro* comparison between laser fluorescence and visual examination for detection of demineralization in occlusal pits and fissures. *Caries Res.*, 32: 210-218, 1998.
- 44) Fgilmour A.S.M., Edmunds D.H., Newcombe R.G., Clark M.F.: An *in vitro* study into the effect of a bacterial artificial caries system on the enamel adjacent to composite and amalgam restorations. *Caries Res.*, 27: 169-175, 1993.
- 45) Fontana M., Dunipace A.J., Gregory R.L., Noblitt T.W., Li Y., Park K.K., Stookey G.K.: An *in vitro* microbial model for studying secondary caries formation. *Caries Res.*, 30: 112-118, 1996.

- 46) Fontana M., Li Y., Dunipace A.J., Noblitt T.W., Fischer G., Katz B.P., Stookey G.K.: Measurements of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. *Caries Res.*, 30: 317-325, 1996.
- 47) Fontana M., Wilson M.E., González-Cabezas C., Stookey G.K.: Evaluation of caries inhibition using an *in vitro* microbial model. *Caries Res.*, 32: s. 298, Abst.: 91, 1998.
- 48) Fontana M., Buller T.L., Dunipace A.J., Stookey G.K., Gregory R.L.: An *in vitro* microbial caries model used to study the efficacy of antibodies to *Streptococcus mutans* surface proteins in preventing dental caries. *Clin. Diagn. Lab. Immunol.*, 7: 49-54, 2000.
- 49) Fontana M., González-Cabezas C., Haider A., Stookey G.K.: Inhibition of secondary caries lesion progression using fluoride varnish. *Caries Res.*, 36: 129-135, 2002.
- 50) Fried D., Jones R.S., Xie J.Z., Featherstone J.D.B., Darling C.L., Breuning T.M., Le C.Q.: Early caries detection with PS-OTC. Ed: Stookey G.K., *Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 5th Annual Indiana Conference, 2003* (Baskıda).
- 51) Gakenheimer D.C.: The effect of a computerized in intraoral digital radiography. *J. Am. Dental Assoc.*, 133: 883-890, 2002.
- 52) Gazit D., Ziv V., Bab I., Feuerstein O., Findler M., Barak S., Torpaz E., Steinberger A., Bab A., Aharonov L., Sharav Y.: *In vitro/in vivo* assessment of approximal caries using ultrasonic surface waves. *J. Dent Res.* 77, s. 766, Abst.: 1075, 1998.

- 53) Gonzáles-Cabeaz C., Fontana M., Dunipace A.J., Li Y., Fischer G.M., Proskin H.M., Stookey G.K. Measurement of enamel remineralization using microradiography and confocal microscopy. *Caries Res.*, 32: 385-392, 1998.
- 54) Hafström-Björkman U., Sundström F., de Josselin de Jong E., Oliveby A., Angmar-Månsson B.: Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of *in vitro* enamel caries. *Caries Res.*, 26: 241-247, 1992.
- 55) Hall A.F., DeSchepper E.D., van der Veen M.H., de Josselin de Jong E., Stookey G.K.: Quantitative laser fluorescence and detection of *in vitro* mineral changes in caries adjacent to amalgam restorations. *Caries Res.* 30, s. 299, Abst.: 99, 1996.
- 56) Heaven T.J., Weems R.A., Firestone A.R.: The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. *Caries Res.*, 28: 55-58, 1994.
- 57) Hume W.R. Need for change in dental caries diagnosis Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference, s. 1-10, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
- 58) Huysmans M.C.D.N.J.M.: Electrical measurements for early caries detection. Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference, s. 122-142, SpringDot, Ohio, 2000.
- 59) Huysmans M.C.D.N.J.M., Thijssen J.M: Ultrasonic measurement of enamel thickness: a tool for monitoring dental erosion?. *J. Dent.*, 28: 187-191, 2000.
- 60) Jacobs R., Adriansens A., Naert I., Quirynen M., Hermans R., van Steenberghe D.: Predictability of reformatted computed tomography for the pre-operative planning of endosseous implants. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 28: 37-41, 1999.

- 61) de Josselin de Jong E., Sundström F., Emami Z., Angmar-Månsson B.: Quantification of mineral loss in initial caries lesions on natural enamel surfaces with laser fluorescence. *Caries Res.*, 26, s. 216, Abst.: 26, 1992.
- 62) de Josselin de Jong E., Sundström F., Westerling H., Tranacus S., ten Bosch J.J., Angmar-Månsson B.: A new method for *in vivo* quantification of changes in enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res.*, 29: 2-7, 1995.
- 63) Katz S., Park K.K., Stookey G.K., Schemehorn B.R.: Development and initial testing of a model for *in vitro* formation of pit and fissure caries. *Caries Res.*, 20: 424-428, 1986.
- 64) Kidd E.A.M., Toffenetti F., Mjör I.A.: Secondary caries. *Int. Dent. J.*, 42:127-138, 1992.
- 65) König K.G.: Changes in the prevalence of dental caries: How much can be attributed to changes in diet?. *Caries Res.*, 24(Suppl.): 16-18, 1990.
- 66) Lundeen T.F., Roberson T.M.: Cariology: the lesion, etiology, prevention, and control. Eds: Sturdevant C.M., Roberson T.M., Heymann H.O., Sturdevant J.R. *The Art and Science of Operative Dentistry*. Third edition. s. 60-128, Mosby, Missouri, 1995.
- 67) Lussi A.: Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res.*, 27: 409-416, 1993.
- 68) Lussi A, Hibst R.: Methods for occlusal caries detection used in daily practice. Ed: Stookey G.K., *Early Detection of Dental Caries*. Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference, s. 55-73, SpringDot, Ohio, 2000.

- 69) Mouyen F., Benz C., Sonnabend E., Lodter J.P.: Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 68: 238-242, 1989.
- 70) Nair M.K., Tyndall D.A., Ludlow J.B., May K.: Tuned aperture computed tomography and detection of recurrent caries. *Caries Res.* 32: 23-30, 1998.
- 71) Ng S.Y., Ferguson M.W., Payne P.A., Slater P.: Ultrasonic studies of unblemished and artificially demineralized enamel in extracted human teeth: a new method for detecting early caries. *J. Dent.*, 16: 201-209, 1998.
- 72) Nyvad B.: Diagnosis versus detection of caries. Cariology in the 21st century: State of the art and future perspectives. Abstracts. s. 12-13. 50th ORCA Congress, Konstanz, July 2-6, 2003.
- 73) Ohki M., Okano T., Nakamura T.: Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional radiographs. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 23: 77-82, 1994.
- 74) Öztürk F., Çalışkan Yanıkoğlu F., Fontana M., Ando M., Hayran O., Zero D., Stookey G.K.: Pretreatment effect of carbamide peroxide on remineralization by NaF dentifrice. *Caries Res.*, s. 346, Abst.: 110, 2000.
- 75) Øgaard B., Rolla G., Arends J.: Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, 94: 68-73, 1988.
- 76) Øgaard B., ten Bosch J.J.: Regression of white spot enamel lesions. A new optical method for quantitative longitudinal evaluation *in vivo*. *Caries Res.*, 106: 238-242, 1994.

- 77) Peers A., Hill F.J., Mitropoulos C.M., Holloway P.J.: Validity and reproducibility of clinical examination, Fiber-optic transillumination, and bitewing radiology for the diagnosis of small approximal caries lesions: an *in vitro* study. *Caries Res.*, 27: 307-311, 1993.
- 78) Pine C.M., ten Bosch J.J.: Dynamics of and diagnostic methods for detecting small caries lesions. *Caries Res.*, 30: 381-388, 1996.
- 79) Pine C.M.: Fibre-optic Transillumination (FOTI) in caries Diagnosis. Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference, s. 51-65, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
- 80) Pitts N.B.: Systems for grading approximal caries lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs. Proposals for future standardization. *Community Dent. Oral Epidemiol.*, 12: 114-122, 1984.
- 81) Pitts N.B., Renson C.E.: Reproducibility of computer-aided image-analysis-derived estimates of the depth and area of radiolucencies in approximal enamel. *J. Dent. Res.*, 64: 1221-1224, 1985.
- 82) Pitts N.B.: Diagnostic methods for caries: what is appropriate when?. *J. Dent.*, 19: 377-382, 1991.
- 83) Pitts N.B., Kidd E.A.: Some of the factors to be considered in the prescription and timing of bitewing radiography in the diagnosis and management of dental caries. *J. Dent.*, 20: 74-84, 1992.
- 84) Pretty I.A., Edgar W.M., Higham M.: Detection of *in vitro* demineralization of primary teeth using quantitative light-induced fluorescence (QLF). *Int. J. Paediat. Dent.* 12:158-167, 2002.

- 85) Pretty I.A., Smith P.W., Edgar W.M., Higham M.S.: The use of quantitative light-induced fluorescence (QLF) to identify composite restorations in forensic examinations. *J. Forensic Sci.*, 47: 831-836, 2002.
- 86) Pretty I.A., Edgar W.M., Higham M.: A review of the effectiveness of quantitative light induced fluorescence to detect early caries. Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 5th Annual Indiana Conference, 2003 (Baskıda).
- 87) Ricketts D.N.J.: Electrical Conduction Detection Methods. Ed: Stookey G.K., Early Detection of Dental Caries. Proceedings of the 1st Annual Indiana Conference, s. 67-80, Sidney Printing Works, Ohio, 1996.
- 88) Ricketts D.N.J., Kidd E.A.M., Liepins P.J., Wilson R.F.: Histological validation of electrical resistance measurements in the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res.*, 30: 148-155, 1996.
- 89) van de Rijke S.: Optical quantification of approximal caries., Groningen Üniversitesi, Doktora Tezi, Hollanda, 1991 (Danışman: J.J. ten Bosch).
- 90) Schemehorn B., Farnham R., Wood G., Stookey G.K.: A bovine enamel model for *in vitro* remin/demin tests. *J. Dent Res.*, 69, s. 260, Abst.: 1213, 1990.
- 91) Schemehorn B.R., Wood G., Roberts J.A.: Comparisons of surface hardness and TMR results from an *in vitro* remineralization model. *Caries Res.*, 30, s. 275, Abst.: 26, 1996.
- 92) Schneiderman A., Elbaum M., Shultz T., Keem S., Greenebaum M., Driller J.: Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): *in vitro* study.: *Caries Res.*, 31: 103-110, 1997.

- 93) Shi X.Q., Tranæus S., Angmar-Månsson B.: Comparison of QLF and Diagnodent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res.*, 35: 21-26, 2001.
- 94) Shi X.Q., Han P., Welander U., Angmar-Månsson B.: Tuned-aperture computed tomography for detection of occlusal caries. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 30: 45-49, 2001.
- 95) ShROUT M.K., Russell C.M., Potter B.J., Powell B.J., Hildebolt C.F.: Digital enhancement of radiographs: Can it improve caries diagnosis?. *J. Am. Dental Assoc.*, 127: 469-473, 1996.
- 96) Silverstone L.M. Hicks M.J., Featherstone M.J.: Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. Part I. The dynamic nature of enamel caries. *Quintessence Int.* 19: 683-711, 1998.
- 97) Tranæus S., Al-Khateeb S., Björkmman S., Twetman S., Angmar-Månsson B. : Application of quantitative light induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralization by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur. J. Oral Sci.*, 109 : 71-75, 2001.
- 98) Tyndall DA, Clifton TL, Webber RL, Ludlow JB, Horton RA. TACT imaging of primary caries.: *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 84: 214-225, 1997.
- 99) Vaarkamp J., ten Bosch J.J., Verdonschot E.H.: Propagation of light through human dental enamel and dentine. *Caries Res.*, 29: 8-13, 1995.
- 100) van der Veen M.H., de Josselin de Jong E.: The introduction of a new parameter ΔQ for incipient caries measurement with QLF. *Caries Res.*, 33, s. 318, Abst.: 109, 1999.

- 101) Verdonschot E.H., Bronkhorst E.M., Burgersdijk R.C., Konig K.G., Schaeken M.J., Truin G.J.: Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal caries lesions. *Caries Res.*, 26: 59-64, 1992.
- 102) Verdonschot E.H., Angmar-Månsson B., ten Bosch J.J., Deery C.H., Huysmans M.C.D.N.J.M., Pitts N.B., Waller E.: Developments in caries diagnosis and their relationship to treatment decisions and quality of care. *Caries Res.*, 33: 32-40, 1999.
- 103) Webber R.L., Horton R.A., Tyndall D.A., Ludlow J.B.: Tuned-aperture computed tomography (TACT). Theory and application for three-dimensional dento-alveolar imaging. *Dentomaxillofac Radiol.*, 26: 53-62, 1997.
- 104) Wenzel A., Hintze H., Mikkelsen L., Mouyen F.: radiographic detection of occlusal caries in noncavitated teeth. A comparison of conventional film radiographs, digitized film radiographs, and RadioVisioGraphy. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 72: 621-626, 1991.
- 105) Wenzel A.: Current trends in radiographic caries imaging. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 80: 527-539, 1995.
- 106) Wenzel A.: Computer-Automated caries detection in digital bitewings: Consistency of a program and its influence on observer agreement. *Caries Res.*, 35: 12-20, 2001.
- 107) White D.J.: Use of synthetic polymer gels for artificial caries preparations. *Caries Res.*, 21: 228-242, 1987.
- 108) White G.E., Tsamtsouris A., Williams D.L.: Early detection of occlusal caries by measuring the electrical resistance of the tooth. *J. Dent. Res.*, 57: 195-200, 1978.

- 109) White S.C., Yoon D.C.: Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 26: 32-38, 1997.
- 110) Wilhelm N., Creanor S.L., Foye R.H., Hall A.F.: Comparison between an optical caries monitor and TMR. *Caries Res.* 31, s. 323, Abst: 127, 1997.
- 111) Yanıkoğlu F.Ç., Lukantsova L.L., Fischer G.M., Beiswanger A.J., Dunipace A.J., Stookey G.K.: *In vitro* efficacy of two dual active fluoride dentifrices compared to a sodium fluoride dentifrice. *Caries Res.*, 31, s. 312, Abst.: 94, 1997.
- 112) Yanıkoğlu F.Ç., Öztürk F., Tüney D., Hayran O., Analoui M., Stookey G.K.: Detection of natural white spot caries lesions by a CT system. *Caries Res.*, 33, s. 296, Abst.: 47, 1999.
- 113) Yanıkoğlu F.Ç., Öztürk F., Hayran O., Analoui M., Stookey G.K.: Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res.*, 34: 225-232, 2000.
- 114) Yassin O.M.: *In vitro* studies of the effect of a dental explorer on the formation of an artificial caries lesion. *A.S.D.C. J. Dent. Child.*, 62: 111-117, 1995.
- 115) Zero D.T, Mol A., Sá Roriz C., Spoon M., Jacobs A., Keem S., Elbaum M.: Caries Detection Using Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI™): A Preliminary Evaluation. Ed: Stookey G.K., *Early Detection of Dental Caries II. Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference*, s. 169-183, SpringDot, Ohio, 2000.
- 116) Ziv V., Gazit D., Beris D., Feuerstein O., Aharonov L., Bab I.: Correlative ultrasonic histologic and roentgenographic assesment of approximal caries. *Caries Res.* 32, s. 294, Abst.: 78, 1998.

10. ÖZGEÇMİŞ

1.1 ADI SOYADI : FUNDA ÖZTÜRK BOZKURT

1.2 DOĞUM YERİ VE TARİH : AFYON/SULTANDAĞI 30/05/1972

1.3 EĞİTİMİ

- | | | |
|-------|-----------|---|
| 1.3.1 | 1983-1990 | Kadıköy Anadolu Lisesi |
| 1.3.2 | 1990-1996 | Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi |
| 1.3.3 | 1997- | Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
(Diş Hastalıkları ve Tedavisi, Konservatif Bilim Dalı) |
| 1.3.4 | 1999 | Indiana Üniversitesi, Oral Health Research Enstitüsü,
Visiting assistant scientist (01/10/1999 – 24/12/1999) |

2. BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Uluslararası dergilerde yayınlanan makaleler:

- 2.1.1 F.Ç. Yanıkoğlu, F. Öztürk, O. Hayran, M. Analoui, G.K. Stookey: Detection of natural white spot lesions by an ultrasonic system. Caries Res., 34: 225-232, 2000.
- 2.1.2 Tagtekin D.A., Yanikoglu F.Ç., Bozkurt F.Ö., Kologlu B., Sur H.: Selected Characteristics of an Ormocer and a Conventional Hybrid Resin Composite. Dent. Mater., (Baskıda).
- 2.1.3 Kükrer D., Gemalmaz D., Kuyubulu E.O., Bozkurt F.Ö.: A prospective clinical study of ceromer inlays: Results up to 53 months. Int. J. Prosthodont., (Baskıda).

2.2. Ulusal dergilerde yayınlanan makaleler:

- 2.2.1 Öztürk F, Çalışkan Yanıkoğlu F, Noyan Ü: Retreatment of an old adhesive restoration: Case report, Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 23(3-4):6-11, 1999

- 2.2.2 Tağtekin DA, Öztürk F, Yanıkoğlu FÇ: Packable kompozitlerin yapısal özelliklerinin klinik açıdan önemi. Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi, 3(3): 25-33, 2001
- 2.2.3 Öztürk Bozkurt F, Yanıkoğlu F: Anterior tek diş kırıklarının kompozit rezin ile restorasyonu Quintescence Türkçe, 2: 87-90, 2002
- 2.2.4 Öztürk Bozkurt F, Tağtekin D: Kompozit restorasyonlarda bitim ve polisaj. Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi, 4(4): 6-9, 2002
- 2.2.5 Öztürk Bozkurt F, Yanıkoğlu: Yaşlı bireylerde diş çürükleri, Dişhekimliği Dergisi, 10(50): 85-90, 2003

2.3 Uluslararası konferanslarda sunulan poster ve tebliğler

- 2.3.1. Yanıkoğlu F, Öztürk F*, Arslantunalı D, Dijken J V: *In vivo* evaluation of SDI, gallium alloy GFII and Clearfil apx composite resin: A pilot study. Turkish Dental Association 5th International Dental Congress Bursa, Turkey, June 23-27, 1998 (sözlü sunum)
- 2.3.2. Yanıkoğlu F*, Öztürk F, Hayran O, Analoui M, Stookey GK: Detection of natural white spot lesions by an ultrasonic system. 46th ORCA Congress, Barcelona, Spain, June30-July3 1999. (tartışmalı poster)
- 2.3.3. Yanıkoğlu F, Öztürk F*, Tuney D, Hayran O , Analoui M, Stookey GK: Detection of natural white spot lesions by CT system. 46th ORCA Congress, Barcelona, Spain, June30-July3 1999. (tartışmalı poster)

- 2.3.4. Yanıkoğlu F, Arslantunalı D*, **Öztürk F**, Lagerweij M, Hayran O, Stookey GK: Determination of enamel thickness on eroded cusps. 47th ORCA Congress June29-July1, 2000. (tartışmalı poster)
- 2.3.5. **Öztürk F***, Yanıkoğlu F, Fontana M, Ando M, Hayran O, Zero D, Stookey GK: Pretreatment effect of carbamide peroxide on remineralization by NaF dentifrice. 47th ORCA Congress June29-July1, 2000. (tartışmalı poster)
- 2.3.6. **Öztürk F**, Yanıkoğlu F*, Fontana M, Ando M, Hayran O, Zero D, Stookey GK: Pretreatment effect of carbamide peroxide on remineralization by APF gel. 47th ORCA Congress June29-July1, 2000. (tartışmalı poster)
- 2.3.7. Fontana M*, Yanıkoğlu FÇ, **Öztürk F**, Ando M., Hayran O, Gonzales-Cabezas C, Haider A, Baldrige LA and Stookey GK: Comparison of QLF, Ultrasound and Confocal Microscopy in the measurement of Demineralization/Remineralization of Enamel Lesions Developed on Natural Smooth Surfaces. 4th Annual Indiana Conference, 2000. (sözlü sunum)
- 2.3.8. Tağtekin D*, **Öztürk F**, Yanıkoğlu F, Koloğlu B, Hayran O: The effects of plasma arc polimerization on ormocer. Gazi University Faculty of Dentistry 2nd International Scientific Congress, Ankara, Turkey, 4-6, 2001. (sözlü sunum)
- 2.3.9. Tağtekin D, **Öztürk F***, Koloğlu B, Yanıkoğlu F, Hayran O: Curing effect of plasma arc and light curing units of packable composites. Turkish Dental Association 8th International Dental Congress Istanbul, Turkey, 18-23 June, 2001. (sözlü sunum)
- 2.3.10. Tağtekin D*, Yanıkoğlu F, **Öztürk F**, Koloğlu B, Hayran O: Polymerization depth for packable composites: bulk

and incremental applications. Turkish Dental Association 8th International Dental Congress Istanbul, Turkey, 18-23 June, 2001. (sözlü sunum)

2.3.11. Tağtekin D*, Yanıkoğlu F, Koloğlu B, **Öztürk F**, Hayran O: Plasma arc vs. conventional light source effects on surface roughness and hardness of composite materials. 8th International Dental Congress Istanbul, Turkey, 18-23 June, 2001. (poster)

2.3.12. Yanıkoğlu F*, Tağtekin DA, **Öztürk F**, Hayran O, Stookey GK: Controlled thickness of enamel by ultrasonic system. 48th ORCA Congress, Graz-Austria, July 4-7, 2001. (tartışmalı poster)

2.3.13. Tağtekin DA*, **Öztürk F**, Yanıkoğlu FÇ, Hayran O, Pameijer CH : Packable versus conventional composite resins-incidence of voids in posterior restorations. 37th Annual Meeting of the Continental European Division of the International Association for Dental Research, Roma, Italy, September 5-8, 2001. (sözlü sunum)

2.3.14. **Öztürk F***, Tağtekin D, Küçükkeleş N, Sur H, Yanıkoğlu F: *In vivo* ultrasonic detection of early enamel lesions: A pilot study. 49th ORCA Congress, Naantali-Finland, July 4-6, 2002 (abst. no 57)(tartışmalı poster)

2.3.15. Yanıkoglu F, Oktay İ, **Bozkurt FÖ**, Durmusoglu Ö*. Prevalence and distribution of dental caries at 11-13 years old children in different socio-economic levels. 50th ORCA Congress, Konstanz-Germany, July 2-6, 2003 (abst no 35)(tartışmalı poster)

2.3.16. Gemalmaz D*, Kükreler D, Kuyubulu EO., **Bozkurt FÖ.**: A prospective clinical study of ceromer inlays: Results up to 53 months. 81th IADR Meeting, Göteborg, 2003 (abst: 2630)(poster).

- 2.3.17. Gemalmaz D., Kuyubulu EO., Aktepe E*, Arslan A., **Bozkurt FÖ.:** Aşırı madde kaybı olan posterior dişlere uygulanan seramik onleylerin klinik başarısı 8th International Dental Congress Antalya, Turkey, 17-21 June, 2001. (sözlü sunum)

2.4. Ulusal konferanslarda sunulan poster ve tebliğler

- 2.4.1. **Öztürk Bozkurt F.,** Durmuşoğlu Ö., Arslantunalı Tağtekin D., Hayran O., Çalışkan Yanıkoğlu F. Amalgam değişimini takiben yapılan kompozit restorasyonlarda post-operatif hassasiyet. 7. Karioloji sempozyumu ve 8. Konservatif diş tedavisi bilim dalları toplantısı, 1-4 Mayıs, 2003 İzmir, (poster no: 24)

- 2.4.2. Arslantunalı Tağtekin D., **Öztürk Bozkurt F.,** Durmuşoğlu Ö., Gümüş S., Hayran O., Çalışkan Yanıkoğlu. Üç farklı sealant materyalinin ışık mikroskopunda değerlendirilmesi. 7. Karioloji sempozyumu ve 8. Konservatif diş tedavisi bilim dalları toplantısı, 1-4 Mayıs, 2003 İzmir, (poster no: 25)

2.5. Konferanslar

- 2.5.1. **Öztürk F:** Çürük teşhis metodları. Tekirdağ Dişhekimliği Odası Bilimsel Toplantısı, Tekirdağ, 22 Nisan, 2000.
- 2.5.2. **Öztürk F:** Yaşla birlikte gözlenen dental değişimler. Doğruyol Partisi Beşiktaş İlçesi Kadın Kolları Toplantısı, 2001

2.6. Citations

2.6.1. FÇ Yanıkoğlu, F Öztürk, O Hayran, M Analouı, GK Stookey: Detection of natural white spot lesions by an ultrasonic system. Caries Res 2000; 34: 225-232

In: Modern Trends in adhesive dentistry proceedings of the adhesive dentistry forum, Okayama, Japan July 5, 2001. In: Use of ultrasonic device for the determination of elastic modulus of dentin. Miyazaki M, Inage H, Onose H.

2.7. Ödüller

2.7.1. Indiana Üniversitesi, Oral Health Research Enstitüsü,
Visiting assistant scientist bursu
(01/10/1999 – 24/12/1999)

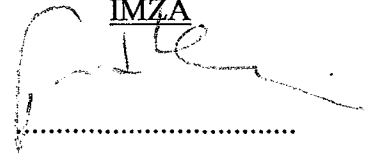
2.7.2. ORCA Congress Travel Fellowship, 1999

2.7.3. CED Travel FellowShip, 2003

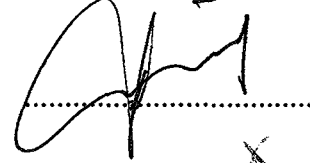
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Doktora öğrencisi Funda ÖZTÜRK BOZKURT'un, çalışması jürimiz tarafından Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Doktora tezi olarak uygun görülmüştür.

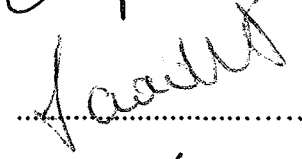
Tez Danışmanı : Prof.Dr.Funda YANIKOĞLU
Üniversitesi : Marmara

İMZA


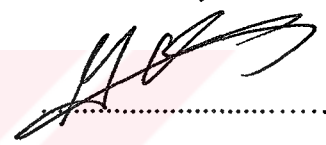
Üye : Prof.Dr.Mahir GÜNDAY
Üniversitesi : Marmara



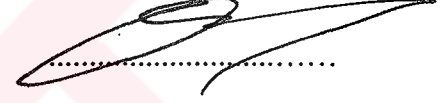
Üye : Prof.Dr.Saadet GÖKALP
Üniversitesi : Hacettepe



Üye : Prof.Dr.İlknur TANBOĞA
Üniversitesi : Marmara

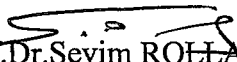


Üye : Prof.Dr.Osman HAYRAN
Üniversitesi : Marmara



ONAY

Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 27/10/2003 tarih ve 68 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof.Dr.Sevim ROLLAS
Müdür

